

Le courrier du CNRS 64

Auteur(s) : CNRS

Les folios

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

68 Fichier(s)

Les relations du document

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

Citer cette page

CNRS, Le courrier du CNRS 64, 1986-03

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

Consulté le 13/01/2026 sur la plate-forme EMAN :

<https://eman-archives.org/ComiteHistoireCNRS/items/show/156>

Copier

Présentation

Date(s)1986-03

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

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

Information générales

LangueFrançais

CollationA4

Informations éditoriales

N° ISSN0153-985x

Description & Analyse

Nombre de pages68

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

LE COURRIER DU CNRS



64

DOSSIER :

**UNE JEUNE
DISCIPLINE
AU CNRS :
LA RECHERCHE
EN GESTION**

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Bimestriel - Janvier - Mars 1988 - 20 F



CNRS
Dépot des archives
de la Délégation Paris Michel-Ange
Bâtiment 19
1, avenue de la Terrasse
91198 Gif-sur-Yvette

ge

Rectificatif

Dans l'article intitulé "L'information scientifique et technique dans les unités de recherche", paru dans le n° 63 du *Courrier du CNRS* (novembre-décembre 1985) certaines des données numériques concernant la physique nucléaire et corpusculaire peuvent donner lieu à une interprétation erronée.

En effet, l'enquête de Colette Deschamps et François Gladel n'a, pour ces disciplines, pris en compte que quelques dossiers d'aide individuelle, procédure en réalité très peu employée : les 17 laboratoires et les unités de recherches de cette discipline sont regroupés au sein de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3), qui répartit et gère les sommes affectées à la physique nucléaire et corpusculaire. Les nombres de publications mentionnés sont donc sans aucun rapport avec la production scientifique et technique dans ce domaine.

Directeur de la publication : Goëry Delacôte.

Rédaction : Véronique Brossolet-Condé (rédacteur en chef), Régine Ferré (rédacteur en chef-adjoint, responsable des sciences de l'homme et de la société), Françoise Bescond, (secrétaire de rédaction, responsable de *La vie des laboratoires*).

Secrétariat : Martine Roche.

Entretiens : Monique Mounier-Kuhn.

Les dessins de ce numéro ont été réalisés par Puig Rosado.

Comité de rédaction : Robert Barbault, Jean Bourdon, Georges Chapouthier, Bernard Dormy, Claire Dupas, Max Fontet, Catherine Fuchs, Jean-Philippe Genet, Françoise Harrois-Monin, James Hiéblot, Louis Jeuneau, Claudine Laurent, Jean Leca, Jacqueline Mirabel, Jean Montuelle, Janine Rondest, Hervé Théry, Maryvonne Tissier.

Membres correspondants : Nadine Chalem-Goularin, Gérard Lillmand, Jean Chouty.

Abonnement et vente au numéro. Le numéro : 20 F. Abonnement annuel : 74 F + 84 F pour l'étranger (voir bulletin d'abonnement pages 31-34). Tout changement d'adresse doit être signalé à la rédaction. Revue bimestrielle comportant cinq numéros par an. Nous remercions les auteurs et les organismes qui ont participé à la rédaction. Les intitulés et les chapitres introductifs ont été rédigés par la rédaction. Les textes et illustrations peuvent être reproduits sous réserve de l'autorisation écrite du directeur de la publication.

Direction éditoriale : ODT / G. Monin, 12-14, Rond-Point des Champs Élysées, 75008 Paris. Réalisation : Roto-France Impression, boulevard de Beaubourg, Emerwin/Ab.

77200 Torcy

C.P.A.D. 303 - ISSN - 2-222-03882-0 - ISSN 0153-088 X

© Centre national de la recherche scientifique.

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

LE COURRIER DU CNRS

CNRS
Délégation du Siège
Bureau, Diplomatique
Dépôt des archives - Bâtiment 19
1, Avenue de la Terrasse
91190 Gif-sur-Yvette
Tél : 01 69 82 39 17



Page 1 de couverture

"Le penseur d'or" de Gérard Dou (1613-1673), musée du Louvre.
© Cliché Musées Nationaux.

Page 4 de couverture

"Table de dépense pour Simon Graffart" (1620?), table indiquant d'après le revenu d'un jour quel sera celui d'une année et d'après celui d'un an combien peut-on dépenser par jour. Bibliothèque nationale, Fonds Henin, vol. XXI, planche 1999. Photo Bibliothèque nationale, Paris.

Sommaire N° 64

- 5 **Editorial**
L'évolution du CNRS
Pierre Papon
- 6 **Témoignages**
Michel Seurat
- 8 **Les chemins de la science**
La mobilité des chercheurs
Jean-Jacques Duby
- 9 **Débats et positions**
Une jeune discipline au CNRS : la recherche en gestion
- 9 **Présentation**
Jean Bourdon
- 10 **De la gestion de la science à la science de la gestion**
Entretien avec Michèle Fardeau réalisé par Michel Friedman
- 11 **La recherche en gestion au CNRS**
Jean-Claude Moïsdon
- 14 **Les sciences de gestion en France : tendances actuelles**
Henri Savall
• Le Groupement scientifique "informatique, mathématiques appliquées et gestion"
Jean-Marie Doublet

- 18 **Le Centre de recherche en gestion de l'Ecole polytechnique**
Hervé Dumez, Alain Jeunemaitre
- 22 **Mettre en évidence les coûts cachés**
Henri Savall
• L'évolution des firmes et ses déterminants
Jean-Pierre Debourse, Isabelle Danjou
- 26 **Contraintes de gestion et tarification publique : le cas de l'EDF**
Martine Bungener
- 29 **La recherche en gestion et les collectivités locales. L'expérience du Centre de gestion scientifique de l'Ecole des mines de Paris**
Patrick Garnier, Jean-Claude Moïsdon
• Le Groupement de recherches coordonnées sur l'administration locale
Christian Le Lamer
- 33 **L'informatique de gestion au ministère de l'Education nationale**
Claude Delobel
- 39 **La gestion financière et l'actuelle évolution des marchés financiers**
Michel Lerasseur
- 43 **A la recherche**
- 43 **Formes, vibrations et essais non destructifs**
Jean-Pierre Bourguignon
- 48 **Le chant des oiseaux**
Michel Kreutzer
- 51 **Molécules : population électronique et ordre de spin**
Jean-Pierre Daudey, Jean-Paul Malrieu, Daniel Maynau
- 56 **Qu'est-ce que la biométrie ?**
Jean-Marie Legay
- 62 **Enquête**
Les économies d'énergie dans les laboratoires
Pierre Dejours, Jean Bouleau, Alain Tissier
- 65 **Chercheurs-jeunes : à la rencontre**
Le goût de la science
Nina Berrebi
- 67 **Coopération internationale**
Regards sur l'organisation de la recherche britannique
Nina Poffé, Germaine Wild, Jacques Bordé
- 71 **Les Editions du CNRS**
Point de vue sur...
Jean-Philippe Genet, Monique Mounier-Kuhn, Hervé Théry
- 32 **Tribune des lecteurs**

LE COURRIER DU CNRS

Contents N° 64



- 5 **Editorial**
The evolution of the CNRS
Pierre Papon
- 6 **Testimony**
Michel Seurat, a CNRS research worker, was taken hostage on 22nd of May 1985 in Beirut. His colleagues and friends bear witness to his soul commitment to truth and human progress.
- 8 **The paths of science**
The mobility of scientists
A single or return ticket for industry.
Jean-Jacques Duby
- 9 **Debates and positions**
A young discipline in the CNRS: management research
- 9 **Presentation**
Jean Bourdon
- 10 **From the management of science to management science**
Interview with Michèle Fardeau by Michel Friedman
- 11 **Management research in the CNRS**
Jean-Claude Moïsson
The adoption by the CNRS of a child that was doing well elsewhere.
- 14 **Management sciences in France: current trends**
Henri Savall
Are the field and the model two related enemies? No, as management methodology tests are there to reconcile them.
• The scientific Group "data processing, applied mathematics and management"
Jean-Marie Doublet
- 18 **The Management Research Centre of the Ecole Polytechnique**
Hervé Dumez, Alain Jeunemaitre
As with other disciplines, management research is carried out in laboratories, we visited one with recognized experience.
- 22 **Demonstrating the hidden costs**
Henri Savall
A lever with which to develop the socio-economic effectiveness of industry in the face of a reality that is difficult to evaluate by accountancy. An original method based on observation.
• The evolution of firms and its determinants
Jean-Pierre Debourse, Isabelle Danjou
- 26 **Management constraints and price fixing in the public sector: the case of the EDF**
Martine Bungener
In the EDF, company management and economic policy largely interfere with each other. Did you realise this? If not, connect up!
- 29 **Management research and local organisations. The experience of the Scientific Management Centre of the Ecole des Mines de Paris**
Patrick Garnier, Jean-Claude Moïsson
Research in action in the management of local organisations.
• The coordinated research Group on local administration
Christian Le Lamer
- 33 **Computer management in the Ministry of Education**
Claude Delobel
When data processing encounters the constraints of management.
- 39 **Financial management and current trends in the capital markets**
Michel Levasseur
The effervescence of the capital markets and the intense research activity concerning them.
- 43 **Research reports**
- 43 **Forms, vibrations and non-destructive tests**
Jean-Pierre Bourguignon
A brief look at Riemann's geometry or "can you hear the shape of a drum?"
- 48 **Birdsong**
Michel Kreutzer
A very complex means of communication, different from species to species, with its own structures and functions.
- 51 **Molecules: electronic population and spin order**
Jean-Pierre Dandey, Jean-Paul Malrien, Daniel Maynaud
The distribution of electrons in the molecular space may be read and approached in practice using radically different models. In opposition to the dominant model of localised or delocalised molecular orbitals, this article proposes a description in which the electronic population is governed by a spin order.
- 56 **What is biometry?**
Jean-Marie Legay
Biometry, a recent discipline, has given rise to a debate or confrontation between different points of view. Questions may be asked about the reasons and consequences of a success which is apparent-uncommonly--in the field of methodology.
- 62 **Inquiry**
Energy saving in the laboratory
Pierre Dejours, Jean Bouleau, Alain Tissier
How to cut the costs of power consumption in a laboratory by four.
- 65 **Scientists encounter the young**
The taste of science
Nina Berrebi
As part of the 1000 classes, 1000 scientists operation, a successful experiment between the CNRS Institute of Embryology and the upper science class of the Charles-le-Chauve Lycée at Roissy-en-Brie.
- 67 **International cooperation**
A look at the organisation of research in the United Kingdom
Nina Poffé, Germaine Wild, Jacques Bordé
Towards a new balance between pragmatism and tradition.
- 71 **The CNRS Editions**
Point of view on...
Jean-Philippe Genet, Monique Mounier-Kuhn, Hervé Théry
- 32 **Readers' letters**

L'ÉVOLUTION DES STRUCTURES DU CNRS

La direction du CNRS avait déjà, à plusieurs reprises, depuis deux ans, lors de séminaires, à Ambosse et à Garchy, souligné la nécessité d'une évolution de l'organisme.

En septembre 1985, la direction qui s'est réunie à nouveau à Garchy a analysé de façon plus précise les problèmes qu'elle rencontre dans la gestion de sa politique et les modes d'action possibles pour les résoudre.

La taille de l'organisme, les responsabilités qu'il exerce au sein de la politique nationale et internationale rendent, effectivement, de plus en plus indispensable cette réflexion.

Le CNRS met en œuvre une politique d'objectifs scientifiques, assurant la progression de l'ensemble du front des connaissances, intervient en partie sur programmes et sur projets, soutient une fraction notable de la recherche universitaire, développe ses relations avec les autres organismes de recherche et les entreprises et consacre une partie de ses moyens, 20 % environ, à une recherche finalisée qui est le prolongement direct de l'activité de recherche de base de ses laboratoires.

Il est donc indispensable de renforcer le processus, déjà amorcé, de décloisonnement et d'animation de la recherche et, compte tenu de la progression du coût de la recherche, d'une meilleure utilisation des moyens. Le rôle d'animation de la politique scientifique des départements doit être notamment affirmé, mais aussi accru.

Cela conduira au sein des départements à un double mouvement. D'une part, l'organisation des départements nécessite une décentralisation du processus de décision par délégation de certaines responsabilités. D'autre part, l'organisation de la recherche au plan national et régional implique l'identification d'unités de recherche propres et associées au CNRS jouant un rôle particulièrement important dans le dispositif de recherche. Ces laboratoires « nationaux » (formule initiée dans le département des sciences physiques pour l'ingénieur) ou « pilotes » (déterminés avec la direction de la recherche du ministère de l'Éducation nationale et les établissements d'enseignement supérieur), recevant un soutien spécifique en équipement mi-lourd et notamment en ingénieurs-techniciens administratifs, mais ayant la responsabilité d'aider la

communauté concernée. Ils ne seront pas des lieux exclusifs de l'excellence, mais, ouverts aux équipes extérieures, pourront être les points d'ancrage d'un regroupement d'équipes travaillant sur un programme ou un projet.

Monsieur Hubert Curien, ministre de la Recherche et de la Technologie, dans son discours de remise de la Médaille d'or du CNRS, en décembre 1985*, a souligné, à son tour, la nécessité de poursuivre l'évolution du CNRS vers une déconcentration du processus de décision et une intégration des laboratoires propres et associés du CNRS dans des ensembles cohérents, travaillant en concertation sur des objectifs communs, pouvant constituer des réseaux, qui généraliseraient en quelque sorte la notion de groupements de recherches coordonnées (GRECO).

Cette préoccupation repart tout à fait celle de la direction qui poursuit, depuis Garchy, un débat interne dans le but de procéder à une « réforme tranquille », à partir de propositions permettant d'optimiser les structures existantes. Les départements scientifiques, qui ont une politique incitative basée sur des fédérations d'équipes, fonctionnant déjà de manière satisfaisante, sont prêts à développer, d'une façon très progressive — car tout ne pourrait pas être structuré de cette façon — l'animation d'ensembles scientifiques cohérents constitués en « réseaux ».

L'organisation du CNRS est compliquée, et en cela elle se rapproche de celle d'une grande entreprise qui devrait mettre en place, pour s'alléger, des « sous-ensembles », souples, d'animation et de concertation.

Il faut maintenant savoir prendre un tournant, montrer que la taille du CNRS n'est pas un handicap, qu'il peut suivre le mouvement de la science, lancer des programmes nouveaux sans procédures excessives, avoir des coopérations industrielles efficaces et jouer de son atout majeur, sa pluridisciplinarité institutionnelle. Celle-ci est l'un des garants de son unité.

Pierre Papon
Directeur général du CNRS

* Ce discours a été publié dans le n° 63, novembre-décembre 1985, du Courrier du CNRS.

Témoignages

Michel Seurat, chercheur au CNRS, a été pris en otage le 22 mai 1985 alors qu'il regagnait son domicile à Beyrouth après avoir participé à un colloque international. Ses collègues et amis ont voulu témoigner, en présence de représentants de toute la communauté scientifique, le 14 mars 1986, de son engagement au seul service de la vérité et du progrès humain.

"Au CNRS, dans cette maison qui est celle de Michel Seurat, nous sommes réunis ce matin pour témoigner. La direction a souhaité avec la famille de Michel, rassembler ici ses proches, ses amis, ses collègues, ceux qui ont travaillé avec lui, qui connaissent ses travaux. C'est la communauté scientifique nationale toute entière qui, face à l'évolution dramatique de la situation, va s'exprimer et témoigner des travaux de recherche de l'un des siens.

Aujourd'hui, à la même heure, dans tous les lieux où se conduisent des recherches et un enseignement sur la langue, l'histoire et la civilisation arabes, des manifestations analogues de témoignages se déroulent.

Michel Seurat, chercheur au CNRS, de réputation internationale, a consacré sa vie de chercheur à faire mieux comprendre les sociétés islamiques du Moyen-Orient et tout particulièrement un pays qu'il aime, le Liban. Ses travaux sont ceux d'un chercheur animé par la volonté de comprendre, de dialoguer avec tous et d'expliquer, comme le diront les personnalités qui vont intervenir, les évolutions et les bouleversements que connaissent les sociétés qu'il observe, vivant parfois de profonds drames.

Son œuvre, sa connaissance profonde des sociétés arabes et musulmanes et sa vie ont fait de Michel Seurat un ami de tous les peuples du Moyen-Orient, elles rendent d'autant plus odieuses et insupportables les accusations portées contre lui par ceux qui l'ont pris en otage.

Michel Seurat montre par ses travaux, par son éthique, qu'un chercheur est aussi un témoin qui doit tout faire pour que la recherche reste au service de tous les hommes pour les aider à mieux se comprendre. La présence ici ce matin des représentants de Monseigneur Lustiger, cardinal archevêque de Paris et du Cheik Abbas Ben Cheick El Houcine, recteur de la Mosquée de Paris est un symbole refusant le fanatisme et la violence, c'est avant tout un message de fraternité que nous voulons transmettre."

(Pierre Papon, directeur général du CNRS)

"J'ai bien connu Michel Seurat lorsqu'il était jeune étudiant, jeune diplômé de l'Institut des langues orientales. Michel Seurat était parti à l'Institut français d'études arabes de Damas pour y achever sa licence d'arabe. A son retour à Paris III où j'enseignais, il prépare un mémoire de maîtrise sur littérature et société arabe contemporaine avant de préparer avec Alain Touraine une thèse de 3^e cycle.

Ce qui m'avait à l'époque le plus frappé chez cet étudiant, c'est que, dès ses premières années de recherche, Michel Seurat avait déjà manifesté son intérêt pour la langue arabe comme moyen indispensable de compréhension de la société et de la culture exprimées en cette langue: des études "classiques" d'arabe ne lui suffisaient pas, mais à son sens, devaient s'inscrire dans l'ensemble que forment les sciences sociales dans leur interdisciplinarité.

Michel Seurat a donc voulu tout naturellement vivre au cœur même de la nation qu'il voulait étudier: ces maîtres devant sa décision auraient-ils dû le décourager ou au contraire le conforter dans sa décision qui l'entraînait dans des régions où les risques étaient très ou même trop importants, le sort de Michel Seurat pour le problème crucial de la recherche en sciences sociales et des risques dramatiques qu'elle peut faire courir à ceux qui s'y consacrent."

(André Miquel, professeur au Collège de France)

"L'enlèvement de Michel Seurat pose deux questions qui sont aussi celles des sciences sociales:

Comment comprendre et expliquer des sociétés différentes sans aller sur le terrain et prendre donc le risque d'être suspecté d'autres activités que la recherche scientifique?

La suspicion légitime (?) d'une société qui ne veut pas que nous la regardions à pour corollaire inverse la suspicion de la société d'origine envers toute personne qui essaye d'ouvrir le dialogue avec des pays hostiles: comment transforme-t-on la victime en coupable? C'est un processus classique utilisé par ceux qui préfèrent la politique de la canonnière au dialogue. Or l'une des fonctions essentielles des sciences sociales est de permettre le dialogue entre les hommes par delà leurs différences. C'est ce qu'avait fait Michel Seurat et c'est sans doute pour cela qu'il a été "assassiné".

(Bruno Étienne, professeur à l'université d'Aix-Marseille II)

"Ceux qui rendent les plus grands services aux sciences humaines sont ceux qui analysent des situations éloignées de la nôtre, dans le

temps ou dans l'espace, et qui ont la capacité de transformer les catégories et les notions auxquelles nous sommes habitués pour les remplacer par d'autres, capables de mieux rendre compte à la fois de ces expériences historiques différentes et de la nôtre. Michel Seurat voulait être et fut un de ces spécialistes des régions du monde différentes de la nôtre, mais qui ne veut pas être défini par une autre politique ou culturelle et qui veut être un sociologue au sens plein du terme. Ceci est visible dans le mémoire important qu'il écrivait il y a peu sur les luttes urbaines et confessionnelles à Tripoli. Ce texte s'efforce d'unir des débats de sociologie générale portant sur différentes conceptions de sociologie urbaine et une analyse extrêmement précise d'un conflit dans la grande ville du nord Liban. Pareille combinaison d'une spécialité régionale et de préoccupations d'ordre général ne peut être réussie que par les plus grands. Michel Seurat a éprouvé dans son travail quotidien et au long de tant d'années passées en Syrie et au Liban l'extrême difficulté de la tâche qu'il avait entreprise mais qu'il considérait comme d'une importance centrale.

Le problème général auquel il a surtout voulu se consacrer fut celui de la formation de l'Etat, en Syrie d'abord et dans l'ensemble du Moyen-Orient arabe ensuite. Sujet qui illustre parfaitement sa double orientation, d'arabisme et de sociologie. Formé dans la société française qui, plus que toute autre, a associé les notions d'Etat et de nation, dans notre pays qui, avec l'Angleterre, est l'inventeur de cet Etat national qui repose sur les institutions et le droit, il a été fasciné par la dissociation dans la plupart des pays du Moyen-Orient, de l'Etat et de la nation. Surtout, face à des Etats sans nation ou qui s'efforcent de constituer de manière autoritaire et même brutale, une nation, il a pris intellectuellement le parti des nations sans Etat, de ces nations qui se réduisent à être des communautés à l'intérieur d'un territoire national et qui parfois se voient même limitées à être des quartiers dans une ville déchirée par la guerre civile, comme ce fut le cas à Beyrouth ou à Tripoli. Comment ne pas penser au tragique paradoxe du sort réservé au chercheur qui prit constamment le parti des peuples, des gens, contre les Etats et qui voulut comprendre du plus près la situation et le sens de l'action de ceux qui étaient portés par un désir d'Etat, d'Etat national, ou tout au moins, de territoire communautaire, car lorsque l'Etat et la nation sont séparés, il n'existe plus de place pour le droit et les institutions, de sorte que face à des Etats autoritaires, n'existent plus que des sentiments nationalitaires qui peuvent se transformer en revendications politiques et culturelles néo-communautaires, en particulier islamistes. Michel Seurat eut constamment la conscience la plus vive des contradictions qui déchiraient la région où il vivait, qu'il étudiait, qu'il aimait, et dont il ne parvenait pas à s'éloigner. Le drame de sa vie personnelle ne peut pas être séparé de celui de la région qu'il avait choisie d'étudier. Ce n'est pas un hasard si le principal responsable du quartier sunnite de Tripoli qu'il avait étudié, disparut dans la bataille peu de temps avant que ne disparaisse à son tour le chercheur français. Il est rare qu'une vie soit aussi étroitement associée dans son histoire personnelle au devenir, au destin d'un peuple, d'une nation ou d'un Etat et il faut une extrême capacité de sympathie, de compréhension et d'analyse pour parvenir à mêler aussi étroitement sa propre vie aux événements d'une région du monde. Ce qui démontre la grande qualité de chercheur de Michel Seurat en qu'il a réussi ce mélange d'une histoire personnelle et d'une histoire politique générale à un degré si grand que l'histoire même de son drame aide à mieux comprendre les problèmes de ceux au milieu desquels il a vécu, homme libre et prisonnier. C'est pourquoi tant d'intellectuels du monde arabe se sentent si proches de Michel Seurat: non seulement parce qu'ils n'ont jamais douté de son attachement à la connaissance et au monde arabe, mais parce qu'ils ont bien senti que le drame de sa vie ne fut jamais étranger au drame de leurs propres pays.

Ne pensons pas seulement à cet homme si doux, si désireux de comprendre l'autre, à ses hésitations, à son désir d'être présent et d'être fidèle à tout: pensons aussi à la haute qualité d'une analyse, d'un effort de compréhension dont l'échec tragique s'approche au plus près de l'expérience, faite du même tragique, du Moyen-Orient arabe."

(Alain Touraine, directeur d'études à l'Ecole des hautes études en sciences sociales, directeur de recherche de Michel Seurat au CNRS)

"Après les interventions précédentes, évoquant la diversité et la qualité des travaux scientifiques de Michel Seurat, je voudrais apporter un témoignage plus personnel.

Je connais Michel depuis de nombreuses années. Nous nous sommes rencontrés pour la première fois, à la fin des années 1960, à l'université de Lyon. Il n'était pas directement mon étudiant, mais des collègues lyonnais m'avaient parlé, alors, d'un jeune historien déjà passionné par l'étude du monde arabe contemporain. C'est à Beyrouth, il y a une quinzaine d'années, que j'ai vraiment découvert Mi-

Michel Seurat. Il avait été chargé, malgré son jeune âge, d'un enseignement de l'histoire du Proche-Orient contemporain. Ses cours à l'université française de Beyrouth, annexe libanaise de l'université Lyon II, étaient très appréciés. Nous partageons les mêmes étudiants, lui en histoire, moi en géographie. Je peux témoigner de rayonnement qu'il avait déjà auprès des étudiants, durant ces années qui ont précédé le déclenchement du conflit libanais.

De 1975 à 1978, Michel Seurat fut pensionnaire-scientifique à l'Institut français d'études arabes de Damas. Le jeune historien, tout en perfectionnant sa grande maîtrise de la langue arabe, était devenu sociologue. Le CERMOC (Centre d'études et de recherches sur le Moyen-Orient contemporain), créé à Beyrouth en 1977 allait accueillir Michel Seurat à partir d'octobre 1978. Pendant deux ans, il fut pensionnaire-scientifique dans ce centre universitaire franco-libanais chargé de développer des recherches pluridisciplinaires sur l'Orient arabe contemporain dans le domaine des sciences sociales. Nommé au CNRS à partir d'octobre 1980, Michel Seurat obtient l'autorisation de demeurer à Beyrouth, et continue de travailler en étroite collaboration avec le CERMOC, où il occupera à partir de 1984 les fonctions de secrétaire-scientifique.

En tant qu'ancien directeur du CERMOC de 1977 à 1983, il m'est facile d'apporter un témoignage sur les qualités scientifiques, intellectuelles et humaines de Michel Seurat. Dans ce Centre de recherches pluridisciplinaires, Michel était l'incarnation même de la pluridisciplinarité, en raison de sa triple formation d'historien, de politologue et de sociologue, sans oublier aussi sa qualité d'ambassadeur. Par sa connaissance intime des sociétés libanaises et syriennes, Michel a beaucoup apporté au CERMOC.

Cela apparaît dans les contributions écrites qu'il a rédigées pour le CERMOC, mais aussi indirectement dans d'autres ouvrages de notre Centre qu'il n'a pas signés. En effet, dans nos multiples réunions de travail, qui regroupaient au CERMOC des chercheurs français et libanais, les interventions toujours pertinentes de Michel Seurat ont profité à tous et se retrouvent assez bien dans la plupart des ouvrages du CERMOC. Enfin, n'oublions pas également que Michel Seurat a sauvé à deux reprises avec beaucoup de courage la bibliothèque du CERMOC, durant l'été 1982 et le printemps 1984, assurant personnellement l'évacuation de milliers d'ouvrages, alors que les bâtiments du CERMOC se trouvaient au centre des combats.

Bien que les nouvelles en provenance de Beyrouth soient de plus en plus alarmantes, je voudrais essayer de parler de Michel au présent, d'abord parce qu'il est toujours permis de se raccrocher à un espoir même infime, mais aussi et surtout parce que Michel est et restera toujours présent parmi nous. D'une part, Michel Seurat demeure présent par son œuvre scientifique, d'autre part, pour sa famille et pour ses amis il est évident que sa présence demeurera toujours vivante.

Permettez-moi de m'adresser directement à Michel Seurat. Je veux d'abord te dire, mon cher Michel, que depuis le 22 mai 1985 tes amis, dont la plupart appartiennent à la communauté scientifique internationale, vivent dans une inquiétude permanente. La veille et l'avant-veille de ton enlèvement, nous avions eu ensemble de longs entretiens. Je te faisais part de mon inquiétude de te voir repartir au Liban et me permettais de te donner des conseils amicaux de prudence. Tu m'avais répondu avec ta gentillesse habituelle et ton sourire désarmant que tu ne craignais rien, car tes amitiés si profondes avec des Libanais de diverses communautés te mettaient à l'abri de tout danger. Si la nouvelle de ton assassinat est confirmée, on pourra dire que tu as été exécuté par excès d'amour pour le Liban.

Il faut que tu saches, Michel, à quel point la communauté scientifique a été révoltée par les accusations mensongères d'espionnage formulées contre toi et tes recherches strictement universitaires. Nous ne laisserons jamais salir la mémoire d'un des plus brillants représentants de la recherche universitaire française sur l'Orient arabe contemporain.

De même, connaissant ta passion pour le monde arabe et pour l'Islam, nous ne permettrons pas non plus que ton assassinat soit utilisé et exploité par certains, dans une réaction xénophobe contre le monde arabe ou contre l'Islam.

Je voudrais aussi te dire, mon cher Michel, que tes amis seront toujours là pour aider et entourer Mary, dont la détresse et les cris de douleur, amplifiés par les médias, parviennent jusqu'à nous et nous font mal. Nous n'oublions pas, également Alexandra qui aura quatre ans en avril et Laetitia qui n'a qu'un an et demi. Je me souviens de ta joie en avril 1982, en m'annonçant la naissance d'Alexandra, et de ta fierté en me présentant ce beau bébé.

La personnalité de Michel Seurat est extrêmement riche. À côté du chercheur unanimement apprécié et de l'intellectuel brillant, jonglant avec les concepts ou les courants idéologiques contemporains, il ne faut pas oublier l'homme et ses qualités humaines exceptionnelles. Je pense au père de famille attentif et scrupuleux, veillant à tout, ou à l'ami généreux, toujours prêt à rendre service.

Dans son travail quotidien, ses qualités humaines se combinaient avec ses qualités intellectuelles. Ainsi, à Beyrouth sa disponibilité permanente était légendaire, et de très nombreux étudiants et universitaires libanais venaient souvent le rencontrer, appréciant sa rigueur scientifique et sa connaissance intime des sociétés libanaises et sy-

riennes. De même, dans de nombreuses réunions scientifiques internationales, en France, dans le monde arabe et aux États-Unis, j'ai pu constater à plusieurs reprises combien chaque intervention de Michel Seurat était toujours unanimement appréciée par les meilleurs spécialistes de la recherche universitaire sur le monde arabe contemporain, semblaient à la qualité des analyses ainsi présentées mais aussi à la modestie de leur auteur.

(André Bourgey, Institut national des langues et civilisations orientales, ancien directeur du CERMOC)

"Je remercie toutes les personnalités qui sont intervenues ce matin et toute la communauté présente ou absente nous par la pensée.

Tous ces témoignages sur les travaux de Michel Seurat, sur le sens qu'il donne à sa vie, sont aussi un message d'espoir que je dédie également à tous les autres orages déchaînés actuellement au Liban, et à leur famille.

Les derniers mots de cette réunion seront les siens, ceux de l'héroïne des nouvelles d'un écrivain palestinien, Ghassan Kanafani. Des hommes dans le soleil, qu'il a traduits.

"Mon Dieu Oum-Saad ! On en a vu des choses dans cette vie !"

Elle prit son petit baluchon et se dirigea vers la porte. Une odeur de campagne se répandit dans la pièce... Alors que je la croyais partie, je l'entendis crier du portail.

— La vigne a fait des bourgeons, petit, regarde !

Je fis quelques pas vers la porte. Oum-Saad était penchée à l'endroit même où elle avait planté ce morceau de bois mort qu'elle m'avait apporté un matin. Il y avait bien une éperle de cela. Elle regardait cette petite pousse verte qui sortait toute fière de la terre. Et qui semblait avoir quelque chose à nous dire.

(Pierre Papon)

Comme dans tous les laboratoires du CNRS une réunion d'une heure a eu lieu à l'Institut de recherches et d'études sur le monde arabe et musulman d'Aix-en-Provence.

"En nous réunissant aujourd'hui à l'Institut de recherches et d'études sur le monde arabe et musulman d'Aix-en-Provence nous voulons ne pas laisser bafouer sans réagir l'idéal de Michel Seurat qui est celui d'une recherche au service de tous les hommes. Les accusations portées contre lui sont une offense insupportable pour tous ceux qui le connaissent et un défi à la bonne foi.

Il existe un Islam fraternel et humain dont les ravisseurs de Michel Seurat ont défiguré le visage ; il existe un monde arabe accueillant et amical qu'ils ont trahi. C'est à ce monde arabe que nous faisons appel pour que, au-delà du martyre qu'il subit, Michel Seurat soit reconnu comme le juste qu'il est par ceux qu'il a aimés profondément et lucidement.

(Paul Boonenfant, responsable du Centre d'études et de recherches sur l'Orient arabe contemporain)

Jérôme Lentin, maître de conférences à l'université de Paris X

André Raymond, responsable du Centre de recherches et d'études sur les sociétés méditerranéennes

Bruno Etienne, professeur à l'université d'Aix-Marseille II

Principaux ouvrages de Michel Seurat

"Sati al-Hawri ou la nation arabe objectivée - Contribution à l'étude de l'idéologie arabe contemporaine", Thèse de 3^e cycle, 1977, université Paris V.

Ghassan Kanafani : *Des hommes dans le soleil*, nouvelles présentées et traduites de l'arabe par Michel Seurat. La Bibliothèque arabe, diffusion Sindbad, 1977, 202 p.

"État et paysans en Syrie. Problèmes agraires en Syrie : l'eau, l'État, les paysans", *Revue de géographie de Lyon*, 1979, vol. 54, n° 3, pp. 257-270.

"Le rôle de Lyon dans l'installation du mandat français en Syrie : intérêts économiques et culturels, luttes d'opinion (1915-1925)", *Bulletin d'études orientales*, T. XXXI, 1979, Damas, pp. 129-165.

"Les populations, l'État et la société", in *La Syrie d'aujourd'hui*, CEROAC-CNRS, 1981, pp. 87-141.

Edvard Said, *L'orientalisme : l'Orient créé par l'Occident*, *Revue d'études palestiniennes*, 1981, n° 1, pp. 140-146.

"État et industrialisation dans l'Orient arabe (les fondements socio-historiques)", in *Industrialisation et changements sociaux dans l'Orient arabe*, CERMOC, Beyrouth, diffusion Sindbad, 1982, pp. 27-67.

"Le quartier de Bâh Tebbâne à Tripoli (Liban) : étude d'une 'asabhiyya urbaine'", in *Mouvements communautaires et espaces urbains au Machreq*, CERMOC, 1985, pp. 45-86.

En collaboration

J. Hanouyer, *État et secteur public industriel en Syrie*, CERMOC, Lyon, Presses universitaires de Lyon, 1979, 137 p.

LA MOBILITÉ DES CHERCHEURS DU CNRS

Aller simple ou aller-retour pour l'industrie ?

Jean-Jacques DUBY

Lors du séminaire de Garchy qui s'est déroulé en septembre dernier, l'un des principaux thèmes abordés a été celui du personnel. A cette occasion, Jean-Jacques Duby, directeur de la valorisation et des applications de la recherche du CNRS a présenté les résultats d'une enquête sur "Les chercheurs mis à disposition de l'industrie". Cette étude interne avait été confiée au Centre illois d'études et de recherches sociologiques et économiques (UA 345). Sous la direction de Jean-Claude Rabier, cette unité a enquêté en 1985, auprès de deux cent trois chercheurs mis à disposition (MAD) de l'industrie entre 1979 et 1984. Ses résultats rendent compte de cette question sous ses aspects quantitatifs et qualitatifs. En voici, brièvement résumés, les principaux éléments.

Les motivations

Des entretiens ont été effectués auprès de vingt chercheurs. Ils portaient sur leurs motivations, sur les obstacles rencontrés lors de la mise à disposition, sur les raisons de leur décision. Les enquêteurs ont également demandé aux chercheurs ce qu'ils pensaient des mises à disposition et pourquoi, à leur terme, ils avaient, selon les cas, démissionné ou réintégré le CNRS. Voici les arguments le plus souvent avancés.

Pourquoi avoir choisi d'être chercheur ? La réponse est unanime : "D'abord pour faire de la recherche". Autre élément positif et qui revient comme un leitmotiv : "le CNRS, c'est la liberté". A ces deux motivations positives vient s'en ajouter une autre négative qui traduit, chez beaucoup, un rejet de l'industrie et du monde économique. Rejet que ne fonde, d'ailleurs, aucune argumentation.

Il n'y a donc pas lieu, à cet égard, de s'étonner de l'argument psychologique le plus souvent avancé par les chercheurs ayant refusé une mise à disposition : l'angoisse du départ. Deux autres raisons apparaissent ensuite : la crainte de désorganiser la vie de son laboratoire d'une part et, d'autre part, les problèmes pratiques liés à la famille et au logement.

Mais alors, qu'est-ce qui pousse d'autres chercheurs à surmonter, malgré tout, de

tels obstacles ? Tout simplement, pour la plupart, le besoin de "se changer les idées en allant voir ce qui se fait ailleurs" ou encore de "rencontrer des contraintes différentes". A ce besoin d'aventures s'ajoute aussi l'intérêt pour la valorisation d'une recherche fondamentale ou, tout simplement le fait que "la mobilité, c'est payant pour la carrière". La motivation salariale, quant à elle, n'est que très rarement mise en avant. Que pensent les chercheurs d'une telle expérience ? Les anciens MAD sont unanimes pour exprimer des opinions très favorables à son égard. La plupart d'entre eux

estiment que "tout le monde devrait y passer". Pourquoi ? Parce qu'elles permettent de nouvelles rencontres et d'autres méthodes de travail. Et puis, au terme du voyage, il y a "la fameuse garantie de réintégration au CNRS".

Mais au fait, pourquoi revient-on au CNRS ? Parce qu'avant d'en partir on en avait décidé ainsi. Et si l'on creuse un peu la question on peut s'entendre déclarer que le CNRS offre un plus grand attrait intellectuel que l'industrie. Certains encore, reviennent au bercail pour faire bénéficier leur laboratoire de l'expérience acquise ailleurs. D'autres, enfin, font valoir les contraintes familiales. Cependant, fait intéressant, la moitié des "réintégrés" envisagent explicitement de recourir à une nouvelle mise à disposition dans les deux à six ans ou même, dès que l'occasion se représentera.

Qu'en est-il de ceux qui ne réintègrent pas le CNRS ? Pour les uns, l'entreprise apparaît comme le remède à une situation bloquée dans la recherche publique. Pour les autres, on assiste à la découverte d'une nouvelle vocation ou, plus simplement, d'une préférence. Comme pour ce chercheur qui déclare : "Je constate que je suis beaucoup plus homme d'action que de réflexion. J'ai besoin de faire du concret et du relativement court terme".

Les MAD en chiffres

QUELS SONT LES DEPARTEMENTS LES PLUS MOBILES ? (MAD pour 1000 chercheurs et par an)

Chimie	10,1
Sciences physiques pour l'ingénieur	8,8
Mathématiques et physique de base	5,4
Terre, océan, atmosphère, espace	3,1
Physique nucléaire et corpusculaire	1,0
Sciences de la vie	1,5
Sciences de l'homme et de la société	0,2

DE QUELS DEPARTEMENTS SCIENTIFIQUES PROVIENNENT LES MAD ?

Chimie	47 %
Mathématiques et physique de base	17 %
Sciences physiques pour l'ingénieur	17 %
Sciences de la vie	10 %
Terre, océan, atmosphère, espace	8 %
Physique nucléaire et corpusculaire	2 %
Sciences de l'homme et de la société	1 %
	100 %

LES MAD SONT JEUNES

25 à 34 ans	44 %
35 à 39 ans	30 %
40 à 44 ans	17 %
45 et plus	9 %
	100 %

AVANT LEUR MAD LES CHERCHEURS ETAIENT DEJA MOBILES

28 % ont fait un stage à l'étranger
14 % ont changé de laboratoire
8 % ont changé de région

L'ENTREPRISE REMUNERE PLUS VOLONTIERS LES JEUNES CHERCHEURS

44 % des moins de 35 ans
29 % de 35 à 45 ans
13 % des plus de 35 ans

LES MAD SONT PRODUCTIFS

Brevets : 14 % en ont déposé au moins un	13 %
Publications (moyenne annuelle) :	68 %
- moins d'une	9 %
- une à deux	16 %
- deux à trois	
- plus de trois	100 %

DUREE DES MAD : CELLES D'UN AN SONT LES PLUS FREQUENTES

Un an	81 %
Un à deux ans	23 %
Deux à trois ans	9 %
Plus de trois ans	7 %
	100 %

REMUNERATION PAR LE CNRS : MAJORITE DES MAD POUR LA PREMIERE ANNEE, MINORITE, ENSUITE

Un an et moins	76 %
Un à deux ans	37 %
Deux ans et plus	15 %

PLUS LE CHERCHEUR EST JEUNE, PLUS IL DEMISSIONNE DU CNRS APRES UNE MAD

43 % des moins de 30 ans
31 % de 30 à 34 ans
25 % de 35 à 39 ans
17 % de 40 à 44 ans
14 % des plus de 45 ans

QUEL DIPLOME POSSEDENT LES MAD ?

Universitaire	68 %
Grande école d'ingénieurs	18 %
Ecole normale supérieure	16 %
	100 %

■ Jean-Jacques Duby a été directeur scientifique de la direction de la valorisation et des applications de la recherche du CNRS du 25 novembre 1982 au 28 février 1986.

UNE JEUNE DISCIPLINE AU CNRS : LA RECHERCHE EN GESTION

Présentation

Jean BOURDON

A la suite du dossier sur la physique des particules, avec la présentation de son remarquable potentiel tant humain que matériel, les sciences de la gestion au CNRS semblent appartenir à un autre monde.

L'objet étudié est, à l'évidence, une cause essentielle de différence, mais s'y ajoute la diversité des approches, des méthodes et des structures induites par l'histoire scientifique.

Pourtant, le champ d'analyse des sciences de la gestion est immense puisque centré sur l'analyse des causes et des conséquences de la prise de décision dans les organisations sociales.

Cette approche conduit la gestion à des analyses transdisciplinaires au sein des sciences sociales.

Prendre l'entreprise, au sens le plus large et sous ses diverses formes, comme champ d'analyse ne peut conduire à une théorie unificatrice. Aussi, ce dossier se veut être le témoignage de la richesse et de la diversité des actions de

recherche menées depuis ces dernières années au CNRS.

Dans un tel contexte, ce dossier ne fournit au lecteur qu'un tour d'horizon incomplet sur la recherche en gestion. Ces textes ne peuvent couvrir la totalité des actions de recherche d'une discipline largement représentée, par ailleurs, à l'Université et dans les grandes écoles de gestion. Ce dossier se veut une présentation des caractères

originaux des méthodes de la recherche en gestion, ceci soit à partir de textes de synthèse ou d'exposés sur des cas cliniques volontairement diversifiés. Affirmer l'émergence d'une méthodologie par des recherches portant sur les nouveaux produits des marchés financiers comme sur l'analyse des dysfonctionnements de l'entreprise, témoigne que les sciences de gestion avancent à grands pas.



■ Jean Bourdon, chargé de recherche au CNRS, Centre de documentation sciences humaines (CDSH), 54, boulevard Raspail, 75270 Paris Cedex 06.

De la gestion de la science à la science de la gestion

Synthèse originale, et réussie, du savant et du manager, Michèle Fardeau partage avec Maurice Godelier la charge du département des sciences de l'homme et de la société. Elle y est notamment responsable d'une section dont l'intitulé a été récemment élargi : "sciences de l'économie et de la gestion" (section 36 du Comité national du CNRS).

Question - La vocation de chercheur passe pour passablement éloignée de celle de gestionnaire ; comment donc en êtes-vous venue à concilier les deux ?

Michèle Fardeau - Assez curieusement, puisque j'ai suivi un itinéraire personnel qui résume assez bien l'évolution de cette discipline. J'ai commencé par faire des études de droit, puis je me suis passionnée pour l'économie, avant de m'intéresser à la gestion – et très tôt à l'économie de la recherche, puisque j'ai consacré ma thèse, dès 1966, à "La production des progrès scientifiques et techniques" – dans le domaine relativement récent des activités largement hors marché : la santé, la culture et bien sûr la recherche. C'est à peu près la démarche entreprise et poursuivie par le monde de la recherche : sous l'influence du mouvement d'ensemble de la société et de ses demandes, les sciences économiques se sont progressivement dégagées du secteur juridique après-guerre puis, dans les années 1970, les économistes ont lentement ressenti le besoin de laisser s'affirmer de manière autonome la recherche en matière de gestion.

– Cela signifie que la gestion n'est pas vraiment une nouvelle venue dans l'univers scientifique ?

M.F. - Il faudrait rappeler que la situation actuelle est issue d'un processus qui a commencé à se développer dans les enseignements pratiques des écoles commerciales et qui a connu, depuis une dizaine d'années, un essor tout particulier dans les UER et instituts spécialisés des universités. Cependant, la charge des étudiants et les relations avec les praticiens des entreprises ne laissent que peu de disponibilité aux universitaires pour se consacrer à leurs recherches. Dans cette perspective, la reconnaissance, par le CNRS, en 1983, de la gestion en tant que discipline autonome avait deux objectifs : d'une part, permettre aux chercheurs CNRS en "sciences éco" de s'orienter délibérément vers la recherche en gestion, d'autre part, donner la possibilité aux universitaires et aux professionnels d'approfondir et de confronter leurs expériences dans les laboratoires de recherche.

– De fait, la gestion ne doit pas avoir une trop bonne image, en milieu scientifique : n'est-elle pas synonyme de restrictions de crédits, d'exigences de rendements ?

M.F. - C'est au contraire précisément ce qui fait sa force au CNRS même. Les personnels n'y sont guère hostiles à l'évaluation de leurs performances, les chercheurs sont même fiers de voir appréciés leurs résultats. En outre, la qualité de l'expertise du Comité national confère une légitimité explicite aux ressources allouées à la recherche.

– Dans ce cas, le tout premier objectif de la section 36 n'est-il pas d'étudier la gestion de la science elle-même ?

M.F. - Le CNRS va encourager prochainement de nouveaux programmes sur la gestion des grands organismes de recherche et d'enseignement et je suis convaincue qu'il s'agit là d'un objectif important, même s'il se situe modestement dans nos axes prioritaires.

– Les chercheurs en sciences de la gestion ne s'occupent donc pas par priorité de faire des recherches sur les recherches des autres chercheurs ?

M.F. - La réponse est certainement non. Les chercheurs préfèrent s'intéresser à la dynamique du fonctionnement des entreprises, dans les branches les plus diverses et pas seulement dans les activités de recherche.

– Ils ne se sentent pas gênés d'avoir ainsi le sentiment de vendre leur savoir, leur intelligence et leur travail au monde de l'argent ?

