

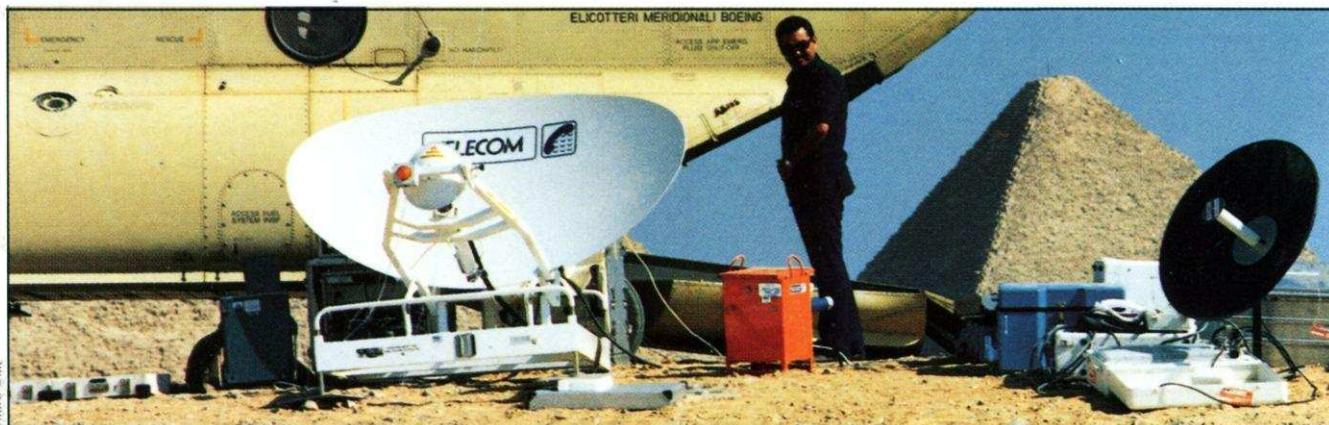
P C M

LE PONT

1983 - 87^e ANNEE - N° 3 - ISSN 0397-4634

LA RECHERCHE

UNE AUTRE DIMENSION



RECHERCHE : LA MOBILISATION

Les dépenses annuelles consacrées à la Recherche en France atteignent 2,4 % du PIB, soit 120 milliards de Francs. Les investissements publics en représentent à eux seuls 57 %, soit environ 70 milliards, le budget du Ministère de la Recherche étant de 43 milliards de Francs.

Ce montant très important est toutefois inférieur à l'effort consacré par certains pays étrangers, comme l'Allemagne, les Etats-Unis et le Japon, et cache des réalités différentes : au niveau macro-économique, le coefficient multiplicateur d'investissement public en matière de recherche est variable en fonction des secteurs, de deux pour l'aéronautique, à quatre seulement en moyenne.

Enfin, certains secteurs comme la chimie, l'électronique ou l'informatique ont su établir des liens efficaces entre recherche et développement, mais cette situation n'est pas systématique : la recherche en BTP est peut-être insuffisante, les moyens qui y sont consacrés ne dépassant pas 1,2 milliard F par an.

De manière générale, il semblerait que l'importance et même la nécessité de l'investissement recherche ne soient pas suffisamment présentes dans les entreprises et les industries, certains participants évoquant même le fait que la France aurait 10 ans de retard en ce domaine.

A partir de ce constat, la Table Ronde s'est attachée à répondre aux deux questions suivantes :

- Comment mieux mobiliser l'effort de l'Etat ?
- Comment mobiliser davantage le secteur privé ?

La recherche, n'étant pas une priorité industrielle, s'exerce principalement dans le réseau universitaire, au risque que certains produits de cette recherche ne soient pas directement transposables ou utilisables par le secteur privé.

La création de véritables universités technologiques s'appuyant sur le noyau des grandes écoles permettrait de créer des pôles de connaissance facilitant l'accès aux informations : il s'agit en fait de lutter contre l'éparpillement actuel en créant une masse critique accessible à tous. Cette démarche permettrait d'améliorer la prise en compte de la recherche au niveau de la formation, dans la perspective de relations plus serrées avec les industriels.

Un autre aspect positif consisterait à établir un transfert naturel entre la recherche et le développement, c'est-à-dire la mise en œuvre par les industries des technologies les plus avancées, leur permettant de conquérir des parts de marché.

Si la possibilité d'avoir des équipes performantes de recherche/développement ne pose pas de problèmes au niveau des premiers groupes français les participants reconnaissent qu'il en est tout autre pour des entreprises dont les effectifs sont inférieurs à quelques milliers de personnes. Il s'agit alors dans ce cas de créer ou de développer des structures faisant office de **médiateur**.

Le dispositif existant actuellement est assez largement développé, que l'on parle des CRIT ou des 29 pôles FIRTEC. Toutefois il faut observer que ces essais restent timides en regard de ce qui existe dans un certain nombre de pays étrangers, en particulier les Etats-Unis.

Enfin certaines grandes industries (notamment l'aéronautique) ont mis en place des structures de transfert de technologie dont le bilan, sans être négligeable, pourrait toutefois être amélioré.

En conséquence la table ronde constate que l'accès à la recherche est libre, mais que les utilisateurs potentiels ne savent pas pour autant accéder à ces résultats.

La question est alors posée : La recherche ne devrait-elle pas mieux se faire connaître ? La recherche médicale est par exemple largement médiatisée par les célèbres entretiens de Bichat qui permettent un large brassage entre chercheurs et utilisateurs potentiels. Des structures équivalentes existent au niveau de certaines recherches techniques (notamment transports) dans les grands pays européens mais, pas en France.

De surcroît il n'existe pas de banques de données facilement accessibles et aucun grand éditeur n'est réellement spécialisé dans les publications de recherche.

Peu de congrès, peu de publications : il reste donc un champ vaste pour des structures de meilleure connaissance de la recherche.

La recherche existe, l'AIPC l'a rencontrée, mais un nombre insuffisant d'acteurs se trouvent être concernés. Les deux Associations des Anciens Elèves de l'Ecole des Ponts et Chaussées ont donc en conclusion de cette journée décidé de créer un groupe de travail ayant pour objet de sensibiliser les décideurs sur l'aspect vital de l'investissement Recherche pour l'avenir.

Jacques Gounon

MARS & CO

- *nous sommes une entreprise de conseil spécialisée en réflexion stratégique.*
- *nous nous impliquons dans la mise en œuvre de nos recommandations.*
- *dès notre fondation à Paris en 1979, nous avons choisi de ne travailler que pour un certain nombre de grandes entreprises internationales avec lesquelles nous développons des relations à long terme.*
- *ni à Paris, ni à New York, ni à Londres nous ne sommes suffisamment nombreux pour assurer notre développement.*
- *si vous désirez rejoindre notre équipe, contactez notre Direction des Ressources Humaines au 122 boulevard Exelmans 75016 Paris.*

Paris - Londres - New York

- 1 AVANT-PROPOS,
Jacques Gounon
- 18 DOSSIER RECHERCHE ET TECHNOLOGIE
- 20 QUESTIONS A,
Hubert Curien
- 22 LES BIOREACTEURS AU SERVICE DU TRAITEMENT DES EAUX,
Jean-Louis Brault et P. Dauthuille
- 27 QUESTIONS A,
Jacques-Louis Lions
- 29 Alain Nicolaidis
- 31 LA RECHERCHE EN FRANCE,
Michel Quatre
- 36 QUESTIONS A,
Jean-Jacques Payan
- 40 Jean Kaspar
- 42 RECHERCHE PRIVEE A LA JAPONAISE,
Vincent Motyka
- 45 ROBOTIQUE : L'AVIS D'UN UTILISATEUR,
J. Gounon et P. Richard
- 47 LA RECHERCHE AU JAPON,
Jean-Yves Bajan
- 50 DU NOUVEAU DANS LES BETONS,
F. de Larrard et P. Acker
- 51 LE MONDE DES ROBOTS,
Pierre Tournassoud
- 54 AUTOMATISATION ET CAPTEURS DANS L'AGRO-ALIMENTAIRE,
Jean-François Molle
- 58 ETUDIANTS-CHERCHEURS EN CALIFORNIE,
R. Cointe et F. Van Rookeghem
- 62 INCIDENCE DU PRIX DU BARIL DE PETROLE SUR L'INTERET DE
CHERCHER UNE SOLUTION A UN PROBLEME DE FLUX,
Robert Eymard
- 64 DE NOUVELLES TECHNOLOGIES POUR COMPRENDRE LE CLIMAT,
Claire Levy
- 66 EUREKA,
Michel Pasquier
- 68 LES RESEAUX ET LA BIOLOGIE,
Daniel Scherman
- 70 ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET RECHERCHE TECHNOLOGIQUE,
Pierre Veltz
- 74 LA RECHERCHE A L'ECOLE DES PONTS,
B. Lapeyre et G. Pages
- 76 CHRONIQUES DE LA REVOLUTION
- 78 PONT EMPLOI

Ils ont réalisé ce numéro



Jacques Gounon



Serge Pafont

Mensuel 28, rue des Saints-Pères
Paris 7^e 42.60.25.33

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :
Michel TERNIER

DIRECTEUR ADJOINT DE LA PUBLICA-
TION : Pierre DESCOUTURES

ADMINISTRATEURS DELEGUES :

Lionel BORDARIER, Olivier HALPERN

REDACTEURS EN CHEF : Anne BERNARD

GELY, Jacques BONNERIC, Jacques GOU-

NON, Jean-Pierre GREZAUD

SECRETAIRE GENERALE DE REDACTION :

Brigitte LEFEBVRE du PREY

ASSISTANTES DE REDACTION : Eliane de

DROUAS, Adeline PREVOST

REDACTION-PROMOTION

ADMINISTRATION :

28, rue des Saints-Pères, 75007 Paris

Revue de l'association des Ingénieurs des

Ponts et Chaussées et de l'association des

anciens élèves de l'Ecole Nationale des

Ponts et Chaussées.

MAQUETTE : Monique Caralli

DELEGUES ARTISTIQUES : Gérard AURIOL,

Marine MOUSSA

RESPONSABLES EMPLOI : Jacques BAULES,

François BOSQUI

ABONNEMENTS : France : 450 F, étranger :

500 F, prix du numéro : 50 F dont TVA 4 %

PUBLICITE : Responsable de la publicité : H.

BRAMI Société OFERSOP 8, bd Montmartre,

75009 Paris. Tél. : 48.24.93.39

Dépôt légal 1^{er} trimestre 1989 N° 890216.

Commission paritaire n° 55.306

Les associations ne sont pas responsables
des opinions émises dans les articles
qu'elles publient.

IMPRIMERIE MODERNE U. S. H. A. Aurillac

Couverture : ANVAR. Photo Ph. PONS -
IMAGO : partie d'une "sculpture" illustrant
les alliages à mémoire de forme.

ARTEMIS, SGBD de GESTION DE PROJET et de GESTION PREVISIONNELLE

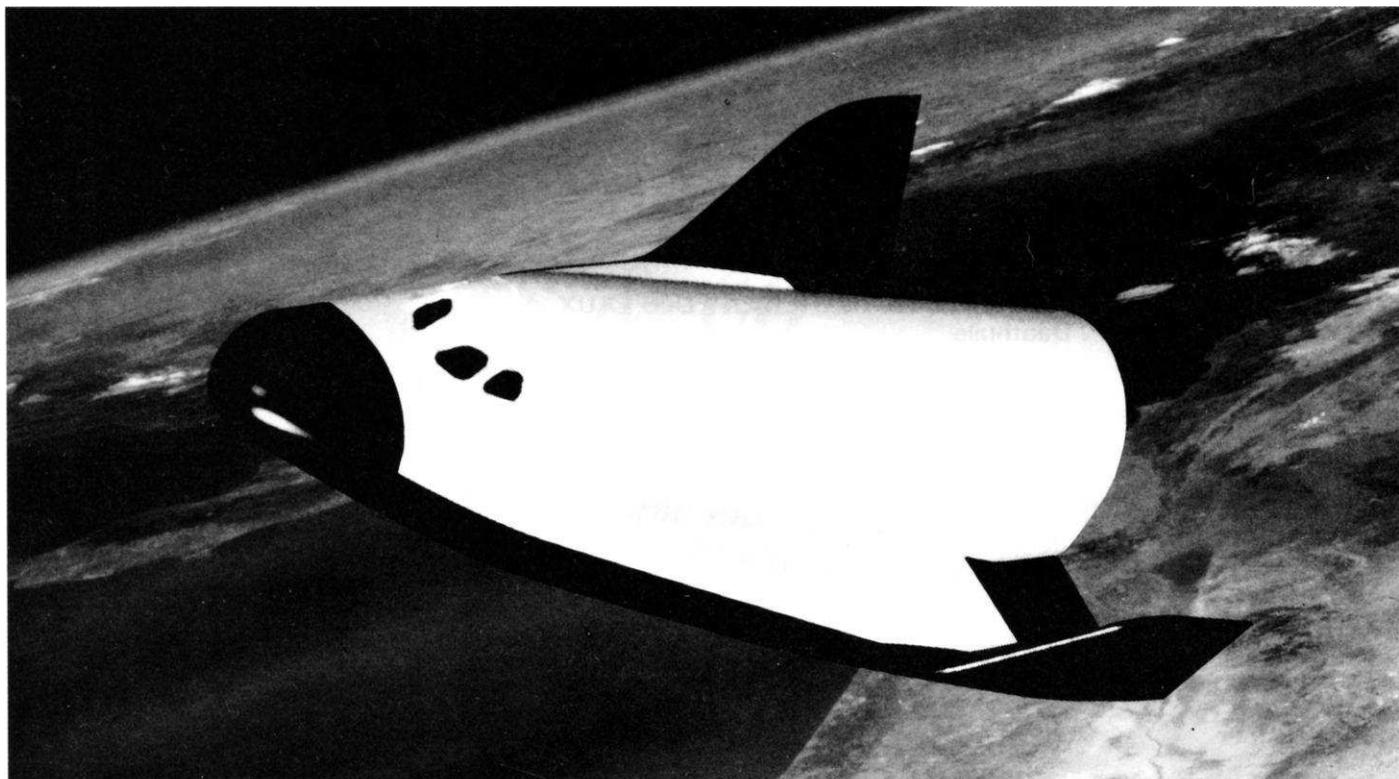


Photo AMD-BA/Aviaplans

Un système ouvert

Langage de développement d'applications spécifiques incluant en standard :

- l'ensemble des fonctionnalités de planification,
- la gestion des ressources,
- la consolidation,
- les graphiques spécialisés de gestion de projet.

1 000 références grands systèmes

Parmi les références d'ARTEMIS mini ou grands systèmes en France.

Aérospatiale, Alsthom, Arianespace, CEDICAM, Dassault, DCAN, EDF, Framatome, ITT, Alcatel Espace, Matra, Renault, Rhône-Poulenc, SEP, Servier, SNPE, Société Générale, Spie Batignolles, Thomson, Ville de Paris.

Des solutions

Applications clé en main de gestion de projet et gestion prévisionnelle dans les domaines suivants :

- planification,
- contrôle des coûts,
- gestion de recherche et développement en structure matricielle,
- gestion de projet informatique,
- gestion d'équipes,
- gestion des travaux de maintenance,
- gestion de procédures CAO,
- gestion d'affaires industrielles

Sur site central IBM, VAX, HP, et PC.

Pour plus d'informations sur ARTEMIS : Metier Management Systems

72/78 Grande Rue
92310 SEVRES
Tél. : (1) 45.07.20.50.

M E T I E R Artemis™

a Lockheed company

GESTION DE PROJETS DE RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT ; GESTION DE BUREAUX D'ETUDES

LA GESTION DES ACTIVITES DE RECHERCHE

Pour se démarquer d'une concurrence de plus en plus active, les entreprises, quel que soit leur secteur, sont amenées à privilégier leurs efforts en matière de Recherche et Développement.

L'importance des sommes allouées, associées aux contraintes de marge et de budget oblige les directions de Bureaux d'Etudes à assurer un contrôle de plus en plus rigoureux sur les projets dont elles ont la charge.

Pour répondre à ce besoin de plus en plus d'actualité, des méthodes équivalentes à celles ayant fait leurs preuves dans la gestion des grands projets industriels commencent à être largement utilisées en gestion de Recherche et Développement.

UN SYSTEME D'INFORMATION INTEGRE

Dans ce contexte, la démarche des directions des Bureaux d'Etudes n'est pas d'instituer un contrôle rigide qui pèserait sur les équipes de Recherche et Développement mais plutôt de mettre en place un système d'information capable :

- . de favoriser les échanges entre participants
- . d'assurer la conformité des travaux avec les spécifications du cahier des charges
- . de gérer les ressources en termes de plan de charges
- . de fournir des données de suivi des coûts (heures, engagements,...).

Un tel système doit permettre à ses utilisateurs le processus itératif suivant :

- . Désignation des objectifs
- . Planification des activités
- . Mesure de l'avancement
- . Analyse des informations
- . Simulations

ARTEMIS(*), système informatique de gestion de projet, intègre ces informations au sein d'un environnement unique et constitue ainsi pour les équipes de Recherche et Développement un instrument souple.

UNE REponse AUX RESPONSABLES DES TECHNIQUES NOUVELLES ET PRODUITS NOUVEAUX

Les responsables de Bureaux d'Etudes ont en commun un certain nombre de préoccupations :

- . améliorer la qualité des produits étudiés, souvent insuffisante lorsque les études ont du retard
- . concevoir les nouveaux produits plus vite par une planification plus rigoureuse (simulations)
- . accroître la productivité de chacun par un meilleur ordonnancement et une meilleure gestion des priorités entre les différents projets
- . gérer au mieux les ressources rares telles que prototypes, stations d'essais, laboratoires...
- . maintenir un contrôle sur les budgets alloués et sur les coûts correspondants
- . constituer une base de connaissances (standard, planning) propre à faciliter la mise en place des projets et études futures.

Seul un système intégré de Gestion de Projet permet de répondre à ces différents points.

UN OUTIL DE COORDINATION ET DE PROSPECTIVE

S'il est concevable que deux responsables de projet n'aient pas la même méthode d'approche du problème qui leur a été confié, il est toutefois nécessaire de respecter certaines règles en matière de centralisation et de mise à disposition des informations. En effet, seules des informations directement comparables et rassemblées sur un même système informatique facile d'accès permettent à la direction du Bureau d'Etudes d'effectuer une véritable coordination multiprojet.

Le système ARTEMIS constitue un support efficace de dialogue entre le responsable du projet et la direction, les utilisateurs et les collaborateurs.

ARTEMIS propose une restitution de l'information :

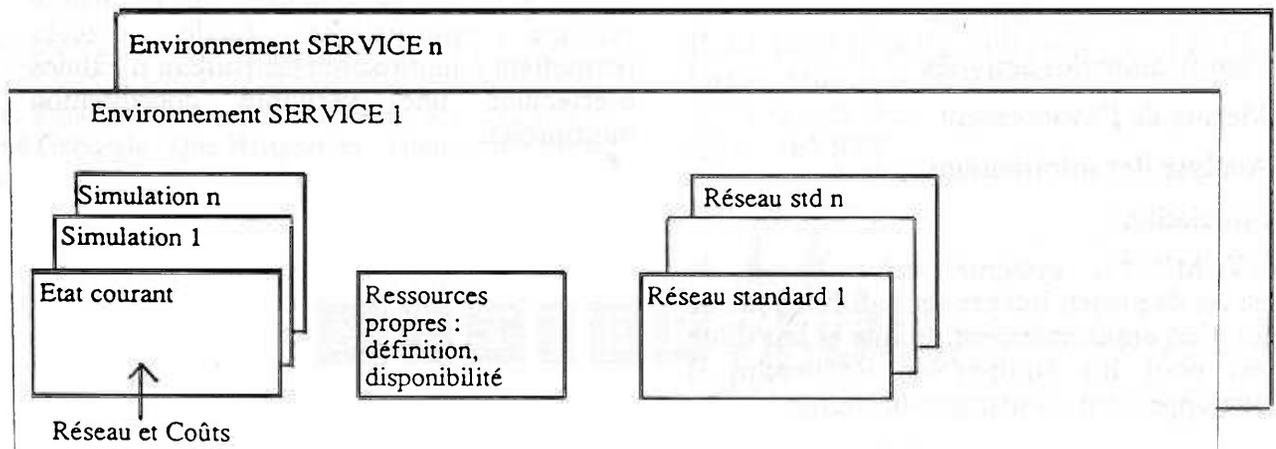
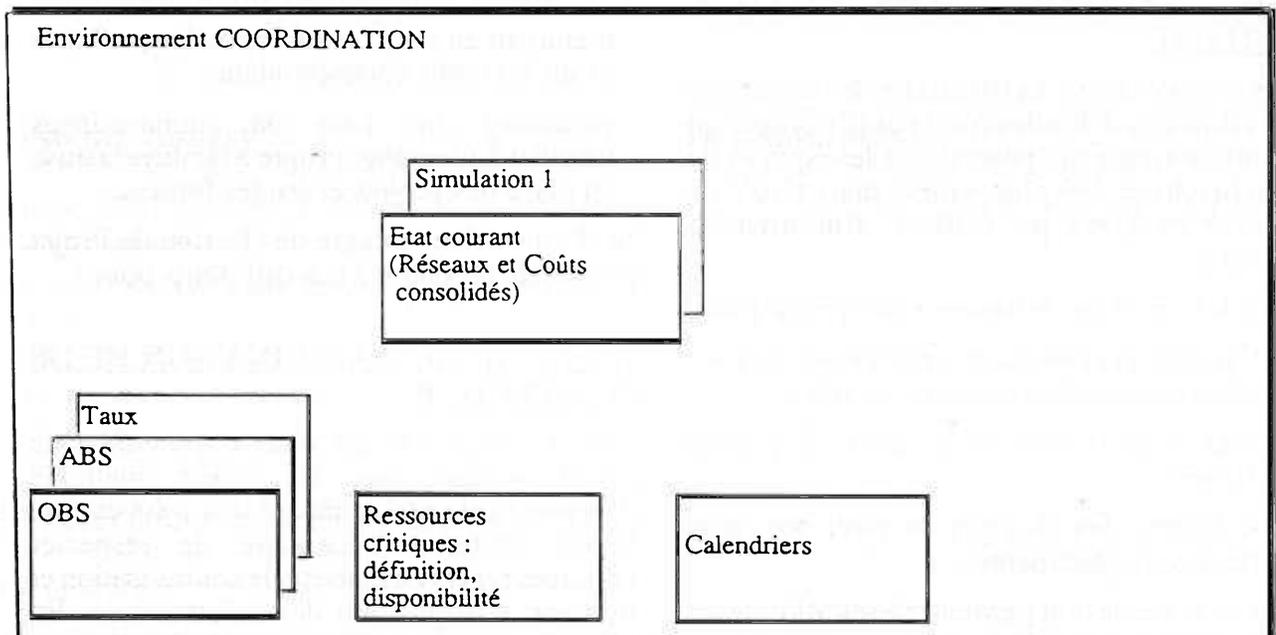
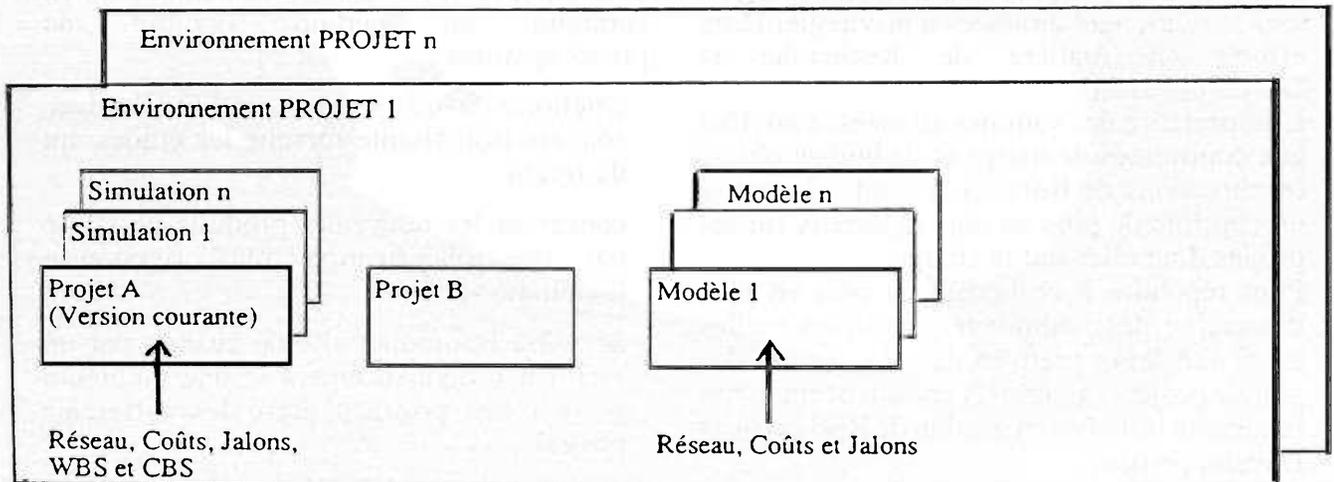
à différents niveaux de synthèse

avec différents critères d'ordre de sélection.

Il permet :

de mesurer l'avancement en temps comme en coûts et d'effectuer des estimations à fin de projet

de visualiser de façon synthétique ou détaillée la part des différents intervenants.



GESTION DES PROJETS DE R & D : NECESSITE D'UN OUTIL PUISSANT

Bien choisir son informatique de gestion intégrée de projets, c'est répondre aux questions suivantes :

- . la gestion par projet doit répondre aux besoins des différents intervenants,
- . par conséquent, le système choisi ne doit pas être universel et donc lourd, mais construit par modules avec des liaisons pour en assurer la cohérence.
- . Enfin, l'outil doit reproduire l'organisation de la gestion de projet telle qu'elle est pratiquée dans la société.

Ces nécessités font appel à des techniques informatiques puissantes, telle que :

Système de Gestion de Base de Données Relationnelle

- . respect strict de l'organisation naturelle des données des projets et études
- . implémentation rapide de nouveaux éléments de gestion.

Langage de 4e génération

- . accès facilité des données dans la forme désirée
- . consolidation des informations
- . simulations

Macro commandes de planification

- . gestion de toutes données orientées "temps"
- . calcul des plans de charge
- . optimisation de l'utilisation des ressources
- . mesure de l'avancement (jalons, reste à faire...)

Générateur de rapports et de graphiques

- . restitution aisée et formatée des données introduites ou calculées
- . visualisation des informations par graphiques sophistiqués.

Communications

- . liaison Mainframe-mini-micro ordinateur
- . facilités d'import-export et lien avec autres bases de données
- . norme SQL.

Outre son apport méthodologique de rigueur et de réflexion, la solution informatique ARTEMIS offre des avantages essentiels :

- . vision multiprojet de l'environnement facilitant coordination et affectation des priorités stratégiques,
- . formalisation des communications entre participants en terme de qualité d'informations échangées et vitesse de circulation
- . contrôle de la conformité et de la qualité par décomposition rationnelle des activités et suivi des modifications
- . respect des délais alloués à chaque projet
- . optimisation de l'utilisation des ressources critiques
- . contrôle des coûts et prévision et donc mise en place de solutions plus efficaces en terme de délais et coûts.

() ARTEMIS est conçu et commercialisé
par Metier Management Systems
Tel. (1) 45.07.20.40*



forclum

La maîtrise de l'installation électrique

Centre d'Affaires Paris-Nord
BP 201. 93153 Le Blanc Mesnil
☎ (1) 48 65 42 41

ARPEGE CONSEIL

TOUTES INSTALLATIONS ELECTRIQUES

Informatique industrielle
Génie climatique. Automatismes
Maintenance. Instrumentation

Télésurveillance des réseaux d'éclairage public
et de signalisation tricolore

*FORCLUM a réalisé la gestion centralisée
pour éclairage, ventilation, sécurité, etc...
de complexes routiers et autoroutiers :
voirie souterraine des Halles de Paris,
Autoroute A 14 (Epad), etc...)*

Plus de 50 Etablissements en France

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SECURITE



**Etablissement public à caractère scientifique
et technologique regroupant l'IRT et L'ONSER**

- Evolution des transports de voyageurs.
- Organisation des transports de marchandises.
- Régulation du trafic automobile.
- Innovation et automatisme dans les transports guidés.
- Amélioration de la sécurité routière au niveau des infrastructures, des véhicules et des usagers.
- Conditions de travail des professionnels.
- Confort des déplacements.
- Consommation énergétique et effets des transports sur l'environnement.
- Electrotechnique et électronique appliquées à la traction ferroviaire.
- Informatique et microprocesseurs dans les transports.

La revue RTS "Recherche Transports Sécurité" fait chaque trimestre le point des recherches dans ces domaines (abonnement et vente au numéro).

Siège social : 2, avenue du Général Malleret-Joinville
94114 Arcueil Cedex - BP 34 - Tél. : (1) 49.86.12.12
Télex INRETS 204 454 F - Télécopieur : 45.47.56.06.

SGTE

SOCIETE GENERALE DE TECHNIQUES ET D'ETUDES

SURETE DE FONCTIONNEMENT

Etudes, conseil, formation en

- Fiabilité
- Maintenabilité
- Disponibilité
- Sécurité
- Soutien logistique
- Coût de possession
- Analyse de la valeur
- Assurance qualité

A toutes les phases d'un projet (de l'avant-projet jusqu'à l'exploitation) dans les domaines de la mécanique, de l'électronique, des automatismes...

10, avenue de l'Entreprise

95865 Cergy-Pontoise Cedex

Téléphone : (1) 34.24.44.00 - Télécopieur : GETUD 609 598 F

LA FIABILITE

par

Jean-Paul JEANNETTE

Docteur-Ingénieur

SGTE

Société Générale de Techniques et d'Etudes

10, avenue de l'Entreprise - **95865 Cergy-Pontoise Cedex**

Tél. (1) 34.24.44.00.

INTRODUCTION

Le terme Fiabilité est un néologisme introduit dans les années 60 pour traduire le terme anglo-saxon "Reliability". Suivant les spécialistes, on peut considérer la Fiabilité comme une science ou une technique, la science ou la technique des défaillances.

La Fiabilité est née des contraintes des autorités militaires et spatiales, qui ont été formalisées par le DOD (Département Of Defense) au sein des "Military Standards" et "Handbooks". Ces normes servent de support aux exigences de fiabilité présentes dans les contrats internationaux sous le nom générique RAMS*, puis ont peu à peu envahi des secteurs industriels plus traditionnels.

fiabilistes ont été de formation électronique et ont utilisé des lois statistiques éprouvées.

La Fiabilité des systèmes électroniques s'appuyant sur la nature des composants élémentaires et leur processus de fabrication, l'Assurance Qualité (AQ) a été amenée à prendre en compte les problèmes de fiabilité.

De plus, la fiabilité a progressivement quitté le domaine du "constaté" a posteriori, pour intégrer les équipes de conception et de développement, qui prennent en compte les aspects fiabilité dès le stade des études et s'attachent aux problèmes de modélisation et de prévision.

Les améliorations considérables de la fiabilité élec-

1. QUALITE FIABILITE

Les premiers problèmes de mesure de fiabilité ont surtout touché le domaine électronique, les premiers

* RAMS : Reliability Availability Maintainability Safety.

tronique ont attiré l'attention des mécaniciens. Malheureusement, un équipement mécanique est un assemblage de pièces élémentaires dont les lois de défaillances sont complexes, mal connues et très variables selon le type de pièces, leurs caractéristiques et leurs sollicitations et donc difficilement modélisables. Les équipements actuels sont désormais des systèmes "mécatroniques" (mécanique, électromécanique et électronique) qui nécessitent des outils divers et variés pour appréhender leur fiabilité.

De même, le domaine du logiciel est en phase d'investigation par les équipes de fiabilistes.

Ainsi les Etudes de Fiabilité font aujourd'hui partie intégrante de la plupart des secteurs d'activités, en passant par l'automobile et les secteurs de biens de consommation Grand Public.

2. L'INTRODUCTION DE LA SURETE DE FONCTIONNEMENT

Le besoin effectif du client est en fait la disponibilité du système à étudier, c'est-à-dire l'aptitude du système à réaliser sa mission. Ceci a introduit les notions de maintenabilité - aptitude de remise en état du système - et de sécurité - aptitude à maîtriser le risque encouru par les équipements et l'environnement humain.

L'ensemble des quatre concepts — Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité — est regroupé sous le terme "Sûreté de Fonctionnement" (SdF).

Des difficultés sont apparues lorsqu'il s'est avéré nécessaire d'introduire les études de Sûreté de Fonctionnement dans des contrats :

— La SdF a été ressentie comme un mal nécessaire. Son domaine d'intervention étant horizontal par rapport aux autres métiers, cela a engendré l'intervention d'un spécialiste vis-à-vis d'autres spécialistes ; l'aspect de complémentarité de la SdF a été souvent mal perçu et son introduction source de conflits.

— Bien qu'étant mesurables en terme de probabilité, les composantes de la SdF ne sont principalement perçues à ce jour que sous leur aspect qualitatif, étant donné qu'elle n'a pas d'incidence directement par son état diffus dans l'ensemble des prestations de l'industriel.

La SdF apporte en fait une valeur ajoutée importante à plusieurs égards :

— Elle permet au client de valider la mise en œuvre des systèmes étudiés.

— Elle est une mesure de cohérence des diverses techniques utilisées tout au long du déroulement d'un projet.

— Elle définit et quantifie la logistique de soutien d'un système.

— Elle est l'outil de base nécessaire à l'évaluation du coût de possession.

Face à la complexité croissante des technologies mises en œuvre dans les domaines militaire, civil et grand public, la SdF couvre l'ensemble des domaines industriels.

3. TENDANCES ET EVOLUTION

Nous constatons aujourd'hui que les matériels présentent une complexité croissante : ils ne sont plus un simple assemblage de modules indépendants, mais un jeu de modules en interaction les uns avec les autres.

Les capacités de production sont de plus en plus importantes et les risques évoluent : les scénarios d'accidents et les dysfonctionnements sont délicats à appréhender et à maîtriser.

Les demandeurs — clients, prescripteurs et exploitants — exigent de nouvelles garanties : des services, souvent liés aux capacités de production et non plus seulement des performances des équipements (ex : des heures de vols et non plus des avions, des gens transportés et non plus des métros,...).

Les fabricants d'équipements et systèmes, n'ont été historiquement liés qu'indirectement à la SdF, ayant des préoccupations plus directes telles que :

— Simplifier le produit, diminuer son coût de production (analyse de la valeur).

— Accroître sa productivité (logistique de distribution).

— Diminuer les rebuts (qualité totale).

La culture technique des industriels atteint aujourd'hui une maturité plus grande et ceux-ci sont à l'écoute de systèmes plus généreux qui coordonneraient l'ensemble de ces aspects.

La Sûreté de Fonctionnement intervient ponctuellement dans la vie d'une entreprise. Pour définir et gérer ces problèmes, l'industriel doit se doter d'une structure adaptée réduite au minimum. Il fera éventuellement appel à des spécialistes extérieurs en cas de surcharge ponctuelle.

Ces préoccupations des demandeurs comme des offreurs ont conduit à rechercher une vue globale des différentes facettes d'un système et ce, durant les différentes phases du Cycle de Vie, de sa définition à son exploitation. Il faut à présent se placer dans le cadre du management de projet, tenir compte des aspects.

Assurance Qualité et mettre en place les outils nécessaires aux divers métiers intervenant à différents niveaux : marketing, chef de projet, industriel, exploitant.

Cette approche systématique de la SdF introduit la notion de Sûreté de Fonctionnement Totale, qui interagit avec des activités connexes et plus tradition-

nelles des organismes industriels tels que Qualité, Maintenance, Sécurité, Analyse de la Valeur, mais n'offrent qu'une vue parcellaire de la SdF.

Définition

La sûreté de fonctionnement (SdF) est une grandeur vectorielle caractérisant les performances d'un système. Les principales composantes de la SdF sont :

La fiabilité : probabilité qu'un système soit non défaillant sur un intervalle de temps $[0, t]$.

La maintenabilité : probabilité qu'un système soit réparé dans un intervalle de temps $[0, t]$.

La disponibilité : probabilité qu'un système soit non défaillant à l'instant t . (La disponibilité est donc une fonction dépendant de la fiabilité et de la maintenabilité).

La sécurité : probabilité qu'un système n'engendre ni pertes humaines ou matérielles.

Les outils de la sûreté de fonctionnement

L'analyse d'un système nécessite l'utilisation de technique et outils variés parmi lesquels on peut citer :

- l'analyse fonctionnelle,
- FMECA ou AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de la Criticité,
- les diagrammes causes-conséquences,
- l'arbre de défaillance,
- les blocs diagrammes de fiabilité,
- les graphes de Markov,
- les réseaux de Petri.

LA COMMUNICATION DES IDEES



RECHERCHES
RECHERCHES

**L'ECHO DES RECHERCHES
LA SYNTHESE DES ETUDES DU CNET**

Chercheurs, ingénieurs ou étudiants concernés par les outils de télécommunications de demain, L'ECHO DES RECHERCHES vous propose des synthèses sur les études et les expérimentations menées par le Centre National d'Etudes des Télécommunications. Revue trimestrielle éditée par le CNET en collaboration avec l'ENST (Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications).

Abonnements : L'ECHO DES RECHERCHES
38-40, rue du Général Leclerc - 92131 ISSY-LES-MOULINEAUX
Joindre à votre demande le titre de paiement (chèque postal ou bancaire) rédigé à l'ordre de
Monsieur le Régisseur des recettes du CNET - CCP PARIS 904270 H

Tarif 89	France	Etranger	Specimen
Prix du numéro	90 F	100 F	gratuit
Prix de l'abonnement	285 F	325 F	sur demande

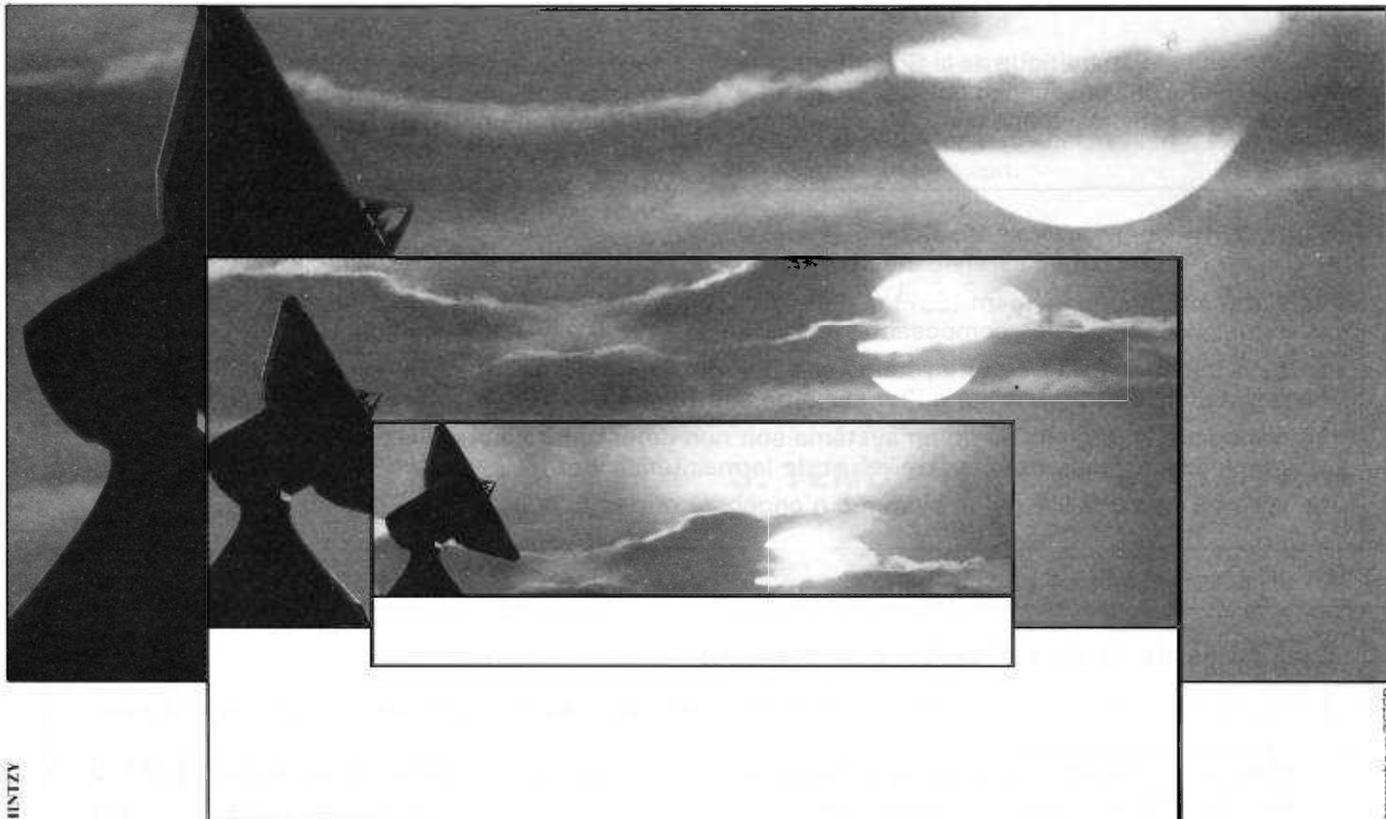
Centre National d'Etudes des Télécommunications
38-40, rue du Général Leclerc - 92131 ISSY-LES-MOULINEAUX (FRANCE)

enet

FRANCE TELECOM

L'AVENIR DES TELECOMMUNICATIONS

BARRAYA



OPUS HINTZY

Elements photographiques PICTOR

INVESTISSEZ DANS UNE VALEUR SÛRE: L'AVENIR

CAISSE NATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS

BUREAUX D'ETUDES

AVIGNON

290, rue des Galoubets
84140 MONTFAVET
BP 612
84031 AVIGNON CEDEX
Tél. : 90.31.23.96
Télex : 431344 Fondavi
Télécopieur : 90.32.59.83

PARIS

5 bis, rue du Louvre
75001 PARIS
Tél. : (1) 42.60.21.43
Télex : 670230 Fondap
Télécopieur : (1) 42.97.52.99

METZ

1, rue des Couteliers
57070 METZ
Tél. : 87.74.96.77
Télex : 670230
Télécopieur : 87.76.95.10

STRASBOURG

6, quai Mathiss
67000 STRASBOURG
Tél. : 88.36.88.50
Télex : 670230
Télécopieur : 88.36.88.50

LILLE

201, rue Colbert
59800 LILLE
Tél. : 20.57.01.44
Télex : 670230
Télécopieur : 20.54.58.31

NICE

635, av. Gén. de Gaulle
06700 ST-LAURENT-DU-VAR
Tél. : 93.14.12.88
Télex : 431344 Fondavi
Télécopieur : 93.14.12.90

NANTES

8, avenue de la Brise
44700 NANTES-ORVAULT
Tél. : 40.59.32.44
Télex : 670230
Télécopieur : 40.59.50.37

LE MANS

61, rue Tristan-Bernard
72000 LE MANS
Tel. : 43.76.23.50
Télex : 670230
Télécopieur : 43.81.43.15

BORDEAUX

22, bd Pierre-1^{er}
33081 BORDEAUX
Tél. : 56.81.24.67
Télex : 670230
Télécopieur : 56.44.75.97

LYON

74, cours Lafayette
69003 LYON
Tél. : 72.61.15.29
Télex : 431344
Télécopieur : 72.61.83.63

MARSEILLE - MONTPELLIER - CLERMONT-FERRAND



BUREAU D'ETUDES DE SOLS
ET DE FONDATIONS
SONDAGES - ESSAIS DE SOLS

GEOLOGIE :

- SONDAGES — ECHANTILLONS DE SOLS

GEOMECHANIQUE :

- PRESSIOMETRE — SCISSOMETRE
- PENETROMETRE STATO-DYNAMIQUE
- ESSAIS ET ANALYSES DE LABORATOIRE

GEOPHYSIQUE :

- SISMIQUE — ELECTRIQUE — RADIO-SONDAGES

HYDROLOGIE

- ESSAIS D'EAU

Correspondant à l'étranger - TUNISIE, MAROC, ALGERIE, EGYPTE, ARABIE SAOUDITE, BURKINA FASSO, COTE-D'IVOIRE, TOGO, SENEGAL



**ETUDES ET REALISATIONS D'EQUIPEMENTS
AERONAUTIQUES ET METEOROLOGIQUES**

Centre de Contrôle Régional du Caire



MORO S.A.

au capital de 2.000.000 de francs

BÂTIMENT - TRAVAUX PUBLICS

B.P. 56

12, place du Théâtre

26202 Montélimar Cedex

Tél. : 75.01.05.56

Télex : 345 255

Télécopieur : 75017213

Pont sur l'Oued Cheliff (Algérie)

S.E.C.I.R.O. S.A.

au capital de 1.750.000 francs

PRÉFABRICATION LOURDE

BUREAU D'ÉTUDE

12, place du Théâtre

26200 MONTÉLIMAR

Tél. : 75.01.11.44

**Silos de report de 525 000 quintaux
Mulhouse - OTT - Marsheim**



L'ENERGIE DE L'INNOVATION



Les entreprises compétitives
misent sur l'électricité.

Energie souple et facile à
utiliser, elle se prête à une grande
variété d'applications performantes.

