

Le courrier du CNRS 47

Auteur(s) : CNRS

Les folios

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

52 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 47, 1982-09

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

Consulté le 03/02/2026 sur la plate-forme EMAN :

<https://eman-archives.org/ComiteHistoireCNRS/items/show/142>

Copier

Présentation

Date(s)1982-09

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 pages52

Notice créée par [Valérie Burgos](#) Notice créée le 05/10/2023 Dernière modification le 06/12/2024

LE COURRIER DU CNRS

47

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



Réflexion sur les moyens informatiques, outils de recherche.
Les relations scientifiques du CNRS
avec les pays en développement.

Bimestriel — Septembre 1982 — 15 F

CNRS

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
15, quai Anatole France - 75700 Paris - Tél. : 555.92.25.

Directeur de publication : Vladimir Mercouhoff
Secrétaire de rédaction : Martine Chabrier-Elkik
La vie des laboratoires : Véronique Brossollet
Entretiens : Monique Mounier

Comité de rédaction : Martine Barrère, Georges Chevallier, Robert Clarke, Michel Crozon, Bernard Dormy, Elisabeth Gordon, Gilbert Grynberg, James Hiéblot, Gérard Lilamand, Jacqueline Mirabel, Jean-Claude Porée, Jean-Claude Ribes, Janine Rondest, Jean Tavitzki.

Abonnement et vente au numéro, le numéro 15 F.

Abonnement annuel : 55 F - 60 F pour l'étranger (voir bulletin p. 27-30).

Tout changement d'adresse doit être signalé au secrétariat de rédaction.

Revue bimestrielle comportant 5 numéros par an qui paraîtront ainsi pour l'année 1982 : n° 44 - mars, n° 45 - mai, n° 46 - juillet, n° 47 - septembre, n° 48 - novembre.

Nous remercions les auteurs et les organismes qui ont participé à la rédaction de ce numéro.

Les intitulés et les chapeaux introductifs ont été rédigés par le secrétariat de rédaction.

Les textes et illustrations peuvent être reproduits sous réserve de l'autorisation du directeur de la publication -

Direction artistique : Prest'Agence, 75 rue de Villiers, 92200 Neuilly-sur-Seine.

Réalisation ALLPRINT, 8 rue Antoine Chantié, 75014 Paris.

C.P.A.D. 303 - ISBN 2-222-03157-5 - ISSN 0153-985 X. © Centre national de la recherche scientifique.

Page 1 de couverture :

Etude sur la peau artificielle réalisée au Laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes de l'Institut : asservissement de serrage et contrôle du glissement dans la préhension d'objets.

Page 4 de couverture :

Lionne inconnu (Dordogne). Nef, Chevaux 22 à 25. Le cheval 25, seulement grisé, est peu visible sous l'éclairage de ce cliché.

CNRS
Délégation du Siège
1, avenue Tony-Bégin
Dépôt de la bibliothèque
1, avenue de la Terrasse
93 007 Villejuif
Tél : 01 69 82 39 17

Le point	4	La robotique : vers une nouvelle révolution industrielle	Philippe Coiffet
A la recherche	9	Clusters et catalyse	Robert Mutin, Jean-Marie Bassel
La coopération internationale	15	Préparation des expériences pour le LEP	Paul Falk Vairant
A la découverte	18	Les annélides	Jacques Simon
A propos	22	L'analyse anthracologique, une méthode d'études des flores préhistoriques	Jean-Louis Vernet
Au-delà des frontières	32	Les relations scientifiques du CNRS avec les pays en développement	Gilbert Gallo
Dossier	38	Le programme interdisciplinaire de recherches sur les bases scientifiques des médicaments (PIRMED)	Le groupe de direction du PIRMED
Réflexion sur	43	Les moyens informatiques, outils de recherche	Jacques Boulesteix, Michel Combaroum, Janine Connes ; Jacques D'Olter, Paul Falk Vairant, Georges Monsonego, Jean-Claude Ribes, Yves-André Rocher, Gérard Roucariol, Philippe Salzedo
Bibliographie	47	Les Éditions du CNRS	

La robotique : vers une nouvelle révolution industrielle

Introduisant une conception nouvelle du travail, le robot de deuxième génération puis plus tard celui de troisième génération va provoquer un phénomène social, économique et politique quasi irréversible.