M.F. - Cette fois, je dirai sans hésiter : heureusement, de moins en moins ! D'abord, parce qu'il s'agit d'un immense domaine de la vie sociale où la connaissance reste largement en friche. Ensuite, parce que les chercheurs en retirent l'impression positive de participer de manière concrète aux progrès des entreprises et en même temps de contribuer à une meilleure compréhension des structures qui commandent l'emploi, le développement économique, la qualité de la vie...

– Il n'empêche que, pour cette raison même, ils paraissent n'être ni seuls ni même les premiers sur ce marché ?

M.F. - C'est vrai, mais ce n'est nullement un obstacle. Le domaine à explorer reste si

vaste qu'il offre de la place pour tout le monde. De plus, conformément à la stratégie d'ensemble du CNRS, nos chercheurs y trouvent les meilleures occasions de travailler en étroite collaboration avec les autres institutions existantes. Enfin, il y demeure de larges marges de recherches, dont la rentabilité n'est pas immédiate – mais forte à long terme –, constituant un investissement intellectuel conforme aux objectifs du CNRS.

– Ceci vaut pour la France ; mais les autres pays ne nous ont certainement pas attendus ?

M.F. - Sans doute certaines écoles et institutions étrangères, particulièrement américaines, ont-elles quelques longueurs d'avance en ce qui concerne l'élaboration pragmatique de techniques de gestion. Mais, dès qu'il est question d'analyser ces techniques et de les repenser dans une approche scientifique plus rigoureuse, nous sommes loin de nous révéler en retard.

– Il apparaît donc de grandes perspectives de développement pour cette discipline ?

M.F. - Il est vrai qu'il subsiste un vaste champ de recherche et une forte demande sociale en faveur de son exploration ; mais les progrès risquent d'y demeurer lents dans la mesure où nous avons peu de chance de trouver des candidats en grand nombre ! Cela, pour des raisons brutalement matérielles. Dans un secteur où règne en permanence une grave pénurie de gestionnaires très performants, il est flagrant que les conditions de revenus et de travail, tellement supérieures dans les entreprises continueront longtemps encore à détourner de la recherche les meilleurs chercheurs potentiels.

– Parce que vous estimez que les meilleurs chercheurs vont vers le secteur marchand ?

M.F. - Il est normal que des gestionnaires passionnés par leur métier tiennent à participer à la vie quotidienne des entreprises. Sans doute, faut-il inventer de nouvelles méthodes de collaboration et utiliser avec souplesse toutes les possibilités actuelles qu'offre le CNRS : redéploiement de chercheurs d'autres disciplines ; invitation pour quelques mois de spécialistes étrangers susceptibles de contribuer à l'élaboration de programmes de recherche ; détachement, pour un an ou deux, proposé à des universitaires et à des praticiens et, inversement, mises à disposition de chercheurs CNRS dans les entreprises, ce que permettent les accords-cadres comme, par exemple, celui signé entre le CNRS et Rhône-Poulenc. On peut également concevoir que des conventions CNRS / entreprises prévoient des plans de carrière de cadres comportant une participation à une activité de recherche, cela serait bénéfique pour le praticien, tout en faisant progresser concrètement la recherche en gestion avec, éventuellement, des retombées immédiates au sein des firmes.

Voilà quelques belles perspectives que nous envisageons avec beaucoup de confiance et de dynamisme !

Entretien réalisé par Michel FRIEDMAN

■ Michèle Fardeau, directeur scientifique au CNRS, département des sciences de l'homme et de la société, 15, quai Anatole France, 75700 Paris.

La recherche en gestion au CNRS

Adoption par le CNRS d'un enfant qui n'était pas si malheureux par ailleurs.

Jean-Claude MOISDON

Une évolution à la marge des sciences économiques et sociales mais une ambition d'analyses considérable.

Par rapport aux recherches économiques proprement dites, qui prennent l'entreprise comme un agent parmi d'autres, donc comme un tout, la recherche en gestion a pour objet le fonctionnement des différentes unités qui constituent l'organisation. Elle s'intéresse aux modes de mise en œuvre des flux financiers ou informationnels, aux instruments de la délégation et de la coordination, à la détermination de l'allocation des ressources, au poids de l'environnement sur tous ces éléments, etc., en résumé à la structuration des activités d'une entité collective destinée à accomplir certaines tâches suivant certains critères d'évaluation. Ces collectivités peuvent désigner aussi bien des entreprises que des administrations, des associations, etc.

A l'heure actuelle, au CNRS

En 1983, le CNRS prit acte du fait que peu de chose se faisait en son sein dans le domaine ainsi défini*. En effet, six laboratoires présentaient le terme gestion dans leur sigle officiel, mais seul l'un d'entre eux en faisait son unique thème de recherche. Le décompte des chercheurs CNRS à partir de l'annuaire est difficile, mais on ne devait guère dépasser la dizaine pour le domaine considéré. Si l'on effectuait une étude moins superficielle, on s'apercevait que le terme gestion apparaissait dans des travaux particuliers de certaines autres équipes, mais de façon marginale.

En 1983 donc, le sigle gestion fut introduit dans les structures du Comité national et un effort particulier fut effectué pour en développer la discipline au CNRS. Mais compte tenu des contraintes actuelles, une telle évolution n'a pu s'opérer qu'à la marge: deux chercheurs sur statut CNRS et deux équipes supplémentaires ont, en trois ans, étoffé le potentiel que l'on vient de résumer.

Cela dit, si l'on élargit l'analyse en répertoriant les équipes qui portent un discours sur la vie interne de l'entreprise, c'est-à-dire qui mobilisent des connaissances sur les situations de travail proprement dites, on en trouve évidemment beaucoup plus (une trentaine), qui relèvent de la

■ Jean-Claude Moisdon, maître de recherche à l'École nationale supérieure des mines de Paris, directeur du Centre de gestion scientifique (CGS), membre du Groupement de recherches coordonnées sur l'administration locale (GRAL), GRECO 14, École nationale supérieure des mines de Paris, 60, boulevard Saint-Michel, 75272 Paris Cedex 06.



section "sciences de l'économie et de la gestion", et parfois de quelques autres sections ("sociologie", "droit", "physiopathologie expérimentale et humaine", etc.). Deux éléments essentiels semblent caractériser les travaux correspondants:

- l'éclatement des domaines abordés;
- l'extériorité des chercheurs par rapport aux organisations.

Le premier point est patent lorsque l'on recense les thèmes et travaux abordés: on trouve aussi bien, en faible nombre, des modèles financiers, de marketing, des élaborations de systèmes d'information, des travaux sur la fonction du personnel, sur les relations entre technologie et savoir-faire ou entre relations professionnelles et structures productives, sur les conflits et l'organisation, les processus participatifs, etc.

Le second point signifie qu'à quelques exceptions notables près, les informations utilisées sur les entreprises sont constituées par les données officielles, fournies par l'édifice comptable, ou encore par des techniques de questionnaires et d'entretiens. Il y a, semble-t-il, peu de recherches s'appuyant sur des processus d'observation se traduisant par une insertion de longue durée du chercheur dans les fonctionnements en cause, en vue de décrire les pratiques concrètes des acteurs pour les référer aux schémas théoriques existants.

On peut également signaler que les équipes provinciales s'intéressent beaucoup aux PME.

* Ce texte reprend et adapte des extraits d'une contribution demandée à l'auteur par la commission 36 "sciences de l'économie et de la gestion" en vue de la préparation du schéma directeur de 1983.

par opposition aux équipes parisiennes, et que peu de recherches en gestion semblent exister sur l'administration prise comme organisation, ou encore sur les relations entre administration et entreprises et leurs effets sur ces dernières.

Ailleurs

La relative jeunesse du potentiel sur la recherche en gestion au CNRS est à comparer avec ce qui est réalisé par ailleurs. Dans un bref inventaire, il convient de citer les écoles consulaires rattachées aux chambres de commerce, l'Université avec notamment la structure spécifique des instituts d'administration des entreprises (IAE), certains établissements spécialisés comme l'Institut européen d'administration des affaires (INSEAD), et le récent intérêt des grandes écoles scientifiques. Le nombre d'enseignants-chercheurs, dans ces diverses institutions, est estimé dans un récent rapport à près de trois cents.

Mais là, plus encore qu'au CNRS, les rattachements institutionnels induisent, à quelques exceptions près, les caractéristiques d'éclatement et d'extériorité citées plus haut.

Dans cette recherche, les Etats-Unis sont un modèle de référence mais ils n'échappent pas, eux non plus, aux contradictions de la discipline.

Une documentation automatisée pour les sciences de gestion : DOGE

Le réseau DOGE rassemble autour du thème gestion des entreprises, trente équipes de recherche ou centres de documentation de grands établissements d'enseignement français et étrangers. — DOGE collecte et analyse principalement la littérature de recherche de langue française. Il est animé par une équipe de coordination localisée à l'Institut d'administration des entreprises de l'université de Grenoble II. Ce réseau, qui reçoit un concours de la Fondation nationale pour l'enseignement de la gestion des entreprises (FNEGE), produit, avec l'aide du Centre de documentation sciences humaines du CNRS (CDSH), une revue bibliographique et une banque de données bibliographiques intégrée dans le fichier FRANCIS du CDSH.

Cette banque est accessible sur les serveurs GCAM et Télésystèmes-Questel.

Pour tous compléments d'information, s'adresser à :

CNRS-CDSH, 54, boulevard Raspail, 75270 Paris Cedex 06.

ou IAE, université des sciences sociales, BP 47 X 38040 Grenoble Cedex.

Un schéma identique à celui des entreprises : gestion financière, gestion du personnel et fonctions commerciales.

Il n'en est pas autrement, d'ailleurs, si l'on examine la recherche en gestion à l'étranger. Dans ce champ comme dans d'autres, les Etats-Unis constituent une sorte de référence, et il est certain que plus tôt qu'en Europe de multiples travaux américains sur le management des firmes se sont développés avec une incontestable vitalité : mais là aussi, on ne peut que constater la coexistence de "courants", ne prenant en charge que des vues partielles du rôle de l'entrepreneur : les finances et le marketing constituent deux pôles importants, de même que l'ensemble des travaux relevant des mathématiques de la décision (ou encore de la recherche opérationnelle). Il convient d'y ajouter l'école américaine des théories de l'organisation, qui intègre en principe une vision globale de la firme, mais qui, d'une part se polarise sur les

problèmes de structure, sans faire le lien avec l'instrumentation de gestion, et d'autre part se fonde sur une approche externe du fonctionnement organisationnel, par accumulation de travaux statistiques souvent pointillistes, parfois très éclairants, mais finalement limités quant à la compréhension des mécanismes en cause. Peu ou prou, cette analyse certes trop rapide, peut être étendue aux autres pays occidentaux, avec des nuances souvent importantes. Il est juste de noter toutefois que des infléchissements très intéressants et sans doute stratégiques sont en train d'être opérés quant à cette structuration par disciplines autonomes : c'est ainsi que l'on peut lire dans certaines revues de recherche opérationnelle des articles relevant de la sociologie des organisations, que l'analyse des systèmes semble en passe de devenir une sorte de mot d'ordre fédérateur — à défaut d'une véritable méthode — etc. De même, l'idée de recherche en prise directe avec des terrains d'observation bénéficie d'un certain regain d'intérêt, même si le passage aux faits paraît souvent plus difficile encore qu'en France, notamment aux Etats-Unis.

Pour revenir au cas français, il convient de signaler que si les disciplines de la gestion ont été davantage développées en dehors des institutions de recherche publiques telles le CNRS, c'est sans nul doute par le jeu de relations contractuelles importantes qui ont fait que les équipes correspondantes n'ont guère eu besoin des subsides étatiques. On peut se demander toutefois s'il en serait de même pour un autre type de recherche, se situant différemment par rapport à la fois aux découpages traditionnels du champ et aux objets de l'observation.

Les constatations faites ci-dessus permettront peut-être de repérer un nouveau champ de connaissances, objet de futurs travaux pour les sciences de la gestion.

La gestion et ses compagnes

La multiplicité des lectures de l'entreprise, suggérée par les travaux de recherche, provient d'une structuration du champ par création de disciplines plus ou moins autonomes se développant toutes suivant un schéma analogue :

- repérage d'une classe de problèmes spécifiques et relatifs à un fonctionnement organisationnel : comment choisir un investissement, comment diversifier les produits, comment structurer l'entreprise, quels sont les éléments d'une plus grande participation des employés, etc. ?

- développement de méthodes d'analyse et parfois de résolution de ces problèmes par abstraction, élaboration de concepts propres et représentations articulant ces concepts : efficacité, taux d'encadrement, part de marchés, relation de pouvoir, etc. ;

- abandon à d'autres disciplines des questions n'entrant pas dans l'objet particulier étudié.

Il est frappant de constater que ce partage du champ n'est pas sans analogie avec le découpage traditionnel en fonctions de l'entreprise elle-même : services opérationnels, direction financière, direction commerciale, service marketing, direction du personnel, direction générale, relations humaines, etc. En fait, tout se passe comme si le développement des différentes disciplines accompagnait la structuration des organisations en secteurs pris en charge par des agents se faisant une représentation des problèmes spécifiques qui leur sont posés, mais ne disposant que de peu d'indications sur la nature des questions posées aux autres secteurs et des enjeux qui leur sont associés.

Nécessité d'une nouvelle relation entre les institutions de recherche et le monde industriel.

Il est certain que, comme dans beaucoup de domaines des connaissances, ce phénomène d'abstraction, à la fois par rapport aux autres disciplines et par rapport aux pratiques concrètes, a été une condition de la fécondité des travaux correspondants, mais il laisse également sans aucun doute des manques essentiels.

Le fait organisationnel, en effet, se définit également par la question latente et jamais résolue de la mise en cohérence de différentes logiques d'acteurs, constituées de façon durable autour de représentations, plus ou moins autonomes, de leur place et de leur fonction au sein de l'ensemble.

L'observation prouve à ce titre que les crises et les dysfonctions proviennent, la plupart du temps, d'affrontements de comportements structurés par des contraintes de nature (technique, économique, sociale, culturelle) et de poids très variables; quant aux dirigeants, a priori dépositaires de cette cohérence jamais établie, il se révèle qu'ils sont mus comme les autres par des champs de contraintes et des représentations spécifiques. L'organisation au total, dans sa marche quotidienne, se montre souvent rebelle à l'insertion de disciplines isolées, comme en témoignent les avatars des outils logico-mathématiques d'aide à la décision, à par-

système économique dans son ensemble; en particulier, elle pourrait empêcher que la constitution d'outils perfectionnés ne se transforme, paradoxalement, en sources de dysfonctionnements sociaux comme on a pu le constater parfois, notamment lors de l'implantation de techniques de gestion de l'industrie dans divers milieux qui ne s'y prêtaient pas forcément.

Elle pourrait également éclairer les recherches économiques sur la fiabilité des données qui proviennent de l'entreprise par de multiples canaux, sur leur mode de constitution même, sur la nature de leur hétérogénéité et donc sur le poids des faits organisationnels dans les nomenclatures et les quantités manipulées par les économistes.



tir du moment où on a voulu les "appliquer" aux situations concrètes.

Cet énoncé du phénomène organisationnel est encore peu développé, mais certains chercheurs ont commencé à y consacrer leurs efforts; il ouvre une voie de recherche sur laquelle le CNRS pourrait s'engager, apportant ainsi au domaine de la gestion une contribution spécifique, soutenue par les travaux et les acquis des différentes équipes en sciences sociales qui ont, en fait, toutes à apporter à la recherche en gestion, ceci sans que soient délaissées les recherches plus "instrumentales" et monofonctionnelles qui ont progressivement constitué leur légitimité et leur scientificité.

La richesse d'une telle démarche ne concerne pas seulement le champ des connaissances, mais également les entreprises elles-mêmes et le

Ce courant de recherche n'est pas entièrement à construire en France: un petit nombre d'équipes, par des voies différentes, commencent à aborder l'organisation dans son ensemble: en ce qui concerne l'étranger, où les cloisonnements du savoir semblent avoir autant de prégnance qu'ici (notamment aux États-Unis) on peut repérer également quelques démarrages dans cette voie.

Si le CNRS décide d'encourager ce type de recherche, les moyens à mettre en œuvre ne sauraient concerner uniquement les problèmes de développement d'équipes ou de croissance du nombre de chercheurs: ils doivent également développer une relation nouvelle entre les institutions de recherche, le monde industriel et l'administration, ainsi qu'une prise en compte de facteurs spécifiques dans les modes de jugement des chercheurs.

Les sciences de gestion en France : tendances actuelles

Le terrain et le modèle, deux frères ennemis ? Mais non, les essais de méthodologie en gestion sont là pour les réconcilier.

Henri SAVALL



Les sciences de gestion sont en France une jeune discipline scientifique. Depuis deux ans, un certain nombre d'évolutions fondamentales voient le jour, laissant pressentir la constitution d'une communauté véritablement scientifique. L'auteur souligne ces tendances récentes par l'examen des questions méthodologiques et épistémologiques soulevées dans le champ de la gestion.

En 1984 et 1985, une large part (cent cinquante environ) des enseignants-chercheurs et chercheurs en gestion français s'est réunie à deux reprises dans le cadre d'un séminaire organisé sur le thème de la "Méthodologie en sciences de gestion". C'est là un fait notoire et nouveau qui témoigne d'une récente prise de conscience, de la part des chercheurs et des enseignants-chercheurs, de l'importance des fonde-

ments méthodologiques et épistémologiques de cette discipline.

A l'occasion du premier de ces deux séminaires, j'ai été amené à élaborer à l'intention du CNRS un rapport présentant mes idées étayées par dix années de recherche, sur l'état actuel et l'avenir de la recherche en sciences de gestion en France*. Cet article reprend les points forts de ce rapport.

Recherche appliquée et recherche fondamentale

Les sciences de gestion s'attachent à mieux comprendre le fonctionnement des entreprises.

■ Henri Savall, professeur de sciences de gestion à l'université de Lyon II, directeur de l'Institut de socio-économie des entreprises et des organisations (ISEO), U.A. 383, Les Frères 4, domaine de Charrière Blanche, 69130 Ecully.

* Savall (H.), "Un regard sur la recherche en sciences de gestion en France dans les années 80". Rapport au CNRS et La recherche en sciences de gestion : développement et perspectives en France dans les années 80. Actes du Colloque des 15 et 16 novembre 1984. Avec le concours du CNRS et de la FNEGE, 1985, 322 pages. (Article publié dans la *Revue française de gestion*, septembre-décembre 1985, n° spécial).

Une recherche fondamentale qui progresse par le développement des recherches finalisées, mais le risque d'orienter la recherche par la demande sociale impose des critères d'évaluation appropriés.

entendues dans un sens large, qui recouvre les entreprises industrielles ou commerciales, les organisations de service public, les administrations, les associations... C'est une discipline qui se trouve donc être assez ouvertement en prise avec l'environnement économique et social, qu'il s'agisse des entreprises elles-mêmes ou des instances de pouvoirs publics, régionales et nationales.

Cependant, force est de constater qu'il existe au sein de la communauté des chercheurs en gestion une controverse sur la distinction, voire l'opposition, entre recherche appliquée ou finalisée, et recherche fondamentale. Ainsi, le mot théorie a pris une connotation synonyme d'abstraction, voire d'opposition à toute application, à toute méthode d'induction de la connaissance à partir d'une investigation "sur le terrain", c'est-à-dire dans les entreprises. Symétriquement, recherche expérimentale, ou clinique, ou empirique, est le plus souvent véhémentement opposée à recherche fondamentale. Cette distinction, qui coïncidait jusqu'à ces dernières années avec deux sous-groupes différents de chercheurs, est en train d'évoluer. Ainsi, l'ensemble de la communauté s'accorde aujourd'hui à reconnaître la nécessité de développer des recherches finalisées, articulées aux besoins nouveaux des entreprises et de l'économie nationale. Dans le même temps, une synthèse commence à se dégager sur l'idée que des recherches finalisées, expérimentales, fortement conceptualisées et validées sur de nombreux terrains, devraient fournir la matière principale de la "recherche fondamentale" en sciences de gestion.

Mais il ne faut pas se cacher ce que le développement de recherches finalisées implique en termes d'organisation de la recherche. Ainsi, par exemple, les sciences de gestion sont actuellement segmentées en spécialités, en disciplines, en domaines, qui coïncident avec la division des entreprises en grandes fonctions : finances, comptabilité, contrôle de gestion, marketing, gestion de production, gestion des ressources humaines, stratégie... Or, vouloir conduire des recherches finalisées nécessite d'envisager des thèmes de recherche nouveaux, relatifs à des problèmes majeurs et actuels des entreprises, et qui s'avèrent être transversaux par rapport aux domaines précités : par exemple, gestion des petites et moyennes industries en difficulté, insertion de technologies nouvelles dans les entreprises, ou encore qualité des produits. Cette évolution suppose donc que chaque domaine spécialisé puisse s'insérer dans des programmes de recherche inter-domaines, qui ne sont pas encore fréquents à l'heure actuelle. Le développement de recherches finalisées fait front, en outre, à l'opposition existant entre scientificité de la recherche en gestion et souci de réponse à la demande sociale. On peut définir très succinctement la demande sociale : il s'agit de la demande d'au moins un groupe d'utilisateurs potentiels des résultats de la recherche, tels que les pouvoirs publics, les dirigeants d'entreprises, les syndicats, les professions, les consultants, les formateurs, voire d'autres secteurs de la recherche.

C'est un débat qui n'est pas particulier à la gestion : on le trouve par exemple chez les économistes du CNRS. Mais la particularité en sciences de gestion réside dans le fait que la demande sociale pourrait paraître plus étendue et plus solvable ; par conséquent, on pourrait être tenté d'être moins exigeant au plan scientifique, si l'on venait à estimer qu'il y a urgence et prépondérance à répondre à la demande sociale. Le rôle du CNRS devrait, selon nous, être considéré

pour éviter ce risque de dérive. Ce rôle pourra s'exercer notamment en mettant à l'étude un dispositif d'évaluation des recherches qui rejette nettement l'opposition entre le caractère scientifique d'une recherche et son adéquation à une demande sociale.

La place du terrain dans les travaux de recherche

Le statut épistémologique du terrain est encore très flou, parfois même contradictoire, selon les différentes recherches. En effet, la notion de terrain est très souvent mal définie et l'on trouve une grande variété d'utilisations de l'entreprise comme "terrain". Celle-ci peut être une simple source d'information ponctuelle, par des enquêtes légères, auprès d'un petit nombre d'interlocuteurs, au cours de brefs passages dans des entreprises. À l'opposé, l'entreprise est pour certains un véritable champ d'investigations approfondies, dans des démarches de recherches dites expérimentales, ou cliniques*, exigeant des rapports nombreux, fréquents, durables (plusieurs mois, plusieurs années entre le chercheur et plusieurs dizaines, parfois plusieurs centaines d'acteurs de l'entreprise - direction, encadrement, maîtrise, ouvriers, employés, délégués du personnel, délégués syndicaux...). Finalement, l'entreprise peut être un simple alibi pour la recherche, ou au contraire un véritable creuset pour élaborer un corpus de connaissance, enrichir et faire évoluer les hypothèses et les modélisations préalables du chercheur.

Le discours sur l'importance du terrain pour la recherche en gestion est un fait nouveau en France. On pourrait presque parler d'une "vague" actuelle du "terrain", ce qui n'empêche pas que le statut du terrain dans les recherches nécessite une clarification urgente. Parmi les questions à approfondir, nous retenons particulièrement :

- le mode de lecture du terrain : est-il contemplatif (décrire et expliquer), ou transformatif (décrire, expliquer et modéliser en participant à la transformation, à l'évolution volontaire et structurée de ce terrain) ?
- L'objectif du chercheur : est-il de critiquer avec le plus grand détachement ou d'aider les acteurs du terrain au moyen d'une critique constructive provoquant une production d'information précieuse pour la recherche ?
- Le mode de production des concepts : est-il de conceptualiser ou de faire évoluer des concepts, des modèles et des méthodes à partir du terrain, ou au contraire d'utiliser le terrain *ex-post* pour valider des concepts et des modèles largement préétablis ?
- Le mode de langage : le chercheur doit-il soutenir les concepts originels forgés dans le milieu culturel de la recherche ou doit-il les acclimater (voire les traduire) pour stimuler les pratiques des acteurs au sein des entreprises ?

Spécialisation ou approche globale des organisations

Un discours croissant de nature critique se développe à l'égard des concepts et des outils de

* Les recherches cliniques en sciences sociales se caractérisent par une présence fréquente et de longue durée des chercheurs auprès des acteurs et au sein des organisations et par une participation à l'analyse, voire à la mise en œuvre de solutions aux problèmes posés par les acteurs et les organisations.

Le chercheur domine-t-il le terrain ?



Un appel nécessaire aux autres sciences sociales.

gestion dominants dans la littérature académique, dans celle des milieux professionnels d'entreprise, dans les enseignements, les discours et les pratiques de la gestion. Ce courant critique, qui est né avec quelques pionniers en France depuis près de dix années, commence depuis ces deux dernières années à avoir un impact réel. Ainsi, de nouveaux courants de recherches considèrent qu'il est désormais prioritaire de développer des recherches en finances, en comptabilité, en marketing, en systèmes d'information, en gestion de production... qui utilisent des approches dites d'analyse organisationnelle, ou socio-organisationnelle, ou socio-économique. Ces approches ont la particularité de faire une place importante à des sciences sociales peu intégrées dans les sciences de gestion telles que : la sociologie, l'ethnologie, la psychosociologie, l'histoire, l'ergonomie. On peut noter ici que ces mêmes courants prônent aussi une approche faisant une large part au terrain pour mieux connaître le fonctionnement interne de l'entreprise, renonçant ainsi à la considérer comme une boîte noire impenétrable. La segmentation fonctionnelle des sciences de gestion devrait ainsi atténuer ces inconvénients par la reconnaissance d'une approche globale de l'entreprise. Il est selon nous nécessaire d'inclure dans les nomenclatures cette "spécialité" paradoxale que constitue "l'approche généraliste" de l'entreprise.

Pluridisciplinarité ou transdisciplinarité

Certains considèrent la gestion comme une "discipline-carrefour" alimentée par de grandes disciplines traditionnelles telles que l'économie, le droit, la psychologie, la sociologie, les mathématiques... auxquelles la gestion "emprunte" des concepts, des outils, des modèles.

D'autres pensent que la gestion est un objet de connaissance spécifique qui ne se confond avec aucune autre discipline, tout en considérant qu'elle y puise des ressources conceptuelles et méthodologiques compatibles entre elles et compatibles avec cet objet "gestion", doté d'une identité particulière.

L'objet des sciences de gestion serait alors de constituer une représentation acceptable de cet objet identifiable que constituent les pratiques professionnelles au sein des entreprises, représentation qui ne se confondrait pas avec les images superposées, troubles et illisibles, des lectures propres aux sciences sociales en général.

Vers une communauté scientifique des sciences de gestion

Les tendances actuelles, succinctement présentées ici, sont le reflet d'une volonté des enseignants-chercheurs et des chercheurs de se constituer en une communauté scientifique de la gestion, ayant une cohésion suffisante pour créer une synergie, voulant occuper une place importante dans le secteur des sciences sociales, voulant participer à l'évolution des entreprises et des organisations, à celle des enseignements et de la formation professionnelle, voulant enfin apporter une contribution française de haut niveau, conséquente et spécifique, dans le concert international des recherches en gestion. Mais pour que cette volonté se traduise en réalité, certaines orientations m'apparaissent nécessaires, dans les pratiques de la recherche.

L'une d'elles, déjà entamée à ce jour, consiste à imaginer des modes de gestion originaux et innovateurs mieux adaptés aux entreprises françaises. En effet, les concepts et les outils actuels de la gestion sont souvent d'origine anglosaxonne, ou plus récemment japonaise, alors

Le Groupement scientifique "informatique, mathématiques appliquées et gestion"

Jean-Marie DOUBLET

Les progrès et l'extension des techniques d'intelligence artificielle et des langages évolués, l'apparition des systèmes experts adaptés à des utilisateurs variés leur fournissant un environnement logiciel commode permettant de traiter directement des problèmes nécessitant auparavant une informatique lourde, ne pouvaient manquer d'intéresser les gestionnaires.

On constate en effet une double évolution. Dans les écoles de gestion et les centres de recherches universitaires se développe une motivation très forte pour l'utilisation et la création de systèmes d'aide à la décision; ceci nécessite la mise en place et le développement d'un environnement matériel et logiciel adapté aux sciences de gestion. Dans le monde industriel et bancaire, les responsables de gestion de production, de finance, de marketing, les économistes d'entreprise se sentent de plus en plus concernés par les possibilités d'aide à la prévision et à la décision provenant de méthodes, certes avancées pour le moment, mais qui deviennent faciles à utiliser grâce aux systèmes adaptés.

C'est dans ce contexte qu'est apparue au CNRS l'idée d'un Groupement scientifique "informatique, mathématiques appliquées et gestion". Le Groupement sous l'impulsion d'Alel Bensoussan, directeur général de l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA), a été soutenu dès sa phase initiale en 1984 par l'INRIA et par la Fondation nationale pour l'enseignement de la gestion des entreprises (FNEGE). Outre ces deux institutions, une vingtaine d'équipes de spécialistes de la gestion, de l'économie, des mathématiques de l'informatique appartenant à des grandes écoles de gestion

comme l'Ecole des hautes études commerciales (HEC) et l'Ecole supérieure des sciences économiques et commerciales (ESSEC), certains instituts d'administration des entreprises (IAE), des centres de recherche universitaires en gestion, des entreprises, des banques et notamment le groupe CFC participent au Groupement scientifique. Les départements concernés du CNRS sont les sciences physiques pour l'ingénieur (SPI) et les sciences de l'homme et de la société (SHS).

Les objectifs du Groupement scientifique sont les suivants:

- développer des bases de connaissances adaptées à la gestion. Il s'agit notamment de fournir dans de telles bases tous les outils logiciels mathématiques, statistiques, algorithmiques avec une facilité maximum d'utilisation;
- mettre au point des outils permettant aux spécialistes de gestion non spécialistes en informatique, de créer eux-mêmes leurs propres systèmes d'aide à la décision. Ces systèmes pourraient être spécialisés selon les fonctions (finance, marketing, production) ou selon les branches d'industrie (problèmes bancaires, assurances...);
- définir des outils logiciels de bases communs pour une intégration entre les différentes fonctions grâce notamment à une modélisation d'entreprise.

Dans ce cadre ainsi défini, les projets de recherche du groupement scientifique ont été articulés autour de trois thèmes. Les recherches autour du thème I, "gestion de la production", sont consacrées essentiellement à la réalisation d'un langage spécialisé. Les thèmes II et III ont trait à la mise au point de systèmes experts dans les domaines de la finance et de l'aide à la décision.

Par la suite, le Groupement devrait proposer d'autres thèmes, notamment en matière de marketing et de stratégie.

■ Jean-Marie Doublet, secrétaire général de la Fondation nationale pour l'enseignement de la gestion des entreprises (FNEGE), 2, avenue Hoche, 75008 Paris.

Pledoyer pour une
organisation originale de la
recherche en gestion.

que les entreprises françaises sont des espaces beaucoup plus conflictuels que ne le sont les entreprises anglo-saxonnes ou japonaises, où le consensus social est fort développé. On commence ainsi à parler outre-Atlantique d'une "école française" en matière de gestion, et c'est là un fait nouveau, considérable, depuis la diffusion des idées de Taylor et de Fayol (Première Guerre mondiale).

La constitution de véritables équipes est une seconde orientation nécessaire pour développer la continuité et la convergence des recherches au sein de programmes pluri-annuels de recherche concertés. Pour l'aide à la constitution de ces équipes, la coopération de trois institutions apparaît nécessaire. Il s'agit de la Fondation nationale pour l'enseignement de la gestion des entreprises (FNEGE) qui a, la première, joué un rôle important dans le développement des sciences de gestion en France, du CNRS (notons qu'il y a, à ce jour, seulement six équipes en gestion reconnues par le CNRS) et de la direction de la recherche du ministère de l'Education nationale.

Enfin, ne nous cachons pas que ces évolutions devront se faire en évitant un certain nombre d'écueils (clarifier le statut du terrain en est un exemple) et en mettant en œuvre un certain nombre de moyens: par exemple, développer les financements mixtes par les entreprises et le CNRS, développer et diversifier les supports de diffusion de l'information scientifique, mettre au point des dispositifs de formation des chercheurs à la recherche expérimentale (savoir-faire d'intervention en entreprise), modifier les critères d'évaluation des thèses de doctorat, accorder au sein de la commission 36 "sciences de l'économie et de la gestion" du CNRS des moyens particuliers pour la gestion. ■

BIBLIOGRAPHIE

La recherche en sciences de gestion: développement et perspectives en France dans les années 80, ouvrage co-édité par l'ISEOR et la FNEGE, 1985.
Savall (H.), Zarlet (V.), "Rapport de synthèse sur l'état de la recherche en gestion en France", *Revue française de gestion*, septembre-décembre 1985.

Le Centre de recherche en gestion de l'École polytechnique

Comme dans les autres disciplines, la recherche en gestion est réalisée en laboratoires, nous en avons rencontré un dont l'expérience est reconnue.

Hervé DUMEZ, Alain JEUNEMAÎTRE

Les recherches menées au Centre de recherche en gestion (CRG) renvoient à un enjeu théorique propre: la connaissance des facteurs qui structurent le comportement des agents confrontés à un problème de gestion, placés en "situation de gestion" (1). Dans l'entreprise, l'administration, les agents ont en effet des décisions à prendre. Une question se pose: face à l'ensemble des déterminations possibles, quels sont les facteurs qui définissent la ligne de conduite des agents, qu'est-ce qui donne un ordre de priorité aux réponses qu'ils choisissent?

Résoudre cette question théorique suppose, pour le CRG, une relation suivie et finalisée avec l'entreprise. "Finalisée" ne s'entend pas ici au sens habituel: le produit de la recherche ne sera pas un brevet ou un équivalent. La relation n'est pas de nature commerciale et l'entreprise est considérée comme un partenaire de dialogue scientifique.

Identifier les instruments de gestion

Partant de travaux, menés sur le terrain et analysant des situations de gestion concrètes, le CRG s'est doté d'une représentation de l'agent. Celle-ci pose une hypothèse centrale: les instruments de gestion imposent un cadre, une vision, qui déterminent et structurent le comportement des agents.

Dans une grande organisation, en effet, l'agent gère des situations routinières et exceptionnelles. Il est amené à agir, souvent sous l'empire de l'urgence. Pour déterminer sa conduite, il a recours à des mesures, des indicateurs, des *abrégiés du bon et du vrai*, pour reprendre l'expression de C. Riveline. Par ce biais, l'agent est soumis à des champs de jugement qui structurent son comportement (il doit

réaliser certains objectifs qui lui sont assignés: objectifs chiffrés de production, déficit à réduire, chiffre d'affaires à augmenter, etc.). Ces ensembles formalisés, qui délivrent des informations et fixent des objectifs, chiffrés le plus souvent, le CRG a proposé de les appeler "instruments de gestion". Les "tableaux de bord", utilisés dans nombre de grandes organisations, en sont un bon exemple.

Vérifiant cette hypothèse, les pratiques observées sur le terrain montrent que les instruments de gestion finissent par structurer les choix des agents, sans que ceux-ci en aient toujours pleinement conscience (2). Ce phénomène engendre ce que le CRG nomme des "rationalités locales": l'agent maximise la valeur des paramètres sur lesquels il se sent jugé. Ces rationalités locales peuvent entrer en contradiction avec les objectifs propres à l'organisation dans sa globalité et conduire à des dysfonctionnements. Cherchant à réduire ces dysfonctionnements, les décideurs se heurtent aux mécanismes engendrés par les outils de gestion et voient leur marge de manœuvre restreinte (voir encadré 1).

La mise en évidence du poids des instruments de gestion sur les pratiques des agents, conduit directement, comme le montre l'exemple évoqué dans l'encadré, à l'étude de la dynamique du changement organisationnel. Deux questions se posent en effet:

- qu'est-ce qui empêche de changer d'instrument de gestion en cas de dysfonctionnements?
- quelles sont les conditions qui président finalement au changement?

Autrement dit, il s'agit de repérer les forces de rappel et les forces de changement en tenant compte de toute leur complexité.

L'effort préalable obligé pour analyser le changement organisationnel, consiste à prendre une vue d'ensemble de la situation de gestion. Dans cette démarche préalable, le chercheur a recours à un memento de la complexité, une grille d'analyse qui distingue quatre niveaux: la matière, les personnes, les normes institutionnelles, les normes culturelles (3):

- la matière, qui se définit souvent comme l'environnement technique, impose un champ de contraintes tout en laissant une certaine ouverture sur les solutions possibles. Par exemple, la robotisation d'un atelier entraîne des arbitrages techniques et des contraintes sur l'évolution des conditions de travail;
- le profil des personnes (âge, statut social, formation professionnelle, perspectives de carrière, etc.) influe sur leur comportement;
- les choix des agents s'effectuent également dans le cadre de normes institutionnelles, par exemple, les contraintes formelles imposées par

Les instruments de gestion déterminent les choix des agents: une grille de lecture s'impose pour décrire une réalité complexe.

■ Hervé Dumez, chargé de recherche au CNRS, Centre de recherche en gestion de l'École polytechnique (CRG), UA 943, 1, rue Descartes, 75005 Paris.

■ Alain Jeunemaître, chargé de recherche au CNRS, Centre de recherche en gestion de l'École polytechnique (CRG), UA 943, 1, rue Descartes, 75005 Paris.

Ce travail a été réalisé en collaboration avec Pierre-Jean Benghozi, ingénieur de recherche à l'École polytechnique; Michel Berry, directeur de recherche au CNRS; Jacques Girin, chargé de recherche au CNRS; Paul Mayer, chargé de recherche au CNRS; Christophe Müller, chargé de recherche au CNRS; Gérard de Pouvoirville, chargé de recherche au CNRS; Elisabeth Szuyska, ingénieur de recherche à l'École polytechnique. Centre de recherche en gestion (CRG), UA 943, 1, rue Descartes, 75005 Paris.

Recherche en gestion et "rationalités locales"

Il est possible d'illustrer en quelques mots les phénomènes de rationalités locales par l'évocation d'une recherche menée par le CRG dans le service achats d'une entreprise de construction mécanique.

La politique d'achat de la firme reposait sur l'établissement de budgets prévisionnels fixant des objectifs de prix moyens pondérés aux acheteurs. Pour atteindre à coup sûr ces objectifs, les acheteurs étaient conduits à multiplier les références et les fournisseurs. Le jeu des transferts de commandes leur permettait d'ajuster au plus près leurs réalisations aux prévisions de prix. Cette pratique s'opposait alors à une standardisation des références achetées par l'entreprise, et pouvait générer des écarts de prix importants entre deux fournisseurs pour une même pièce.

Les procédures en vigueur avaient donc pour conséquence de structurer les pratiques des acheteurs, jusqu'à leur faire adopter des comportements "irrationnels" du point de vue de l'efficacité économique.

Ce mode de fonctionnement pouvait-il être remis en cause? La recherche montra les difficultés résultant d'un éventuel changement des paramètres de jugement posant sur le service achats. Le changement de hauteur à la cohérence d'ensemble du fonctionnement de l'entreprise.

les règlements en vigueur dans l'entreprise ou dans son environnement (2).

• enfin, les normes culturelles forment l'ensemble des évidences et des règles qui s'imposent de fait aux agents en situation de gestion. Sans qu'il y ait besoin d'une règle écrite et explicite, chacun sait qu'il existe des choses "qui se font", d'autres "qui ne se font pas".

Dès lors, cette grille qui rend compte des différentes dimensions de la situation, fonctionne de deux manières. Chaque situation connaît une configuration particulière de ces différents niveaux, selon qu'ils sont en phase ou en décalage,

les forces de changement l'emportent ou non sur les forces de rappel. Ainsi, une recherche sur le développement d'une discipline médicale, l'anesthésie-réanimation, a montré le lien entre la configuration particulière de ces quatre dimensions et les moyens alloués par l'administration à la discipline, et par là même, son avenir (4).

La méthode : terrain et dispositif

L'objet de recherche, tel qu'il vient d'être défini, implique un accès aux pratiques de gestion des agents, *in situ*. Les chercheurs en gestion partagent en effet la certitude que les rationalités locales des agents, le caractère déterministe des instruments de gestion, ne peuvent pas être mis en évidence de l'extérieur de l'organisation. Il faut dialoguer avec l'organisation pour accéder à cette connaissance.

Or, on connaît par expérience, la réticence des milieux industriels et administratifs à s'ouvrir sur l'extérieur des lieux que l'on s'intéresse aux prises de décision et à la façon dont elles sont menées. Les affaires de l'organisation sont souvent couvertes du sceau de la confidentialité.

Le seul accès satisfaisant sur le plan éthique (sans exclure la pose de micros sous les bureaux et les écoutes téléphoniques!) est de partir d'un problème de gestion ressenti par l'organisation et posé par elle au chercheur. Il faut donc au départ une demande qui ouvre les portes, mais il faut concilier cette demande et les exigences propres à la recherche.

Inscrit généralement dans une relation contractuelle, le cadre de l'intervention des chercheurs sur le terrain est régi par un dispositif. Celui-ci comprend notamment une instance de gestion (par exemple un comité de suivi paritaire, associant les chercheurs et différents agents concernés par le déroulement de l'investigation) dont on attend qu'elle remplisse les deux fonctions suivantes : résolution pratique d'accès aux données ; mise en lumière des enjeux, demandes, réticences, etc., générés par la recherche en cours. Les débats qui s'y tiennent et les décisions prises sont consignés dans des documents écrits, constituant un matériau qui pourra être repris pour l'analyse *a posteriori* du déroulement de la recherche sur le terrain.

Se trouvent ainsi créées les conditions d'une interaction dynamique, inscrite dans la durée. Il n'est dès lors pas surprenant de voir les relations établies par le CRG avec les entreprises se poursuivre souvent pendant plusieurs années.

A cette modalité qui définit le cadre de la relation, s'ajoute la mise en place d'une technique de contrôle de cette relation, comportant des instances et des procédures internes au CRG, qui ont pour fonction d'assister les chercheurs dans l'analyse de leur relation avec le terrain (groupes d'"échange"). Face aux attentes des agents de l'organisation, sur le terrain, le chercheur doit en effet éviter deux risques majeurs, les Charybde et Scylla de la recherche de terrain.

D'une part, il est confronté à la tentation de l'expertise. Fort de son expérience, il peut être tenté de parler *ex cathedra*, d'imposer sa solution au problème rencontré par les différents agents concernés. D'autre part, il s'expose au danger d'être phagocyté par le milieu qu'il étudie : en contact suivi avec les agents de l'organisation, et plus particulièrement avec certains d'entre eux, le chercheur subit des influences liées à ces contacts. Il adopte plus ou moins consciemment certains points de vue et risque d'en négliger d'autres.



Il convient d'insister sur ce point : dans le cadre d'une telle relation, il n'y a pas de place pour l'observateur neutre. La présence du chercheur a modifié l'environnement et a été prise en compte dans le comportement et les stratégies des agents. Ce qui doit être garanti par des dispositifs, c'est la place centrale de l'objectif de production de connaissances. Il faut faire en sorte que cet objectif, reconnu au départ sur le terrain, se maintienne tout au long de la relation.

Unité et diversité

Les points d'ancrage de la problématique que l'on vient de présenter sont divers. Ainsi, les problèmes posés par la gestion des carrières des cadres dans une grande entreprise, les choix stratégiques de firmes industrielles, la gestion de la sécurité des installations nucléaires, l'organisation d'ateliers de production, etc., mettent en scène une entreprise ou une organisation.

D'autres recherches, portant sur la mise en œuvre des réformes hospitalières, les politiques administratives d'aide aux entreprises, l'octroi de prêts par les banques aux entreprises, ou encore la mécanique du contrôle des prix, mettent en scène en même temps plusieurs organisations en rapport les unes avec les autres : des entreprises, des administrations, des institutions diverses.

Cette diversité de recherches engendre notamment deux interrogations complémentaires sur les instruments de gestion, leur rôle dans les organisations et leur fonction de régulateurs dans les relations entre plusieurs organisations.

Dans les deux cas, le travail du chercheur sur le terrain, ses investigations, sont de même nature.

Il s'agit tout d'abord de faire une "description factuelle des actes élémentaires" (5). En l'espèce, le chercheur analyse le fonctionnement concret des instruments de gestion : comment les pratiques des agents se décomposent-elles ? Comment sont-elles rythmées dans le temps ? Sur quels paramètres les agents sont-ils évalués ? Comment s'en accommodent-ils ? etc.

Il s'agit ensuite de relever le sens que les agents prêtent à leurs comportements, la manière dont ils analysent eux-mêmes la situation de gestion. L'une des fonctions du dispositif de recherche est de rappeler au chercheur la nécessité de ne pas laisser pour compte des points de

vue importants, de relever la diversité des signes locaux du comportement social (6). D'autres méthodes peuvent être mobilisées, tels les groupes de réflexion, auxquels participent des agents représentant les diverses opinions, par des dialogues permettant d'éviter les "langues de bois" habituelles dans les instances de négociation de l'organisation. Ces groupes de réflexion ont fait l'objet d'une formalisation théorique approfondie (7).