Electricité de
France contri-
bue à l'effort
d'innovation et
de modernisation
des industries.



UN CONSEIL DE CARRIERE :

UNE CARRIERE DANS LE CONSEIL AU BOSTON CONSULTING GROUP

Depuis sa création en 1963, le Boston Consulting Group a pour objectif de contribuer au succès de ses clients en les aidant dans le choix et la mise en œuvre des orientations qui engagent leur avenir. Le Boston Consulting Group a fondé le conseil en stratégie et en reste le leader. Présent en Amérique du Nord, en Europe et au Japon, le Boston Consulting Group est en mesure d'assister chaque client, quelle que soit la nature de ses activités, dans tous les pays où il opère. Au sein de chaque bureau, les directeurs associés du Boston Consulting Group sont pleinement responsables de la qualité de l'assistance apportée aux entreprises dont nous sommes les partenaires.

Nos idées et nos méthodes, progressivement élaborées à partir de notre expérience, ont influencé la façon dont beaucoup d'entreprises abordent aujourd'hui leurs choix stratégiques. En raison de leur pertinence, ces idées et ces méthodologies se sont peu à peu répandues et certaines d'entre elles font aujourd'hui partie du domaine public. Notre objectif est de continuer de mettre à profit la diversité des formations de nos équipes et la complexité des problèmes abordés dans nos interventions pour conserver notre avance, au bénéfice de nos clients.

L'ambition première du Boston Consulting Group est d'aider ses clients à choisir les orientations qui engagent leur avenir et à améliorer leur rentabilité, en apportant une assistance constructive à la mise en œuvre de solutions concrètes aux problèmes posés aux entreprises par l'évolution de leur environnement et l'agressivité de leurs concurrents.

Nous travaillons avec des entreprises performantes à la recherche de nouvelles sources de croissance, ou confrontées à de nouveaux défis techniques ou concurrentiels. Dans bien des cas, nos clients sont à la recherche de solutions innovatrices qui leur permettent de se différencier de leurs concurrents. La créativité et la rigueur sont associées dans une démarche qui permet de remettre en cause les approches traditionnelles, sans prendre de risques inconsidérés.

La valeur de recommandations, même pertinentes et réalistes, dépend pour une large part de la qualité de leur mise en œuvre. Concrètement, cette mise en œuvre demande des approches différentes selon la nature du problème et le caractère de rupture plus ou moins accentué que représentent les solutions envisagées. Le Boston Consulting Group assiste régulièrement ses clients dans certains aspects de cette mise en œuvre. Notre rôle est d'aider l'organisation à assurer les nouvelles orientations de l'entreprise.

Grâce à la réussite de nos clients, le Boston Consulting Group lui-même a connu un succès remarquable. La forte croissance a été ininterrompue depuis la création, et notre réputation auprès des dirigeants d'entreprise à travers le monde est unique.

Au-delà du type d'activité d'une firme, de sa réputation ou de ses perspectives de croissance, le choix d'une carrière et plus encore la décision de rejoindre une entreprise particulière sont souvent basés sur la possibilité de comprendre et partager les valeurs qui lui sont propres. Les valeurs que nous défendons reposent sur la combinaison unique de trois aspects distinctifs : nos clients, notre base conceptuelle et analytique, nos consultants.

Nos clients : leur succès étant le nôtre, les relations avec nos clients sont basées sur le souci permanent d'avoir un impact décisif et durable sur leur performance. La recherche de cette efficacité maximale nous conduit à privilégier des relations de longue durée de partenariat avec les entreprises pour lesquelles nous travaillons, facteur clé pour la réussite de la mise en œuvre des recommandations. De même, la mise en place d'équipes mixtes client-Boston Consulting Group permet de démultiplier les capacités de l'organisation plutôt que de se substituer à elle et contribue ainsi à assurer le succès à long terme de l'entreprise. Notre expérience nous a en effet convaincus que :

- la validité de conclusions est d'autant plus facilement reconnue par ceux qui auront à les mettre en œuvre, qu'elles sont le résultat d'une approche rigoureuse,

- une organisation accepte d'autant mieux le changement qu'elle a été étroitement associée aux analyses et aux réflexions qui ont conduit à le recommander.

Notre base conceptuelle et analytique : nous pensons qu'une de nos particularités provient de notre capacité à développer et communiquer de nouveaux concepts stratégiques, et de la qualité supérieure de nos interventions auprès de nos clients, alliant créativité, rigueur analytique et intégrité intellectuelle. Se maintenir au meilleur niveau dans ces dimensions nécessite un investissement important dans le développement et la communication de nouvelles idées, une recherche systématique du meilleur standard de qualité de nos interventions et un effort tout particulier sur la qualité et le développement personnel de nos consultants : recrutement, formation et évaluation. Le développement de nouvelles idées et de nouveaux concepts est favorisé par la valorisation et la reconnaissance des contributions individuelles, ainsi que par la facilité de communication au niveau mondial au sein du Boston Consulting Group. La même logique nous conduit à privilégier des liens étroits avec le monde de l'enseignement dans les différents pays dans lesquels nous sommes présents : ainsi nous contribuons à l'enseignement au Collège des Ingénieurs depuis sa création par l'ENPC, l'ENS et l'ENGREF en 1986 en assurant le cours de stratégie. De même nous intervenons dans différents cours à l'Ecole des Mines, à l'Ecole Centrale, à HEC et au CPA.

Nos consultants : les conseillers qui nous rejoignent sont issus des meilleures écoles européennes et américaines et ont des expériences et des centres d'intérêt très variés. Cette recherche de consultants de haut niveau et ce souci de diversité renforcent notre capacité à allier rigueur et créativité dans nos approches. La recherche de l'autonomie et de la responsabilité maximale, le respect et la valorisation de l'individu, sont à la base des équipes de travail qui assistent nos clients. Pour répondre à l'eupéanisation et à l'internationalisation de nos clients, ainsi que pour contribuer au développement personnel de nos consultants, nous encourageons vivement des échanges entre nos bureaux, particulièrement en Europe. Cette politique se traduit par une part croissante d'études rassemblant des consultants de plusieurs bureaux et par la possibilité de passer une partie de sa carrière à l'étranger, notamment dans un de nos bureaux en Europe : Angleterre, Allemagne, Italie, Espagne ou Scandinavie. Le développement personnel des consultants est assuré par un souci permanent de transparence sur les performances et par un feedback très fréquent.

Nous sommes une méritocratie, récompensant les performances individuelles absolues et non relatives, sur les dimensions qui sont à la base de notre métier. Les Directeurs Associés du Boston Consulting Group sont membres du partnership de l'organisation mondiale et sont élus par l'ensemble des associés du Boston Consulting Group. Cette structure de dirigeants-actionnaires garantit que nos objectifs et nos valeurs ne seront modifiés que par nous-mêmes en toute indépendance. Le deuxième atout de notre structure de capital est qu'elle permet d'allier une activité professionnelle passionnante au contact des dirigeants de grandes entreprises internationales, et le statut d'actionnaire décisionnaire touchant les dividendes de son activité.

La combinaison de notre ambition de croissance et des opportunités que nous voyons en France et dans le monde renforce notre confiance dans nos perspectives de développement du Boston Consulting Group. Pour satisfaire ces objectifs en maintenant un niveau élevé de qualité de nos interventions, nous consacrons un effort soutenu de recherche de collaborateurs. Ainsi nous faisons appel chaque année à un nombre croissant de nouveaux consultants. Ceux-ci sont issus des meilleures formations et ont en général entre 2 et 7 ans d'expérience professionnelle. Aux candidats motivés par une carrière dans le conseil et partageant nos objectifs et nos valeurs, nous pensons offrir une opportunité de carrière exceptionnelle.

Certains consultants font une partie importante de leur carrière au Boston Consulting Group. La plupart de ceux qui nous quittent prennent des responsabilités opérationnelles ou créent leur propre entreprise. Cette évolution est naturelle, le métier de consultant requérant en effet les mêmes qualités que celles dont doit faire preuve un dirigeant d'entreprise moderne : d'une part être capable de dégager une vision stratégique, de donner une direction à l'entreprise, d'autre part communiquer et faire partager cette vision à un nombre important de collaborateurs qui peuvent avoir chacun leur propre vision.

soit

René Abate (Pont 70)
Gilbert Milan (Pont 75)

soit

René Abate (Pont 70), Directeur Associé, Gérant
Gilbert Milan (Pont 75), Directeur Associé

PROGRAMME REDACTIONNEL 1989

MARS :	Technologies nouvelles — Recherche
AVRIL :	L'Ecole
MAI :	L'industrie automobile
JUIN-JUILLET :	Le Bicentenaire de la Révolution
AOUT-SEPTEMBRE :	Le rail
OCTOBRE :	La Banque
NOVEMBRE :	L'eau
DECEMBRE :	La route

Bulletin d'Abonnement

Pour vous abonner, il vous suffit de nous téléphoner au 42.60.25.33 ou de nous retourner le bulletin ci-dessous à PCM-LE PONT, service abonnement, 28, rue des Saints-Pères, 75007 Paris.

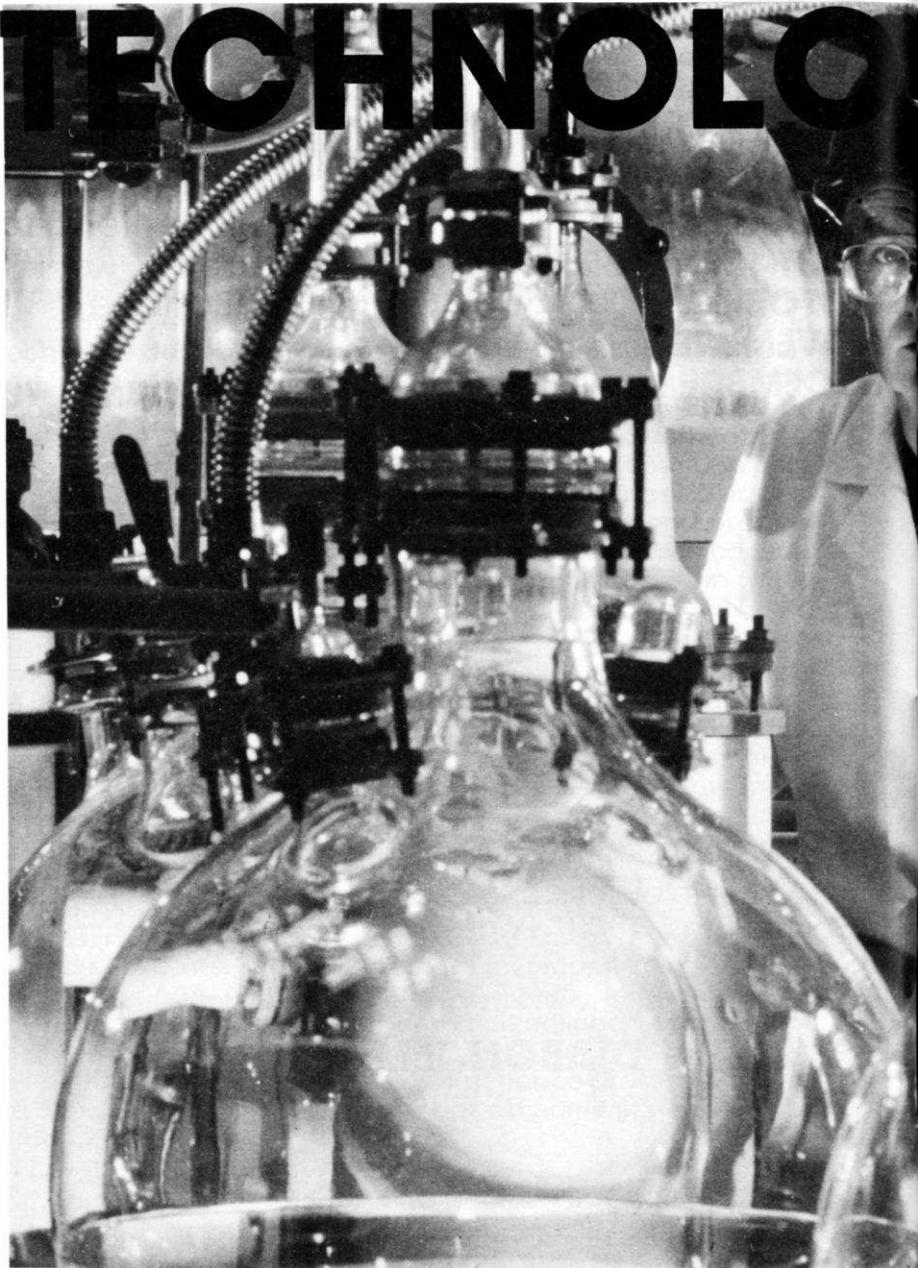
BULLETIN D'ABONNEMENT

M. _____
Adresse _____

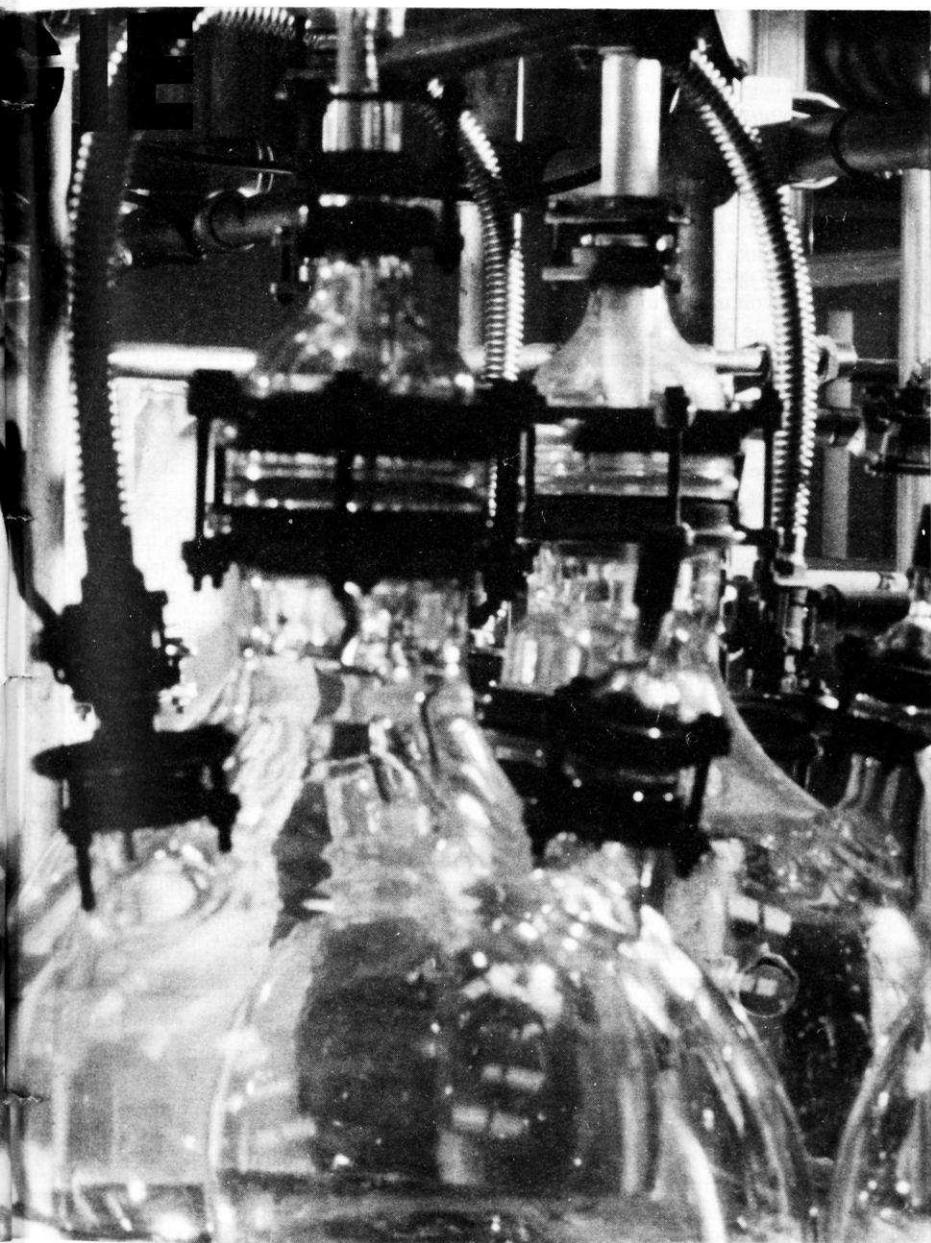
souscrit un abonnement à PCM-LE PONT
1 an = 450 francs (Etranger : 500 F)
règlement par chèque à l'ordre de PCM _____
paiement à la réception de la facture

Date _____ Signature _____

R E C H E R C H E E T T E C H N O L O



Un triple ENJEU : cult



“Je distingue
deux moyens de cultiver
les sciences :
l'un d'augmenter
la masse
des connaissances
par des découvertes ;
l'autre de rapprocher
les découvertes
et de les ordonner
entre elles afin que
plus d'hommes soient
éclairés et que chacun
participe ainsi
à la lumière
de son siècle”.

DIDEROT 1747

ANVAR - Photo P. PONS

nrel, social, économique

QUESTIONS A HUBERT CURIEN

propos recueillis par J. Gounon



**Ministre
de la Recherche
et de la Technologie**

PCM-Le Pont : La recherche est un des objectifs prioritaires des pouvoirs publics. Pourquoi ?

H.C. : les sociétés qui veulent maîtriser leur avenir doivent avoir une politique volontariste en matière de recherche et de développement technologique. C'est sur les deux terrains du progrès de la connaissance et du renforcement de l'innovation dans les entreprises que notre pays joue sa capacité à conserver sa place dans un monde en évolution constante et rapide.

Trois types d'enjeux se cristallisent en effet autour de la science et de la technologie.

Un enjeu culturel tout d'abord. La recherche fait progresser nos connaissances. Elle nous permet d'identifier, avec une acuité accrue, les mécanismes fondamentaux qui régissent notre monde physique et l'évolution des êtres vivants.

Enjeu culturel donc mais aussi social. Je pense ici à l'étude des grands phénomènes et des mutations qui traversent nos sociétés, et notamment l'effet de la révolution technologique ou de la transition démographique.

Un enjeu économique enfin. Face à la concurrence mondiale, notre pays doit renforcer ses capacités technologiques, accroître la part relative des productions qui incorporent beaucoup de technologie et améliorer la productivité de l'ensemble des secteurs productifs.

A ce triple enjeu est étroitement lié le défi de la formation. La maîtrise et la diffusion des nouvelles techniques supposent, bien évidemment, un effort accru de formation par la recherche des futurs cadres, ingénieurs et techniciens de notre économie.

C'est la claire conscience de la nécessité pour la France d'être présente sur tous ces fronts qui a conduit le gouvernement auquel j'appartiens à faire de la recherche une de ses priorités. Cela se traduira dans les

années à venir par une progression régulière des crédits publics affectés à la recherche civile. Un mouvement réamorcé cette année avec une hausse de 7,6 % et qui doit s'inscrire — c'est indispensable — dans la continuité.

PCM-Le Pont : Existe-t-il une symbiose suffisante entre secteur public et entreprises privées au niveau de la recherche ?

Peut-elle être améliorée ?

H.C. : La nécessité de développer les échanges entre le secteur public de la recherche et les entreprises fait aujourd'hui l'objet d'un consensus, ce qui était moins vrai, reconnaissons-le, il y a une quinzaine d'années.

La volonté de rapprochement existe de part et d'autre ; c'est là un premier résultat ; mais il va de soi que cet effort commun doit être accru, en particulier lorsque l'on compare la situation de la recherche industrielle française à celle des Etats-Unis, du Japon, voire de l'Allemagne fédérale. Pour s'aligner sur ces pays, l'industrie française doit prendre une part croissante au financement de la recherche nationale. C'est une nécessité. Les échanges doivent s'accroître non seulement entre les organismes publics de recherche ou les universités et l'industrie, mais aussi, au sein de chaque entreprise, entre leurs chercheurs et les autres cadres industriels. Cette dynamique exige notamment que les entreprises sachent tirer un meilleur parti du potentiel de recherche fondamentale qui existe dans le secteur public.

Il faut toutefois noter les progrès accomplis depuis quelques années (1982) par les organismes publics qui se sont dotés de structures de valorisation de leurs recherches leur permettant de renforcer leurs liens avec le milieu industriel et économique. C'est le cas notamment d'un organisme tel que le CNRS dont plus de la moitié des laboratoires entretiennent des relations suivies avec

des partenaires industriels. Encore faut-il que ce souci d'ouverture et de rapprochement soit plus souvent mis à l'honneur, qu'il soit mieux reconnu par la communauté scientifique et pris en compte dans la carrière des chercheurs publics lorsque ceux-ci souhaitent effectuer leur mobilité dans le secteur industriel.

D'un autre côté, sans doute est-il nécessaire que les entreprises accordent une plus large place à leurs chercheurs, aussi bien dans la définition de leurs stratégies que dans leurs opérations de modernisation et d'innovation.

Pour leur part, les pouvoirs publics se sont engagés dans une politique volontariste visant à développer les relations entre recherche publique et entreprises. Cet effort — je l'ai indiqué récemment — doit s'orienter tout particulièrement vers les PME-PMI. En effet, depuis des années, près de 80 % de l'aide publique est allée à des techniques de pointe telles que l'aéronautique, l'électronique, l'automatisation. Il s'avère aujourd'hui indispensable de renforcer le potentiel de recherche industrielle d'entreprises de taille plus modeste qui ne bénéficient pas toujours des retombées technologiques de ces grands programmes.

Une telle action doit être relayée à l'échelon régional, dans un environnement proche des petites et moyennes entreprises. Elle implique l'intervention concertée de l'ensemble des partenaires locaux : chambres de commerce et d'industrie, délégations régionales de l'ANVAR, centres régionaux d'innovation et de transferts de technologie (CRITT), agences régionales d'information scientifique et technique, etc. Afin de mobiliser en direction des PME les capacités d'innovation développées à l'occasion des grands programmes de R. et D., j'ai proposé au Conseil des Ministres du 14 décembre dernier la mise en place d'un réseau associant les laboratoires des écoles d'ingénieurs, ceux des principaux établissements publics comme le CEA par exemple (qui peut valoriser les compétences acquises dans le domaine électronucléaire), les centres techniques industriels, les services de valorisation des organismes. Pour soutenir ces initiatives, les moyens budgétaires consacrés à l'aide à la recherche et à l'innovation des entreprises ont été accrus de plus de 40 % cette année. Enfin je crois beaucoup à l'intervention de la formation par la recherche pour resserrer les liens entre les futurs cadres des entre-

prises et les laboratoires publics. Cette formation est particulièrement nécessaire dans les écoles d'ingénieurs si l'on considère que sur près de 15 000 ingénieurs formés chaque année, le dixième environ poursuivent des études doctorales.

Le succès remporté par des procédures cofinancées par l'Etat telles que les conventions industrielles de formation par la recherche (CIFRE) est un encouragement. Le gouvernement a souhaité poursuivre cet effort en décidant récemment de parvenir à moyen terme au doublement du nombre des thèses soutenues (soit 6 000 par an) et d'accroître pratiquement dans la même proportion le flux des aides de toute nature à la formation par la recherche.

PCM-Le Pont : Comment la France se situe-t-elle par rapport aux autres pays européens, et au reste du Monde ?

H.C. : Rapportée au PIB, la dépense intérieure de recherche et de développement situe la France en cinquième position derrière les principaux pays de l'OCDE : les Etats-Unis, le Japon, l'Allemagne et le Royaume-Uni. Notre situation est équivalente si on prend en compte la dépense intérieure de R. et D. des entreprises par rapport au produit intérieur brut marchand. Cette dépense s'est certes accrue de façon considérable de 1981 à 1986, mais elle a connu une croissance parallèle dans les autres pays de l'OCDE.

En outre, la France occupe une position moyenne dans les exportations de produits à haute technologie (construction aéronautique, traitement de l'information, matériel électronique, pharmacie, instruments de précision, matériel électrique). Elle représente sur le marché mondial plus de 6 % des exportations totales de ces produits, taux voisin de celui de sa recherche-développement.

Ces éléments ont conduit le gouvernement à retenir comme objectif prioritaire pour les années 1990, la croissance de la dépense nationale de R. et D. pour la porter à hauteur de 3 % du PIB. Cet objectif implique un rééquilibrage de nos structures de financement et d'exécution de la dépense nationale de recherche, en particulier la part financée et exécutée par les entreprises (respectivement 41 % et 59 % du total) afin de nous rapprocher de la situation de notre voisin allemand (actuellement 62 % et 73 %). Pour accomplir cette évolution, la France dispose de nombreux atouts : c'est en pre-

mier lieu la haute qualité de sa recherche fondamentale (en particulier, les mathématiques, l'astrophysique, la physique des particules, la biologie moléculaire et cellulaire, les sciences anthropologiques). Elle permet notamment à notre pays de jouer un rôle déterminant dans la mise en œuvre de grands équipements scientifiques internationaux tels que l'installation européenne de rayonnement synchrotron de Grenoble, le très grand télescope du Chili, les grands accélérateurs de particules du CERN à Genève.

Autre atout d'importance, la place de premier rang qu'occupe notre pays dans les programmes spatiaux européens, tant au niveau de l'exploitation commerciale des lanceurs qu'en direction des programmes décidés à la Haye (Ariane V, Hermès, Columbus) qui conduiront l'Europe vers une nouvelle ère spatiale. Les technologies spatiales requièrent un large faisceau de compétences industrielles ; et réussir dans l'espace, c'est fournir la preuve que l'on peut être bon partout.

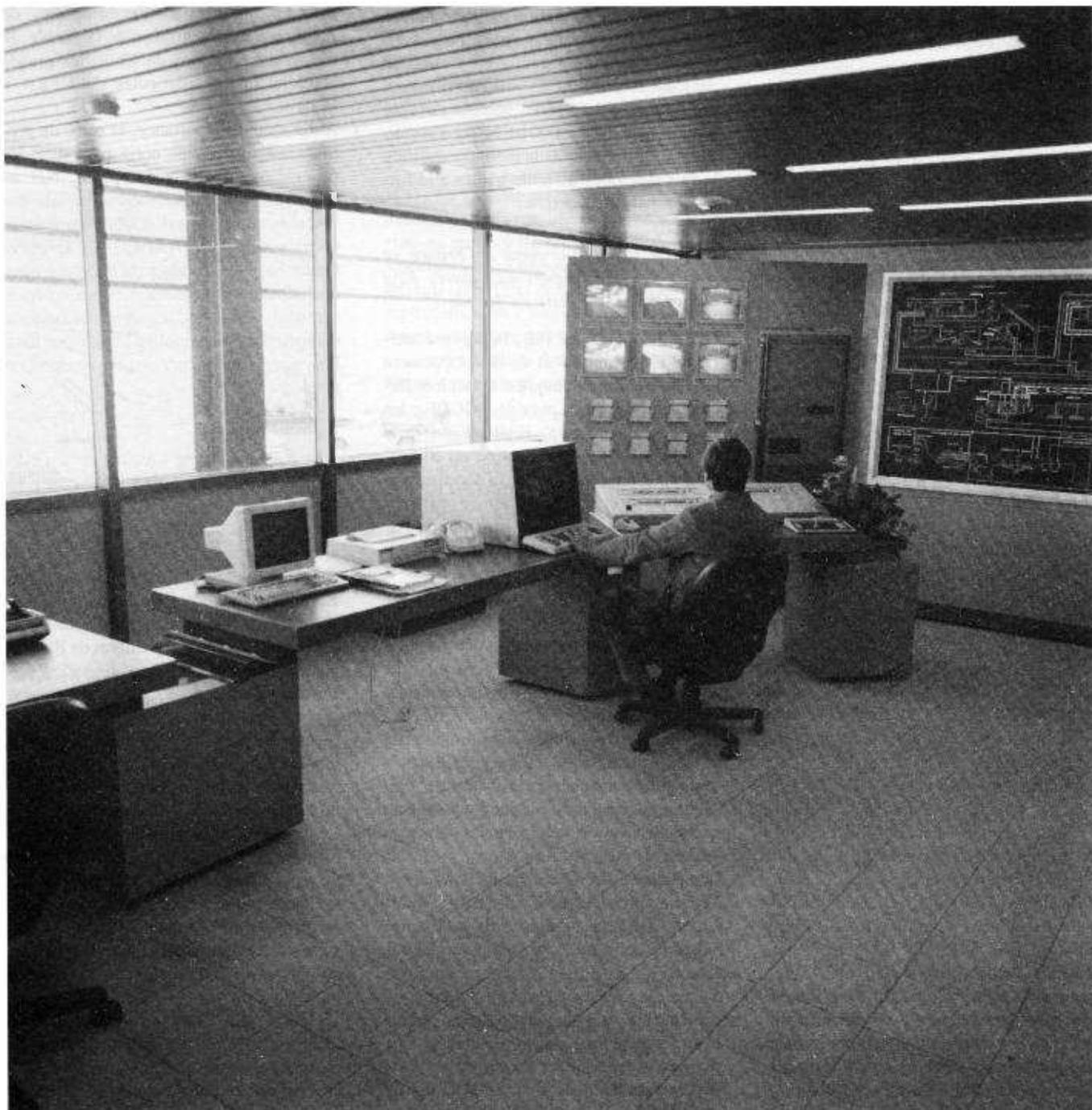
Signalons également l'initiative Euréka qui revient à la France, rappelons-le : nos industriels participent à près de la moitié des deux cents et quelques projets labélisés, les plus récents comme la télévision haute définition ou le projet JESSI (mise au point de circuits électroniques de demain) s'ouvrant sur des marchés considérables.

Enfin et surtout, au niveau précompétitif, notre aire de coopération privilégiée a pour cadre la CEE. Les programmes de R. et D. communautaires tels que Esprit, Brite-Euram, Science, auxquels notre pays apporte son soutien et sa contribution constituent des puissants catalyseurs pour la modernisation de nos industries et la construction des liens européens dans le domaine de la science et de la technologie.

Le réexamen du programme cadre communautaire de R. et D. aura lieu au courant du second semestre de cette année, lorsque la France assurera la présidence de la CEE, lui offrant ainsi la possibilité de faire valoir auprès de ses partenaires toute l'importance qu'elle attache à la recherche communautaire.

La place que notre pays occupe dans l'Europe de la science et de la technologie concourt largement au rayonnement de la France dans le reste du monde : les contacts que j'ai eus, à l'occasion de mes voyages récents en Australie, en Indonésie, en Bulgarie et dernièrement en Inde m'en ont convaincu. ■

LES BIOREACTEURS A



LA STATION D'EPURATION DE NICE

Automatisation et contrôle centralisé des biotechnologies au service de l'exploitant

LE SERVICE DU TRAITEMENT DES EAUX

Jean-Louis Brault
et
Pascal Dauthuille

Les méthodes traditionnelles du traitement des eaux, basées sur des processus physico-chimiques, sont désormais concurrencées par de nouvelles technologies biologiques plus performantes.

Des procédés simples de traitements biologiques sont connus depuis des lustres, principalement en épuration d'eaux résiduaires (lits bactériens, boues activées,...). La compréhension exacte des phénomènes d'adsorption, de métabolisation de la matière organique et de la synthèse cellulaire, associée à une meilleure connaissance des équilibres nutritionnels et de l'écologie des micro-organismes, a permis de développer, depuis les années 80, de nouveaux procédés biologiques.

Le rôle du traiteur d'eau est d'initier de nouvelles recherches et de concevoir des bioréacteurs intégrant les dernières innovations technologiques et répondant à des objectifs tels que :

- Réduction de la surface des ouvrages, là où le terrain est précieux.
- Réduction des coûts énergétiques.
- Amélioration des performances et de la qualité finale de l'effluent.
- Fiabilité, souplesse d'emploi vis-à-vis des variations du fluide à traiter.
- Automatisation, mise à disposition de systèmes-experts pour l'exploitant.

Tous les domaines du traitement d'eau, aussi bien l'eau potable que les eaux rési-

duaires urbaines et industrielles, sont concernés. Quelques exemples vécus, évoqués ci-dessous, démontrent l'importance croissante de ces bioréacteurs au service du traitement des eaux. D'autres se préparent, dans les laboratoires : ils poursuivront et amplifieront une évolution nécessaire et irréversible.

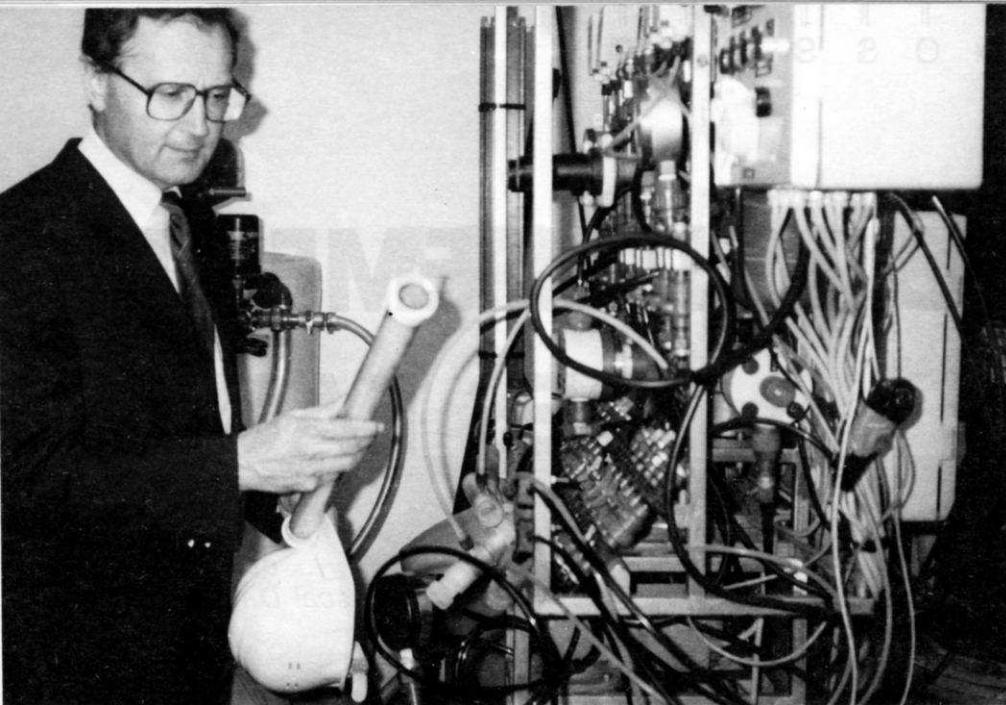
La dénitrification biologique (eau potable)

La teneur en nitrates des eaux destinées à la production d'eau potable augmente régulièrement, tout particulièrement dans le cas des eaux souterraines (rejets urbains et

industriels, engrais). La concentration maximale admissible en France, est 50 g/m^3 . Au-delà les nitrates peuvent provoquer la méthémoglobinémie chez le nourrisson et d'autres effets comme l'hypertension ou la production de nitrosamines cancérogènes.

Pour réduire cette concentration en nitrates, divers procédés ont été développés, soit physico-chimiques, soit biologiques. Les premiers (osmose inverse, échange d'ions) déplacent les nitrates sans les transformer, ni les détruire, alors que les seconds réduisent les nitrates en azote gazeux, supprimant ainsi tout problème de rejet d'éluats.

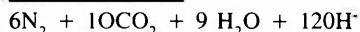
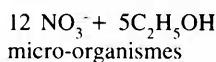
Deux procédés biologiques principaux sont envisageables : autotrophe (consommation des bicarbonates de l'eau) ou hétérotrophe (apport d'un substrat carboné). Les études



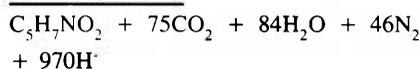
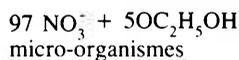
**Jean-Louis
Brault
ICPC, 64.
64 à 69
service central
d'études
techniques du
Ministère de
l'Équipement.
69 à 77
Ingénieur
à la DDE
de Seine-
Maritime.
77 à 83
Directeur
Général
de Bouygues.
83 à 85
Président
d'Entrepose
International.
Depuis 1985
Président
Directeur
Général
de Degrémont.**

cinétiques ont démontré que les bactéries assurant la dénitrification autotrophe ont un métabolisme très lent. Le choix de Degrémont s'est rapidement porté sur le procédé utilisant des bactéries hétérotrophes avec apport d'éthanol ou d'acide acétique :

Voie respiratoire :



Voie synthétique :



Des essais réalisés en laboratoire, puis à l'échelle industrielle, ont permis de définir les principaux facteurs influençant la dénitrification biologique (nutrient carboné, phosphates, température, matériau support, flux hydraulique, âge de la boue...). Un bioréacteur spécifique à flux ascendant a été développé (NITRAZUR). Il s'intègre à une chaîne de traitement comprenant en outre une aération et une filtration sur charbon actif. Trois installations sont actuellement réalisées en France (Issoudun, Château Landon, Champfleury).

D'autres bioréacteurs ont également été développés en eau potable pour l'élimination de composés indésirables, comme l'ammoniaque, le fer ou le manganèse.

La méthanisation (eaux résiduaires industrielles)

La digestion anaérobie, ou plus communément la méthanisation, est une fermentation en l'absence d'oxygène qui permet de transformer les matières organiques en biogaz, mélange de méthane et de gaz carbonique. Cette digestion s'effectue en deux phases.

Un premier groupe bactérien est responsable de la transformation des matières organiques en composés organiques plus simples, essentiellement des acides gras volatils. Ces acides sont ensuite transformés, par des bactéries dites méthanigènes, en biogaz.

La méthanisation connaît actuellement une nette évolution. Passée la première génération des digesteurs de boues, la méthanisation s'applique au traitement des pollutions carbonées en général, et plus particulièrement aux rejets liquides des industries agro-alimentaires et papetières.

La recherche de nouveaux bioréacteurs a été entreprise et, s'est fixé quatre objectifs principaux :

- Accroître les rendements d'épuration.
- Diminuer la taille des réacteurs, donc les coûts d'investissement.
- Réduire la production de boue.
- Concevoir des réacteurs d'exploitation simple, adaptés aux contraintes industrielles (fonctionnement saisonnier, arrêt de week-end, variations de la charge des effluents).

Afin d'atteindre ces objectifs, divers moyens techniques ont été développés :

— Augmentation de la concentration de la biomasse épuratrice

Pour les procédés à cultures libres, cette augmentation est obtenue soit par décantation naturelle au sein du décanteur (procédé à lit de boue), soit par recyclage externe d'une partie des boues produites (procédé contact). Pour les procédés à cultures fixées, cet accroissement de biomasse est réalisé par accrochage sur un matériau support spécifique soit en lit fixe, soit en lit fluidisé.

— Amélioration du contact entre l'effluent et le milieu épurateur

Pour les procédés à cultures libres, le mélange interne est optimisé par des moyens hydrauliques (lit de boue) ou par recirculation forcée du biogaz produit. Pour les procédés à cultures fixées, l'emploi d'un matériau à surface spécifique élevée assure un excellent contact entre la biomasse fixée et l'eau à traiter.

Ces développements ont abouti à quatre nouveaux digesteurs anaérobies spécifiques.

— *Le procédé contact anaérobie (ANALIFT)* est réservé au traitement des effluents ayant une concentration en DCO supérieure à 10 g/l ou possédant des matières en suspension grossières :

— Conserverie Bonduelle à Renescure (59) 18 T/j DCO

— Sucrerie Südzucker à Plattling (RFA) 35 T/J DCO

Distillerie de canne à sucre APAL (Paraguay) 54 T/J DCO

Distillerie AGRIFUEL à New Ibéria (USA) 330 T/j DCO

— *Le procédé à lit de boue (ANAPULSE)*, grâce à un recyclage interne du biogaz, permet un excellent contrôle de la biomasse épuratrice :

— Brasserie Sebastien Artois à Armentières (59) 8 T/j DCO

— Brasserie Antartica (Brésil) 8 T/j DCO

— Brasserie et distillerie Mohan Meakin à Lucknow (Inde) 14 T/j DCO

— *Le procédé à lit fixe (ANAFIZ)* utilise un garnissage spécifique en matière plastique. Une partie du biogaz produit peut être recyclé à la base du réacteur :

— Laiterie Saint-Hubert à Magnières (88) 3 T/j DCO

— Confiturerie Polamer à New Jersey (USA) 4 T/j DCO

— Papeterie KNP à Lamaken (Belgique) 36 T/j DCO

— *Le procédé à lit fluidisé (ANAFLUX)* présente une grande compacité. En effet,

la fluidisation permet d'utiliser au maximum la surface spécifique du matériau support et les charges traitées sont très élevées atteignant 60 kg DCO/m³.j. Ce procédé est appliqué pour le traitement des effluents de la brasserie d'El Aguila en Espagne. Cinq bioréacteurs de 16 m de haut et 5 m de diamètre éliminent 50 tonnes de DCO par jour. Un traitement aérobique complémentaire permet le rejet d'un effluent de DCO inférieure à 50 g/m³.

Les biotechnologies de demain

Le génie enzymatique et le génie génétique ouvrent de nouvelles voies dans l'élimination des micropolluants organiques et dans la sélection des souches actives. Les possibilités de développement des biotechnologies semblent immenses ; à charge pour le traiteur d'eau de les concrétiser par des bioréacteurs fiables et performants. Nous y travaillons.

CONSTRUIRE LES TECHNOLOGIES DE L'EAU

L'eau : vitale pour la santé des hommes, vitale pour l'environnement comme pour toutes les industries.

Ultrafiltration par membrane organique, procédés biologiques répondant à l'évolution des besoins et aux spécificités de chaque eau, de chaque utilisation... Du laboratoire à la mise en œuvre dans toutes les régions du monde, Degremont imagine, développe et construit les technologies qui conduisent à la maîtrise de l'eau, de toutes les eaux.

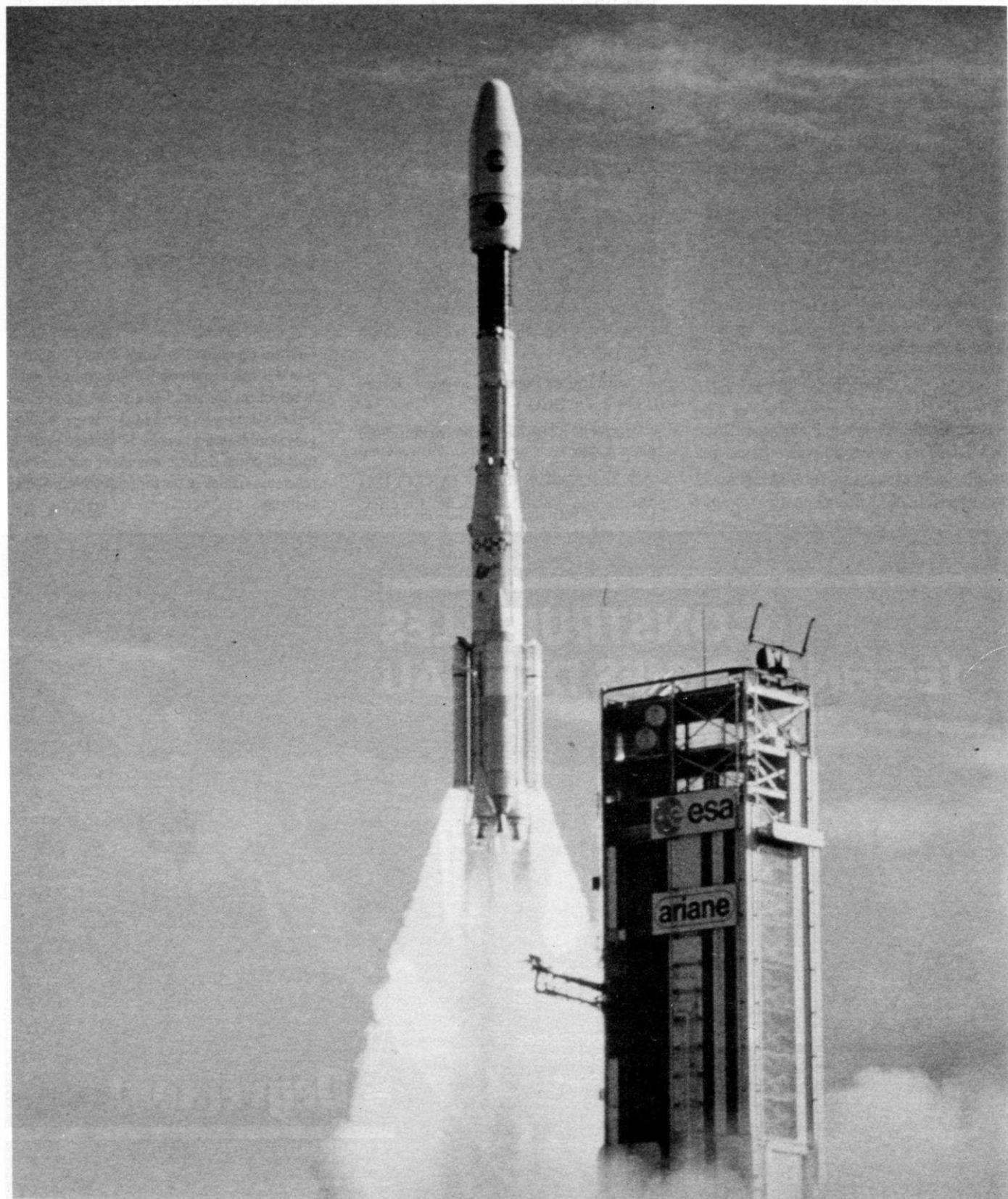
saphir

 **Degremont**

LA MAITRISE DE TOUTES LES EAUX.