Philippe COIFFET

Un processus est qualifié de « révolutionnaire » – quel que soit le domaine dans lequel il se manifeste – lorsqu'on lui associe trois propriétés fondamentales. Il provoque une modification profonde de l'état des choses, entre la période précédant et suivant la révolution ; ce changement s'effectue avec une grande rapidité (d'où les termes de cassure, fracture, secousse, choc, ... souvent employés à ce propos) ; enfin, ce changement ne parvient pas à s'établir avec la même vitesse dans tous les domaines concernés, ce qui est source de conflit.

□ Philippe Coiffet, maître de recherche au Laboratoire d'automatique de Montpellier, est délégué à la coordination du programme ARA (Automatisation et robotique avancée).

Il serait aisé de montrer que la robotique et ses conséquences vérifient cette définition et donc qu'il s'agit d'un phénomène important. Ceci restera en toile de fond de cet article qui veut simplement informer le lecteur de ce qu'est ce domaine, de ce qu'on y cherche, des problèmes qui restent en suspens.

Robotique et robot

Les corps économiques et politiques pressentent sans pouvoir le cerner le formidable impact que va avoir la robotique. Aussi, le mot est-il très à la mode et apparaît-il désormais quasi-quotidiennement, dans les médias – et on peut même dire « à toutes les sauces », bien souvent synonymes de mécanisation et d'automatisation ou même d'informatique ou d'électronique...

En réalité, la robotique consiste à donner à un processus, un procédé, une fabrication... (un système pour le chercheur), un comportement autonome et correct sous deux classes de contraintes :

- on doit pouvoir modifier l'objectif du système dans certaines limites (par exemple, si on fabrique des chaussures, le même système doit pouvoir « sortir » des bottes ou des chaussures de ville ou différentes pointures, sur simple demande de l'opérateur) ;
- le système doit pouvoir faire face seul à des modifications limitées mais variées de son environnement (par exemple, s'alimenter en pièces dans un tas où celles-ci sont en vrac ou bien faire face à une panne d'un élément, etc.).



1 – Robot hydraulique dans une application de première génération : la saisie des pièces et le chargement de la machine outil se font dans des conditions de répétabilité géométrique absolue.



2 – Travail de cardage exécuté par un robot de deuxième génération. En effet, le robot contrôle en permanence la force d'appui de la fraise sur la chaussure, cette force variant largement suivant l'endroit où l'on cardé. Elle doit même être négative pour ne pas accrocher la couture ce que l'on voit très bien sur la photo.

On voit donc que la robotique correspond à une automatisation qu'on peut qualifier d'« avancée » car elle doit éliminer quasi-complètement la présence de l'homme ; elle pose des problèmes nouveaux par rapport à l'automatique classique, problèmes que l'on ne sait pas encore tous résoudre, (mais on en sait assez pour modifier dès aujourd'hui en profondeur les processus économiques).

Pour progresser vers l'objectif de la robotique, il va falloir élaborer des machines différentes des machines classiques : des machines versatiles (pouvant faire des tâches variées) et autoadaptatives (vis-à-vis de leur environnement). Ce sont les robots.

Ces deux propriétés peuvent se rencontrer avec plus ou moins de puissance sur ces nouvelles machines conduisant à des robots aux performances très différentes. Poussées à l'extrême « vers le haut », on rencontre le robot de science-fiction cher à Asimov (robot toujours utopique) ; poussées à l'extrême « vers le bas », on tombe sur la machine automatique classique ou programmable qu'on n'appelle plus robot.