Le dialogue des savoirs

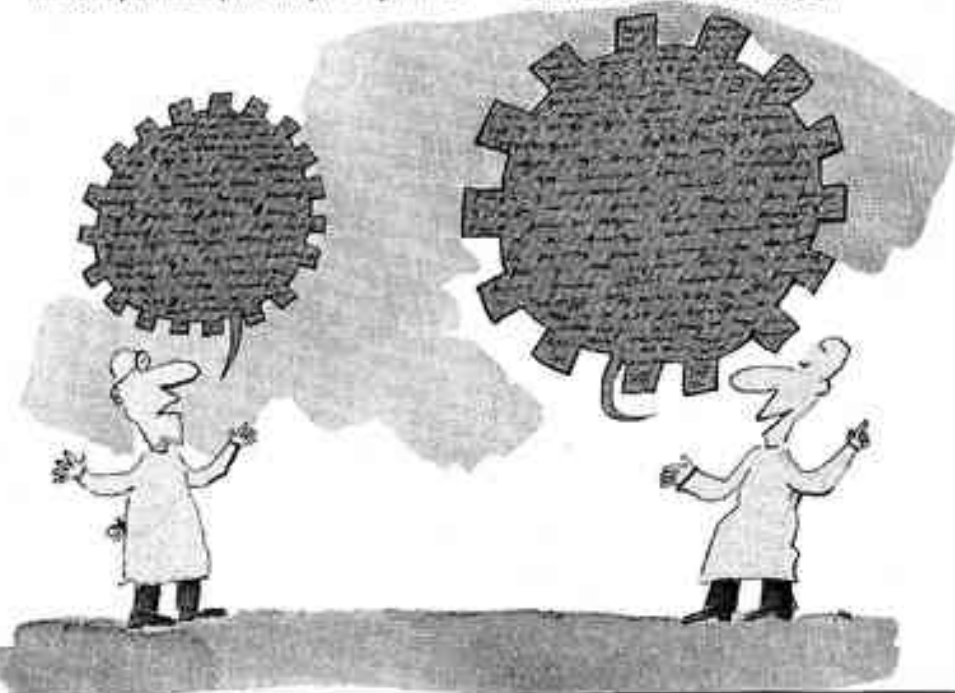
Dans son analyse de la situation de gestion, le chercheur mobilise diverses méthodes des sciences humaines (pour ce faire, la diversité des formations individuelles à l'intérieur du CRG est un atout important). Par ailleurs, comme dans les autres centres, le travail de recherche se concrétise par la tenue de séminaires où sont débattus tant les lectures des chercheurs que les méthodes et résultats de travaux extérieurs (réunions "lectures" et séminaires).

En outre, selon leurs points d'ancrage et leurs centres d'intérêt, les chercheurs s'impliquent dans des réseaux d'échange avec d'autres spécialistes en sciences sociales. La diversité des revues dans lesquelles les chercheurs publient en fournit une illustration : *Année sociologique*, *International Journal of Industrial Organization*, *Journal d'économie médicale*, *Politique et management public*, *Revue d'économie politique*, *Revue française de gestion*, *Sociologie du travail*, le *Bulletin de psychologie*, etc.

Au reste, les praticiens sont également invités à participer à ce dialogue, comme en témoigne l'esprit qui a présidé à la création de la nouvelle série des *Annales des Mines* "Gérer et comprendre".

Enfin, la relation au terrain ne cesse pas à ce stade. Le CRG a toujours considéré comme fondamental d'exposer aux agents les résultats de la recherche. S'engage alors un dialogue animé, quelquefois difficile, toujours fécond. Un échange se noue également avec les autres sciences sociales (voir encadré 2).

Ecouter et comprendre les agents, engager le dialogue et analyser les réactions.



Présentation du CRG

Créé en 1972 à l'Ecole polytechnique, le Centre de recherche en gestion (CRG) est une équipe associée au CNRS depuis 1980. Il est dirigé par Michel Berry, directeur de recherche au CNRS. Le CRG compte actuellement quatorze chercheurs permanents, dont huit chercheurs CNRS. Le personnel administratif est composé de quatre personnes.

En matière d'enseignement, le CRG, le Centre de gestion scientifique (CGS) de l'Ecole nationale supérieure des mines de Paris (ENSMSP), le Laboratoire d'analyse et modélisation de systèmes pour l'aide à la décision (LAMSADE) de l'université Paris IX-Dauphine ont organisé une formation doctorale, celle-ci est habilitée à délivrer des thèses dans le cadre du nouveau doctorat, chaque thèse étant délivrée par l'institution d'origine.

Les chercheurs du CRG participent aux enseignements dispensés dans le DEA "méthodes scientifiques de gestion" (professeur Bernard Roy de l'université Paris IX-Dauphine). D'autres enseignements sont dispensés à l'ENSMSP, à l'Ecole supérieure de sciences économiques et commerciales (ESSEC), à l'université Paris I et à l'UER des sciences humaines cliniques de Paris VII.

Des liens réguliers d'échanges se sont instaurés avec l'étranger : Faculté des sciences de l'administration de l'université Laval, à Québec, Ecole des hautes études commerciales de Montréal, Département de Management de la Wharton School (université de Pennsylvanie). Le CRG accueille régulièrement des chercheurs et enseignants en congé sabbatique ou de formation, venant des Etats-Unis (2), du Québec (3), de République fédérale allemande (1), d'Italie (1), de Suède (1).

Récemment, l'Ecole polytechnique, représentée par le CRG, et l'Ecole nationale de la statistique et de l'administration économique (ENSAE) ont créé en commun un Groupe de recherche en économie industrielle et gestion.

gestion ? Quel sens et quelle portée peut-on attribuer aux actes des agents, à leurs discours ?

Les travaux actuels insistent sur ces deux dimensions : approfondir le concept élémentaire d'instrument de gestion, donner un sens et une définition plus achevée à la situation de gestion. Les recherches dans le domaine de la santé et dans celui de la sécurité illustrent la problématique des instruments : quelles sont les conditions historiques de la mise en place de la nomenclature des actes médicaux ? Quels types de négociations structurent la carte sanitaire ? Les règlements de sécurité sont-ils utilisés de façon préventive ou répressive ? etc. Ces travaux insistent sur les controverses techniques qui président à la mise en place d'un instrument, sur ses propriétés et sa plage d'utilisation, et cherchent à qualifier les modalités de son usage : instrument simulacre, instrument refuge, etc. La permanence dans les modalités du maniement des instruments peut s'avérer déterminante et a été étudiée sous la notion de style de gestion.

Les autres dimensions de la situation de gestion sont particulièrement présentes dans d'autres recherches qui font émerger des notions telles que la gestion symbolique, la culture d'entreprise, la gestion de la parole. Ces angles d'attaque se retrouvent de façon plus spécifique dans les recherches qui portent sur la gestion du personnel, l'organisation du travail, l'introduction de nouvelles technologies, le droit d'expression et les techniques de "management participatif", etc.

Mais ces recherches, soumises à leur dynamique propre, sont également constamment confrontées aux demandes des entreprises et des organisations. Comme le notait Max Weber : *Les progrès les plus considérables dans le domaine des sciences sociales sont liés positivement au fait que les problèmes pratiques de la civilisation se déplacent et qu'ils prennent la forme d'une critique de la construction des concepts* (8).



Du modèle élémentaire à la problématique actuelle

La présentation de la démarche qui figure dans les pages précédentes relève du modèle élémentaire. Les recherches conduites ces dernières années ont compliqué ce modèle de base, et l'ont enrichi.

Plusieurs directions sont apparues. Il est possible d'en évoquer ici quelques-unes.

La relation de l'agent à l'instrument est moins mécanique que ne le laissent penser les paragraphes précédents. L'instrument de gestion est plus ou moins contraignant pour les agents qui sont évalués, comme pour ceux qui les manient. Il existe un jeu (aux deux sens du mot) possible dans cette mécanique.

Le récent regard de la recherche en gestion s'est également attaché à approfondir les notions de situation et d'instrument de gestion : qu'est-ce qui, aux yeux de l'agent, fonde la légitimité de l'instrument de gestion ? Quelles sont les conditions de son élaboration ? Quel est le statut de la parole à l'intérieur d'une situation de

Un agent, une situation, une organisation, chaque cas démontre la relativité des instruments de gestion.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Girin (J.), "Les situations de gestion" in *Le rôle des outils de gestion dans l'évolution des systèmes sociaux complexes*, rapport pour le ministère de la Recherche et de la Technologie, CRG, 1983.
- (2) Berry (M.), "Une technologie invisible", CRG, juin 1983.
- (3) Berry (M.), Moisdon (J.-C.), Riveline (C.), "Qu'est-ce que la recherche en gestion ?", *Informa-tique et gestion*, septembre et octobre 1979.
- (4) Calbridain (M.-O.), "Normes de gestion et pratiques hospitalières" thèse de troisième cycle, Paris IX, juin 1981.
- (5) Riveline (C.), "Pour une approche ethnographique des organisations" *Enseignement et gestion*, printemps 1983.
- (6) Mayer (P.), "Valeur technique et valeur institutionnelle d'un instrument de gestion. Les règlements de sécurité", *Annales des Mines*, juillet-août 1981.
- (7) Midler (C.), "Groupes de réflexions et études cliniques (le cas du Groupe de réflexion sur le bureau informatisé)", CRG, 1985.
- (8) Weber (M.), *Essais sur la théorie de la science*, Paris, Plon, 1965.

Une bibliographie plus développée est disponible au CRG.

Mettre en évidence les coûts cachés

Un levier pour développer l'efficacité socio-économique de l'entreprise devant une réalité difficile à évaluer par des outils comptables. Une méthode originale fondée sur l'observation.

Henri SAVALL

L'absentéisme, les accidents, les changements de personnel sont autant de facteurs qui pénalisent la productivité de l'entreprise. Comment les évaluer ?

Des solutions individuelles sont proposées, d'autres concernent l'entreprise en tant que collectivité.

Une approche globale de l'entreprise fondée sur une méthode expérimentale, permet de calculer les "coûts cachés" d'une entreprise puis de rechercher des solutions de gestion innovatrices pour les réduire. Le modèle d'analyse progressivement créé et expérimenté par les chercheurs de l'ISEOR est présenté dans cet article, ainsi que ses conditions d'expérimentation.

Les coûts cachés, concept de base des travaux de recherche développés depuis dix ans par l'équipe de l'Institut de socio-économie des entreprises et des organisations (ISEOR)*, correspondent à un phénomène dont tout acteur d'entreprise a souvent l'intuition de façon plus ou moins nette et précise : un tel, s'absente et perturbe ainsi le travail de ses collègues ; un autre, fait des erreurs dans son travail, ou le fait incomplètement, ce qui oblige d'autres personnes à "repasser derrière". Pourtant, tous ces phénomènes, qui se produisent quotidiennement, sont mal cernés, dans leur ampleur et leurs impacts, par les systèmes d'information dont dispose une entreprise. Les chercheurs de l'ISEOR, ayant fait l'hypothèse qu'il était possible d'évaluer les coûts cachés, ont créé et mis au point, par des expérimentations successives et variées, une méthode de mesure des coûts cachés, puis dans un second temps, des solutions

de gestion innovatrices permettant de les réduire.

L'ampleur et l'origine des coûts cachés

Les résultats de nos recherches nous ont conduit à considérer l'entreprise comme un ensemble complexe comprenant cinq types de structures (physiques, technologiques, organisationnelles, démographiques et mentales) en interaction avec cinq types de comportements humains (individuels, de groupes d'activité, catégoriels, de groupes d'affinités et collectifs).

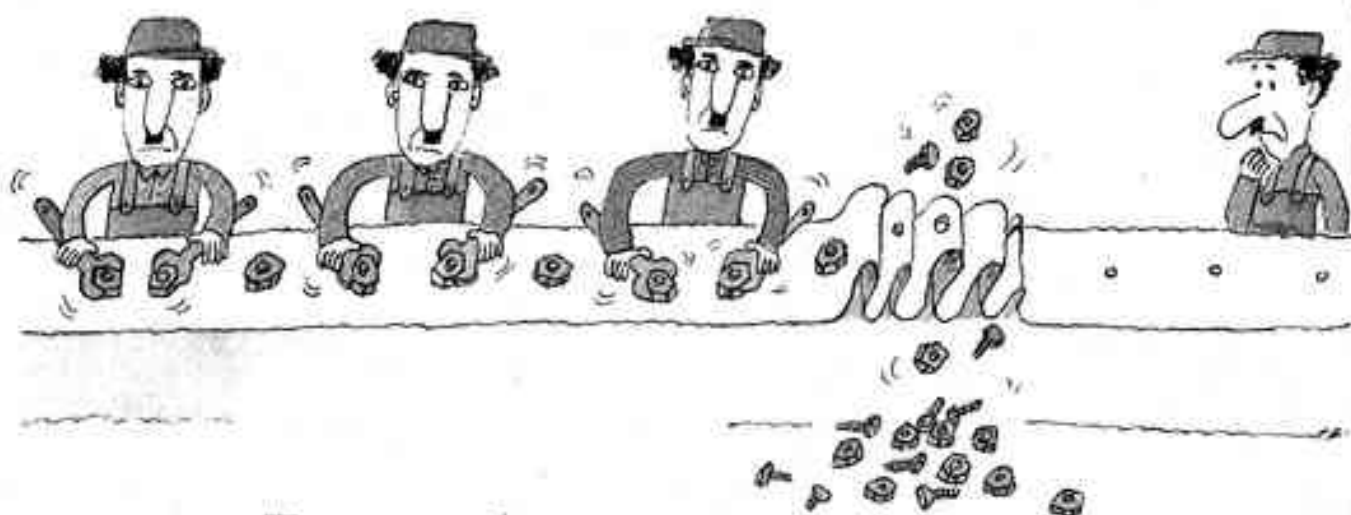
Cette interaction permanente et complexe crée les pulsations d'activité qui constituent le fonctionnement de l'entreprise. Or, l'on discerne dans ce fonctionnement, des anomalies, des perturbations, des écarts, entre le fonctionnement souhaité et le fonctionnement constaté : ce sont les dysfonctionnements, que l'on peut classer en six familles : les conditions de travail, l'organisation du travail, la gestion du temps, la communication-coordination-concertation**, la formation intégrée et la mise en œuvre stratégique. Ces six familles constituent à la fois des variables explicatives du fonctionnement et des domaines de solutions aux dysfonctionnements recensés dans le diagnostic de l'entreprise.

Les dysfonctionnements ont des incidences financières non négligeables, dénommées coûts

■ Henri Savall, professeur de sciences de gestion à l'université de Lyon II, directeur de l'Institut de socio-économie des entreprises et des organisations (ISEOR), UA 353, Les Frères 4, domaine de Charrière Blanche, 69130 Ecully.

* L'ISEOR est un centre de recherches en sciences de gestion associé à l'université de Lyon II et au Groupe École supérieure de commerce de Lyon. L'ISEOR est une unité associée au CNRS depuis 1984 (UA 353).

** La communication-coordination-concertation désigne la nature et la qualité des échanges d'information à caractère professionnel au sein des unités et entre les différents niveaux hiérarchiques.



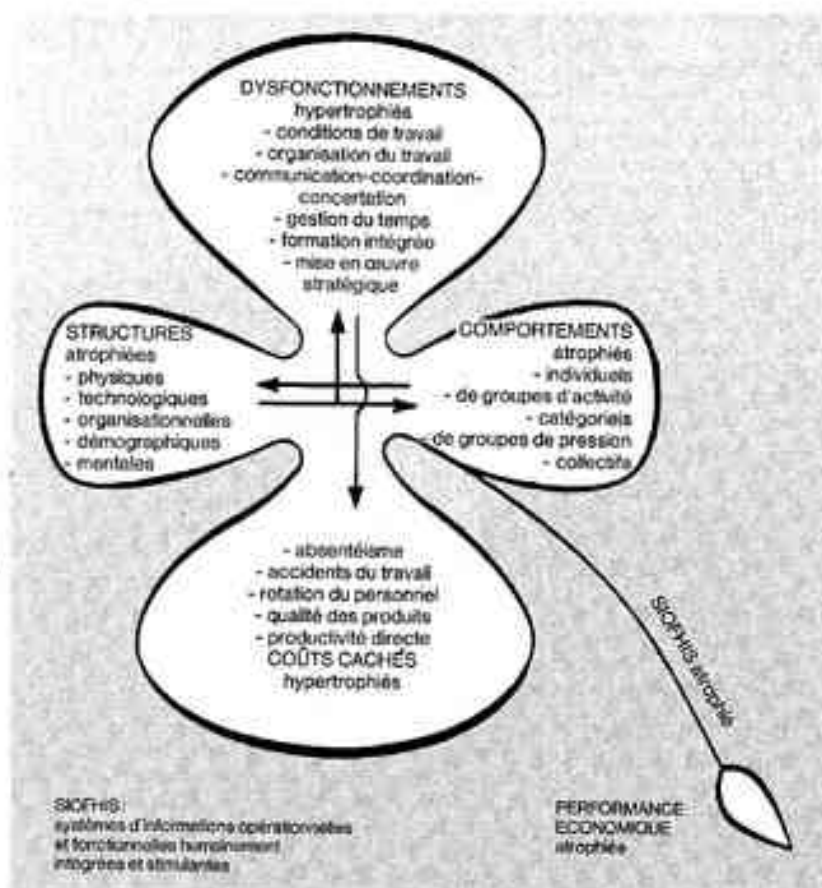


Fig. 1 Diagnostic socio-économique des organisations.

cachés car en général ces coûts ne sont pas évalués, ni régulièrement surveillés au sein d'un système d'information permanente. Ainsi, aucune entreprise n'est, à notre connaissance, capable d'évaluer, ni même d'estimer, l'ensemble des coûts liés à l'absentéisme, qui comprennent, outre les indemnités versées aux absents, le temps passé par l'encadrement à réorganiser l'atelier ou le service, le salaire des remplaçants éventuels, le préjudice lié au retard pris dans certaines tâches, ou encore les erreurs commises par le remplaçant par manque de connaissance du poste de travail.

Pour évaluer de façon précise les coûts cachés, nous avons progressivement mis au point une méthode qui a été expérimentée depuis 1975 dans plusieurs dizaines d'entreprises de différents secteurs d'activité : industrie, tertiaire lucratif, organisations de service public. Cette

méthode permet un recensement des coûts cachés regroupés autour de cinq indicateurs : absentéisme, accidents du travail, rotation du personnel – entrées et sorties du personnel et mutations internes – , qualité des produits, productivité directe – quantités produites – (voir tableau sur les indicateurs).

Le modèle mis au point (voir figure) montre ainsi d'une part, la genèse des coûts cachés, d'autre part, leurs incidences sur le niveau de performance économique de l'entreprise ou de l'organisation.

En effet, les coûts cachés ainsi évalués présentent une ampleur souvent insoupçonnée par les entreprises. Dans un atelier de montage de canons électroniques pour télévision, le coût lié à l'absentéisme représentait, en 1982, 50 % de la masse salariale de l'atelier, soit 38 000 francs par an et par ouvrier. Toujours dans cet atelier, le coût global des défauts de qualité a été évalué à quatre millions de francs pour la même année. Au total, sur une période d'un an, les coûts cachés se montaient à plus de six millions de francs, soit 48 % du budget de l'atelier.

Dans une autre entreprise industrielle de la métallurgie, les coûts de l'absentéisme, de la non-qualité et de la sous-productivité directe atteignent plus de cinq millions de francs pour l'année 1982, dans un atelier de deux cents personnes. Ce résultat représente 56 % de la masse salariale, soit environ 20 % du chiffre d'affaires de cette activité. Cela correspond à 26 000 F par ouvrier et par an, se décomposant en : 14 000 F au titre de l'absentéisme, 4 000 F de non-qualité et 8 000 F de sous-productivité.

Les évaluations financières sont réalisées sur la "base zéro" : autrement dit, les coûts signalés précédemment correspondent à l'absentéisme "absolu", à la non-qualité "absolue". Il s'ensuit que ces coûts ne sont que partiellement réductibles dans des limites encore assez mal cernées par les travaux scientifiques parus à ce jour ; toutefois, les actions expérimentées par l'ISEOR, depuis 1977, permettent progressivement de cerner ces seuils de compressibilité, aussi bien que de caractériser les composantes communes aux actions d'innovation socio-économique.

Les résultats obtenus sur le niveau des coûts cachés montrent l'enjeu qu'ils constituent pour les entreprises, surtout lorsque leurs ressources financières se raréfient, comme c'est le cas actuellement dans divers secteurs d'activité. Aussi, le programme de recherche scientifique de l'ISEOR s'est-il infléchi vers la recherche de solutions innovatrices en matière de gestion vi-

	ABSENTÉISME	ACCIDENTS DU TRAVAIL	ROTATION DU PERSONNEL	QUALITÉ
LES COÛTS	Temps passé par la maîtrise, l'ordonnancement, le planning et par les ouvriers pour la rectification des tâches ; non-production ; défauts éventuels de qualité ; sureffectif entretenu ; surcoûts salariaux (heures supplémentaires, indemnités) ; non-couverture des charges de structure ; sous-productivité du remplaçant.	Coûts directs : salaire de l'absent accidenté ; surcoût du remplaçant ; temps passé par la maîtrise pour la régulation de la perturbation ; non-production (arrêt d'outil...) ; perturbation en atelier (affolement, évacuation...) ; premiers soins. Si l'accident est déclaré à la Sécurité sociale : augmentation de la cotisation de l'entreprise à la S.S. ; procédures administratives de déclaration à la S.S.	Relais d'amortissement de l'I.R.H. (investissement en ressources humaines) effectué pour les ouvriers partis ; coût du recrutement ; coût de la formation ; procédure de départ ; perturbation dans l'activité ; I.R.H. effectuée sur le remplaçant.	Coûts directs : rebuts ; non-production lors des réparations ou des retouches ; salaires liés à la régulation des défauts de qualité. Coûts indirects : perturbation de la production ; préjudice commercial (perte de clientèle, de commande...) ;

Tableau : les indicateurs

sant à réduire les coûts cachés pour améliorer l'efficacité économique et sociale des entreprises. Cet infléchissement a bien évidemment correspondu à une demande sociale, ce qui nous permet de recenser aujourd'hui une trentaine d'entreprises ou d'organisations où des recherches transformatives, et non plus seulement explicatives, ont été conduites ou le sont à ce jour.

Des solutions d'innovation socio-économique

Un processus de recherche-intervention a été progressivement créé et modifié, allant du diagnostic des dysfonctionnements et des coûts cachés, à la mise en œuvre des solutions destinées à résorber les coûts cachés et à l'évaluation de leurs résultats. Ce processus est structuré en quatre phases principales :

- un diagnostic socio-économique réalisé sur la base d'entretiens approfondis (voir ci-après), avec un ensemble varié de personnes : depuis le directeur général jusqu'aux ouvriers, employés et représentants du personnel ;
- l'élaboration d'un projet, coordonné par le responsable du service ou de l'unité, et élaboré par deux instances : un groupe de direction, chargé de définir les objectifs et la stratégie d'action, et un groupe plénier, comprenant l'encadrement intermédiaire du service et des responsables de services environnants. La tâche de ce second groupe est de proposer des actions concrètes et réalistes de réduction et de prévention des dysfonctionnements et de piloter leur mise en œuvre ;
- la mise en œuvre du projet selon un programme précis tenant compte des caractéristiques de l'entreprise (ancienneté, importance, etc.) ;
- l'évaluation socio-économique des résultats : au terme de six à douze mois, une évaluation comparative par rapport aux résultats du diagnostic permet de mettre en évidence l'existence et le niveau de réduction des coûts cachés.

Les solutions expérimentées sont certes variables d'une entreprise à l'autre, selon la nature des dysfonctionnements majeurs, selon le secteur d'activité. Toutes les solutions présentent cependant une caractéristique commune : il s'agit de solutions globales, comportant des modifications dans les six domaines de dysfonctionnements (voir figure p. 23). En outre, ces solutions comportent la mise en place de systèmes de gestion permanente pour l'entreprise, afin que cette dernière dispose d'un système de pilotage régulier de ses coûts cachés, de sa performance socio-économique. Faute de quoi, elle verrait le niveau de ses coûts cachés croître à nouveau au bout de quelque temps. Deux instruments de ce système de gestion permanente ont été créés et expérimentés : le tableau de bord de pilotage stratégique (instrument collectif) et le contrat d'activité périodiquement négociable (instrument individuel de stimulation-motivation).

Le taux de réduction des coûts cachés

Dans une usine de métallurgie, une action a été réalisée en 1981, avec l'aide de l'ISEOR, consistant à mettre en place six groupes d'ouvriers, dits groupes de production, et un groupe maîtrise, dans un atelier de chaudronnerie et de tôlerie industrielle d'une centaine de personnes. La nouvelle organisation avait pour caractéristiques principales : la modification fondamentale du rôle de la maîtrise, le développement de la communication-coordination-concertation et

une action importante de formation intégrée. L'évaluation financière, réalisée en 1982, a permis de montrer que les coûts cachés ont diminué de 30 000 francs par an et par personne : si le taux d'absentéisme a peu varié, son coût a baissé car la nouvelle organisation engendrait moins de perturbations en cas d'absence. Mais c'est sur l'indicateur de productivité directe (quantités produites) que l'on enregistre la meilleure performance : des progrès de productivité ont été réalisés à hauteur de 28 000 francs par personne et par an. Dans le même esprit, dans une agence bancaire d'une quinzaine de personnes, après la mise en place d'une nouvelle organisation fondée sur la notion de groupes de travail responsables de types de clientèle, le surplus dégagé par la réduction du coût de l'absentéisme et de la rotation du personnel atteint 200 000 francs pour l'année 1982, soit 8 % de la masse salariale. De plus, des progrès non quantifiés sur la qualité des prestations de services ont été remarqués : amélioration de la qualité de l'accueil due à l'accroissement des compétences, amélioration du suivi de la clientèle.

La nécessité impérieuse d'une méthodologie expérimentale

Les coûts cachés ne sont pas cachés par hasard. Si les entreprises les mesurent et les surveillent rarement, c'est que ces coûts sont éparpillés et disséminés dans toute l'entreprise. C'est l'amorcellement de micro-coûts qui aboutit à ces montants exorbitants et non une localisation précise dans telle ou telle partie de l'entreprise. En outre, les coûts cachés ne font pas l'objet de procédures d'engagement financier, comme c'est le cas pour les coûts dits visibles.

Par conséquent, seule une méthode d'investigation très approfondie au sein de l'entreprise permet de les recenser, et même de les estimer grosso modo. Cette méthode à caractère ethnographique comprend des entretiens semi-directifs approfondis (deux à trois heures chacun) avec toutes les catégories d'acteurs : direction, encadrement, maîtrise, ouvriers, employés, instances de représentation du personnel. Elle inclut, en outre, des périodes d'observation directe et des analyses de documents internes à l'entreprise, ce qui permet de multiplier et de confronter différentes sources d'information et donc de valider ou d'invalidier les informations recueillies lors des entretiens.

Cette méthode expérimentale comprend ensuite la présentation des résultats aux acteurs de l'entreprise. C'est ainsi que toutes les publications monographiques des chercheurs du centre ont été préalablement soumises à discussion, voire à controverse, avec les entreprises directement concernées. Comme nous l'avons présenté précédemment, la recherche de solutions est ensuite faite au sein même de l'entreprise, avec la participation très active des acteurs et des chercheurs. C'est là une condition nécessaire pour une mise en œuvre efficace des solutions dans des délais relativement courts : quelques semaines ou quelques mois.

Nous ne saurions enfin achever cette présentation de nos pratiques de recherche sans souligner que toutes nos recherches en entreprises sont financées ou co-financées par les entreprises elles-mêmes, et que nous y voyons là non pas un risque de dérapage des recherches vers une simple réponse à la demande sociale, mais bien au contraire, une forte implication et motivation de l'entreprise qui constitue la "matière" vivante de nos travaux de recherche. L'indépendance scientifique des chercheurs est assurée

Les échanges entre le chercheur et le personnel de l'entreprise doivent demeurer constants.

Le dialogue doit s'instaurer sans perte d'identité des différents acteurs.

par la déontologie draconienne qu'ils se sont construite et dont l'ISEOR est le gardien, au travers de sa politique de diffusion transparente des résultats de recherches, dans ses nombreuses publications. Ce financement est toutefois associé à une négociation préalable avec la direction, qui porte tant sur les objectifs de la recherche que sur la méthodologie, l'ISEOR se réservant le droit de refuser une recherche-intervention lorsque l'essentiel du cahier des charges méthodologique qu'il propose n'est pas suffisamment garanti, ce qui est toutefois exceptionnel.

BIBLIOGRAPHIE

- Bonnet (M.), Lahaume (G.),** "Parcellisation des tâches, absentéisme et défauts de qualité dans un atelier de montage de canons électroniques. Diagnostic socio-économique", rapport ISEOR, juin 1982, 78 p.
- Savall (H.),** *Enrichir le travail humain dans les entreprises et les organisations*, préface de Jacques Defors, Paris, Dunod, 1975, 213 p. : 3^e édition (1979) sous le titre : *Enrichir le travail humain : l'évaluation économique*; ce livre reproduit la thèse complémentaire soutenue en septembre 1974 à l'université Paris IX Dauphine. Traduction espagnole : *Por un trabajo más humano*, Madrid, Ed. Techniban, 1977.
- Savall (H.),** *Work and people: the economic evaluation of job enrichment*, préface de H.J. Attasoff, Oxford, Oxford University Press, 1981.
- Savall (H.),** "Propos d'étape sur la régulation socio-économique de l'entreprise par la recherche de la

compatibilité de l'efficacité économique et du développement humain", rapport au VII^e colloque international du Collège de France, sur l'idée de régulation dans le mouvement des sciences, décembre 1977, 36 p., paru dans la revue *Economie appliquée*, 1978, n° 4.

Savall (H.), "A la recherche des coûts cachés. Une méthode de diagnostic socio-économique de l'entreprise", rapport au colloque du CERME (AE de Nice) sur le diagnostic d'entreprise, septembre 1978, 34 p., paru dans la *Revue française de gestion*, novembre-décembre 1978, n° 18, pp. 96-108.

Savall (H.), *Reconstruire l'entreprise. Analyse socio-économique des conditions de travail*, préface de François Perroux, Paris, Dunod, 1979, 275 p.

Savall (H.), Beck (E.), "Méthode d'expérimentation d'actions de restructuration des emplois avec formation intégrée", rapport méthodologique ISEOR, mai 1980, 133 p.

Savall (H.), "Stratégie socio-économique des entreprises" (février 1980), rapport de la commission Industrie, Paris, Documentation française, juillet 1980, pp. 223-231. Annexe au rapport du groupe "Conditions de travail et stratégie industrielle" (travaux préparatoires du VIII^e Plan), Commissariat Général du Plan.

Savall (H.), Zardet (V.), "Coût unitaire des pathologies, budgets de service et pilotage décentralisé de l'hôpital", revue *Gestions Hospitalières*, janvier 1983, n° 222, 33 p.

Zardet (V.), "Contribution des systèmes d'informations stimulants à l'efficacité de l'entreprise. Cas d'expérimentations", thèse de doctorat d'Etat ès sciences de gestion, université Lyon II, 1986.

Une bibliographie complémentaire est disponible à l'ISEOR.

L'évolution des firmes et ses déterminants

Jean-Pierre DEBOURSE, Isabelle DANJOU

Comprendre pourquoi certaines entreprises naissent, se développent, se transforment en groupe, pourquoi d'autres stagnent ou régressent, pourquoi certaines entreprises disparaissent alors que d'autres subsistent face à des aléas et à un environnement similaires, tels sont les objectifs de recherche fondamentaux de l'unité associée au CNRS 930 "Economie de la firme, vie des firmes en longue période".

Les facteurs d'évolution

Par rapport aux hypothèses quant aux déterminants de l'évolution de la firme, il n'y a pas de facteurs évolutifs universellement prédominants. L'évolution se fait globalement par l'interaction des différents champs d'activité de la firme. Entrent en jeu des forces historiques (faits du passé qui opèrent ou favorisent une orientation de l'évolution), des forces aléatoires (faits sur lesquels l'entreprise n'a pas de prise directe : aléas de la conjoncture, action des concurrents, décès d'un dirigeant, action des pouvoirs publics, etc.) et des forces intentionnelles (actions mises en œuvre par les membres de l'entreprise).

■ Jean-Pierre Debourse, professeur à l'université de Lille I, responsable de l'UA 836, "Economie de la firme, vie des firmes en longue période", université de Lille I, Institut d'administration des entreprises, 1 bis, rue Georges Lefebvre, 59043 Lille Cedex.

■ Isabelle Dancou, allocataire du ministère de la Recherche et de la Technologie, travaille à l'UA 836, "Economie de la firme, vie des firmes en longue période", université de Lille I, Institut d'administration des entreprises, 1 bis, rue Georges Lefebvre, 59043 Lille Cedex.

Les modes d'évolution

L'évolution se fait, selon nos hypothèses, au travers de deux types de changement :

- les changements incrémentaux (processus adaptatifs continus d'interaction entre les différents composants de l'entreprise et du couple entreprise-environnement, opérés à l'intérieur d'une même orientation stratégique);
- les changements mutationnels (tourments stratégiques qui s'expriment à travers les choix décisifs pris par un nombre restreint d'individus et portant sur des éléments-clés déterminant l'orientation de l'entreprise).

Le processus d'évolution

L'évolution des entreprises peut être décrite comme une succession de périodes d'évolution graduelle, progressive, ponctuées de ruptures.

Ces ruptures résultent de la remise en cause de l'orientation stratégique de l'entreprise ainsi que des systèmes de valeurs et de représentation qui sous-tendent cette orientation, par des démarches anticipatrices ou par l'influence de faits porteurs de rupture. Le rôle du directeur général est alors déterminant. Les options et les valeurs portées d'évolution ne le sont que pendant un temps fini. Il est donc capital pour l'entreprise d'effectuer les adaptations fondamentales à temps sous peine d'arrêt du processus évolutif à plus ou

moins long terme menant à sa disparition ou à son absorption.

Implications

Cette conception de l'évolution des entreprises met en relief l'effet du temps et de l'interaction, le rôle de la direction générale, le rôle positif de la remise en cause et du "désordre".

• le rôle des effets temporels et de l'interaction des facteurs dans l'évolution des firmes met en évidence l'importance des visions à long terme et globales ainsi que l'importance des habitudes, des traditions. Les freinages qui constituent le vieillissement des structures, les habitudes de comportement sont trop souvent sous-estimés;

• Le rôle de la direction générale est probablement le facteur isolé le plus important du processus d'évolution. Ce rôle concerne au premier chef la définition des choix stratégiques faits sur la base des systèmes de valeurs et d'interprétations données aux événements passés, présents et futurs;

• Le rôle de la remise en cause et du "désordre" qui permet la mobilité stratégique est positif pour l'évolution de la firme.

Telles sont quelques conclusions tirées de l'analyse approfondie d'entreprises, de l'observation des réactions des firmes à des modifications de leur environnement, de l'observation d'ensembles de firmes appartenant à des secteurs déterminés selon des méthodologies propres à l'analyse monographique. La poursuite des travaux dira s'il faut remettre en cause "les modèles explicatifs provisoires de l'évolution de la firme".

* Declercq (R.), Debourse (J.-P.), Navarre (C.), *Méthode de direction générale*, Paris, Hommes et Techniques, 1983.

Contraintes de gestion et tarification publique : le cas de l'EDF

Dans le cas de l'EDF, la gestion de l'entreprise et la politique économique interfèrent largement. Etes-vous au courant ? Sinon, branchez-vous !

Martine BUNGENER

Ceux qui sont sur le terrain industriel croient souvent n'avoir que faire du passé. Ils ont bien d'autres soucis et d'abord celui des divers termes de leur avenir. Et cependant, leur présent est entièrement sous la contrainte de leur passé. C'est ainsi que Jean Bouvier, dans sa préface pour *Histoire(s) de l'EDF*^{*}, plaide pour l'histoire certes mais aussi pour les entreprises qui gagnent tout à montrer et à faire démontrer la série des contraintes, des logiques et des libertés qui expliquent leur destin.

Il faut d'abord rappeler que l'histoire d'entreprise reste, tout au moins en France, un domaine largement inexploré. L'entreprise, à l'origine domaine privilégié de l'économiste, observée et investie ensuite par le sociologue, récupérée enfin par le gestionnaire, pouvait craindre d'ouvrir ses portes à l'historien. Sans mesurer encore ce que cela pourrait éventuellement lui apporter, elle pouvait légitimement redouter ce que serait susceptible de lui coûter la révélation de ses pressions et conflits internes. Electricité de France a, l'une des premières, tenté ce pari, ouvrant sans réserves ses archives disponibles. Et les sources écrites n'ont pas fait défaut. Néanmoins, il en manquait d'essentielles car couvertes par une prescription temporelle, en particulier les procès-verbaux des

conseils d'administration. En outre, il était clair, au départ, pour les chercheurs, que bien des actes de la vie d'une entreprise et de ses dirigeants relèvent d'une entrevue discrète ou d'un coup de téléphone. C'est sans doute encore plus vraisemblable lorsqu'il s'agit des relations établies par et avec la tutelle. La seule façon de combler ces lacunes et de repérer le "non écrit" était de recourir au témoignage des acteurs principaux.

Plus de cent entretiens avec soixante-quinze responsables ont permis de rassembler un corpus dactylographié dépassant les deux mille pages. De la confrontation de ces discours, où chacun s'est exprimé avec une étonnante sincérité, émergent les débats qui ont accompagné les grandes orientations prises par Electricité de France. Et c'est finalement une histoire de la prise de décision au sein de l'entreprise publique qui se révèle peu à peu. Incomplète pour l'historien à qui il manquera l'histoire du vécu quotidien des agents EDF, elle comble sans doute beaucoup plus l'économiste et le gestionnaire qui voient s'y dessiner au concret l'activité de direction de l'entreprise. Celle-ci s'est en effet révélée spécialement novatrice en matière notamment de choix des investissements et de tarification.

Le choix des investissements

La loi du 8 avril 1946, après dix-huit mois de discussions souvent passionnées, consacre la nationalisation du gaz et de l'électricité. Le texte reste néanmoins extrêmement insuffisant quant à l'objectif assigné au nouvel établissement public. En effet, hormis le transfert de propriété, on n'y trouve ni consigne de gestion, exception faite d'une référence vague à la notion de vente au coût de revient, ni définition d'une mission.

Face à ce dénuement, l'entreprise est conduite à se forger elle-même progressivement les armes qui lui sont nécessaires. A ses débuts, sans doctrine et face à la pénurie, EDF pare au plus pressé. On reste dans une logique proche de celle de l'état de guerre. Il faut produire coûte que coûte et supprimer les coupures. Ce ne sera le cas qu'à la fin de l'année 1951. Une fois l'équilibre rétabli, la réflexion reprend ses droits. Il s'agit effectivement d'une reprise, car les anciennes sociétés électriques, par l'intermédiaire

Depuis 1946, EDF s'est constitué un système pour rationaliser ses choix d'investissements.

■ Martine Bungener, chargée de recherche au CNRS, Laboratoire d'économie et de gestion des organisations de santé (LEGOS), U.A. 933, université de Paris IX, place du Maréchal de Lattre de Tassigny, 75116 Paris.



* Picard (J.-F.), Beltracchi (A.), Bungener (M.), *Histoire(s) de l'EDF*, Paris, Dunod, 1985.



Barrage et usine de Rhénan, août 1953.
© Photographie EDF. Photo : M. Brignod.

Par le jeu des prix, pouvait-on diminuer la consommation de pointe et économiser ainsi certains investissements ?

d'organisations transversales à la profession, telles la chambre syndicale ou la Société hydro-technique de France (SHF) ont amorcé une réflexion théorique relativement avancée sur la production et la valeur des chutes d'eau, le rendement des investissements, etc. Cette préoccupation qui a perduré sous l'Occupation, est le fait d'hommes qui se retrouvent aujourd'hui dans la jeune EDF. Dispersés au sein des grandes directions de l'établissement, plus précisément à l'équipement, à l'exploitation et aux études et recherches, ils vont retrouver une liaison fonctionnelle lorsque Pierre Massé, déchargé de la direction de l'équipement et devenu directeur général adjoint, constitue en 1948 un Comité économique.

En moins de deux ans, un premier apport important est formulé, sous l'appellation abusive de "loi du doublement en dix ans". De l'aveu même de son promoteur, Pierre Ailleret, directeur à l'époque des études et recherches, il ne s'agit pas d'une loi mais d'une observation statistique du taux de croissance de la consommation électrique. C'est le point de départ d'une recherche d'envergure sur les investissements nécessaires pour y répondre.

Deux niveaux de choix se côtoient : d'abord opérer une partition entre les deux principales sources de production disponibles : l'hydraulique et le thermique-charbon. Mais dans l'immédiat après-guerre, les disponibilités en charbon sont faibles et ardemment convoitées. Il s'agit ensuite de sélectionner, au sein du potentiel existant, des projets hydrauliques et l'ordre dans lequel les réaliser. Un nouveau principe est retenu : comparer les installations hydrauliques potentielles avec la centrale thermique (charbon ou fuel) substituée au barrage envisagé. On valorise ainsi deux variantes marginales d'un programme théorique globalement connu dans son ensemble et on choisit l'option qui fournit un bénéfice actualisé maximal. L'ensemble de ces travaux fera l'objet, en 1953, d'une présentation synthétique connue sous le nom de Note Bleue dont une première version est esquissée dès 1950.

Tout en permettant d'optimiser les choix d'investissement, le calcul économique contribue à parer au risque de rigidité inhérent à la mise en œuvre d'une société nationale unique. En effet, lorsque de multiples sociétés locales construisent chacune leur barrage, les erreurs d'appréciations individuelles peuvent éventuellement se compenser et une sorte de choix moyen se dégager de la diversité des expériences et des intuitions. La décision lorsqu'elle devient le fait d'un seul état-major, pour l'ensemble du territoire, est un enjeu plus redoutable

que les progrès de la statistique mathématique et du calcul des probabilités peuvent conforter.

Étape primordiale, la Note Bleue s'avère très vite insuffisante du fait essentiellement de son opérationnalité à la seule marge d'un programme pré-établi. L'apparition de nouvelles technologies (énergie marémotrice et nucléaire) rend caduque l'hypothèse de l'immuabilité des équipements qui sous-tend la Note Bleue. L'avancée décisive se traduit par l'émergence de la programmation linéaire. Elle va permettre tout à la fois d'intégrer le phénomène de mutation technologique et de prendre en compte les éléments aléatoires tels que l'hydraulicité, la température et les prévisions de demande que la Note Bleue élaborée en avenir certain n'intégrait pas. Ces aspects sont pourtant essentiels dans le domaine de la production d'électricité, produit qui ne se stocke pas. L'équilibrage instantané de l'offre et de la demande exige de raisonner la programmation des équipements pour assurer le passage des pointes de demande (mille deux cents heures critiques d'hiver) sans conserver une marge de sécurité trop importante car très coûteuse.

Un premier modèle de programmation linéaire à six variables est mis au point par Pierre Massé et Robert Gibrat en 1955. Ces travaux sont parallèles à ceux de Georges Dantzig outre-Atlantique. Un colloque de recherche opérationnelle les réunit à Los Angeles en 1956. Georges Dantzig leur propose de faire simultanément sur le même schéma un programme linéaire à soixante-dix variables et de confronter les résultats. Ils seront identiques. Vers 1960, la méthode est opérationnelle. Des programmes à deux cents variables seront bientôt conçus par EDF : eux-mêmes dépassés ensuite par une programmation dite dynamique que la programmation aléatoire affine encore.

La tarification marginale

La recherche d'un optimum dans le choix des investissements ne se traduira sur le plan économique que si les tarifs de vente reflètent les coûts de production réels. L'optimalité commande également de tenter de rationaliser la demande. Or, en matière d'électricité on se heurte de nouveau à l'impossibilité du stockage. Dans ce cas, rationaliser la demande veut principalement dire écrêter la courbe de demande pour réduire la demande de pointe, fort coûteuse puisqu'elle mobilise des équipements inutiles en dehors de la pointe, et stimuler les périodes de basse demande par des tarifs attractifs. Il s'agit en quelque sorte de "lisser" la courbe de demande. Pour cela il faut utiliser le prix dans sa fonction de signe.

À la nationalisation, EDF hérite d'une multitude de sociétés de distribution dont il faut très vite harmoniser les modes de tarification. Dès 1947, le directeur de l'exploitation décide la création d'un Service commercial national, à la tête duquel il place Gabriel Dessus : un philosophe aimant faire de la spéculation intellectuelle en matière de tarifs. Il suit en particulier les séminaires de recherche de Maurice Allais et il est convaincu qu'une doctrine commerciale pour EDF doit se référer à la théorie marginaliste, théorie qui spécifie que la condition monétaire d'obtention d'un optimum de production est l'égalité du prix et du coût marginal de production*. Pour amorcer des études de ce type, il re-

* Une présentation en est donnée dans l'ouvrage de P. Massé, *Stratégies et décisions économiques, études théoriques et applications aux entreprises*, Paris, Éditions du CNRS, 1954.

Le principe de la tarification marginale montre que, pour EDF, un choix de gestion est aussi un choix de politique nationale.

crut un jeune attaché de recherche du CNRS, Marcel Boiteux, économiste. Un premier article "La tarification des demandes en pointe" paraît en août 1949 sous leur signature conjointe. Il dégage les traits essentiels de la doctrine établie : les prix doivent traduire, pour le consommateur, la rareté relative du produit. Pour cela, la théorie marginaliste et le calcul économique démontrent qu'ils doivent alors évaluer le coût marginal de production. En 1950, un pas supplémentaire est fait lorsqu'est admise la nécessité de fonder les tarifs sur les coûts marginaux à long terme, coûts dits de développement, afin de prendre en compte les décisions d'investissement inhérentes aux prévisions de la demande. La volonté est ainsi affirmée d'orienter de façon rationnelle les consommations par la tarification, non pas seulement de façon instantanée, mais pour l'avenir. La vente au coût marginal répond alors aux principes de gestion d'un monopole, non pas dans son intérêt propre qui serait de produire au moindre prix et de vendre le maximum en évitant seulement d'être excédentaire, mais dans celui de la collectivité, ce qui signifie produire au moindre prix les quantités strictement nécessaires sans inciter au gaspillage.

Cette approche théorique est cohérente avec la doctrine de la Note Bleue. Ayant choisi l'équipement optimum sur le plan économique pour produire et transporter, la cohérence exige en effet de transmettre à la clientèle, sous forme d'une structure tarifaire adéquate, les prix de revient en résultant, afin que celle-ci effectue à son tour les meilleurs choix d'utilisation. Le calcul économique va alors montrer que cette cohérence n'est ni fortuite, ni construite mais qu'il s'agit en fait des deux facettes d'une même réalité. Cette prise de conscience n'interviendra cependant que quelques années plus tard lorsque le Service des études économiques générales, sous la direction de Marcel Boiteux, adaptera les méthodes mathématiques de la dualité à l'électricité.

Ces méthodes permettent d'obtenir simultanément à la programmation des investissements, le tarif marginal associé : l'un étant la variable duale de l'autre l'optimisation d'utilisation d'un équipement peut être traitée en utilisant deux approches dites "duales" soit en considérant le coût d'investissement comme une contrainte, le prix de vente étant la variable à définir, soit en raisonnant à prix constant, le coût devenant alors la variable. La solution est identique, contrainte et variable étant structurellement liées).

Mais il s'agit d'abord de faire accepter non plus seulement des principes de tarification, mais un tarif concret.