DEGREMONT : 183, avenue du 18 Juin 1940
92508 RUEIL-MALMAISON CEDEX - TEL. : (1) 42.04.90.00

Macrophotographie de membranes d'ultrafiltration (Laboratoire de Recherche de Toulouse).



QUESTIONS A JACQUES-LOUIS LIONS

propos recueillis par Serge Lafont

PCM-Le Pont : Le CNES, c'est plutôt de la recherche fondamentale, plutôt du développement, plutôt de l'industrie ?

J.-L. L. : Le CNES, c'est tout cela à la fois. Il y a une composante recherche fondamentale, bien sûr, comme l'observation de l'univers, notamment de l'univers lointain, qui touche à des questions parmi les plus importantes pour l'honneur de l'esprit humain. Mais cela n'est pas fait au CNES, bien sûr, le CNES coordonne et s'appuie sur les recherches faites par les grands laboratoires extérieurs, au CNRS, au CEA etc... Dans d'autres domaines, médecine spatiale, biologie, on trouve l'INSERM, l'INRA etc...

Ensuite il y a une partie qui se trouve à la frange de la recherche et de l'industrie, avec une grosse composante théorique, ce sont les technologies dites de pointe. Par exemple, quand on travaille sur la réentrée d'Hermès dans l'atmosphère, ou des problèmes de comportement des satellites, on est très proche de questions fondamentales en vibration, structure, physique des hautes températures, turbulence. La turbulence par exemple est un des grands sujets de la physique fondamentale. C'est aussi un grand sujet de l'aéronautique et du spatial.

Ainsi, on passe graduellement de la recherche à la technologie industrielle. Par exemple, les recherches sur les matériaux, les protections thermiques, les matériaux composites. Puis on passe à des considérations commerciales, par exemple les images du satellite Spot. Ces images ont aussi des liens importants avec la recherche, que ce soit la géologie, l'aménagement du territoire etc...

PCM-Le Pont : Comment s'organise cette partie de recherche fondamentale ? Est-ce que vous orientez ou suscitez des expériences ?

J.-L. L. : Nous avons un Comité des programmes scientifiques qui est composé de grands scientifiques, ce comité sélectionne les projets proposés par les laboratoires en

fonction de deux critères : quel est l'intérêt scientifique de l'expérience proposée et comment le projet s'insère-t-il dans la recherche internationale ? La France ne se lance pas dans un programme de façon isolée. Le Comité décide en fonction de ce qui se fait au sein des programmes de l'ESA et bien sûr ce que font les USA et l'URSS, soit seuls, soit dans les programmes de coopération bilatérale avec nous. L'ESA a un comité équivalent, pour le choix des projets européens.

PCM-Le Pont : Et avec les industriels ? Vous lancez des appels d'offres ?

J.-L. L. : On a tous les cas de figures. Pour la combustion cryogénique par exemple, le CNES mène des actions en coopération avec la Société Européenne de Propulsion, le CEA, EDF, le CNRS, l'ONERA, des sociétés de Services pour la modélisation.

On lance des appels d'offres pour tout le monde, y compris les laboratoires publics et on regarde ce que chacun peut apporter.

PCM-Le Pont : Les industriels se plaignent souvent de ne pas savoir où s'adresser quand ils ont besoin des compétences de la recherche. Comment résolvez-vous ce problème ?

J.-L. L. : Pour tout ce qui concerne le domaine spatial, et même aérospatial avec Hermès, l'industriel sait à qui s'adresser : il s'adresse à nous.

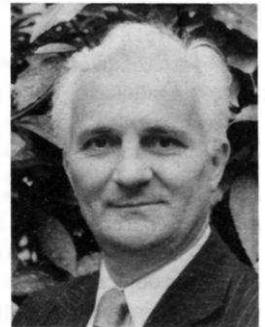
Nous avons un certain nombre de compétences : nous, c'est-à-dire le CNES, et l'ensemble du complexe spatial que coordonne le CNES. L'industriel, surtout s'il est petit, ne sait pas nécessairement ce que nous sommes susceptibles de savoir, par exemple : faire des peintures qui résistent à de très hautes températures.

Alors comment fait-il ? Il n'y a pas de solution unique. Aussi a-t-on une filiale qui s'appelle Novespace, qui a pour responsabilité de voir ce qui n'est pas évident : par exemple, on sait faire des ballons super-légers qui résistent à des conditions incroya-

bles, on a une expérience de senseurs très précis etc... Novespace a pour mission de trouver quels pourraient être les débouchés industriels. Ce n'est pas dans ce cas en général, l'industriel qui vient vers nous, c'est l'inverse. Mais tous les cas de figure sont possibles.

En gros, le CNES centralise toute la recherche spatiale et essaie de la diffuser. En plus, on essaie de faire en sorte que Novespace soit assez connu de même que les industriels s'adressent à nous.

En dehors du cadre spatial, il existe des initiatives intéressantes depuis quelques mois : des petites équipes, à l'Ecole Normale ou à Polytechnique par exemple, des chercheurs qui se sont constitués en sociétés privées, et tout en continuant leurs recherches, font en quelque sorte des relations publiques et de la vente auprès des industriels. Quand un industriel vient les voir, ils ne résolvent pas nécessairement son problème, mais ils lui indiquent qui est susceptible de le résoudre.



**Jacques-Louis
Lions
60 ans
Normalien, Membre
de l'institut
Professeur au
Collège de France
Président du CNES**

PCM-Le Pont : Est-ce que Spot n'a pas démarré ainsi ?

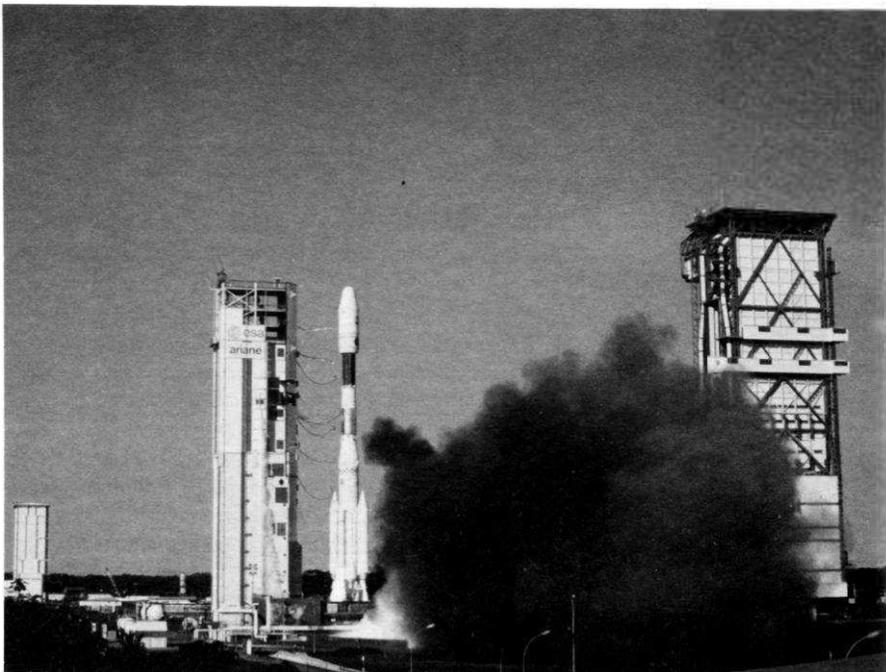
J.-L. L. : C'est un peu différent. Spot, comme Ariane d'ailleurs, c'est un cas où l'on a un produit — résultat d'ailleurs de la recherche — dont on pense qu'il a un débouché commercial — parfois, on peut se tromper mais ça fait partie du métier — Donc on avait ce produit, on croyait au marché, mais il n'y avait pas d'industrie capable de faire cela. Alors, il a fallu créer l'industrie.

PCM-Le Pont : Tout cela fonctionne parce qu'il existe une structure qui est le CNES, qui est puissante, qui a des moyens, et qui a une image qui lui permet d'être une référence dans son domaine, y compris pour l'industrie. Cela n'existe pas dans tous les domaines. Pensez-vous qu'il serait possible d'étendre le principe ?

J.-L. L. : Je crois aux agences d'objectifs. Sinon c'est trop compliqué. Il faut délimiter les sujets. Il faut de grands desseins, des programmes, des agences pour les réaliser. En revanche, ces agences ne doivent pas être systématiques. Elles doivent pouvoir évoluer, et être modifiées ou même supprimées le cas échéant. Autrement on tombe sur des problèmes, comme l'Académie des Sciences en a connus et qui sont aujourd'hui résolus heureusement : quand j'y suis entré en 1973, il y avait encore une section : géographie et navigation. Il y avait là des gens très bien, mais uniquement parce que l'Académie se torturait les méninges pour interpréter le sens de géographie et navigation.

PCM-Le Pont : Mais des agences d'objectifs, en France, il y en a peu...

J.-L. L. : Il y en a. Je ne vais pas faire la liste, car si j'en oublie... J'ai bien connu l'INRIA. Il y a eu je crois, une erreur qui a été de séparer l'agence de la recherche. Au début, l'INRIA avait comme le CNES un double objectif, faire et faire faire. Puis on a considéré que c'était incompatible. Les discussions ont été longues et courtoises, avant qu'on décide de la scission des deux fonctions, mais je pense qu'on s'est trompé. La réussite du CNES en est en quelque sorte la preuve (aujourd'hui l'Agence de l'Informatique a disparu, il ne reste que l'INRIA). Ce qu'il faut quand on fait et fait faire, c'est que cela soit dans une extrême clarté. Cela dit, le cas spatial est plus simple que d'autres thèmes : bien qu'énorme il ne tou-



Lancement Ariane 401 à Kourou en Guyane. Doc. CNES/photo B. Paris

che pas à toutes les activités humaines, ce qui n'est pas le cas de l'informatique : là, le rôle d'une agence est plus difficile. Il n'y a qu'à voir ce qui se passe dans le monde, le problème n'est pas très bien résolu, sauf dans le cas des Etats-Unis, où la politique informatique est finalement faite par un organisme du département de la Défense, la DARPA qui joue un rôle de régulateur en injectant dans beaucoup de projets le dernier million de dollars ; grâce à cela, c'est elle qui régule les développements. Mais cela est un peu schématique...

PCM-Le Pont : Est-ce que le CNES ne peut pas être une contrainte parfois : le fait que tous les développements spatiaux soient contrôlés par un organisme d'Etat français ne pose-t-il pas ensuite des problèmes d'internationalisation, de norme ?

J.-L. L. : Absolument pas ; vous savez, le spatial est une industrie mondiale. Personne ne développe quoi que ce soit en oubliant l'extérieur. On est totalement international, on a constamment sous les yeux la concurrence mondiale. On peut faire des erreurs, mais on ne continue un projet que si l'on pense qu'il est compétitif. L'organisation elle-même nous y oblige. Tous les projets ou presque transitent par l'Agence Spatiale Européenne, au minimum et l'ESA se demande elle-même si elle est compétitive avec les Chinois, par exemple.

PCM-Le Pont : Dans votre domaine, donc, la relation recherche-industrie fonctionne ?

J.-L. L. : Oui, le chassé-croisé est constant. L'intérêt va constamment d'un endroit à l'autre. Ce sont des problèmes industriels qui ont fait avancer les matériaux composites qui ont fait avancer la recherche fondamentale. A l'inverse, les recherches fondamentales sur la turbulence profitent aux industriels. Il faut surtout ne pas avoir ces tendances manichéennes, vous savez, l'industrie mène la recherche, la vision dite capitaliste, ou à l'inverse, la science doit diriger l'industrie. Tout ça est absurde, ça ne marche pas comme ça dans les laboratoires. Au niveau des labos, il y a des gens qui travaillent, ils travaillent sur ce qui est intéressant. Ce qui est intéressant, c'est soit un problème épouvantablement pratique où en grattant, grattant, on arrive à des questions fondamentales, ou bien le fondamental qui se dit, tient, ça, ça va servir à quelque chose etc...

Tout à l'heure par exemple je vais remettre les prix de la Société Générale, les prix 2 000 SG, qui récompensent des petites sociétés qui innovent. On voit que ces sociétés démarrent avec trois, quatre personnes, des jeunes qui viennent les uns de l'industrie, les autres de centres de recherche. On voit bien qu'il y a un mélange qui fonctionne. ■



QUESTIONS A ALAIN NICOLAIDIS

Alain Nicolaidis X 62, Génie Maritime. Sous-Directeur à la DIELI, responsable du "Plan Calcul", créé en 1979 Datavision. Vice-Président D6 de Matra Transports.

PCM-Le Pont : Tout d'abord, peux-tu nous retracer un peu l'histoire de tes contacts avec la recherche ?

A.N. : J'ai toujours eu beaucoup de contacts avec la recherche sous des angles très divers. Au début de ma carrière, comme acteur direct, alors que j'étais chef de projet, au Service Technique des Constructions et Armes Navales, du premier radar de poursuite "pulse-doppler" développé en France dans le cadre d'un vaste projet de missile anti-missile. Si vaste et si près du domaine de la recherche — c'était en 1967 — qu'il n'a jamais vu le jour. Ensuite, comme observateur — j'oserai dire "voyageur" — du bourgeonnement fascinant de la recherche dans l'industrie informatique américaine au début des années 70 comme Attaché Scientifique à l'Ambassade de France à Washington.

De 1974 à 1979, dans ma responsabilité du Secteur de l'Informatique à la Direction des Industries Electroniques et de l'Informatique du Ministère de l'Industrie, le développement de la recherche française était évidemment un axe fondamental de ce qu'on appelait à l'époque le "Plan Calcul". Je dois avouer que, dans ces fonctions, j'étais plutôt considéré, dans le monde de la recherche, comme plus enclin à soutenir les efforts de l'industrie que ceux de la recherche publique. Et c'était vrai, sans doute à cause du décalage constaté entre USA et France : après la fantastique osmose entre universités et entreprises constatée Outre-Atlantique, je découvrais une recherche publique française apparemment plus préoccupée de pontifier que de trouver, malgré le nombre non négligeable de brillants contre-exemples.

Compte tenu de cette image de méfiance vis-à-vis de la recherche publique, ce fut certainement un étonnement pour beaucoup de me voir abandonner une carrière, réputée brillante, dans l'administration pour créer en 1979 une société avec... deux cher-

cheurs du CNRS. Cette société Datavision (devenue par la suite Matra-Datavision) que j'ai dirigée jusqu'en 1987 m'a donné, parmi d'autres expériences, celle de l'équilibre difficile entre la nécessité fondamentale de la Recherche et Développement et les exigences du résultat du Compte d'Exploitation. Depuis que Jean-Luc Lagardère m'a demandé de prendre la Direction Générale de Matra-Transport, le bon dosage de Recherche et Développement fait encore partie des préoccupations permanentes sinon douloureuses.

Tout cela pour dire que, effectivement la recherche a toujours été présente directement ou indirectement dans les métiers, apparemment très divers, que j'ai pu faire.

PCM-Le Pont : Avec une différence importante : soutenir la Recherche dans le cadre d'une politique de l'Etat et la gérer dans une entreprise, ce n'est pas la même chose !

A.N. : C'est vrai, le mode opératoire est assez différent. Mais la finalité est la même : améliorer les positions (de la France ou d'une entreprise) dans une guerre économique permanente où l'efficacité de la recherche constitue une des armes principales (j'exclus évidemment de nos réflexions présentes la recherche dite "pure" où la quête de l'extension du "savoir" de l'humanité en est la noble mais unique justification). Dans la recherche "impure", qu'elle soit publique ou privée, seule compte le résultat : renforcer le tissu industriel. Comme je pense que le résultat est plus facile à juger par les entreprises, j'ai toujours préféré, même dans mes fonctions étatiques, financer la recherche par le biais des entreprises plutôt que par le canal direct de la recherche publique, en m'efforçant d'associer cette dernière aux objectifs des entreprises. Pour voir si une action ou un produit est utile, rien de tel que le jugement d'un "client". Encore mieux si le client (l'entreprise) paye pour obtenir les résultats de la recherche publique.

PCM-Le Pont : Aider les entreprises à financer leur recherche c'est bien mais comment juger de l'intérêt de leurs programmes ?

A.N. : Le problème des procédures d'aide publique au secteur privé, c'est qu'elles sont souvent fondées sur une logique qui ne marche pas. Cette logique, c'est : si il y a succès, l'entreprise bénéficiaire doit rembourser. Dans la réalité, c'est une prime à l'échec car l'Etat ne peut pas véritablement contrôler qu'un financement donné à une entreprise pour un produit A n'aille pas au produit B. Et j'ai souvent constaté que, comme par hasard, le financement a été demandé pour le produit dont le développement se solde par un échec commercial, ce qui évite de rembourser. C'était tellement frustrant — pour l'Etat comme pour les entreprises — que nous avons initié en 1974, au Ministère de l'Industrie, l'approche des "contrats de croissance". L'idée, c'est de parier avec l'industriel sur un taux de croissance de son chiffre d'affaires, et de ne le pénaliser que s'il échoue. Cela a pour avantage d'éliminer les demandes des entreprises qui ne croient pas à leur produit. D'autre part, l'Etat est incapable de porter un jugement sur une technologie et de contrôler l'utilisation des subventions. En conséquence, nous demandions que pour chaque franc de subvention, les actionnaires mettent un franc sous forme d'augmentation de capital. Rien de tel pour les responsabiliser.

En cas de non respect d'un certain taux de croissance, l'industriel était pénalisé. J'ai lutté avec les finances pour que les pénalités ne soient pas trop lourdes. Il fallait à la fois qu'elles soient dissuasives, et qu'elles ne mettent potentiellement pas l'entreprise en difficulté. Sinon, elles n'auraient jamais été payées.

PCM-Le Pont : A part ces incitations, il n'y avait pas d'encadrement de la recherche ?

Il ne suffit pas qu'une idée corresponde à un besoin, il faut encore que les bonnes personnes se rencontrent.

A.N. : Non. Je pensais que ce n'était pas à nous d'estimer le bien-fondé des projets qu'on nous apportait. C'était la responsabilité des actionnaires. Cela a d'ailleurs bien marché, et produit des entreprises performantes où le taux de Recherche et Développement était important. Depuis, c'est un peu passé aux oubliettes et on est revenu à la "logique" du remboursement en cas de succès... avec toujours aussi peu de remboursements, évidemment. Ce retour étant accompagné, il est vrai, par la procédure du Crédit d'Impôt Recherche qui, elle, me paraît aller dans le bon sens.

PCM-Le Pont : Et ensuite, tu as créé ton entreprise avec des chercheurs du CNRS. Tu les avais rencontrés dans le cadre de tes fonctions ?

A.N. : Oui. Sans faire des associations formelles entre les laboratoires publics et l'industrie, nous les mettions souvent en contact. J'avais rencontré cette équipe travaillant sur les logiciels de Conception Assistée par Ordinateur, ils avaient un bon produit, mais hésitaient à se lancer sur le marché. Je n'ai trouvé aucun industriel pour s'associer avec eux. Il faut avouer que le CNRS, pour une entreprise, ça fait plutôt peur ! Alors j'ai fait le saut, on a cassé nos tirelires et celles de quelques amis, et on a démarré avec 300 000 F, Datavision a bien démarré mais il était nécessaire de nous implanter à l'étranger pour pouvoir s'offrir un niveau de R & D suffisant. Le capital nécessaire a été apporté par Matra qui avait été un de nos premiers clients. Quand j'ai quitté Matra-Datavision en 1987, ça faisait 320 MF de chiffre d'affaires dont 75 % hors de France, et 5 % de résultat net malgré un coût de Recherche et Développement de l'ordre de 500 MF par an.

PCM-Le Pont : Et tu as continué à faire de la recherche ?

A.N. : Oui et en ça, Matra-Datavision n'est pas nécessairement un bon exemple de recherche privée, parce que, comme nous avions absorbé l'équipe du CNRS, on n'avait plus personne en face, ce qui nous a obligés à continuer la recherche fondamentale (mathématiques des surfaces en particulier). Le succès de la société a fait que les chercheurs y sont restés et que d'autres intéressés par le sujet ont rapidement constaté que les moyens y étaient plus efficaces qu'au CNRS.

PCM-Le Pont : A Matra-Transport ?

A.N. : Ici il n'y a pas vraiment de besoins de recherche fondamentale mais, pour garder notre place de n° 1 mondial du métro automatique, il faut évidemment beaucoup d'efforts de développement. En fait, la recherche fondamentale a été faite au début du Val par l'équipe du professeur Gabillard, à l'Université de Lille. Le Val est né de la rencontre de Gabillard et de la Communauté Urbaine de Lille, ceux-ci voulant un métro, celui-là les convaincant qu'il devait être automatique. Puis est arrivé Matra avec son expérience de développement de systèmes complexes acquise dans les domaines militaire et spatial.

PCM-Le Pont : On vient de voir le rôle des pouvoirs publics dans la naissance du Val. Que se passe-t-il aujourd'hui ? Que représente l'aide de l'Etat dans les nouveaux développements ? Est-ce que ça correspond aux besoins de l'industrie ?

A.N. : L'Etat, pour l'industrie ferroviaire, ce sont surtout la SNCF et la RATP. Le Ministère des Transports, en France, est d'abord le Ministère de tutelle des grandes agences de transport, avant d'être celui des industriels du secteur. Ce qui fait que l'argent public qui finance les développements lourds, transite par ces agences, et que les nouveaux produits sont très naturellement, c'est normal, définis en fonction de leurs besoins. Par exemple, toutes les commandes de la RATP sont destinées au réseau parisien ce qui donne de superbes produits mais difficilement exportables, parce que souvent trop sophistiqués ou trop spécifiques. De plus, lorsqu'on développe un produit pour un client, on a des contraintes de délais et de coûts qui bien souvent ne sont pas compatibles avec une conception plus générale de ce produit, qui le rendrait éventuellement plus adaptable aux marchés étrangers. La RATP qui est un service public, qui finance le développement d'un produit, et paie ce produit, veut en toute logique, un produit conçu avant tout pour ses besoins. Pour l'industrie informatique, le choix avait été autrement : pour aider les industriels, on allait directement vers les industriels, on ne passait pas par les grands utilisateurs. C'est dommage, alors qu'on parle sans cesse de problèmes de commerce extérieur, que le Ministère de l'Industrie ne prenne pas plus en charge les

aspects industriels liés à l'exportation des produits français dans ce secteur sous prétexte qu'il est sous la responsabilité du Ministère des Transports.

PCM-Le Pont : Tu conçois donc un plan Industrie-Transport, qui financerait des développements de produits à la fois exportables et utilisables en France ?

A.N. : Oui, et avec une différence de taille : dans l'Informatique on était parti d'une position très faiblarde, alors que l'industrie des transports français est à la fois très développée et très performante. Pour une fois, on développerait un de nos points forts, au lieu d'essayer de combler une de nos lacunes. Cela se fait, par exemple, en Allemagne où le Ministère de la Technologie a déjà investi directement 140 M DM dans le M-Bahn, système de métro automatique à sustentation magnétique développé par AEG. Il n'est pas passé par la BundesBahn.

PCM-Le Pont : Et sur l'organisation de la recherche dans les entreprises elles-mêmes ? Le contrôle des coûts par exemple...

A.N. : Alors là, c'est extrêmement difficile, surtout quand tu t'attaques à un domaine nouveau. Aujourd'hui, quand on développe des circuits intégrés, on sait à peu près où on va, contrairement à il y a quinze ans. Par contre, le logiciel... on ne sait pas encore en chiffrer les coûts à l'avance. Il faut combiner un suivi serré avec une stricte approche marketing. La recherche c'est un investissement comme un autre : il faut peser en parallèle et en temps réel l'évolution des coûts et des délais et l'appréciation des retombées d'une manière continue.

PCM-Le Pont : La conclusion ?

A.N. : La recherche, qu'elle soit publique ou privée, est un domaine beaucoup trop complexe (finalité, motivations des acteurs, appréciation des résultats, méthodes d'organisation) pour se risquer à des conclusions plus ou moins péremptoires.

Ma seule certitude : c'est un domaine trop important pour en laisser le management aux seuls chercheurs. L'entreprise le sait depuis longtemps ; la recherche publique, pas encore. ■

*Propos recueillis
par Serge Lafont*

LA RECHERCHE EN FRANCE : Science ou Recherche ?

Si le premier terme est celui qui a la plus grande résonance dans l'opinion publique, de part les valeurs culturelles dont il est porteur, le second recouvre une activité dont l'importance est reconnue dans la plupart des pays et qui donne lieu à l'établissement de politiques nationales spécifiques et à des comparaisons internationales, notamment celles établies sous l'égide de l'OCDE.

Ces comparaisons portent sur un processus continu allant de l'accroissement des connaissances jusqu'à la mise au point de procédés ou de prototypes précédant les réalisations industrielles d'où l'appellation désormais couramment admise de "Recherche et Développement" pour le désigner. Derrière la sécheresse de la définition des statisticiens (cf. Manuel de Frascati OCDE 1981), il faut bien voir que les chiffres résultent de politiques à long terme, plus ou moins clairement exprimées et de choix qui donnent à chaque pays un profil scientifique et technique caractéristique.



Michel Quatre ICPC 65
Directeur de la Prospective
et des Programmes.

Ministère de la Recherche
et de la Technologie depuis 1987.
Chargé de l'orientation générale
du système de recherche

de la planification des moyens afférents.
Il a participé aux travaux d'élaboration
du X^e plan actuellement soumis
au parlement. Il était auparavant
Directeur Adjoint de l'Ecole Nationale
des Ponts et Chaussées.



Filiale BTP du Groupe SGE
C.A. 11 Milliards de Francs

recherche pour sa **DIRECTION GRANDS TRAVAUX**
FRANCE & INTERNATIONAL

INGÉNIEURS **GRANDES ÉCOLES**

Postes proposés :

- **INGÉNIEURS ÉTUDES DE PRIX CONFIRMÉS**
concernant tous Travaux de Génie Civil et notamment Travaux Souterrains.
- **JEUNES INGÉNIEURS, débutants ou ayant 1ère expérience**
pour les Services ÉTUDES DE PRIX, MÉTHODES ET LANCEMENT DE CHANTIERS, ORDONNANCEMENT-PLANIFICATION.
Travail au Siège à la DÉFENSE, mais après formation 12 / 18 mois, forte perspective d'affectation sur Grands Chantiers FRANCE ou INTERNATIONAL.

Ces postes requièrent la connaissance d'au moins une langue étrangère, notamment l'Anglais.

Adresser CV et lettre de motivation sous référence DMT 89/04 à SOGEA DAS/Recrutement - 280, avenue Napoléon Bonaparte - BP 320 - 92506 REUIL-MALMAISON CEDEX.

Pour essayer de brosser à grands traits un tableau de la situation de la recherche en France, nous retiendrons deux types de comparaison, l'une pour la recherche scientifique, l'autre pour la recherche effectuée par les entreprises. Sans que les délimitations soient rigoureuses, on peut dire que la première est réalisée principalement dans les universités et les établissements publics à caractère scientifique et technique (EPST : CNRS - INSERM - INED - INRA - CEMAGREF - ORSTOM - INRIA - INRETS) et que la seconde recouvre une part importante de la recherche technique, proche des réalisations industrielles. Les écoles d'ingénieurs et les établissements de recherche publics plus appliqués (CEA - CNES - IFREMER - CIRAD - CNET - CSTB - BRGM - ONERA - LCPC) se trouvent dans une situation intermédiaire caractéristique du système français et capitale pour le développement technologique.

En comparant à partir des publications retenues dans la banque de données Pascal du CNRS, le nombre d'articles par thèmes pour 103 thèmes définis a priori puis regroupés en 13 domaines scientifiques, M. Rémy Barre dans une étude faite en 1986 pour le Ministère de la Recherche et de la Technologie, a pu obtenir des profils scientifiques comparés des cinq pays dont l'effort de recherche et développement est le plus important (cf. figure 1).

On peut y retrouver la place remarquable de la recherche française dans les sciences du vivant, particulièrement pour la santé et le médicament, et une situation moyenne pour les sciences de la matière et les sciences de la terre. Par contre, la suprématie japonaise est nette dans les sciences et techniques de la matière appliquées, en électronique essentiellement, et la RFA occupe la première place pour la chimie et les matériaux ainsi que pour les applications énergétiques et mécaniques.

Cette situation, quelles que soient les critiques pouvant être faites à la méthode qui a conduit à établir ces profils, résulte en fait de traditions ou de choix politiques ayant des implications à long terme. Il est certain que la recherche médicale a été soutenue sans interruption à un niveau élevé par les pouvoirs publics, il faut y voir une tradition remontant à Pasteur, relayée par l'appui permanent de l'opinion publique pour qui la santé est un souci constant. Il en est résulté une chaîne d'institutions allant du

département des sciences de la vie du CNRS aux fondations Pasteur et Curie en passant par l'INSERM, dont l'origine est la recherche en milieu hospitalier, qui assure la continuité et la qualité des recherches et qui attire chaque année un flux régulier de chercheurs de qualité. Ce n'est pas un hasard si les prix Nobel français sont les plus nombreux dans ce domaine.

Corrélativement, le nombre des institutions, le relais des médias, les dons des particuliers et le soutien de la demande en santé par les mécanismes de l'assurance maladie, conduisent à retenir des dotations budgétaires croissantes entretenant ce phénomène.

Dans un autre domaine, la physique, la recherche française enregistre également les résultats d'une politique suivie depuis Pierre et Marie Curie ayant mené au choix de l'énergie nucléaire avec la création et le développement du CEA, tant pour les applications civiles que militaires.

Par contre, les faiblesses structurelles de la recherche française apparaissent dans les domaines importants pour les nouvelles technologies : chimie et matériaux, électronique, informatique et d'une manière générale ceux qui contribuent aux technologies qui sont nécessaires à la production des biens d'équipement. Si l'on n'y prend pas garde, on peut aussi craindre que la France ne soit plus présente à terme dans les techniques de sauvegarde de l'environnement et que sa position s'effrite dans les recherches nécessaires à l'industrie agro-alimentaire.

Il est intéressant de rapprocher cette situation de l'état de la recherche industrielle. Sur dix ans son volume s'est accru de 4,6 % en moyenne pour atteindre une dépense estimée à 70,9 milliards de francs en 1987 dont 48,5 financés par les entreprises, 6,2 par l'étranger et 16,2 par la puissance publique sous forme de commandes ou d'aides incitatives comme les subventions sur programme ou le crédit d'impôt recherche. Cependant, cette activité se répartit très différemment selon les secteurs en France et, pour citer le principal pays concurrent, en Allemagne comme l'indique la figure 2.

Il est aussi possible d'y relever l'incidence des politiques de l'Etat. Tous les pays avancés développent des politiques de l'innovation et de la technologie pour accélérer les adaptations des entreprises aux marchés nationaux et pour modifier en leur faveur

les conditions de la concurrence sur les marchés internationaux. Certes, la compétitivité des entreprises ne dépend pas uniquement de la recherche et du développement mais les aides apportées par la puissance publique traduisent deux phénomènes : importance des secteurs forts de la recherche scientifique qui entraîne une offre aux industriels bénéficiant des procédures automatiques, place prépondérante des secteurs aidés par les grands programmes de développement technologique que sont le nucléaire, l'espace et l'aéronautique ou par les commandes de la défense.

C'est ainsi que la place de l'aérospatiale avec un financement public de plus de 50 % entraîne une répartition de la dépense de recherche des entreprises totalement différente entre les deux pays, 17,7 % en France et 5,3 % en RFA pour la part de ce secteur. En dehors de l'industrie électrique où les situations sont sensiblement identiques, on peut observer le décrochement de notre pays pour la chimie, la construction mécanique, les transports et les autres industries qui comprennent en particulier l'agro-alimentaire, le bâtiment et les travaux publics... Fait tout aussi remarquable, ce décrochement est encore plus net pour les aides publiques à la construction mécanique et aux autres industries.

Ceci explique en partie une composition de la totalité de la dépense nationale de recherche-développement fort différente en France des autres pays développés. Le financement public est dans notre pays de 53 % de la dépense totale, chiffre comparable aux Etats-Unis où les commandes de la défense sont importantes, alors qu'il n'est que 37 % en RFA, 43 % Royaume-Uni et 26 % au Japon (cf. figure 3).

Cependant il y a une autre raison à cette répartition, à savoir l'importance de la recherche technique exécutée grâce à des financements publics dans les établissements publics de recherche. Le développement du programme électro-nucléaire grâce au CEA en est un exemple mais a contrario les dépenses du CNET financées sur le budget annexe des PTT donc considérées comme publiques sont prises en charge directement par le consommateur. Cet état de fait ne serait pas trop grave si les recherches menées dans ces établissements pouvaient déboucher rapidement sur des applications industrielles ce qui implique des interpénétrations étroites entre laboratoires

COMPOSITION DE LA DIRDE (Dépense Intérieure de Recherche des Entreprises) par groupe d'industries

(% du total : 1 - toutes branches ; 2 - hors Aéronautique)

	FRANCE				RFA			
	DIRDE		Financement public		DIRDE		Financement public	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Industrie électrique	25,2	30,7	30,3	65,9	23,9	25,2	32,3	41,2
Industrie chimique	18,7	22,7	4,8	10,4	22,6	23,9	7,0	8,9
Aéronautique	17,7		54,0		5,3		21,6	
Autres transports	11,6	14,1	1,5	3,3	15,4	16,3	2,4	3,1
Métallurgie	3,4	4,1	0,6	1,3	5,1	5,4	6,3	8,0
Construction mécanique	9,3	11,3	4,5	9,8	16,1	17,0	9,8	12,5
Industries liées chimie	4,7	5,7	0,3	0,6	3,4	3,6	1,7	2,2
Autres industries	3,4	4,1	1,7	3,7	4,5	4,7	8,9	11,4
Services	6,0	7,3	2,3	5,0	3,7	3,9	10,0	12,7
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100

publics et entreprises. Malgré les changements profonds enregistrés depuis dix ans dans le monde de la recherche et dans ses interfaces avec l'industrie par le développement des centres de transfert technologique, force est de constater que ces inter-pénétrations restent limitées la plupart du temps à des entreprises performantes et que la majorité des PME, à l'inverse de la RFA, est encore à l'écart de ce phénomène ; en effet, on enregistre dans ce pays trois fois plus d'entreprises capables de mener des programmes de développement technologique qu'en France.

Ce constat a conduit les pouvoirs publics à développer une politique de recherche industrielle avec deux composantes :

- le renforcement de la recherche technologique où l'objectif est la création d'un véritable marché des technologies en stimulant la demande et en renforçant l'offre. L'idée sous-jacente est d'étendre les associations étroites entre les laboratoires publics, particulièrement ceux des grandes écoles d'ingénieurs et les entreprises. Les pôles de formation des ingénieurs à la

recherche technique (FIRTECH) et les conventions industrielles de formation par la recherche (CIFRE) en sont deux modalités actuelles mais de nouvelles dispositions sont actuellement à l'étude ;

- l'accroissement des mesures propres à inciter au développement technologique des entreprises, essentiellement des petites et des moyennes. Après la prime à l'innovation, l'aide au conseil et le crédit d'impôt-recherche, le dispositif a été étendu à l'aide à l'embauche de chercheurs.

Cette dernière option privilégie le choix d'une politique passant par les ressources humaines pour faire accéder plus d'entreprises à un bon niveau technologique à l'instar de la RFA.

En effet, plus que les comparaisons à base d'indicateurs financiers (cf. figure 3) celles portant sur les personnels de recherche sont particulièrement éclairantes. Avec 4,4 chercheurs pour 1 000 actifs, la France est loin derrière la RFA, avec 5,2 pour 1 000, et plus encore des Etats-Unis ou cet indicateur atteint 7 pour 1 000 (cf. figure 4). C'est ici que se trouve l'enjeu majeur du

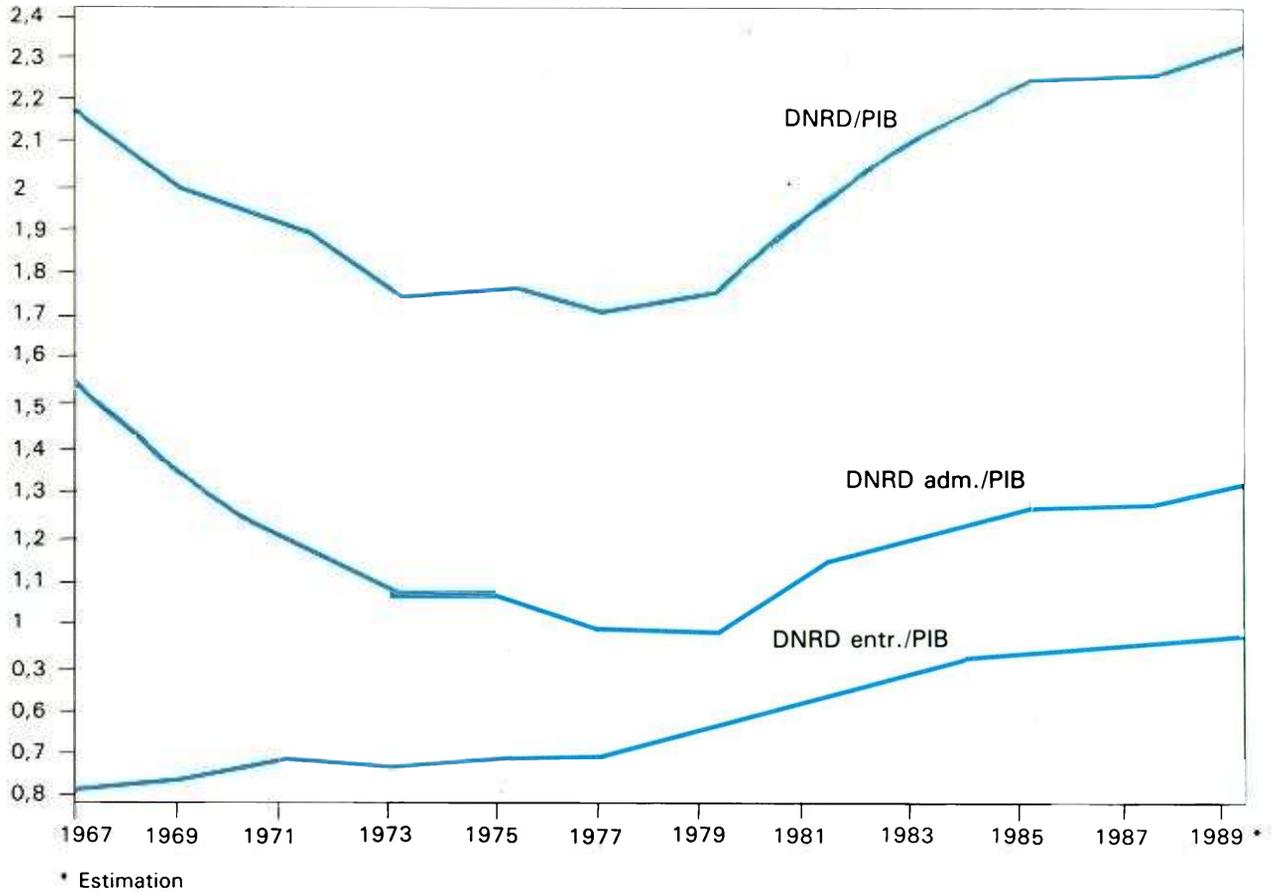
développement du système de recherche français dans son ensemble pour les prochaines années.

A partir de scénarios de rattrapage au milieu des années 90 de nos principaux concurrents en terme d'effort de R et D, il est nécessaire d'envisager le doublement du nombre des thèses soutenues, 3 500 pour les chercheurs destinés à entrer dans les entreprises, 1 500 pour ceux se préparant à l'enseignement supérieur et 1 000 pour ceux projetant d'entrer dans les EPST soit 6 000 au total au lieu des 3 000 actuelles (cf. rapport de Messieurs Aubert et Decomps remis aux ministres chargés de l'éducation nationale et de la recherche).

Les choix effectués dans l'orientation de ce flux supplémentaire de chercheurs conditionneront pour toute une génération les évolutions de la recherche française sur tous les plans : choix des disciplines d'excellence, choix des technologies mises en avant, choix des secteurs économiques privilégiés. C'est dire l'importance des décisions d'habilitation des formations doctorales et des procédures d'attribution des

Figure n° 3

Structure du financement de la DNRD
(en % du PIB)



Structures de financement et d'exécution de la recherche en France

1987 (données provisoires)

x en milliards F

☐ en % du PIB

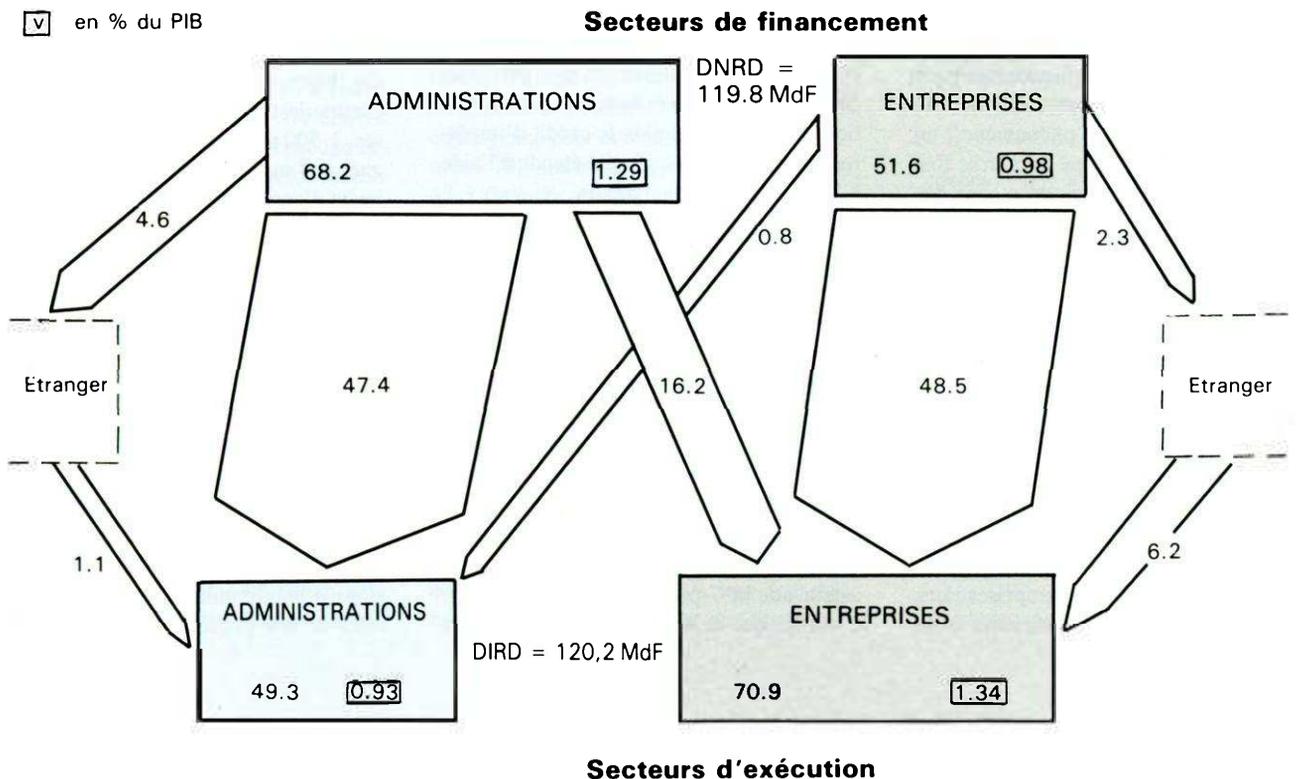
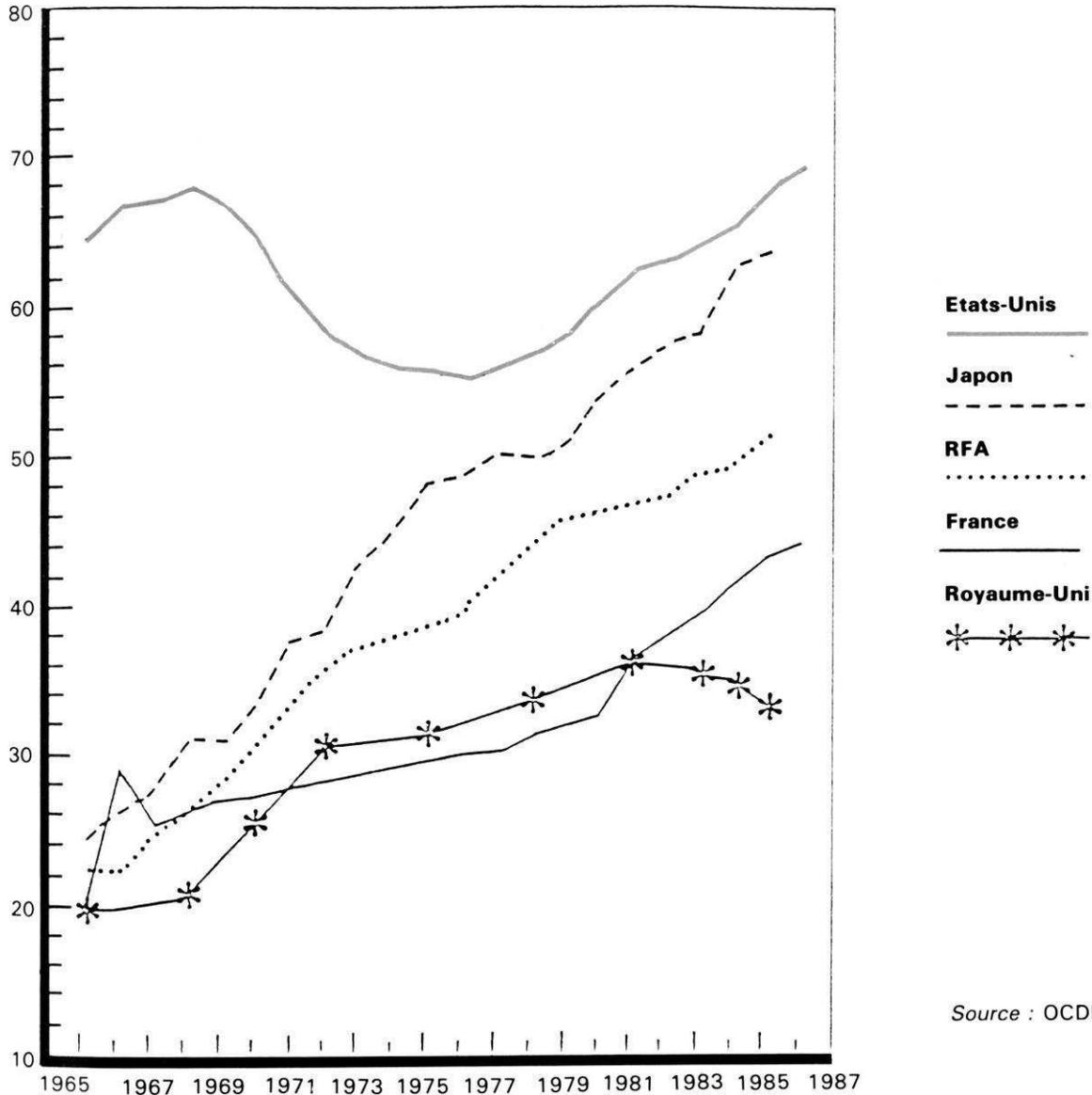


Figure n° 4

Part des chercheurs dans la population active
(pour 10 000)



Source : OCDE/NSF

aides à la formation qui risquent d'être plus déterminantes pour l'avenir que les habituelles considérations portant sur les programmes ou les grands équipements.