Les frontières séparant les robots sur le plan de leur degré d'évolution sont obligatoirement floues et elles ont donné lieu à des discussions entre experts (ce qui a entre autre comme conséquence que tout chiffre concernant le nombre de robots présents dans un pays est systématiquement contesté). Aujourd'hui, on a généralement pris

l'habitude d'appeler robot une machine ayant la forme d'un système mécanique articulé et que l'on attribue à l'une des trois grandes générations suivantes :

Première génération : robot sans interaction avec son environnement. Il fonctionne en mode « automate programmable ». Ceci signifie qu'on lui apprend à faire certains mouvements, certaines tâches et qu'il les reproduit « fidèlement » sans pouvoir s'apercevoir que les conditions extérieures se sont modifiées et qu'en faisant ces mouvements appris, il ne remplit plus la tâche qu'on lui a confiée. On peut dire que la quasi-totalité des robots industriels actuellement opérationnels sont de première génération, mais cela risque de changer très vite.

Deuxième génération : le robot est partiellement conscient de son environnement grâce à certains sens artificiels : sens des efforts, sens tactile, vision, etc., mais ces sens sont encore très limités et on ne peut résoudre que quelques classes de problèmes qui sont toutefois les plus importants, côté applications. Ce type de robot voit le jour actuellement et il apporte un progrès considérable sur le robot de première génération dans la mesure où il peut remplacer l'homme dans des postes réputés inautomatisables (à cause de la prédominance du caractère adaptatif de l'homme dans l'exécution correcte de la tâche à réaliser). C'est ce robot qui peut créer une véritable révolution industrielle, tant son impact risque d'être puissant.

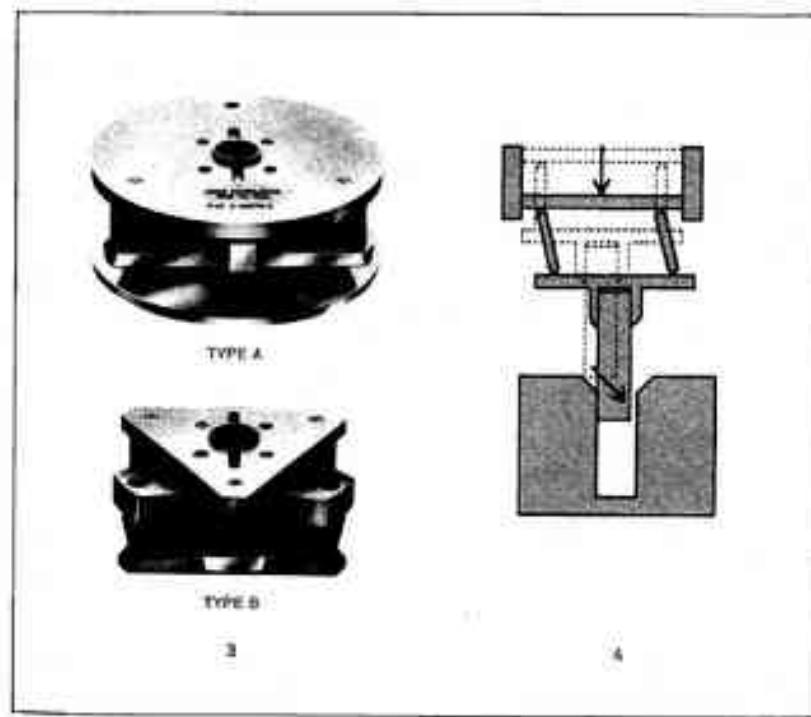
Troisième génération : elle se prépare dans les laboratoires car le robot impliqué doit être doté de toutes les ressources que peut lui donner l'exploitation des techniques de l'intelligence artificielle : on doit pouvoir lui parler dans un langage proche du langage naturel ; il doit comprendre son environnement même s'il est complexe... et en tirer autant d'informations qu'en tire un homme... C'est le domaine d'élécion de la recherche. Sans doute, au fur et à mesure des progrès réalisés, cette troisième génération se subdivisera-t-elle en d'autres générations.