Un premier tarif, concernant les grosses fournitures en haute tension, est présenté à la Direction en 1950 sous l'appellation de Tarif Jaune (de la couleur de sa couverture). Il est appliqué de façon interne aux Centres de distribution et, sans avoir été soumis au Conseil d'administration, offert en option à la très grosse clientèle. Très vite, il va être repris et perfectionné sous le nom de Tarif Vert, afin d'être inscrit dans le Cahier des charges national. Simplifié, il présente une modulation saisonnière et des postes horaires sensiblement différents.

Son adoption ne va pas sans remous, tant à l'intérieur de la maison qu'à l'extérieur. L'expérience passée des ex-dirigeants de petites sociétés électriques, qui se retrouvent à EDF, les conduit à prôner une tarification par usages, laissant libre la discussion avec les gros clients.

Les financiers ne sont pas non plus convaincus de la réalité opérationnelle du marginalisme. La tutelle défend l'idée d'un tarif uniforme pour tout le monde, qui apparaît à première vue refléter l'égalité devant le service public. En outre, le Tarif Vert a l'inconvénient, au moment de sa mise en place, de se traduire par une augmentation pour beaucoup de petits industriels et une baisse pour quelques gros. Ce n'est pas très politique.

Néanmoins, soutenu par Pierre Massé, Gabriel Dessus et Marcel Boiteux convainquent successivement le Conseil d'administration d'EDF puis le ministre des Finances, Paul Ramadier. C'est finalement un événement de politique extérieure qui précipitera la mise en place du Tarif Vert en faisant sauter les dernières résistances.

En effet, lorsqu'interviennent, début novembre 1956, la coupure du canal de Suez, l'embargo du pétrole et le rationnement de l'essence, il apparaît que la mise en œuvre du Tarif Vert permettra d'économiser un certain nombre de tonnes de pétrole. EDF obtient alors la voie libre pour l'offrir en option. Le tarif basse tension dit "universel" suivra bientôt et la tarification au coût marginal devient le principe intangible des prix de vente de l'électricité en France.

Pour ses promoteurs, l'objectif a été atteint. Ils en veulent pour preuve la comparaison des courbes de charges en France et en Allemagne, qui montre depuis 1955 un net infléchissement en faveur des Français, et une moindre progression de la pointe. Ainsi, la tarification a un impact sur le comportement des consommateurs qui se traduit en retour par moins d'investissement donc moins d'amortissement à assurer. En outre, le marginalisme a fait école dans l'industrie électrique en dehors de l'hexagone.

Qu'en est-il pour les clients ? La petite et moyenne industrie s'est plainte de la complexité du comptage entraîné par les tarifs différenciés. EDF reconnaît qu'elle a probablement étendu à une clientèle trop petite, une tarification trop sophistiquée pour l'intérêt présent. La grosse clientèle industrielle n'a pas désarmé ses préventions contre la tarification marginale. Pourtant, pour la Fédération de l'éclairage, le Tarif Vert égale : "des cadeaux aux trusts". Ceux-ci sont loin de le considérer comme tel et dénoncent le manque de souplesse commerciale du tarif octroyé et non plus négocié, qui les défavorise dans le jeu de la concurrence internationale, ou les incite à s'installer là où les conditions sont meilleures.

La réponse de l'établissement se fonde sur le principe que sa mission est de produire et distribuer de l'électricité au meilleur coût et non de se substituer aux pouvoirs publics pour gérer une politique d'aménagement du territoire ou de soutien de l'emploi par des incitations tarifaires. Si l'Etat veut cela qu'il l'écrive et compense les sommes en jeu. Car la tarification marginale fournit à l'établissement une base scientifique et doctrinale lui permettant aussi de résister aux inévitables pressions politiques conjoncturelles locales, voire personnelles qu'il subit au nom de motifs souvent légitimes mais dont la solution ne passe pas nécessairement par l'intermédiaire d'une entreprise nationale.

EDF fonde ainsi clairement la limite qui sépare l'intervention économique de l'Etat de la mission d'un établissement public à caractère industriel et commercial tout en permettant, selon l'expression d'un des directeurs actuels de l'établissement, de traduire pour la première fois dans l'histoire, la théorie économique dans la réalité industrielle.

La recherche en gestion et les collectivités locales

L'expérience du Centre de gestion scientifique de l'Ecole des mines de Paris

La recherche en action dans la gestion des collectivités locales.

Patrick GARNIER, Jean-Claude MOISDON

L'évolution vers des responsabilités plus grandes – la décentralisation – transforme progressivement les collectivités locales d'administration en entreprises.

Les terrains d'étude du Centre de gestion scientifique (CGS), terrains d'observation et d'intervention alimentant la recherche sur le fonctionnement des organisations, sont extrêmement variés : ateliers de métallurgie, hôpitaux, banques, compagnies pétrolières, etc.

Des recherches en gestion communale sont réalisées depuis 1977, dans le cadre du Groupement de recherches coordonnées sur l'administration locale (GRAL), GRECO 14 du CNRS, à la fondation duquel le CGS a participé, et dont le rôle essentiel consistait à stimuler les travaux sur le fonctionnement des collectivités locales, travaux quantitativement faibles. (Voir encadré sur le GRAL).

La gestion des collectivités locales, terra incognita ?

Les raisons pour lesquelles la recherche en gestion sur les collectivités locales reste marginale sont connues : les caractères généraux des administrations, où les notions de produits, de relation entre résultat et objectif, de service rendu, sont difficiles à définir ; la coexistence des élus et des fonctionnaires, cette dualité ambiguë rendant insuffisante et hasardeuse toute démarche de rationalisation qui ne s'appuierait pas sur les deux termes à la fois ; le fait qu'une collectivité locale se présente comme une unité multiproduits (voirie, équipements scolaires, action sociale, culture, etc.) posant d'épineux problèmes de coordination et d'affectation de moyens ; la relative opacité créée par des instruments de gestion structurants, à savoir la procédure budgétaire et le cadre comptable, caractérisés notamment par la distinction classique entre section d'investissement et section d'exploitation, etc.

■ Patrick Garnier, professeur à l'Ecole nationale supérieure des mines de Paris, membre du Groupement de recherches coordonnées sur l'administration locale (GRAL), GRECO 14, Ecole nationale supérieure des mines de Paris, 60, boulevard Saint-Michel, 75272 Paris Cedex 06.

■ Jean-Claude Moisson, maître de recherche à l'Ecole nationale supérieure des mines de Paris, directeur du Centre de gestion scientifique (CGS), membre du Groupement de recherches coordonnées sur l'administration locale (GRAL), GRECO 14, Ecole nationale supérieure des mines de Paris, 60, boulevard Saint-Michel, 75272 Paris Cedex 06.

Cela dit, comme d'ailleurs pour bon nombre d'administrations (par exemple, les hôpitaux qui sont devenus depuis quelques années un terrain important d'études et de recherches), cette situation est en train d'évoluer. D'abord parce que les sommes en cause sont très importantes (la municipalité est souvent l'employeur le plus important de la commune) et il semble, d'une façon générale, que les contraintes financières soient de plus en plus pesantes : la fiscalité notamment a atteint des limites qui, pour nombre d'observateurs locaux, ne peuvent guère être dépassées. Il convient d'ajouter à cela le processus de décentralisation actuel qui tend à rendre les collectivités locales plus indépendantes, mais également moins alimentées par la manne de l'Etat. Ce processus s'est d'ailleurs accompa-



gné de la nécessité, pour le pouvoir local, d'équilibrer ses capacités d'expertise par rapport à celles du pouvoir central.

C'est ainsi que de nombreux problèmes plus ou moins aigus sont progressivement apparus (sous-estimation de travaux, de délais de réalisation, concurrence au niveau des dotations budgétaires entre plusieurs services, ignorance des dépenses de fonctionnement induites par les équipements, etc.), nécessitant une réflexion plus serrée sur l'économie et l'administration locale. Enfin, sans que les relations de cause à effet soient très claires en la matière, une nouvelle génération d'élus et de gestionnaires locaux a émergé ces dernières années, plus entrepreneurs qu'administratifs, souvent véritables constructeurs ou encore innovateurs technologiques (télématique, réseaux câblés, etc.).

Aussi assiste-t-on actuellement à un relatif développement des études et des recherches en matière de gestion pour les collectivités locales, sans que, comme on l'a suggéré ci-dessus, le mouvement soit uniformément d'une grande ampleur.

D'une façon résumée, on peut estimer qu'on retrouve sur le cas des collectivités locales trois types de travaux que l'on peut également répertorier dans le champ plus général de la gestion :

- la recherche que l'on pourrait appeler instrumentale, en position d'extériorité par rapport au terrain ;
- la recherche-intervention, s'intéressant au fonctionnement des collectivités locales, par le biais d'une interaction forte avec ces dernières ;
- la réflexion par l'intermédiaire de groupes réunissant chercheurs et praticiens.

La recherche sur les outils de la gestion

Depuis dix ans, d'assez nombreux travaux ont tenté de proposer des améliorations notables des instruments à la disposition des élus et des fonctionnaires des communes. Il peut s'agir :

- des outils de prévision : simulation, programmation pluriannuelle, planification, évolution des grandes masses financières ;
- des outils budgétaires : comptabilité d'engagement, suivi des investissements, liaison équipement-fonctionnement ;
- des outils de contrôle de gestion : fichier patrimonial, comptabilité analytique, gestion de trésorerie ;
- des outils de l'informatique et de la bureautique, etc.

On pourra trouver des exemples d'une telle approche dans J. Bouillot (1), D. Schmitt (2), R. Demeestère (3), J.-M. Uhaldeborde (4). Il s'agit donc d'une approche qui progresse en vitalité et en retombées diverses pour les gestionnaires des collectivités locales.

Plus rares sont les recherches qui partent d'une demande et qui tentent de mettre en œuvre des processus d'observation et d'interaction à l'intérieur même des collectivités locales. C'est ce type de recherche qui a été entreprise d'une façon générale par le Centre de gestion scientifique de l'Ecole des mines de Paris, par deux méthodes différentes : l'intervention et les groupes de réflexion.

L'intervention : la gestion des réseaux câblés

Il s'agissait à l'origine d'une demande de la mission T.V. - Câble, qui se préoccupait de com-

prendre pourquoi le plan national de télévision câblée, lancé en 1982, semblait rencontrer des résistances et subir des délais importants au niveau local. C'est en effet les collectivités locales qui, dans le cadre de la décentralisation, doivent créer les réseaux de télédistribution en fondant des sociétés d'économie mixte, les SLEC (sociétés locales d'exploitation du câble).

La recherche a consisté à examiner la progression du dossier dans une douzaine de communes ou de groupements de communes candidates au plan câble, à effectuer une analyse de leurs documents budgétaires et comptables, à discuter avec les élus et les administratifs, sur la base de scénarios économiques et financiers élaborés par les chercheurs.

L'hypothèse initiale était que les montants financiers en cause (notamment les capitaux nécessaires pour combler les déficits des premières années de fonctionnement des SLEC) étaient susceptibles de décourager les communes de se lancer dans l'opération prônée au niveau national.

En fait, la recherche menée a conduit à relativiser fortement une telle hypothèse - voir (5) et (6) - : d'une part, les incertitudes sur les évaluations et prévisions en cause ne donnaient guère de consistance aux bilans effectués en termes économiques et financiers ; d'autre part, les scénarios les plus pessimistes correspondaient à des dépenses et des déficits tout à fait habituels pour les communes concernées. D'ailleurs, à l'angoisse apparente des élus devant le projet de télévision câblée, on pouvait opposer la relative sérénité des administratifs pour qui les déficits en cause apparaissaient être dans la norme.

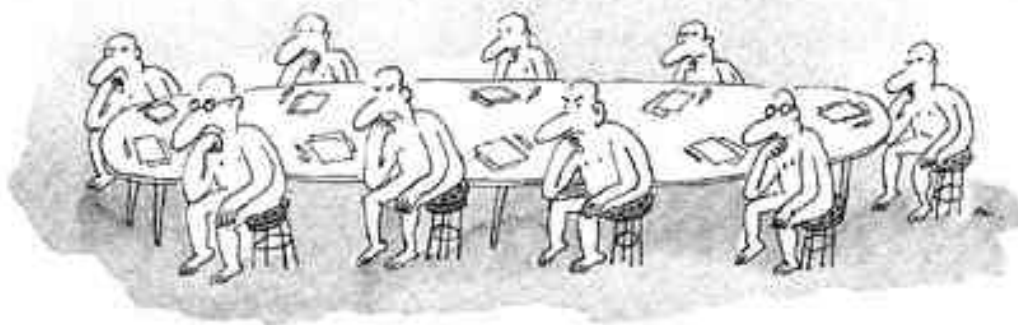
En fait, d'autres variables expliqueraient le comportement des élus, telles les ambiguïtés liées au produit (quelles émissions ? quel public ?), les difficultés à positionner une politique culturelle entre volontarisme et suivisme, l'absence de compétences et de savoir-faire dans les multiples métiers qu'exigeait la mise en œuvre du câble, l'évolution des représentations sociales de l'économie qui pesait sur celles des élus quant à leurs propres marges de manœuvres financières, etc.

Le jeu de ces facteurs entraînait que, partis d'une politique initiale marquée par d'ambitueuses visées d'animation culturelle et de communication locale, les élus de l'ensemble des communes, où les chercheurs intervenaient, étaient passés à une vision économe stricte : celle-ci conduisait quasi-automatiquement à des dispositifs institutionnels permettant de sous-traiter le dossier à des entreprises industrielles spécialisées dans la prestation de distribution auprès des communes et peu porteuses de la dimension culturelle de l'opération. En même temps, une telle propension à la sous-traitance, fournissant aux élus l'occasion d'enregistrer des gains politiques du plan câble sans en craindre les risques divers, apparaissait comme l'occasion d'un redémarrage de ce même plan.

Comme on le voit, ce type d'analyse est loin de constituer une observation passive des faits : de même, elle ne se contente pas de procéder par entretiens, au cours desquels le chercheur n'obtient que le discours convenu et institutionnel. Il s'agit d'une interaction tout à fait particulière, où l'on renvoie aux discours une image logique (ici des simulations financières) des représentations qu'ils véhiculent, l'ambition étant de cerner les variables et paramètres qui structurent réellement les comportements (7).

Différents outils de gestion à la disposition des communes.

Les élus face à l'inconnu des réseaux câblés : un coût important prévisible pouvait-il être compensé par une meilleure animation culturelle locale ?



Les groupes de réflexion

La démarche du Groupe de réflexion sur la gestion communale (GREGECO), créé en 1978 et arrêté en 1982, repose comme pour tous les groupes de réflexion suscités par le CGS, sur l'idée que l'on ne sait pas, actuellement, comment sont réellement gérées les communes: avant d'innover pour pouvoir changer, il faut comprendre les mécanismes à l'œuvre, mettre à plat les pratiques, analyser les obstacles au changement. Cette démarche suppose un accès à des terrains d'observation, la confrontation des points de vue des différents acteurs impliqués dans tout problème de gestion. Elle nécessite la prise en compte d'une donnée essentielle de la gestion, celle du temps.

Les premiers travaux du GREGECO ont porté d'une part sur un certain nombre d'expériences de suivi d'investissement, d'autre part sur les tableaux de bord d'un certain nombre d'équipements, c'est-à-dire sur la définition, cas par cas, de paramètres de gestion susceptibles de mesurer l'activité du personnel, le coût du service rendu, la fréquentation du public, la qualité de la prestation servie, etc. Ces paramètres de gestion étaient définis pour être regroupés en tableaux de bord synthétisant l'information aux différentes hiérarchies considérées.

Par la suite, les travaux du groupe ont porté, non plus strictement sur la définition de tels tableaux de bord mais, élargissant le champ d'investigation, sur une étude de l'organisation générale des services municipaux. Il est apparu, en effet, au fil des travaux du groupe, qu'il était vain de vouloir rationaliser localement tel ou tel aspect de la vie communale sans réfléchir à l'architecture d'ensemble, et notamment à l'organigramme de la mairie.

Le GREGECO se réunissait une fois par mois, pendant trois heures, selon des procédures garantissant la liberté de parole des participants. Chaque réunion était centrée sur l'examen d'une expérience concrète de gestion, présentée par quelqu'un qui l'avait vécue, illustrée par les documents qui avaient été produits à cette occasion. Le témoignage ainsi rapporté était soumis au feu des questions et des critiques des participants. Eventuellement, d'autres réunions ultérieures permettaient de revenir sur l'exposé, de confronter l'expérience d'une ville avec celle d'autres villes dans le même domaine, etc.

Afin de permettre à chacun de s'exprimer très librement, la liste des membres du GREGECO est restée confidentielle. Les comptes rendus des débats ont toujours été rédigés par le CGS de façon à respecter l'anonymat des contributions et soumis aux participants pour accord avant diffusion.

Les participants du GREGECO étaient des praticiens locaux: secrétaires généraux, secrétaires généraux adjoints, directeurs de services

administratifs, ingénieurs, directeurs généraux de services techniques, venant des principales villes de Bretagne.

A un noyau de membres permanents et fidèles s'adjoignaient, pour chacun des thèmes étudiés, des invités, communaux eux aussi, ayant une expérience à transmettre.

Le recrutement s'est fait par cooptation, en raison des compétences de chacun et non dans un souci d'équilibre « parlementaire » des représentations.

Les comptes rendus n'étaient pas une simple relation des échanges, mais une reconstitution méthodologique des débats, afin de mettre en évidence les points clés, les oppositions, les questionnements. Leur rédaction assurait en outre la mémoire du Groupe, la capitalisation de la recherche, et a servi de support pour la diffusion des idées et le débat avec le milieu communal et la communauté des chercheurs. L'ensemble du matériau ainsi recueilli a fait l'objet d'une large diffusion dans le milieu et d'une utilisation importante pour la formation initiale ou permanente des gestionnaires des collectivités locales (8) (9).

La méthodologie du groupe de réflexion avait été proposée par le CGS, qui l'avait mise en place et expérimentée dans de nombreux milieux professionnels et organisations. Elle vise à faire progresser la réflexion par le respect strict d'un petit nombre de procédures (dont certaines viennent d'être évoquées à propos du GREGECO) visant au caractère cumulatif du travail et à la protection de l'analyse par rapport aux enjeux institutionnels et aux processus de décision en cause.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Bouinot (J.), *La nouvelle gestion municipale*, Paris, Cujas, 1977, 260 p.
- (2) Schmitt (D.), *La pratique du management communal*, Paris, Editions du Moniteur, 1980, 158 p.
- (3) Demestrie (R.), Lelu (C.), "La planification dans les villes, comment? pourquoi? pour qui?", *Politiques et management public*, vol. 1, n° 2, mars-juin 1983, pp. 51-66.
- (4) Uhaldeborde (J.-M.), "Les politiques fiscales de communes: marges de manœuvre et manœuvres à la marge", *Politiques et management public*, vol. 1, n° 4, décembre 1984, pp. 7-37.
- (5) Engel (F.), Mace (P.), Moisson (J.-C.), *Le câble des 400 villes*, Ecole des mines de Paris, 1985, 60 p.
- (6) Engel (F.), Mace (P.), Moisson (J.-C.), Weil (B.), *Finances locales et réseaux locaux de télécommunications*, Ecole des mines de Paris, 1985, 74 p.
- (7) Moisson (J.-C.), "Recherche en gestion et intervention", *Revue française de gestion*, septembre-octobre 1984, pp. 61-73.
- (8) Fixari (D.), Garnier (P.), *Les travaux du GREGECO*, Paris, Editions du CFCP, t. I, 1983, 140 p., t. II, 1983, 107 p., t. III, 1983, 103 p.
- (9) GREGECO, *Pour un tableau de bord communal*, Paris, Editions du CFCP, 1980, 26 p.

Une nouvelle forme de participation des praticiens locaux à la recherche sur la gestion locale.

Le Groupement de recherches coordonnées sur l'administration locale

Créé en mars 1976 sous l'égide du Centre national de la recherche scientifique, le Groupement de recherches coordonnées sur l'administration locale (GRAL) fédère trente centres de recherche appartenant à différentes universités françaises, à deux grandes écoles et à deux instituts d'études politiques. Le GRAL consacre ses travaux à l'étude de la capacité de changement des collectivités locales, et plus particulièrement :

- à l'analyse des facteurs de mutation et d'inertie de l'institution municipale ;
 - à la recherche des conditions de développement d'une administration scientifique dans le secteur local.
- Les programmes, comme les méthodes de travail du GRAL, s'efforcent de promouvoir "un vrai dialogue" entre le monde de l'administration et le monde de la recherche. Différentes initiatives ont déjà été prises dans ce sens, notamment :
- la création de groupes de réflexion réunissant des praticiens et des théoriciens sur le thème du tableau de bord communal, sur la prospective des relations entre l'Etat et les collectivités locales, sur la politique électorale des collectivités, etc. ;
 - l'ouverture d'une collection destinée à diffuser largement les résultats de la recherche sur les collectivités locales. Dans cette collection, dont une quinzaine de titres sont déjà parus, est publié en particulier l'Annuaire des collectivités locales (éditions 1960, 1965, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975) ;
 - la création d'un Prix annuel de thèses d'Etat et de 3^e cycle sur les collectivités locales. La 1^{re} édition du Prix remonte à 1979 ;
 - l'organisation de colloques et de séminaires internationaux ; depuis 1978, le GRAL a organisé les rencontres sur la réforme

Christian LE LAMER

des collectivités locales vue de province, sur l'enjeu local — pourquoi une démocratie locale aujourd'hui ? —, sur les interventions économiques des collectivités locales, etc. Le GRAL a son siège 9, rue Malher, 75004 Paris, dans les locaux de recherche de l'université Paris I.

Une banque de données : INFOGRAL

L'idée d'une telle banque de données est née de l'accroissement des besoins en documentation qui ne manque pas de provoquer la nouveauté sur la décentralisation. Fondée sur un réseau diversifié de producteurs d'informations, INFOGRAL permet de regrouper sous une forme autorisant l'usage des techniques les plus modernes de documentation automatique, les données bibliographiques, législatives, réglementaires, statistiques et financières utiles à l'exercice des nouvelles responsabilités des collectivités territoriales. Les domaines couverts dans INFOGRAL sont :

- les données bibliographiques ;
- les données juridiques : par exemple, INFOGRAL contient l'intégralité du code des communes, pour la partie législative et réglementaire. La doctrine est représentée par l'enregistrement intégral du Secrétaire de mairie, guide pratique édité par la Librairie technique (LITEC) et utilisé par plus de 25 000 personnes. Est également accessible le texte intégral du Jurisclasser des collectivités locales, ouvrage paru en avril 1984 ;
- les données statistiques et budgétaires (travaux communaux de dépenses), de fonctionnement par habitant, sont regroupés par les services de M. Bousset pour deux mille communes urbaines. Informations sur les finances locales ;
- les renseignements pratiques concernant divers fichiers de renseignements sont en

cours de constitution pour INFOGRAL (principalement les chercheurs, les experts et bureaux d'études, les fournisseurs spécialisés...). INFOGRAL est actuellement disponible sur serveur auprès de la société Mémoires, 123, rue d'Alsée, 75014 Paris.

La Fondation des collectivités locales

Présentation succincte de la Fondation
En liaison avec le GRAL, elle encourage l'innovation dans l'administration locale. Créée en juin 1978, pour prolonger les activités du GRAL.

La Fondation des collectivités locales a été présidée jusqu'à février 1982 par Pierre Rancine, conseiller d'Etat honoraire, puis jusqu'à novembre 1984 par François Gaspard, député d'Eure-et-Loir. Son président actuel, Robert Bouquard, directeur des Journaux officiels, a été directeur adjoint de la Direction générale des collectivités locales de 1972 à 1978.

Objectifs et moyens d'action

L'objectif principal de la Fondation est de protéger et d'élargir les activités du GRAL en constituant des groupes de travail, en organisant des colloques entre praticiens et chercheurs et en assurant des publications ad hoc :

- groupes de travail (Régions, Frances locales, Interventions économiques des collectivités locales, Etat et décentralisation, Communes touristiques, Comparaisons internationales...)
- colloques : "Energie, démocratie et collectivités locales", Tours, avril 1982 ; "La planification décentralisée", Bordeaux, septembre 1985 ;
- publications :
 - Guide sur la gestion des études dans les collectivités locales, sous la direction de Jean Bouinot et Christian Le Lamer, Paris, PUF, septembre 1982 ;
 - Rapport du groupe "Régions", janvier 1985 ;

■ Christian Le Lamer, secrétaire général de la Fondation des collectivités locales, 9 rue Malher, 75004 Paris.

Tribune des lecteurs

A la suite de nombreuses demandes, *Le Courrier du CNRS* a décidé d'ouvrir ses colonnes aux lecteurs souhaitant s'exprimer sur les articles et notamment sur la rubrique "débat et positions".

La rédaction publiera de préférence les lettres pouvant alimenter le débat scientifique au plus haut niveau.

Voici quelques réflexions extraites d'une lettre de Monsieur Pierre Guy, directeur de recherche à l'INRA, qui lui ont été inspirées par le dossier sur "L'évolution biologique" paru dans le n° 59 (Janvier-Mars 1985) du *Courrier du CNRS*.

"J'ai lu avec intérêt le dossier "L'évolution biologique".

Jean Géraud, qui a lui-même est toujours aussi clair dans le point sur les théories de l'évolution.

La foi et la science, domaines différents, s'interpénètrent. L'évolution est un point d'interrogation. La soumettre à notre idée de "Dieu" ou la réduire à des régulations enzymatiques n'est sûrement pas satisfaisant [...]

Quelle que soit la compétence scientifique d'André Langanes, il confond trop acquis scientifiques et préjugés.

Il écrit page 41 : "Chez l'homme, l'individu est unique et différent de tous les autres". N'est-ce pas enfoncer des portes ouvertes ?

Dans son chapitre : "Les races", il nie l'existence de races chez l'homme me semble-t-il plus à partir d'a priori que d'arguments.

Pour ce que je connais un peu, la Luzerne, Medicago sativa, on reconnaît un certain

nombre d'écotypes, de population de pays, différents morphologiquement, agronomiquement (souvent récents, depuis la Renaissance en Europe) sans qu'il soit facile ou possible de les différencier par électrophorèse.

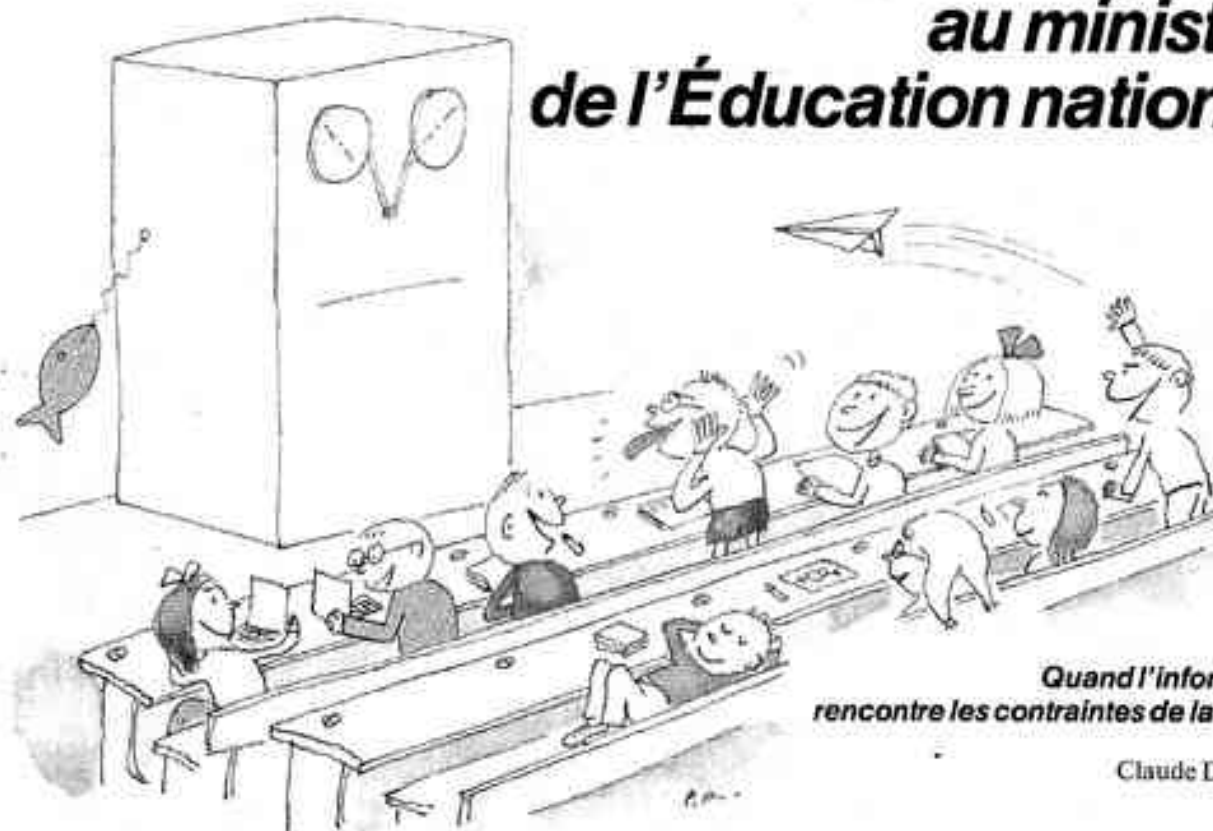
Jacquard et le musée de l'Homme ont parfois la même approche.

J'ai lu au musée de l'Homme des affirmations invraisemblables, inadmissibles (au même titre que les propositions Reagan) du style (de mémoire) :

- 1) Il n'y a pas de races chez l'homme, car ils peuvent tous se croiser ;
- 2) Il n'y a pas de différences dans l'intelligence des hommes, car on ne sait pas la mesurer !

Tout ceci étant écrit, ce dossier publié dans *Le Courrier du CNRS* est une excellente initiative qui pousse à la réflexion."

L'informatique de gestion au ministère de l'Éducation nationale



**Quand l'informatique
rencontre les contraintes de la gestion.**

Claude DELOBEL

En 1983, le ministère de l'Éducation nationale décide d'entreprendre une rénovation du schéma directeur de l'informatique de gestion et, après diverses études préalables, confie ce travail à Claude Delobel. En 1984, un rapport propose des orientations pour un plan d'informatisation. Ce sont quelques idées et difficultés liées à ce plan, qui sont présentées ci-après.

L'information avant l'informatisation

Le processus d'informatisation de l'Éducation nationale, commencé il y a peu près vingt ans, couvre aujourd'hui de nombreux actes de gestion et travaux administratifs. Ce processus d'informatisation, comme en bien d'autres endroits, s'est concentré autour des actes les plus répétitifs en s'appuyant sur l'automatisation de procédures manuelles pour la construction et la mise à jour de fichiers informatisés.

Aujourd'hui, tout le monde s'accorde à dire que c'est par une profonde révision de cette façon de faire que des progrès pourront être accomplis. Une réflexion sur la nature du système d'information de l'éducation est un préalable à toute bonne informatisation. Aujourd'hui, pour répondre aux besoins du système éducatif, il faut disposer d'un système d'information qui s'appuie sur plusieurs types d'informations : des informations opérationnelles liées aux actes ad-

ministratifs, des informations de contrôle permettant d'évaluer par comparaison et regroupement les performances du système, des informations d'aide à la décision et de pilotage de plus en plus nécessaires à la préparation des tâches essentielles (rentrée scolaire ou universitaire, répartition des moyens, affectation des personnels, orientation des élèves, évaluation des résultats scolaires et universitaires, etc.).

Le système d'information doit répondre à plusieurs objectifs essentiels :

- aider à la connaissance du système éducatif ;
- rechercher la meilleure utilisation des ressources humaines et financières mises à la disposition du système éducatif ;
- alléger les tâches administratives pour que le temps gagné soit consacré à des tâches nouvelles ;
- informer les partenaires extérieurs à l'Éducation nationale : parents d'élèves, collectivités locales, conseils généraux, etc... Ce rôle deviendra de plus en plus important.

Ces objectifs sont nécessaires pour évaluer les priorités de l'informatisation d'une tâche. On peut affirmer en regardant la liste des applications informatiques développées jusqu'à maintenant, qu'elles visaient principalement à la gestion des moyens. Par exemple, les efforts portant sur les applications du "personnel" se préoccupent plus de la gestion individuelle et collective des personnels que de l'utilisation de ces mêmes personnes dans le système éducatif.

La notion de système d'information doit donc être au cœur de toute démarche informatique. C'est par une analyse des flux d'information, par une étude des postes de travail où se créent, se mettent à jour les informations, par une re-

L'informatisation du système de gestion ne peut être entreprise comme un décalque des situations antérieures.

■ Claude Delobel, professeur à l'université de Grenoble I et à l'université de Paris-Sud (Centre d'Orsay), Université de Grenoble I, BP 68, 38402 Saint-Martin-d'Hères Cedex.

Un nouveau système impose une vision globale du circuit de l'information.

L'information rassemblée doit être facilement utilisable par des logiciels d'aide à la décision, disponibles aux divers niveaux de responsabilité.

Toute réforme doit intégrer la complexité de la gestion de l'entreprise, tant pour les structures que pour les questions de personnel.

Un investissement qui serait vain s'il ne s'accompagne d'une réflexion sur son environnement.

mise en cause des méthodes de travail et de l'organisation, par une hiérarchisation des éléments essentiels par rapport au détail, par la connaissance des interactions et des communications entre postes de travail, que l'on obtiendra une connaissance suffisante du système d'information et une véritable gestion de l'information.

Aujourd'hui, la technologie, grâce au développement de l'informatique, des télécommunications, et de la bureautique, concourt très largement à la mise en place de véritables systèmes d'information et non pas à une collection de fichiers informatisés.

Aide à la décision

Avec l'apparition du phénomène micro-ordinateur, les utilisateurs se sont aperçus qu'ils pouvaient pratiquer une informatique complètement différente de celle engendrée par de grosses machines et le traitement de masse, d'autant plus que ces utilisateurs ont à leur disposition des logiciels qui leur permettent de visualiser les données sur l'écran du micro-ordinateur, d'introduire des données et des textes. Ils peuvent assembler et traiter ces données grâce à des "tableurs", puis ressortir les résultats sous une forme graphique, ou en tableaux. En interagissant en permanence avec la machine, ils peuvent construire des simulations de modèles relatifs à certaines décisions. Des laboratoires de recherche se penchent, depuis plusieurs années, sur la génération automatique d'applications sans l'intervention de programmeurs. Des industriels commencent à mettre aujourd'hui de tels produits sur le marché. Cette tendance ira en s'accroissant très rapidement.

Pour ces raisons, ces utilisateurs pensent à juste titre que cette forme d'utilisation de l'informatique constitue une aide réelle à la décision. Il est exact que les décideurs (responsables de l'administration centrale et décentralisée et des établissements d'enseignement) doivent pouvoir disposer d'informations qui les mettent en mesure de prendre des décisions, adaptées à une réalité économique et sociale mouvante et complexe et qui leur permettent de justifier des décisions à l'égard des partenaires extérieurs au système éducatif, de plus en plus impliqués dans le domaine scolaire par la décentralisation.

Ces utilisateurs disposeront plus facilement de ce type d'outils où l'on trouve intégrée dans un micro-ordinateur de plus en plus puissant, une variété de logiciels adaptés à leurs besoins et pouvant être mis en œuvre directement par eux. Toutefois, il existe une limite à cette forme d'utilisation, c'est la capacité de l'individu à introduire ces données et à les contrôler. C'est-à-dire que l'utilisateur aura intérêt dans de nombreux cas, à utiliser les données provenant des procédures opérationnelles. On montre ainsi la nécessité que l'informatique tournée vers l'aide à la décision soit, dans la plupart des cas, une conséquence de la manipulation d'une grande masse d'informations liées à des procédures de création et de mise à jour. Dans le cadre de l'Éducation, on ne peut pas perdre de vue cette réalité et même s'il faut favoriser l'aide à la décision, il faut encore considérer que la création de bases d'information avec leur mise à jour est prioritaire.

Voilà deux idées essentielles qui ont guidé la rénovation du schéma directeur de l'informatique de gestion au ministère de l'Éducation nationale. Ces idées sont simples, leurs mises en œuvre sont beaucoup plus difficiles car elles se heurtent à l'inertie et à la complexité du système

de l'Éducation nationale vue comme une entité globale. Parmi ces difficultés on peut mentionner les suivantes :

- *Rattraper le retard pris par l'Éducation nationale, en matière d'informatisation.*

En 1983, le niveau des dépenses informatiques par emploi administratif du Ministère est de l'ordre de 1 400 francs par an, si on y ajoute les personnels enseignants, ce ratio tombe à moins de 500 francs. Il est difficile de comparer cette situation avec d'autres environnements très informatisés, banques, assurances, ce ratio atteint facilement 10 000 francs par emploi, et peut monter jusqu'à 50 000 francs.

- *La complexité des réglementations et des structures administratives.*

La tendance à vouloir développer des applications informatiques pouvant s'appliquer de façon nationale a pour objectif de réaliser des économies sur les études et d'obtenir une homogénéisation des actes de gestion chez tous les utilisateurs. L'inconvénient majeur de cette situation est de vouloir intégrer dans le même moule les particularismes locaux et des modes de gestion différents d'un lieu à l'autre. Une telle optique est une vision centralisatrice de la gestion administrative qui s'oppose parfois à la volonté de décentralisation et de déconcentration. De plus, les cycles de développement des produits informatiques nationaux (donc complexes) s'écoulent sur quatre, cinq, voire dix ans, et représentent dans les cas extrêmes des coûts de cent cinquante hommes/année.

- *Modifier le statut de la fonction publique.*

L'actuel statut de la fonction publique, pour les emplois informatiques, est complètement inadapté à un corps de techniciens qui a subi depuis plus de vingt ans une évolution technologique considérable. La division de ce statut en de multiples fonctions parcellisées, fondée sur des notions techniques dépassées, devrait être revue. Le vrai problème est de rechercher les invariants et non pas d'énumérer des connaissances car celles-ci font toujours référence à une technologie. A cela, il faut ajouter la faiblesse numérique d'informaticiens ayant une qualification de haut niveau.

- *Établir un plan de formation des utilisateurs et des informaticiens.*

Dans le passé, l'importance de ce type de préoccupation a été prise en considération mais trop tardivement. Le développement de l'informatisation et la qualité du système d'information ne peuvent être confiés au hasard. Une politique de formation des utilisateurs en les confrontant à des situations réelles, en les faisant participer à un effort de conception et de réalisation à l'aide d'outils adaptés à leur niveau de connaissance. Rien ne serait plus dangereux que de se limiter à une simple sensibilisation à l'informatique. La même remarque s'applique pour la formation des informaticiens.

Aujourd'hui, les propositions élaborées en 1984 commencent à se concrétiser sous forme d'actions et d'orientations nouvelles. Il est donc trop tôt pour juger des résultats. Néanmoins, il semble bien qu'il y ait une volonté réelle de doter la première administration de France de systèmes modernes de gestion. Les budgets d'investissements sont là pour attester, vu leur très forte augmentation. Toutefois, il existe un danger réel, l'apport de matériels informatiques peut être la pire des choses si les mentalités, la formation des hommes, la désignation claire du partage de responsabilités, la rénovation des actes de gestion n'ont pas précédé ou accompagné la mise en place de ces matériels.

La gestion financière et l'actuelle évolution des marchés financiers

L'effervescence des marchés financiers et le bouillonnement des recherches les concernant.

Michel LEVASSEUR



La Bourse de Paris: les agents de change rendent: "J'ai! J'ai!". © Chambre syndicale de la Compagnie des agents de change.

Les nouveaux produits financiers donnent de plus en plus d'importance à l'information économique.

La France ne reste pas à l'écart des évolutions et innovations principales qui connaissent les marchés financiers dans le monde. Ainsi, en février 1986, a été ouvert le nouveau marché à terme de taux d'intérêt français (MATIF)*. Ces innovations d'une grande technicité ne peuvent pas masquer le succès remarquable du second marché (*), la création du règlement mensuel (*) et la dématérialisation des titres... (*). Parallèlement, le marché obligataire, devenu prépondérant à Paris, a vu l'éclosion d'un grand nombre de nouveaux produits.

Ces progrès s'inscrivent dans le cadre d'un développement exceptionnel des marchés financiers nationaux et internationaux. Chicago s'est affirmée comme le centre prépondérant des nouveaux marchés à terme d'actifs financiers. Londres est la plus active en Europe. Les euromarchés (*) de crédit et d'obligations ont connu une croissance très forte et ont vu apparaître des opérations de plus en plus sophistiquées.

Durant ces vingt dernières années, la recherche en finance a été remarquablement productive. De nouvelles méthodes actuarielles (*), des

modèles d'évaluation et de gestion du risque ont fourni des outils nouveaux pour les gestionnaires de portefeuille. Dans certains cas, la synchronisation entre l'apparition de nouveaux marchés et celle de modèles a été très étonnante.

L'évaluation des titres financiers peut être considérée comme un préalable à la gestion de portefeuille. Parmi les apports récents de la théorie à la pratique, deux exemples peuvent être particulièrement mis en valeur: le modèle de Black et Scholes et les nouvelles techniques actuarielles du risque développées entre autres par Brennan et Schwartz. Dans le domaine de l'évaluation des actions, nous ne pouvons pas manquer de citer le fameux modèle d'évaluation des actifs financiers ou MEDAF. Plus récemment, est apparue la théorie de l'arbitrage transcrite par le modèle d'évaluation par arbitrage ou MEA qui apparaît fort prometteuse. Les intervenants sur les marchés financiers sont, par nature, de grands "consommateurs" d'informations. Toute une littérature théorique et empirique s'est attachée à mesurer l'importance que revèlent certaines informations comptables et financières dans la formation des cours boursiers. Plus d'informations sont nécessaires, les entreprises doivent être incitées ou

■ Michel Levasseur, professeur à l'université de Paris IX, responsable du Centre de recherches sur la gestion (CEREG), UA 1238, université de Paris IX, place du Maréchal de Lattre de Tassigny, 75775 Paris Cedex 16.

* Les termes marqués d'une astérisque sont définis dans le glossaire.

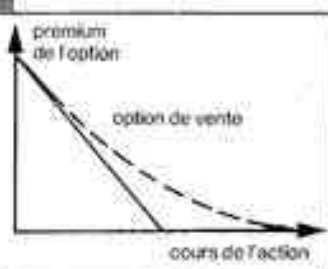


La Bourse de Chicago: Silver Market. © Gamma. Photo: Pirelli Liaison.

Comment le mécanisme de l'option peut-il réduire les aléas.



Graph 1



Graph 2

même obligées à les fournir, tel apparaît le sentiment commun à la lecture de toutes les nouvelles réglementations. Est-ce bien utile et économiquement rentable, telle est l'interrogation de nombreux chercheurs.

L'évaluation des titres dérivés : options et obligations

Les prix relevés sur les marchés financiers ont la caractéristique essentielle de suivre des mouvements aléatoires. La première analyse proposant une modélisation des cours boursiers suivant un processus brownien est due à Louis Bachelier, en 1900. La prise en compte de l'incertitude dans les techniques d'évaluation financière est donc une exigence. Dans ce domaine, les méthodes de calcul actuariel classiques sont muettes en matière de traitement du risque. Les deux modèles que nous avons choisis d'exposer démontrent des progrès notables.

• L'évaluation des options négociables

En avril 1973, s'échangeaient les premiers contrats d'options négociables dans le cadre d'une bourse nouvelle créée à cet effet, le Chicago Board Options Exchange (CBOE). Dix ans plus tard, cette bourse était devenue le second marché mondial de valeurs mobilières. Serait-ce le résultat d'un goût immodéré des Américains pour la spéculation ? En fait, si ces motifs ne sont pas étrangers à de nombreuses transactions, les raisons sont à trouver ailleurs. Les options négociables se sont révélées être des outils extrêmement précieux dans la gestion des risques d'un portefeuille. Un opérateur qui craint une baisse du cours d'une action peut protéger une ligne de portefeuille soit en vendant des options d'achat, soit en achetant des options de vente.

Un contrat d'option (1) confère à son détenteur le droit d'acheter (dans le cas d'une option d'achat) ou le droit de vendre (dans le cas d'une option de vente) un certain nombre d'actions d'une même société à un prix déterminé à l'avance, avant une échéance précise. Ainsi, l'acheteur d'une option d'achat IBM avril 1986 \$ 150 peut acheter au vendeur de l'option cent actions IBM au prix de \$ 150 et ceci à n'importe quelle date avant le 19 avril 1986. Ce droit ne sera bien évidemment exercé que si le cours de

l'action IBM dépasse la barre des \$ 150. Sinon, le bénéficiaire préférera l'abandonner. Dans le cas d'une option de vente, le droit ne sera exercé que si le cours de l'action est inférieur au prix d'exercice. Les options sont échangées de manière continue dans les bourses spécialisées. Leurs cours fluctuent en fonction de l'offre et de la demande. Les principaux déterminants sont le niveau du cours de l'action de base, l'incertitude qui pèse sur l'évolution de ce cours et la proximité de l'échéance. Empiriquement, les relations entre cours de l'action et valeur de l'option (ou premium) peuvent être empiriquement illustrées par les graphes 1 et 2.

La lecture de ces deux graphes permet d'illustrer la logique économique des opérations de couverture. En vendant des options d'achat, un opérateur espère les racheter en cas de baisse du cours de l'action à un prix plus faible. Le produit ainsi dégagé sur le marché des options vient compenser la perte de valeur du portefeuille d'actions. Un résultat voisin peut être obtenu en achetant des options de vente puisque, dans cette circonstance, la position en options s'appréciera en cas de hausse. La revente des options de vente dégagera un bénéfice qui viendra compenser la perte sur les actions. Les deux graphes permettent aussi de mettre en évidence l'une des difficultés de ces opérations de couverture. L'élasticité des premiums par rapport au cours de l'action n'est pas constante. Aussi, le nombre d'options à vendre ou à acheter pour couvrir convenablement une position varie-t-il en fonction du niveau du cours de l'action de base. La détermination d'un ratio optimal de couverture est l'un des problèmes pratiques que doit résoudre un gestionnaire de portefeuille.