Il a été peu question dans ce qui précède des recherches menées en coopération internationale, européenne en particulier, l'accent ayant été mis sur la compétition entre les pays développés. Un autre article serait nécessaire pour en traiter. Mais puisque le lecteur a pu se rendre compte qu'une

politique scientifique repose sur un affichage de priorités, conscient ou non, on peut là aussi affirmer que bâtir de telles coopérations nécessite une stratégie : le programme cadre de recherche-développement européen en est un bon exemple avec des domaines privilégiés pour que la recherche européenne puisse s'affirmer face au Japon ou aux Etats-Unis.

La réussite d'Esprit pour les technologies de l'information en est aujourd'hui la meil-

leure illustration. Cependant, la constitution d'une véritable recherche communautaire passe à terme par la complémentarité des laboratoires et pourquoi pas par leur intégration dans des organismes multinationaux. Malgré quelques remarquables réussites multilatérales, le CERN, l'Agence spatiale européenne ou le futur synchrotron européen de Grenoble on peut constater aujourd'hui que de nombreux stades sont encore à franchir pour y aboutir. ■

Les pays qui réussissent sont des pays où la recherche
tient
une place
très importante

QUESTIONS A

JEAN-JACQUES PAYAN

Propos recueillis par Jacques Gounon



Jean-Jacques Payan.
Directeur de la Recherche RNUR.
Président de l'université scientifique et médicale de Grenoble.

PCM-Le Pont : Pourriez-vous nous indiquer les créneaux technologiques sur lesquels vous travaillez ?

J.-J. P. : Très difficilement, parce que notre recherche s'articule de plus en plus autour du produit, les synthèses pour tels ou tels grands domaines de recherche, intéressant aussi bien la direction des études que la direction des techniques de fabrication, ou la direction de la recherche, et intègrent des connaissances tout à fait pluridisciplinaires. Cela mobilise dans la Régie plus de 900 personnes.

PCM-Le Pont : Mais par exemple, faites-vous des recherches dans des secteurs para-automobile ?

J.-J. P. : Cela peut nous arriver, mais de manière marginale. La démarche de la Régie Renault consiste à bien cerner ses créneaux, à ne pas disperser ses efforts. Nous avons par exemple une filiale "Renault Automation" qui fabrique des robots, dans le cadre de l'objectif général de la Régie. Elle vient de conclure un contrat important avec l'industrie Krupp, mais Krupp ne fabrique pas de voitures. Il s'agit de gros robots, qui peuvent, à quelques variantes près, servir dans l'industrie automobile. A la Direction de la Recherche de la Régie, nos recherches sont appliquées, et destinées à s'intégrer dans des véhicules. Il arrive que la recherche n'aboutisse pas, ou que les travaux qui ont abouti nous montrent que ce n'est pas exploitable pour des raisons de coût, ou autres, et dans ce cas nous abandonnons. Il arrive aussi que nous nous heurtions à des difficultés, que nous sentions que ce n'est plus notre métier, mais celui d'un laboratoire de recherches fondamentales.

PCM-Le Pont : Comment vous situez-vous par rapport aux autres constructeurs ?

J.-J. P. : Par rapport à Peugeot, nous sommes tout à fait dans la même zone de pourcentage de notre chiffre d'affaires consacré à la recherche et au

développement : environ 3 %. En ce qui concerne les grands constructeurs étrangers, Japonais, Allemands ou Américains, nous avons un retard que nous avons d'ailleurs l'ambition de combler, qui nécessiterait que nous portions notre effort à un pourcentage compris entre 4 et 5 %, ce n'est pas négligeable.

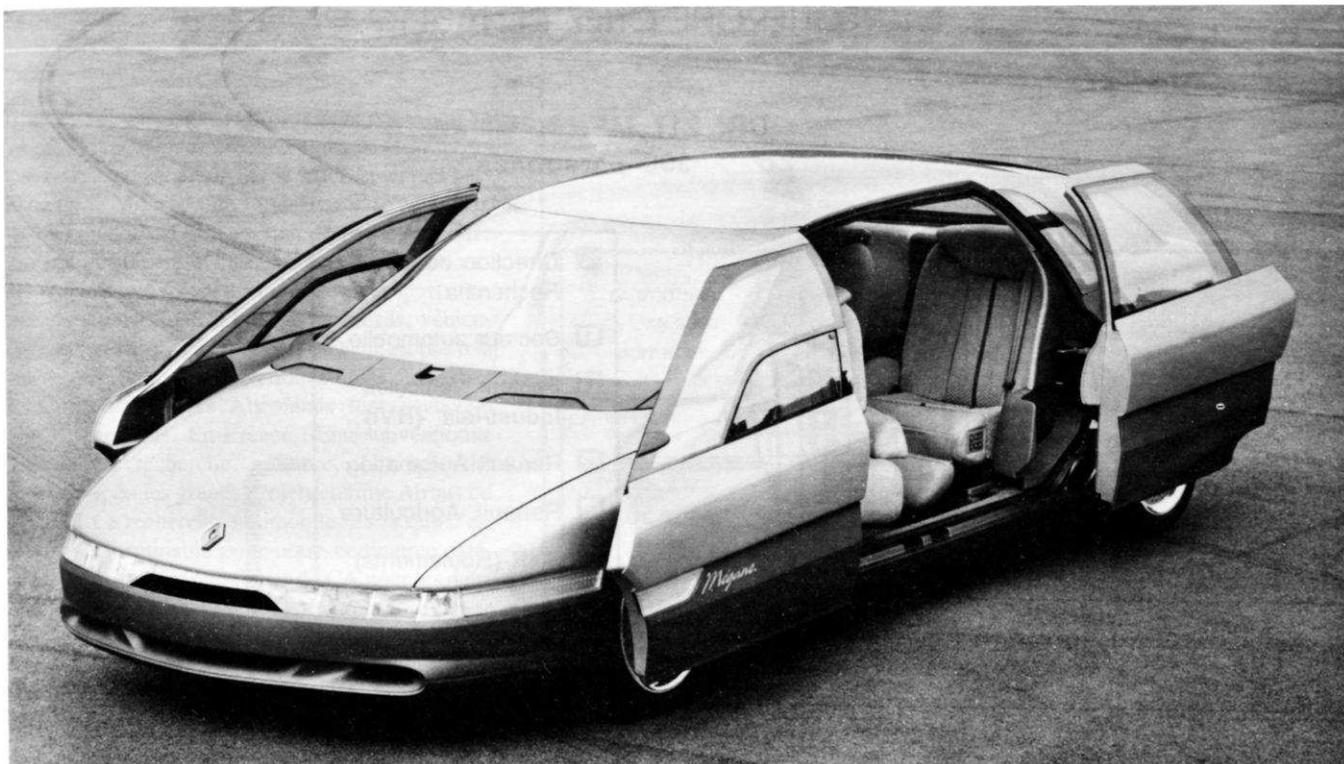
PCM-Le Pont : Pour une recherche-développement qui ira en s'amplifiant, considérez-vous qu'elle puisse être menée de façon totalement intégrée chez Renault ou vous sera-t-il nécessaire de recourir largement à la sous-traitance, et à quel type de sous-traitance ?

J.-J. P. : Pour ces recherches, nous souhaitons avoir des coopérations avec nos partenaires constructeurs d'automobiles. Nous souhaitons également adopter vis-à-vis des équipementiers de plus en plus une démarche de partenaires, pour qu'ils s'engagent dans des recherches conjointes avec nous et que nous prenions ensemble des risques pour mettre au point des équipements qui apporteront un "plus" à la voiture du futur.

Nous souhaitons aussi avoir une coopération avec des laboratoires universitaires, et là nous avons déjà beaucoup de contrats. Nous sous-traitons à tel ou tel laboratoire une étude sur un domaine précis avec des résultats à la clef et nous sommes propriétaires des résultats et de leur exploitation.

Nous souhaitons que cette forme de coopération croisse. Nous sommes en ce moment dans une phase d'expectative vis-à-vis de coopérations un peu plus poussées avec certains grands laboratoires ou certains grands organismes publics, je pense au CNRS avec lequel nous sommes en train d'étudier la mise en place d'un laboratoire mixte : CNRS-RENAULT.

Ce sont des coopérations qui nous permettent soit de sous-traiter quand nous n'avons pas les moyens humains de faire, soit de faire à plusieurs quand nous estimons que c'est profitable.



Renault Megane

PROMETHEUS

Prométhéus est un programme coopératif de recherche long terme visant à promouvoir l'électronique automobile au travers de deux thèmes : sécurité et amélioration du trafic.

Le premier objectif de Prométhéus, est en effet la sécurité, par l'apport de l'électronique pour résoudre les problèmes d'interactivité entre véhicules et avec l'environnement. Il ne s'agit pas de déposséder le conducteur de la maîtrise du véhicule, mais de lui fournir une assistance dans les situations critiques, d'abord en lui fournissant de l'information, puis, ultérieurement, une capacité de réaction accrue (un meilleur contrôle actif).

L'impact de ces deux thèmes doit être pleinement apprécié à la lumière des chiffres suivants sur la situation en Europe (chiffres fréquemment cités dans le cadre Prométhéus).

a) 55.000 morts/an + 1,5 million de blessés/an = 21 milliards FF/an.

b) Inefficacité du trafic = 140 milliards FF/an.

PCM-Le Pont : Quelle est la politique de recrutement que vous menez pour être sûr de rester à la pointe de la recherche ?

J.-J. P. : La direction de la recherche compte environ 300 personnes, dont une majorité de cadres, mais c'est une direction qui pratique un recrutement important, puisque c'est une direction où les gens restent quelques années et ensuite vont irriguer l'ensemble de la Régie Renault. Les recrutements sont très importants chaque année au niveau des ingénieurs. Ce qui nous intéresse c'est leur goût et leur attrait pour la recherche, leur autonomie de démarche dans le métier de chercheur et d'utilisateur direct d'une recherche fondamentale.

PCM-Le Pont : Quels sont vos axes privilégiés de recherche-développement ?

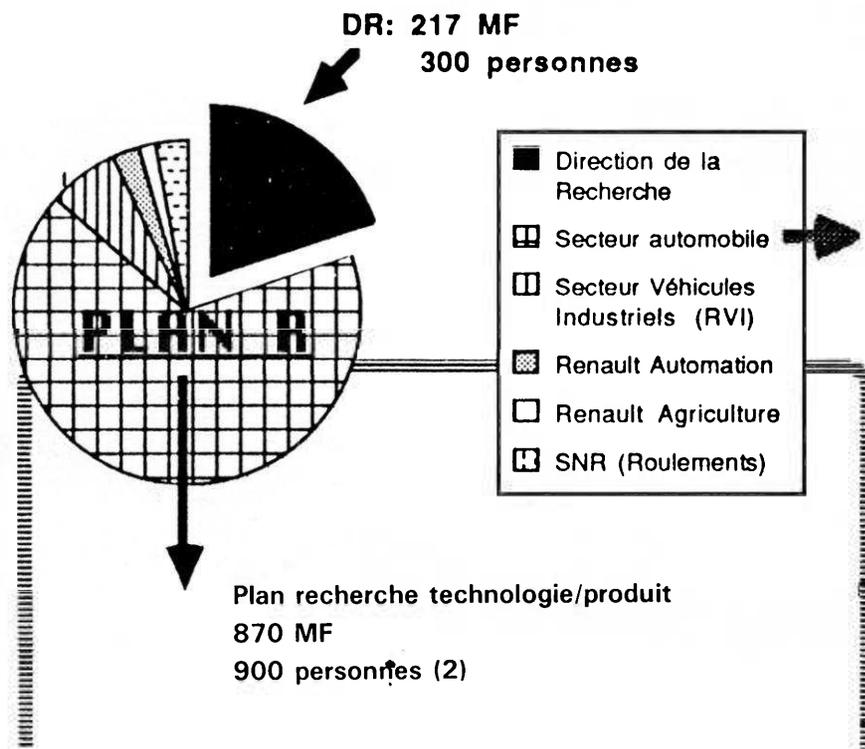
J.-J. P. : Les moteurs, bien sûr qui représentent un thème de recherche très important. Mais aussi l'électronique qui a un grand avenir. Moins compliquée que dans un avion elle pose toutefois des problèmes de miniaturisation et de coût qui sont des contraintes drastiques.

En l'an 2000 sur les véhicules haut de gamme, 25 % de la valeur du véhicule sera de l'électronique.

Il existe d'autres chapitres qui sont en croissance ou en stabilité.

**Directeur
Général du
(CNRS) 81-82.
Directeur
Général des
enseignements
supérieurs et
de la recherche
au Ministère
de l'Éducation
Nationale
82-86.
Président
de l'université
Joseph Fourier
depuis
le 28 janvier
1987.
Décoration :
Commandeur
des palmes
académiques
(membre
du Conseil
de cet ordre).**

LA RECHERCHE CHEZ RENAULT



Le Japon, l'Allemagne Fédérale, les Etats-Unis, sont des pays où l'on sait à la fois dépenser plus d'argent et où le système de formation lié à la recherche est probablement plus valorisé, avec une grande souplesse d'organisation, une grande autonomie au niveau des établissements d'enseignements supérieurs par exemple.

En croissance forte, tout ce qui concerne la sécurité, (en relation bien sûr avec l'électronique) la convivialité, l'utilisation du temps que l'on peut passer dans un véhicule.

Autre grand chapitre : celui des matériaux. Dans notre métier, nous faisons de plus en plus de modélisation. Alors l'informatique, les mathématiques appliquées, font une percée. Un autre domaine prend une importance croissante : c'est l'ergonomie.

PCM-Le Pont : Vous n'avez pas cité les économies d'énergie ?

J.-J. P. : Nous avons rempli les objectifs que nous avons fixés avec l'Agence Française pour les économies d'énergie. Nous poursuivons, mais ce n'est pas la priorité des priorités.

PCM-Le Pont : Comment sera le véhicule de demain ?

J.-J. P. : Un véhicule plus sûr, pour le conducteur et pour les autres véhicules. Des conducteurs moins isolés, qui pourront obtenir des renseignements utiles, notamment des moyens de guidage. Ce sont des projets européens, auxquels nous participons :

— Carminat, où nous avons comme partenaires TDF, SAGEM et Philips et qui vise trois objectifs : la navigation, la communication avec l'extérieur et le diagnostic.

— Prometheus, beaucoup plus ambitieux, à l'horizon 1995 pour des systèmes de guidage à travers les villes. Il groupe tous les constructeurs européens à l'exception des filiales américaines ou japonaises.

PCM-Le Pont : Bénéficiez-vous de retombées de programmes de recherche autres que ceux liés à l'automobile ?

J.-J. P. : C'est une excellente question. Notre souci est de ne pas vivre en vase clos. Nous participons à de nombreux projets européens, et nous avons l'intention d'élargir notre participation, tout en manifestant une préoccupation, vis-à-vis du temps consacré aux tâches administratives : il faut parfois porter sur ces problèmes un regard critique (contrôles lourds ou surabondants, etc...).

PCM-Le Pont : Etes-vous convié à participer à des réflexions au niveau du Ministère de la Recherche et de la Technologie pour que vos préoccupations

d'industriel soient reprises parmi les grandes lignes directrices de la recherche fixées au niveau national ?

J.-J. P. : Il y a un grand programme de recherche et développement des technologies des transports terrestres qui est piloté par le MRT et auquel participent le Ministère de l'industrie et le Ministère des Transports. C'est un lieu de rencontre entre les administrations et les industriels de tous les secteurs quels que soient les modes de transports terrestres (trains, métro, bus, poids lourds, véhicules particuliers...). L'Etat en France n'est pas très en avance pour les subventions à ses industries concurrentielles, les Allemands font beaucoup mieux que nous. En France l'Etat subventionne surtout la recherche militaire, la recherche nucléaire, ou les grands projets comme Airbus ou Ariane. La recherche automobile, alors que c'est un enjeu formidable pour notre commerce extérieur (300 milliards de francs de CA pour les deux grands français en 1988) n'est pas aussi soutenue par les pouvoirs publics que dans d'autres pays.

CARMINAT

Carminat est un programme EUREKA (55) réunissant : Philips, Renault, RTIC, SAGEM, TDF, pour développer une gamme de produits destinés à rendre les véhicules plus "intelligents".

Le développement de ces produits s'articule selon 3 grands thèmes :

— Les fonctions endogènes au véhicule : sécurité, maintenance préventive, diagnostic, ordinateur de bord, personnalisation des prestations...

— La communication : liaison infrastructures-véhicule via le canal "Radio Data System" (standard international RDS) qui est l'un des prolongements de la télématique (nouveaux services radiodiffusés par la bande FM) avec, entre autres, l'information quasi instantanée sur les conditions du trafic routier.

— La navigation : localisation du véhicule, stratégie et optimisation du trajet, guidage vers la destination...

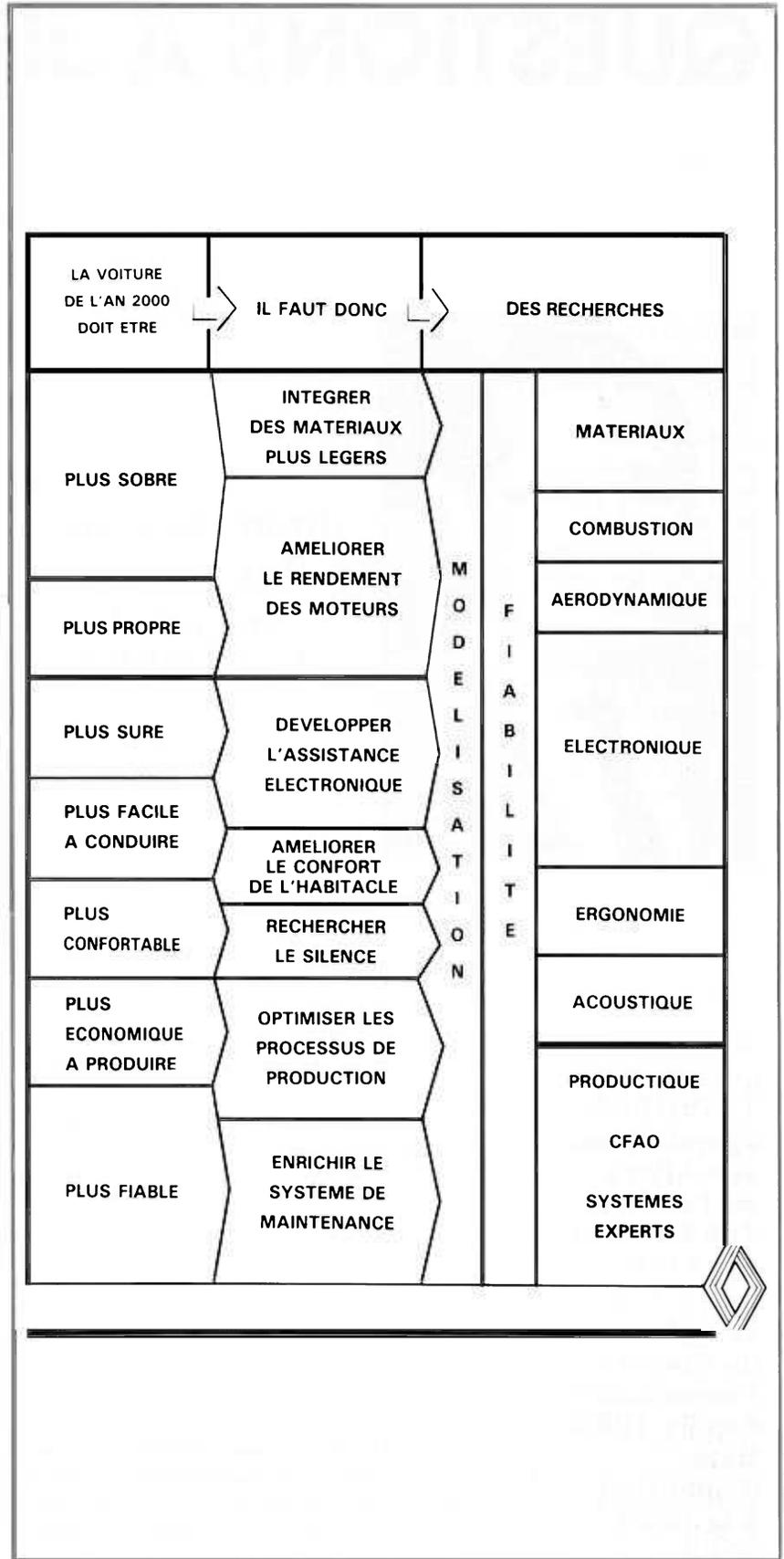
Durée du programme : 4 ans 1988-1991 en 3 phases :

1988-89 : Evaluation des 3 thèmes avec le développement de maquettes spécifiques.

1990 : Réalisation de prototypes proches des véhicules ciblés "Produit".

1991 : Lancement d'une flotte expérimentale multi-marques d'une centaine de véhicules.

Coût du programme : environ 350 MF dont 70 MF pour la part Renault.



QUESTIONS A JEAN KASPAR

Propos recueillis par Jacques GOUNON



Jean Kaspar, Secrétaire Général de la CFDT

**Activités
professionnelles
1955-1958 :
apprentissage
aux Mines
de Potasse.
1958-1965 :
électro-
mécanicien
aux Mines
de Potasse.
Permanent
depuis 1965.
Date
d'adhésion
à la CFDT :
1958.**

PCM-Le Pont : Quelles sont à votre point de vue les conséquences des mutations technologiques que l'Industrie connaît actuellement ?

J. K. : Je voudrais tout d'abord affirmer le point de vue de notre organisation syndicale qui consiste à voir dans les nouvelles technologies des sources de progrès, mais aussi des sources de régression si les conséquences humaines et sociales ne sont pas suffisamment prises en compte. Les évolutions technologiques doivent servir l'Homme, sans risquer de l'asservir. Il est donc absolument indispensable que l'émergence de nouvelles technologies au sein d'une organisation sociale passe obligatoirement par des négociations. Il est totalement anormal que les nouvelles technologies soient introduites dans les entreprises sans une réelle négociation sur leurs objectifs, et sur les conséquences qu'elles peuvent avoir en matière d'emplois, de qualifications, et de formation.

La CFDT préconise une introduction maîtrisée, parce que le progrès économique est indispensable dans une économie ouverte, où la concurrence nécessite de rechercher les meilleures solutions, mais elle doit être maîtrisée par le dialogue pour

éviter les conséquences négatives que l'on connaît parfois. Le débat de fond est donc de savoir s'il y a volonté ou non que les nouvelles technologies soient un objet de négociation.

PCM-Le Pont : Pensez-vous que les partenaires d'une telle négociation aient réellement les moyens d'engager leur responsabilité en ce domaine ?

J. K. : En ce qui la concerne, la CFDT a une vision claire de ce qu'il faut faire. Elle a conduit depuis plusieurs années une réflexion sur les nouvelles technologies, et l'introduction de la robotique en en mesurant les conséquences en matière :

- **D'emplois** : il ne s'agit pas de s'opposer ici ou là à des réductions d'emplois justifiées par des raisons économiques, mais plutôt de trouver des formes d'évolution qui permettent à chacun d'exercer une activité qui lui convienne.

- **De qualifications** : le recours aux nouvelles technologies doit permettre de développer les capacités d'initiative des salariés, leur polyvalence. Il s'agit d'anticiper et de prévoir un changement radical du travail, qui de parcellisé deviendra global.

La CFDT considère que l'aspect qualification est insuffisamment intégré dans les schémas de présentation des nouvelles technologies. Il s'agit de réels problèmes de fond, de volonté.

La CFDT a signé en Septembre 1988 un accord national interprofessionnel sur les mutations technologiques, qui devait déboucher sur le développement d'accords de branches. Aujourd'hui je constate qu'il n'y a pas naissance de ce mouvement. Le patronat n'a pas compris que tout ce qui est imposé ne peut rencontrer qu'opposition. C'est d'ailleurs la même chose dans le secteur public, où les nouvelles technologies, quoiqu'on en pense, sont très présentes, et modifient considérablement l'environnement du travail. **C'est un problème politique majeur.** La qualité du service public ne sera maintenue que si on prend conscience de l'importance de son développement contractuel.

PCM-Le Pont : Existe-t-il à votre sens des exemples de réussite d'applications concertées de nouvelles technologies ?

J. K. : Oui heureusement, par exemple BSN, et PEUGEOT Mulhouse, où la CFDT vient de signer un accord. Mais dans bien des cas nous restons minoritaires lorsqu'il s'agit de traduire une démarche qui va entraîner une modification de l'organisation du travail et une modification de la gestion de l'entreprise. Cela est d'autant plus sensible dans les secteurs où il est fait appel à l'intelligence et à l'autonomie des salariés, par opposition aux secteurs où il est plutôt fait appel à la force physique.

Au niveau de l'entreprise il faut également changer le rôle de l'encadrement. C'est un mot - encadrement- qui est impropre et dépassé : il faut chercher des animateurs, qui mettent en mouvement, qui impliquent les personnels.

Il faut également envisager une modification des politiques de formation qui doivent donner une plus grande capacité de responsabilité aux salariés dans les entreprises.

Tout cela entraîne une modification des rapports sociaux, avec bien sûr en premier lieu le problème de l'emploi. Il s'agit de développer l'Industrie et les entreprises pour éviter la misère ou la marginalisation d'un grand nombre d'êtres humains.

Lorsque nous négocions avec le patronat, celui-ci nous dit souvent que cette formation coûte cher. C'est une erreur : **la formation est un investissement**, au même titre que l'achat de machines ou autres. Une politique sociale est un investissement et non un coût, et c'est l'élément essentiel de la motivation des hommes et des femmes, sans laquelle ils n'accepteraient pas le progrès.

PCM-Le Pont : Mais que pensez-vous plus particulièrement des réductions d'emplois liées à la robotisation de certaines tâches ?

J. K. : la CFDT est parfaitement conscience que la modernisation peut entraîner la suppression d'emplois. Ce qu'elle demande, c'est la possibilité de reconversion, que des chances nouvelles soient offertes à ceux qui sont concernés.

Si les licenciements sont les seules conséquences de l'inévitable recherche de la compétitivité, on

arrivera à des outils effectivement purement compétitifs, mais dans un environnement de misère, de marginalisation, et ce serait un échec. Il faut chercher la consolidation de toutes les formes d'emplois, par tous les moyens possibles, y compris des réductions du travail, pour éviter cet écueil.

PCM-Le Pont : Pour passer d'une organisation ancienne à une organisation nouvelle, il est parfois nécessaire d'avoir recours à un volant d'emplois précaires. L'acceptez-vous ?

J. K. : On ne peut pas promouvoir la modernisation pour la modernisation. Il faut travailler mieux, autrement, pour créer de nouveaux métiers et de nouvelles qualifications, sans tendance à la facilité.

Les incertitudes et les difficultés existent. Ce que la CFDT souhaite, c'est qu'il puisse y avoir un débat sur l'affectation des gains de productivité à l'intérieur de l'entreprise. L'amélioration de l'économie doit se traduire par des investissements machines et l'amélioration des emplois. Il s'agit d'un enjeu politique essentiel, sinon les tensions sont inévitables.

Ce que je veux dire, c'est que les partenaires doivent prendre le temps. On a du mal à inscrire cet aspect dans les faits. Qu'observe-t-on : les directions élaborent à leur niveau les plans de modernisation, puis on saisit les organisations syndicales pour éventuellement négocier, dans le meilleur des cas. C'est dangereux, et il faut absolument faire l'inverse, en ouvrant dès que possible les négociations.

PCM-Le Pont : En conclusion, redoutez-vous les mutations technologiques ?

J. K. : Certainement pas. La modernisation est une évolution normale qui s'inscrit dans l'ouverture de l'économie. Le monde devient un grand village, et il faut en tenir compte.

La modernisation appartient aux Hommes, mais ce n'est pas forcément bon en soi. Rien est acquis par automatisme. Le progrès est la plus belle des choses, mais peut être aussi le pire (je pense à l'armement, aux manipulations génétiques).

En fait la question que chacun doit se poser est : le progrès, pourquoi faire, pour quels objectifs ? Cherchons la réponse ensemble.

Responsabilités syndicales
1958 : Adhérent de la CFTC.
1962-1963 : Responsable de la Commission des jeunes du syndicat CFTC des Mines de Potasse et de l'Union départementale CFTC du Haut-Rhin.
1964 : Délégué au CE de la Mine Anna. Secrétaire de section.
1965 : Secrétaire général du Syndicat des mineurs de potasse CFDT
1966-1970 : Membre du Conseil confédéral.
1966-1976 : Secrétaire général de la Fédération des Mineurs.
1974-1982 : Membre du Bureau national confédéral
Membre du CES régional d'Alsace.
1976-1982 : Secrétaire général de l'Union régionale Alsace.
1982 : Membre de la Commission exécutive.
Secrétaire national chargé du secteur politique revendicative.

Dans le futur, la fuite des cerveaux deviendra peut-être un problème majeur pour le Japon

RECHERCHE PRIVEE A LA JAPONAISE

L'image traditionnelle du japonais copieur d'idées est aujourd'hui dépassée : la nouvelle prospérité économique du pays a fait éclore une multitude d'instituts de recherche privés. Contrairement aux entreprises qui restent très fermées, ces centres accueillent volontiers les stagiaires étrangers. C'est une expérience passionnante qui permet de découvrir de l'intérieur le système japonais, et d'observer comment il s'adapte au monde spécifique des chercheurs.

Une recherche vitrine

S'il est vrai que l'espionnage industriel a eu sa part dans le décollage de l'économie japonaise, les entreprises nipponnes se sont rapidement dotées d'instituts de recherche dont le rôle est non seulement de mettre au point les produits du futur, mais aussi de promouvoir l'image des compagnies à l'extérieur : les touristes peuvent par exemple visiter les musées Sony et Matsushita où sont présentés les dernières trouvailles des chercheurs ; plus généralement, ces laboratoires sont souvent encouragés à participer aux congrès internationaux et à accueillir un nombre croissant de stagiaires étrangers : ceux-ci sont surtout asiatiques, mais *des possibilités réelles existent pour des candidats occidentaux.*

L'Institut Ohsaki

L'entremise précieuse de M. Louis Sato (IPC 63) m'a ainsi permis de passer les huit premiers mois de 1987 au sein du Ohsaki Research Institute (ORI), l'institut de recherche de la première entreprise japonaise de construction : Shimizu. Bien que les activités de l'institut soient centrées sur la science parasismique, j'ai rejoint une petite équipe de génie océanique. Au-delà de l'intérêt du projet de recherche lui-même, cette expérience m'a valu de découvrir *de l'intérieur* certains aspects du système japonais.

Profil du chercheur

Le personnel de l'institut ORI est très homogène : *toujours japonais*, le chercheur-type est un *homme, très jeune* (l'institut lui-même n'a que quelques années d'existence). Issu d'une des meilleures universités du pays, il parle et écrit l'anglais ce qui n'est pas fréquent au Japon.

Des stages à l'étranger

C'est souvent par l'intermédiaire d'un professeur de leur université que les chercheurs ont pris

contact avec l'institut pour y être embauchés. Ils consacrent généralement leurs premières années à un stage de PHD à l'étranger, presque toujours aux Etats-Unis. Le but de ces stages est double :

Il s'agit d'une part de corriger certains effets néfastes du système éducatif japonais *qui n'encourage pas le développement de personnalités imaginatives et créatives.*

D'autre part, l'institut peut se tenir informé des courants de la recherche à l'étranger : *les laboratoires japonais sont, en effet, plus menacés que d'autres par le risque d'isolement.*

Le choix presque systématique des USA est significatif du Japon actuel pour lequel l'occident se résume aux Etats-Unis, *tout à la fois principal concurrent et pays de référence admiré.*

Des horaires très théoriques

Les horaires *officiels* de l'institut sont tout à fait raisonnables : de 8 h 30 à 17 h du lundi au vendredi, avec une pause d'une heure pour le déjeuner et la sieste... Il convient d'y ajouter un samedi matin sur deux, soit au total *une quarantaine d'heures de travail par semaine.* En pratique, les bureaux sont encore pleins à 18 h, et certains chercheurs ne les quittent qu'à minuit lorsque l'urgence du travail l'exige. Les vacances sont rares, et les *congés de longue durée (plus de 10 jours) sont totalement exclus.*

Un équilibre entre la recherche et les études de projets

L'emploi du temps des chercheurs est divisé en deux parts à peu près égales correspondant aux deux missions de l'institut :

La réponse à des contrats d'étude ponctuels pour l'entreprise-mère ou pour d'autres compagnies. Ce rôle de conseil est la principale source d'autofinancement de l'institut.

La promotion de l'image de la compagnie au Japon et à l'étranger, au travers de publications scientifiques et de participations aux congrès internationaux.

Une équipe de chercheurs, presque une photo de famille



Un matériel de pointe pour un coût minimum

L'institut a beaucoup investi dans l'achat d'un matériel récent et très performant. Par contre, tous les coûts de fonctionnement sont minimisés : le personnel de gestion et de secrétariat est très réduit, les chercheurs se chargeant eux-mêmes du suivi des contrats et de la frappe des rapports et des articles. La surface au sol, hors de prix à Tokyo, est utilisée de façon optimale, puisque les soixante chercheurs travaillent dans deux grandes salles seulement, leurs bureaux étant simplement séparés par des cloisons à hauteur d'épaule ; si l'intimité en souffre, la communication est par contre facilitée.

Une structure très horizontale

Comme la plupart des entreprises japonaises, l'institut Ohsaki possède un système de hiérarchie très rigide. L'avancement repose essentiellement sur l'ancienneté. Les promotions sont recherchées pour leur aspect honorifique et financier ; par contre, elles ne correspondent pas toujours à des augmentations sensibles des responsabilités : en dehors du directeur et de son adjoint, les membres de l'institut occupent des fonctions assez comparables entre elles.

Un souci permanent de l'harmonie

Les travaux de recherche et les études de projets sont conduits par de petites équipes de chercheurs qui se groupent par affinité et veillent à préserver

une bonne entente. On retrouve ce même souci au niveau de l'institut dans son ensemble, qui s'efforce d'entretenir une harmonie au sein du personnel : les équipes disposent d'une grande liberté d'action et ne rendent compte de leurs résultats qu'à la direction. Les exposés oraux sont rares afin d'éviter les risques d'affrontement directs. On leur préfère les discussions informelles qui ont lieu en fin de soirée dans un des innombrables bars de Tokyo : la bière et le saké libèrent les esprits et rendent les convenances moins pesantes.

L'institut Ohsaki est essentiellement spécialisé dans la construction antisismique. Ce domaine a été largement exploré, si bien que les enjeux de la recherche se réduisent d'année en année. Face à cette évolution, la direction envisage à moyen terme une modification radicale de ses champs d'action : tout en voulant préserver le savoir-faire actuel, elle se tourne vers des domaines tout à fait différents, tels la construction de plates-formes orbitales ou le développement d'outils d'intelligence artificielle.

attirait des Etats-Unis

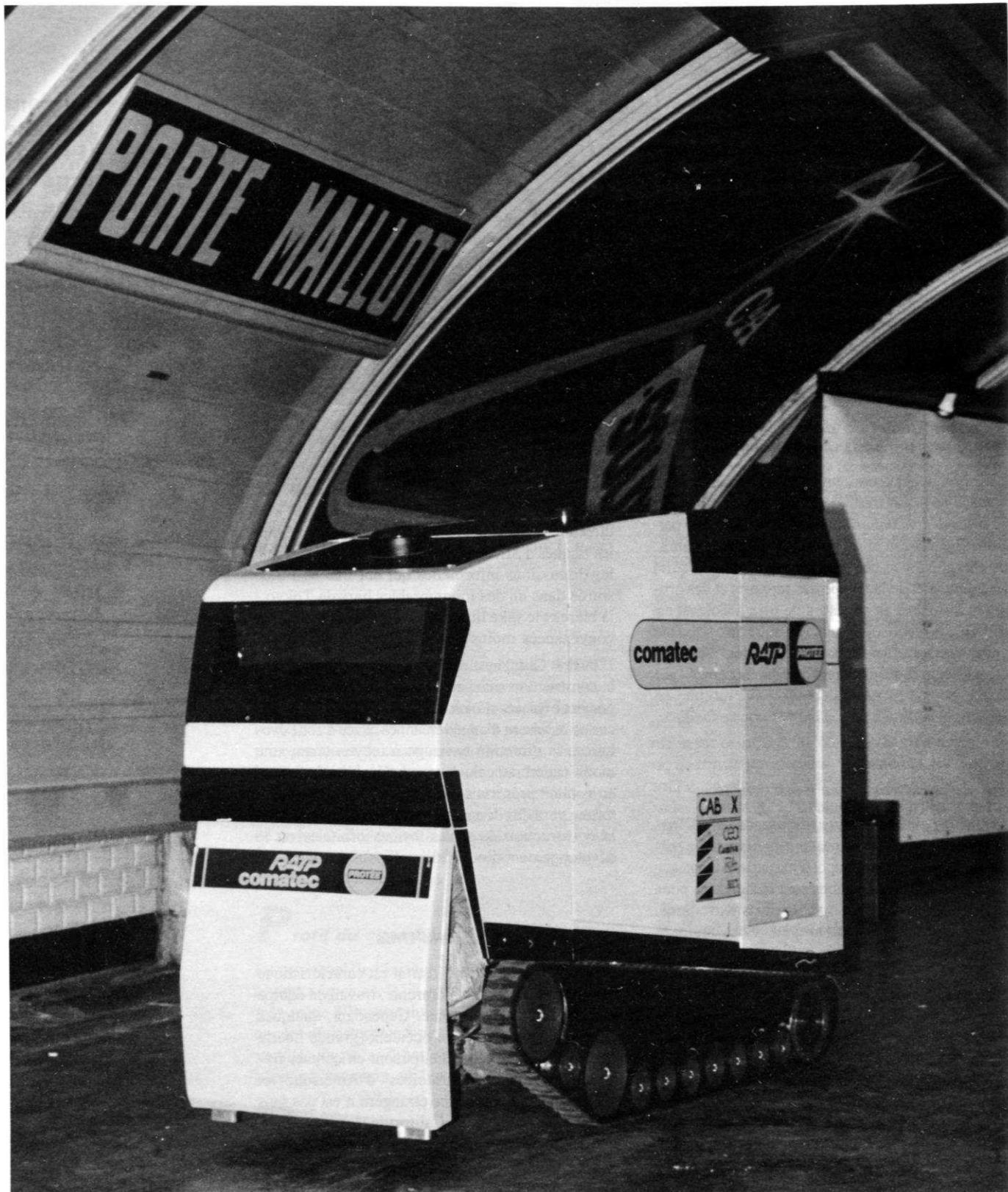
Le fonctionnement de l'institut est caractéristique du système japonais : hiérarchie, travail en équipe et recherche de l'harmonie. Cependant, quelques emprunts ont été faits à l'occident (grande liberté de travail), et les chercheurs sont en contact fréquent avec les laboratoires d'Amérique et d'Europe. Cette influence étrangère n'est pas sans risque : au retour de la Californie, les jeunes stagiaires comparent salaires, perspectives de carrière, qualité de vie et conditions de travail des deux côtés du Pacifique. ■

Vincent Motyka IPC 87, chargé de recherche au Département d'Analyse et de Régulation du Trafic (DART) à l'INRETS Participe à la mise au point d'un capteur vidéo de trafic fondé sur le traitement d'images. A passé un an au Japon dans le cadre du stage long de deuxième année de l'Ecole des Ponts.



LE COMET

Nouvelles technologies certes : chenilles adhérentes sous vide, inclinomètre, capteur à induction, fibres optiques. Mais avant tout une application de nettoyage de vitres selon une approche substitutive. La mise au point de l'outil et de l'organisation du chantier est issue de l'expérience du praticien, pour une intervention fiable et de qualité dans un contexte économique concurrentiel.



La robotique a trop d'avenir pour être laissée aux seuls roboticiens

L'AVIS D'UN UTILISATEUR

L'aspect spectaculaire des usines du Futur où l'Homme est absent est abondamment décrit dans la presse à partir de réalisations phares.

Par ailleurs, le contexte socio-économique actuel : emploi, amélioration des conditions de travail, concurrence internationale, etc..., a donné une nouvelle dimension au sujet.

Il s'agit ici de corriger, à partir de notre expérience, cette vision passionnée et idéale du Robot qui souvent fait abstraction du *contexte quotidien* des applications industrielles.

La concrétisation des espoirs — réels — que nous mettons dans la robotique passe par la convergence, au sein de l'entreprise, de deux courants : l'un orienté vers la technologie, l'autre vers le secteur d'intégration.

Approche de l'évolution technologique

Notre propos n'est pas de procéder à un inventaire détaillé des percées multiples de ces nouvelles technologies mais de constater une évolution réelle et sensible à partir d'une mobilisation scientifique importante.

Ainsi aujourd'hui, les robots de l'Industrie exécutent une variété d'opérations bien plus élevée qu'avant, avec une facilité d'utilisation toujours plus grande.

Les réseaux de communication entre ces îlots d'automatisation connaissent un formidable essor pour répondre à une plus grande flexibilité des équipements de production.

Par contre, en matière de *robots non manufacturiers*, destinés par exemple au secteur du BTP ou à celui des Services, peu de produits industriels sont disponibles malgré des efforts de recherche soutenus.

Ces engins, destinés à des tâches complexes et variées doivent en effet travailler dans un *univers évolutif - le chantier - a beaucoup d'égards plus exigeants que l'atelier*.

Les aspects locomotion, perception de l'environnement, énergie et effecteurs constituent les facteurs de blocage essentiels.

Les secteurs d'intégration

La diversité des situations constitue un obstacle à toute tentative de théorisation systématique : chaque cas révèle ses particularités.

L'introduction de la robotique dans les secteurs industriels et les métiers de service — activités fondamentalement différentes — présente toutefois certaines synergies.

C'est sans doute parce que les thèmes de référence sont les mêmes. Ils concernent par exemple l'efficacité économique des investissements, leurs conséquences sociales non seulement en terme de formation mais également d'organisation, l'adaptation du produit, du processus ou du service à ce nouvel outil.

Mais naturellement la spécificité de chacun des domaines concernés apparaît rapidement.

Les activités de services quant à elles présentent un certain nombre à caractéristiques originales qui échappent à toute référence connue dans l'Industrie.

par
J. Gounon IPC 77
et
P. Richard - Robatec

Ces dernières tiennent en particulier :

-- à la *complexité des relations entreprise-client* : les attentes majeures du client, se révèlent assez indépendantes de la nature du service offert pour résider dans la capacité du prestataire à la fiabilité, la disponibilité et l'adaptabilité à une offre sur mesure :

-- à la *diversité des champs d'intervention* : il s'agit de s'insérer avec des conditions de sécurité optimales, dans l'espace du client, généralement évolutif, quelquefois forain, avec le minimum d'aménagements et sans perturber son fonctionnement :

-- à l'*absence de culture technique des opérateurs* : les métiers de services mobilisent une multitude de sociétés très diverses, à l'intérieur desquelles les nouvelles technologies sophistiquées, doivent cohabiter avec des gestes archaïques.