Les grands domaines d'application des robots

On peut diviser grossièrement les domaines d'application des robots en trois champs – production, exploration, assistance individuelle – qui posent des problèmes complémentaires.

Le domaine de la production : la crise économique, les chocs pétroliers, le coût de la main-d'œuvre etc., associés aux possibilités opérationnelles des technologies sont autant de pressions qui poussent l'industrie à se robotiser. On utilise le robot soit de manière isolée (c'est-à-dire temporellement indépendante du reste de la fabrication) pour peindre, souder, polir, charmer etc., soit en association avec d'autres robots et d'autres machines. On parle alors de cellule flexible si on n'associe que quelques machines, d'atelier flexible, d'unité flexible ou d'usine flexible si robots et machines sont en plus grand nombre. Nous avons déjà fait allusion aux intérêts de la flexibilité : reconfiguration rapide du système pour passer d'un produit à un autre, adaptation automatique à la demande, dépannage partiellement automatique... De telles unités flexibles existent déjà, même en France (par exemple l'atelier de Bouthéon de la régie Renault).

Le domaine de l'exploration : la robotique devient nécessaire dès qu'il s'agit d'oeuvrer dans une zone interdite ou inaccessible à l'homme (usine nucléaire, espace, fonds sous-marin en particulier).



Exemples de systèmes compliant s'adaptant sur les poignets de certains robots et permettant des insertions telles que celle montrée sur la photo 4, malgré un mauvais centrage initial.

L'idéal serait d'utiliser des robots autonomes. Mais, compte tenu de la variété des tâches à réaliser et des éléments inconnus de l'environnement, il faudrait disposer de robots de troisième génération. Aussi le robot autonome a-t-il des missions très simplistes et une tâche unique à remplir (par exemple, ramasser un caillou sur Mars, ce qui est déjà compliqué). C'est pourquoi, actuellement on préfère travailler en téléopération. L'homme reste en permanence aux commandes du robot. C'est l'homme qui connaît la tâche et les conditions de l'environnement (grâce par exemple à des caméras) et qui guide le robot.

Le domaine de l'assistance individuelle : l'intérêt de la robotique s'y manifeste essentiellement, vis-à-vis des grands handicapés moteurs : tétraplégiques (paralysie des quatre membres) ; amputation bilatérale... C'est le domaine des prothèses, orthèses et téléthèses pour lesquelles la robotique apporte des solutions viables quoiqu'encore très imparfaites. Ce champs d'application est un des plus difficiles à maîtriser car le robot devient un prolongement de l'homme. Les problèmes d'interfaces techniques homme-machine sont en effet très délicats ; en outre il faut prendre en compte la personnalité, la psychologie de l'homme auquel on doit adapter le robot (et non l'inverse).

Quelques originalités de la recherche en robotique

Ces originalités se manifestent sous de nombreux aspects parmi lesquels nous retiendrons les suivants :

La pluridisciplinarité : contrairement à ce que pourrait faire penser sa définition, le robot n'est pas une machine universelle qu'on peut introduire dans n'importe quel contexte ; ainsi, pour concevoir un robot de soudure en continu, il y a lieu de bien connaître la soudure, ce qui implique la présence d'un spécialiste en la matière. De façon interactive, vont aussi intervenir (si on veut un bon résultat), le mécanicien, l'automaticien, l'informaticien et peut-être d'autres chercheurs. La difficulté vient du fait que la connaissance d'un seul homme ne peut couvrir exhaustivement le champ de toutes ces disciplines. En conséquence, le roboticien sera plutôt un homme possédant un savoir assez global dans toutes ces disciplines mais qui aura une vertu d'architecte, d'interfaceur, d'intégrateur... Ces hommes manquent encore largement aujourd'hui.