Le grand intérêt du modèle proposé par les professeurs Black et Scholes est de fournir une expression analytique simple de la relation qui lie le premium de l'option et le cours de l'action de base. Leur modèle suppose qu'un arbitragiste peut toujours former sur le marché un portefeuille d'actions couvert par des options qui soit sans risque. A l'équilibre, une telle position ne doit pas rapporter plus que le taux d'intérêt d'un placement sans risque. Les hypothèses principales de ce modèle apparaissent tout à fait acceptables en comparaison avec les pratiques observées. Les arbitragistes qui interviennent constamment sur les marchés peuvent réaliser et réalisent de telles opérations en permanence. C'est finalement une modélisation du comportement de ces spécialistes qui a été réalisée par Black et Scholes. Par contre, d'autres hypothèses comme l'absence de frais de transaction, de taxes, limitent la portée de ce résultat théorique. Les divers tests empiriques menés, tant aux Etats-Unis qu'en Europe, ont montré que la formule de Black et Scholes était performante. Shin, chercheur au Centre de recherches sur la gestion (CEREG), a entrepris une série de tests nouveaux sur le marché d'Amsterdam, le European Options Exchange.

• L'évaluation des obligations

Traditionnellement, la valeur d'une obligation est définie comme la somme des valeurs présentes des revenus futurs et de la valeur de remboursement. Les évolutions, récemment observées sur les principaux marchés obligataires, ont rendu plus complexe l'utilisation de cette définition. Les fluctuations importantes des taux d'intérêt démontrent combien est devenue incertaine la prévision des prix futurs des actifs financiers. Les techniques actuarielles classiques en usage en matière de gestion de portefeuille s'intéressent, pour l'essentiel, au traitement du temps et du coût de l'argent. Les

(1) Levameur (M.), Simon (V.), *Marchés des capitaux : aspects et nouveaux contrats à terme*, Paris, Dalloz, 1980.

aléas nombreux qui pèsent sur l'évolution des cotés rendent nécessaire le développement de nouvelles techniques actuarielles aptes à tenir compte du risque.

Aux Etats-Unis, les travaux pionniers, dans ce domaine, de Brennan et Schwartz ont montré comment le calcul des probabilités permettait de développer de nouveaux outils d'évaluation des titres obligataires. L'observation du comportement des marchés financiers montre qu'il n'existe pas un seul coût de l'argent mais une multiplicité de taux d'intérêt. Classés en fonction des échéances des prêts, il est possible de distinguer au minimum, d'un côté, les taux à court terme et d'un autre, les taux longs. L'expérience prouve que ces taux sont loin de connaître des variations similaires.

L'hypothèse de départ de Brennan et Schwartz est qu'il est possible de décrire toutes les sources principales d'incertitude sur les marchés financiers en utilisant les deux taux d'intérêt à court et à long terme. Certes, il s'agit d'une hypothèse simplificatrice. Dans la réalité, deux points d'observation ne suffisent pas pour rendre compte de toute la courbe des taux. Mais il s'agit de tenir la complexité du problème à résoudre dans des limites raisonnables. La valeur de chaque titre obligataire sur le marché est une fonction des coupons et de la valeur de remboursement qui seront payés dans le futur, qui sont connus à l'avance, et des variables d'état que sont les taux long et court. Il suffit de préciser la nature du processus gouvernant les deux variables d'état pour préciser la dynamique du prix de chaque actif financier.

Comme pour le modèle de Black et Scholes, il est fait usage, dans ces techniques d'évaluation, d'arguments reposant sur la mise en place par les opérateurs de positions d'arbitrage. Par exemple, si des rentes perpétuelles sont négociées, un investisseur peut se couvrir contre les risques liés des fluctuations du taux à long terme en vendant ou achetant à terme certaines quantités de ces titres. Le prix actuel de n'importe quelle obligation sera donc une fonction du prix des rentes. Par contre, il n'existe pas de titres permettant une protection unique contre les fluctuations du taux à court terme. Cependant, les caractéristiques des obligations traitées sont suffisamment diverses pour qu'il soit toujours possible d'appareiller deux obligations avec des expositions au risque court différentes. Dans ce cas, en les combinant de manière astucieuse, un investisseur peut, avec la rente à long terme, constituer une position qui soit à très court terme parfaitement sans risque. Un tel portefeuille ne peut pas rapporter plus que le taux d'intérêt court actuel pour un placement sans risque. Comme dans le modèle de Black et Scholes, ces raisonnements conduisent à la détermination d'une équation d'évaluation de tous les titres du marché financier sous forme différentielle partielle. Les caractéristiques de chaque obligation, dates et valeurs des remboursements et dates et montants des coupons, permettent de dégager un ensemble de conditions aux bornes. Malheureusement, ces problèmes ne possèdent que très rarement des solutions analytiques. Des méthodes de résolution numérique sont alors employées.

A. François-Heude, chercheur au CEREQ, a fourni des développements originaux de ces techniques pour l'évaluation des obligations à taux variable. Ces titres se sont particulièrement développés sur le marché de Paris ainsi que sur les euromarchés. Sa thèse d'Etat a été consacrée à ce sujet. Une des critiques que l'on peut adresser à ce courant de recherche est qu'il

n'est soucieux que de fournir une évaluation relative des titres, mais il ne permet pas d'intégrer les mécanismes de formation des taux d'intérêt court et long. Ceci peut avoir des conséquences pratiques non négligeables. Ainsi, pour simplifier le problème à traiter, on peut être amené à supposer que le prix de chaque unité de risque restera constant dans le temps. Cependant, une telle hypothèse peut se révéler contradictoire au plan théorique avec l'absence supposée d'opportunités d'arbitrage. Il revient à Choe d'avoir montré dans sa thèse d'Etat quelles étaient les hypothèses compatibles avec un modèle rigoureux de détermination des taux d'intérêt dans une économie d'échange et de production en avenir incertain où les différents agents formulent des anticipations rationnelles.

L'évaluation des titres principaux: les actions

Au milieu des années soixante, W. Sharpe et, pratiquement en même temps, J. Lintner et I. Mossin publiaient ce qui allait devenir le modèle le plus populaire de la littérature financière, le modèle d'évaluation des actifs financiers (MEDAF). Ce modèle s'est révélé avoir des implications pratiques importantes pour la gestion de portefeuille. Il permettait de mieux comprendre les déterminants principaux du prix d'une action, à savoir le taux d'intérêt sans risque et le risque non diversifiable du titre. Ce dernier paramètre, connu comme le coefficient bêta, est fonction de l'écart entre la rentabilité attendue du titre et celle du marché dans son ensemble. De nombreuses études, tant aux Etats-Unis que dans les autres pays occidentaux comme la France (voir Altman, Jacquillot et Lévassieur), se sont attachées à mettre en évidence les principales propriétés de ces statistiques. Des services privés sont apparus dans différents pays pour aider en ce domaine les gestionnaires de portefeuille. D'autre part, le MEDAF a des implications normatives en matière de gestion. Il indique que les portefeuilles les plus efficaces sont ceux qui réalisent la plus grande diversification. A l'évidence, le portefeuille de marché qui regroupe tous les actifs est le plus désirable. Gérer un portefeuille revient alors à constituer un portefeuille proche de ce dernier et à n'alléger ou à n'alourdir une position que si l'on dispose d'une anticipation particulière sur le titre en question.

Sur le plan théorique, le MEDAF n'est cependant pas exempt de critiques. C'est un modèle fondamentalement stationnaire. Ainsi, les distributions de probabilité des rentabilités futures devraient rester identiques et le taux d'intérêt constant. A partir du début des années soixante-dix, une littérature abondante, se référant à des méthodologies différentes, est apparue en matière de modèle d'équilibre des actifs financiers en avenir incertain dans un contexte multi-périodique. Parmi cet ensemble, nous avons choisi de présenter le modèle d'évaluation par arbitrage ou MEA proposé en 1977 par S. Ross. B. Solnik, en France, a fourni en 1983 une extension de ce modèle dans un cadre multinational.

Dans cette analyse, la rentabilité d'un titre peut s'exprimer par un jeu de relations qui prend en compte :

- la rentabilité espérée de l'actif;
- un facteur de risque spécifique à l'actif;
- les facteurs affectant la rentabilité pondérée par des paramètres de sensibilité.

Le MEA montre qu'il est possible d'exprimer la rentabilité espérée d'un actif par une combinaison linéaire des seuls paramètres de sensibilité et de la prime de risque attachée à chaque facteur.

Différents travaux tentent d'expliquer l'instabilité des taux. Les résultats sont encore partiels.

L'analyse indique que plus la diversification des portefeuilles est grande, plus leur gestion est efficiente.

Un modèle théorique très convaincant mais limité dans son application faute de facteurs explicatifs pertinents.

Cependant, la théorie ne dit rien sur la nature des facteurs. Une étude empirique de Chen, Roll et Ross a mis en évidence quatre facteurs communs sur le marché américain : les changements non anticipés dans l'inflation, les changements non anticipés dans l'aversion globale aux risques des investisseurs, les changements non anticipés dans la production industrielle et ceux dans la pente de la structure des taux d'intérêt.

Ces études empiriques sont, sans conteste, délicates à réaliser. Elles supposent, dans un premier temps, une identification des facteurs communs à partir des cours boursiers journaliers. Des analyses factorielles servent à déterminer le nombre de facteurs communs et leurs pondérations respectives. Dans un second temps, il s'agit de tester les relations existant entre ces facteurs et des variables macroéconomiques.

P. Roger et P. Rousseau, chercheurs au CEREG, ont utilisé le MEA pour la description des marchés des changes. Dans ce cas, la méthode de recherche des axes principaux est quelque peu particulière car les termes de résidus ne sont pas indépendants (2). Cette étude a permis de bien mettre en évidence les trois zones monétaires : dollar U.S., mark et yen.

L'information et les anticipations des investisseurs

Un opérateur investit ses ressources en fonction de ses objectifs de gestion mais aussi en fonction de ses anticipations concernant le futur des entreprises. L'information est plus ou moins vaste, selon le temps et les ressources qu'il a consacrés à sa recherche. Généralement, il apparaît moins bien informé que ceux qui dirigent l'entreprise. Cette asymétrie dans l'information des gestionnaires a été longtemps ignorée dans les modèles théoriques de fonctionnement des marchés financiers. Sa reconnaissance est à la base de nombreuses contributions récentes tant sur le plan théorique que sur le plan empirique. Nous nous contenterons dans ce qui suit, d'évoquer quelques travaux empiriques. Traiter la littérature théorique dépasse très largement les limites de cet article. De plus, depuis quatre ans, le CEREG tente de développer dans le cadre de la France une série d'études qui nous évoqueront.

On peut penser que de nombreuses données comptables véhiculent une information prévisionnelle, utile aux investisseurs pour estimer les recettes futures générées par les entreprises. Si tel est le cas, les cours des actions doivent être affectés le jour de la publication de l'information comptable, ou quelques jours auparavant si elle est anticipée. De nombreux travaux empiriques ont été menés pour vérifier cette hypothèse. Les méthodologies retenues sont particulièrement fines puisqu'il s'agit d'isoler une cause spécifique parmi l'ensemble de toutes celles qui font varier les cours. Les auteurs américains sont particulièrement nombreux dans ce domaine. Les travaux de W. Beaver sont parmi les plus représentatifs. En France, Pierrat et Girod ont développé des tests sur le contenu informatif de la publication des rapports annuels, à la Bourse de Paris. Camion et Levasseur ont proposé des tests complémentaires portant sur l'analyse des opérations à terme. Une informa-

(2) C'est-à-dire que l'écart observé - estimé d'une période peut s'exprimer à partir des écarts relatifs aux périodes passées.

tion supplémentaire doit être de nature à faire réviser les anticipations des opérateurs et doit avoir des implications sur les positions - vendeurs qu'ils détiennent à terme. Les résultats obtenus indiquent que si les informations contenues dans les rapports annuels sont anticipées dans les cours à la date de publication dans le *Bulletin des annonces légales et officielles*, elles ont pu avoir un intérêt dans la gestion des portefeuilles lorsqu'elles sont arrivées à la connaissance des investisseurs, quelques semaines auparavant. Par ailleurs, l'impact sur les cours est suffisamment rapide et précoce pour que rien ne vienne infirmer, dans ce domaine, la thèse de l'efficacité du marché boursier.

Glossaire

Actuarielles : caractérisent les méthodes utilisant le calcul des probabilités pour les opérations d'évaluation de titres.

Dématérialisation des titres : opération qui substitue par une écriture informatique toutes les manipulations des "papiers" de titres.

Euromarchés : rien à voir avec le commerce de grande surface, mais relatif ici à des marchés de créances qui circulent en dehors de leur pays d'origine. Par exemple, une société française qui lance un emprunt en dollars sur un marché financier comme celui de Londres.

MATIF : marché mis en place à Paris en février 1986 ; composante de la rénovation des circuits de financement, il a pour but essentiel de protéger des fortes variations des taux d'intérêt et de faciliter les opérations de refinancement.

Règlement mensuel : marché où se traitent les actions des sociétés les plus importantes. Il permet certaines opérations à découvert qui sont régularisées en fin de mois (liquidation).

Second marché : nouvelle structure mise en place en 1983 à la Bourse de Paris pour inscrire au marché des sociétés qui ne souhaitent, ou ne peuvent, accéder à la cote officielle.

A l'inverse, si l'on suppose que l'information prévisionnelle qu'apportent les résultats comptables était déjà disponible auprès des opérateurs, alors les variations de cours ne vont pas suivre les chiffres comptables mais au contraire les précéder. Les travaux de Beaver, Lambert et Morse aux Etats-Unis ont montré qu'il était possible de construire un modèle robuste de prévision des résultats comptables à partir des variations des cours des actions. Ceci n'est point illogique puisque l'on peut prévoir que toutes les informations bonnes ou mauvaises qui affectent la bourse trouvent un jour ou l'autre une traduction au niveau des comptes de résultat. Khoudja a entrepris la réalisation de tests voisins sur le marché de Paris. Ses résultats ne permettent pas de rejeter cette hypothèse.

Il faut admettre que l'ensemble de ces travaux apporte des résultats qui restent à confirmer. Les implications en matière d'analyse des réglementations ne manquent pas d'intérêt. Obliger les entreprises à fournir une information toujours plus nombreuse et complexe est onéreux à la fois pour le producteur et le destinataire. Ces tests sont susceptibles d'apporter un éclairage nouveau sur l'opportunité de ces obligations.

A la recherche

FORMES, VIBRATIONS ET ESSAIS NON DESTRUCTIFS

Un aperçu de la géométrie de Riemann : "peut-on entendre la forme d'un tambour ?".

Jean-Pierre BOURGUIGNON

Relier la forme d'un objet à ses propriétés vibratoires.

Parmi les caractéristiques d'un ouvrage industriel figure son spectre de vibrations.

Parmi les illustrations possibles de la géométrie riemannienne (poursuivant l'œuvre de pionnier de C.F. Gauss, B. Riemann la fonda en 1854 dans sa fameuse leçon inaugurale, "*über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen*"), nous avons choisi de présenter celle qui permet de relier les propriétés géométriques d'un objet, comme sa forme, à ses propriétés vibratoires. Il y a plusieurs bonnes raisons à cela. Tout d'abord cette illustration a un côté spectaculaire que l'on peut résumer dans la formule imagée "Peut-on entendre la forme d'un tambour ?". Bien plus, dans la dernière décennie, elle a motivé les travaux de nombreux mathématiciens débouchant sur des résultats tout à fait importants (2). Enfin, les applications industrielles des phénomènes qu'elle recouvre ont connu des développements considérables ; elles font en effet partie des méthodes d'essais non-destructifs. Nous y ajouterons personnellement une autre raison qui nous semble aussi importante : elle permet de bien mettre en valeur ce qu'est la modélisation d'un phénomène et ce que peut donner le point de vue d'un mathématicien confronté à celui d'un ingénieur devant un modèle donné.

Tout le monde se souvient d'avoir vu un cheminot frapper une roue de wagon avec un marteau pour "écouter" si celle-ci est fêlée. Il est possible d'appliquer des méthodes analogues à d'autres structures, même beaucoup plus complexes. Il s'agit d'analyser la réponse vibratoire d'une structure à une sollicitation pour déceler des modifications de sa géométrie (interne ou externe), en particulier pour savoir comment elle vieillit. C'est une des raisons pour lesquelles, chez les ingénieurs, l'idée s'est

répandue que, parmi les caractéristiques d'un ouvrage après construction, figure son spectre de vibrations. Ici, nous avons délibérément choisi de nous concentrer sur des méthodes globales et exclu de notre champ d'investigation les méthodes de balayage par auscultation ultrasonique ou par radiographie qui permettent de détecter des pailles dans un objet ou une structure).

La musique des cordes vibrantes

Il faut d'abord préciser ce que nous appelons la réponse vibratoire. L'image d'un instrument à cordes permet de s'en faire une assez bonne idée en mettant en relief deux points importants : d'abord l'existence d'ondes stationnaires qui correspondent à un son pur faisant apparaître des ventres et des nœuds, ensuite le fait que l'instrument n'entre en résonance avec la sollicitation que pour certaines fréquences bien déterminées. (A ce propos, bien qu'il ait plus d'un siècle, le livre de J.W. Strutt, baron Rayleigh, *The Theory of Sound*, se lit toujours avec intérêt).

Prenons le modèle simple d'une corde vibrante de longueur L , maintenue fixe à ses deux extrémités. Ses petits déplacements transversaux dépendent du point de la corde que l'on peut repérer par sa distance à une extrémité. Ils sont solutions de l'équation des ondes (voir encadré 1) qui incorpore les caractéristiques de la corde, les conditions aux limites (exprimant que la corde est fixée aux deux extrémités) et s'il y a lieu la sollicitation extérieure.

Les solutions stationnaires sont celles qui permettent de séparer l'influence du temps et de l'espace. C'est précisément pour celles-ci que l'on peut immobiliser la corde au stroboscope.

Il est connu, depuis Mersenne en 1636, que l'équation n'admet de solutions non partout nulles que pour des fréquences multiples d'une fréquence fondamentale dont le carré est proportionnel (dans le cas d'une corde homogène) à la tension de la corde et inversement proportionnel à sa densité et au carré de sa longueur, d'où la possibilité pour le violoniste ou le guitariste de moduler la hauteur du son en raccourcissant la corde.

Le son est obtenu comme superposition du son fondamental et de ses harmoniques dont les

* Il s'agit du titre d'une conférence donnée en 1965 par le physicien mathématicien américain Marc Kac, qui lui fut suggéré par son collègue Lipson Bers. (3)

■ Jean-Pierre Bourguignon est directeur de recherche au Centre de mathématiques, U.A. 169, Ecole polytechnique, 91128 Palaiseau Cedex. Ses travaux portent plus particulièrement sur la géométrie riemannienne et l'analyse globale et leurs relations avec la mécanique et la physique théorique.

Ce texte a été rédigé d'après une conférence prononcée lors de la Journée annuelle 1984 de la Société Mathématique de France consacrée à "La géométrie de Riemann : aperçu historique et illustrations".

La musique des cordes est très régulière.

Les cordes et l'équation des ondes

Le déplacement transversal de la corde est représenté par une fonction $v(x,t)$ du temps t et de l'abscisse x du point qui satisfait à



l'équation des ondes

$$\frac{\partial^2 v}{\partial t^2}(x,t) = \frac{\tau}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}(x,t) = 0$$

où τ est la tension de la corde et ρ sa masse linéaire.

Si la corde est fixée aux extrémités, la fonction v satisfait aux conditions aux limites

$$v(0,t) = v(L,t) = 0.$$

Les vibrations stationnaires sont alors obtenues en cherchant des solutions de la forme $\exp(i\Omega t)V(x)$ qui séparent les influences des variables d'espace et de temps. La fonction V est solution du problème de Dirichlet

$$-\frac{d^2 V}{dx^2} - \Omega^2 V = 0, \quad V(0) = V(L) = 0.$$

La fréquence fondamentale Ω est donnée par

$$\Omega^2 = \frac{1}{4\pi^2} \Omega^2 = \frac{1}{4\pi^2} \frac{\tau}{\rho L^2}$$

Le déplacement pour la fréquence fondamentale est illustré ci-dessous



pour son harmonique double ci-dessous



avec apparition d'un nœud à la moitié de la corde.

Comprendre en quoi la géométrie du tambour influence le son qu'il produit.

fréquences forment une progression arithmétique.

Il est important de souligner que les caractéristiques physiques du système sont toutes contenues dans le coefficient de l'équation des ondes qui est variable si la corde est inhomogène. C'est ce coefficient qui fait le lien avec la géométrie en définissant une "métrique de Riemann" sur le segment de longueur L . C'est en cela que nous disons que le modèle mathématique, extrêmement simple dans l'exemple traité ici, a "codé" la physique de la situation dans la métrique de Riemann. En une dimension, le seul invariant riemannien est la longueur et une courbe peut toujours se paramétrer par son abscisse curviligne. Pour une corde inhomogène, ce paramètre variera plus vite que la longueur physique dans les zones où la densité de la corde est plus faible.

Il n'est peut-être pas inutile de mentionner que les instruments à vent comme l'orgue ou la flûte, pour lesquels le phénomène physique produisant le son est différent, ressortent de modèles tout à fait analogues à une différence fondamentale près : les conditions au bord n'imposent plus nécessairement qu'aux extrémités du tuyau le déplacement s'annule (les mathématiciens appellent cela les conditions de Dirichlet), mais que sa dérivée s'annule si le tuyau est ouvert (on parle alors de conditions de Neumann). Cela ne change pas la fréquence fondamentale ni la propriété fondamentale de la musique unidimensionnelle, à savoir la belle régularité des fréquences propres qui sont toutes multiples de la fréquence fondamentale.

Passons donc au cas (qui est beaucoup plus intéressant mathématiquement) de la dimension 2, c'est-à-dire aux membranes vibrantes.

Les membranes vibrantes ou "Peut-on entendre la forme d'un tambour ?"

Nous nous intéressons aux vibrations stationnaires d'une membrane tendue (un tambour, quoi !) qu'on suppose sans rigidité. On la représente par un domaine D du plan. De la même façon que pour les systèmes à une dimension, nous disons que les caractéristiques physiques de la membrane (sa densité, sa tension éventuellement anisotrope) peuvent être incorporées dans la donnée d'une métrique de Riemann sur D .

Les fréquences des vibrations stationnaires apparaissent là aussi dans une équation faisant intervenir les dérivées secondes des fonctions définies sur le domaine par le biais de l'opérateur de Laplace. Elle s'obtient par séparation des variables à partir de l'équation des ondes. Les conditions au bord nécessaires pour bien poser le problème traduisent là encore le fait que la membrane est fixée sur son pourtour (on parle donc d'un problème de Dirichlet). On peut bien sûr considérer aussi des problèmes de Neumann, pour lesquels la condition au bord consiste à demander que la dérivée normale de la solution soit nulle, mais pour elles nous manquons d'analogie musicale.

La connaissance de la "musique du tambour D " n'est alors rien d'autre que celle des valeurs propres de ce problème de Dirichlet, qui sont les carrés des fréquences des vibrations stationnaires. (Nous les notons δ_k dans la suite). Nous voulons comprendre en quoi la géométrie du tambour influence cette musique. Pour nous ici, la géométrie est concentrée dans la forme du bord, supposant en cela que la membrane dont est fait le tambour est homogène ainsi que la tension qui lui est appliquée. Dans notre

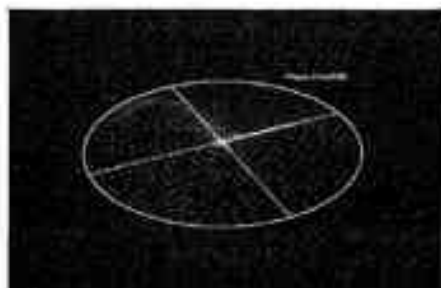


Fig. 1. Visualisation d'un mode propre de vibration d'ordre un : écart d'un tambour modélisé par un calcul sur indéfini.

modèle, cela revient à prendre pour métrique de Riemann la métrique ordinaire du plan euclidien. Pour bien des résultats que nous allons donner, cela n'est en fait pas du tout nécessaire et beaucoup de preuves se font aussi simplement dans le cadre riemannien général (si on les prend bien !).

D'abord, comme pour les cordes, la collection des valeurs propres s'ordonne en une suite régulièrement croissante de nombres tendant vers l'infini, mais il n'est plus vrai, comme à une dimension d'espace, qu'elles s'ordonnent comme la suite des carrés de la fréquence fondamentale. (Les valeurs propres du problème de Neumann jouissent de la même propriété). On peut donc donner un contenu plus précis à la question de Marc Kac mentionnée précédemment. Lorsqu'on connaît la suite (δ_j) des valeurs propres, c'est-à-dire le son fondamental et ses harmoniques, peut-on retrouver la "forme" du tambour D ? En fait, bien des informations géométriques intéressantes sont cachées dans cette suite. Grâce à une formule asymptotique obtenue en 1949 et d'ailleurs valable pour toutes les surfaces de Riemann fermées, on peut retrouver l'aire A du tambour D ainsi que la longueur L de son bord, mais aussi le nombre G de ses trous. Cette formule s'énonce :

$$\sum_{j=1}^n e^{-4\pi i \delta_j} \sim A t^{-1} + B t^{-\frac{1}{2}} + \frac{1}{0} (1-G) + \dots$$

En fait, la détermination de A à partir de la donnée des δ_j remonte à Hermann Weyl en 1915 qui répondait par cela à une question posée en 1910 par le physicien A. Lorentz (voir aussi Pockels, Teubner 1891). De nombreuses et très importantes extensions de cette formule ont été données récemment. Elles ont eu des conséquences de première grandeur dans divers domaines des mathématiques.

A ce point, il est important de souligner que le membre de droite du développement donné plus haut n'est pas affecté par la méconnaissance d'un nombre fini de δ_j , mais qu'au contraire rien ne peut être dit sur lui si l'on ne connaît qu'un nombre fini d'entre eux. Or l'oreille, comme tout instrument de mesure physique, n'apprécie qu'un nombre fini de ces fréquences propres, et encore ne le fait-elle qu'avec une marge d'incertitude ! On voit donc là l'idéalisation que représente la donnée de tous les δ_j , même éventuellement sauf un nombre fini. Ce point fait assez bien sentir une des différences fondamentales entre un problème de nature mathématique et son correspondant physique ou mécanique.

Il n'en reste pas moins que le problème général de savoir si la connaissance des nombres (δ_j) , le spectre de la variété riemannienne, permet de la caractériser est un important problème mathématique. Ce problème d'isospectralité a connu des progrès récents tout à fait intéressants. Ainsi, J.W. Milnor a fourni en 1964 un exemple de deux métriques sur des tores de dimension 16 (le produit de seize cercles) ayant le même spectre. D'autres exemples ont été obtenus en 1980 par A. Ikeda en géométrie sphérique (des quotients de la sphère ronde à cinq dimensions par des groupes qui généralisent les groupes cristalllographiques), et par M.J. Vigneras* en géométrie hyperbolique avec des surfaces de Riemann intéressantes en théorie des nombres.

* On trouvera dans le n° 39 du Courrier du CNRS une interview de cette mathématicienne.

Ces éléments de réponse à la question de M. Kac sont malgré tout des objets localement isométriques. Ils appartiennent en effet tous, soit à la géométrie euclidienne (c'est le cas des tores de Milnor qui sont localement euclidiens), soit aux deux autres géométries riemanniennes-modèles : la géométrie sphérique, indispensable pour faire de la cartographie, et la géométrie hyperbolique qui ne vérifie pas l'axiome des parallèles d'Euclide (son existence avait soulevé des controverses jusqu'au siècle dernier et a joué un rôle tout à fait important dans la motivation de B. Riemann). Ce sont ces trois géométries qui possèdent le plus de symétries, et leurs groupes d'isométries jouent un grand rôle dans la géométrie moderne.

N. Ejiri en 1979 et C. Gordon en 1983 ont fourni des exemples qui ne sont pas localement isométriques. Cette dernière a même exhibé une infinité de métriques dépendant d'un paramètre sur des espaces de dimension 5 qui ont toutes le même spectre sans être isométriques. C'est un mathématicien japonais, H. Urakawa, qui, en s'appuyant sur des calculs préalables en géométrie sphérique de P. Bérard et G. Besson, s'est approché le plus près d'une réponse (d'ailleurs négative) à la question posée par Marc Kac en construisant des domaines de l'espace euclidien R^4 qui ont même musique (ils ont en fait même spectre pour les problèmes de Dirichlet et de Neumann). Outre d'être de dimension un peu grande, ils ont le défaut de ne pas avoir un bord lisse, car ils présentent des coins. Dans son article (3), Marc Kac remarquait déjà que la présence de coins modifie une bonne partie des raisonnements mathématiques appliqués aux tambours. Et justement la plupart des exemples physiques naturels ne possèdent-ils pas de coins ?

Pour conclure ce paragraphe, il est sans doute intéressant de noter que tous les exemples qui ont été mentionnés sont en fait très spéciaux. Ils s'appuient tous sur la présence d'un groupe de symétrie géométrique qui permet de faire les calculs jusqu'au bout (voir encadré 3). Dans le cas général, on ne peut pas calculer effectivement toutes les valeurs propres d'une variété riemannienne, ne serait-ce qu'une seule d'ailleurs, par une formule explicite. Ainsi, même pour un triangle quelconque (ni équilatéral, ni rectangle), les valeurs exactes des fréquences propres ne sont pas connues, mais bien sûr on peut en trouver des valeurs approchées par des méthodes numériques.

L'inégalité de Faber-Krahn ou "graves sont les tambours ronds"

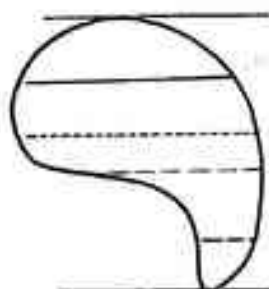
Après notre escapade dans l'infini, revenons aux informations géométriques qu'il est possible de tirer de la connaissance d'un nombre fini de valeurs propres. En fait nous allons rencontrer diverses inégalités dont certaines ont une longue histoire. Elles ont de très nombreuses applications tant dans les mathématiques proprement dites que dans divers domaines pratiques (nous y revenons dans le chapitre suivant). Elles sont souvent englobées sous le nom d'inégalités isopérimétriques. (Au moins deux monographies sous ce titre, (1) et (6), et deux articles de revue, (4) et (5), méritent d'être cités).

Celle sur laquelle nous voulons nous attarder un peu est l'inégalité prouvée indépendamment en 1923 par G. Faber et E. Krahn, mais qui se trouve déjà énoncée par Lord Rayleigh dans son

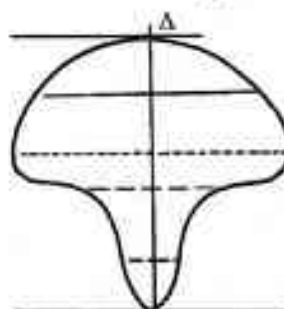
Connaître toutes les harmoniques du tambour permet de déterminer le nombre de ses trous.

Hors d'exemples spéciaux, on ne sait pas calculer explicitement le spectre d'un domaine.

Symétrisation d'un domaine plan



Un domaine D du plan



Son symétrisé par rapport à la direction de droite Δ

Pour construire le symétrisé de D , on porte le long des droites perpendiculaires à Δ des segments symétriques par rapport à Δ de longueur égale à la longueur du segment de cette droite intérieur à D .

Le symétrisé de D a même aire que D , et donc même masse. Si on répète la symétrisation par rapport à d'autres directions de droite Δ , on obtient très vite un domaine presque circulaire (pratiquement après moins d'une dizaine d'itérations).

Traité fondamental sur la théorie du son. Elle s'énonce très simplement : "pour tout tambour D de forme quelconque, le produit de son volume par le carré de sa fréquence fondamentale est plus grand que la même quantité évaluée pour un tambour rond. De plus, l'égalité ne peut avoir lieu que si le tambour D est rond." Ainsi, en écoutant un tambour dont on connaît l'aire, on peut reconnaître s'il est rond.

Insistons à nouveau sur le fait que nous avons modélisé la situation, c'est-à-dire que nous avons fait rentrer toutes les caractéristiques physiques de la situation dans la métrique qui sert à définir ce problème de Dirichlet. C'est ainsi que l'aire du domaine dont il est question contient en elle la tension et la densité de la membrane tout autant que sa taille physique. Quelques commentaires sur la preuve de ce résultat ne sont probablement pas déplacés ici, dans la mesure où ils mettent en évidence comment la géométrie peut intervenir dans ce genre de problèmes a priori analytiques. A ce sujet, citons d'abord Rayleigh pour constater que la nécessité d'une preuve mathématique d'un tel résultat n'est pas toujours apparue comme évidente. A la page 339 de son traité, on peut en effet lire : "Nous avons vu que le son fondamental d'une membrane de bord à peu près circulaire est sensiblement le même que celui d'une membrane comparable mécaniquement qui a la forme d'un cercle de même surface. Si l'aire d'une membrane est donnée, il y a évidemment une forme du bord pour laquelle le son fondamental est le plus grave possible et cette forme ne peut être autre que le cercle. Dans le cas où le bord est presque circulaire, une preuve analytique peut en être donnée...". La bonne conjecture était ainsi avancée, mais le travail mathématique restait à faire.

Les preuves données par Faber et Krahn sont similaires et font toutes deux appel à une notion géométrique importante, la symétrisation (voir encadré 2), qui a trouvé de nombreuses applications dans ce domaine d'analyse géométrique (2). L'idée est simple : si on remplace un domaine D du plan de forme quelconque par un domaine obtenu à partir de D par symétrisation, alors sa fréquence fondamentale diminue tandis que par construction son aire reste inchangée. En recommençant cette construction par rapport à des directions de droites différentes, le

domaine D ressemble de plus en plus à un disque*. Pour terminer la démonstration, il faut ensuite un argument de convergence un peu délicat à mettre en œuvre (ce dont Rayleigh, en physicien averti, déclarait pouvoir se passer !) et l'inégalité isopérimétrique géométrique classique ("de tous les domaines du plan ayant une aire donnée, le disque est celui qui a le plus petit périmètre").

Cette inégalité n'est pas spéciale à la dimension 2 et s'étend aux domaines de l'espace euclidien de toutes dimensions.

Il est certainement bienvenu de signaler qu'il existe une inégalité analogue pour les valeurs propres du problème de Neumann, mais elle va en sens contraire. En effet H.F. Weinberger a montré en 1956 que la fréquence fondamentale pour le problème de Neumann (comme si la membrane pouvait glisser sur le corps du tambour) de tout domaine du plan est toujours plus basse que celle d'un tambour rond. L'égalité est là encore caractéristique du tambour rond. (Cela souligne à quel point il est vital dans la modélisation d'avoir une description adéquate des conditions aux limites et de les prendre comme partie intégrante des équations définissant le problème).

Un résultat analogue a été prouvé par un mathématicien suisse, J. Hersch, en 1970 pour toute métrique riemannienne, aussi bosselée soit-elle, sur la sphère de dimension 2. Cela indique que les surfaces sans bord ont pour les estimées de leur première valeur propre non nulle un comportement plus proche du problème de Neumann des domaines à bord que du problème de Dirichlet. Des généralisations à toutes les surfaces de Riemann ont été données par deux mathématiciens d'origine chinoise travaillant aux États-Unis, P. Li et S.T. Yau.

Il existe d'autres inégalités sur les modes de vibration, par exemple certaines portent sur la première valeur propre du système d'équations aux dérivées partielles décrivant les vibrations stationnaires d'un milieu élastique incompressible, système dont l'intérêt mécanique est évident.

* Une illustration interactive de cette inégalité ainsi qu'un film se trouvent dans la salle de mathématiques de la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Ville de Paris.

Après symétrisation, la fréquence fondamentale d'un domaine diminue.

Fréquences fondamentales de certains domaines simples (d'aire unité)

(Illustration numérique de l'inégalité de Faber-Krahn)

Cercle	$2,404 \times \sqrt{\pi} = 4,261$
Carré	$\sqrt{2} \times \pi = 4,443$
Quadrant d'un cercle	$1/2 \times 5,136 \times \sqrt{\pi} = 4,551$
Secteur de 60° d'un cercle	$6,379 \times \sqrt{\pi/6} = 4,616$
Rectangle (rapport des côtés 2/3)	$\sqrt{13/6} \times \pi = 4,624$
Triangle équilatéral	$\sqrt{10} \times \pi/6 \times 2/3 = 4,774$
Demi-cercle	$3,632 \times \sqrt{\pi/2} = 4,803$
Rectangle (rapport des côtés 1/2)	$\sqrt{6/2} \times \pi = 4,967$
Triangle isocèle rectangle	$\sqrt{5/2} \times \pi = 4,967$
Rectangle (rapport des côtés 1/3)	$\sqrt{10/3} \times \pi = 5,736$

Essais non destructifs

Jusqu'à maintenant, nous avons d'une certaine façon eu une approche musicale en recherchant les résonances. Les inégalités que nous avons présentées et surtout leurs généralisations à des systèmes comme celui de l'élasticité servent aussi à s'assurer qu'une résonance extérieure d'une famille répertoriée (comme par exemple des vibrations provenant de l'environnement, voire même un micro-séisme) ne va pas pouvoir exciter une fréquence propre. On peut ainsi, par construction, en estimant le spectre d'un ouvrage complexe le mettre (avec une certaine fiabilité) hors d'atteinte de mouvements qui pourraient altérer la stabilité de son équilibre et conduire à sa destruction.

Comme nous l'avons dit, les essais non destructifs sont un domaine en grand développement car ils trouvent des applications industrielles extrêmement variées. Pour beaucoup de structures très coûteuses et dont la mise hors service entraîne des inconvénients majeurs pour leurs utilisateurs (par exemple un arbre d'alternateur dans une centrale électrique ou la coque d'un sous-marin), il est très important d'avoir une indication sur leur vieillissement. Ce mot recouvre en fait quelque chose de très complexe qui comprend à la fois l'état interne de la structure (état de contrainte par exemple), mais aussi l'assemblage de différentes parties de la structure entre elles ou les contacts avec l'extérieur (les fameuses conditions aux limites ; ainsi pour l'exemple de l'arbre de l'alternateur un point sensible est l'état de la lubrification sur les paliers qui supportent l'arbre).

Les articles auxquels l'auteur a pu avoir accès montrent que les résultats actuellement disponibles sont essentiellement qualitatifs. Ceci est dû



Fig. 2. Pour suivre l'état mécanique interne d'une pale d'alternateur utilisé dans une centrale électrique, on la soumet périodiquement à des vibrations forcées. Une variation de sa réponse vibratoire indique la présence d'une anomalie, le plus souvent un début de fissure. © EDF, Direction des études et recherches.

aux difficultés à faire une modélisation pertinente de systèmes souvent complexes, mais aussi à l'absence des résultats mathématiques nécessaires. Quelques études quantitatives, en particulier pour estimer la taille de certaines fissures apparaissant dans une structure, ont cependant été menées.

De plus, ce domaine est en pleine révolution technologique à cause des possibilités de miniaturisation d'équipements électroniques qui sont aujourd'hui utilisables sur une vaste échelle. Il est tout à fait possible que la rapidité de ces progrès, en particulier la généralisation de l'utilisation de micro-processeurs, fasse passer au second plan les questions plus théoriques que nous avons essayé d'effleurer dans cet article. Ce serait dommage, car, de leur côté, les mathématiciens, et plus spécialement les géomètres riemanniens sont aujourd'hui mieux armés pour attaquer de tels problèmes. Il est probablement intéressant de souligner que ce mariage de la géométrie et de l'analyse qui a produit ce corps de connaissances nouveau a eu lieu pour des raisons essentiellement internes aux mathématiques, avec la volonté presque exclusive de résoudre des problèmes géométriques où une certaine esthétique joue un rôle déterminant. Mais les résultats sont là !

Les développements précédents sont seulement des exemples parmi d'autres permettant d'affirmer que la géométrie fondée par Riemann est devenue une branche à part entière des mathématiques. Non seulement, sa structure interne est suffisamment riche pour lui permettre de résoudre les problèmes qu'elle se pose à elle-même, mais elle a su se rendre utile à beaucoup d'autres sous-disciplines mathématiques ou non mathématiques. Si son omniprésence dans la physique théorique contemporaine qui traite des interactions fondamentales par le biais des théories de jauge semble un fait qui n'est plus disputé, dans d'autres domaines d'application comme la mécanique des milieux continus, l'état des choses semble moins avancé, ce qui ne veut pas dire moins prometteur. La situation de la mécanique est en fait très contrastée, car, en ce qui concerne la mécanique analytique, son histoire se confond presque avec celle de la géométrie différentielle. De même, la mécanique céleste a été la source de nombreux travaux mathématiques. On peut imaginer que dans un proche avenir, cette dissymétrie pourra être atténuée.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Bandle (C.), "Isoperimetric inequalities and applications", *Monographs and studies in Maths* 7, Pitman (1981).
- (2) Bérard (P.), "Le spectre des vibrations d'une variété riemannienne", *Le Courrier du CNRS*, supplément, Images des mathématiques 1985.
- (3) Kac (M.), "Can one hear the shape of a drum?", *Amer. Math. Monthly*, 1966, n° 73, pp. 1-23.
- (4) Osserman (R.), "The isoperimetric inequality", *Bull. Amer. Math. Soc.*, 1978, n° 84, pp. 1132-1238.
- (5) Payne (L.E.), "Isoperimetric inequalities and their applications", *S.J.A.M. Review*, 1967, n° 9, pp. 453-488.
- (6) Polya (G.), Szegő (S.), "Isoperimetric inequalities in mathematical physics", *Ann. of Math. Studies*, 1951, n° 27, Princeton, Princeton University Press.

Le Centre de documentation scientifique et technique du CNRS propose de fournir aux lecteurs intéressés une bibliographie comportant les 100 références les plus récentes signalées dans la base de données PASCAL (voir bon de commande p. 37).

On utilise des méthodes vibratoires pour suivre le vieillissement d'une structure.

La géométrie de Riemann intervient dans beaucoup de domaines des mathématiques et de leurs applications.

LE CHANT DES OISEAUX

Le doux gazouillis des oiseaux : cette expression vague et banale, que nous utilisons pour désigner l'agréable fond sonore de nos moments de détente, recouvre en réalité, une communication très complexe, différente pour chaque espèce, avec ses structures et ses fonctions.

Michel KREUTZER

Les oiseaux émettent des chants et des cris. Nos connaissances sont plus avancées dans le domaine des chants que dans celui des cris.

La stéréotypie que nous inférons aux chants d'une espèce est une illusion sonore, due à l'inaptitude que notre oreille éprouve pour analyser la diversité réelle des chants.

Au printemps, tôt le matin, les oiseaux vocalisent intensément. Les humains ont depuis fort longtemps classé ces émissions sonores en deux catégories. Celles qui paraissent mélodieuses sont appelées "chants", les autres "cris". Rien que très empirique, cette classification est cependant utilisée par les éthologues car chants et cris se distinguent aussi pour des raisons biologiques.

Tous les oiseaux émettent des cris, mais tous ne chantent pas, généralement seuls les mâles oscines (oiseaux chanteurs) en sont capables. Les femelles n'émettent que des cris, souvent les mêmes que ceux des mâles. Contrairement aux cris, les chants doivent être appris, ils ne sont émis que durant la période de reproduction et dépendent de centres nerveux différents de ceux qui contrôlent les cris.

■ Michel Kreutzer, maître de conférence à l'université Paris X, travaille au Laboratoire d'éthologie expérimentale (unité associée 667 CNRS - Paris XIII), Station de terrain de Saint-Lucien, 28210 Nogent-le-Roi. Son activité porte essentiellement sur l'étude de la communication acoustique des oscines.

Les chants ont fait l'objet de recherches éthologiques beaucoup plus nombreuses que les cris, aussi nos connaissances sont plus avancées en ce domaine (1). Je ne parlerai donc ici que des chants.

D'abord nous étudierons l'organisation des chants : le codage. Ensuite, nous analyserons les règles qui permettent aux oiseaux de reconnaître des chants : le décodage. La connaissance de ces processus conduira à examiner de quelle manière l'évolution du chant peut être étudiée.

Le codage

Les ornithologues savent identifier chaque espèce en écoutant uniquement ses chants. Cette spécificité des vocalisations a longtemps fait penser que les chants de chaque espèce étaient peu variables, leurs codages stéréotypés. En fait, notre oreille n'est pas un bon analyseur des chants, notre vitesse d'analyse, contrairement aux oiseaux, est trop lente. L'utilisation de moyens techniques plus performants a permis



Fig. 1. Le troglodyte est une espèce très commune habitant les strates basses de la végétation. (Photo J. Blondel).

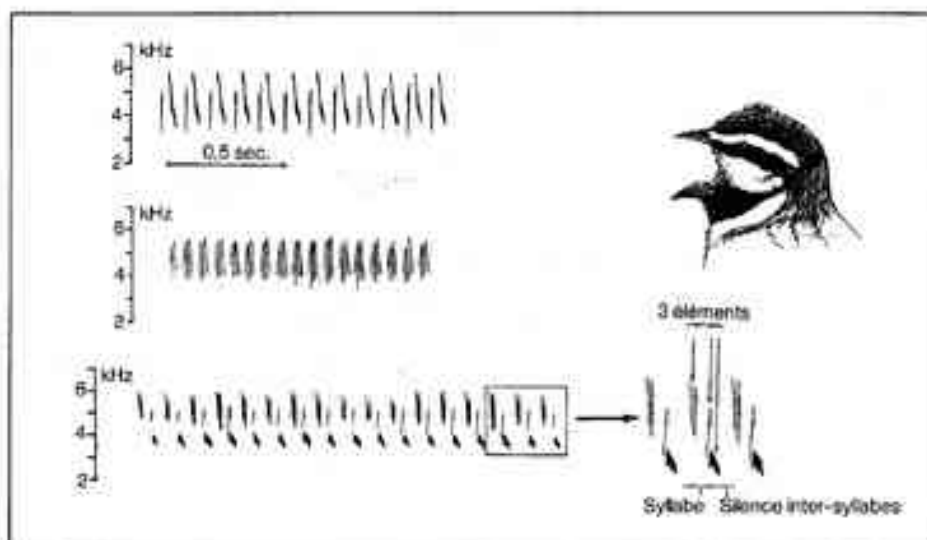


Fig. 2. Le chant du bruant zizi est composé d'une même syllabe répétée sur un temps régulier. Chaque mâle possède en moyenne deux ou trois chants différents à son répertoire. D'un chant à un autre la syllabe varie beaucoup, ce qui donne l'impression que le répertoire de l'espèce est très diversifié. Cependant chaque syllabe est construite à partir d'éléments sonores dans il n'existe qu'un petit nombre de types dans l'espèce. Ainsi la diversité des syllabes est le produit des combinaisons de ces quelques éléments sonores.
D'après J. Chevillier.