Un équilibre nouveau

Chacune des questions évoquées précédemment peut, si elle est isolée, recevoir une réponse aisée de la part de spécialistes. La difficulté réside dans la *gestion des interfaces et la maîtrise des effets mutuels induits*, ce qui en définitive diminue fortement la pertinence des discours d'experts extérieurs au "Métier".

Ainsi, il apparaît désormais indispensable de laisser à l'utilisateur le soin de construire son propre plan robotique.

Seule la connaissance du terrain à travers une *vision pragmatique* permet d'assurer la maîtrise de technologies compliquées qui, dans un premier temps, fragilisent la dynamique de l'Entreprise.

Mais une stratégie globale, à long terme est également indispensable afin d'appréhender les résultats, potentiellement positifs,

d'investissements financiers et humains souvent considérables : l'automatisation est une affaire fort longue.

Du concret : la pyramide du Louvre

Investissant dans les développements du Futur, d'abord au sein du GIE PROTEE et de son opérateur CEA, (robots de nettoyage du métro CAB), mais également par le biais de sa filiale MIDI ROBOTS et de ses partenaires CNRS, ONERA (robot IBM), le groupe COMATEC complète son dispositif industriel. C'est désormais à partir de sa filiale ROBATEC, Robotique, Automatisation et Technologie qu'il entend diffuser ses produits "robots mobiles" orientés par exemple vers la distribution des postes d'atelier, l'inspection des ouvrages d'art, la surveillance des procédés, le nettoyage et le gardiennage des infrastructures.

La première intervention de ROBATEC constitue une opération originale : l'automatisation du nettoyage de l'extérieur de la pyramide du Louvre.

Au-delà du caractère exceptionnel de ce chantier lié au prestige de l'ouvrage et aux spécifications draconiennes du cahier des charges émis par le client, le challenge consiste à rendre rapidement opérationnel un procédé nouveau à partir d'un robot de qualité industrielle, le COMET, Combiné multi-effecteurs téléopéré.

Il ne s'agit pas de démontrer la faisabilité de la solution robotique ni d'engager un programme de recherche et développement long et coûteux mais :

- De qualifier la plate-forme sous les aspects commandabilité, franchissement d'obstacle, pilotage automatique.
- de mettre au point l'outil de nettoyage adapté,
- d'organiser le chantier à travers une procédure d'intervention économique, sûre et rapide.

Ainsi, dans quelques mois, un robot COMET prendra progressivement le relais des actuels alpinistes pour partir à l'assaut des 793 vitres de ce joyau.

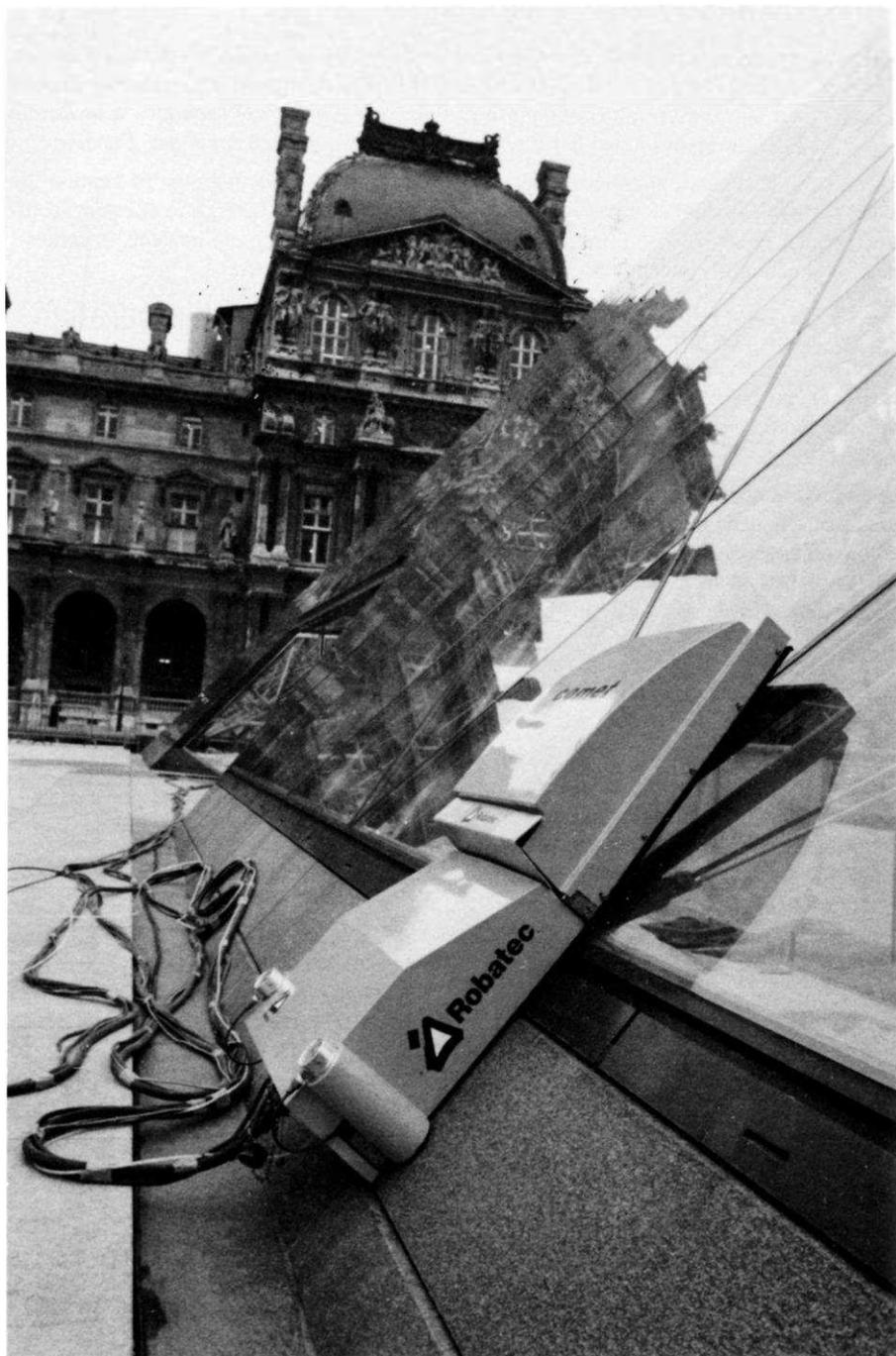
Donnant la parole au praticien trop souvent oublié dans le dialogue multidisciplinaire des acteurs de la robotique, ROBATEC propose désormais ses produits et son expérience *d'utilisateur*. ■

LE CAB-X

Nouvelles technologies certes : balise et capteur magnétiques, gyromètre acoustique, batterie Cd/Ni, etc...

Mais avant tout un engin de nettoyage automatique conçu selon une approche coopérative basée sur le couple Homme-Robot.

Le CAB-X accompagnera l'opérateur tout au long de son poste de travail pour remplir son rôle de servante multitâches, de là la nécessité de maîtriser parfaitement l'environnement quotidien, les gammes de travail et les procédés de l'utilisateur.



LA RECHERCHE AU JAPON :

Cet article donne quelques informations recueillies au cours d'un séjour de 2 ans passé au Japon (1986-87), dont une année à l'Electrotechnical Laboratory (ETL), institut public dépendant du Ministère de l'Industrie (MITI), et 6 mois dans les laboratoires d'une major du BTP japonais (SHIMIZU).

Le schéma type du déroulement des projets de R et D

Chacun des ministères japonais a sous sa tutelle un ou plusieurs instituts de recherche :

— *Ministère de l'Education* (MON-BUSHO) :

47 % du budget gouvernemental alloué à la recherche, (96 Universités nationales (69 Instituts de recherche), 365 Universités privées ou publiques locales).

— *Premier Ministre* : 27 %.

Agence pour les Sciences et la Technologie, (AST - 6 Instituts de recherche).

— *Ministère de l'Industrie* MITI : 13 %.

Agence pour les Sciences Industrielles et la Technologie (AIST - 16 Instituts de recherche).

— *Autres Ministères* : 13 %.

Mais comme le montre le graphique suivant, les flux de financement de R et D proviennent essentiellement du secteur privé :

Ces chiffres témoignent de l'effort de l'Etat (traditionnellement dirigiste, en particulier depuis 1945) dans les recherches dites "de base", l'industrie se chargeant des applications.

Ils ne laissent cependant pas apparaître l'organisation des transferts et la coopération entre les différents acteurs. Le schéma suivant montre comment, à l'ETL (institut de recherche du MITI comprenant 13 divisions, chacune partagée en sections), naissent et se développent les projets nationaux :

Quand débute la phase de Projet National proprement dite, la part financière et le rôle

	Durée	Acteur	Financement
Recherches "Ordinaires"	2-3 ans	Section de recherche	Budget courant
Recherches "Spéciales"	2-3 ans	Plusieurs sections	Laboratoire
Projet National	3-5 ans	Division + chercheurs détachés du privé + autres Inst.	MITI (AIST) avec accord du Min. des Finances

de l'Industrie deviennent prépondérants (jusqu'à 80 %), les Instituts Publics assurant la coordination de l'ensemble.

Au terme de ces projets nationaux, les brevets, propriétés du MITI, sont répartis entre les industriels impliqués.

Les autres transferts importants sont :

— le "pantouflage" des chercheurs après 10-15 ans passés dans un institut public,

— la présence permanente dans les Instituts Publics de chercheurs du secteur privé, dans le cadre des projets nationaux (pour une durée d'un an, en général).

Nous donnons ici un exemple de budget du programme Advance Robot Technology (ART), qui regroupe 18 entreprises privées, l'ETL et la Mechanical Lab. (MITI), et qui doit s'achever cette année :

Année	1983	1984	1985	1986	1987
Labor. Public	20	241	230	225	220
Entreprises	20	503	1 660	2 180	2 400

(chiffres exprimés en millions de Yens - 100 Yens = 5 FF).

Les "causes" nationales

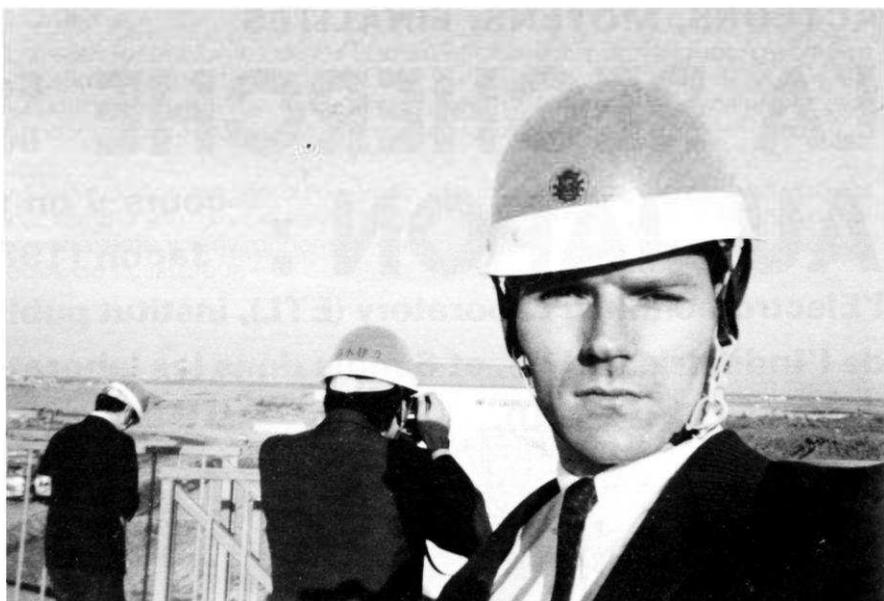
Un certain nombre de projets ne rentrent cependant pas dans le schéma décrit ci-dessus.

— le projet des ordinateurs de 5^e génération (Institute for new Computer Technology - ICOT).

Depuis 1982, le MITI et 8 grands constructeurs informatiques soutiennent un projet pour une machine à architecture massivement parallèle et une machine base de connaissances. Ce projet a déjà coûté 180 millions de \$ (dont 40,7 pour 1988) à l'économie japonaise.

Pour la première fois au Japon, un institut qui regroupe 100 spécialistes, détachés à la fois par des instituts publics et le secteur

**Jean-Yves
Bajon,
IPC 85
2 ans
au Japon
(1986-87)
depuis 88 :
Plan
construction
et architecture,
chef de projet
IN.PRO.BAT.
(INformatique,
PROductique
et BATiment).**



industriel, a été constitué. Mais, ce sont en même temps 300 chercheurs dans le privé et autant dans les universités, qui participent à cette tâche.

— le projet SIGMA :

Supporté par le MITI qui a déjà investi 200 millions de \$. Il vise à combler le retard japonais en matière de logiciel en industrialisant la conception de ces derniers sur la base des méthodes d'automatisation qui ont fait recette dans l'industrie automobile.

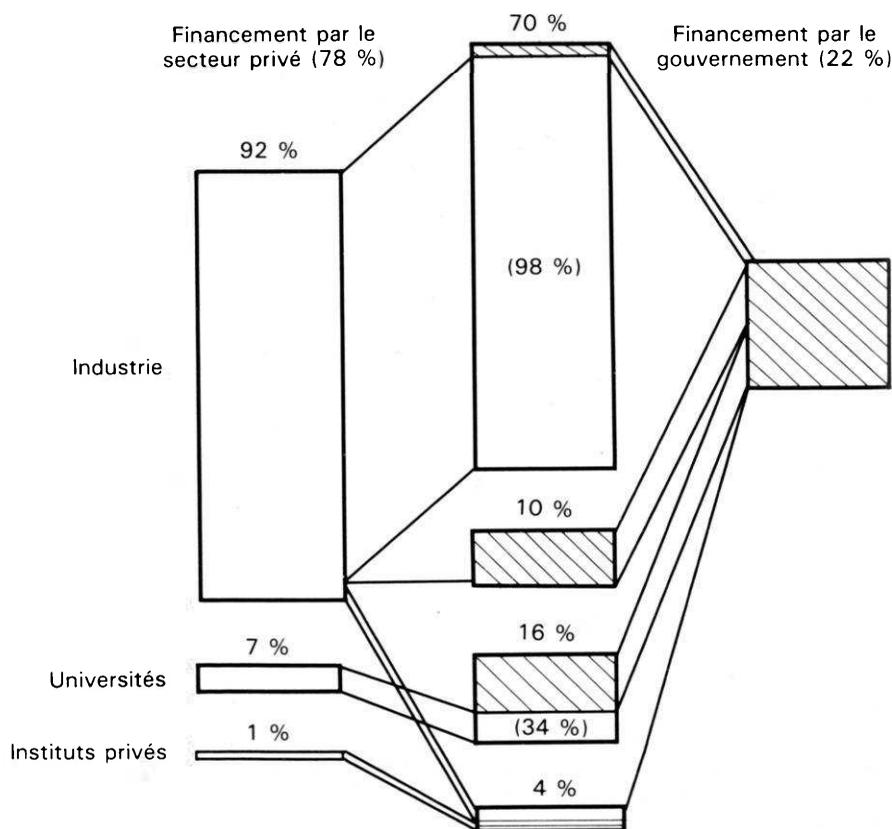
— le Japan Key Technology Center (JKTC) :

L'effort consacré par le Japon à la recherche fondamentale se fait de plus en plus intense, et le MITI n'intervient plus autant de façon directe vers les entreprises. Ainsi, le JKTC, créé en 1985, est un fonds de venture capital alimenté par l'état et de grands organismes financiers qui intervient sur trois secteurs prioritaires : nouveaux matériaux, électronique, biotechnologies.

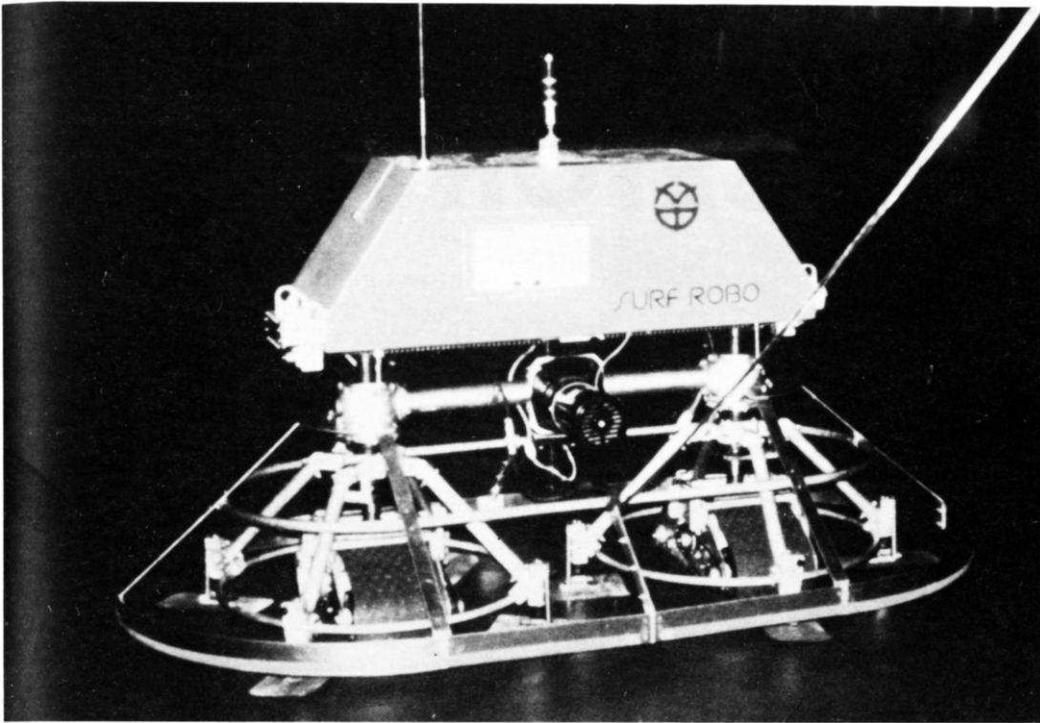
Les initiatives industrielles

Les sociétés japonaises peuvent même devancer les initiatives de leurs Ministères. Ainsi, sans attendre les "pluies technologiques" du projet A.R.T., les sociétés de BTP japonaises, toutes dotées par ailleurs d'un centre de recherche, développent leurs propres robots pour le Bâtiment. Les similitudes entre robots de chantier japonais confirment certaines coopérations ou échanges d'informations entre entreprises.

Total des dépenses (100 %)
(7 500 milliards de yens
370 milliards de francs)



Les flux de R et D au JAPON
(Source : Science and Technology Agency - Japan - 1984)



**Robots
lisseurs
de béton**
* Shimizu
Corporation
* Takenaka
Komuten

Ces développements ont des effets multiples :

- récupération des retombées des projets nationaux,
- préparation du marché (moyen terme),
- formation interne aux High Tech (long terme).

Quant au patronat (KEIDANREN), il se déclare prêt à mettre en place un fonds de 4,2 milliards de FF pour le financement de la recherche fondamentale...

En conclusion

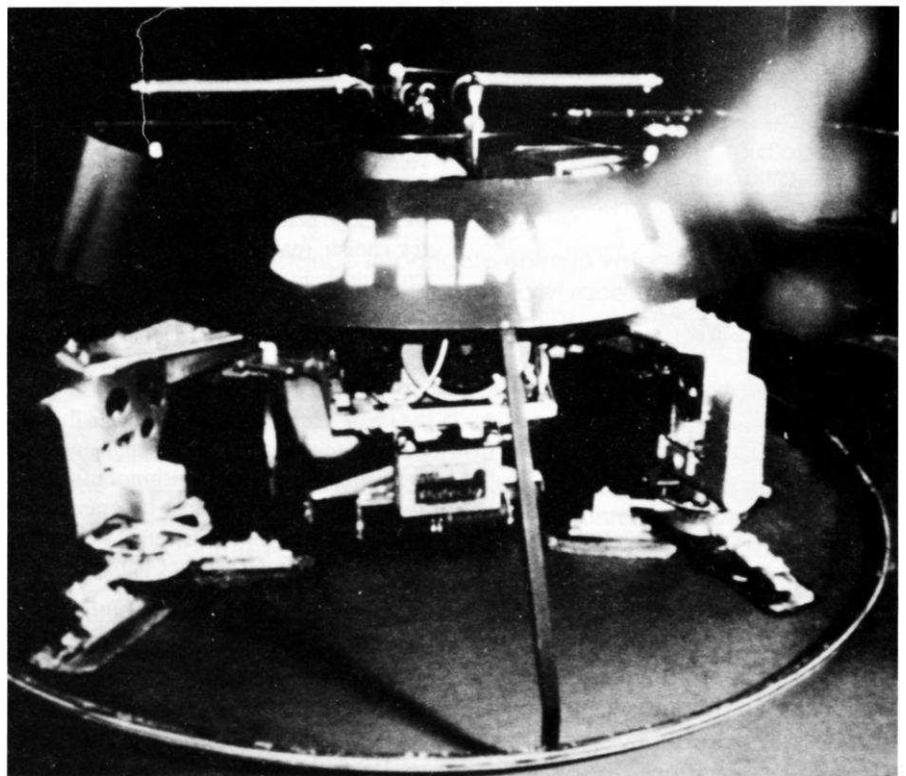
Jusqu'à des temps récents, l'Etat japonais a été très dirigiste dans le management de la recherche, aidé en cela par les circonstances :

- reconstruction de l'économie dans l'après-guerre,
- abondance de résultats de R et D facilement disponibles en occident : les instituts publics jouaient alors un rôle de relais, initialisant les projets nationaux.

Mais les pays industrialisés cèdent maintenant moins facilement leurs licences et sont plus exigeants à l'égard du Japon.

Les développements à attendre seront désormais conditionnés par :

- le désir de s'imposer "intellectuellement",
- une puissance financière privée colossale,
- ... et des ministères très soucieux de leurs prérogatives, qui conserveront un regard important dans l'articulation des programmes. ■



DU NOUVEAU DANS LES BETONS



**François
de Larrard**
PC 83.
Docteur
de l'ENPC.
Laboratoire
Central
des Ponts
et Chaussées.



Paul Acker
Ingénieur
ECP,
CHEBAP
Docteur
de l'ENPC.

Matériau de construction par excellence, le béton s'obtient avec les matières les plus courantes : en cuisant calcaire et argile on obtient du ciment, en y ajoutant des cailloux et de l'eau, on fait du béton. Il est donc à la fois très bon marché et très souple d'emploi (sa facilité de moulage a, de tout temps, séduit les architectes). Aujourd'hui on peut aussi, pour un coût modéré, faire varier certaines de ses caractéristiques dans des proportions spectaculaires.

Depuis longtemps, on sait qu'en ajoutant au béton quelques ingrédients — minéral ou organique, fibre, poudre ou liquide —, on peut largement augmenter certaines de ses propriétés physiques ou mécaniques. Mais le surcoût, soit de l'additif, soit de sa mise en œuvre, en limitait les applications. Des progrès récents dans la compréhension du rôle joué par ces additifs au niveau de sa microstructure et de son comportement mécanique permettent maintenant de mieux les choisir (par exemple parmi les sous-produits de l'industrie) et de les utiliser de manière optimale (ce qui nécessite de revoir toute la composition du mélange). Citons notamment :

— Le développement d'un modèle linéaire de compacité des mélanges granulaires. Cet outil propose déjà une vision unifiante et synthétique des problèmes de granulométrie, qui jusqu'alors ne faisaient l'objet que d'approches empiriques et partielles. Il a permis de mieux comprendre pourquoi l'incorporation de 2 % en volume d'une poudre ultrafine pouvait, par exemple, tripler la résistance en compression. On peut penser qu'il débouchera bientôt sur une méthode de composition globale, et permettra l'optimisation d'un "squelette granu-

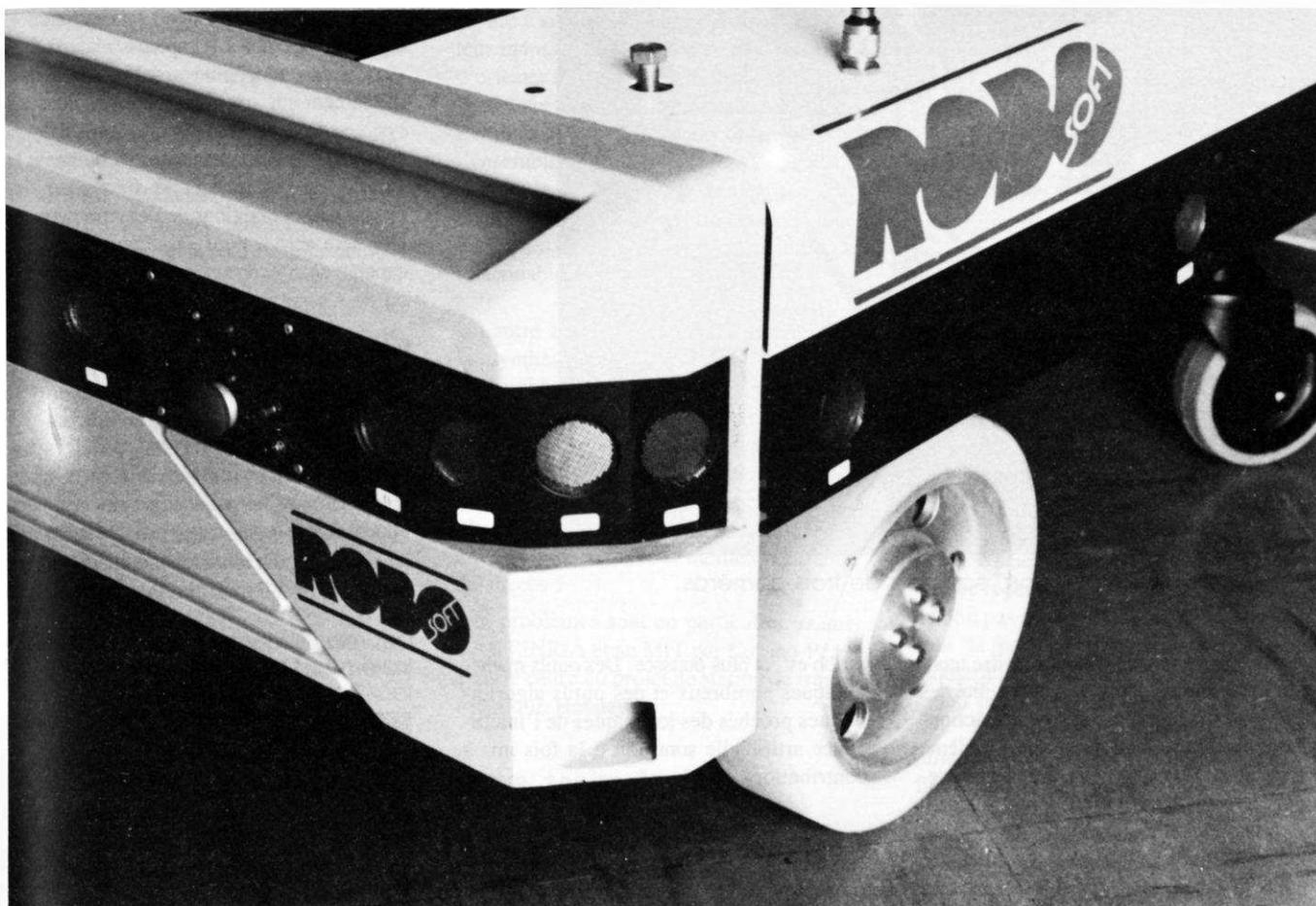
laire" à l'aide de quelques calculs sur micro-ordinateur, évitant ainsi la confection en laboratoire de dizaines de gâchées expérimentales de béton.

— L'analyse du comportement à la rupture et du processus de localisation des fissures qui l'accompagne : selon la nature du ou des services que doit remplir l'ouvrage en béton, le matériau le plus adapté pourra être sensiblement différent : selon le type de sollicitations appliquées à la structure, l'ajout de fibres sera favorable ou ne le sera pas...

— Une compréhension plus fondamentale des problèmes de séchage du matériau, et du cortège des phénomènes associés (retrait, fluage, fissurations) laisse entrevoir la possibilité de les modéliser d'une façon quantitative, ce qui enlèvera pour une bonne part la réputation de "sournoiserie" à un matériau dont les pathologies sont le plus souvent différées dans ce temps.

Grâce aux récentes percées de la Science du Béton, ce dernier est en train de passer progressivement du rang de matériau mystérieux et "alchimique", aux propriétés mal comprises, et souvent imprévisibles, à celui d'un produit manufacturé comme les autres, suffisamment connu, reproductible et, en un mot, maîtrisable. L'enjeu est de taille : si l'on considère que le béton est, de très loin, le matériau le plus consommé sur la planète (son expansion est explosive dans les PVD), on imagine les économies possibles, qui sont d'ailleurs plus liées aux aspects technologiques de fabrication et de mise en œuvre (en liaison avec les questions de durabilité), qu'au volume de matériau utilisé. Pouvoir alors, pour un usage donné, dire à la fois le type de béton qu'il faut choisir et la manière de l'obtenir, c'est accéder à une véritable ingénierie du matériau. ■

LE MONDE DES ROBOTS



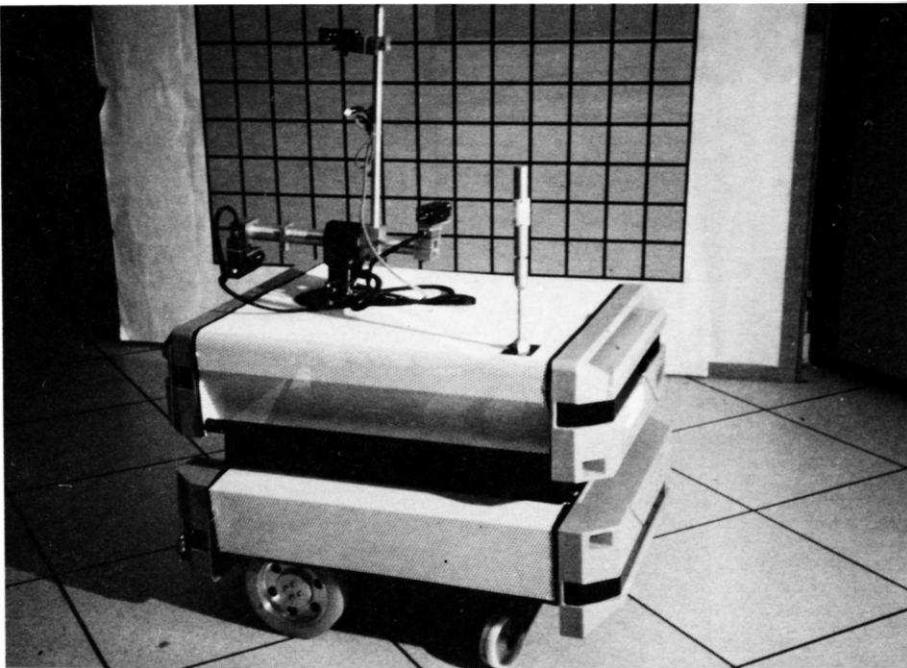
Le robot mobile de l'INRIA/Robosoft. Pour naviguer de façon sûre dans un environnement encombré d'obstacles, le robot obéit à des règles de comportement déclenchées en fonction des mesures de 24 capteurs ultrasonores.



**Pierre
Tournassoud
IPC 84
INRIA**

Il reste une distance importante entre la vision de la robotique inspirée par la science-fiction, déjà vivace dans l'imaginaire des années 50, et les réalisations actuelles.

Le principal utilisateur de robots demeure l'industrie automobile. Sur une chaîne de fabrication, les trajectoires des robots ne sont modifiées que lors du changement d'un modèle : soit l'opérateur enregistre directement les mouvements du manipulateur déplacé physiquement, soit il désigne explicitement une succession de points de consigne, la trajectoire étant alors calculée par interpolation linéaire dans les coordonnées articulaires ou cartésiennes. Ces procédés sont peu à peu enrichis par couplage avec des modèles CAO, ou encore par l'utilisation en ligne de mesures des efforts exercés par l'outil du robot. Mais il y a encore un bon chemin à parcourir avant d'atteindre la flexibilité qui sera nécessaire pour arrimer de façon automatique un satellite à une navette à l'aide d'un bras manipulateur, ou explorer avec un véhicule autonome un environnement mal connu, alentours d'une centrale nucléaire après un accident, sol de la lune ou de Mars.



Sa tête pour la stéréovision, équipée de trois caméras.

Les problèmes critiques sont d'ordre technologique (temps de réponse et fiabilité des capteurs, précision du contrôle des actionneurs), mais surtout informatique (problème d'architecture logicielle d'un grand système, temps de calcul). Parvenir à une intégration à la fois souple et fiable demeure un objectif difficile. Un système robotique complexe est en effet sensible à certaines variations infimes de l'environnement : s'il existe a priori une large classe de trajectoires solutions pour une tâche robotique donnée, de faibles perturbations de paramètres du système (paramètres souvent non intuitifs) peuvent conduire plus tard à des minicatastrophes telles qu'une collision avec l'environnement, le glissement de l'objet manipulé hors de la pince, l'occultation d'un capteur.

C'est essentiellement l'interface entre les organes de perception et les actionneurs qui pose problème. Cette interface se situe à deux niveaux. Au niveau bas, elle gère des comportements de type réflexe, en boucle fermée sur les mesures des capteurs. Les modèles nécessaires à ce niveau sont assez frustes, fondés sur une représentation géométrique simple, et une physique naïve des phénomènes. Au niveau haut, elle englobe les algorithmes de planification de trajectoires et de gestion des actions. La modéli-

sation est ici plus poussée. Des outils mathématiques nombreux et des outils algorithmiques proches des techniques de l'intelligence artificielle sont tout à la fois mis à contribution.

Capteurs et actes réflexes

On oppose les capteurs actifs, qui agissent sur l'environnement, aux capteurs passifs. Un prototype de la première classe est le capteur ERIM de l'Université de Carnegie Mellon pour le véhicule d'extérieur autonome Navlab, qui permet de reconstruire une carte de profondeur discrète de l'environnement par balayage laser et mesure de la différence de phase entre les faisceaux direct et réfléchi.

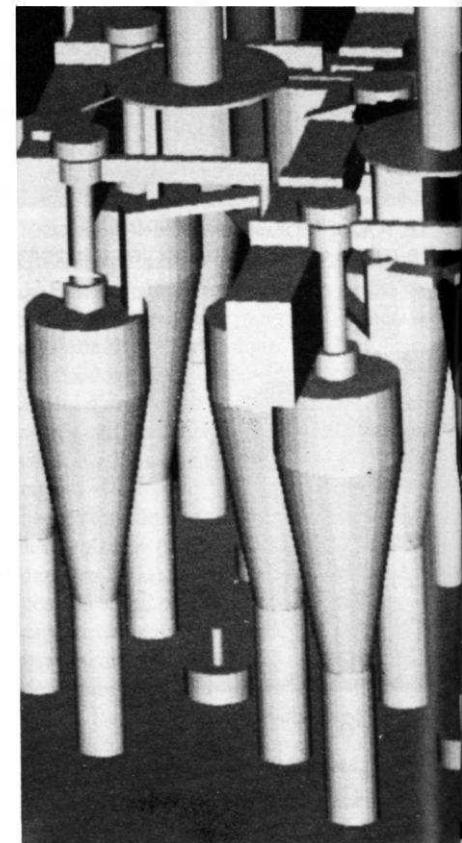
La deuxième classe est essentiellement représentée par les systèmes de vision stéréoscopique à deux ou trois caméras, qui imitent la vision humaine. Ces systèmes fonctionnent par extraction puis mise en correspondance de primitives significatives dans chacune des images, pour construire une représentation tridimensionnelle de l'environnement. Les primitives utilisées sont essentiellement des segments de forte variation d'intensité lumineuse dans l'image.

L'amélioration des caractéristiques des capteurs, surtout en ce qui concerne leur temps de réponse (ce qui peut inclure un prétraitement informatique important), permet de les intégrer dans des boucles de rétroaction de bas niveau. De tels capteurs réactifs permettent de s'adapter aux variations de l'environnement sur un mode réflexe. Pour un système de navigation par ultrasons, il devra être possible d'adapter automatiquement la gamme de distance et la fréquence des mesures aux conditions de l'environnement. Une tête active pour la stéréovision sera capable de concentrer son attention (zoom) ou de s'asservir sur une cible mobile.

Perception, modélisation, planification

Pour les robots mobiles, les modèles géométriques utilisés doivent être bien adaptés à la fois à la technologie des capteurs et aux algorithmes de planification de trajectoires. Leur choix dépend aussi étroitement des problèmes de place mémoire et

Des robots manipulateurs dans un environnement nucléaire. Les trajectoires sont calculées par un logiciel (INRIA).



de temps de calcul, qui imposent de développer des architectures massivement parallèles. Le couplage des fonctions de perception et de planification-exploration dans un monde réel est illustré par les travaux de recherche menés à l'INRIA Sophia-Antipolis, fondés sur la vision stéréoscopique.

Plus la modélisation est concise, plus elle possède de pouvoir explicatif. Mais modéliser, c'est condenser de l'information, c'est-à-dire, au mieux, oublier intelligemment. Il est donc essentiel de tenir compte de l'incertitude sur les données, surtout lorsqu'on fusionne des informations provenant de capteurs de technologies différentes (données multisensorielles). Le LAAS de Toulouse mène en particulier des recherches sur la représentation de données incertaines par des méthodes probabilistes et des méthodes qualitatives (capteurs logiques), et sur leur interprétation par des techniques d'intelligence artificielle. On rejoint ici la problématique des systèmes d'aide à la décision.

ment complexe : le réacteur d'une centrale à partir d'un modèle CAO du réac-

Pour les robots manipulateurs, se pose le problème de la planification de leurs trajectoires dans un espace complexe, l'espace des configurations du système. C'est un espace à six dimensions pour un manipulateur industriel permettant de positionner et d'orienter un objet de façon arbitraire, supérieur à six pour un manipulateur redondant. Les étapes critiques sont la construction de l'ensemble des configurations sans collision, et la cellularisation de l'espace libre obtenu pour calculer des trajectoires, dans les bornes d'une complexité algorithmique raisonnable.

Un autre axe de travail difficile concerne la synthèse de mouvements fins pour l'assemblage. Lors d'un contact de l'objet manipulé avec l'environnement, quelle information apporte une mesure d'efforts sur la précision du positionnement de l'objet manipulé ? Quelle action peut-on en déduire pour poursuivre la tâche (insertion, emboîtement, vissage...) avec la meilleure garantie de succès ?

Ces problèmes sont en particulier examinés à l'INRIA et au MIT par Lozano-Pérez dans le cadre du projet de station de travail robotique Handey.

Défis technologiques

Si en France des mécanismes complexes sont réalisés au CEA ou chez Framatome, le contrôle des mécanismes non-classiques sur un mode réflexe reste peu étudié. Citons comme illustration de tels mécanismes les machines à pattes de Raibert, et d'abord sa "One leg hopping machine", les mains multi-doigts réalisées au Japon et aux Etats-Unis, les poignets actifs fondés sur une architecture parallèle à six bras instrumentés pour réaliser des mesures d'efforts, les têtes pour la stéréovision... La conception de ces mécanismes repose en particulier sur des considérations énergétiques complexes, qui expliquent par exemple le couplage entre les articulations de nos doigts réalisé par les tendons. Il serait aussi intéressant d'aborder le contrôle des mécanismes sous l'angle de l'apprentissage de comportements, en utilisant par exemple des modèles neuronaux. La nature nous fournit un grand nombre de systèmes à imiter, rudimentaires mais extrêmement efficaces, tels les insectes, mille-pattes, serpents. Un autre défi technologique concerne la micro-robotique. L'un des projets de

Brooks et Flynn au MIT vise à répondre à la question suivante. Peut-on avec les techniques actuelles (micro-moteurs en silicone, cellules solaires, micro-compilateurs et micro-capteurs), construire un avion, ou plutôt un insecte, constitué d'un seul chip de silicone, ultra-léger (le projet proposé prévoit un poids de 80 mg), avec une caméra vidéo miniature, et un contrôle d'attitude pour l'évitement d'obstacles ? L'intégration des systèmes pose enfin des problèmes délicats, mal formalisés, Au lieu des architectures classiques qui disposent en série les fonctionnalités du robot, Brooks propose une architecture évolutive par empilement de couches de compétences successives ("subsumption architecture"). Au fur et à mesure de l'évolution de l'espèce, le robot devient plus agile par adjonction de nouveaux processeurs qui inhibent et remplacent dans les circonstances difficiles les comportements inférieurs. Ces quelques points nous ont montré la richesse scientifique et la diversité des thèmes de recherche traités en robotique. Cela ne doit pas nous faire perdre de vue cependant la pertinence d'une approche plus industrielle de la robotique, qui a le plus grand poids dans un contexte manufacturier : les outils de modélisation et de planification nécessaires sont d'autant simplifiés que l'environnement de travail des robots est mieux adapté à leurs besoins de fonctionnement. C'est l'un des pionniers de la robotique, Sheinman, réalisateur du Stanford Arm, qui propose ce concept de "Robot World", et s'interroge : si j'étais un robot, de quoi aurais-je besoin pour accomplir ce travail ?

Bibliographie

P.C. 84 Docteur en Informatique, chercheur en robotique à l'INRIA puis à la CGE, Laboratoires de Marcoussis.

Pour en savoir plus

- M. Brady éditeur. Robotics Science. MIT Press, Cambridge, 1989.
- O. Faugeras. A Few Steps Toward Artificial 3D Vision. Rapport de Recherche 790, INRIA, février 1988.
- P. Tournassoud. Géométrie et Intelligence Artificielle pour les Robots. Hermès, Paris, septembre 1988.



Jean-François Molle, X 72, ingénieur du Génie rural des Eaux et des Forêts a d'abord travaillé au CEMAGREF. Chargé de mission en 1988 au Ministère de la Recherche au département Agriculture-Agro-alimentaire Bois, il est actuellement Directeur Recherche et Développement de la Branche "Eau Minérale, Champagne" du Groupe BSN.

L'enjeu que représente le développement harmonieux de la filière agro-alimentaire est considérable au moins selon deux points de vue. En premier lieu, bien sûr, de par l'importance économique de la filière elle-même, la première aujourd'hui en France, et en second lieu parce que cette bonne santé est indispensable à la solution des problèmes profonds que rencontre l'agriculture, productrice des matières premières.

Quelle place devrait avoir, dans ce débat, la question de la maîtrise des équipements qui utilisent les industries agro-alimentaires pour leurs tâches productives ? A première vue on peut penser qu'elle est faible dans la mesure où dans le prix de revient du produit l'amortissement des équipements n'entre que pour une part fort modeste. Or, ce serait une erreur que de ne considérer que ce point de vue. En effet, une industrie puissante ne peut se maintenir que si elle maîtrise les conditions de sa production. Certes c'est sur le produit alimentaire lui-même que se joue la concurrence, mais ce sont de nouvelles technologies, de nouveaux équipements qui fabriqueront les produits de demain aux caractéristiques améliorées notamment en matière de qualité.

Dans ce domaine de fabrication des équipements, la place de la France n'est pas mauvaise mais n'est pas à la hauteur de l'industrie agro-alimentaire elle-même. On notera, au contraire, l'importance de la RFA. Même dans des créneaux traditionnellement français comme celui des matériels géotechniques, les matériels allemands représentent une concurrence toujours plus redoutable.

Or, ces matériels, les processus dans lesquels ils s'insèrent, connaissent une mutation profonde qui va en s'accéléralant. La raison est la pénétration de l'électronique et de l'informatique dans ces domaines se traduisant par une automatisation (dans certains cas une robotisation) accrue des procédés. La question qui nous est posée est alors la suivante : n'est-ce pas là l'occasion de reconquérir, grâce à des matériels modernes, un marché qui tend à nous échapper ?

Dans ce court article, nous examinerons d'abord quelle est la spécificité de l'agro-alimentaire vis-

à-vis de l'automatisation et ensuite la mise en œuvre de ces techniques.

L'agro-alimentaire et l'automatisation des procédés

L'automatisation présente des avantages pour toutes sortes de branches industrielles. La compétitivité des entreprises s'accroît en effet par une augmentation de la productivité des machines (rendement accru, meilleure utilisation dans le temps, réduction des pannes, etc.) et du travail humain.

Pour les opérateurs on constate en effet que la libération de tâches fastidieuses, l'attrait intellectuel du poste, la diminution de la lassitude nerveuse, la sécurité enfin entraînent un confort qui change complètement la perception du travail et le fonctionnement même de l'unité de production. Il va de soi que cet objectif ne peut être atteint que si les mutations dans l'outil de production ont été accompagnées d'une préparation soignée, notamment par la formation des hommes.

L'agro-alimentaire a cependant des spécificités. Par exemple, bien qu'étant une industrie de production de masse au sens propre (ce n'est pas la chimie fine ou la pharmacie), cette production est effectuée le plus souvent dans des unités de taille modeste et selon une diversité de procédés... aussi large que le goût des hommes. On entrevoit alors quelles perspectives aura la banalisation de la micro-informatique et la souplesse des logiciels correspondants.