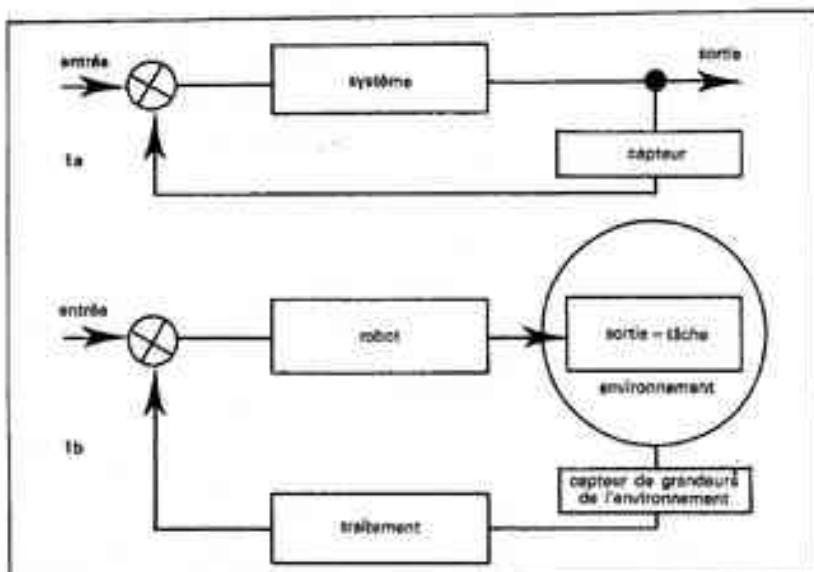


Figure 1 – Une différence essentielle entre la régulation « classique » (I-a) et la commande de robot (I-b). Dans le deuxième cas, on a des difficultés à définir les sorties à réguler.

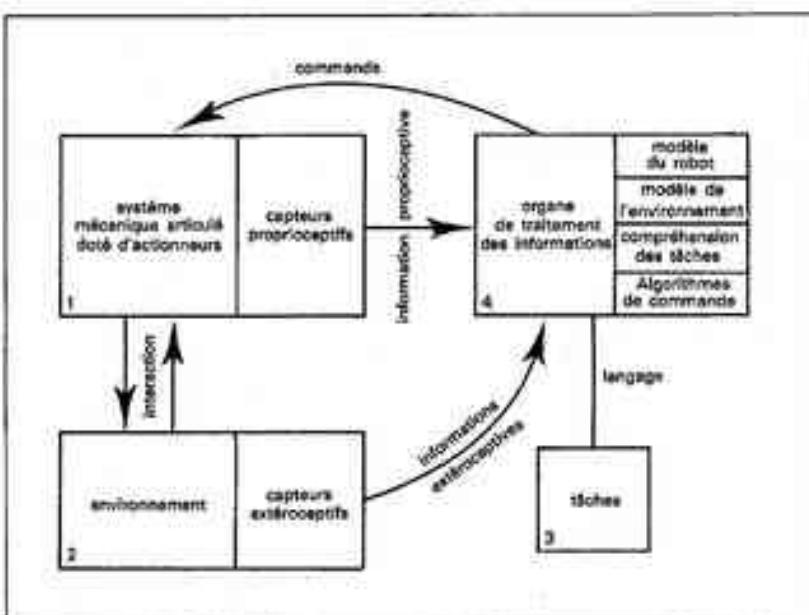


Figure 2 – Les quatre entités à prendre en compte dans la commande d'un robot et leurs relations.