En montrant que la diversité des chants d'une espèce est le produit des combinaisons d'un nombre fini d'éléments sonores, les éthologistes démontrent que le chant des oscines possède dans son organisation des traits communs avec le langage humain.

Généralement un oiseau ne réagit qu'à des chants de son espèce. Ses congénères sont en effet ses principaux "compétiteurs".

La synthèse acoustique permet de créer des chants normaux ou atypiques. L'intensité des réactions des oiseaux à ces différents chants permet d'étudier leurs stratégies de décodage.

de découvrir qu'au sein de chaque espèce, il existait une diversité que l'on n'imaginait pas (figure 2), elle se manifeste notamment au niveau individuel et géographique.

• Diversité individuelle.

Un individu possède souvent plusieurs chants différents à son répertoire. Un bruant jaune possède en moyenne deux chants. Un pinson ou un Bruant zizi en possède deux à trois. Un troglodyte, quatre à six. Chez le troglodyte des marais, une espèce sud-américaine, un individu peut avoir plus d'une centaine de chants différents à son répertoire.

• Diversité géographique.

D'une région à une autre, voire d'une localité à une autre, le répertoire d'une espèce présente souvent des variations régionales, il existe des "dialectes". Selon les espèces, les dialectes sont plus ou moins marqués : dans certains cas, c'est tout le répertoire des congénères voisins qui est identique et qui diffère de celui des congénères d'une autre localité ; troglodyte (2), bruant proyer (3), dans d'autres cas, le dialecte repose seulement sur la plus grande fréquence ici que là, de certains motifs sonores : pinson (4), bruant jaune (5).

La singularité se manifeste aussi lors de l'isolement géographique. Certaines sous-espèces ou certaines populations très localisées, par exemple dans les îles, présentent parfois des chants particuliers.

En règle générale, la diversité présente cependant des limites. Nous avons pu montrer chez le troglodyte et le Bruant zizi (2, 5), que la bande de fréquence, la durée et le tempo du chant, la forme des éléments sonores et leur syntaxe sont régis par des règles de codage très strictes. Récemment les analyses précises des chants de deux espèces, l'une nord-américaine, le Bruant des marais, l'autre sud-européenne, le Bruant zizi, ont apporté des données nouvelles sur les limites de la diversité. Ces travaux (6, 5) montrent que la diversité des chants d'une espèce résulte de la combinaison d'un petit nombre d'éléments sonores, véritable "alphabet" du codage. L'existence de traits discrets combinables de multiples façons, montre que les chants des oiseaux et le langage humain présentent des analogies de structure.

Le décodage

Pour savoir si un mâle oscine est capable de décoder un chant, il suffit de lui diffuser ce chant et d'observer son comportement. En effet l'une des fonctions du chant est d'assurer la proclamation territoriale. Les mâles oscines réagissent quand ils entendent sur leur territoire le chant d'un congénère. Généralement ces réactions territoriales sont uniquement spécifiques, le chant d'une autre espèce ne déclenche aucune réaction. Ceci s'explique aisément si l'on considère que la compétition est prédominante entre individus qui ont les mêmes besoins aux mêmes moments. Or, ce sont bien les congénères qui se trouvent dans cette situation, ils cherchent à attirer les mêmes femelles, ils recherchent les mêmes emplacements et les mêmes matériaux pour construire leur nid, ils convoitent la même nourriture.

Il suffit donc de diffuser à un oscine des chants de son espèce par haut-parleur sur son territoire pour mesurer l'intensité de ses réactions territoriales. Un oscine ne réagit pas avec la même intensité à tous les chants de son espèce. L'expérimentation montre que les mâles réagissent plus intensément aux chants qu'ils possèdent à leur répertoire et aux chants de leur dialecte plutôt qu'à ceux de congénères étrangers.

Tous les paramètres du chant ne sont pas indispensables pour assurer la reconnaissance spécifique. Brémont fut l'un des premiers à montrer que le chant d'une espèce pouvait être grandement modifié et rester encore réactogène. Si certains paramètres sont absents, masqués ou déformés, l'oiseau est encore capable de reconnaître des chants de son espèce (7, 8, 9).

Afin de pouvoir étudier toutes les stratégies de décodage des oscines, il est nécessaire de manipuler tous les paramètres acoustiques des chants. Brémont, en collaboration avec l'École des mines, a mis au point un procédé informatisé de synthèse acoustique qui permet de créer des chants artificiels qui sont identiques aux chants naturels et aussi réactogènes qu'eux. Grâce à ce procédé, nous pouvons également créer des chants atypiques, inconnus en nature, par exemple : en modifiant la forme des élé-

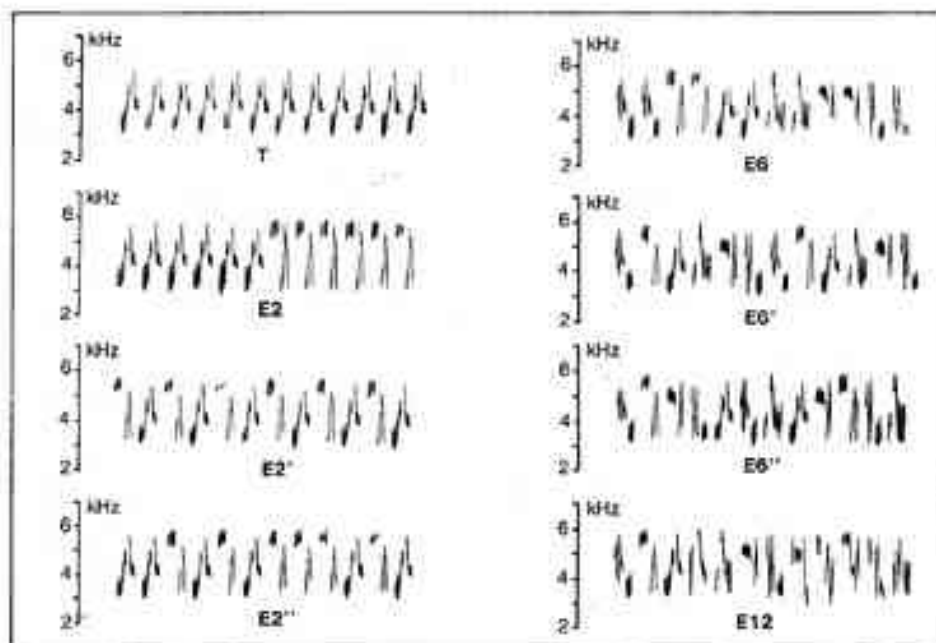


Fig. 3a. Un chant normal de bruant zizi est composé d'une même syllabe répétée (T). Afin de rechercher si des syntaxes atypiques, inconnues dans les chants naturels, seraient également décodées par les bruants zizi, nous avons construit des chants artificiels. Ces chants sont synthétisés à l'aide de techniques informatiques, mises au point au laboratoire.

Nous avons construit des chants atypiques, composés de 2, 6 et 12 syllabes différentes. Pour un même nombre de syllabes, l'ordre de succession peut, soit obéir à une loi logique (E2, E2', E6, E6'), soit être aléatoire (E2'', E6'', E12).

— Chaque chant est composé de 12 syllabes :

T = x x x x x x x x x x x x x x

E2 = x x x x x x y y y y y y

E2' = y y y y x x x x x x x x

E2'' = 2 syllabes : x et y dans le désordre.

E6 = x x x x x x w w w w x x x x

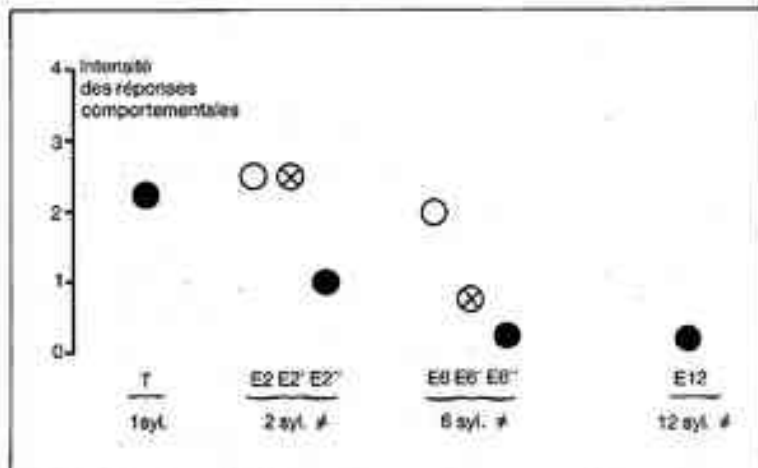
E6' = w w w w x x x x x x x x

E6'' = 6 syllabes : x, y, w, x, y, z dans le désordre.

E12 = 12 syllabes différentes.

Le décodage est "ouvert", certaines syntaxes atypiques sont acceptées. Des innovations peuvent donc apparaître, les oiseaux sont "préadaptés" pour les reconnaître.

Fig. 3b. Les réactions territoriales des bruants zizi à des chants atypiques sont comparées à celles éveillées en réponse à un chant normal (T). Cette comparaison montre que des réponses comportementales très intenses peuvent être obtenues avec des chants atypiques. Les réponses sont plus intenses si le nombre de syllabes est faible et si la syntaxe obéit à une loi logique (○ et ⊗). Un ordre aléatoire (●) ne déclenche que de très faibles réactions territoriales. Ainsi les bruants zizi sont capables de décoder des syntagmes qu'ils n'ont jamais chantés ni entendus. Les bruants zizi sont "préadaptés" pour reconnaître des chants nouveaux.



ments sonores ou leur "syntaxe" habituelle. En utilisant cette méthode pour rechercher les stratégies de décodage du Bruant zizi (5), nous avons découvert que ces oiseaux sont capables de reconnaître des chants de syntaxe tout à fait inhabituelle. Cependant, si le décodage admet certaines syntaxes inhabituelles, il en rejette d'autres ; le décodage est ouvert pour certaines innovations, mais fermé pour d'autres (figure 3). Le décodage n'est donc pas limité à ce que l'espèce fait actuellement. Un individu est capable de reconnaître beaucoup plus de structures sonores que lui-même ou ses congénères n'en émettent.

L'évolution du chant

Ainsi les oscines peuvent reconnaître comme spécifiques des chants atypiques qu'ils n'ont jamais chantés ni entendus. Ils possèdent une "préadaptation" au décodage de structures nouvelles. Cette préadaptation à l'innovation consti-

tue une couverture pour l'évolution. En analysant systématiquement les stratégies de décodage d'une espèce, on peut en déduire des directions évolutives possibles.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Kreutzer (M.), "Le chant des oiseaux", *La Recherche*, 1983, n° 142, pp. 312-323.
 - (2) Kreutzer (M.), "Stereotypie et variations dans les chants de proclamation territoriale chez le Troglodyte (*Troglodytes troglodytes*)", *Rev. Comp. Anim.*, 1974, n° 8(4), pp. 270-286.
 - (3) Pellerin (M.), "The role of silences and elements in the recognition of a dialect in the Corn bunting", *Behaviour*, 1982, n° 81(2-4), pp. 287-295.
 - (4) Marler (P.), "Variation in the song of the Chaffinch, *Fringilla coelebs*", *Ibis*, 1952, n° 94, pp. 458-472.
 - (5) Kreutzer (M.), "Le chant du Bruant zizi (*Emberiza hortulana*) Codage - Décodage - Evolution", Thèse de doctorat d'Etat, université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 1985.
 - (6) Marler (P.), Pickert (R.), "Species-universal microstructure in the learned song of the Swamp sparrow (*Melospiza georgiana*)", *Anim. Behav.*, 1984, n° 32, pp. 673-689.
 - (7) Brémond (J.C.), "Reconnaissance de schémas réactionnels liés à l'information contenue dans le chant territorial du Rouge-gorge (*Erithacus rubecula*)", *Proc. Int. Ornithol. Congr.*, 1967, n° 14, pp. 217-229.
 - (8) Brémond (J.C.), "Acoustic competition between the song of the wren (*Troglodytes troglodytes*) and the songs of other species", *Behaviour*, 1978, n° 65(1-2), pp. 89-98.
 - (9) Aubin (T.), Brémond (J.C.), "The process of species-specific song recognition in the Skylark *Alauda arvensis*. An experimental study by means of synthesis", *Z. Tierpsychol.*, 1983, n° 61, pp. 141-152.
- Le Centre de documentation scientifique et technique du CNRS propose de fournir aux lecteurs intéressés une bibliographie comportant les 100 références les plus récentes signalées dans la base de données PASCAL (voir bon de commande p. 37).

MOLÉCULES : POPULATIONS ÉLECTRONIQUES ET ORDRE DE SPIN

La répartition des électrons dans l'espace moléculaire peut-être lue et approchée pratiquement à l'aide de modèles radicalement différents. Au modèle dominant d'orbitales moléculaires localisées ou délocalisées, cet article oppose une description où la population électronique est régie par un ordre de spin. Cette vision nouvelle fondée sur un modèle venu de la physique permet à la fois des rationalisations éclairantes et des prédictions quantitatives.

Jean-Pierre DAUDEY, Jean-Paul MALRIEU, Daniel MAYNAU

Le chimiste appréhende toujours la molécule comme une architecture nucléaire (la position relative des différents atomes) habitée par une population électronique. Rares sont les phénomènes qui exigent de s'écarter de cette description d'ordre zéro (dite de Born-Oppenheimer). Laissons de côté (par exemple autour de leurs noyaux respectifs) les électrons internes et ramenons la population électronique aux seuls électrons de valence, les plus externes, les moins énergétiques, ceux qui construisent les liaisons chimiques et fomentent, en réponse à des perturbations, ces révolutions architecturales que sont les réactions chimiques. Tout chimiste travaille à l'aide d'une représentation de l'ordre qui régit la répartition de cette population électronique dans l'édifice moléculaire et porte donc sur la population électronique un regard ethnologique.

Les assignations électroniques en termes d'orbitales moléculaires

La première description est basée sur une assignation locale, dans l'espace moléculaire, et remonte à Lewis (1916) : entre deux atomes liés (plus proches voisins) gravitent deux électrons s'il s'agit d'une liaison simple (éthane), quatre s'il s'agit d'une double liaison (éthylène)... Les autres électrons, ceux qui n'entrent pas dans la construction de liaisons, restent affectés, par paire encore, à leur atome originel, dans la région d'espace où ne s'est pas construit de liaison, et forment les "paires libres". On a donc au départ une partition de l'espace moléculaire en espaces de liaison et espaces de paires libres, comme autant de boîtes quasi distinctes (Daudel a introduit le terme de "loges spatiales") et l'assi-

gnation de la population électronique en couples dans les différentes boîtes de cette partition spatiale. Ces "ménages électroniques" ont été décrits plus tard comme couples de deux électrons de spins différents.

Autre description, autre assignation, avec le modèle quantique des orbitales moléculaires : moyennant approximation, on peut définir des niveaux énergétiques différents, et des fonctions d'onde monoélectroniques associées qui s'étaient sur l'ensemble du squelette moléculaire, en un feston (de plus en plus complexe quand on monte en énergie) de régions d'amplitudes positives et négatives : la population électronique de valence est à nouveau assignée par couple (un électron de spin α , un électron de spin β) à raison d'un couple par niveau énergétique, en commençant par les niveaux les plus bas. Cette vision délocalisée conserve l'idée de paire électronique mais conduit à ces descriptions "HLM" de remplissage orbitalaire que les chimistes ont fini par adopter, convaincus en particulier par les succès interprétatifs du modèle en matière de réaction chimique (règles de Woodward-Hoffmann).

Il faut noter que les deux descriptions, locales et énergétiques, ne sont pas antagonistes et que l'on peut passer de la vision délocalisée à la vision localisée par une simple transformation unitaire (rotation des orbitales) qui laisse la fonction d'onde invariante.

Défaut des descriptions monoélectroniques : des fluctuations de charges absurdes

Les modèles monoélectroniques ont un défaut : si la répartition électronique moyenne est raisonnable, la fluctuation de cette répartition est très exagérée. Ainsi dans H_2 (la molécule la plus simple) le modèle déclare que les deux électrons occupent une orbitale moléculaire symétrique σ_g dans la fonction d'onde moléculaire

$$\Phi_0 = |\sigma_g(1) \bar{\sigma}_g(2)|$$

où σ_g et $\bar{\sigma}_g$ caractérisent les fonctions de même partie d'espace et de spin α et β respec-

Intuitivement, le chimiste dessine une molécule en se servant de traits symbolisant des liaisons localisées, occupées chacune par une paire d'électrons.

Le spectroscopiste se sert plutôt du modèle quantique des orbitales moléculaires délocalisées sur toute la molécule.

Ces deux modèles sont cependant équivalents du point de vue mathématique.

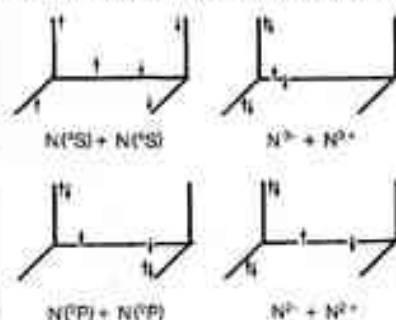
■ Jean-Pierre Daudéy, maître de recherche, Jean-Paul Malrieu, directeur de recherche, Daniel Maynau, chargé de recherche, travaillent à l'unité associée "Chimie quantique des molécules à éléments lourds et des états excités" (UA 505), université de Toulouse III, Laboratoire de physique quantique, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex.

Le travail présenté ici est soutenu par l'action thématique programmée « Nouveaux concepts en chimie ».

1

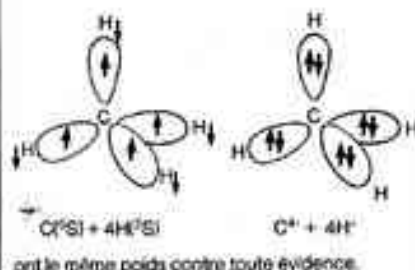
Surestimation des fluctuations de charge

Dans la molécule d'azote (N_2) l'approximation HF donne le même poids à des structures élémentaires d'énergie très différentes, visualisables comme suit, en schématisant les spins α ($\uparrow$) et β ($\downarrow$), et les orbitales 2p par de simples barres.



Rien d'étonnant à ce que cette approximation ne fournisse que 5eV d'énergie de liaison pour 10eV expérimentalement.

Une erreur analogue affecte les molécules où un même atome est engagé dans plusieurs liaisons simples (ex: CH_4).



Les descriptions monoélectroniques en terme d'orbitales moléculaires privilégient trop les formes ioniques instantanées. Une correction s'impose donc : tenir compte de la corrélation entre les électrons au moyen de la méthode de l'interaction de configurations.

tivement : chaque atome a en moyenne un électron mais il y a autant de chances de rencontrer un électron sur A et un électron sur B (situation neutre) que deux électrons sur A et zéro sur B (situation ionique $A^- B^+$) ou l'inverse.

Or cette équiprobabilité, imposée uniquement par l'approximation monoélectronique, est absurde : la répulsion coulombienne entre les électrons est plus forte dans les situations ioniques donc leur poids dans la fonction exacte est plus faible que celui des formes neutres. Ce défaut est intrinsèque à l'approximation monoélectronique, plus grave encore dans le cas des liaisons multiples et des atomes multicoordonnés (voir encadré 1). Le modèle orbitalaire surestime la fluctuation des charges et c'est l'obscur travail de ce que les chimistes quanticiens appellent la corrélation électronique calculée par l'interaction de configurations, que de diminuer ces fluctuations de charge et de recentrer la fonction d'onde autour des situations privilégiées où les atomes sont neutres et dans leurs configurations électroniques les plus basses.

Physique du solide : systèmes à faible fluctuation de charge et Hamiltoniens de Heisenberg

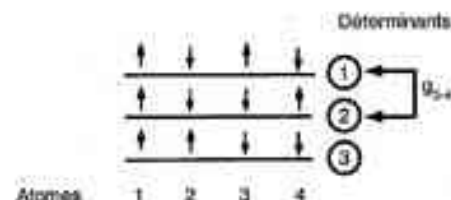
Changeons un moment de domaine scientifique pour passer à la physique du solide. Aux orbita-

les moléculaires correspond le modèle de bande utilisant des fonctions monoélectroniques totalement délocalisées sur le réseau. Le défaut de ces descriptions (l'exagération de la fluctuation de charge) est le même que celui précédemment décrit, mais le traitement de la corrélation électronique est encore plus difficile que pour les molécules. Les méthodes de type Gutzwiller ou Oles et Stollhoff consistent à diminuer le poids des situations ioniques dans la fonction. Mais la physique du solide a introduit pour traiter certains systèmes - les isolants de Mott - un modèle tout à fait différent, où l'on ne considère plus que les situations neutres, c'est-à-dire un modèle qui évacue les fluctuations de charges explicites : ce sont les Hamiltoniens de Heisenberg. Ces Hamiltoniens servent surtout à traiter des problèmes où la délocalisation électronique est très faible, la fonction d'onde est complètement dominée par les situations neutres, les formes ioniques étant marginales. Comment fonctionnent ces Hamiltoniens, et quelle est leur origine ?

Dans un cas simple à 2n atomes, où chaque atome apporte un seul électron de valence dans une orbitale donnée, on doit considérer toutes les façons de placer n électrons de spin α et n électrons de spin β sur les 2n atomes soit C_{2n}^n répartitions possibles différentes, correspondant chacune à une fonction d'onde de base. Telle sera la dimension de la matrice représentant l'Hamiltonien de Heisenberg.

Les Hamiltoniens de Heisenberg distinguent les énergies des diverses répartitions instantanées et font interagir certaines d'entre elles moyennant deux règles simples :

● Règle 1 : plus il y a d'alternances de spin entre atomes voisins (liés), plus basses sont les énergies des situations instantanées. Ainsi dans le système linéaire 1-2-3-4,



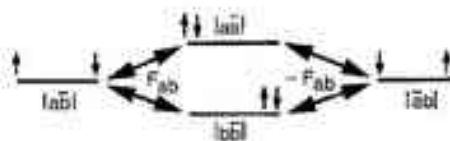
on aura l'ordre suivant :

$$\langle 1 | \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \rangle < \langle 2 | \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \rangle < \langle 3 | \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \rangle$$

● Règle 2 : Deux répartitions sont couplées si on peut passer de l'une à l'autre par un échange de spin sur une liaison. On passe par exemple de la situation ① à la situation ② par échange de spin sur la liaison 1-2, symbolisée par l'opérateur d'échange effectif $g_{1,2}$. Les couplages de spin entre deux atomes sont plus ou moins importants selon la distance qui les sépare, souvent négligeable si les atomes ne sont pas liés, et la matrice de Heisenberg est donc très liée à la topologie du graphe moléculaire.

Le fondement de ces Hamiltoniens "effectifs" est attribué depuis Anderson au couplage entre formes neutres et formes ioniques : chaque fois qu'un électron de spin α sur l'atome A (spin orbitale a) trouve un électron de spin β sur l'atome B (spin orbitale b), l'intégrale de saut F_{ab} permet la délocalisation A-B conduisant à la situation ionique $ab(A^+ B^-)$; la délocalisation inverse conduit à la situation ionique $ba(A^- B^+)$.

De ces situations ioniques on peut soit revenir à la situation originelle $\dots a\bar{b} \dots$, qui sera donc d'autant plus stabilisée qu'elle présentera davantage d'alternance de spin entre atomes adjacents, soit revenir à une situation neutre $\dots a\bar{b} \dots$, en effectuant un renversement de spin, un couplage entre deux situations neutres différant par un renversement de spin entre atomes adjacents.



Les Hamiltoniens de Heisenberg traitent le problème des distributions électroniques, moyenne et dynamique, par une stratégie toute différente de l'approche "orbitales moléculaires (ou bandes) + corrélation", mais il s'agit du même problème, c'est-à-dire du conflit entre délocalisation électronique et privilège des formes neutres (cf. fig. 1).

Et pourquoi ne pas poser le problème autrement ? En utilisant un modèle issu de la physique du solide dans lequel les formes ioniques sont marginales et qui est utilisé pour décrire des solides dont les électrons sont localisés sans former de paire.

Introduction d'Hamiltoniens de Heisenberg en chimie : leur construction

En chimie, malgré une suggestion de Ovchinnikov, les Hamiltoniens de Heisenberg sont restés confinés à la résolution de quelques problèmes de magnétisme en chimie de coordination. Or le rôle privilégié joué par les formes neutres dans la fonction d'onde exacte des états les plus bas est un phénomène général, même s'il est ignoré par les modèles monoélectroniques. Pourquoi ne pas traiter le système électronique d'une molécule en construisant un Ha-

miltonien effectif sur les seules situations neutres (d'énergie les plus basses) en traitant l'effet de l'interaction avec les formes ioniques par la théorie des perturbations quasi dégénérées, généralisant ainsi l'approche précédemment mentionnée de Anderson ?

De même que la théorie des perturbations ordinaires change l'énergie d'un état en tenant compte de son interaction avec d'autres états, l'application de la théorie des perturbations dégénérées au problème qui nous intéresse change l'énergie et l'interaction des différentes situations neutres d'une molécule sous l'effet de leurs interactions avec les différentes situations ioniques, conduisant alors à un Hamiltonien effectif de type magnétique. L'idée peut être appliquée au système π des molécules conjuguées, où chaque atome apporte un électron, dans une orbitale de valence $\pi p_{||}$ bien définie. Au second ordre le traitement redonne un Hamiltonien de Heisenberg-Anderson avec couplage de spin entre atomes liés.

Prenons au sérieux la tentative et penchons-nous sur le problème le plus simple : c'est-à-dire deux centres, deux électrons : l'éthylène. Le modèle doit décrire les deux états, singulet et triplet, les plus bas. Si donc l'on connaît les énergies de ces deux états en fonction de la distance interatomique, par quelque excellent calcul ab initio, il devient possible de construire un Hamiltonien de Heisenberg non empirique, réduit à une fonction scalaire $R(r)$ et un opérateur de couplage de spin $\vec{g}(r)$.

$$H = \sum_i R(R_i) + \sum_{i,j \text{ liés}} \vec{g}(r_{ij}) \vec{S}_i \cdot \vec{S}_j$$

et l'on peut tenter de transférer cet Hamiltonien à un système moléculaire plus grand (i.e. à n'importe quel hydrocarbure conjugué). L'encadré 2 donne une idée des performances d'un tel Ha-

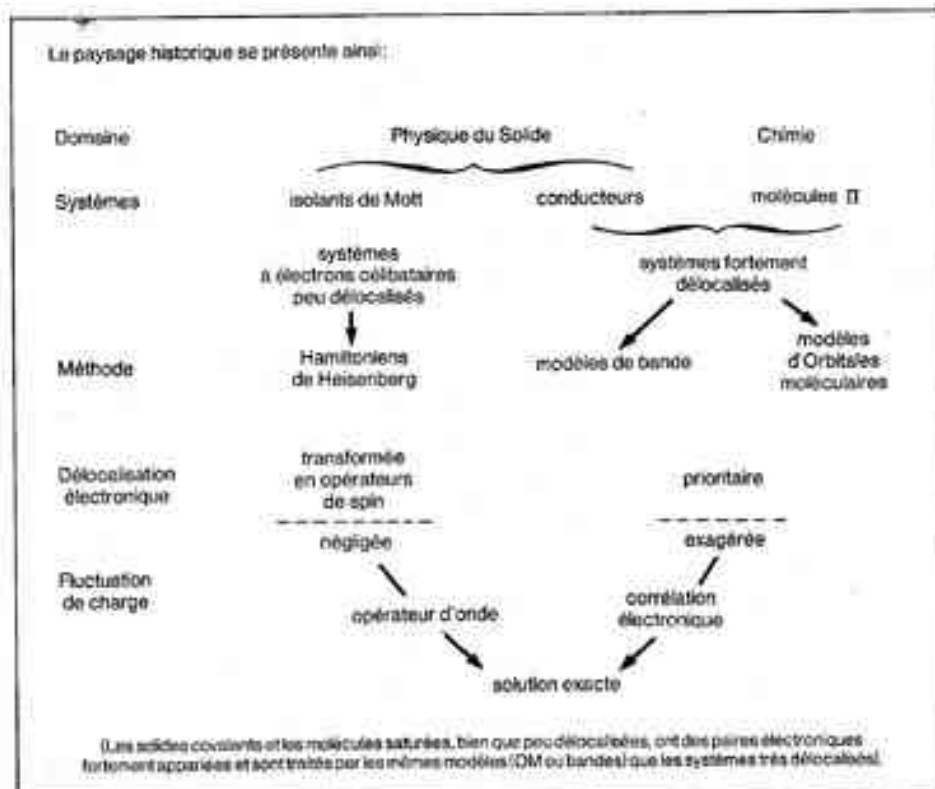


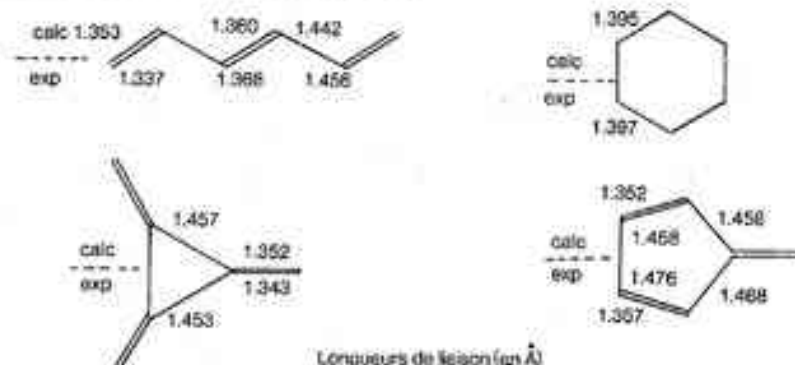
Fig. 1. Population électronique, délocalisation et corrélation électronique.
L'approche ici discutée tend à montrer que tout système peut être traité par l'une ou l'autre approche :
- les isolants de Mott par les modèles délocalisés
- les états les plus bas des systèmes délocalisés par les Hamiltoniens de spin.

Performances d'un Hamiltonien de Heisenberg non-empirique

L'expression très simple de H en fonction des paramètres géométriques permet de déterminer facilement la structure de l'état fondamental, connue expérimentalement dans de nombreux cas; l'écart avec l'expérience ne dépasse jamais 0,015 Å, que la molécule soit linéaire, branchée, (poly)cyclique, alternante ou non alternante. A la différence des méthodes usuelles de la chimie quantique, qui traitent plus difficilement les systèmes à couches ouvertes, la méthode traite aisément les radicaux, les biradicaux. Elle rend très bien compte des distorsions Jahn-Teller éventuelles, de leurs amplitudes et stabilisation. La méthode traite indifféremment les états excités

neutres — en particulier les états triplets les plus bas — dont elle peut chercher les géométries d'équilibre et les énergies — ce qui exige des temps de calcul prohibés dans les approches d'orbitales moléculaires suivies par un calcul de corrélation. En prenant en compte la possible torsion des liaisons C-C, lors de l'extraction initiale d'information sur l'éthyène, il a été possible d'étudier :

— l'évolution des barrières à la rotation dans la série des polyènes linéaires, en fonction de la dimension du polyène et de la position de la liaison tordue,



— la photoisomérisation *cis-trans* de ces polyènes : on a montré que le triplet le plus bas relaxe vers une géométrie d'équilibre qui n'est rien d'autre qu'une paire de solitons situés respectivement au 1^{er} et 3^{em} quart de la chaîne, et que l'énergie pour créer cette paire de solitons est basse (10-12 kcal/mole pour une chaîne très

longue). Il a été montré que pour des polyènes un peu longs (hexatriène et au-delà) la photoisomérisation singulet procède non sur la surface de l'état permia (ionique), mais sur la surface de l'état singulet neutre, dit « état-caché ». Le modèle s'applique également aux isomérisations de la série styrène, stilbène et analogues.



Ce modèle, réservé jusque-là en chimie au calcul des interactions magnétiques, peut en fait être étendu. En effet, il a la propriété essentielle d'être construit sur les formes neutres et le poids minoritaire des formes ioniques peut être réintroduit en considérant celles-ci comme des perturbations ou des opérateurs de couplage de spin.

milite dans la prédiction des géométries, des énergies, des spectres et de la photochimie.

Au-delà de ses prouesses quantitatives, le modèle magnétique a l'avantage de proposer une description ethnologique différente de la population électronique : les fonctions d'onde les plus basses ont en effet leurs coefficients les plus grands sur les arrangements instantanés de spins les plus favorables, c'est-à-dire ceux où chaque atome porteur d'un électron de spin α est entouré — autant que faire se peut — d'atomes porteurs d'électrons β . Ces situations élémentaires les plus favorables représentent de véritables ondes de spin. L'interaction de ces ondes de spin avec des situations moins ordonnées, obtenues par renversement de spins sur une, puis deux (etc.) liaisons(s), introduit un certain désordre, « bruit » en quelque sorte l'onde de spin, mais stabilise l'énergie de ces ondes. Il découle de ces remarques, d'une part, des règles qualitatives simples pour déduire la multiplicité des di (ou poly) radicaux (qui sont triplets si l'onde de spin la plus favorable compte plus de spins α que β ($S_z \neq 0$) (voir encadré 3), d'autre part, une vision nouvelle de la population électronique, qui apparaît gouvernée par un ordre de spin. On remarquera que l'interdit de Pauli ne

conduit plus, comme dans les descriptions locales de Lewis ou dans les modèles d'orbitales moléculaires délocalisées, à la constitution des couples de deux électrons de spin opposés, mais à privilégier les arrangements où chaque électron α s'entoure du maximum de voisins de l'autre spin, avec permutations possibles de position. Cette règle que l'on pourrait appeler de « first maximum » se substitue à celles qui conduisaient aux constitutions de couples électroniques locaux ou par niveau énergétique. Cette description nouvelle produit donc des descriptions qualitatives simples. Nous avons pu l'étendre et traiter des ions positifs ou négatifs grâce à des Hamiltoniens effectifs plus généraux que les Hamiltoniens de Heisenberg, qui combinent couplages de spin et délocalisation des trous ou des particules. On a pu montrer qu'un indice cher au chimiste, l'indice de liaison, qui mesure la force d'une liaison, a ici son pendant dans la probabilité de trouver une organisation de spin de type singulet sur la liaison. Il est clair que le modèle a des limites — il ne permet pas de traiter les états excités accessibles par les transitions dipolairement permises car ils sont essentiellement ioniques en nature, résonances délocalisées de situations zwitterio-

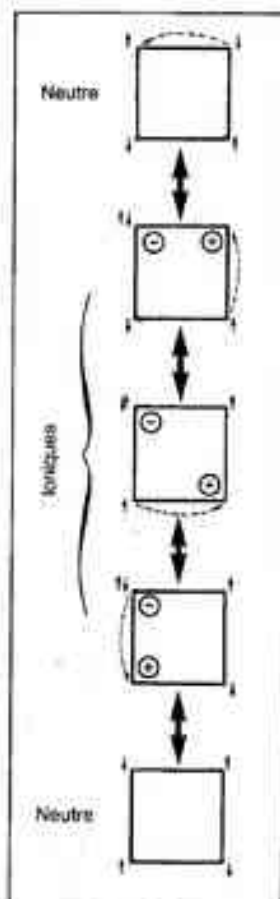


Fig. 2. Illustration d'un renversement collectif de spin dans un cycle par courants de cycle intervenant au 4^e ordre de perturbation.

niques à un trou (un atome positivement chargé) et une particule (un atome négativement chargé). Mais on peut l'étendre aux systèmes hétéroconjugués avec un égal succès. Au-delà des systèmes π , nous parlons qu'il est susceptible de s'étendre à la plupart des édifices moléculaires, et peut apporter à leur connaissance à la fois des lumières qualitatives par des représentations imagées, facilement manipulables, et des outils quantitatifs.

Notons aussi qu'en revenant, par la théorie des perturbations quasi dégénérées appliquée à des ordres supérieurs à 2, à la construction même des Hamiltoniens effectifs, on met en évidence, à côté des termes d'échanges entre atomes liés, l'existence de contributions cycliques à 4 ou 6 atomes, qui traduisent les courants circulaires d'électrons et qui destabilisent les singulets fondamentaux des cycles à 4 (ou 8) (antiaromaticité) et stabilisent les cycles à 6 (aromaticité); l'effet sur les états triplets les plus bas est inverse. Ces contributions cycliques qui se traduisent par des opérateurs effectifs à 4 ou 6 corps, sont aussi responsables des règles de Woodward-Hoffmann. L'obtention de réponses satisfaisantes à quelques problèmes de chimie organique, ainsi que le succès assez surprenant de ce modèle pour étudier l'état fondamental des solides alcalins (voir encadré 4) met en évidence que toute population électronique peut être étudiée par l'une des deux voies décrites plus haut (figure 1), le passage de l'une à l'autre permettant d'enrichir les représentations que nous avons des phénomènes électroniques. Il est rassurant par ailleurs, pour l'unité des sciences, que les mêmes modèles puissent opérer par-dessus les frontières scientifiques historiques, en chimie et

4 Paradoxal retour au solide

Il existe des édifices infinis d'atomes monoelectroniques: les solides alcalins. Si donc l'on répète la démarche suivie pour les systèmes conjugués, on peut extraire de bons calculs sur le diatome Na, un Hamiltonien de Heisenberg fonction d'un seul paramètre, la distance interatomique. Il est impossible d'obtenir les solutions exactes de cet Hamiltonien pour le solide infini, mais en profitant de la haute connexité du solide on peut considérer l'arrangement de spins périodique le plus favorable comme fonction d'ordre zéro et le perturber sous l'influence des situations moins ordonnées. Pousée jusqu'au 4^{ème} ordre la série semble converger et fournit une énergie de cohésion. On peut comparer différents modes de cristallisation et chercher les caractéristiques du réseau. Les résultats sont étonnamment précis; mettant en compétition le classique réseau cubique centré avec les réseaux compacts (hcp et cfc) conformément à l'expérience, le modèle est en très bon accord avec les énergies de cohésion, paramètre de maille et compressibilité. Paradoxal résultat parce qu'après avoir importé dans la chimie un modèle issu de la physique du solide pour les seuls isolants de Mott, et l'avoir fait fonctionner sur les plus métalliques des molécules, nous le réimplantons sur les solides conducteurs, ordinairement traités dans le modèle de gaz d'électrons, où chaque atome a perdu son électron de valence, appartenant désormais à une mer électronique.

Propriétés structurales du cristal de Sodium, calculées par un Hamiltonien de Heisenberg extrait de calculs ab-initio sur Na

Cristallisation cc	distance r (u.a.)	Ende cohésion (eV)	Compressibilité (10^{12} dyn/cm ²)
Hamiltonien de Heisenberg:	7.07	1.19	0.065
Expérience:	6.85	1.11	0.068

Cristallisation hcp ou cfc

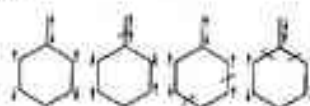
Hamiltonien de Heisenberg:	7.20	1.16
Expérience:	7.19	≈ 1.11

Certes le modèle ne rend pas compte de la conductivité électrique qui ne peut être expliquée que par la partie ionique de la fonction d'onde.

3 Jouer avec les ordres de spin

Quelles sont les situations élémentaires privilégiées du radical benzyl? Comptons les liaisons qui présentent une alternance de spin, d'où résulte les poids des différentes situations dans la fonction d'onde de l'état fondamental. La densité de spin sur un atome sera positive si l'on a plus de chance d'y trouver un électron de spin α ($\uparrow$) que de spin β ($\downarrow$).

Le benzyl



Nombre de liaisons alternantes

7 6 5 4

Poids dans l'état fondamental

$a > b > c \approx d$

Conclusion: densités de spin positives sur le carbone extra-cyclique ($a + b$), et moindres ($a - b$) en positions ortho et para, densité de spin négative ($a - b$) en position méta.

Les biradicaloïdes

Pour-on prévoir l'état de spin d'un biradicaloïde? Il suffit de regarder comment satisfaire à l'alternance de spin du maximum de liaisons chimiques.

Alternance maximum des liaisons pour	Multiplicité fondamentale
$S_z = 1$	Triplet
$S_z = 0$	Singulet

en physique et que chaque discipline gagne à ces mouvements d'emprunt (de modèles ici, de calculs ab-initio très rigoureux là). Reste à établir la généralité de ces modèles magnétiques, et en particulier leur pertinence dans des édifices où chaque atome apporte plusieurs électrons "actifs".

BIBLIOGRAPHIE

- Herpin (A.), *Théorie du magnétisme*, Paris, PUF, 1968.
 Anderson (P.W.), *Solid State Physics*, 1953, vol. 14, p. 99.
 Maynaud (D.), Malrieu (J.P.), *J. Amer. Chem. Soc.*, 1982, n° 104, p. 3021.
 Maynaud (D.), Said (M.), Malrieu (J.P.), *J. Amer. Chem. Soc.*, 1983, n° 105, p. 3244.
 Said (M.), Maynaud (D.), Malrieu (J.P.), Garcia-Bach (M.A.), *J. Amer. Chem. Soc.*, 1984, n° 106, pp. 571.
 Malrieu (J.P.), Maynaud (D.), Daudrey (J.P.), *Phys. Rev. B*, 1984, n° 30, p. 1817.

QU'EST-CE QUE LA BIOMÉTRIE ?

Discipline récente, la biométrie est le lieu d'un débat, d'une confrontation entre points de vue. Les biométriciens sont interpellés par leurs collègues des divers secteurs des sciences de la vie et de la santé, depuis l'acquisition des données jusqu'à leur interprétation. On peut s'interroger sur les raisons et les conséquences d'un succès qui s'exprime – fait assez rare – dans le domaine méthodologique.

Jean-Marie LEGAY

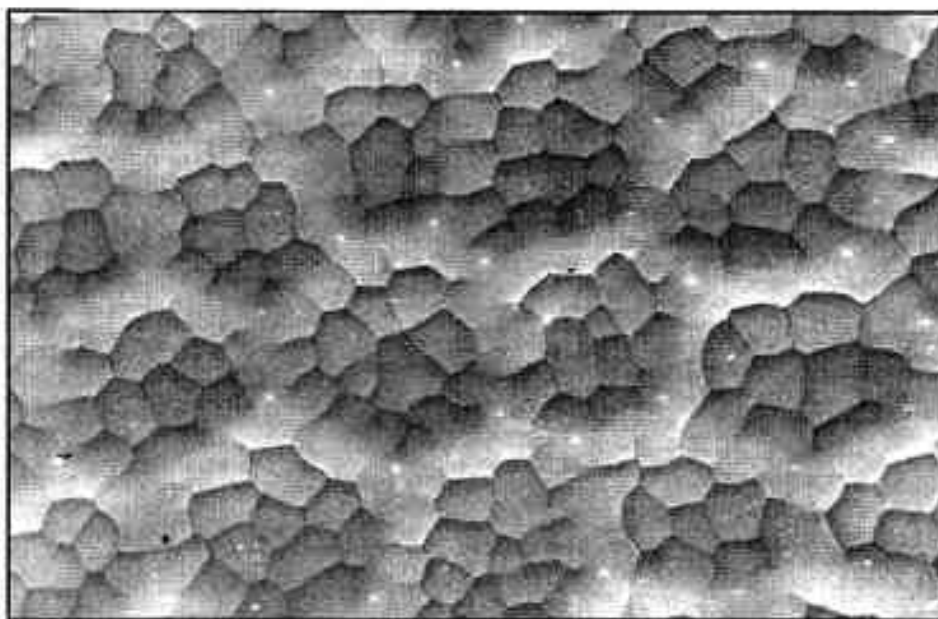


Fig. 1. On voit bien sur cette photo (microscopie à balayage, cliché M.L. Jost) qui présente les empreintes des cellules folliculaires d'un œuf de Ver à la fois que la régularité du dispositif se prête à une analyse biométrique.

La biométrie est une discipline récente.

L'idée d'établir des relations entre des objets mathématiques et des objets biologiques n'est pas récente et diverses tentatives ont été faites depuis l'Antiquité. L'une des plus remarquables est sans doute celle de Fibonacci (1202) entre suites récurrentes et dynamique de population.

Le mot statistique semble par ailleurs dater de 1589 et au XVII^e siècle on parlait d'arithmétique politique avec l'approche statistique des phénomènes de la nature. Mais la naissance d'une discipline identifiée par un mot nouveau, la biométrie (la mesure au service de la biologie), date de la fin du XIX^e siècle et le terme apparaît d'abord en anglais (biometry et biometrics). Entre temps, Quetelet (1796-1874), astronome et mathématicien belge, avait joué un rôle décisif : il s'intéressait à des problèmes de populations, discutait du concept d'"homme

moyen" et écrivait une physique sociale. Il n'est pas inutile de rappeler qu'A. Comte (1793-1857) qui convoitait ce terme de physique sociale dut inventer en 1839 celui de sociologie pour désigner la science qu'il prétendait fonder.

Brève histoire de la biométrie

L'apparition d'une approche quantitative dans les sciences biologiques, mais aussi sociales et économiques, est tout à fait normale. Elle s'est manifestée plus tôt dans les sciences physiques ou chimiques et elle a accompagné leur maturité.

En biologie, il est plus difficile d'isoler une variable, de la définir, de la suivre : il est plus difficile aussi de surmonter les influences complexes qu'elle subit de la part de nombreux facteurs. Il n'est donc pas étonnant qu'au début ce soit les statisticiens qui aient pris en charge cette exploitation et que la première définition de la biométrie ait été explicitement : "les applications des méthodes statistiques à la solution des problèmes biologiques" et que ce soit encore l'opinion de nombreux chercheurs anglo-saxons. Mais

■ Jean-Marie Legay, professeur à l'université de Lyon I, directeur de l'unité associée au CNRS n° 243, "biologie des populations", université de Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex. Son activité s'exerce dans le domaine de la biométrie.

Elle s'est d'abord développée en même temps que la génétique.

Elle a pris son essor avec les plans expérimentaux.

Elle a étendu son domaine avec la méthode des modèles.

Elle a profité de l'écologie et lui a rendu service.

La biométrie aujourd'hui est une science de l'organisation des systèmes biologiques et de la théorie de cette organisation.

de toutes façons, plusieurs idées se clarifiaient : ce sont bien les phénomènes naturels qu'on étudie, mais on s'intéresse à des groupes d'objets ou d'organismes, à des populations, ce qui conduit à de grandes quantités d'informations, donc à des considérations numériques.