La contrainte principale et spécifique reste cependant celle de la qualité. La perception du client sera dans ce domaine relayée par un nombre croissant de normes souvent internationales. Or, dans un processus complexe de fabrication, fréquent en agro-alimentaire, surtout si l'on songe que la matière première est souvent de qualité variable (ex. lait, viande, etc.), la quantité d'informations à recueillir, à traiter pour contrôler un processus ou élaborer des valeurs de réglage dépasse le plus souvent les capacités humaines et justifie donc encore l'ouverture d'un large champ d'application à l'automatisation. On saisira mieux l'impact de cette discipline grâce à l'exemple suivant. La cuisson des jambons est une opération traditionnelle,

MATISATION ET CAPTEURS ANS L'AGRO-ALIMENTAIRE

effectuée généralement en discontinu sur une dizaine d'heures. Dans une unité, l'emploi d'un automate a permis de contrôler et de piloter beaucoup plus finement la température en continu et de satisfaire aux objectifs de qualité que s'étaient fixés l'entreprise. Au passage d'autres opérations ont été automatisées entraînant un allègement des charges de travail (1).

Enfin, l'automatisation permet d'accroître le rendement de production, paramètre important dans une branche où le prix des matières premières est souvent de l'ordre de quelques dizaines de milliers de francs par tonne. Les progrès récents en matière d'automatisation des fromageries constituent un bon exemple.

L a mise en œuvre de l'automatisation

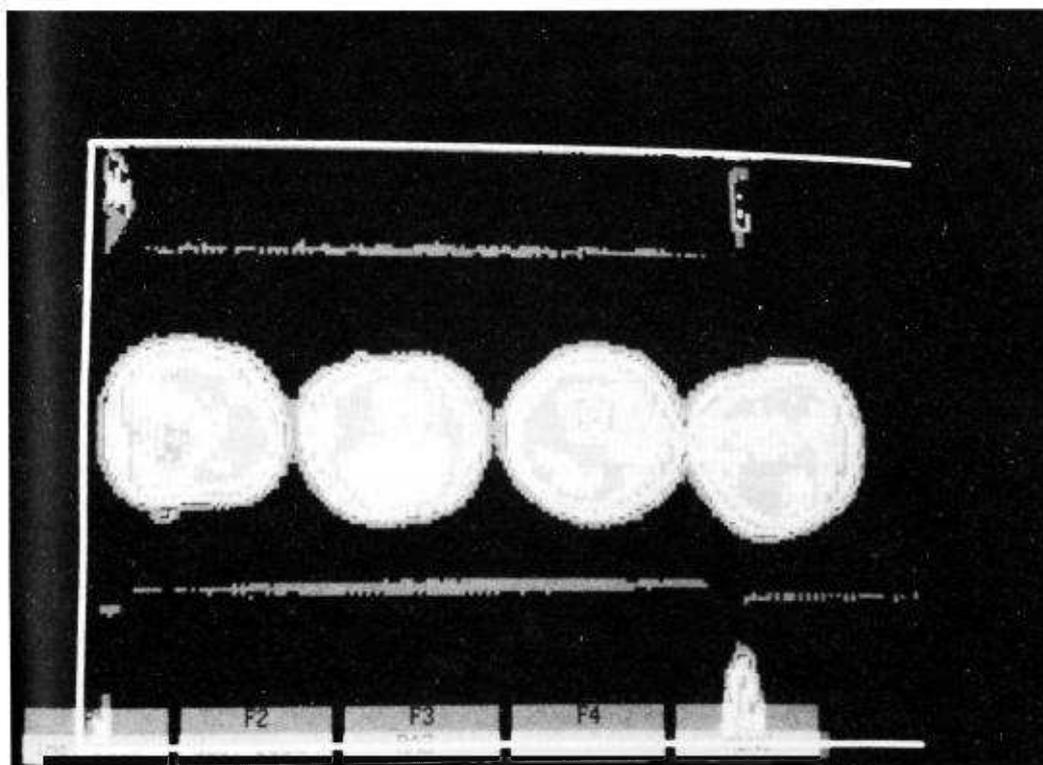
Quels sont alors les obstacles à surmonter pour

généraliser ce type d'opérations ? On ne considère ici que le point de vue technique qui conduit à envisager l'ordre suivant : la captation de l'information, son traitement logique, les actionneurs sachant que l'analyse s'adresse bien sûr aux procédés de production existants mais que, comme on le verra, l'automatisation peut conduire à la définition de procédés nouveaux.

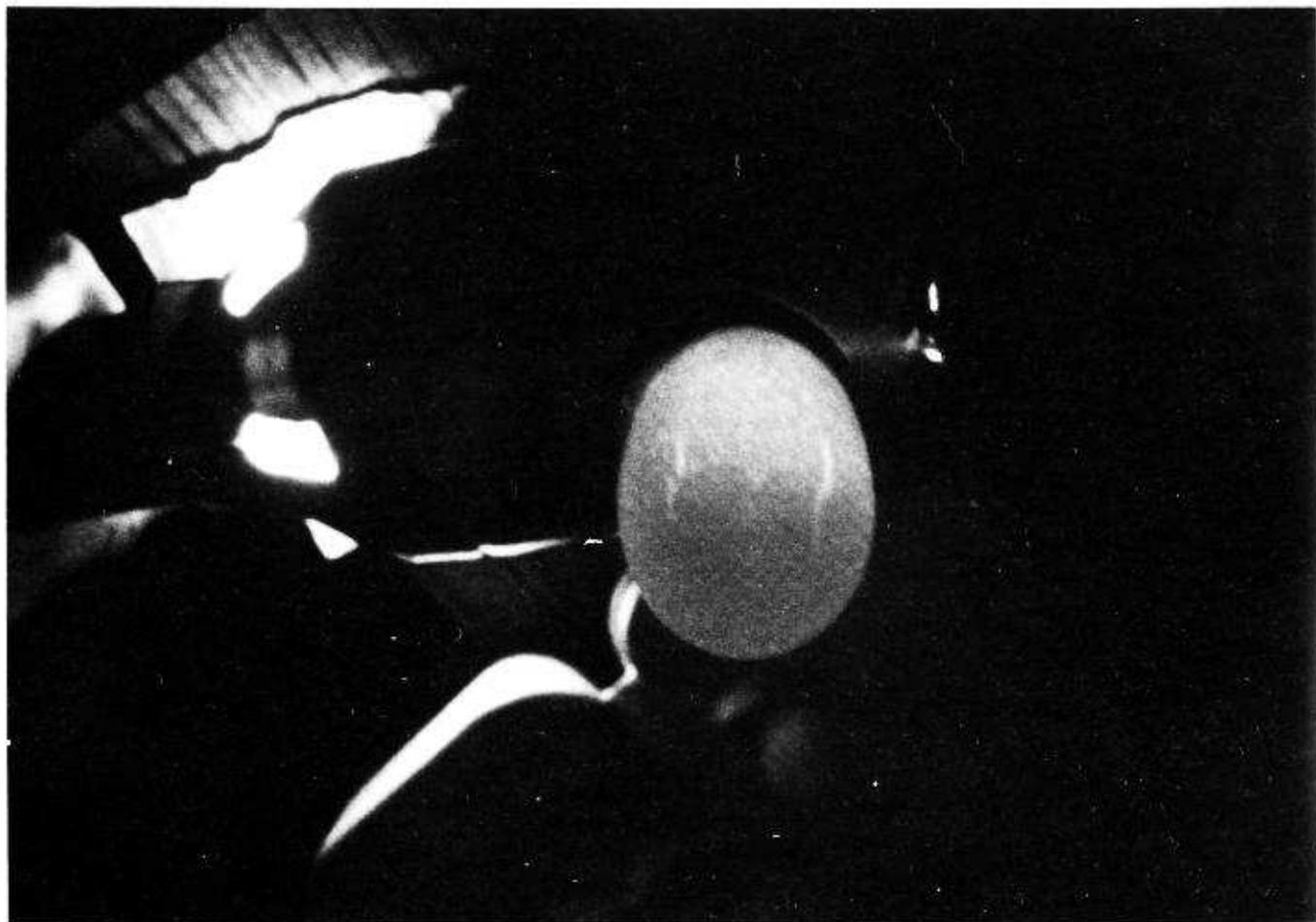
Il est hélas assez rare, en agro-alimentaire, que comme dans l'exemple de la cuisson des jambons, la captation de l'information nécessaire à l'automatisation soit aussi simple qu'une simple mesure de température. On peut même avancer que le plus souvent le point de blocage de l'automatisation est l'inexistence de capteurs adéquats.

Deux cas se présentent en effet :

1) La connaissance du procédé est empirique et on ne sait pas trop quoi mesurer. La recherche et la mise au point d'un capteur adapté permettent alors le plus souvent non seulement d'automatiser mais



Tri des fruits
aux défauts
d'aspect
Doc. CEMAGREF



Mirage des œufs
Doc. CEMAGREF

encore d'améliorer, par une meilleure maîtrise, le processus de production. Par pure diplomatie, l'ingénieur doit évidemment se garder de citer ici des exemples.

2) La grandeur à mesurer est complexe ou difficilement accessible au moins sur la ligne de production. En effet, au-delà du cahier des charges général d'un capteur (fiabilité, mesure en ligne et en temps réel, durée de vie, coût), la qualité "alimentaire" ici considérée ne simplifie pas les données du problème. Son fonctionnement ne doit pas compromettre la qualité du produit (le plus souvent problème d'hygiène et de stérilité) mais encore le capteur doit pouvoir supporter le nettoyage. Or, celui-ci met le plus souvent en jeu des niveaux de température ou des produits agressifs. On peut citer ici comme exemples de difficultés la mesure de la composition d'un produit complexe ou celle de la viscosité d'un fluide non newtonien.

Deux grandes familles de capteurs existent, les capteurs biochimiques et les capteurs physiques (2). Les premiers mettent le plus souvent en jeu des réactions enzymatiques dont les effets secondaires

(dégagement de chaleur, de lumière, etc.), sont mesurables et bien corrélés à la grandeur désirée. En dépit de progrès récents, on peut toutefois prévoir un avenir moins large pour ces capteurs que pour ceux, plus "alimentaires", mettant en jeu des phénomènes physiques.

Ces derniers, grâce notamment au transfert de connaissances développées dans d'autres branches d'activité (médical, nucléaire, chimie) connaissent aujourd'hui un développement assez fascinant de rapidité et d'efficacité.

Dans l'analyse de la composition, les propriétés optiques des produits agro-alimentaires ont été largement exploitées (analyse de rayonnements transmis ou réfléchis). A cet égard, le développement de caméra CCD (charges coupled device) bon marché (pour le tri automatique des fruits aux défauts d'aspect par exemple), de fibres optiques performantes (utilisées par exemple en réfractométrie pour le dosage de sucre) ou de lasers (pour analyser, demain peut-être, la composition de liquides à distance par mise en œuvre de l'effet Raman en

lumière cohérente) permet dès aujourd'hui de parler de capteurs optroniques en agro-alimentaire.

Les propriétés électriques (mesure du taux de graisse d'une viande par impédance), sonores (emploi de l'échographie ultrasonore pour la classification des viandes ou des fruits), magnétiques enfin (résonance magnétique nucléaire pour l'analyse de la composition de liquides) vont connaître également un développement important avec d'ailleurs une concurrence évidente entre eux.

On pourrait à tort considérer le traitement informatique de l'information recueillie comme banale. En effet, les systèmes de vision par exemple délivrent un débit de données considérable d'une façon générale. Cela est accentué en agro-alimentaire par la cadence élevée nécessaire à la reconnaissance ou au tri d'objets de masse unitaire faible (ex. fruits). Disposer de machines bon marché, puissantes et rapides n'est donc pas suffisant et un logiciel performant est le plus souvent indispensable pour rendre l'automatisation rentable. Un bon exemple est constitué par le tri automatique des œufs fêlés (ô combien pénible en manuel !) où la reconnaissance a pu être effectuée en un temps huit fois plus court qu'avec un logiciel existant.

Les spécificités de l'agro-alimentaire comme l'hétérogénéité des matières premières, les processus souvent séquentiels, la recherche de flexibilité à cadence très élevée (remplissage, conditionnement) en font un champ d'application privilégié des techniques modernes de traitement de l'information. Elles peuvent s'appliquer à la conception de l'unité (par exemple emploi de la CAO dans la synthèse de procédés (flow-sheeting appliquée à la sucrerie) ou à sa conduite (recours aux systèmes experts de diagnostic de pannes et aides à la conduite dans les situations transitoires ultérieures (3) éventuellement reliée à la gestion de production assistée par ordinateur. Enfin, à l'avenir, les outils d'aide à la résolution de problème issus des travaux en intelligence artificielle devraient être d'une particulière utilité dans une branche où les conditions de production changent de façon complexe et rapide (coût et qualité des matières premières, perspectives de marché).

L'importance en agro-alimentaire de processus discontinus qui exigent des manipulations coûteuses (tri, conditionnement) semble ouvrir un marché à une robotique d'un autre type que celle dévelop-

pée à ce jour. En agro-alimentaire, il s'agit en effet en général d'opérations à forte cadence, effectuées de façon peu précise (quelques millimètres) sur des masses faibles (moins du kilogramme). Outre les applications relativement conventionnelles (palettisation de cartons), soulignons toutefois qu'il s'agit encore là de programmes de recherche.

C *onclusion*

Les réalisations dues à la pénétration de l'électronique dans les industries agro-alimentaires sont déjà importantes mais sans doute encore limitées au regard de ce qu'on a pu évoquer comme perspectives.

L'innovation technologique et la robotisation autorisée par le développement de différents types de capteurs a évidemment un rôle important à jouer dans une branche d'activité en mutation : une équipe de chercheurs ne peut être efficace, ici plus qu'ailleurs, qu'appuyée sur un outil électronique et informatique puissant, et en restant en relation étroite avec les recherches menées ailleurs de façon à faciliter les transferts. ■

L'importance en agro-alimentaire de processus discontinus qui exigent des manipulations coûteuses (tri, conditionnement) semble ouvrir un marché à une robotique d'un autre type que celle développée à ce jour.

Article paru dans les *Annales des Mines* de juillet-août 1986. "Electronique, automatisation et robotisation dans l'agro-alimentaire".

(1) Cf. *Industries et Techniques* 20.3.86, p. 47.

(2) Cf. *Les capteurs dans les industries agro-alimentaires*, par G. Corrieu in *Industries alimentaires et agricoles*, 1984, p. 1143 à 1150.

(3) Ce point est particulièrement important dans certaines industries agro-alimentaires (sucrerie, conserverie de produits végétaux) où, les campagnes ne durant que quelques dizaines de jours, une panne prolongée est évidemment catastrophique.

ETUDIANTS-CHERCHEURS EN CALIFORNIE



Après quelques années de classes préparatoires, la scolarité à l'X et un séjour à l'ENPC ou à l'ENSTA, qu'a pu vous apporter une formation "par la recherche" aux Etats-Unis ? Cette question nous a été cent fois posée depuis notre retour de Californie et nous pousse naturellement à essayer de faire partager certains aspects de notre expérience personnelle. Certes, il ne s'agit là que d'une vue partielle (et partielle) de l'enseignement et de la recherche aux Etats-Unis. Néanmoins, cette expérience californienne nous semble bien mettre en évidence certaines qualités (et certains défauts) des systèmes français et américain. Au moment où beaucoup s'interrogent sur l'ouverture internationale des formations d'ingénieurs, peut-être vaut-elle la peine d'être relatée.

Mais pourquoi sont-ils partis ?

A notre retour en France, nous avons constaté chez nos interlocuteurs deux attitudes contradictoires vis-à-vis de l'enseignement américain. Pour certains, les Etats-Unis sont le pays des prix Nobel, des défis technologiques et des universités les plus prestigieuses. Pour d'autres, les étudiants américains sont d'un niveau plus que médiocre et l'enseignement ne vaut pas celui de nos universités ou grandes écoles. Deux questions résument l'opinion de nos interlocuteurs : "pourquoi rentrez-vous en France ?", mais que peut-on apprendre de plus là-bas ?". Etrangement, ni les uns, ni les autres ne semblent avoir tort : plus de quinze prix Nobel enseignent à l'université de Californie, mais les étudiants en maîtrise de sciences ignorent le plus souvent ce qu'est un espace vectoriel. Excellence des professeurs, médiocrité des étudiants : voilà la conclusion rapide qu'en tirent certains. Au sujet de l'Université de Californie à Santa Barbara, où nous nous trouvons, le monde de l'Education concluait : "la nouvelle Athènes des bords du Pacifique ne manque pas de philosophes, mais elle cherche des citoyens".

Peut-on cependant s'arrêter à une conclusion aussi hâtive ? Ce ne serait, à notre avis, que transposer à l'Amérique nos critères sur l'éducation. Après tout, si nos étudiants sont vraiment meilleurs, où sont donc nos prix Nobel ? Répondre en évoquant la "fuite des cerveaux" ne serait guère convaincant (il est peu probable que tous nos scientifiques de valeur aient émigré aux Etats-Unis) et quelque peu contradictoire (car alors, pourquoi quitter la France pour enseigner à des élèves nuls ?).

Finalement, à quoi nous sert ce que nous avons appris ?

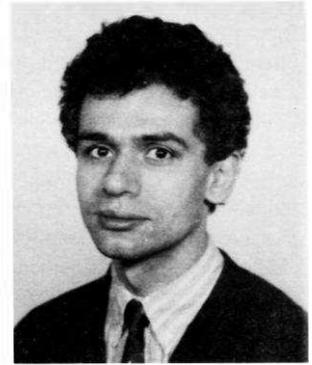
Reconnaissons qu'en France les écoles d'ingénieurs — et surtout les plus prestigieuses d'entre elles — accueillent les meilleurs étudiants de leur génération, après une rigoureuse sélection sur les matières scientifiques. On imaginerait mal un élève des Ponts ignorant ce qu'est un espace vectoriel. Néanmoins, dans la plupart des cas, les connaissances de base sont perçues moins en fonction de leurs applications

potentielles (être capable de modéliser un "effort", par exemple), que comme l'une des nombreuses notions à assimiler pour progresser sur le chemin du baccalauréat et des grandes écoles. Peut-on seulement imaginer, lorsque l'on est en classes préparatoires, qu'une matrice peut servir à quelque chose ? Au mieux, elle sera assimilée à un élément d'un espace vectoriel ou à une application linéaire. Il s'agit évidemment là d'une caricature, mais l'élève de l'Ecole qui ne sait rien — ou presque — de l'utilité pratique de la méthode des éléments finis a plutôt tendance à considérer la formulation variationnelle d'un problème de mécanique comme une curiosité mathématique.

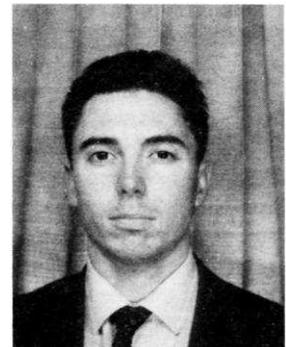
Inutile de préciser que, de l'autre côté de l'Atlantique, l'approche de ces problèmes est toute différente : si le nom de Sobolev apparaît plutôt rarement dans les livres présentant la méthode des éléments finis, ceux-ci présentent à chaque page — ou presque — des illustrations de "maillages" de voitures, avions ou plates-formes pétrolières. C'est que l'élève-ingénieur (et/ou l'élève-chercheur) américain, s'il ignore tout de l'analyse fonctionnelle, est là pour apprendre la technique de son futur métier. C'est au cours de leurs études, et souvent face à des problèmes pratiques, que les plus doués d'entre eux comprendront l'utilité d'accroître leur connaissance des concepts fondamentaux sur lesquels se fonde la discipline qu'ils étudient. C'est ainsi que la sélection s'effectue à la fois plus tardivement et plus naturellement que dans le système français des grandes écoles. Certes cette situation n'a pas que des avantages : le manque de culture générale scientifique ne facilite pas l'assimilation de connaissances théoriques. Quant à la culture non-scientifique, notons juste que ce n'est pas vraiment l'originalité qui caractérise l'élève-ingénieur américain.

Le souci du débouché

Cependant, le fameux pragmatisme de l'enseignement américain mérite d'être analysé plus profondément. Pour l'obtention du titre de "Master of Science" ou de "Doctor of Philosophy" (Ph. D.), la recherche appliquée joue un rôle important dans le cursus scolaire. Le coût des études pousse les élèves américains à obtenir un financement. Que ce soit sur le campus avec un poste de "Research Assistant" ou en



Raymond Cointe
IPC 85, Ph. D.
de l'Université
de Californie
à Santa Barbara
("Mechanical Eng"),
détaché à l'Institut
Français du pétrole
depuis 1986,
assistant à l'ENPC,
chargé de cours
à l'Ecole des Mines
de Paris.



Frédéric
Van Roekeghem
Ingénieur
de l'Armement, M.S.
de l'Université
de Californie
à Santa Barbara
("Electrical Eng"),
affecté à la Direction
des Engins
depuis 1985,
professeur-adjoint
à l'ENSTA.

dehors dans l'industrie locale, ils ont l'opportunité de mettre en pratique l'enseignement qu'ils reçoivent et d'en apprécier la valeur intellectuelle et financière. Il n'est d'ailleurs pas rare que des étudiants retournent à l'université après un premier passage dans l'industrie. Le caractère payant de l'éducation universitaire, associé à un système efficace de soutien à partir du "Master", n'est certainement pas étranger à la motivation des élèves : si la plupart ne supportent pas effectivement le coût élevé de la scolarité, tous prennent conscience de son prix.

Certains pourraient penser que recherche industrielle signifie recherche de second rang et que ces liens avec l'industrie ne s'affirment qu'au détriment de la qualité de l'enseignement. En France, en effet, il n'y a souvent pas de juste milieu entre les cours théoriques, coupés des applications, et les cours pratiques, n'utilisant parfois que la règle de trois. Il est alors tentant d'en conclure que la théorie ne sert à rien et que le "vrai" métier d'ingénieur n'utilise pas les connaissances difficilement acquises, mais un bon sens du concret. Si l'on suit cette logique, il n'existe pas d'alternative entre la recherche fondamentale (où l'on ignore les applications) et l'industrie ou l'administration (où l'on oublie une grande partie de son bagage scientifique).

Enfin un vrai campus !

C'est cet état d'esprit qui est différent aux Etats-Unis. Si la quasi-totalité du corps enseignant travaille à temps plein à l'université, l'étroussure des liens avec l'industrie résulte du rôle de société de services à haut potentiel scientifique que joue l'université. Dans le cadre de leurs fonctions sur le campus, les enseignants se doivent d'obtenir des contrats de recherche : le transfert des connaissances s'effectue alors de l'université vers l'industrie. Par l'intermédiaire de ces contrats, l'université finance en partie les professeurs et les assistants de recherche et renouvelle ses moyens en matériel. Les élèves prennent ainsi conscience de l'utilité d'une bonne théorie pour la résolution d'un problème concret.

Bien évidemment, ce rôle de société de services ne peut être tenu que parce que les moyens de l'université s'intègrent dans une infrastructure adéquate. La réussite du système des campus américains tient

d'abord à la cohabitation (souvent au sens premier du terme) de nombreux étudiants, professeurs et chercheurs travaillant dans des disciplines différentes. Mais elle est aussi liée à l'intégration de l'université à l'intérieur d'une ville ou d'un quartier où les étudiants se sentent chez eux, jusque dans les commerces dont les produits leur sont presque exclusivement destinés. En ce sens, ce qui ressemble sans doute le plus à un campus américain en région parisienne, ce n'est ni Jussieu, ni un campus isolé en banlieue, mais plutôt le quartier latin d'il y a quelques siècles...

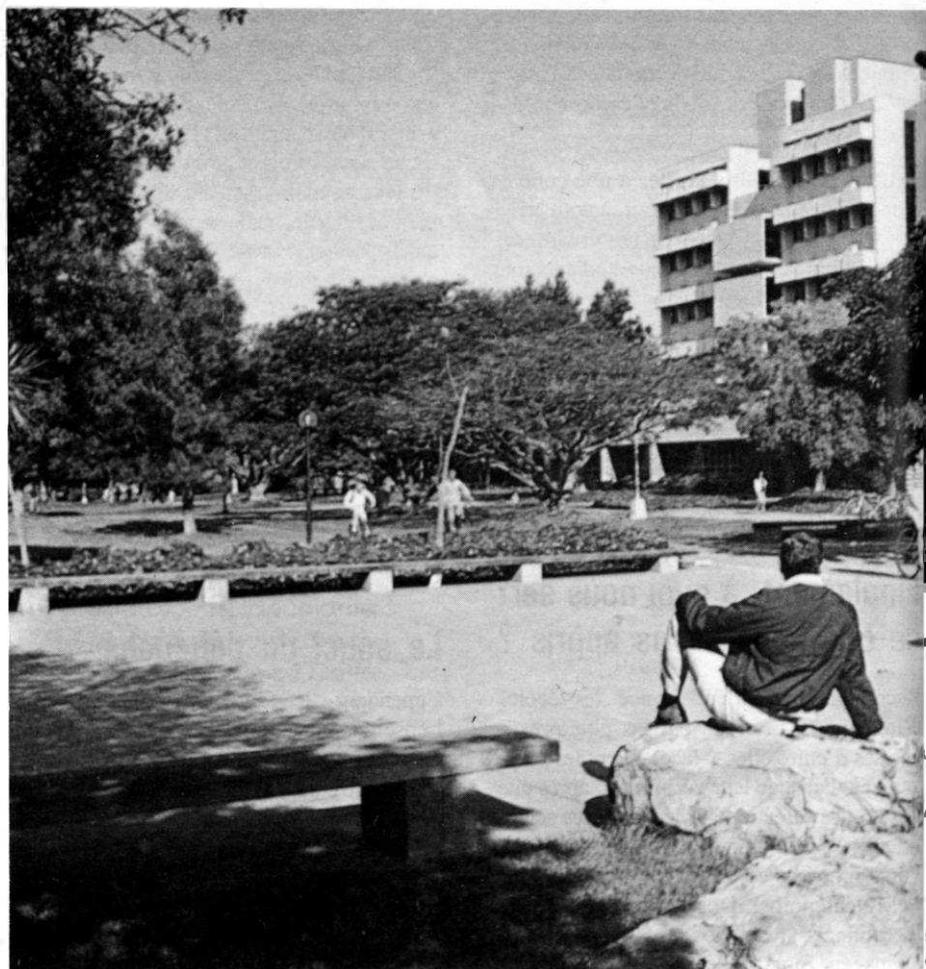
Le complexe universitaire en lui-même est généralement constitué de multiples bâtiments dédiés à des activités ou des domaines d'étude particuliers. Parmi ceux-ci, la (ou les) bibliothèque(s) donne(nt) la mesure de l'ampleur des moyens mis à la disposition des élèves et chercheurs : deux millions et demi de volumes dans la bibliothèque de l'Université de Californie à Santa Barbara,

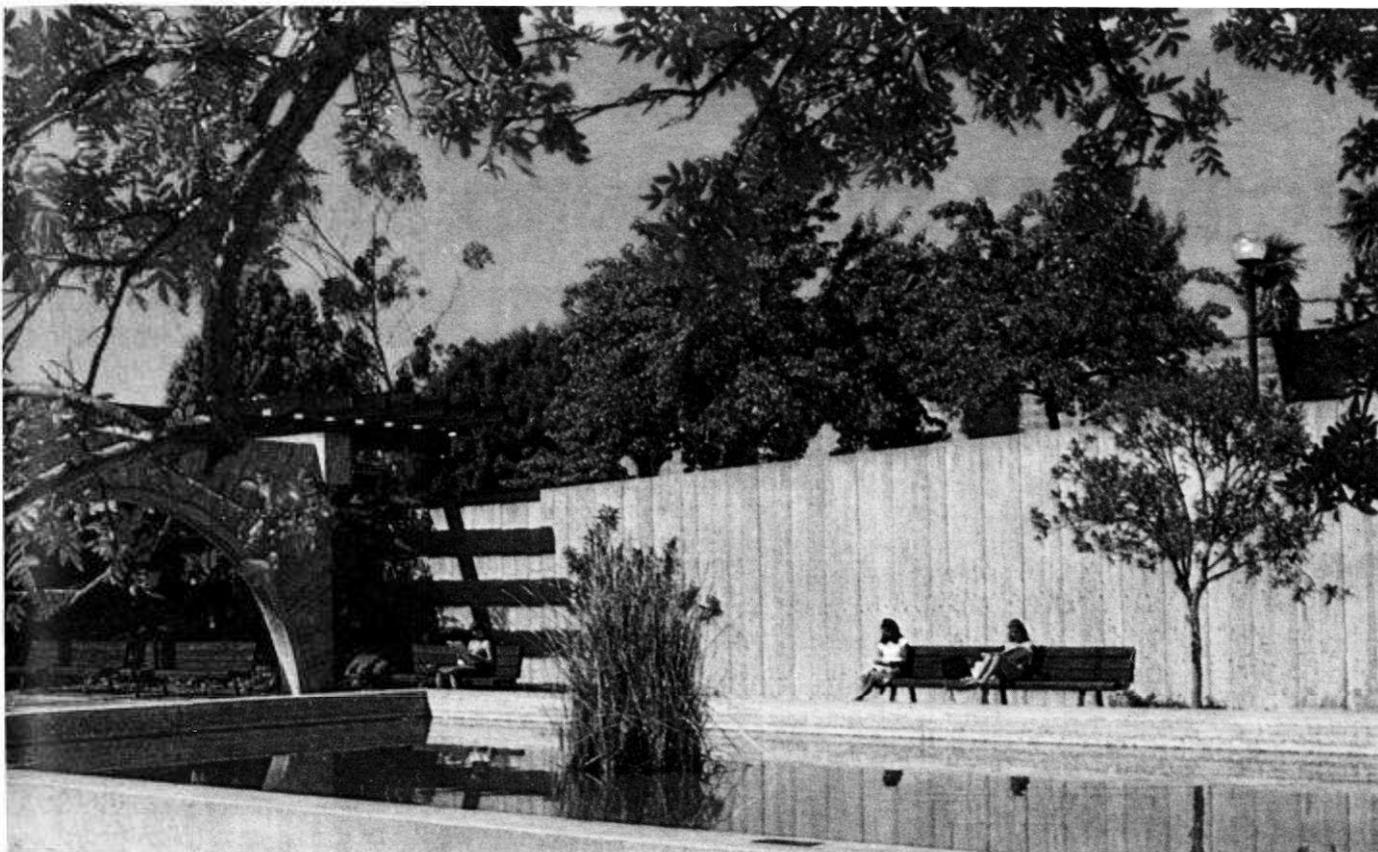
plus du double à Berkeley. La bibliothèque est ainsi l'endroit où toutes les revues et publications peuvent être consultées et photocopées en libre service, condition indispensable à la circulation rapide de l'information.

Il n'y a pas de connaissances sans transmission du savoir

La publication, en effet, n'est pas uniquement la préoccupation des chercheurs reconnus : elle est, avec la thèse, l'aboutissement du Ph. D. voire du Master. Il est en effet fréquent que des étudiants en Ph. D. publient plusieurs articles au cours de leur scolarité. Introduits par ce biais et grâce au renom de leurs professeurs au sein de la communauté scientifique, ils apprennent très tôt que la communication est l'ultime étape de la valorisation d'un travail scientifique.

Il est d'ailleurs révélateur de constater la





grande dépendance de l'Europe vis-à-vis de la publication américaine. La construction d'une recherche européenne nécessite aussi le développement de revues scientifiques de haut niveau, d'un rayonnement comparable aux mensuels de "l'IEEE" dans le domaine électronique par exemple.

Cette communication ne se limite cependant pas à la publication dans des revues savantes. Les universités cherchant à recruter les meilleurs professeurs et les meilleurs élèves aussi bien qu'à assurer leur financement, elles se doivent de faire connaître à un public large leurs résultats marquants. Différents moyens sont mis en œuvre pour réaliser cet objectif dont, par exemple à Santa Barbara, des journées portes ouvertes, un quotidien intra-campus et des revues décrivant l'activité des départements.

Enfin, qu'avons-nous de plus que les autres ?

Quel peut être, à la lumière de ces particularités de l'enseignement américain, l'intérêt d'une formation complémentaire aux Etats-Unis ? Certainement la valorisation d'une formation scientifique de haut niveau, mais parfois trop abstraite, dans un système éducatif différent, à la fois plus pragmatique et tourné vers l'industrie. Il n'est

peut être pas inutile de prendre le temps de réfléchir sur les applications possibles d'un enseignement encyclopédique.

La rupture avec le système français - où le diplôme, ouvrant de nombreuses portes, apparaît parfois plus important que l'apprentissage de son métier - est une remise en question bénéfique. La motivation, favorisée aussi par une grande liberté de choix des matières enseignées, permet l'adaptation à un enseignement véritablement orienté vers l'application.

La culture scientifique acquise en France est certainement un élément déterminant pour le succès outre-atlantique. Un séjour sur un campus américain conduit cependant à regretter de n'avoir pas toujours su profiter d'un enseignement souvent du plus haut niveau mais dont la finalité échappe parfois. La "super-formation" mathématique des meilleurs étudiants français n'a pas que des avantages, car le danger est grand, nous semble-t-il, d'oublier que ces abstractions ont un but, ces connaissances une utilité (autre que celle, certes non négligeable, d'être sélectionné). Avoir les élèves-ingénieurs les mieux formés en mathématiques ne peut servir que s'ils mettent en pratique leurs connaissances.

INCIDENCE DU PRIX DU BARIL DE PÉ DE CHERCHER UNE SOLUTION A UN

A sa sortie d'école, un poste d'ingénieur dans une grande société pétrolière a été proposé à M. B. Celui-ci, souhaitant utiliser les connaissances scientifiques laborieusement engrangées au cours de nombreuses années d'étude, a donc accepté. Le travail initial qui lui a été confié était la partie numérique d'un code de calcul permettant de simuler l'injection de vapeur d'eau dans les gisements d'hydrocarbures, pour en extraire la substantifique moëlle.

On l'avait pris pour un ingénieur : il était chercheur dans l'âme ! Rapidement, sa propension à remplacer par des concepts abstraits ce qui était encore intelligible allait se manifester. Hélas, que de difficultés sur son chemin ! Les obstacles de nature mathématiques ou physiques allaient s'accumuler : des équilibres thermo-dynamiques avaient l'audace de se superposer au difficile problème de la résolution numérique (des équations aux dérivées partielles modélisant les écoulements et la conservation des corps en présence dans le milieu poreux).

Heureusement, les chefs de M. B., désirant quand même que ces déluges de théorie aboutissent à des fleuves canalisés de méthodes pratiques, l'ont incité à trouver des collaborations auprès de laboratoires de mathématiques appliquées. Et là...

L a communication entre spécialistes est parfois chose difficile.

Les contacts avec des chercheurs en analyse numérique furent noués. Malheureusement, ceux-ci habitent une planète éloignée de celle de l'ingénieur de l'industrie du pétrole : ils habitent des espaces de Sobolev. Dans ce lieu, les gisements de pétrole sont des ouverts omégas Ω , et les équations traduisant le "rien ne se perd, rien ne se crée" sont des équations couplées hyperboliques-paraboliques.

M. B. leur parla son langage usuel de pétrolier : si le skin (1) du puits est nul, le well-index (2) est une fonction simple de la perméabilité absolue et des kr (3), que l'on prend généralement en croix, ce qui permet un calcul simple du five-spot (4), et donc une connaissance aisée de l'instant du break-through (5) (voir glossaire).

Les protagonistes de cette histoire parvinrent quand même à mettre au point un code de calcul indus-

triel, auquel les coordonnées des 12 485 points servant à décrire le gisement sont aisément fournies (une par une, au clavier).

L es mathématiques appliquées des uns ne le sont pas assez pour les autres.

M. B. parvint finalement à rencontrer des chercheurs en analyse numérique qui le guidèrent dans les espaces susnommés (ils eurent des difficultés à trouver de la place : tout était complet). Il en revint tout heureux, ayant compris qu'il n'avait rien compris : les techniques de l'ingénieur qui fournissent des résultats *paraissant* admissibles (elles ont été conçues pour cela) n'ont pas d'obligation mathématique de converger vers la solution des équations de la physique du gisement.

Avec l'aide de chercheurs universitaires, M. B. s'appliqua à greffer dans les codes de calcul (utilisés réellement par ceux qui font des études de gisement) des techniques mathématiques dont l'efficacité avait pu être démontrée dans des cas simples. La communication entre M. B. et les utilisateurs devint alors plus difficile, car il ne savait pas chiffrer immédiatement en dollars le gain résultant de l'utilisation des méthodes de Van Leer ou du décentrage du gradient de pression.

L e navire de la recherche est sensible aux turbulences de la conjoncture.

Durant toutes ces années de recherches payées par l'extraction des hydrocarbures (un dollar à 10 F et un baril à 35 \$ y contribuaient alors) le temps de M. B. passé sur ces problèmes passionnants se révélait productif. M. B. a donc été nommé expert ; ceci ne signifie pas qu'il fut chargé de faire les choix techniques, mais que son refus d'exercer alors une fonction administrative le mit enfin dans une position bien décrite par le principe de Peter : titre important, responsabilités nulles.

Cependant, les représentants de "l'Organisation Pour Exploiter les Pétrolophages" étant entrés en désaccord, les budgets consacrés à la recherche ont été diminués de 20 %, et les travaux théoriques de M. B. sont devenus sans objet. La connaissance



Robert Eymard
IPC 81.
De 81 à 88
Ingénieur
à la SNEA (P)
Expert
en méthodes
numériques.
De 88
à ce jour
Laboratoire
Central
des Ponts
et Chaussées
Chercheur.

ROLE SUR L'INTERET PROBLEME DE FLUX

Avertissement : toute ressemblance entre M. B. et l'auteur n'est pas nécessairement fortuite.

approfondie des équations régissant les écoulements est devenue secondaire devant tous les travaux de développement, consistant essentiellement à introduire dans les codes numériques des protections destinées à éviter aux utilisateurs la tentation d'introduire des données trop absurdes. M. B. a tenté alors une reconversion, l'amenant dans un autre secteur industriel.

La distance entre les chercheurs et l'industrie est une grandeur positive ou négative, assurément non nulle.

M. B., Gentil Membre du Club des Ponts et Chaussées, s'est vu proposer par les Gentils Organisateurs (qui ont percé à jour la personnalité de notre héros) un poste de chercheur au Laboratoire des Chercheurs Perspicaces et Courageux. M. B. y a découvert quelques différences de conditions de travail du chercheur entre les secteurs industriel et public : son salaire a notablement diminué ; M. B. a découvert la liberté des horaires imposés ; la mise au point des codes de calcul, que M. B. faisait auparavant sur CRAY 1, se fait en attendant mieux sur micro-ordinateurs personnels ; les objectifs de recherche, qui étaient imposés par le directeur, sont souvent encore décidés par les chercheurs eux-mêmes, dans leur univers propre de relations.

Et pourtant, M. B. a l'agréable surprise de voir que dans de nombreux domaines, le Laboratoire est créatif, et même parfois à la pointe de la recherche dans son domaine. Mais au contraire de la recherche dans le cadre industriel, où les "clients internes" housculent la tranquillité des chercheurs, la demande externe en innovations ne semble pas s'y faire sentir toujours très fort...

Question : Alors, M. B., finalement le pétrole, c'était l'enfer ?

Réponse : (Indignée !) Certes non ! L'industrie du pétrole, c'est un personnel jeune, des moyens financiers et informatiques importants, des sujets de recherche passionnants... En dépit des quelques faits que vous avez évoqués, j'y ai trouvé tout de même une grande liberté de moyens : il faut de plus souligner que l'industrie n'est en général pas le lieu de la recherche théorique. ■

Question : Vous avez pu y dialoguer quand même avec de nombreux chercheurs théoriciens...

Réponse : les structures du secteur recherche dans les grandes entreprises permettent au chercheur d'être dans les meilleures conditions pour d'une part réaliser des travaux appliqués à court terme, d'autre part dialoguer efficacement avec les chercheurs universitaires : ceci est d'autant plus vrai que les industries embauchent un nombre croissant d'ingénieurs formés par la recherche, ayant suivi par exemple une formation de DEA en analyse numérique ; ceci va d'autant mieux que les laboratoires universitaires font des efforts de compréhension et de formulation des problèmes de l'ingénieur.

Question : Les laboratoires du secteur public devraient donc mieux répondre à la demande industrielle ?

Réponse : Si les laboratoires de recherche ne font "qu'attendre le client" sans assurer leur publicité, ou leur service après-vente, il est à craindre que l'absence de confrontation qui en résulte n'aboutisse à une sclérose des chercheurs. Le contraire, à éviter, est la course aux contrats, qui amène les laboratoires de recherche à se mettre à la remorque des innovateurs pour développer et essayer de vendre ce qui a été découvert dix ans plus tôt. Cette option a en plus la désagréable conséquence d'interdire la recherche de pointe, et elle conduit généralement à fournir un produit de recherche portant le label "industriel", souvent inadapté.

Question : Quelles sont, selon vous, les solutions proposées pour dissiper cette contradiction ?

Réponse : Beaucoup de responsables ont réfléchi, et continuent à le faire, sur les remèdes possibles. Il est à craindre que les solutions du type "superstructures" coiffant les organismes de recherche n'aient jamais la souplesse nécessaire. Il pourrait par exemple être positif de voir créer une cellule de valorisation de la recherche au sein des laboratoires : ceci pourrait permettre une meilleure coordination entre le secteur industriel et public, en agissant sur les objectifs à long terme, et conduisant ainsi à une politique de recherche au service des besoins de demain. ■

Glossaire :

Break-through : instant où le fluide injecté atteint les puits producteurs.

Five-spot : configuration régulière des puits semblable à la face numéro 5 d'un dé.

kr : fonction de perméabilité relative.

skin : indice de l'effet de peau.

well-index : indice de productivité des puits.

De nouvelles technologies pour comprendre le climat

DYNAMIQUE DE L'OCEAN ET DE L'ATMOSPHERE



Claire Lévy
Ingénieur de
recherche au CNRS.
A travaillé 3 ans
au laboratoire
de Météorologie
Dynamique
dans l'équipe A.R.A.
(Analyse du
Rayonnement
Atmosphérique).
Actuellement
au Laboratoire
d'Océanographie
Dynamique
et de Climatologie
dans l'équipe Modèle
de Circulation
Générale.

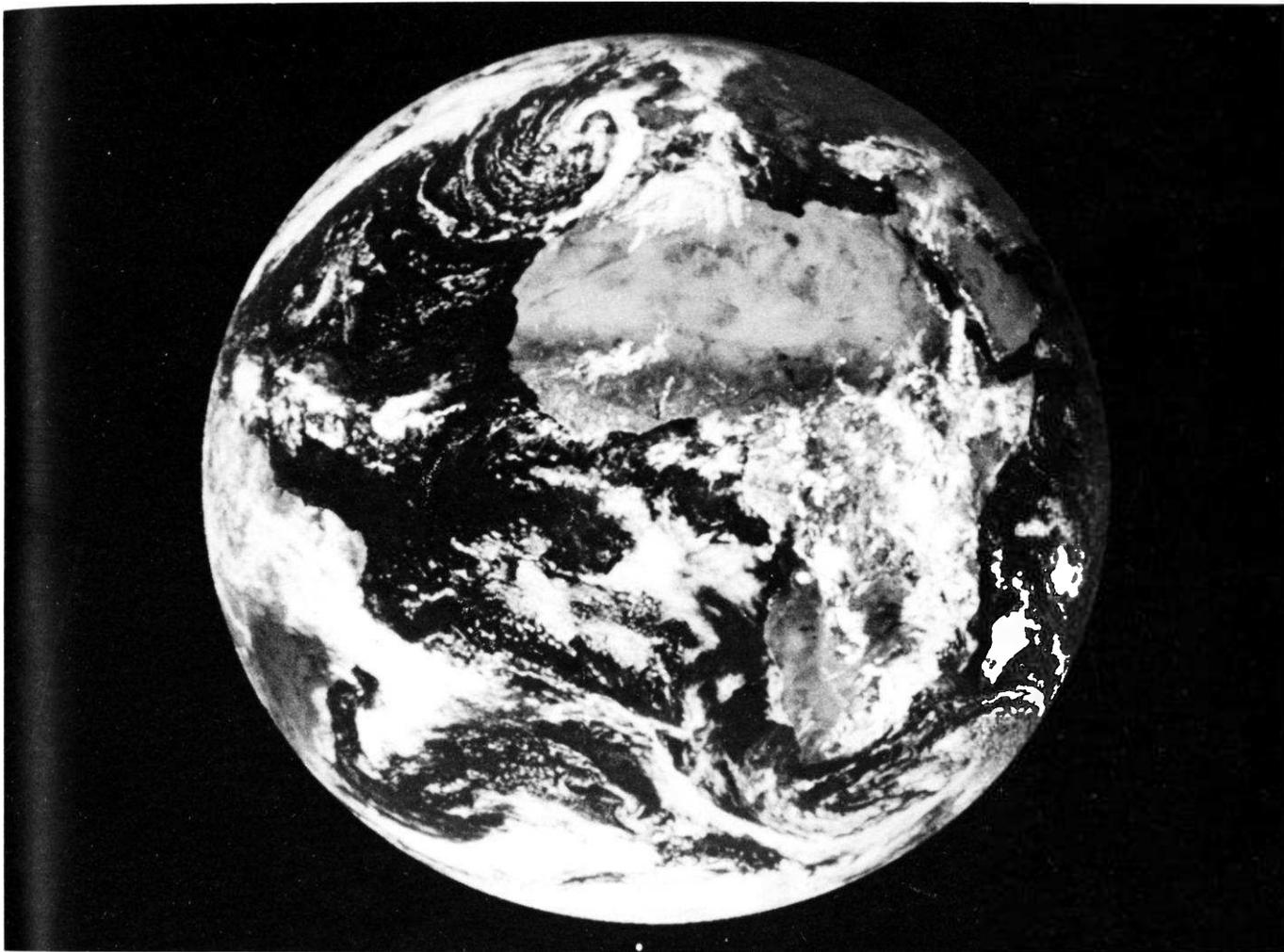
Comprendre le fonctionnement du climat a pu sembler, par le passé, relever de la stricte démarche intellectuelle. Autrefois, on voyait le système comme une grande machine où s'échangeaient cycliquement des flux d'un réservoir à l'autre, ou comme un organisme vivant en homéostasie (état d'équilibre dynamique). Les activités de l'Homme ces dernières décennies (production exponentielle de gaz carbonique par exemple), posent le problème de l'impact de l'homme sur le Climat de notre planète. Cette prise de conscience stimule aujourd'hui notre intérêt pour ce domaine de la recherche : si nos comportements collectifs influencent le Climat, nous nous devons de comprendre ses mécanismes pour pouvoir prédire les conséquences de nos actes.