L'histoire de la biométrie a été très touchée par des événements importants survenant dans des disciplines connexes.

● Le premier a été celui des relations avec la génétique naissante (1890-1905), en partie avec la redécouverte des lois de Mendel. Comment la biométrie pouvait-elle s'articuler avec les théories de l'hérédité et de l'évolution ? Pouvait-on décrire les "variations" intervenant chez les descendants, exprimer les liaisons entre caractères visibles des parents et des enfants ? Galton (1822-1911), Pearson (1857-1936) ont beaucoup apporté, ainsi que Spearman (1863-1945) qui contribua en outre à la naissance de l'approche non-paramétrique de la statistique et à celle de l'analyse factorielle.

● Le deuxième grand mouvement, initié par Fisher (1890-1962) et son école, a été celui de l'expérimentation agronomique (1915-1930), dont la mise en place exigeait des méthodes d'évaluation des résultats et bien entendu une planification des expériences. C'était aussi l'occasion de s'adresser à des phénomènes de la nature simplifiés, puisqu'au moins partiellement organisés par l'homme, grâce à sa maîtrise des cultures et des élevages, et l'emploi de quelques

● Le quatrième événement d'importance a été la brusque expansion de l'écologie (1960-1975). La nature n'est pas un chaos, elle est organisée en systèmes caractéristiques des différents milieux possibles. Les organismes eux-mêmes ne sont pas isolés : ils vivent en populations qui paraissent bien être les unités d'évolution. La reconnaissance, la description, l'analyse du fonctionnement et de la dynamique de ces structures et de leurs intégrations successives (peuplements, écosystèmes, paysages) appellent un nouvel essor de la biométrie en même temps que des orientations originales.

L'étude des distributions spatiales et temporelles des organismes et l'analyse des relations entre celles-ci, les caractéristiques de ces organismes et celles de leurs milieux, ont permis d'identifier de nombreux sujets de recherches fondamentales d'un très grand intérêt pour la biologie et les mathématiques. Elles ont conduit à des résultats méthodologiques importants, applicables, à leur tour, à toutes les disciplines biologiques.

La biométrie contemporaine résulte de ces étapes et a tenu compte de tous ces enrichissements. On peut dire que l'écologie a remplacé l'agronomie comme moteur de la biométrie, mais il est probable que la biologie cellulaire et moléculaire et à travers elle la médecine vont sans doute y jouer un rôle de premier plan dans les années à venir.

L'état actuel

La biométrie a retenu ce qui était commun à la série de questions qui lui étaient posées : un problème essentiel est en effet la combinaison des observations. Et si la notion de moyenne arithmétique (qui en est la première manifestation) est très ancienne (probablement trois siècles avant Jésus-Christ), la reconnaissance des questions que pose l'estimation d'un paramètre d'une distribution est beaucoup plus récente, de même que la prise en compte d'un groupe d'observations comparables. Il ne s'agit pas seulement de compter et de mesurer. Et si la première étape est bien de s'intéresser à des faits comme le poids de ..., la taille de ..., l'effectif de ..., la deuxième est de s'interroger sur des relations comme plus grand que ..., plus variable que ..., plus ressemblant à ..., plus sensible à ..., et la troisième étape est d'aller à la découverte des structures dans l'espace des caractères significatifs des thèmes de recherches choisis : comment les objets sont-ils reliés entre eux, quelle est leur diversité, leur complexité, leur stabilité au niveau où on les approche ?

Il est donc tout naturel que l'essentiel de l'activité biométrique soit l'étude de "l'organisation dans les systèmes biologiques" (Legay, 1976). Les êtres vivants sont des systèmes éminemment organisés, aussi bien vers l'intérieur (jusqu'au niveau moléculaire) que vers l'extérieur (jusqu'au niveau des écosystèmes). C'est cette organisation dans toute sa complexité et sa souplesse, dans son fonctionnement et son évolution, c'est plus spécialement la théorie de cette organisation que nous devons donner maintenant comme objectif d'étude à la biométrie.

La biométrie n'est donc pas seulement l'analyse des variations biologiques et ne peut se contenter d'être un domaine d'applications de la statistique. Elle est une science autonome dont l'objet est parfaitement concret, mais dont le développement ne peut être assuré qu'au prix de grands efforts méthodologiques.

Quelques opinions...

• Le créateur d'une véritable science réside dans ses relations aux mathématiques. (E. Kant, 1781).

• Je crois que le jour doit venir où le biologiste, sans être un mathématicien, n'hésitera pas à utiliser une analyse mathématique quand il en aura besoin. (K. Pearson, 1901).

• Le calcul touche, au plus, certains phénomènes de destruction organique. La création organique, au contraire, les phénomènes d'évolution qui constituent à proprement parler la vie, nous ne pouvons en aucune manière les soumettre à un traitement mathématique. (H. Bergson, 1907).

organismes déjà bien connus parmi les plantes cultivées et les animaux domestiques.

● Le troisième facteur de développement paraît être celui d'une embryologie et morphologie modernes (1930-1945) : on découvrait que la forme était susceptible d'une expression numérique et on se risquait à des comparaisons. C'était en même temps le début d'une activité de "modélisation" qui allait se développer puissamment vingt-cinq ans plus tard. La reconnaissance et la génération d'une forme sont des questions auxquelles on ne devait commencer à répondre que beaucoup plus tard (et avec l'aide de l'informatique) ; mais on devenait capable dans l'immédiat de décrire des croissances d'organes ou de populations (allométries), de les confronter, de les analyser, d'en proposer des modèles. Pour des raisons bien différentes, on doit beaucoup dans ce domaine à Teissier (1900-1971), Rashevsky (1899-1972), Lotka (1880-1949), Volterra (1860-1940).

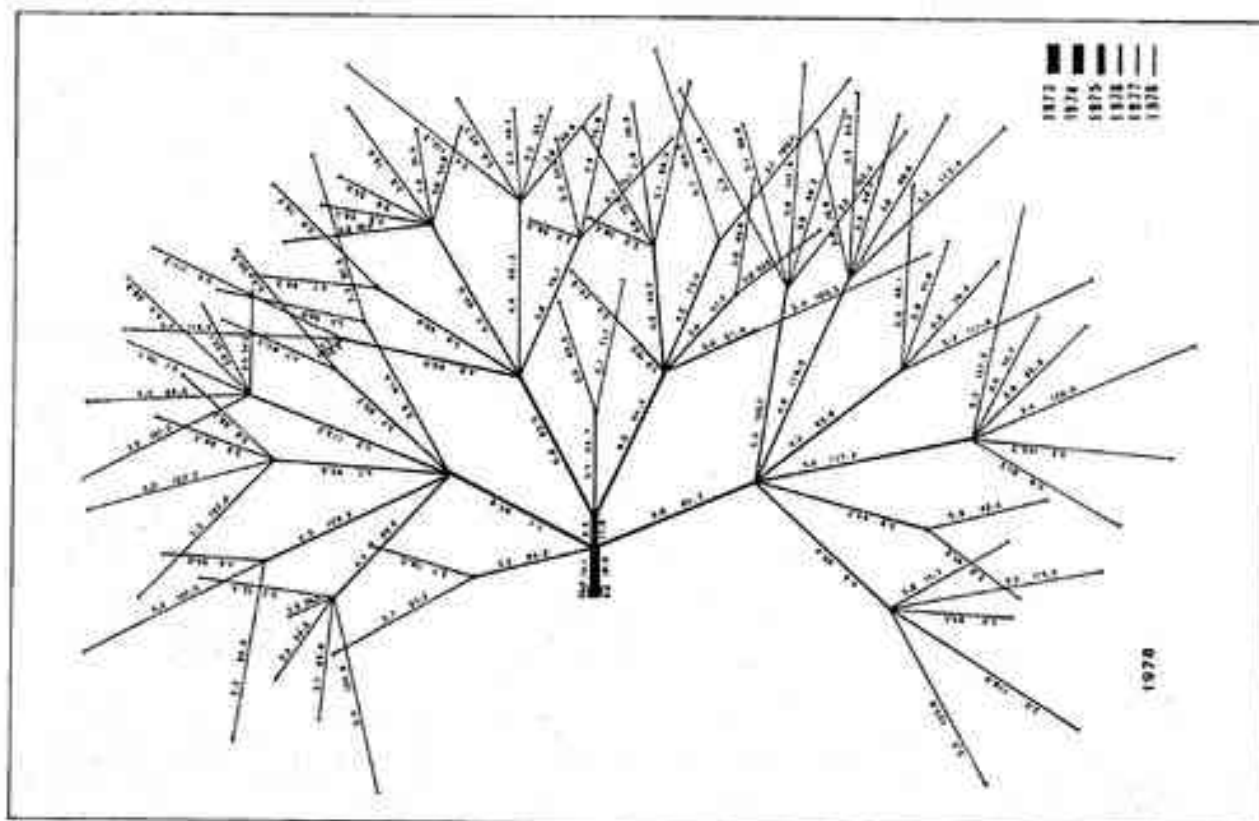


Fig. 2. Grâce à une étude longitudinale (d'une morphogénétiqne), il est possible de savoir la mise en place de l'architecture du psi et de comprendre certains processus de ramification (les deux mesures indiquées concernent la largeur et la longueur de chaque ramau). D'après Legay (J.M.), Bulletin de la société botanique française (actualité botanique), 1980, n° 127, fascicule 2, pp. 33-40.

La biométrie a besoin des résultats de toutes les branches des mathématiques.

Biométrie et mathématique

La biométrie ne peut se contenter de la statistique pour interpréter les données observées. Car elle n'est pas là seulement pour conforter les intuitions des expérimentateurs, ou leur enlever leurs doutes, dès lors que les conclusions ne se basent plus sur l'évidence.

La biométrie a maintenant besoin de toutes les branches des mathématiques. Car la méthode des modèles, qui place les relations entre biologie et mathématique sur un plan beaucoup plus général, fait précisément appel à toutes les possibilités : géométrie, mécanique, analyse, algèbre, théorie des nombres, analyse combinatoire... ne sont pas moins importantes aujourd'hui que calcul des probabilités et statistiques. Tout dépend des problèmes et des questions posées. On pourrait tout au plus dans un tableau à double entrée (des problèmes biologiques, les problèmes mathématiques) faire apparaître les liaisons les plus fréquentes. Il reste cependant difficile de prévoir au début d'une recherche nouvelle la branche des mathématiques dont on aura besoin et les collaborations à souhaiter peuvent couvrir un large éventail.

S'il fallait citer des travaux mathématiques qui ont eu beaucoup d'influences sur les biologistes, il faudrait rappeler ceux de Galton, Pearson, Spearman, Fisher, Rao, Malecot, Benzecri (en probabilités, statistiques), ceux de Volterra, Lotka, Kostitzin, Kolmogoroff (en analyse, équations différentielles), ceux de Thom (en géométrie différentielle), etc., sans parler de tous les progrès généraux concernant le calcul matriciel, l'analyse numérique, la programmation, etc.. Ce ne sont pas seulement les résultats mathématiques au plan technique qui sont utilisés ; ce sont aussi les concepts, le langage, les

formes de raisonnement, l'obligation d'exprimer explicitement les hypothèses, l'identification des cas possibles et leur discussion, la rigueur et la prudence des conclusions.

Les freins dans le développement de la biométrie proviennent de la complexité inhérente à la plupart des phénomènes biologiques et de la non-identité de la difficulté biologique et de la difficulté mathématique ; mais aussi de l'imprévisibilité d'une partie de ces difficultés et du chapitre des mathématiques qu'il faudra interroger ou faire progresser, et enfin de l'importance et de la durée des investissements.

Ceci dit, l'introduction de la mesure en biologie avec toutes ses conséquences ne fait pas appel qu'aux mathématiques. Les sciences physiques et chimiques, en plus de leurs techniques (ce qui est fondamental, mais seulement banal de rappeler) fournissent leurs concepts et leurs modèles (ce qu'il est moins banal de souligner). Par exemple, les modèles de gravitation et de réactions chimiques sont utilisés aussi au niveau de leur formalisme, pour construire des modèles (biologiques cette fois) de circulation ou de dynamique de population. La tradition biophysique dans les recherches biométriques remonte aux origines.

Biométrie et informatique

La grande quantité d'informations que manipulent les biométriciens constitue la première raison, celle à laquelle on pense immédiatement, pour que la biométrie use des ressources de l'informatique. Il est clair, en particulier, que la succession de plusieurs calculs différents sur un gros fichier de données implique des pertes de temps considérables si on ne peut l'avoir mis en

La biométrie ne pourrait se développer et avoir d'efficacité concrète sans l'informatique.

mémoire. La mise en œuvre de procédures statistiques plus complexes, traitant simultanément plusieurs variables, ne peut se passer de moyens de calculs puissants. Même l'expression graphique des résultats, parfois nombreux et difficiles à se représenter, passe aujourd'hui par l'ordinateur et ses périphériques. Il ne faut pas oublier, à titre d'exemple, que les modèles de Volterra-Kostitzin sont pratiquement restés lettre morte pendant quarante ans, en grande partie parce que les équations différentielles correspondantes n'admettaient pas de solutions exactes et que leur résolution numérique impliquait des moyens de calcul autres que manuels.

De façon plus précise, la recherche de structures dans des populations naturelles, animales ou végétales, pour lesquelles on ne connaît pas au départ l'échelle à laquelle les motifs apparaîtront, l'étude du code génétique dans les séquences d'acides nucléiques (même si l'on s'en tient à leur structure primaire), le calcul des parentés dans les populations d'animaux domestiques afin d'en optimiser la reproduction, le traitement des arbres généalogiques dès qu'ils comprennent plus de quelques centaines d'individus, la détection des erreurs dans les données expérimentales et l'éventuel remplacement des données manquantes, enfin l'estimation des paramètres dans les modèles mathématiques, que ceux-ci soient déterministes ou stochastiques, la résolution numérique de certaines équations différentielles et de certains systèmes d'équations non linéaires, voilà toute une série d'exemples, où l'objectif de la recherche ne peut être atteint qu'à la suite de calculs relativement lourds et le plus souvent itératifs, c'est-à-dire absolument irréalisables sans moyens informatiques.

Les banques de données sont indispensables à la résolution de certains problèmes abordés par la biométrie.

Là encore deux remarques. D'une part, l'informatique ne se révèle pas seulement un instrument. Elle est, pour les étudiants et les jeunes chercheurs en biologie, une véritable motivation dans la prise en considération des mathématiques en vue de résoudre certains problèmes biologiques. D'autre part, l'informatique apporte ses concepts propres, sa logique, ses contraintes. La notion biologique de programme, par exemple dans le développement des organismes ou en dynamique de populations, a beaucoup appris de la notion homologue en informatique. Les difficultés, dans l'interface biométrie-informatique, ne résident pas seulement dans l'apprentissage de machines évolutives, aux langages divers, aux procédures non compatibles, mais aussi dans la question de trouver un instrument informatique adapté aux besoins spécifiques d'une équipe de recherche donnée, et encore dans le prix et l'obsolescence des moyens informatiques, et pour finir dans le manque dramatique de véritables ingénieurs dans les équipes de recherche biologique.

Les banques de données scientifiques

Bien qu'elles impliquent l'usage d'ordinateurs et qu'elles puissent conduire à de difficiles questions informatiques (ce qui pose toutes sortes de problèmes matériels et financiers), il y a cependant lieu de réfléchir à ces banques en dehors de leurs aspects techniques. Car elles ne sont pas seulement des dictionnaires informatisés, où l'on stockerait de nombreux renseignements complexes (c'est-à-dire que chaque introduc-

Intelligence artificielle et modélisation

La modélisation de systèmes biologiques est devenue aujourd'hui une activité importante du biométricien. Parallèlement, son rôle consiste à rendre accessibles à un large public de biologistes les méthodes qu'il utilise et qu'il développe. À cette fin l'informatique est devenue un outil indispensable. Or conduire à bien un travail complet de modélisation (ou même d'analyse des données) demande toujours une démarche plus complexe que l'application d'une simple technique par la mise en œuvre du programme correspondant.

Une étape a été franchie par la réalisation de logiciels intégrés. Cependant, s'ils proposent des interfaces utilisateur sophistiquées, ils nécessitent le plus souvent un haut degré de formation et une bonne connaissance des performances des procédures proposées. Ce sont de bons outils pour le spécialiste, ils sont paradoxalement dangereux pour le non-spécialiste par leur apparente facilité d'utilisation cache les difficultés de fond.

Certains concepts modernes de génie logiciel permettent d'envisager la réalisation de nouveaux systèmes informatiques d'aide à la modélisation (1). De tels systèmes devraient inclure les connaissances relatives aux modèles et à leur manipulation (propriétés mathématiques, outils de calculs numériques et formels, conditions d'utilisation de ces outils, interfaces graphiques, prise en compte de données expérimentales, base de modèles avec les références correspondantes...), les connaissances relatives au domaine d'application, aux conditions de l'expérimentation, et enfin les

connaissances liées à la démarche elle-même (comment choisir ou construire un modèle, comment l'utiliser au mieux pour répondre à l'objectif de la modélisation) (2).

Plus généralement on peut penser que les méthodes relevant de ce qu'on appelle « intelligence artificielle » ou « systèmes experts » seraient sans doute efficaces pour la conception de logiciels devant manipuler simultanément des connaissances de divers ordres, liées à plusieurs disciplines, dans des contextes différents. Par exemple, des problèmes posés par la gestion des ressources naturelles, ou la définition de procédés biotechnologiques, pourraient relever de ce type d'approche. Cependant, il y a lieu de se garder d'un triomphisme prématuré. Il faut encore maîtriser et développer ces nouvelles méthodes et techniques. Notons enfin que la nécessaire réflexion sur l'organisation des connaissances peut conduire à un approfondissement de celles-ci, voire à une remise en question de certains aspects. De ce point de vue, l'étude de modèles de la dynamique des populations a constitué pour nous un bon exemple (2).

(1) Le Club Ecna regroupe actuellement des chercheurs de l'Institut national de recherche en informatique (INRIA), de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), du CNRS et de l'Université, a été fixé comme objectif la conception d'un tel système.
(2) Pave A.J., Reichenmann P.J., « Computer Aided Modeling in Biology: an Artificial Intelligence Approach », in *Artificial Intelligence and Simulation*, Soc. Comp. Simul. Ser., 1986.

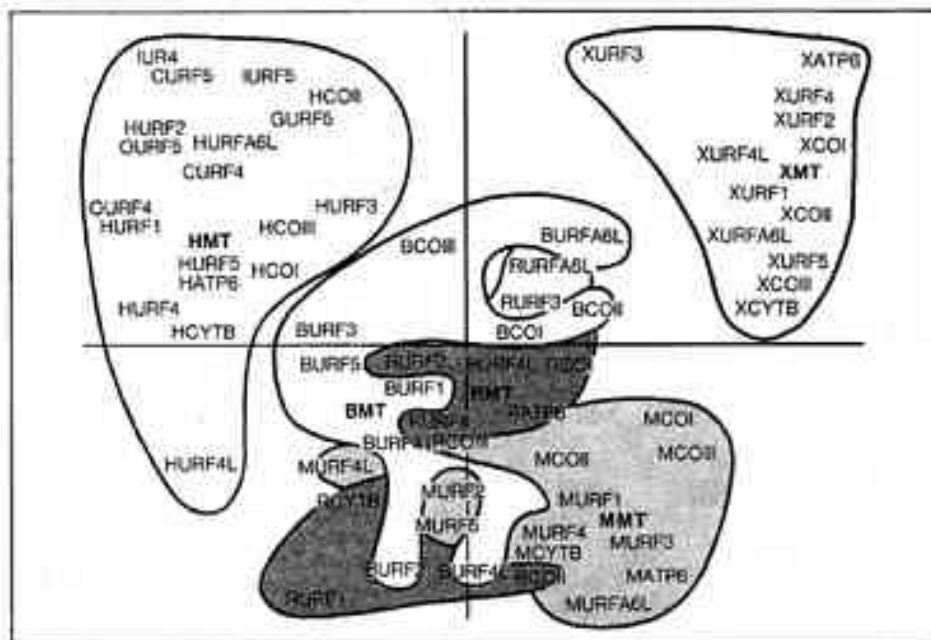


Fig. 3. Analyse des correspondances sur les génomes mitochondriaux de Vertébrés : la position des gènes sur la carte montre la forte homogénéité de l'usage du code pour les gènes d'une même espèce. La première lettre de chacun des gènes désigne l'espèce avec comme code : xénope X, souris M, rat R, boeuf B, homme H. On remarquera l'originalité de l'usage du code de l'homme, originalité qui semble partagée par les fragments des génomes de singes anthropoïdes connus (gibbon I, gorille G, chimpanzé C, orang-outang O). Ces différences entre espèces résultent de stratégies différentes dans le choix du codon qui représente un acide aminé donné. Guastier (C.), Thèse de doctorat en sciences, 1996 (non présentée).

tion comporte elle-même plusieurs informations liées). Elles sont l'instrument d'une recherche bien définie, et si elles sont nécessaires à certains travaux, elles sont déjà le produit d'autres travaux. Elles ne sont pas une simple compilation. La structure d'une banque, l'organisation des données, les logiciels (de correction, d'extension, d'extraction, de traitement) qui lui sont attachés sont très étroitement définis par les objectifs poursuivis. Il faut probablement admettre dans l'avenir l'existence dans le même domaine de plusieurs banques, rendues différentes par leur justification et les services qu'on en attend.

Ces banques qui vont des banques de ressources naturelles (écologiques, génétiques) aux banques de molécules complexes (protéines, séquences nucléiques) accompagnent une nouvelle catégorie de recherches qui s'effectuent au deuxième degré sur des données qui peuvent avoir été acquises par d'autres que ceux qui construisent et utilisent ces banques. Il y a là une nouvelle complexité dans l'organisation de la recherche, mais on peut prédire sans trop de risques de se tromper que les banques de données seront dans certains domaines importants et d'ici peu d'années un facteur décisif (et peut-être limitatif) dans le travail scientifique et technologique.

Biométrie et biologie

Les biométriciens ont donc à reprendre à de nombreux problèmes à un moment où la biologie après avoir acquis une série de résultats spectaculaires comprend un ensemble de disciplines dont dépendent maintenant étroitement les progrès en agriculture, en médecine et dans certains secteurs de l'industrie.

Tous les domaines de la biologie, à la mesure même de leur modernisation, font appel, à travers la biométrie, aux ressources des mathématiques et de l'informatique. La recherche des ef-

fets secondaires des médicaments, le diagnostic automatique, la détermination des espèces en systématique, l'interprétation des plans expérimentaux agricoles, la prévision des récoltes, la gestion des pêches maritimes et de la chasse, ... pour ne citer que quelques exemples très différents, exigent des méthodes, des tests, des programmes de calcul mis au point spécialement pour eux. La biométrie est donc engagée dans la résolution de problèmes concrets d'intérêt économique et social. Toute cette activité paraît bien faire partie des services que la biométrie au sens large, en tant que science de transfert, peut rendre à l'ensemble des recherches biologiques. De ce point de vue, les agronomes, les médecins, les écologues expriment de façon forte et pertinente des besoins aigus de moyens biométriques.

Mais sans doute faut-il distinguer la biométrie au sens strict, science autonome, avec comme objectif propre l'étude de l'organisation des êtres vivants à tous les niveaux d'interprétation où elle peut être saisie par l'observation et l'expérience. Elle est donc engagée dans de nombreuses questions de génétique et biologie des populations, ainsi que d'évolution : les soucis dans ce domaine (et même dans celui de l'eugénisme) étaient d'ailleurs présents dès le début (Galton, Spearman, Fisher).

Il faut absolument donner un fil directeur à la biométrie, sinon on serait condamné à constater l'extension d'un agglomérat de théories et de modèles hétéroclites, ou à laisser le soin aux mathématiciens de décrire dans leurs disciplines respectives et de leurs points de vue leurs relations à la biologie. Les coïncidences entre structures biologiques et objets mathématiques, qui étaient évoquées au début de cet article, n'ont conduit le plus souvent qu'à un émerveillement provisoire, mais pas à un corps de résultats organisés. De nombreux biologistes ont formulé des remarques très intéressantes, mais accidentelles, et n'ont pas eu dans les sciences de la vie l'influence décisive que certains physiciens,

La biométrie part de la biologie et y revient.

N'y a-t-il pas un double objectif de la biométrie ?

Biologie des populations

L'effectif d'une population (animale et même végétale) reste un paramètre difficile à estimer malgré les nombreuses méthodes développées, qu'elles soient absolues ou relatives, directes ou indirectes, générales ou spécifiques. L'échantillonnage systématique permet une telle estimation en tenant compte, en outre, de la répartition spatiale des individus dans leur habitat, ce qui conduit d'ailleurs à réexaminer le concept de densité. Mais la question de la précision de l'estimation, donnée nécessaire dans de nombreux problèmes pratiques et fondamentaux, reste ouverte; elle fait appel à des théories mathématiques, les variables régionalisées et le krigeage, dont toutes les potentialités méritent d'être étudiées dans leur application à la biologie des populations et l'écologie.

BIBLIOGRAPHIE

- Thioulouse J.J., Debonzie D., Ballanger Y., "Structures spatiales et temporelles des populations d'un ravageur du coton (*Pyralis chrysocephalus* L. (Col., chrysomelidae)) dans plusieurs parcelles de culture", *Acta Oecologica, Oecol. Applic.* 1984, n° 3, pp. 335-353.
- Thioulouse J.J., Houllier F., Ornillon G.-C., "Variables régionalisées et dénombrements d'insectes: cas unidimensionnel", *Compte-rendu de l'Académie des sciences*.

comme Newton ou Einstein, ont exercé dans leur domaine. Même pour Mendel ou Pasteur, on n'a pas fini, un siècle après, d'évaluer dans le domaine de l'organisation des êtres vivants le caractère révolutionnaire de leurs travaux. Plus récemment, la découverte de la structure des acides nucléiques, plus collective, entraînant la naissance de la biologie moléculaire, n'avait impliqué au début que des questions élémentaires de probabilités; elle conduit aujourd'hui à multiplier de difficiles problèmes d'organisation aussi bien cellulaire que moléculaire.

La biométrie doit se battre sur deux fronts. D'un côté il ne faut pas mettre une mathématique simpliste en face de la complexité d'une nature organisée, ce qu'avait parfaitement pressenti J. Rostand; il faut donc suggérer des développements en mathématique. Il faut encore moins accepter les recettes à court terme ou les approximations commodes qui cachent précisément les structures. Il faut en outre chercher dans les mathématiques déjà construites les résultats utiles en biologie autres que ceux imposés par l'évidence ou la routine.

D'un autre côté, il faut non seulement choisir parmi tous les objets biologiques possibles, du niveau moléculaire à celui des écosystèmes, ceux qui sont actuellement passibles de recherche scientifique, mais privilégier ceux dont l'étude permettra de faire progresser nos connaissances dans l'organisation des êtres vivants. Il faut donc identifier les objets qui, formés d'un ensemble d'éléments non indépendants, constituent des "systèmes", et dans l'état actuel de nos connaissances, des "systèmes" relativement simples et aux limites clairement définies.

Partout où des "systèmes" biologiques doivent être explorés, la biométrie est nécessairement concernée. C'est même sur cette base qu'elle peut se définir, marquer son originalité et ac-

quérir son indépendance en tant que science. Bien entendu, les problèmes originaux qu'elle identifie et résout, s'ils tirent leur origine de la prise en considération des questions biologiques y renvoient immédiatement. De la biologie moléculaire à l'écologie, la biométrie est profondément enracinée dans la biologie contemporaine et constitue un facteur essentiel de ses progrès.

Actuellement, et sans doute est-ce spécifique, la biométrie est le lieu d'un débat entre disciplines. Chaque article réellement biométrique pourrait être l'objet d'une polémique (et l'est souvent); il est l'occasion d'une confrontation de points de vue dans des domaines encore incertains. Les caractéristiques de ce débat tiennent à l'instabilité de l'interface entre biologie et mathématique pour un chercheur ou pour une équipe donnée, à l'évolution rapide des objectifs dans un programme pluridisciplinaire, aux problèmes de fond qui sont abordés sous le paravent technique. La discussion pour un test statistique ou une procédure d'analyse est en fait bien souvent celle des structures biologiques sous-jacentes.

L'enjeu est de taille: les progrès attendus dans le domaine de l'organisation des êtres vivants remettront en cause l'interprétation de nombreux résultats. Dès à présent, les concepts, les moyens et les résultats de la biométrie ont contribué à démystifier de nombreuses affirmations, à relativiser certains dogmes, à faire le tri entre ce qui est déjà déterminé et ce qui reste à expliquer. Malgré les polémiques qui en résultent (et peut-être à cause d'elles), malgré les exigences particulières de l'interface qu'elle assure, le développement de la biométrie, de son champ d'action, de ses moyens ne fait aucun doute. ■

BIBLIOGRAPHIE

On trouvera des bases de réflexion dans quelques ouvrages célèbres:

- Kostitzin V.A., *Biologie mathématique*, Paris, Armand Colin, 1937.
- Rashevsky N., *Mathematical biophysics*, Chicago, University Chicago Press, 1960.
- D'Arcy Thomson W., *On growth and form*, Cambridge University Press, 1963.

Nous ne citerons que quelques articles et ouvrages de l'école lyonnaise à titre d'exemples:

- Legay J.-M., « La méthode des modèles, état actuel de la méthode expérimentale », *Informatique et biosphère*, Paris, 1973.
- Chessel D., « Description non paramétrique de la dispersion spatiale des individus d'une espèce », *Biométrie et écologie*, 1978, pp. 45-135, J.M. Legay, R. Tomassone eds, Société française de biométrie.
- Legay J.-M., « Bio-informatique », *Encyclopaedia Universalis*, supplément, 1980, pp. 288-291.
- Lebreton J.-D., Milleret C., *Modèles dynamiques déterministes en biologie*, Paris, Masson, 1982.
- Chessel D., Debonzie D., « Analyse des correspondances et écologie: causes et conséquences des succès », *In Actes du 1^{er} colloque Méthodologie appliquée à la géographie*, Besançon, 1983.
- Legay J.-M., Debonzie D., *Introduction à une biologie des populations*, Paris, Masson, 1985.
- Gouy M., Gautier C., Milleret F., « System analysis and nucleic acid sequence banks », *Biochimie*, 1985, n° 67, pp. 433-436.
- Gautier C., Gouy M., Lousal S., « Nonparametric statistics for nucleic acid sequence study », *Biochimie*, 1985, n° 67, pp. 449-453.
- Legay J.-M., « Was ist Biometrie? », *Wissenschaft und Fortschritt*, 1985, n° 35, fascicule 5, pp. 129-132, dont le texte a été largement utilisé dans la préparation de cet article.
- Pontier J., « Traitement des informations: systèmes à services par essais successifs », *Bull. Math. Bioph.* 1970, n° 32, pp. 83-148.

Assurer l'interface entre biologie et mathématique? Oui, mais... en profondeur: il faut s'attendre à l'apparition de spécialités à l'intérieur de la biométrie.

La biométrie est le lieu privilégié d'un débat pluridisciplinaire.

Un avenir prometteur.

LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE DANS LES LABORATOIRES

Le Laboratoire d'étude des régulations physiologiques de Strasbourg

Comment diviser par quatre le coût des dépenses énergétiques d'un laboratoire ?

Pierre DEJOURS, Jean BOULEAU, Alain TISSIER

L'activité du CNRS n'échappe pas au contexte économique, ni aux contraintes budgétaires. Le responsable d'un laboratoire est confronté à des problèmes parascientifiques liés à la gestion et à l'infrastructure technique. Les dépenses réelles d'un laboratoire n'ont cessé de s'alourdir, principalement en raison de la croissance du coût de l'énergie, qui est généralement sans rapport avec celle des moyens de recherche proprement dits. D'où la nécessité de rechercher la meilleure utilisation des crédits, notamment en diminuant les dépenses d'énergie souvent considérables : c'est l'intérêt national, c'est aussi celui du laboratoire (fig. 1).

Aussi est-il intéressant de donner l'exemple d'un laboratoire où en dix ans, par la volonté du directeur et de ses collaborateurs et grâce à la coopération constante des services techniques de l'administration déléguée, il a été possible de diviser par quatre le coût des dépenses énergétiques (chauffage, électricité, eau), tandis que dans le même temps l'activité du laboratoire doublait.

Les problèmes de régulations physiologiques se posent dans tout le règne animal, notamment en fonction des caractéristiques physiques et chimiques de l'environnement, qu'il s'agisse de milieux ambiants naturels ou artificiels. D'où la nécessité d'installations spéciales, importantes et complexes pour animaux aquatiques, pour animaux aériens, où les facteurs, notamment la température, qui définissent le milieu — eau ou air — doivent être soigneusement régulés.

■ Pierre Dejours, directeur de recherche au CNRS, directeur du Laboratoire d'étude des régulations physiologiques (LP 6061), CNRS, 23, rue Becquerel, 67087 Strasbourg Cedex. Il étudie le rôle des conditions physiques et chimiques sur les régulations respiratoires chez des animaux aquatiques.

■ Jean Bouleau, administrateur délégué de la 10^e circonscription du CNRS, région Alsace, CNRS, 23, rue du Loess, 67037 Strasbourg Cedex.

■ Alain Tissier, responsable des services techniques de la 10^e circonscription du CNRS.

Un dossier complet concernant les détails et les modalités des opérations ayant conduit aux économies mentionnées dans cet article sera adressé à toute personne qui en fera la demande auprès de l'administrateur délégué de la 10^e Circonscription, CNRS, 23, rue du Loess, 67037 Strasbourg Cedex - tél. 88 28 63 17.

Réduire le coût des dépenses d'énergie

Le bâtiment, les installations et les équipements ont été conçus et réalisés avant 1970 dans un contexte où le coût de l'énergie était très insuffisamment pris en compte. Répondre au mieux au programme scientifique était l'objectif principal. La notion de coût d'exploitation n'intervenait pas à ce stade du choix. Ainsi le Laboratoire d'étude des régulations physiologiques était un outil efficace pour les chercheurs, mais à quel prix ?

- Conception générale du bâtiment très « aérée » sans isolation thermique. Le rapport de la surface des façades, plafonds et planchers exposés aux intempéries, au volume des locaux atteint 0,50 au lieu de 0,20 à 0,25 m²/m³ pour un bâtiment courant.
- Conception complexe et centralisée des installations de climatisation. Par exemple, à partir d'eau glacée à - 15 °C, de l'air à

0 °C alimentait l'ensemble des pièces climatisées de l'animalerie. La température ambiante était ensuite adaptée en fonction des besoins par des batteries à eau chaude. En été, pour maintenir une raterie à 30 °C, l'air pris à l'extérieur à 20 °C en moyenne était refroidi à 0 °C et ensuite réchauffé à 30 °C par des batteries à eau chaude à 80 °C. En outre, ce procédé conduisait à garder en service toute l'année le réseau de chauffage depuis une chaufferie centrale distante de 250 mètres ; de plus, l'installation était délicate et d'un entretien coûteux.

Redéfinition des besoins

Le bien-fondé de chaque usage de l'énergie a été examiné en fonction des spécificités du laboratoire : Pour quoi ? Pour quel usage ? Pour combien de temps ? Parallèlement, les services techniques de l'administration déléguée ont effectué le diagnostic et l'analyse de tous les composants ayant une

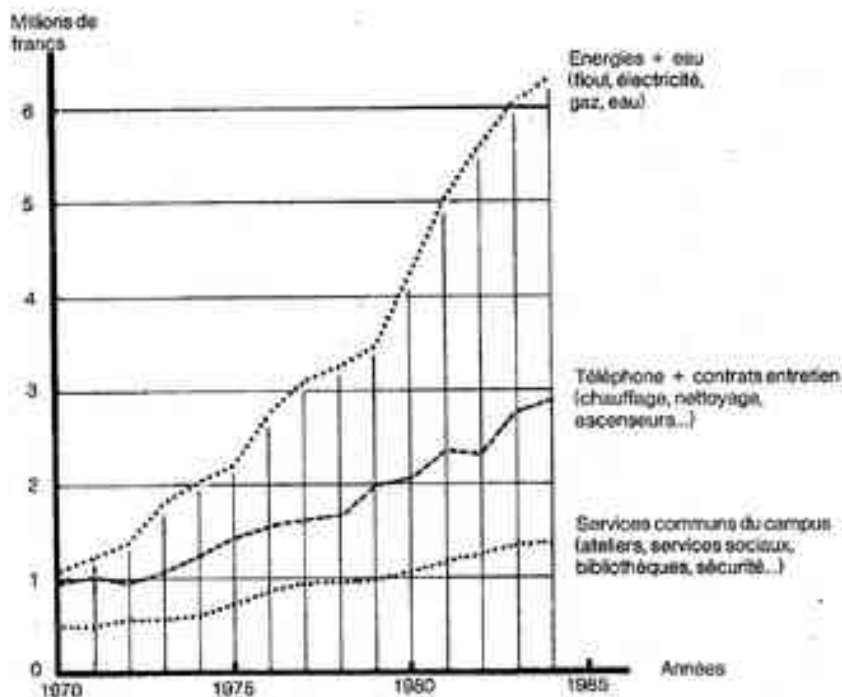


Fig. 1. Évolution des dépenses de fonctionnement (ensemble des laboratoires de Strasbourg-Cronenbourg). Les dépenses d'énergie en francs courants ont progressé deux fois plus que les autres dépenses d'infrastructure.



Vue d'ensemble du Laboratoire de physiologie respiratoire. L'architecture n'est nullement orientée vers l'économie d'exploitation (forme plate, patio, étagement des surfaces, etc.). Le rapport surface/volume est particulièrement élevé.

	1973		1983		COUT UNITAIRE	OBSERVATIONS
	CONSUMMATION	COUT D'EXPLOITATION EN VALEUR 1983	CONSUMMATION	COUT		
ELECTRICITE	474 000 kWh	265 960 F	292 000 kWh	141 480 F	0,54 F par kWh	Y compris chauffage des locaux en 1983 (PAC)
CHAUFFAGE	1 297 MWh	367 430 F	NEANT	NEANT	290 F par MWh	Le chauffage traditionnel est uniquement utilisé en secours.
EAU	240 000 m ³	136 800 F	83 000 m ³	47 310 F	0,67 F par m ³	Production d'eau par pompage dans la nappe phréatique
COUTS TOTAUX D'EXPLOITATION		790 190 F		188 790 F		Différence de coût par an 601 400 F
FACTEUR DE REDUCTION	$\frac{790\ 190}{188\ 790} \approx 4$					Temps de retour global environ 1 an
INVESTISSEMENTS CUMULES	560 000 F Isolation, pompes à chaleur, eau chaude, sanitaire, compteurs —					

Fig. 2. Les investissements réalisés ont permis sur dix ans de faire une économie de l'ordre de 2,5 MF (valeur 1983) alors que l'activité du laboratoire doublait. En 1984, l'économie par rapport à 1973 est de 0,6 MF (valeur 1983).

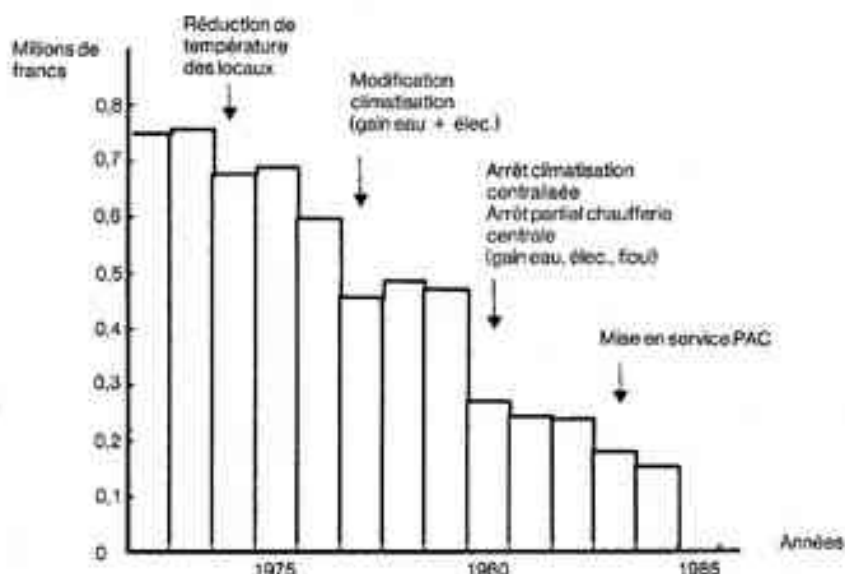


Fig. 3. Evolution des dépenses globales d'énergie. Les dépenses globales ont été divisées par quatre de 1973 à 1983 exprimées en francs constants (valeur 1983).

incidence sur les dépenses d'énergie.

- Analyse de la qualité thermique du bâtiment.
- Analyse des besoins de consommations et des coûts des installations techniques : chauffage, climatisation, eau chaude, eau froide, électricité.
- Consommation et coût des installations scientifiques.

Transformations et résultats

Les critères pris en compte furent la rentabilité de l'investissement, la simplicité des solutions techniques, la rapidité de mise en œuvre, la facilité d'exploitation, le nécessaire échelonnement des transformations. Les financements ont été réalisés en fonction des moyens dont pouvaient disposer le laboratoire et l'administrateur délégué avec l'aide importante de la Commission nationale pour les économies d'énergie, qui a activement soutenu les opérations les plus lourdes. En raison des impératifs scienti-

	CHAUFFAGE	CLIMATISATION	EAU CHAUDE	EAU FROIDE	ELECTRICITE	ISOLATION THERMIQUE
1973	● Réduction des températures des locaux					● Renforcement isolation toiture terrasse
1974	● Sonde extérieure sur régulation					● Isolation des planchers sur préaux
1975		● Remplacement d'un groupe monocompresseur par un groupe multicompresseur	● Diminution progressive de la température de l'eau sanitaire			● Isolation des plafonds sous terrasse (travaux réalisés par tranches jusqu'en 1985)
1976		● Augmentation de la température de l'eau glacée de -15 °C à 0 °C (eau glycolée)		● Modification du système de pré-refroidissement sur climatisation		
1977	● Régulation et ralentissement de nuit et week-end ● Pose de compteurs de chaleur	● Redéfinition et limitation des besoins des pièces de l'animalerie		● Contrôle des besoins (bacs à poissons)		● Calorifuge tuyauterie de chauffage et sous-station
1978	● Régulation de la température du réseau primaire	● Mise à l'arrêt climatisation générale				
1979		● Suppression animalerie basse température (transfert des hibernants en chambres froides industrielles)	● Réduction des postes d'utilisation		● Installation d'une cellule photoélectrique sur éclairage extérieur	
1980	● Mise à l'arrêt du circuit primaire hors saison de chauffe	● Modification de la régulation	● Arrêt du système de production centralisée ● Arrêt de la « boucle d'eau chaude sanitaire »			
1981		● Arrêt du système centralisé de climatisation ● Mise en place de climatisations individualisées	● Installation de chauffe-eau « décentralisés » là où nécessaire		● Remplacement des luminaires	
1982	● Transformation du groupe de production d'eau glacée en pompe à chaleur (PAC) eau/eau	● Limitation des débits d'air extraits				
1983	● Indépendance totale	● Les besoins de climatisation sont limités et décentralisés	● Les besoins de l'eau chaude sont limités et décentralisés	● Les besoins en eau sont réduits pour les usages « scientifiques »	● Installation d'un variateur sur extracteur de l'air des animaleries	● Achèvement des travaux d'isolation des planchers et plafonds

Remarque : La réduction des installations techniques a permis en outre de « récupérer » 20 m³ de locaux.

Les différentes étapes de la réduction des dépenses énergétiques.

figes, techniques et financiers, les différentes étapes de la réduction des dépenses énergétiques ont duré une dizaine d'années (tableau ci-dessus). Les figures 2 et 3 permettent de comparer la situation en 1973 et en 1983 et les différentes étapes des économies réalisées.

Pour atteindre les résultats présentés ci-dessus, il a fallu faire preuve d'imagination, d'entêtement quelquefois, d'une volonté collective de succès. Il convient de rester vigilant en ce domaine parce que, par routine ou négligence, on risque de retomber insidieusement dans de mauvaises et dispen-

dieuses habitudes. En second lieu, il est possible de faire davantage d'économies de dépenses énergétiques. Certaines peuvent nécessiter des investissements à plus long terme ; leurs résultats, quoique moins rapides et moins spectaculaires, seront tout aussi significatifs.

Chercheurs-jeunes : à la rencontre

LE GOÛT DE LA SCIENCE

Dans le cadre de l'opération 1000 classes, 1000 chercheurs, une expérience réussie entre l'Institut d'embryologie du CNRS à Nogent-sur-Marne et la classe de première scientifique du lycée Charles-le-Chauve à Roissy-en-Brie.

Nina BERREBI

Comment donner aux jeunes le goût de la recherche ? Voici une recette toute simple : prenez un "prof de sciences nat", Jean-Pierre Levistre par exemple, prenez sa classe de 1^{re} scientifique, au lycée Charles-le-Chauve de Roissy-en-Brie, et prenez une chercheuse, Maryse Reyss-Brion, et une technicienne Lydie Boulé, toutes deux de l'Institut d'embryologie du CNRS et du Collège de France de Nogent-sur-Marne : faites-les se rencontrer au laboratoire et laissez-les se débrouiller avec les élèves pour un projet de travail commun : mettre en évidence les besoins nutritionnels des êtres vivants. Un professeur vissé à sa salle de classe mettrait des mois à l'expliquer...

Un faible pour la recherche

Jean-Pierre Levistre prend donc connaissance, à la rentrée scolaire 85, d'une circulaire ministérielle émanant du directeur des lycées mentionnant l'opération 1000 classes/1000 chercheurs, lancée par le CNRS dans le but d'augmenter les échanges entre le milieu de l'école et celui de la recherche. Cet enseignant qui a passé un an au Commissariat à l'énergie atomique pendant son service militaire, a un faible pour la recherche, et, en pédagogue consommé, il a envie de le communiquer à ses élèves. Le temps de dénicher auprès de son inspecteur pédagogique la liste des laboratoires intéressés par l'opération et le voilà qui prend contact avec l'Institut d'embryologie de Nogent, superbement situé dans un parc en bordure du bois de Vincennes.