Que savons-nous sur le fonctionnement du Climat de la terre ? Très peu en vérité, puisqu'il s'agit d'un système couplé (océan-atmosphère), et que les modèles ont toujours eu du mal à représenter les interfaces. Dans chacun des deux milieux, on sait écrire les équations qui régissent la "mécanique des fluides géophysiques". Dans le cas où les échelles spatio-temporelles sont connues, où les conditions aux limites sont simples, ces équations très complexes se simplifient, et à partir d'un état initial connu, on peut trouver analytiquement la solution. Dans le domaine qui nous intéresse ici, aucune des conditions précédentes n'est vérifiée. L'existence et l'unicité des solutions ne peuvent être prouvées mathématiquement. Les conditions aux limites : côtes et fond des océans, relief terrestre, flux au sommet de l'atmosphère sont complexes. Les échelles spatio-temporelles sont toutes actives, de l'interaction moléculaire à la circulation planétaire. De plus, ces différentes échelles sont interdépendantes : le "bon sens" nous dit que les grandes échelles influencent les petites, mais la recherche a aussi montré l'existence d'une "cascade inverse d'énergie" (les petites échelles sont susceptibles d'agir sur les grandes).

Quant à obtenir une description suffisamment précise d'un état initial, ce serait œuvre titanesque avec les méthodes de mesure classiques, puisque d'après la théorie précédente même ce qui se passe à petite échelle doit être pris en compte. Si, pour simplifier le problème, on essaie de prédire l'évolution d'une "température moyenne de la Terre", trop d'inconnues subsistent encore. On ne connaît pas suffisamment ni les mécanismes ni les ordres de grandeur pour définir les chaînes de processus et prédire les conséquences sur le Climat de l'augmentation du taux de gaz carbonique, ou de la diminution du contenu en ozone de l'atmosphère. Ce que l'on sait cependant, c'est que les "scénarii-catastrophe" qui prédisaient un réchauffement rapide de notre planète, et par conséquent, la montée du niveau des océans ont été remises en question par les faits. Ces scénarii négligeaient "l'effet tampon" de l'absorption océanique, preuve supplémentaire, s'il en fallait, du couplage océan-atmosphère.

L'idée nouvelle est venue avec le choc des premières images satellites globales de notre planète. Au moment où la communauté scientifique reconnaît que le problème est planétaire (on parle de système couplé océan-atmosphère, de téléconnexion (sic !) entre les événements "El Nino" dans le Pacifique tropical et les variations de pression atmosphérique sur l'Australie), de nouvelles technologies nous proposent des outils à la mesure du problème. Les satellites ouvrent l'accès à des données synoptiques sur le globe. On peut, avec les ordinateurs les plus puissants, construire des modèles qui permettent cette analyse globale des mécanismes climatiques.

Les satellites fournissent des quantités considérables d'informations (une image METEOSAT dans le canal visible "pèse" 25 millions d'octets). Nous sommes désormais habitués à voir ces données qualitatives à la télévision. Pour aller plus loin, il faut pouvoir valider les données satellites



par des mesures "in situ", et disposer d'une infrastructure informatique suffisante pour manipuler les données satellites et faire tourner les modèles qui permettent de passer des mesures aux variables physiques (méthodes inverses pour passer de mesures de rayonnement à des profils de température, par exemple).

Les modèles numériques permettent de "s'affranchir" de la complexité des équations de départ. Ici, on peut tenter de modéliser l'évolution du système sans connaître la solution analytique. Ces modèles, pour fournir des résultats corrects, ont besoin d'informations sur l'état du système : il faut un "rappel" sur les données. Celles des satellites pourront servir à contraindre le modèle, et à éviter les "dérives climatiques". Ces modèles existent depuis quelques années déjà. Ils nécessitent des ressources informatiques considérables (ce

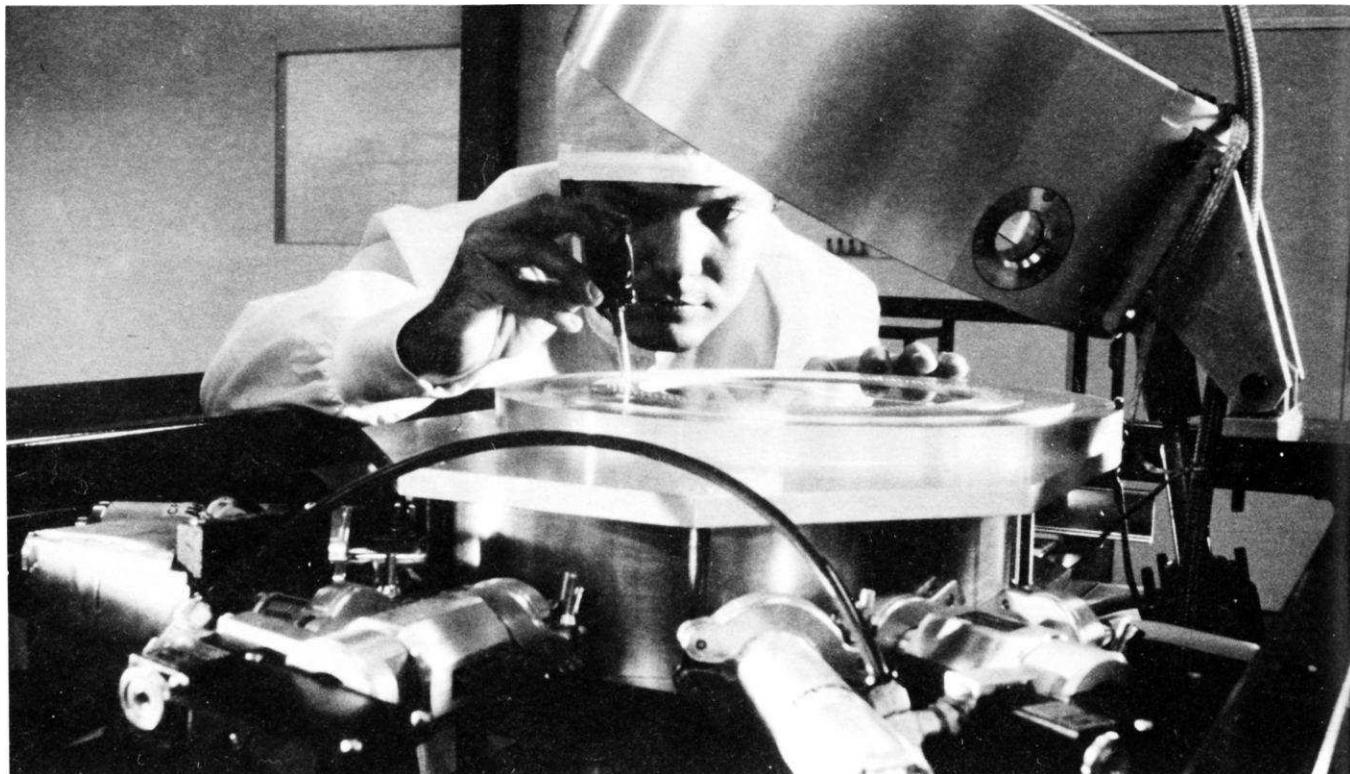
domaine de recherche est l'un des plus gros consommateurs d'heures de calcul sur le CRAY-2 (*). Par exemple, un modèle de circulation générale océanique comme celui développé au LODYC dans une version qui utilise simultanément les 4 processeurs du CRAY-2 consomme $9.8 \cdot 10^{-6}$ s par point de grille et par pas de temps, ce qui veut dire qu'il faut 17 heures (en équivalent monoprocesseur) pour simuler 1 an d'évolution des 3 océans tropicaux. Les projets en cours actuellement consistent à développer ces modèles, à les valider numériquement et physiquement, à les coupler aux modèles atmosphériques. Les recherches en modélisation numérique des fluides géophysiques, regroupées au sein du secteur TOAE (Terre - Océan - Atmosphère - Espace) du CNRS représentent environ 50 % de la consommation actuelle d'heures de calcul CRAY-2, des simulations sur la turbulence aux modèles de circulation générale océa-

nique et atmosphérique. Ces derniers sont des outils complexes et longs à mettre au point. Ils ont aujourd'hui dépassé leurs problèmes techniques : ils sont désormais disponibles pour faire de la physique. Les premiers modèles couplés océan - atmosphère sont en cours de fabrication. Leurs résultats seront utilisables avec précaution pour observer le Climat, comprendre ses mécanismes, et peut-être même prédire son avenir. ■

(*) Le Cray-2 est l'ordinateur le plus puissant actuellement (4 processeurs, 256 Mmots de mémoire centrale, et un temps de cycle de 4 nano-secondes). Il en existe un en France depuis fin 1986. Il fonctionne grâce au GC2VR (Groupement pour un Centre de Calcul Vectoriel pour la Recherche), à Palaiseau. Le CRAY-2 a produit 21.500 heures de CPU en 1988.

Orientations, procédures, projets

PROGRAMME EUREKA



Doc. ANVAR

Le programme Eurêka est né au printemps 1985 d'une initiative française. Son objectif est de promouvoir dans le domaine des nouvelles technologies un vaste réseau d'alliances entre industriels européens.

Il associe 19 pays européens et la Commission des Communautés Européennes. Sa Présidence est tournante. Les premiers pays ayant assumé ce rôle sont : la France, la RFA, le Royaume-Uni, la Suède, l'Espagne, sur une base semestrielle, puis le Danemark, sur une base désormais annuelle. Cette Présidence est assurée à ce jour, jusqu'en juin 1989, par l'Autriche.

Eurêka est autant un programme qu'un état d'esprit. Il est destiné à placer dans les 5 à 7 ans qui viennent l'industrie européenne dans une position compétitive sur le marché mondial civil des produits de haute technologie.

Faire travailler ensemble pour demain les concurrents d'aujourd'hui, suppose des projets suffisamment vastes et ambitieux pour que la nécessité de s'associer efface les rivalités et implique une dynamique administrative qui soutienne l'esprit d'entreprise des industriels.

A la différence des programmes communautaires (Race, Esprit, Brite,...), qui fonctionnent par appels d'offres et sont basés sur un financement centralisé, le principe d'Eurêka est de favoriser l'initiative industrielle en complétant les financements propres des entreprises par un apport de fonds publics sur une base nationale.

**Par Michel
Pasquier,
Secrétariat
Français
Eurêka**

En France, l'aide publique est principalement dispensée par les contributions du Ministère de la recherche et de la Technologie (DTI), du Ministère de l'Industrie et de l'Aménagement du Territoire (DGI), du Ministère de la Poste, des Télécommunications et de l'Espace (France - Télécom), de l'Agence Nationale de la Valorisation de la Recherche (ANVAR) et de l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie (AFME). Plus généralement, l'action des Départements Ministériels est coordonnée par un Comité Interministériel présidé par le Premier Ministre. Le Coordinateur National, Secrétaire Général du Comité, prend, en accord avec les administrations concernées, les décisions relatives au soutien et au financement publics des projets. Il en informe le Comité et veille à leur exécution.

Toute entreprise, quelle que soit sa taille, PME ou grand groupe industriel, peut proposer un projet dans le cadre Eurêka dès lors qu'il entraîne une avancée technologique notable et qu'il implique au moins deux partenaires industriels de deux pays différents.

Les projets Eurêka peuvent se référer à tous les secteurs des nouvelles technologies qu'il s'agisse de l'informatique ou des transports, des biotechnologies ou des télécommunications.

Le coût des projets va d'une dizaine de millions à quelques milliards de francs et leur durée s'étend sur une période de 2 à 10 ans.

Les projets doivent franchir plusieurs étapes avant leur mise en œuvre : nationales, au niveau des Coordinateurs de chaque pays ; internationales, lors des Conférences des Représentants de Haut Niveau et des Conférences des Ministres.

Les projets retenus lors de cette dernière étape, bénéficient du label Eurêka. Celui-ci garantit le soutien des pouvoirs publics et facilite l'ouverture du marché européen. L'intégralité des droits de propriété industrielle reste acquise aux entreprises partenaires au sein des projets.

Situation actuelle

Quelque 213 projets ont été décidés à ce jour : ils représentent, à achèvement, plus de 30 milliards de francs. Sur ce total, 102 impliquent la participation d'industriels français tandis que la part de développement réalisée en France pour ces projets atteint environ 9 milliards de francs. La France ayant été à l'origine de l'initiative Eurêka, les industriels français se sont rapidement impliqués dans des projets, ce qui explique que, même s'il est en diminution constante, la participation française se situe encore dans Eurêka à un pourcentage global légèrement supérieur à son PNB. Il est désormais indéniable que tous les pays et leurs industriels participent de manière très active à Eurêka.

138 industriels français, dont 44 % de petites et moyennes entreprises, sont concernés par ces projets. De plus, 57 laboratoires publics y sont associés.

L'aide publique en France a été fixée par le gouvernement à un plafond de 900 millions de francs par an en rythme de croissance. Une montée progressive s'est effectuée durant les années 1986-1988 : 240 millions en 1986, 435 en 1987 et 720 en 1988, de sorte qu'en 1989 et 1990 les chiffres de 800 et 900 millions devraient être atteints. Les règles de cette aide publique sont de ne pas dépasser 40 % pour les PME et 35 % pour les grandes entreprises.

Si l'on considère la répartition des projets par secteur technologique, il apparaît que l'informatique et les biotechnologies viennent en tête, suivie de près par la robotique et la productique, puis les matériaux, la micro-électronique, les communications, l'énergie, l'environnement, l'océan, les transports et l'urbanisme.

Le secteur du BTP

En nombre relatif de projets et si l'on considère son poids dans l'économie européenne, ce secteur est à ce jour sous-représenté dans le cadre d'Eurêka. Un certain nombre de projets ont reçu le label Eurêka, d'autres sont heureusement en préparation.

Parmi les projets labellisés, on peut citer :

— le projet GEO (EU98) dont l'objectif est de développer un robot d'intervention sur façade. Il réunit CBC et le CEA en France et Simon au Royaume-Uni.

— le projet IUI (EU40) visant la maîtrise collective des énergies et des nouveaux réseaux et leur inspection et leur maintenance par l'intermédiaire de robots autonomes. Il associe les Tuyaux Bonna, la SAE et l'Iriam en France, Cogefar et la Fiar en Italie et Tubo Fabrega et trois industriels de la robotique en Espagne.

— le projet relatif au développement d'unités d'ingénierie informatisées (EU63) concernant notamment le bâtiment. Il réunit Serete en France, EWI en Suisse et Sereland en Espagne.

— le projet de CAO/CFAO pour la construction métallique (EU130) au sein duquel coopèrent notamment le CTICM et CGA-HBS en France, le BCSA au Royaume-Uni et le TNO aux Pays-Bas.



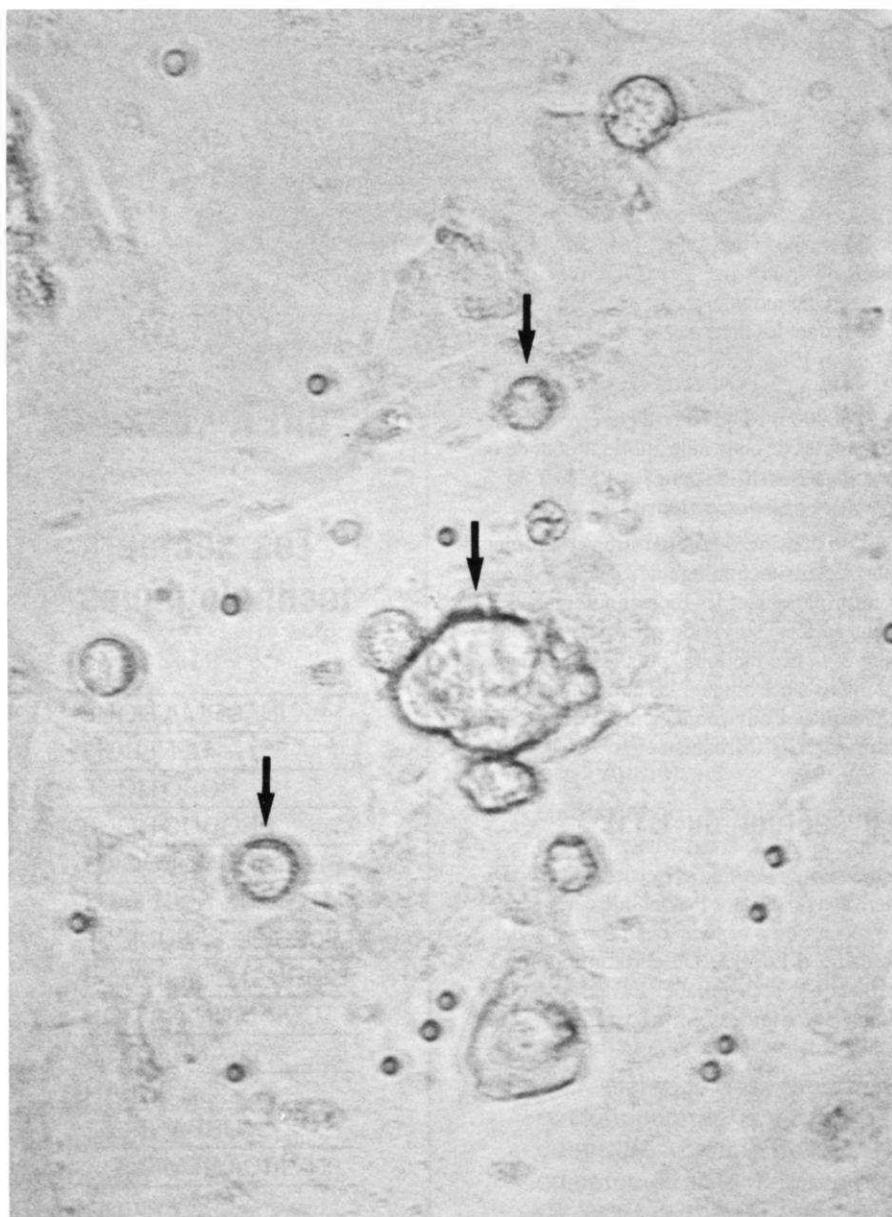
Les secteurs technologiques

INFORMATIQUE
ENERGIE
ROBOTIQUE
PRODUCTIQUE
BIO-TECHNOLOGIES
MATERIAUX NOUVEAUX
MICRO-ELECTRONIQUE
TECHNOLOGIE LASER
COMMUNICATION
TRANSPORTS
OCEAN
URBANISME
ENVIRONNEMENT...

Qu'il soit permis ici à un Ingénieur des Ponts "dévoilé" dans la recherche biologique d'exposer quelques concepts fondamentaux de la neurobiologie moderne. Ces concepts sont à la base de toutes les découvertes de ces dernières années sur le traitement des maladies psychiatriques et neurodégénératives, comme la maladie de Parkinson.

LES RESEAUX ET LA BIOLOGIE

Cellules de la glande médullo-surrénale maintenues en culture (grossissement 400). Ces cellules (flèches) sont réfringentes, et beaucoup plus grosses que les globules rouges, au contour plus sombre. Elles survivent après transplantation dans le cerveau d'animaux de laboratoire (photo Desnos, Darchen et Scherman).



Rappelons tout d'abord que l'unité de base du cerveau est la cellule appelée **neurone**. Le fonctionnement du cerveau dépend du flux d'informations qui parcourt les circuits formés de réseaux de neurones. L'information est transmise d'un neurone à l'autre en des points de contact spécialisés, les synapses. Ces synapses transforment un signal électrique (l'onde de potentiel électrique se propageant le long de l'axone, fibre plus ou moins longue issue du corps du neurone) en un signal chimique, la sécrétion d'une substance appelée **neuromédiateur**. Ce neuromédiateur, en se fixant sur des **récepteurs** spécialisés situés sur les neurones cibles, assure la transmission du signal qui pourra être excitateur ou inhibiteur. Un neurone typique peut projeter de 1 000 à 10 000 synapses, et peut recevoir les informations de quelque 1 000 autres neurones, informations qu'il intègre de façon quasi algébrique en additionnant les signaux excitateurs et en soustrayant ceux des synapses inhibitrices. Quand on sait que le cerveau humain contient au moins 100 milliards de neurones, on imagine la complexité des réseaux ainsi constitués !

Où l'offre est toujours supérieure à la demande

Une des questions auxquelles s'attaquent les biologistes est précisément la formation de ces réseaux, un des objectifs étant de comprendre le fonctionnement de la mémoire. Il semble que la nature adopte là une stratégie qui ferait bondir un concepteur de réseaux routiers, puisqu'il s'agit tout simplement d'un gâchis organisé. En d'autres termes, un bébé, à la naissance, possède 100 fois plus de contacts synaptiques que nécessaire (tout neurone cherche au départ à communiquer avec le maximum d'autres neurones), mais, à l'usage, seules les synapses actives survivent, et les autres dégènerent. C'est par ce processus appelé "*stabilisation synaptique*" que se forment, pense-t-on, les réseaux et boucles neuronales. Jusqu'à présent cependant, la démonstration n'en a été possible que sur le système modèle de l'innervation musculaire par les neurones moteurs. On peut, en effet, cultiver au laboratoire des muscles innervés, et l'on vérifie alors (ce qui était pressenti depuis longtemps) qu'en l'absence d'activité musculaire, l'innervation disparaît. De là l'importance de l'activité musculaire et cérébrale pendant les périodes précoces de la vie : il est bien connu, par exemple, que l'absence accidentelle de vision pendant les premières semaines de l'existence entraîne chez l'animal la perte définitive de la capacité visuelle.

La fonction ne crée jamais l'organe

On retrouve avec la *stabilisation synaptique* un principe fondamental du vivant, qui propose toujours des solutions redondantes, à charge ensuite de l'organisme de sélectionner et d'adapter ses potentialités au vécu. Ce principe s'illustre ainsi, entre autres, dans le *système immunitaire*, prévu à la naissance pour lutter indifféremment contre toutes les infections possibles, et qui s'adapte ensuite aux infections du moment, en surproduisant, dans sa collection de cellules, celles qui sont les plus efficaces pour lutter contre le germe présent. C'est-à-dire que la nécessité ne crée jamais de potentialité nouvelle : la fonction ne crée pas l'organe, et les enfants des plongeurs pro-

fessionnels ne naissent pas avec les pieds palmés !

Simplement, la nécessité ne fait que développer les potentialités qui préexistent en nous, contrairement à ce qu'affirment certaines théories non darwiniennes, qui ont poussé des idéologues à croire qu'une société différente pourrait modeler un homme génétiquement différent. L'homme reste (à la dérive génétique près) le même, ne faisant que s'adapter aux conditions de son existence. C'est précisément sur cette adaptation que nous travaillons dans notre laboratoire, puisqu'elle s'observe au stade même d'une cellule nerveuse isolée. Celle-ci semble en effet augmenter son métabolisme et sa capacité de synthèse lorsqu'on lui demande un surcroît d'activité, étant donc ainsi capable de s'adapter à une situation de crise. Il n'apparaît pas déraisonnable de penser que c'est dans ces mécanismes de régulation cellulaire que se trouve l'origine de la réponse physiologique au stress (1), et que, à l'inverse, la dépression pourrait résulter d'un dysfonctionnement de ces régulations.

Acquis et perspectives de la neurobiologie

C'est par l'étude du fonctionnement des synapses que s'explique le mode d'action de la plupart des médicaments du cerveau, qui ont permis, en particulier, la *révolution psychiatrique* de ces trente dernières années et la quasi-suppression des contraintes physiques sur les aliénés. Administrez par exemple une molécule qui augmente la quantité d'un neuromédiateur, la sérotonine (en bloquant sa dégradation ou son élimination), et vous obtenez un effet antidépresseur. Prenez par contre un produit qui, en se fixant sur les récepteurs spécifiques d'un neuromédiateur, annule ses effets, vous avez alors un antipsychotique si le neuromédiateur en question est la dopamine, ou encore un régulateur cardiaque si le neuromédiateur est la noradrénaline. D'autres composés, qui renforcent l'action des synapses inhibitrices, sont actifs dans l'épilepsie. D'autres encore, en fournissant un précurseur de la dopamine, permettront le traitement de la maladie de Parkinson, etc.

C'est aussi à la maladie de Parkinson que nous nous intéressons dans notre laboratoire, tout d'abord en cherchant à dévelop-

per des techniques scintigraphiques non invasives permettant d'évaluer l'état des malades, mais aussi en expérimentant, sur animal, la possibilité d'implanter dans le cerveau des parkinsoniens des "*usines à dopamine*", c'est-à-dire de greffer des cellules productrices de dopamine. Il est possible d'isoler de telles cellules à partir d'une glande située au-dessus du rein. Mais allant plus loin, certains laboratoires proposent de modifier, par manipulation génétique, n'importe quel type de cellule qui serait propice à la greffe, en lui conférant la potentialité de sécréter de la dopamine. Ceci est une illustration de la thérapie génique, technique qui fait encore partie des rêves du biologiste, mais qui progresse actuellement de façon spectaculaire dans les laboratoires.

(1) *La biologie du stress*, D. Scherman, collection Sciences et Découvertes, Le Rocher.



**Daniel Scherman,
IPC 77.
Après une courte
période à LCPC
et à l'Agence
Financière de Bassin
Seine-Normandie,
il s'oriente
vers la recherche
fondamentale
en Biologie.
Il est actuellement
Chargé de Recherche
dans l'Unité
de Neurobiologie
Physico-Chimique,
au CNRS.**

ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET RECHERCHE TECHNOLOGIQUE : QUELQUES REFLEXIONS GENERALES

Pierre Veltz
ICPC 69
Directeur de
la Recherche
Ecole
Nationale
des Ponts
et Chaussées

*J'expose dans cet article des réflexions
générales et des opinions, qui bien entendu,
ne m'engagent qu'à titre personnel.*

Recherche industrielle : le retard des entreprises françaises

Lorsqu'on compare les structures de financement de la recherche (civile) en France et dans d'autres pays, comme le Japon, les USA, la RFA, une différence saute aux yeux : c'est la faible part relative du financement provenant des entreprises en France. En 1985, les entreprises ont financé 51 % de la recherche civile en France, contre 69 % aux USA, 67 % au Japon, 64 % en Allemagne. Si l'on inclut les dépenses militaires, la structure française se rapproche de celles des USA (le financement par les entreprises ne représentant plus, respectivement, que 43 % et 48 %), mais s'écarte encore davantage de celle du Japon et de l'Allemagne. En chiffres absolus, les dépenses de recherche et développement des entreprises allemandes représentaient en 1985 environ 104 milliards de francs, contre environ 44 milliards en France !

Bien entendu, il faut se méfier très fortement de ces chiffres : la définition de la "recherche", et plus encore du "développement", est on ne peut plus mouvante, et les agrégats nationaux sont hétérogènes (ainsi, on compte souvent à l'étranger la R et D des télécommunications dans le secteur des entreprises, ce qui n'est pas le cas en France).

Mais le tableau général est sans équivoque. Il justifie la volonté, partagée par tous les gouvernements depuis une dizaine d'années, de renforcer en priorité la recherche industrielle au sein des entreprises. Mais comment ?

Sans doute faut-il inciter les firmes industrielles à développer leurs moyens propres, et à faire davantage appel aux ressources de la recherche publique. Mais ces incitations (type : crédit d'impôt) sont à l'évidence insuffisantes. Car le fond du problème n'est pas dans le seul comportement des entreprises. Il est dans un ensemble "d'effets du système" plus larges, et qui tiennent largement à la structuration de la recherche publique. Si les entreprises n'ont pas assez de moyens propres de recherche, ce n'est pas parce qu'il y a trop de recherche publique, mais au contraire parce qu'il n'y a pas assez de continuité, pas assez de dialogue, pas de tissu relationnel suffisant où puiser les chercheurs, faire circuler les idées, les méthodes.

Un maillon-clé : l'enseignement supérieur technologique

Le constat principal est celui-ci : les pays où existe une recherche privée développée sont aussi ceux où la recherche technique publique est forte et existent des liens denses entre recherche publique et recherche privée. Or ces liens se tissent autour d'un foyer central : la grande université technique. Certes, tous les pays modernes disposent de grands organismes de recherche plus ou moins indépendants de l'enseignement supérieur. Mais ce dernier joue partout, sauf en France, le rôle majeur, et il constitue la clé de voûte de l'ensemble du système. Ici se pose, évidemment, le problème de la place et de la responsabilité de nos Ecoles.

"Pour soutenir la concurrence avec les universités étrangères dispensant un enseignement technique de très grande classe, il convient de doter notre pays d'un enseignement technique supérieur compétitif, donc de niveau très élevé... Ce but semble difficilement compatible avec une dispersion trop grande des moyens... Une mise en commun s'impose au niveau des Ecoles". Ces phrases sont extraites d'un rapport de réforme de l'Ecole Polytechnique rédigé il y a tout juste vingt ans (1). Ont-elles perdu leur actualité ?

Un peu partout dans le monde développé se mettent en place aujourd'hui des complexes très puissants, où les activités de connaissance et les activités de production sont de plus en plus étroitement imbriquées.

L'Université (au sens large) devient un facteur direct du développement, un élément-clé de cycles d'innovation et de production qui à la fois se raccourcissent et s'enchevêtrent de plus en plus. Souvent, on ne sait plus si on a affaire à des centres d'enseignement effectuant de la recherche, ou à des pôles de recherche et de développement faisant au passage de la formation. Le succès quelquefois éclatant et l'opulence de ces complexes universitaires et technologiques (certains responsables étrangers nous ont avoué ne pas savoir comment absorber les subsides publics et privés qu'on leur offre) tiennent à plusieurs facteurs : souplesse dans le fonctionnement et dans la mobilisation des ressources publiques et privées ; cohérence entre développement des recherches et flux de formation ; existence d'un espace de valeurs et de références communes, à cheval sur l'Université et l'industrie, permettant l'évaluation et la circulation des chercheurs.

L'enjeu que représente ainsi la relation entre recherche technique et enseignement supérieur est-il bien mesuré en France ? Sans doute, la situation s'est nettement améliorée depuis une dizaine d'années, et spécialement depuis que la gauche a légitimé aux yeux de beaucoup d'universitaires la collaboration jusqu'alors suspecte avec les industriels. Les grandes écoles, de leur côté, s'emploient activement à combler leur retard en matière de recherche. Il faut rappeler qu'au début des années 70, il n'existait pratiquement pas de recherche, ni appliquée, ni fondamentale, dans les écoles ! Les progrès réalisés sont donc incontestables. Mais ils ne doivent pas cacher les retards persistants. Relativement à la situation allemande ou américaine, les coopérations instituées en France entre universités, écoles et industries restent sous-développées. La recherche technologique est à la mode (voir, par exemple, le battage médiatique autour des technopôles). Mais il ne faudrait pas que, faute de moyens pour mener vraiment la bataille, nous nous bornions à la mimer, en modèle réduit.

Evoquons rapidement quelques-uns des problèmes non résolus :

1) les formations par la recherche : depuis 20 ans, on parle de former davantage d'ingénieurs au contact de la recherche ; des progrès ont été accomplis, notamment grâce à la formule CIFRE (Convention Industrielle de Formation par la Recherche). Mais comment progresser vraiment, tant que le salaire touché pendant la thèse

restera environ la moitié du salaire d'un ingénieur débutant, et tant que le doctorat ne sera pas considéré vraiment comme une valeur ajoutée par les entreprises ? (Voir sur ce point le récent rapport Aubert-Decomps) (2) ;
2) les modes de relations entre universités, écoles et industries : en France, ces relations prennent quasi exclusivement la forme de prestations sur contrat directement finalisées, forme souvent minoritaire dans d'autres pays (où la part des financements plus déliés d'obligation de résultats immédiats est nettement supérieure). On passe ce faisant d'un extrême à l'autre, en oubliant que le temps de l'industriel n'est jamais le temps du chercheur, que des médiations sont nécessaires, que la recherche industrielle doit comporter non seulement de la recherche d'application directe, mais aussi de la recherche de base (disons même de la recherche "technique fondamentale"), qui appelle des moyens importants et qui ne peut pas entrer dans la mécanique des contrats de prestation à très court terme (3) ;

3) enfin, last but not least, le rythme global de formation des ingénieurs et des chercheurs industriels : depuis 30 ans, la croissance du nombre d'ingénieurs formés a été particulièrement lente chez nous : 3 % environ, contre 6 % aux USA, en Allemagne, au Japon. Ramené à la même population, la France produit aujourd'hui deux fois moins d'ingénieurs que les pays cités (4).

Imiter le modèle anglo-saxon ?

Faut-il imiter le modèle anglo-saxon ? En avons-nous les moyens ?

Les perspectives européennes font surgir un certain nombre de problèmes brûlants, notamment celui de la durée des études d'ingénieurs. Faut-il prolonger les formations de technicien supérieur des IUT vers des formations en 3 ans, pour un "diplôme européen d'ingénieur", comme le souhai-

(1) Rapport Lhermitte, août 1968.

(2) Communication de M. Curien au Conseil des Ministres du 8 février 1989.

(3) En Allemagne, par exemple, les moyens publics propres de la recherche technologique universitaires sont très supérieurs à ceux de la France.

(4) Bien sûr, le champ couvert par la notion "d'ingénieur" n'est pas identique. Mais la distorsion n'en est pas moins importante.

tent les directeurs d'IUT, ou créer une filière nouvelle d'Ingénieurs-Techniciens en 4 ans, norme des Fachhochschulen, comme le propose D. Bloch, Président du Haut Comité Education-Economie (1) ? Comment, surtout, rattraper notre retard dans le domaine des formations technologiques supérieures longues, pour un diplôme d'ingénieur du type Bac + 5-6 (et d'avantage pour les ingénieurs-docteurs) ?

Sur ce dernier point, je partage entièrement l'avis de D. Bloch, et de beaucoup d'autres. Nous ne pourrions pas faire face aux besoins sans la création d'Universités orientées vers la technique, selon le standard international. Ces Universités devront être fortement liées à des Universités fondamentales (comme c'est souvent le cas à l'étranger). Et les grandes Ecoles classiques, comme la nôtre, ne doivent pas craindre ce développement indispensable.

Il faut beaucoup d'optimisme pour ne pas voir les handicaps de nos Ecoles : la taille unitaire très insuffisante, et l'émiettement. Lorsque nous rendons visite à nos partenaires américains et européens — qui s'appellent MIT, TU de Berlin, d'Aachen ou de Munich, Ecole Polytechnique de Lausanne ou de Zurich, etc. — ces handicaps sautent aux yeux. La différence d'échelle, qui est en moyenne d'un à dix, nous interdit souvent l'accès à la masse critique, notamment pour les équipements de recherche. Et ceci est encore aggravé par la tendance puissante au "généralisme" qui se constate dans les Ecoles de premier rang, et qui s'explique fort simplement par la sensibilité de ces Ecoles au "marché d'entrée" des élèves. Nous sommes, à l'échelle internationale, extrêmement petits, et en même temps, nous embrassons une palette de discipline et d'activité extrêmement large.

Il serait donc illusoire, à mon sens, de penser que nous pourrions, avec nos écoles classiques, permettre un développement suffisant des formations longues et la croissance nécessaire de la recherche technique industrielle. Par ailleurs, il est aujourd'hui inutile de rêver à des occasions perdues, comme celle qui aurait permis de grouper sur le plateau de Palaiseau les principales écoles d'application de l'X (en constituant le MIT parisien) au lieu de laisser cette dernière dans son splendide et champêtre isolement. La création d'Universités à orientation technique, en partie nouvelles, en partie basées sur des regroupements d'éta-

blissements existants, loin de menacer nos Ecoles, les stimulerait, et elle leur permettrait aussi, par des accords ou des jumelages, de rationaliser leur offre d'enseignement.

Ceci dit, la question de la vocation d'Ecoles comme les Ponts ou les Mines dans ce paysage qui va, tôt ou tard, s'élargir reste bien sûr ouverte. Quelle sera notre identité, notre place dans les filières et les flux de formation, dans le système de recherche ?

Des atouts à valoriser, des scénarios ouverts

Une erreur serait de refuser les enseignements du modèle anglo-saxon. Mais l'erreur symétrique serait de ne pas valoriser nos atouts spécifiques. Car ces atouts existent.

D'abord, la petite taille et les formes de gouvernement de nos Ecoles permettent une considérable plasticité, la possibilité de modifier très rapidement les cursus et les orientations de l'enseignement : l'histoire récente de l'Ecole des Ponts en témoigne. Cette taille réduite fait aussi de nos Ecoles des nœuds potentiels, et souvent réels, d'interdisciplinarité, alors que celle-ci est beaucoup plus difficile à réaliser dans les très grands ensembles bien ordonnés et découpés. La contrepartie de structures qui peuvent sembler souvent "baroques", au regard du classicisme des grandes universités allemandes, par exemple, est une indéniable créativité. Des processus de recherche assez atypiques se développent ainsi, liés à la taille limitée des laboratoires, au caractère souvent "artisanal" de leurs structures, à la densité des échanges avec des élèves d'excellent niveau, et dont le champ de curiosité intellectuelle est souvent très large.

Comme chacun sait, dans l'industrie, le modèle de la production de masse homogène et standardisée est en crise, et l'on recherche partout des structures permettant des réponses flexibles à un environnement changeant, par des systèmes en réseau plus souples et plus réactifs. Peut-être y a-t-il là, pour le système d'enseignement et de recherche, plus qu'une simple analogie utile.

Mais le mot important est réseau. Car une telle perspective n'a de sens que si les Eco-

les dépassent leurs patriotismes de clocher, et multiplient audacieusement les projets, les programmes, les groupes de recherches communs, de même que le partenariat avec les organismes publics de recherche et les entreprises (dans des configurations qui peuvent et qui doivent rester souples). L'Ecole des Ponts s'est engagée dans une telle voie. Mais il reste énormément à faire, et il y a là un potentiel inexploité considérable, et crucial pour l'avenir.

Valoriser nos atouts, donc, et penser réseau, synergies, partenariats. Mais dans quel sens, pour quels objectifs ? Là se trouve en définitive le problème central. On voit bien, en effet, que diverses stratégies sont possibles, divers scénarios envisageables.

Le premier scénario est, en caricaturant, celui du recentrage sur les seuls atouts de "pouvoir", traitant la capacité technologique comme une variable de second rang. "Le paysage de formation des ingénieurs s'élargit, se complexifie, se massifie ; raison de plus pour jouer la carte de la différenciation sociale et "politique", celle de l'accès au pouvoir et de management dans les grandes entreprises et dans l'Etat". Tel serait, en gros, le raisonnement.

Or ce raisonnement représente, à mon avis, la tentation majeure qu'il faut refuser : non que les enjeux de pouvoir soient négligeables, et pas seulement parce qu'il serait regrettable, comme le répètent depuis L. Schwartz et quelques autres, que les Ecoles scientifiquement les plus exigeantes continuent de ne pas mettre toutes leurs forces dans une compétition technologique cruciale pour l'avenir, en orientant leurs élèves trop vite et trop tôt vers des postes d'administration et de gestion pure.

Il me semble, tout simplement, que nous ne sommes plus dans les années 50 ou 60 ! Négliger les cartes techniques que nous avons aussi, et d'abord, à jouer serait aujourd'hui plus qu'une faute : une erreur. Car la compétition ne se divise pas, dans un environnement qui s'internationalise à grande allure : décrocher sur le plan technologique signifierait un déclin général. Et, les atouts que j'ai évoqués — plasticité, interdisciplinarité — sont loin d'être secondaires du point de la recherche industrielle et de la capacité technique. Même si des problèmes d'échelle se posent, les potentialités sont importantes. Enfin, ces potentialités en matière de recherche sont fortement liées à celles qui concernent la formation même des ingénieurs. Le temps est

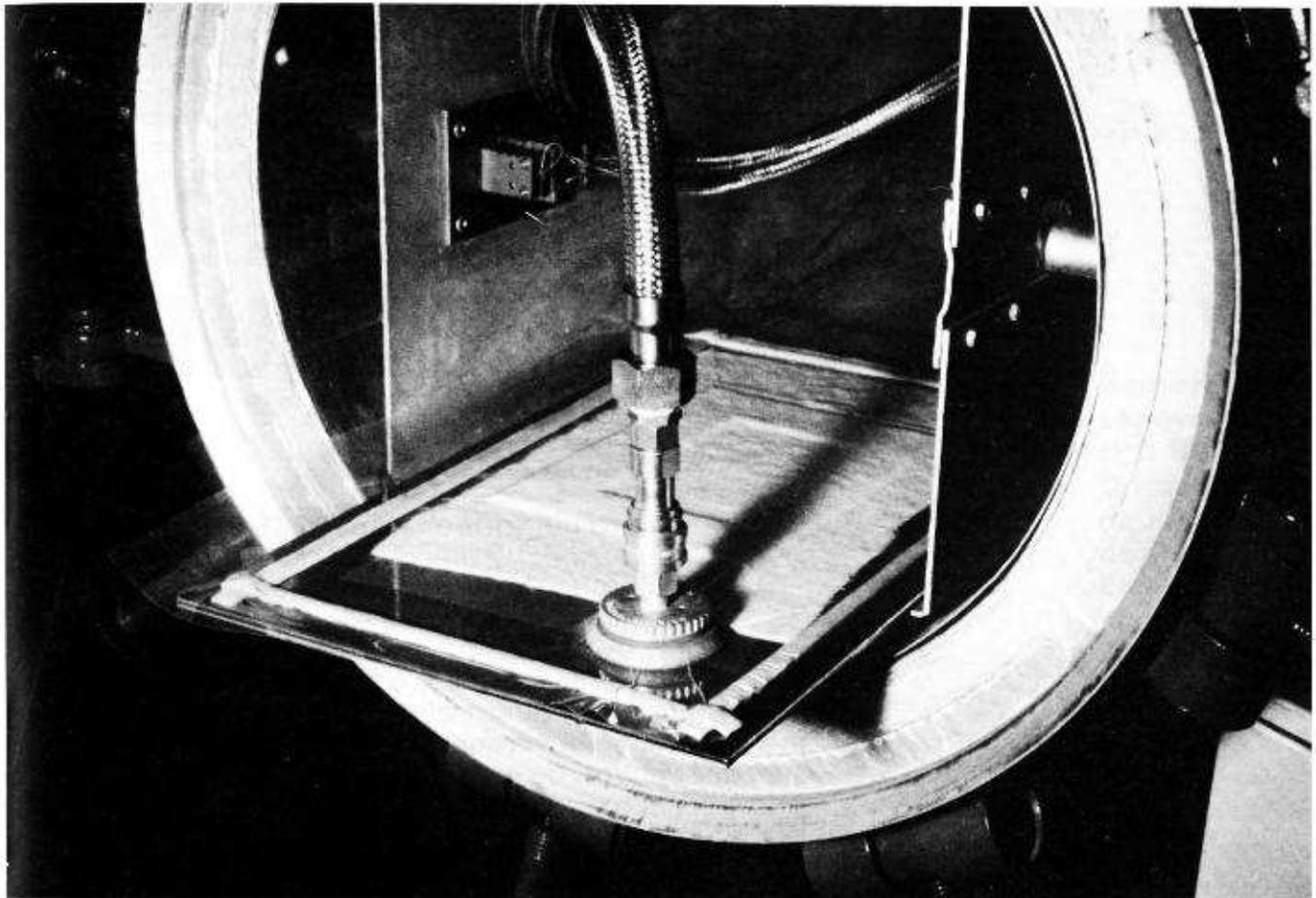


Photo ENPC

Etudes par méthodes de simulation des phénomènes dynamiques dans les structures en matériaux composites viscoélastiques

passé où l'industrie n'avait besoin que de grands chefs managers dans les bureaux et de petits chefs techniciens dans les ateliers. On a aujourd'hui un manque d'ingénieurs de production relativement classiques, mais aussi un besoin réel "d'ingénieurs du troisième type", disposant d'une véritable culture scientifique et technique, et sachant concevoir et gérer les systèmes de plus en plus complexes de la production, avec tous les aspects humains et économiques qui s'y imbriquent. Longtemps formé comme un concepteur ou plutôt un calculateur d'objets et de procédés bien délimités, l'ingénieur

de haut niveau doit surtout, désormais, gérer une multitude d'interfaces entre sous-systèmes, organisations et techniques variées. Il doit savoir maîtriser des flux d'événements plutôt que régenter un monde statique d'objets. Il ne peut plus ignorer l'amont (la recherche), ni mépriser l'aval (le marché). La diversité des compétences, la double ouverture sur des sciences variées de l'ingénieur et sur les sciences humaines (économie, gestion : non plus comme supplément d'âme, ni comme alternative à la technique) sont pour nos Ecoles, qui pratiquent cette diversité beaucoup plus que tou-

tes les autres institutions comparables, un facteur de modernité essentiel, pour l'enseignement comme pour la recherche.