Une visite du labo au pas de course

On est en avril : les élèves ne cachent pas leur curiosité : "le CNRS, qu'est-ce que

c'est ? Les chercheurs, qu'est-ce qu'ils font ?" Voilà ce que leur explique Maryse Reyss-Brion, aidée de ses collègues, lors des premiers contacts. Suivra une visite "au pas de course", estiment Maryse et Jean-Pierre, du laboratoire et de ses instruments. Ici des binoculaires, là, le microscope électronique ("c'est si gros que ça ?"), s'étonnent des élèves) et, en film vidéo, des migrations cellulaires pour comprendre comment se forme un organe ainsi que les différents stades de développement de l'embryon de poulet. On leur montrera également différentes interventions *in ovo* : micro-chirurgie, injection d'hormones, etc. Les élèves repartent ravis, en dépit d'un trajet de 3 heures pour aller au labo et revenir au lycée. Aussi les responsables de l'opération décident-ils de transférer le labo dans les salles de travaux pratiques du lycée, deux binoculaires, une couveuse, des instruments stériles et bien sûr, le matériel vivant d'expérimentation, œufs de caille et de poule.

Les impératifs du programme scolaire

Rapidement, le projet prend forme. Jean-Pierre Levistre, les yeux fixés sur les impé-

ratifs du programme de 1^{re} S, trouve "nécessaire la mise en place de notions comme les besoins nutritionnels et l'approvisionnement en oxygène". Avec Maryse Reyss-Brion et Lydie Boulé, ils se mettent d'accord sur deux expériences. La première consistera dans la greffe d'une ébauche d'organe d'embryon de caille sur la membrane nourricière de l'embryon de poulet, la chorionallantoïde, afin de mettre en évidence les besoins nutritionnels de cet organe. La seconde résidant dans le pincement, ou clampage, d'une artère importante irrigant la membrane, l'artère omphalo-mésentérique, montrera la plasticité de certaines ébauches.

"Par ailleurs, il était important de faire le lien entre ces deux notions" (1) explique Jean-Pierre. "Mais à l'aide de quelle manip ? Alors, nous avons demandé aux élèves : "que feriez-vous pour montrer comment l'oxygène parvient à l'embryon enfermé dans sa coquille ?" Ils nous ont suggéré la troisième expérience. Emballer avec un papier paraffiné certains œufs fécondés."

"Il y avait ceux qui proposaient de les vernir, raconte Maryse. Nous leur avons présenté l'inconvénient de ce procédé, à savoir qu'ils ne sauraient jamais si la mort des embryons était due à la privation d'oxygène ou à la toxicité du vernis".

On ne badine pas avec la vie

Le jour "J" arrive. On est le 7 mai. Le premier groupe composé de seize élèves se met au travail. D'abord, c'est la chasse aux microbes, on passe toutes les paillasses à l'alcool. Puis on regarde les expérimentateurs décosiper une fenêtre dans la coquille des œufs de poule : on apprend à repérer sur les embryons de caille les ébauches de membre et de peau. A présent, c'est aux élèves de jouer. Silence et affaïrement. Pas de blague, on ne badine pas avec la vie. Maryse leur a bien expliqué que les embryons étaient sensibles à l'infection.

Gare aux risques d'infection

Il faut attendre huit jours, les élèves le savent, pour constater ou non la prise des



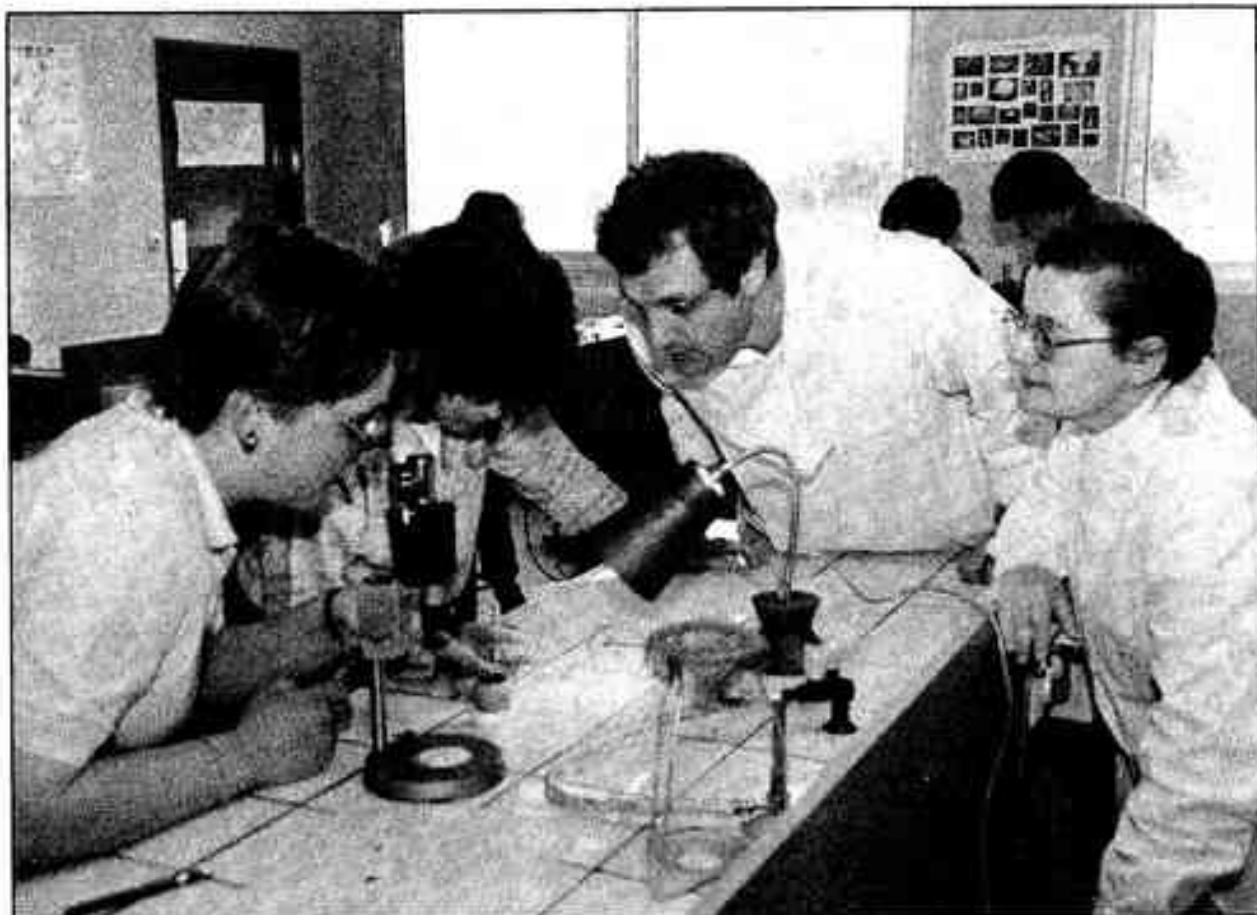
Science et affaïrement : le clampage.

■ Nina Berrebi est journaliste à la direction de l'information scientifique et technique du CNRS.

■ Maryse Reyss-Brion est chargée de recherche à l'Institut d'embryologie (UM 91) du CNRS.

■ Lydie Boulé est technicienne à l'Institut d'embryologie, 49 bis, avenue de la Belle Gabrielle, 94130 Nogent-sur-Marne.

■ Jean-Pierre Levistre est professeur de sciences naturelles au lycée Charles-le-Chauve de Roissy-en-Brie.



Une « manip » difficile : greffer une disquette de membre sur le chetivallantide de l'œuf de poule.

greffes. Pour nos apprentis-chercheurs, autant dire neuf mois ! Alors, jour après jour, ils viennent "couvrir" leurs embryons, drainant avec eux d'autres élèves du lycée qui n'ont pas eu cette chance, eux, de travailler sur le vivant. On regarde à travers le scotch qui bouche la coquille, quelquefois même on va jusqu'à le retirer pour montrer aux copains le fameux greffon. Devant ce défilé incessant, le prof de sciences naturelles est obligé de faire un peu le gendarme et, pour cela, il a un bâton infailible : les risques d'infection qu'encourent les embryons !

Des plumes et des membres

Le 15 mai, le deuxième groupe d'élèves vient constater les résultats, répertorier les œufs valides, extraire les greffons pour les fixer dans l'alcool. Stupéfaction générale devant les plumes colorées qui ornent maintenant les greffons de peau. Les membres dont la forme à présent est visible, se taillent aussi un joli succès. En tout, 75 % de greffes réussies. Maryse a un "œuf" de soulagement. Elle qui redoutait tant que la minutie des manipulations et les problèmes d'asepsie ne fassent échouer les expériences !

Jean-Philippe, Isabelle, Fabien et les autres...

Mais c'est Jean-Pierre le plus heureux. Il sait que ses explications vont pouvoir pas-

ser : "voyez, dit-il, comme en partant d'une ébauche déterminée, on est parvenu à un organe différencié, les greffes prélevées à trois jours et demi et cinq jours et demi avaient en eux toute l'information génétique nécessaire pour se développer. Il ne leur manquait que la nourriture". Et d'en profiter pour évoquer — prudemment car c'est le programme de terminale — le comportement particulier de l'embryon vis-à-vis de la greffe, etc.

Jean-Philippe, Isabelle, Fabien et les autres, écoutent gravement. Christian lui, s'est improvisé photographe et il mitraille tout le monde. C'est à lui que l'on doit les photos des "manips" prises pendant les trois semaines de travail.

L'ingéniosité de la nature

Mais si les expériences de greffe ont surtout provoqué l'émerveillement, ce sont celles de clamping effectuées par le second groupe d'élèves qui ont suscité le plus de questions. Cette fois, Maryse raconte : "Nos élèves ont constaté que le reste du réseau sanguin est venu irriguer le territoire privé de circulation. Ils se demandaient justement si, avec ces clampages, les embryons pourraient survivre. Nous étions contents de leur apporter une réponse positive. D'où cette idée qui leur a tant plu, d'une force de vie de l'embryon capable de surmonter certains handicaps. Ils ont évoqué l'ingéniosité de la nature ; il y a même eu des extrapolations : le problème de l'amputation par exemple. A la fin de

cette séance, plusieurs d'entre eux ont voulu en savoir davantage sur la recherche. L'un d'eux étant particulièrement intéressé par la neurobiologie, je l'ai adressé à un collègue".

Un savoir particulièrement vivant

Dernière leçon, apprise sur le tas lors de la troisième expérience : la lecture d'un article scientifique de *Pour la science* sur le rôle des pores de la coquille de l'œuf, après avoir constaté que dans les œufs enveloppés de parafilm, les embryons ne s'étaient pas développés.

Tout ce savoir, particulièrement vivant dans la mémoire de ces jeunes gens a eu plusieurs occasions de s'extérioriser. D'abord, il y a eu la journée "portes ouvertes" au lycée le 1^{er} juin 1985 en présence de la presse écrite et de la radio locales. Et le 29 janvier de cette année, au cours d'une exposition-synthèse au Centre régional de documentation pédagogique de Créteil organisée par les enseignants, trois de ces élèves ont exposé leur travail avec le laboratoire d'embryologie devant le recteur de Créteil et la municipalité, des chercheurs du CNRS, des enseignants, chefs d'entreprise, chefs d'établissement, inspecteurs pédagogiques, représentants de l'association "Science et technique-jeunesse", tous également intéressés par cette expérience. Et assurément, elle a fait recette : alors qu'en 1985 on comptait 4 rapprochements analogues dans l'académie de Créteil, pour 1986 on en attend 12 !

REGARD SUR L'ORGANISATION DE LA RECHERCHE BRITANNIQUE

Vers un nouvel équilibre entre pragmatisme et tradition.

Nina POFFÉ,
Germaine WILD,
Jacques BORDE



La Grande-Bretagne se démarque de la France par des attitudes inimitables dues à un dosage subtil entre le respect des traditions et l'ouverture : l'éducation anglaise, exigeante et attentive à la fois, forge cet esprit caractéristique depuis l'enfance jusqu'à l'université. Le respect de l'individualité, un pragmatisme qui favorise les solutions personnelles et locales de peur de les brider par la centralisation se retrouvent à chaque pas, dans la vie quotidienne, le système pénal, les structures sociales. Dans l'organisation de la recherche, ces caractères se traduisent par une structure à entrées multiples, visant à assurer dans un cadre apparemment rigide, un maximum de souplesse dans un esprit non dirigiste.

Les structures de la recherche en Grande-Bretagne

Il n'existe pas de ministère de la Recherche et de la Technologie. Les crédits de recherche et développement (R et D) sont attribués directement par vote du Parlement aux ministères concernés — science et éducation (DES), défense, et ministères techniques. La coordination se fait au niveau du premier ministre avec l'aide d'un conseiller scientifique à l'influence croissante. La répartition des crédits (fig. 1) fait apparaître la part importante de la défense (plus de 50 % du budget de R et D, la plus élevée d'Europe).

Le DES finance l'essentiel de la recherche pure, à travers deux organismes (c'est le fa-

meux "Dual Support") : l'University Grants Committee (UGC) et l'Advisory Board for the Research Councils (ABRC), dont les prérogatives sont bien distinctes et complémentaires (fig. 2).

L'UGC est l'organisme-clé du système de financement des universités. Son rôle de "tampon" entre le gouvernement et les universités permet de préserver l'indépendance institutionnelle de celles-ci dans le cadre d'un financement principalement étatique. L'UGC s'appuie sur une administration forte d'une centaine de fonctionnaires du DES chargés de réunir les informations nécessaires aux membres du Comité. Par des visites sur place et des enquêtes, l'UGC détermine, en accord avec le comité des vice-chanceliers d'université, la base de la négociation qui aboutit à la déter-

mination par le gouvernement du crédit global des universités. Le crédit est alors réparti par l'UGC entre les établissements selon des critères statistiques liés au nombre d'étudiants.

Les universités décident ensuite de la distribution interne de leurs crédits selon des modalités variables plus ou moins directives. Finançant ainsi leur propre recherche, elles ont une influence déterminante sur le choix des thèmes et des priorités. On estime généralement à 30 % la fraction du budget des universités (salaires, équipement et fonctionnement) consacrée à la recherche.

L'ABRC conseille le DES sur ses responsabilités vis-à-vis de la recherche de base et discute avec lui les orientations qui conduisent à la répartition budgétaire par disci-

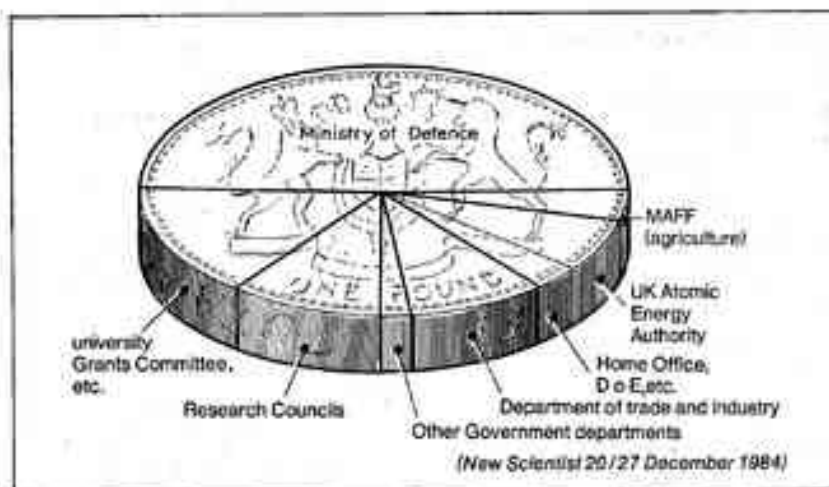


Fig. 1. En 1984-1985, la Grande-Bretagne consacre 4,3 milliards de livres (soit environ 45 milliards de francs) à la recherche et au développement. La recherche fondamentale dépend surtout des Conseils de recherche (Research Councils) et des universités (University Grants Committee).

■ Germaine Wild est chargée de mission au Service scientifique de l'Ambassade de France à Londres.

■ Nina Poffé est détachée de l'Institut de physique nucléaire d'Orsay, au Nuclear Physics Laboratory d'Oxford, et collabore au Bureau CNRS de Londres.

■ Jacques Bordé est responsable du Bureau CNRS de Londres, Ambassade de France, 62 Brompton Road, Londres SW 3-1HW

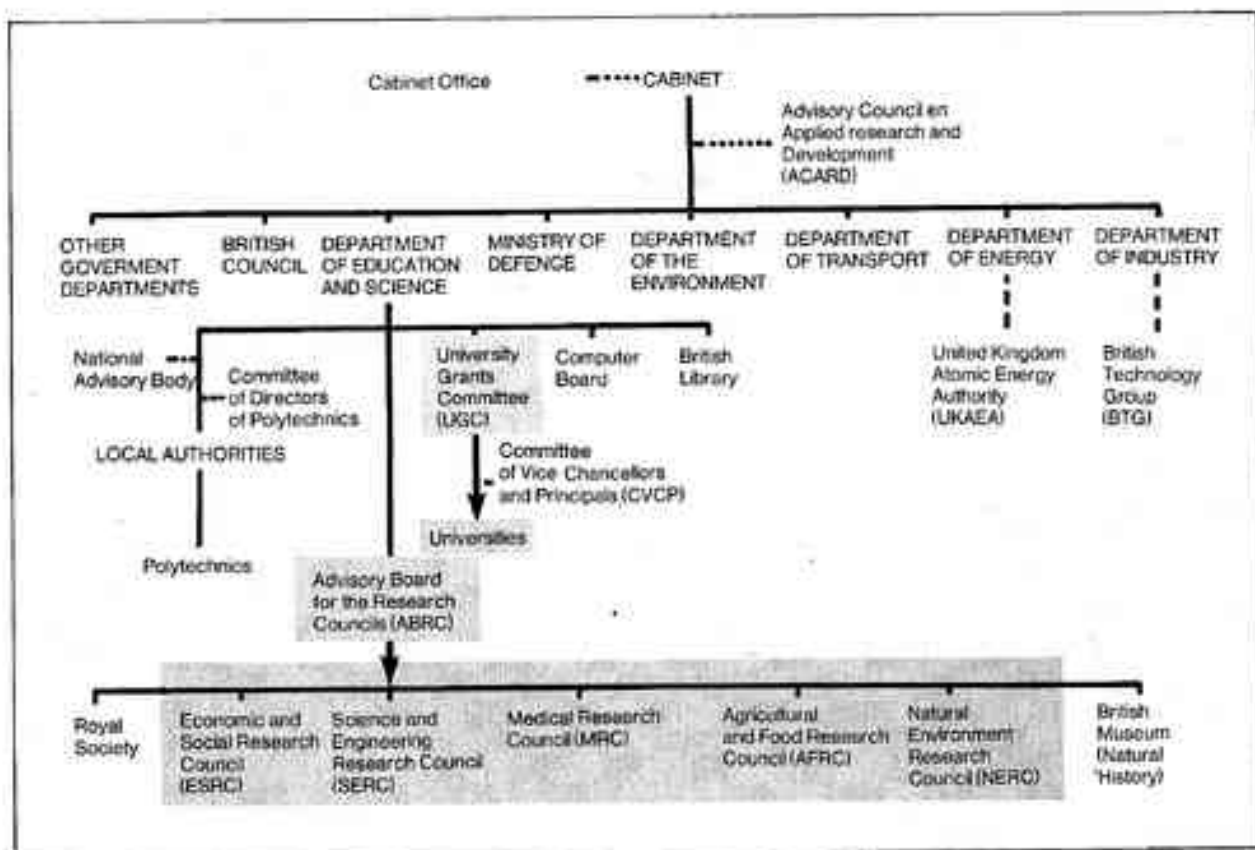


Fig. 2. Organisation du financement de la recherche et du développement en Grande-Bretagne.

plaine entre les cinq Conseils de Recherche (fig. 2). A la différence de l'UGC, il ne gère pas les crédits. Il est formé pour un tiers de membres indépendants provenant du monde de la recherche et de l'industrie, pour un tiers de représentants des conseils, de la Royal Society et de l'UGC, et pour un tiers par les conseillers scientifiques des différents ministères. La proposition budgétaire annuelle adressée au secrétaire d'Etat du DES (rendue publique depuis peu) est réalisée d'après les rapports de prospectives à moyen terme (programmation à trois ans) rédigés annuellement par les conseils de recherche selon un schéma glissant.

Les conseils de recherche. L'ensemble des disciplines scientifiques se répartit entre les cinq conseils de recherche : Science and Engineering Research Council (SERC), Medical Research Council (MRC), Agricultural and Food Research Council (AFRC), Natural Environment Research Council (NERC), Economic and Social Research Council (ESRC). La distribution des crédits entre les conseils apparaît dans la figure 3 (chiffres pour 1984-85).

Les missions des conseils, assez proches de celles du CNRS, sont, dans leurs domaines spécialisés, prioritairement d'effectuer ou de faire effectuer des recherches fondamentales, de former par la recherche, de diffuser l'information scientifique et technique. Nous verrons plus loin que leurs modes d'action pour financer des projets précis de recherche ou apporter différentes aides à la communauté scientifique sont très souples.

● Le SERC. C'est le plus important des conseils par son budget et son influence. Il

interagit fortement avec les universités non seulement par le soutien direct qu'il apporte aux groupes de recherche mais aussi par les grands équipements qu'il met à leur disposition : il gère en effet quatre instituts propres de dimension internationale : à Daresbury, le Tandem de 20 MV et la source de rayonnement synchrotron – et, dans l'Oxfordshire, le Rutherford Appleton Laboratory (source pulsée de neutrons de spallation, Central Laser Facility et contribution aux expériences internationales en astrophysique et physique des particules), ainsi que deux observatoires, à Edimbourg et Greenwich, essentiellement tournés vers leurs stations d'outre-mer. Le SERC est également responsable du paiement de la participation britannique aux expériences internationales (CERN, ILL, ESA, EISCAT, ...). (1) Ce qui représente environ 20 % de son budget.

● Le MRC, conseil pour la recherche médicale, a la responsabilité de toutes les scien-

ces médicales et biologiques qui peuvent avoir une répercussion sur la santé. Il est indépendant du ministère de la Santé. Le MRC anime deux grands établissements, le National Institute for Medical Research (Mill Hill, Londres) et le Clinical Research Centre (Northwick Park), ainsi que soixante-deux autres établissements et groupes hospitaliers dont la moitié travaille étroitement avec les universités.

● Le NERC. L'originalité de ce conseil provient du caractère particulier des sciences de l'environnement, de la diversité des disciplines concernées et de l'importance des technologies nécessaires. Il en résulte d'une part une forte dépendance vis-à-vis des industriels et, d'autre part, des problèmes de frontière notamment avec le SERC (par

(1) CERN : Centre européen pour la recherche nucléaire.
ILL : Institut Laue-Langevin.
ESA : Agence européenne de l'espace.
EISCAT : Sondes à diffusion incohérente.

	DES M£	% du Science Budget	Ressources totales* M£
Agricultural and Food Research Council	46,6	0,5	103,6
Economic and Social Research Council	22,0	4,0	22,0
Medical Research Council	117,2	21,5	132,9
Natural Environment Research Council	66,9	12,1	90,5
Science and Engineering Research Council	278,8	51,1	288,1
Autres	16,2		
Total "Science Budget"	545,6		

M£ = millions de livres (chiffres 1984-1985).

* Comprend les ressources provenant d'autres ministères.

Fig. 3. Distribution des crédits entre les conseils.

exemple pour la télédétection). Le NERC poursuit sa recherche propre dans dix laboratoires et cinq unités associées et maintient une flotte de six navires océanographiques.

- L'AFRC. Ce conseil a la responsabilité de la recherche en agriculture, horticulture et alimentation. Il gère huit instituts propres. Ses liens avec l'université sont moins importants que ceux des autres conseils.

- L'ESRC. Les six centres de recherche de l'ESRC sont implantés dans les universités. Les thèmes abordés vont de questions sociologiques actuelles à l'analyse informatique de données sociologiques historiques. Récemment, l'ESRC a été impliqué dans des études d'évaluation et de prospective de la recherche initiées par l'ABRC.

D'autres institutions influencent à divers degrés et dans divers domaines la recherche britannique de manière indépendante des conseils. Ce sont, par exemple, la prestigieuse Royal Society (qui correspond à notre Académie des sciences et qui joue un rôle unique, par l'éminence reconnue de ses membres, dans la recherche et les échanges internationaux), le British Museum, la British Academy ou le British Council. Nous ne décrivons pas ici ces organismes, pour nous consacrer, dans la seconde partie, à l'étude des moyens d'action des conseils de recherche. Nous prendrons comme exemple le SERC qui, outre son importance financière, présente, par les domaines qu'il couvre, et aux sciences sociales près, le plus d'analogies avec le CNRS. Les autres conseils ont un fonctionnement similaire avec des particularités liées à leurs différentes missions. Le SERC se démarque par le fait que la totalité de ses ressources provient du DES. L'importance de la recherche sous contrat dans les autres conseils est telle que les ministères techniques représentent effectivement pour eux des ministères de tutelle (fig. 3).

Les moyens d'action

Il est possible de dégager trois idées conductrices qui déterminent la forme de l'action des instances de la recherche sur le déroulement de celle-ci : le lien avec les groupes de recherche doit rester aussi direct que possible : des comités scientifiques, c'est-à-dire des pairs, évaluent les projets de recherche ; le lien entre le contenu de l'enseignement et le sujet de la recherche de pointe doit rester étroit : les responsables des groupes de recherche sont des enseignants, professeur ou maîtres de conférences ; les thèmes de recherche ne doivent pas être figés : les allocations des conseils sont limitées dans le temps.

Ces idées sont mises en pratique, au sein du SERC, par quatre commissions ("Boards", voir fig. 4) qui traitent les différentes disciplines. Elles se subdivisent encore en sous-commissions ("Committees") plus spécifiques. Ces comités sont en contact direct avec les laboratoires et les groupes de recherche qui leur présentent leurs projets et leur adressent leurs demandes de crédits. Les projets acceptés doivent être opportuns et prometteurs - liberté est donnée aux comités pour cette évaluation.

Différentes sortes de soutien peuvent être accordées aux projets :

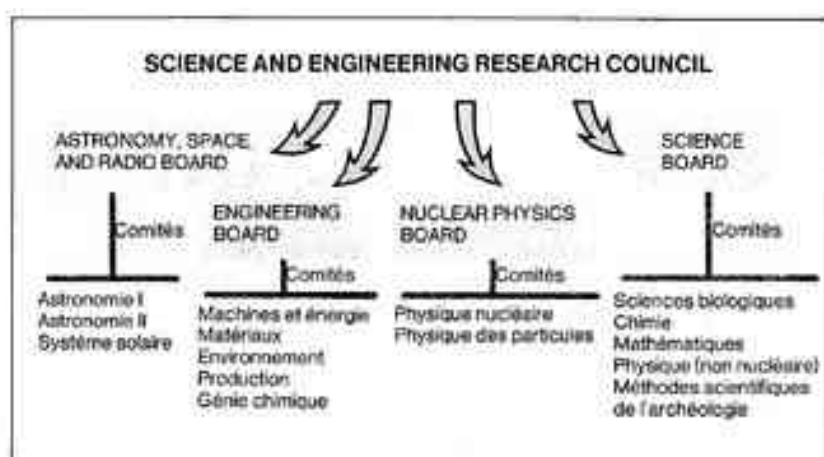


Fig. 4. Organisation du SERC.

- Les "research grants" sont des subventions destinées à fournir le complément de financement nécessaire à la réalisation du projet déjà soutenu par l'université. Elles sont limitées dans le temps (trois à cinq ans renouvelables dans certains cas) et couvrent les frais de personnel (scientifique et technique), équipement et fonctionnement qui dépassent les possibilités de l'université en question. En particulier, le SERC considère que la durée d'engagement des chercheurs "post docs", recrutés aux termes des "research grants", ne doit pas dépasser trois ans, même si la subvention elle-même est de plus longue durée. Le salaire du responsable du projet ne peut être pris sur le montant des "grants".

- Les "studentships" permettent aux professeurs d'université de payer des "Post-graduates" ("thésards") dans la limite de certains quotas pour chaque département universitaire.

- Les "fellowships" constituent le salaire des jeunes chercheurs après la thèse ("post-doctoral" ou "advanced fellowships"). Dans des cas exceptionnels, des subventions ("senior fellowships") peuvent être accordées à des professeurs pour leur permettre de se consacrer à plein temps à la recherche pour une durée limitée à cinq ans, après laquelle ils retrouvent leur place dans l'université.

Il résulte de la volonté réitérée des Britanniques de vouloir une recherche effectuée par des enseignants que le nombre de chercheurs permanents à temps plein est relativement peu important. Ceux-ci sont localisés principalement dans les instituts propres des conseils et représentent, pour le SERC, un millier d'individus à comparer avec 20.000 chercheurs non permanents financés par le SERC (5.000 "grants" ou "fellowships" et 15.000 "thésards"). Par ailleurs, la communauté nationale des professeurs d'université est d'environ 21.000 personnes représentant l'équivalent de 7.000 chercheurs à temps plein.

Le déroulement des carrières des chercheurs dépend donc essentiellement de leur insertion. Dans l'enseignement supérieur, les postes sont permanents. En dehors de l'université, le chercheur est financé par l'Etat jusqu'aux environs de 30 ans. Au-delà, il a la possibilité - réduite dans le cas du SERC - de se faire engager par un Conseil ou de se tourner personnellement vers les contrats industriels.

Retombées économiques de la recherche. Il existe une volonté croissante, au sein du gouvernement, de favoriser la science "utile". Cette tendance est semblable à celle des autres pays industrialisés et procède

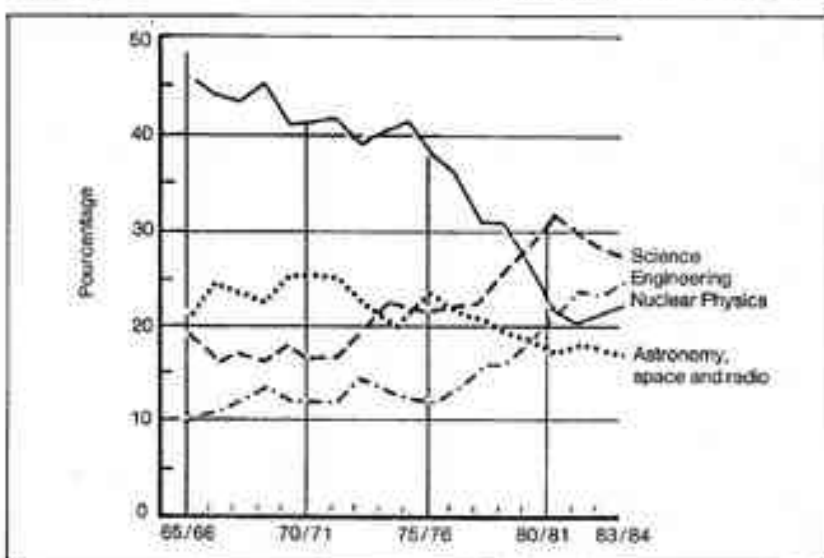


Fig. 3. Evolution des budgets relatifs des différentes commissions ("boards") du SERC.

des mêmes facteurs économiques. L'investissement relatif (fig. 5) des différents "boards" au sein du SERC dans les dernières années, où l'on remarque la croissance importante des sciences de l'ingénieur aux dépens de la physique nucléaire, en est une image. Même si la recherche en sciences de l'ingénieur n'est pas nécessairement "appliquée", elle concerne plus les secteurs dont on attend une remontée économique à court terme. Une autre manifestation de cette volonté est la création de programmes bilatéraux (les "Directorates" au sein des conseils, tels que les "Directorates" de biotechnologie, d'informatique ou de technologie marine au SERC ou, à un niveau interministériel, le programme Alvey en sciences de l'information).

En outre, le SERC a mis en place une panoplie de schémas de financement pour assurer la valorisation de la recherche. Ces différents schémas permettent la mobilité des hommes à tous les niveaux de compétence et dans les deux sens, ainsi que des programmes de recherche en commun avec des industriels.

La rentabilisation de la recherche trouve encore une nouvelle expression lorsque l'université de Cambridge crée le premier "Science Park". L'idée était de profiter de la compétence académique notoire existant sur le campus pour faire éclore une industrie légère fortement axée sur le développement technique et s'appuyant sur la proximité du campus. C'est ainsi que C. Sinclair, brillant informaticien de Cambridge, crée une société et prend la place que l'on sait sur le marché de la microinformatique.

L'évolution actuelle

Les problèmes économiques auxquels font face les autres pays européens n'épargnent pas la Grande-Bretagne et provoquent, en particulier dans le domaine de la recherche, un état de tension évident. Bien que l'évolution du budget R et D ait suivi parallèlement celui du produit national brut (le gouvernement parle de "level funding"), le coût croissant des équipements modernes, les nouvelles priorités et un dirigisme accru affectent en même temps universités et conseils de recherche par des à-coups dus au redéploiement interne. L'UGC a vu son rôle d'arbitre non politisé se modifier lorsqu'il lui a fallu tenir compte successivement de réductions de budgets importantes, puis, en réaction, d'une politique compensatoire — schéma "new blood" (créant des postes pour jeunes professeurs) et crédits de jouvence pour lesquels il a fallu évaluer la qualité des universités en termes plus précis pour justifier des choix difficiles (en 1984, l'UGC a réparti 4 millions de livres entre neuf groupes seulement). Les universités, cet été, ont été priées de préparer pour l'UGC une auto-évaluation de leurs priorités d'enseignement et de recherche — brèche nouvelle dans leur indépendance.

Cette situation augmente la pression analogique que ressent le SERC. Devant la difficulté, les universités ont tendance à réduire la part de la recherche, et les équipes se tournent vers le SERC pour un appui supplémentaire. Le SERC s'inquiète de voir que plus de la moitié des projets qualifiés d'excellents (classés "ALPHA" selon la ter-

minologie) ne peuvent pas être financés et s'interroge sur ses propres priorités. Il voudrait voir, paradoxalement, l'ouverture de ses grands équipements vers la scène européenne, et remet en cause la participation de la Grande-Bretagne aux projets européens (cf. le rapport Kendrew qui dénonce le coût trop élevé de la physique des particules en Grande-Bretagne et conseille des

Programme international de coopération scientifique (PICS)

Un PICS dans sa forme la plus aboutie, est un programme de coopération internationale impliquant deux formations de deux pays sur un thème de recherche précis, ayant fait l'objet d'un programme de travail budgétaire et coordonné.

Un PICS doit être initié par deux laboratoires (un français et un étranger) qui ont déjà travaillé et publié en commun. Chacun d'eux doit faire évaluer et approuver le projet commun par son propre organisme.

En 1986, la Direction des relations et de la coopération internationales se propose de lancer dans les différentes disciplines une quinzaine de nouveaux PICS à la suite des premiers dossiers négociés en 1985 à titre expérimental.

Pourquoi un bureau CNRS à Londres?

Après les bureaux de Bonn et Washington, le bureau CNRS de Londres prend un nouveau départ. Sa première mission est d'évaluer le potentiel scientifique britannique, ses points forts et ses faiblesses, dans les domaines concernant le CNRS. Au-delà de la coopération spontanée entre laboratoires, la Direction des relations et de la coopération internationale (DRCI) veut, en effet, promouvoir des Programmes internationaux de coopération scientifique (PICS) sur des thèmes où des résultats importants sont espérés et obtenus plus rapidement et à moindre coût à l'aide d'une coopération internationale.

Il est évident que le besoin d'avoir des programmes intégrés en Europe est pressant. Les pays européens ont réagi différemment à la crise qu'ils traversent depuis 1973. Tous ont un niveau de compétence scientifique de premier plan mais ont une recherche ralentie soit par le manque de chercheurs, soit par le manque de matériel. Il n'est donc plus question que les pays d'Europe agissent en concurrence et dupliquant des recherches coûteuses mais à leur fin mettre en commun les moyens complémentaires qu'ils possèdent : idées, chercheurs et équipement. Nous devons participer à ces coopérations avec la communauté scientifique britannique qui comprend des personnalités exceptionnelles dont doivent bénéficier les laboratoires européens. Il s'agit donc de définir les PICS avec la Grande-Bretagne, de

sembler aux autres PICS bilatéraux d'Europe, notamment ceux que le bureau de Bonn a déjà lancés à la source la base des réseaux européens proposés par notre ministre de la Recherche et de la Technologie.

Face au basculement des centres de gravité de l'activité économique et industrielle de l'Atlantique vers le Pacifique, les pays d'Europe ont conscience qu'ils traversent une période cruciale et qu'ils doivent s'adapter pour ne pas perdre leurs positions. Une de leurs chances est que l'Europe se fasse dans tous les domaines et en priorité, dans les domaines culturels, universitaires et scientifiques qui sont en amont du domaine économique ou la construction de l'Europe se fait lentement. C'est le sens de l'EUREKA et des programmes de Bruxelles BRUTE, ESPRIT... Il faut que, dans cinq ans, on ne fasse plus de la recherche morcelée en Europe comme aujourd'hui car la recherche qui était hier de taille européenne (Centre européen de recherche nucléaire - CERN) devient de taille mondiale et celle qui était de taille nationale (rayonnement synchrotron) devient de taille européenne. Cette réalité est reconnue au niveau politique par les gouvernements européens, il reste à la mettre en pratique dans la communauté scientifique et c'est la tâche des organismes tels que le CNRS et la raison pour laquelle il restructure son bureau de Londres.

Jacques Dorde

mesures pouvant aller jusqu'au retrait des Britanniques du CERN).

Des choix doivent être faits, reposant sur des critères plus explicites et mesurables que la simple intuition des personnalités bien informées. Ces critères sont en cours d'étude. Il appartiendra au nouveau président du SERC, le professeur E.J.W. Mitchell, qui a pris ses fonctions en septembre, de les utiliser pour piloter le Conseil à travers les écueils de cette passe difficile vers l'eau libre.

BIBLIOGRAPHIE

- Rapports annuels de l'ABRC au Secrétaire d'Etat pour l'éducation et la science.
- "Science Opportunities and the Science Budget 1983 et 1984" (publiés en mars-avril 1984).
- "Further Advice on the Science Budget 1984" (janvier 1985).
- The Support given by Research Councils for in-house and University Research (ABRC, juillet 1983).
- Annual Review of Government funded R et D - 1984 (Cabinet Office).
- Rapports annuels des Conseils de Recherche.
- A Report of a group set up by the ABRC and SERC to review the UK participation in the study of High Energy Particle Physics (comité présidé par Sir John Kendrew), juin 1985 (IDES).

L'annuaire en français des différents rapports britanniques concernant la politique scientifique est effectué régulièrement par le Service Scientifique de l'Ambassade de France à Londres, 42 Brumpton Road, London, NW3 1BW.

Point de vue sur...

Histoire de la langue française 1880-1914.

Sous la direction de *Gérard Antoine et Robert Martin*, 642 p., 350 F.

■ "Les bleuilles aurales" imaginées par Rimbaud, "la tradition républicaine" selon Jaurès, "le bouillon de culture" défini par Pateur sont autant de trouvailles datant de la belle et riche époque que fut pour la langue française la période 1880-1914. Nos grands-parents ont vécu, de près ou de loin, l'évolution des pouvoirs, des savoirs, des techniques, celle aussi des comportements et des croyances. Les mots, les termes nés alors sont les fruits de l'imagination créatrice des écrivains comme des illustrés.

Le livre récemment publié sous la direction de Gérard Antoine et de Robert Martin propose à l'amateur et au spécialiste de découvrir une "nouvelle histoire" de notre langue. Trente-quatre grammairiens et linguistes ont collaboré à cet ouvrage qui fait suite à la monumentale *Histoire de la langue française* de Ferdinand Brunot.

Du panorama de Jean-Marie Mayeur, plusieurs dates et chiffres sont à retenir. Grâce aux lois sur l'enseignement de Jules Ferry (1879, 1881, 1882, 1886), et aux lois sur le service militaire de 1889 et 1913, l'alphabetisation se généralise. Les parlers régionaux reculent. En 1906, les conscripts illettrés ne représentent plus que 5,1 % du contingent. Mais on compte seulement 10 000 bacheliers par an à la veille de la Grande Guerre, pour 39 605 000 habitants, dont 1 159 385 immigrés. Le nombre des lettres en circulation est multiplié par quatre de 1873 à 1913. Soixante-dix quotidiens parisiens tournent à 4 937 000 exemplaires, avec 1,4 million pour le seul *Petit Parisien*. Le brassage des personnes et des idées, est particulièrement important. La langue reflète les mouvements de la société, mais elle reste relativement stable.

Des tendances se dégagent des "faits de langue" étudiés dans les domaines-témoins regroupés sous quatre thèmes : évolution et diffusion du français, variétés en usage à l'intérieur et au-delà des frontières nationales, aspects de la langue littéraire, description du français, avec les débuts de la sémantique et de l'histoire systématique de la langue.

Un exemple : le vocabulaire du pouvoir qui, par l'écrit et l'art oratoire, se diversifie à mesure que la III^e République établit la démocratie. Les "partis", les "comités", les "cercles" se multiplient. Les suffixes en "isme" fleurissent : nationaliste, capitaliste, socialiste, collectiviste... Des terminaisons populaires, voire argotiques, survivent : *prolo* et *proprio*, *dreyfusard* et *antidreyfusard*, *cheminot*, *parigot*, *filé*. D'autres sont oubliées : *députaillon* ou *gradaille*, *insulte* *antimilitariste*. Les chapitres sur la langue poétique et sur le roman, mettent en lumière un problème de fond. La révolution des symbolistes

bouleverser les formes et les images. Mallarmé, Apollinaire rêvent de façonner une langue nouvelle. Valéry et Claudel sont convaincus que la vraie poésie requiert une spécificité de langue. Mais leurs "illuminations" échappent au commun des mortels. De même pour les romanciers : on a choisi ici de privilégier un "romancier 1900 anonyme", synthèse de sept auteurs, décrivant le monde dans des pages doucereuses. André Gide, Romain Rolland, d'autres grands écrivains, sont absents. On peut le déplorer. L'histoire de la langue n'est pas celle de la littérature. C'est l'une des leçons de cette lecture.

Rappelons-nous Alain : *Aucun homme de génie n'a jamais pu créer ou simplement modifier profondément un langage réel.*

Monique Mounier-Kuhn

La France de la fin du XV^e siècle. Renouveau et apogée.

Sous la direction de *Bernard Chevalier et Philippe Contamine*, 352 p., ill., 300 F.

■ Sous-titré "Economie, pouvoirs, arts, culture et conscience nationales" cet ouvrage collectif publie les actes d'un colloque international du CNRS, tenu au Centre d'études supérieures de la Renaissance de Tours, en octobre 1983. Il a pour ambition de faire un inventaire scientifique de la France peu après la mort de Louis XI, une époque relativement mal connue et mal jugée, tenue généralement pour un moment de transition assez confus entre fin du Moyen Age et début de la Renaissance, tant est fort le poids des périodisations habituelles. Les organisateurs de l'ouvrage ont choisi de montrer que ce moment a été au contraire fécond et important en plaçant sous le double signe du renouveau et de l'apogée les vingt-trois articles, d'auteurs français et étrangers, qui constituent le livre.

Après un état des questions de Philippe Contamine, leur choix a été de concentrer l'analyse sur les quelques points les mieux connus : le renouveau démographique et économique, le pouvoir et les pouvoirs, le renouveau de l'art français, la culture et les consciences nationales.

La diversité des régions et l'apparition d'un espace économique largement créé par l'essor de l'Etat national, la faiblesse d'une ouverture sur l'extérieur, qui hésite entre expansion et défensive, l'inertie technique et la vitalité démographique, la mainmise sur l'Etat monarchique par un petit groupe dirigeant de conseillers aristocrates, le consensus pour reconnaître au roi un pouvoir fort sont quelques-uns des thèmes forts des deux premières parties, qui montrent forces, faiblesses et contradictions d'un système économique et politique en mutation.

Dans le domaine artistique et culturel apparaissent des contradictions du même type : les influences artistiques flamandes sont fortes, mais une architecture seigneuriale vigoureuse et originale se développe ;

la diversité et le morcellement du territoire n'empêchent pas l'apparition d'une culture française, d'un ensemble cohérent de mythes, de modèles et de références, centrée sur un passé glorieux et la personne des rois, qui aidera à forger l'unité nationale.

Parcourue par les mouvements de fond du renversement de la tendance démographique et économique séculaire, de la difficile constitution des Etats souverains et de l'éveil des cultures nationales, la France est pourtant en cette fin de siècle, et c'est le mérite du livre de le montrer, à la fois à un point culminant et prête à un nouveau départ.

Hervé Théri

La carte du tragique. La géographie dans la tragédie grecque.

A. Bernard, 468 p., ill., 280 F.

■ André Bernard se propose à la fois de nous offrir une invitation au voyage et une incitation à lire ou à relire les tragédies grecques. Chronologiquement échelonnées sur à peine un siècle, les tragédies de Sophocle, Euripide et Eschyle sont solidement ancrées dans le sol grec, sol des cités, mais aussi sol des légendes et de la mythologie. Le livre est organisé comme une sorte de traité de géographie qui s'ouvrirait seulement *in fine* vers des considérations plus générales sur le sentiment des Grecs à l'égard des Barbares, c'est-à-dire ceux qui ne parlaient pas grec, sur la mer et sur le déracinement, sort tragique par excellence qui est celui du banni, exclu du territoire de sa propre cité (de fait, l'un des thèmes centraux à la fois du livre et des tragédies). Le pari d'André Bernard est incontestablement tenu : toutefois, le lecteur reste un peu sur sa faim. Si la géographie tient une telle place dans la tragédie, si le dramaturge se sent obligé de décrire et de nommer avec précision les composantes de l'espace tragique, c'est que cette géographie est porteuse de sens pour le public de ces tragédies, et ce sens n'est pas propre à la tragédie : il vient d'ailleurs, de la mythologie et, lié à celle-ci, de ce que l'on pourrait appeler l'idéologie civique. Or, cette structure n'apparaît que par allusion dans le livre, trop constamment descriptif et analytique : de ce fait, le pourquoi de cette débauche de précisions géographiques nous échappe ; nous savons tout sur une partie d'un système : le fonctionnement d'ensemble du système n'est pas là. Mais après tout, peut-on vraiment reprocher à André Bernard de nous donner envie d'en savoir plus ?

Jean-Philippe Genet

Ces ouvrages sont disponibles chez votre libraire habituel ou à la librairie du CNRS, 295, rue Saint-Jacques - 75006 Paris - Tél. (1) 43.26.56.11.

Fichier issu d'une page EMAN : <http://eman-archives.org/ComiteHistoireCNRS/items/show/156?context=pdf>