(1) D. Bloch, *les formations technologiques supérieures : un éclairage européen. Des propositions pour la France, août-septembre 1988.* ■

La recherche à l'école des ponts :

LE POINT DE VUE DU CHERCHEUR

Aujourd'hui la recherche à l'Ecole des Ponts et Chaussées est une réalité qui se traduit par l'existence de Centres d'Enseignement et de Recherche intégrés à l'Ecole elle-même. La vocation de ces centres est triple : tout d'abord sensibiliser les élèves, au cours de leur scolarité, à la recherche et accueillir ceux d'entre eux qui seraient désireux de préparer une thèse, ensuite s'ouvrir sur le monde économique en réalisant des contrats de recherche appliquée avec des entreprises et enfin développer une activité de recherche propre. Chercheurs depuis quelques années au CERMA (Centre d'Enseignement et de Recherche en Mathématiques Appliquées), nous voudrions ici faire part de quelques réflexions liées au caractère spécifique de la recherche dans une école d'ingénieurs.

La première de ces réflexions tient en une question : quel avenir pour l'élève-chercheur à l'Ecole des Ponts ? Si pour l'apprenti-ingénieur ou le "junior manager" la recherche du premier emploi ne constitue pas un réel motif d'inquiétude, il n'en va pas de même pour l'élève-chercheur. Pour les élèves en doctorat, la thèse devrait constituer un élément de valorisation de leur scolarité en vue d'une carrière en entreprise. Les années passées à la réalisation d'une thèse sont l'occasion d'acquérir une compétence indéniable qui va souvent au-delà du sujet de recherche de l'élève-chercheur. L'embauche de jeunes thésards devrait être pour les entreprises l'occasion d'un transfert de technologie profitable. Cependant, pour certaines d'entre elles, il s'avère que l'obtention d'un doctorat est loin d'être l'atout que l'on peut imaginer a priori. Est ce une réaction de méfiance vis-à-vis de la recherche ?

Pour les thésards désireux de poursuivre leur activité de recherche, la situation est encore plus difficile. En effet, si tout le monde connaît les difficultés rencontrées ces dernières années pour obtenir un poste de maître de conférences à l'université ou de chargé de recherche au CNRS, bien peu savent qu'à l'ENPC il n'existe pas de statut d'enseignant chercheur ni même de "post-doc". Dans les faits les chercheurs des centres de recherche sont souvent des fonctionnaires du Ministère de tutelle de l'Ecole. Même si l'on considère que le but de l'Ecole n'est pas tant la formation à la recherche que la formation par la recherche, il est nécessaire de disposer d'un encadrement susceptible de garantir la permanence et la qualité de cette formation. L'Ecole doit donc pouvoir retenir en son sein de jeunes élèves-chercheurs, choisis parmi les plus motivés et les plus brillants. Cela ne sera possible que s'il existe un véritable statut officiel de chercheur à l'Ecole des Ponts. En effet, en l'absence de toute perspective de carrière à l'Ecole, les élèves-chercheurs non fonctionnaires pourraient se tourner systématiquement vers l'Université ou le CNRS pour poursuivre leurs activités. A l'heure où il semble se confirmer que ces organismes renouent avec une politique de recrutement plus dynamique, le risque existe de voir les centres privés de sang neuf.

Au terme de ce double constat, qui s'étonnera de voir un nombre relativement faible d'élèves entreprendre une thèse ?

Notre seconde réflexion est plus directement liée au déroulement des contrats de recherche signés avec les entreprises. L'introduction de la recherche dans les écoles d'ingénieurs a été l'occasion de mettre l'accent sur la recherche appliquée. Il est normal que, par leur vocation et par leur histoire, ces établissements aient noué des liens plus étroits avec le monde économique que les universités. Il ne faut pas, cependant, méconnaître que la réalisation de contrats de recherche qui soient réellement des contrats et de la recherche constitue un exercice d'équilibre délicat. Surtout quand cette activité doit, comme cela est indispensable à la survie d'un centre, s'accompagner de recherches plus théoriques. En effet, passée une première étape de réelle recherche, la valorisation des modèles élaborés et des résultats théoriques obtenus passe forcément par des phases particulièrement longues de validations, de

développements techniques (essentiellement des logiciels dans le cas du CERMA) et de formation des utilisateurs potentiels qui ne sont pas à proprement parler de la recherche mais sans lesquelles les travaux réalisés ne seraient d'aucun usage. Ces tâches sont, actuellement, entièrement à la charge des centres, c'est-à-dire, en clair, des chercheurs eux-mêmes. A terme, un tel état de fait risque d'asphyxier entièrement l'activité créatrice d'une équipe.

A l'opposé, si beaucoup d'entreprises préfèrent collaborer avec des centres de recherche liés à des écoles d'ingénieurs, c'est précisément en raison de leur capacité à conduire une étude de bout en bout, c'est-à-dire de la modélisation au développement.

La confrontation de ces deux logiques est génératrice de déceptions car, pour les raisons invoquées précédemment, un centre ne peut raisonnablement pas aller au-delà de la réalisation d'un logiciel d'étude. Pour pallier ce type de malentendu, il est clair qu'une participation plus directe de l'entreprise contractante à la phase de développement et de validation s'impose. Un tel changement d'attitude, qui sous-entend qu'un contrat de recherche soit compris davantage comme un contrat de collaboration et de partenariat que comme une pure transaction commerciale (innovation contre argent), aurait d'ailleurs des répercussions positives sur l'ensemble du déroulement des contrats.

La recherche appliquée est encouragée financièrement par les pouvoirs publics, qui subventionnent certains projets de collaboration entre centres de recherche et entreprises. Les industriels ont bien compris les avantages qu'ils pouvaient tirer de ces formules et il faut éviter que le soutien à la recherche ne se transforme en subventions aux entreprises. Il est normal que les industriels qui souhaitent bénéficier des résultats de la recherche en assument, au moins en partie, les risques.

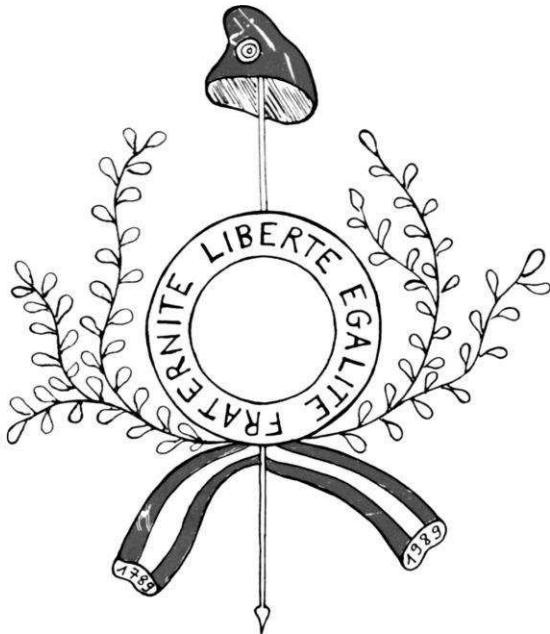
Si nous avons évoqué certains problèmes, nous nous devons parallèlement d'insister sur l'enrichissement que représente pour le chercheur une collaboration avec une entreprise. On y trouve la satisfaction de voir des théories abstraites prouver leur efficacité et parfois même une stimulation en vue d'un travail plus théorique, voilà de bonnes raisons pour poursuivre et clarifier ce type de collaboration avec les industriels.



Bernard Lapeyre :
IPC 84.
Docteur de l'université de Paris 6.
Enseignant chercheur au CERMA.



Gilles Pages :
Ancien élève de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan.
Agrégé de Mathématiques.
Docteur de l'université de Paris 6.
Maître de Conférences à l'université de Paris 1.
Chercheur au CERMA.

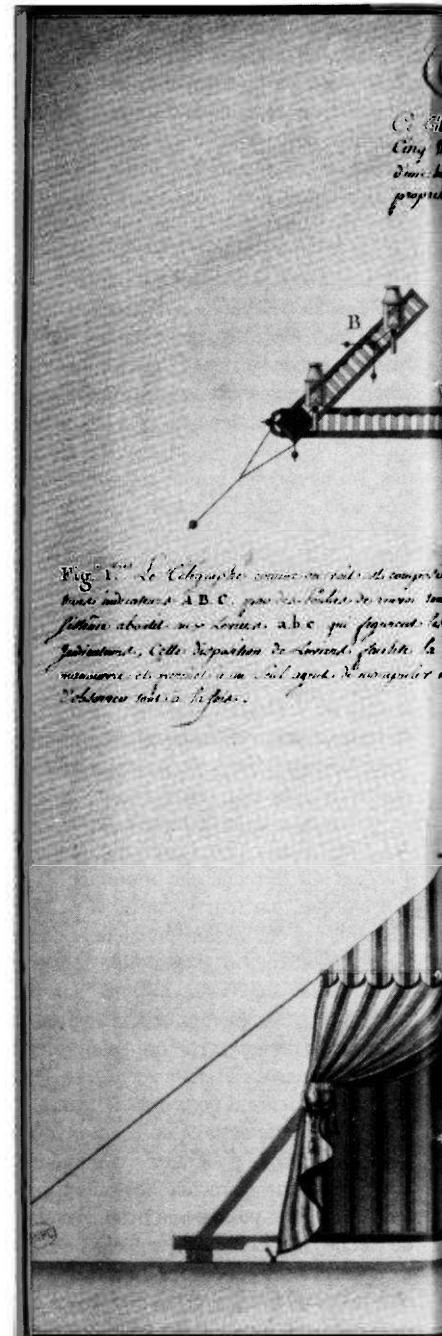


Télégraphe ambulant vu de face et de profil. Le dessin représente le projet de télégraphe imaginé en l'an 5 par les ingénieurs Bétancourt et Bréguet pour être soumis au ministre de l'Intérieur. L'appareil peut être monté par un seul homme et il donne 196 signaux différents. Les lampes disposées sur ses bras lui permettent de fonctionner de jour comme de nuit. Il reprend les principales dispositions du télégraphe de Chappe expérimenté en 1792 et dont la première grande ligne reliant Lille à Paris avait servi à annoncer à la Convention en 1793 la reprise de Condé sur les impériaux par les Français.

Antoine Picon
Chercheur
CERTES

*(Extrait d'un ouvrage à paraître prochainement
aux Presses de l'ENPC)*

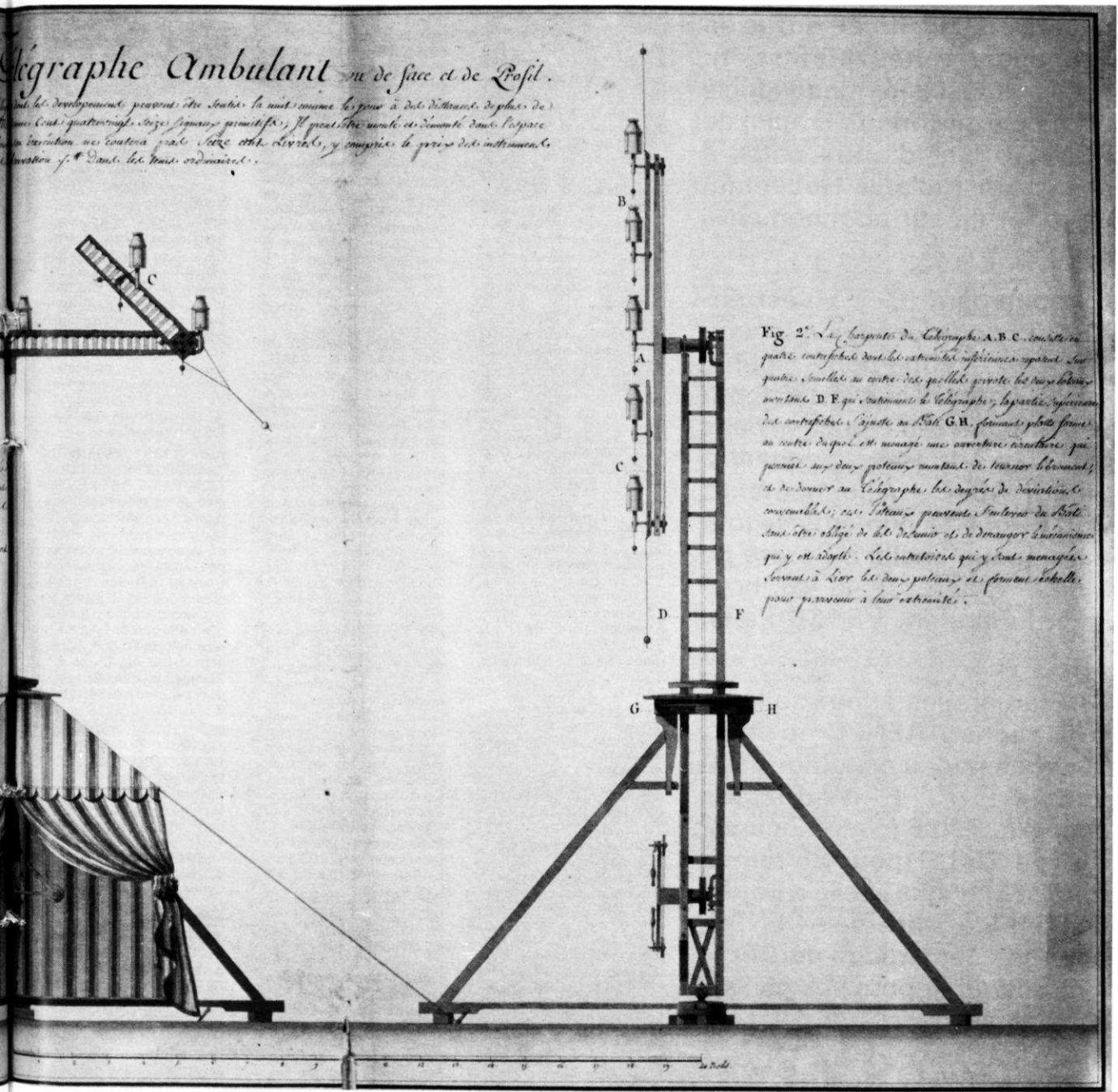
"l'Ingénieur Artiste"
par A. Picon et M. Yvon



de la Révolution Française

Projet de télégraphe des ingénieurs Bétancourt et Bréguet

Cliché P. Pitrou



F Bosqui et moi-même, avec l'aide de 5 autres camarades, avons impulsé la création, sous la forme d'une Association loi 1901, de l'IPIES (Institut pour la Promotion de l'Initiative économique et sociale) afin d'ajouter un élément au dispositif de diffusion des opportunités professionnelles (messages individuels d'une part, rubrique Emploi de PCM-Le Pont d'autre part), à savoir un Bulletin Hebdomadaire, et ce sur abonnement.

Ce document (C + H) est diffusé en courrier rapide le vendredi. Les conditions "publiques" sont les suivantes (pour une diffusion en France et dans la CEE) : Admission annuelle à l'IPIES 40 F - Abonnement : 250 F pour 12 numéros, le tout par chèque libellé à l'ordre de l'IPIES et adressé au 46, boulevard Flandrin, 75116 Paris.

Les camarades à jour de leurs cotisations AAENPC ou AIPC bénéficient des conditions suivantes : 40 F d'adhésion annuelle, 125 F (pour 12 numéros) ou 250 F (pour 25 numéros), par chèque libellé à l'ordre de l'IPIES et adressé à l'ENPC, pour ses camarades du Corps à F. Bosqui et pour ses civils à J. Baules.

J. Baules

REF. 9055 : JOIN SMITH BARNEY CORPORATE FINANCE LONDON. Smith Barney is a leading American investment bank and is currently rapidly expanding its corporate finance business in Europe. Areas of expertise include mergers and acquisitions, leveraged buyouts, property sale and financing, global equity, private and project related financing as well as other strategic corporate financial advisory services. We are now recruiting five graduates to join our London office in 1989. As an analyst, you will be offered complete involvement in the transaction process, ie. from research work to strategic discussions and client meetings. You will be given as much responsibility as you can handle. Our European operations will be headquartered in London with selected professionals based in a number of our continental European locations. Please send a curriculum vitae, together with covering letter both in French and in English to : Miss Anne Gulvin, Recruitment co-ordinator Smith Barney, Harris Upham International Incorporated 10 Piccadilly, London W1V 9LA. Tél. 01 548-5568.

REF. 9160 : MAIRIE DE SAINT-DENIS (92 000 HABITANTS). Chargé de mission auprès du Directeur Général des Services Techniques chargé de traiter les grands problèmes de circulation, stationnement et transport en commun de la Ville (incidences autoroutes, tramway...). Négociation avec les grandes administrations (DDE, RATP...). Statut collectivités territoriales Salaire embauche 133 000 F net annuel, 148 000 F un an après. L'intéressé prendra ensuite des fonctions de direction. Contacter téléphoniquement M. Audemar (1) 48.20.63.83.

REF. 9305 : INGENIEUR DE PROJET INFRASTRUCTURE, VRD ET BATIMENT. Prise en charge de projet, d'infrastructure, VRD et Bâtiment (conception, relation client), devant évoluer vers chef d'agence. Ing. déb. ou exp. à Nancy, ing. 4 à 5 ans d'exp. à Reims, motivation technique, sens des responsabilités. Adresser lettre et CV à M. Chaussard, Bureau Chaussard Ingénierie (BCI), 9, rue de la Vologne, 54520 Nancy.

REF. 9281 : INGENIEUR LOGICIEL. Génie logiciel,

logiciels de base, temps réel, informatique scientifique, intelligence artificielle, participation à la réalisation de grands projets. Déb. ou exp. Service en informatique. Adresser lettre ou CV à M. Perriot-Mathonna, Apside Technologies, 72, 78 Grande-Rue, 92310 Sevres.

REF. 9201 : RESPONSABLE COMMERCIAL EXPORT, PARIS, 550 KF. Maîtrise sur la zone qui lui sera confiée de la prospection, du montage et de la gestion commerciale de projets de bât./génie civil, depuis leur initiation jusqu'à leur livraison finale. Solide exp. de généraliste du bât./génie civil d'ensembles industriels à l'export en tant qu'ingénieur d'affaires. Bonne connaissance des études ou de réalisation d'opérations similaires à l'étranger, de préférence en milieu anglo-saxon. Groupe international (CA 88 = 5 milliards F, dont 2 milliards en BTP). Adresser lettre et CV à Mme Perreaux Forest, PIC, 8, rue Copernic, 75116 Paris.

REF. 9171 : INGENIEUR INFORMATIEN, PARIS, 170/190 KF. Intégré dans des équipes de développement informatique de gestion (commercial, production, gestion). Devant rapidement évoluer vers la fonction de chef de projet. Déb. ou 1^{re} exp., motivation technique, potentiel d'évolution. Total France filiale du groupe Total pour sa direction informatique. Adresser lettre et CV à M. Boillot, Total France, 84, rue de Villiers, 92538 Levallois-Perret.

REF. 9044 : INGENIEUR ANALYSTE, PARIS, 178/190 KF. Elaborer les plans de production, réaliser des études économiques. Débutant ou 2/3 ans exp. qualités d'analyse, de rigueur, d'initiative et de créativité, goût pour les relations humaines. Anglais nécessaire. Esso SAF la Direction des Approvisionnements. Adresser lettre et CV à Mme Tessier, Esso, service recrutement, 92093 Paris La Défense Cedex 02.

REF. 9232 : INGENIEUR MONTEUR D'AFFAIRES, PARIS, 400/500 KF. Prise en charge auprès des responsables d'agences, montage d'affaires immobilières (immobilier de bureau, Paris Intramuros). Exp. confirmé ou 1 an fonction acquise chez un promoteur, personnalité affirmée. Important promoteur immobilier natio-

nal. Adresser lettre et CV à Mme Bordet, MBC, 122, bd Haussmann, 75008 Paris.

REF. 9296 : INGENIEUR EN ORGANISATION. Audit et expertise. Qualités relationnelles, sens de la communication, analyse et synthèse. UCB Filiale du Groupe Compagnie Bancaire, financement immobilier. Adresser lettre et CV à Mme Plantureux, Cie Bancaire, service orientation recrutement, 5, av. Kléber, 75116 Paris.

REF. 9249 : INGENIEUR STATISTICIEN, VERSAILLES. Analyse des études de marché, réalisation d'analyses : typologie, analyse multivariées. Etudes statistiques, base de données marketing. Société d'étude et de réalisation informatique. Adresser lettre et CV à M. Coppet, AID, 275, rue Sainte-Adelaide, 78000 Versailles.

REF. 9250 : RESPONSABLE COMMERCIAL, LYON. Développer le chiffre d'affaires Rhône-Alpes, animer équipe de réalisation. Maîtrise des méthodes statistiques, connaissance études de marché, expérience poste équivalent. 30 ans. Société d'étude et de réalisation informatique. Adresser lettre et CV à M. Coppet, AID, 275, rue Sainte-Adelaide, 78000 Versailles.

REF. 9139 : INGENIEUR TRANSPORT ET CIRCULATION, PARIS, 165 KF. Responsabilité d'études importantes : organisation générale des réseaux de voirie, en liaison avec l'évolution de l'urbanisation et les contraintes de l'environnement. Exp. mini 5 ans en bureau d'études. Institut d'aménagement de la région Ile-de-France. Adresser lettre et CV à M. Duliage, I'AURIF, 251, rue de Vaugirard, 75740 Paris Cedex 15.

REF. 9043 : INGENIEUR TECHNIQUE-COMMERCIAL, PARIS, 178/190 KF. Développer les ventes de lubrifiants et de spécialités dans le cadre d'objectifs de volumes et de profits. Débutants ou 2/3 ans exp., anglais nécessaire, qualités d'analyse, de rigueur, d'initiative et de créativité, goût pour les relations humaines. ESSO SAF pour la direction des ventes. Adresser lettre et CV à Mme Tessier, ESSO SAF, 92093 Paris La Défense Cedex 02.

REF. 9520 : INGENIEUR, PARIS. Intégrer cellule de 3 pers. au sein de la Direction des Relations Sociales et du Personnel Administra-

teur des données, chargé d'études. Bonne connaissance statistiques et informatique, micro-informatique, sens du contact, esprit ouvert. Le Crédit Lyonnais, 2^e banque française. Adresser lettre et CV à M. Guenchy, Crédit Lyonnais, 24, rue du 4-Septembre, 75002 Paris.

REF. 9491 : JEUNES INGENIEURS, 165/185 KF. Intégrés dans les différentes activités (régions, projet, export, BE, travaux), mais aussi dans les différentes fonctions (finance, contrôle de gestion). Ing. déb. ou 1^{re} exp. potentiel d'évolution disponible pour une carrière généraliste. Direction Génie Civil et Bâtiment de Spie Batignolles (important groupe de BTP, filiale de Schneider). Adresser lettre et CV à M. Benoît, Spie Batignolles, Parc Saint-Christophe, 95862 Cergy-Pontoise.

REF. 9492 : INGENIEUR. Intégré suivant compétence soit au niveau d'équipes d'études, soit de projets, soit de chantiers autres opportunités (promotion, exploitation). Exp. diversifiée du BTP, sens aigu des responsabilités. Division Génie Civil et Bâtiment de Spie Batignolles, (important groupe de BTP, filiale de Schneider). Adresser lettre et CV à M. Benoît, Spie Batignolles, Parc Saint-Christophe, 95862 Cergy-Pontoise.

REF. 9573 : RESPONSABLE DE CENTRE DE PROFIT, PARIS. Animation d'un centre de profit (agence ou société acquise) : technique, commercial, personnel, gestion. Expérience de la direction d'un centre de profit BTP. GTIE, filiale du groupe C.G. Eaux, entreprise de travaux électriques opérant sur le plan national. Adresser lettre et CV à M. Mohr, GTIE, 280, rue du 8-Mai-1945, 78360 Montesson.

REF. 9482 : INGENIEUR, MONTPELLIER, 180/210 KF. Evolutions vers un poste de Directeur d'Agence à Nîmes. Technique, relationnel, administratif. Exp. 5 ans, rédaction, relations, compétence technique. Les APAVE, prévention de la sécurité et du contrôle technique. Associations loi 1901, APAVE du Sud-Est : 120 ingénieurs et techniciens. Adresser lettre et CV à M. Pujat, Florian Mantione Institut, les Cours - BP 5556, route de Lavèrune, 34050 Montpellier.

REF. 9571 : INGENIEUR CONSULTANT, PARIS. Réa-

lisation de projets de construction pour ses clients. Département Développement/Montage d'opérations. Connaissance de l'entreprise, de la maîtrise d'ouvrage. Intérêt aux aspects financiers et réglementaires du montage d'opérations. Aptitudes à la négociation et motivation pour la fonction de consultant. Conseil International en Immobilier d'Entreprises. Adresser lettre et CV à M. Laurent Bahin, Weatherall Green and Smith, 64, rue de la Boétie, 75008 Paris.

REF. 9436 : CONSULTANT, LEVALLOIS. Pour des missions dans des secteurs variés : industries automobiles, transports, banque, assurance. Confirmé ou disposant d'une première exp. en entreprise. Société de conseil en stratégie intervenant auprès des Directions Générales, pour faire face à son développement. Adresser lettre et CV à Mme Goulet, IDS Consultants, 18, avenue Louis-Rouquier, 92300 Levallois.

REF. 9644 : INGENIEUR BA, ASNIERES. Assurer la conception et le contrôle des structures de projets d'immeubles de logements et de bureaux. Bonnes références en calculs (avant-projets et exécutions) de bâtiments. BE Technique et Coordination. Adresser lettre et CV à M. Albasser, Seet Cecoba Rocher, 15, rue du Rocher, 75008 Paris.

REF. 9589 : CHEF DE SECTEUR, PARIS. Animer une équipe de commerciaux ayant pour mission d'initier des opérations de clés en main et de développer des programmes de promotion. Solide exp. d'au moins 5 ans dans l'immobilier d'entreprise. Sens aigu de la communication et du dialogue. Disponible et efficace. Adresser lettre et CV à M. Rizk, GA, 24, rue Georges-Picot, BP 4366, 31030 Toulouse Cedex.

REF. 9590 : RESPONSABLE COMMERCIAL, PARIS. Appelé à suivre des opérations de clés en main, aura à développer un sens aigu des relations commerciales. Vocation commerciale, attiré par l'immobilier d'entreprise. Adresser lettre et CV à M. Rizk, GA, 24, rue Georges-Picot, BP 4366, 31030 Toulouse Cedex.

REF. 9659 : INGENIEUR INFORMATICIEN, PARIS. Au sein de petites équipes, participer à la conception et au développement de pro-

jets divers : logiciels de gestion bancaire, logiciels financiers, ingénierie de systèmes informatiques complets, systèmes experts... Vous recevrez dès votre arrivée une formation informatique théorique et pratique. Spécialisé en informatique ou généraliste motivé par le domaine informatique et les activités SSII. SSII, filiale du Groupe Compagnie Bancaire spécialisée en ingénierie de systèmes informatiques de gestion. Adresser lettre et CV à Mme Godard, Cie Bancaire, 5, av. Kléber, 75116 Paris.

REF. 9660 : CHEF DE PROJET, PARIS. Missions de conseil et de développement auprès d'une clientèle de grands comptes : grandes entreprises, administrations, banques. Manager intégralement une gamme de projets variés sur les plans technique, financier et humain. 3/6 ans exp. maîtrisant la méthode d'analyse MERISE, connaissant de préférence l'univers BULL ou IBM. SSII, filiale du Groupe Compagnie Bancaire, spécialisée en ingénierie de systèmes informatiques de gestion. Adresser lettre et CV à Mme Godard, Cie Bancaire, 5, av. Kléber, 75116 Paris.

REF. 9565 : INGENIEUR CONTRÔLE QUALITE. Elaboration et contrôle du suivi des conventions. Contrôle des opérations techniques. Coordination des études et des travaux. Participation aux recherches et négociations des affaires en assistance. Affecté au Service de programmation et de construction des équipements publics de la Ville Nouvelle Direction de la Construction. Etablissement Public d'Aménagement de Marne-la-Vallée. Adresser lettre et CV à M. Bernateau, EPAMARNE, bd Pierre-Carle, Minitel, 77426 Marne-la-Vallée Cedex 02.

REF. 9697 : CHARGE D'ETUDES FINANCIERES, PARIS, 230/250 KF. Participation à l'organisation et la gestion de systèmes automatisés de centralisation de données, exploitation de ces données, réalisation dossiers d'études financières. Ing. généraliste, form. compl. en gestion ou économie, première exp. de 2 à 5 ans, connaissances organisation, informatique de gestion, technique de modélisation mathématique. Direction des activités bancaire du CENCEP (Centre National des Caisse d'Epargne et de Pré-

voyance). Chef du réseau des Caisses d'Epargne Ecu-reuil. Adresser lettre et CV à M. Humbert, CENCEP, 5, rue Messeran, 75007 Paris.

REF. 9661 : INGENIEUR D'ETUDES TECHNIQUES, PARIS, 160 KF. Intégré à une équipe de conception d'infrastructures hydrauliques, progressivement responsabilisé. Débutant ou 1^{re} exp., motivation technique, bon niveau génie civil et informatique, disponible géographiquement. Coyne et Bellier, BET opérant sur un plan international, infrastructure, infrahydraulique. Envoyer lettre et CV à M. Schaeffer, Directeur du Personnel, Coyne et Bellier, 5, rue Héliopolis, 75017 Paris.

REF. 9698 : RESPONSABLE D'UN BUREAU D'ETUDES AU SEIN D'UNE STE D'INGENIERIE BATIMENT, 250/300 KF. Animation technique d'une équipe de 20 personnes, supervision des chantiers. Exp. technique bâtiment de préférence, qualités d'animateur. Adresser lettre et CV à Mme Dubois, Equipes et Entreprises, 11 bis, rue Portalis, 75008 Paris.

REF. 9653 : INGENIEUR PLANIFICATION, PARIS. Assurer l'interface entre la société et le service planification centrale de la Compagnie Bancaire. Participer à la définition des objectifs et de la stratégie de l'entreprise. Gérer les équilibres financiers actuels et futurs et assurer le suivi des risques financiers. Rattaché à la Direction Générale, en contact permanent avec les services opérationnels de la société. Filiales du groupe Compagnie Bancaire. Adresser lettre et CV à Mme Plantureux, Cie Bancaire, 5, av. Kléber, 75116 Paris.

REF. 9654 : INGENIEUR DEVELOPPEMENT INTERNATIONAL, PARIS. Etudier l'opportunité de nouvelles implantations à l'étranger sous l'aspect marketing, financier, recherche de nouveaux partenaires... Bilingue anglais, éventuellement allemand, espagnol, italien. Filiale du Groupe Compagnie Bancaire, 1^{re} société européenne de crédit à la consommation. Adresser lettre et CV à Mme Plantureux, Cie Bancaire, 5, av. Kléber, 75116 Paris.

REF. 9655 : INGENIEUR ORGANISATION, PARIS. Définir vos missions et trouver des solutions novatrices mettant en œuvre toutes les techniques de pointe. Des missions d'audit et

d'expertise pourront vous être confiées. Première exp. en organisation. Qualités relationnelles, sens de la communication, capacités d'analyse et de synthèse. Filiale du Groupe Compagnie Bancaire, leader des établissements spécialisés dans le financement immobilier. Adresser lettre et CV à Mme Plantureux, 5, av. Kléber, 75116 Paris.

REF. 9656 : RESPONSABLE D'APPLICATIONS, PARIS. Développer : soit des projets touchant l'informatisation de nos filiales étrangères, soit des projets concernant l'informatique financière. Vous serez en relation directe avec les utilisateurs internes ou avec les responsables locaux de nos filiales. Débutant ou 1^{re} exp., bonne connaissance de l'anglais. Environnement informatique de pointe (MVS, DL1, CICS, NOMAD...) sur matériel IBM 3090 ou VAX. Filiale du Groupe Compagnie Bancaire, l'une des toutes premières sociétés spécialisées dans l'assurance-vie et les produits de capitalisation. Adresser lettre et CV à Mme Corouge Guerreiro, Cie Bancaire, 5, av. Kléber, 75116 Paris.

REF. 9657 : INGENIEUR INFORMATICIEN, PARIS. Après formation à nos moyens et à nos méthodes, participer au sein de notre Direction Informatique à des projets variés : planification, marketing direct, communication, finance, organisation... en utilisant les ressources d'une informatique de pointe centralisée, répartie ou micro. Débutant, de préférence avec option informatique. Filiale du Groupe Compagnie Bancaire, spécialisée dans le financement immobilier. Adresser lettre et CV à Mme Aguer, Cie Bancaire, 5, av. Kléber, 75116 Paris.

REF. 9658 : INGENIEUR ANALYSTE, PARIS. Dans un univers IBM grand système - DB2, MVS/XA, CICS - travailler sur des projets de nouveaux produits court terme : affecturation, gestion de trésorerie, gestion de comptes clients... Débutant à 3/4 ans exp., rigoureux, aimant le travail en équipe. Qualités d'écoute et de conseil. Filiale du Groupe Compagnie Bancaire, spécialisée dans le financement des équipements professionnels. Adresser lettre et CV à Mme Nome, Cie Bancaire, 5, av. Kléber, 75116 Paris.

REF. 9487 : INGENIEUR, PARIS. Participation élaboration, définition, mise en place d'un système de gestion. Connaissances économiques souhaitées. Evolution possible dans les postes techniques, de responsabilité. Service de la production Hydraulique, équipe chargée des problèmes économiques d'investissement et du contrôle de gestion. Adresser lettre et CV à M. Dupuy, EDF, 14/16, rue de Miromesnil, 75008 Paris.

REF. 9717 : DIRECTEUR GENERAL FILIALE. Entrepreneur d'une filiale pouvant réaliser 1 milliard de francs, tous travaux de bâtiment et de génie civil, seul décideur : commercial technique, financier, humain. Rattaché au Directeur Général des filiales France. Ing. Exp. de direction générale dans le domaine du bâtiment et des Travaux Publics. Cette filiale faisant partie d'un groupe de BTP réalisant un CA de l'ordre de 50 milliards, 60 000 personnes. Adresser lettre et CV à M. Cousin, ORMUS Conseil, 25, rue Michel-Salles, 92210 Saint-Cloud.

REF. 9793 : INGENIEUR INFORMATICIEN, CHATOU. Ingénieur même débutant (une exp. serait un plus). Connaissance en robotique. Quest Informatique, SSII, pour un de ses clients, pour un contrat de longue durée. Adresser lettre et CV à M. Tahon, Quest Informatique, 10, bd Malesherbes, 75008 Paris.

REF. 9648 : INGENIEUR CHEF DE PROJET, LEVALLOIS. 250 KF. Ingénieur chef de projet. Prise en charge d'équipes de conception de projet informatique. 5/10 ans exp. informatique, qualité d'animateur. UNILOG IAS (Institutions Assurances), filiale du groupe UNILOG intervient notamment en Informatique de gestion dans le secteur des administrations et des assurances. Adresser lettre et CV à M. Heramann, UNILOG IAS, 124, rue Danton, 92300 Levallois.

REF. 9860 : GEOTECHNIEN. Prise en charge au sein du Groupe Bouygues Offshore de la centralisation et de la responsabilité de tous les problèmes de sols : fondations de structures offshore et marines - expérience mécasol fondations profondes et superficielles + ouvrages de soutènement. Le groupe Bouygues offshore recherche. Adresser lettre et CV à M. Ceran,

Bouygues Offshore, 3, rue Stephenson, 78180 Montigny-Le-Bretonneux.

REF. 9693 : EXPERTS INDUSTRIELS ET CONSULTANTS, PARIS. Initialement auprès d'un expert consultant, en charges d'études et d'investigations dans le domaine de l'expertise technologique. (Domaines : construction, thermique, mécanique, automatisme). Exp. de 10 ans au moins, grande ouverture d'esprit, dynamique, négociateur, anglais ou allemand nécessaire. INGEXAS, SA cap. 500 KF, cabinet d'experts conseils, plusieurs implantations en France, intervenant pour le compte de compagnies d'assurances et organismes financiers. Adresser lettre et CV à M. Caumes, INGEXAS, 101, rue Mademoiselle, 75015 Paris.

REF. 9723 : CHEF DE PROJET GPAO, ORLEANS. 300 KF. Prendre en charge la mise en place d'un nouveau logiciel GPAO, recevoir toute l'organisation de la chaîne en collaboration avec une équipe de 50 personnes. Rattaché au Directeur de Production, exp. de 5 à 6 ans en tant qu'opérateur en production et/ou informatique, organisateur sur des sites industriels, anglais courant indispensable. Filiale d'un grand groupe multinational américain, leader dans son domaine, CA : 2,7 MF, eff. : 5 400 pers., cette société conçoit, produit, distribue et monte des biens industriels. Adresser lettre et CV à Mme Guillan, Cabinet Ker, 15, rue Daumier, 75016 Paris.

REF. 9255 : INGENIEUR D'ETUDES LOGICIELS, PARIS REGION. Participation au développement de micrologiciels, création d'outils logiciels de test. Débutant ou 1^{re} exp., bon niveau info., anglais nécessaire pour sté, conception et fabrication de tracteurs d'images générées par ordinateur.

REF. 9256 : INGENIEUR DE PROJET LOGICIEL, PARIS REGION. Resp. d'une équipe (5 ing.), de développement logiciel (intelligence et contrôle d'un périphérique graphique). 5 ans d'exp. en info. scientifique, qualité de management, anglais nécessaire pour sté, conception et fabrication de tracteurs d'images générées par ordinateur.

REF. 9257 : RESPONSABLE D'AGENCE, PARIS

REGION. Responsabilité d'une équipe de 10 à 15 techniciens, chargés de la maintenance des produits, gestion du personnel, de l'équipe, relation clients et vente de contrats. Ing. expérimenté, qualité de manager, anglais nécessaire pour sté, conception et fabrication de tracteurs d'images générées par ordinateur.

REF. 9262 : DIRECTEUR GENERAL, SUD FRANCE. 500/600 KF. Management général de la société, direction commerciale et développement, pilotage technique. 38/45 ans. Exp. gestion d'un centre de profit. BTP, connaissance des grands travaux TP, qualités commerciales et relationnelles.

REF. 9248 : INGENIEUR COMMERCIAL FINANCIER, PARIS. 180/210 KF. Elaboration de produits "devises", développement commercial auprès d'entreprises. Débutant, culture mathématique, qualité communication. Banque d'affaires filiale d'un important groupe financier.

REF. 9249 : INGENIEUR STATISTICIEN, VERSAILLES. Analyse des études de marché, réalisation d'analyses : typologie, analyses multivariées. Etudes statistiques, base de données marketing. Société d'étude et de réalisation informatique.

REF. 9250 : RESPONSABLE COMMERCIAL, LYON. Développer le chiffre d'affaires Rhône-Alpes, animer équipe de réalisation. 30 ans. Maîtrise des méthodes statistiques, connaissance études de marché, expérience poste équivalent. Société d'étude et de réalisation informatiques.

REF. 9251 : INGENIEUR DES VENTES, PARIS REGION. 190/220 KF. Gestion et développement de comptes clients existants. 25/30 ans. Rattaché au responsable de l'agence, anglais nécessaire, exp. commerciale courte. Société de fabrication et commercialisation de composants électroniques, CA : 6 MF, effectif : 17 000.

REF. 9252 : INGENIEUR D'ETUDES MECANIKES, PARIS REGION. Industrialisation de nouveaux produits, conception, mise au point d'un ensemble mécanique, mise au point de la partie mécanique des tracteurs. Ing. Débutant ou 1^{re} expérience, bon niveau

mécanique, maîtrise système CAO, anglais nécessaire, pour sté, conception et fabrication des tracteurs d'images générées par ordinateur.

REF. 9253 : INGENIEUR D'ETUDES ELECTRONIQUES, PARIS REGION. Développement de connexions de périphériques graphiques, industrialisation de nouveaux produits. Débutant ou 1^{re} exp., compétences en électronique et réseaux, anglais nécessaire, pour sté, conception et fabrication de tracteurs d'images générées par ordinateur.

REF. 9241 : DIRECTEUR DE L'EXPLOITATION, PARIS. 400 KF. Animer équipe d'exploitants bancaires, concevoir et développer de nouveaux produits, stratégie. Expérience de plusieurs années de la fonction, banque à réseau, responsable de comptes PME et grandes entreprises, anglais apprécié. 35/40 ans. Banque française, filiale d'une Institution Financière.

REF. 9242 : OPERATEUR BONS DU TRESOR (BTAN), PARIS. 300 KF. 30/35 ans. Expérience de 3 ans minimum du trading sur BTAM. Banque de Dépôts.

REF. 9244 : INGENIEUR D'AFFAIRES, AQUITAINE. 180 KF. Etudes et avant-projets, devis et appels d'offres, supervision. Rattaché au chef du service et travaux, anglais nécessaire, débutant ou ayant une première expérience. Société exploitation de canalisations de transport de fluides.

REF. 9245 : INGENIEURS PRODUCTION, REIMS. Etudes techniques opérationnelles, audit de production, informatique industrielle, suivi de la réalisation. Rattaché au Responsable de production, poste opérationnel, fabrication ou entretien travaux neufs. Filiale 1^{re} groupe alimentaire français : 1 800 personnes, 2 milliards de CA, Verrerie.

REF. 9246 : CHEF DE PROJET "ECHANGE", PARIS. 250/300 KF. Assister le chef de service dans la conduite des projets : intégration dans futur système interbancaire, animer des groupes d'études, choix organisationnels. Expérience de système de "BACK-OFFICE", suivi de grands projets, SDM/S, MERISE et PAC. Important organisme financier (500

personnes au siège, 30 000 dans le réseau).

REF. 9247 : CHARGE D'ETUDES "MONETIQUE", PARIS. 250/300 KF. Etudes fonctionnelles, procédures et systèmes de gestion, groupes de travail. Rattaché au chef de service "monétique", exp. : quelques années en environnement bancaire. Important organisme financier (500 personnes au siège, 30 000 dans le réseau).

REF. 9236 : DIRECTEUR RESPONSABLE D'ENTREPRISES, PARIS. 400 KF. Gérer et manager un premier groupe de 2 PME du bâtiment (30 MF). Directeur Général, expérience BTP, Direction de Centre de Profit, anglais si possible. 35 ans. Filiale d'un très important groupe français, 1 500 personnes, CA : 800 MF.

REF. 9237 : ADJOINT DU DIRECTEUR DU DEPARTEMENT "BATIMENT", PARIS REGION. 280 KF. Chantiers, travaux, progressivement : prise en charge services fonctionnels. Expérience 4 ans dans la fonction travaux, bons contacts. 30/40 ans. Filiale d'un groupe BTP, 1 000 personnes, CA : 700 MF.

REF. 9238 : INGENIEUR TECHNICO-COMMERCIAL, CENTRE. 300/400 KF. Prospection de clients potentiels, devis, négociation, suivi de la réalisation, animation d'un réseau d'agents en Europe du Sud. Rattaché au Directeur du Département. Filiale multinationale américaine, conçoit et commercialise matériels et équipements industriels et de traitements des eaux, 36 personnes dont 50 % de cadres.

REF. 9239 : RESPONSABLE DEVELOPPEMENT INFORMATIQUE INTERNATIONAL BOULOGNE. 320 KF. Animation des responsables informatique dans filiale, contrôle des budgets informatiques, audit informatique. Exp. cabinet, gestion de projets, ou entreprise. 27/32 ans. Etablissement Financier International d'un grand groupe industriel.

REF. 9240 : CONSULTANT SENIOR/MANAGER, PARIS. Animation structure, développement commercial, missions en clientèle. Assister les managers, exp. Consultant Informatique en secteur Banque/Assurances. 25/35 ans. Cabinet de Conseil en Organisation, Gestion de Systèmes d'Information.



LE CRÉDIT LOCAL DE FRANCE FINANCE LE PREMIER MÉTRO
LÉGER CONCÉDÉ DE FRANCE :
LE VAL DE L'AGGLOMÉRATION DE TOULOUSE

A Toulouse, aux côtés de la Caisse des dépôts et consignations, de Transcet, de Matra, de la Semvat et des investisseurs locaux, le Crédit Local de France participe à la réalisation de la ligne A du VAL, concédé par le Syndicat Mixte des Transports Collectifs de l'agglomération toulousaine.

Le Crédit Local de France est le chef de file de l'ensemble des financements par emprunt, qui représenteront près de 2,5 milliards de francs.

A Toulouse, le Crédit Local de France met ses financements d'avant-garde au service des élus, pour améliorer la vie quotidienne des habitants de l'ensemble de l'agglomération et doter cette métropole européenne d'un réseau de transports collectifs à la hauteur de ses ambitions.

CRÉDIT LOCAL DE FRANCE : Le banquier des ambitions locales.



DES IMAGES DE QUALITE POUR TOUS

TÉLÉCOMMUNICATIONS DE L'IMAGE

Transmissions d'images et de sons :

- vidéotransmissions,
- reportages,
- distribution de programmes radio et télévision.



- Supervision des transmissions.
- Acheminement des images :
 - vers les professionnels,
 - vers les têtes de réseaux.

- Multiplicité des programmes.
- Diversité des services.

Plus d'un million de foyers raccordable début 1989.