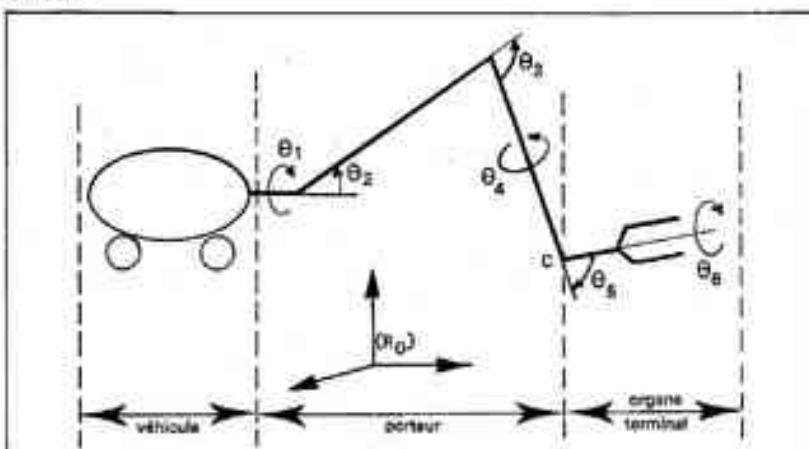


Figure 3 – Structure classique d'un robot à six degrés de liberté (de rotation) plus les degrés de liberté propres au véhicule.

La variété des applications : un spécialiste de la téléopération sous-marine se trouve devant des problèmes de base bien différents de celui qui se consacre à la robotique médicale, même s'il y a un recouvrement au niveau de la théorie.

Une classe de problèmes nouveaux : l'automatique classique fait appel au concept général de régulation. Ceci suppose qu'on connaisse les sorties à réguler et qu'on soit capable de les observer (c'est-à-dire de les mesurer). Pour un robot, la sortie du système, est la tâche qu'il s'agit d'exécuter correctement. Il faudrait donc, pour appliquer les principes de l'automatique, savoir traduire la tâche en sorties du système et avoir des capteurs de tâche. Or, la tâche est une entité mal définie sous cette forme parce qu'il existe une infinité de façons de l'accomplir. D'autre part, il n'existe pas de « capteurs de tâche » ; on est donc obligé de contourner le problème : sachant que la tâche s'effectue dans un environnement, on observe l'évolution de celui-ci et on remonte à la tâche de manière algorithmique. Mais on ne sait pas toujours quel facteur observer dans l'environnement qui soit pertinent ou caractéristique de la tâche ; et inversement, ayant déterminé certains paramètres pertinents de la tâche, on n'est pas toujours capable de les observer avec efficacité. Commander un robot pose donc aux principes mêmes de l'automatique des problèmes nouveaux (voir fig. 1).

Comment fonctionne un robot ?

Pour comprendre le fonctionnement d'un robot, référons-nous à la figure 2 qui comporte quatre entités :

- ce qu'on appelle usuellement robot n'est que la partie commandée ayant la forme d'un système mécanique articulé, doté d'actionneurs (qui peuvent être électriques, hydrauliques ou pneumatiques, chaque technologie ayant ses avantages et ses défauts et étant adaptée à un champ d'applications). Pour commander ce robot, il faut à chaque instant connaître son état (au sens de l'automatique) c'est-à-dire, schématiquement, la valeur de ses variables articulaires. On le dote donc de capteurs remplissant cette fonction qu'on appelle proprioceptifs par analogie avec les sens de l'homme ;

- l'environnement qui est l'espace physique dans lequel agit le robot (espace atteignable). On observe l'état de l'environnement à l'aide de capteurs dits extéroceptifs. Le système mécanique articulé interagit avec l'environnement.

En effet, si le robot heurte une table, celle-ci s'oppose au mouvement : il y a bien action du robot et réaction de la table. La maîtrise de tous les types d'interaction constitue un problème majeur de la commande des robots ;

- les tâches : ce sont les modifications désirées de l'environnement. On les décrit ou on les apprend au robot, grâce à un langage qui peut être gestuel, écrit ou oral ;
- l'organe de traitement de l'information, c'est-à-dire le calculateur ou le cerveau du robot. Il a la charge d'élaborer à chaque instant, la commande du système mécanique articulé ayant en ses mémoires un modèle du robot, un modèle de l'environnement, ayant compris la tâche à réaliser et possédant des algorithmes de commande.

On a déjà vu que les robots industriels opérationnels sont moins compliqués ; on peut supprimer l'entité « environnement » (ce qui élimine les problèmes d'interaction et d'information extéroceptive).

Modèles et commandes des robots

Le calculateur commande le robot à partir d'une description mathématique de celui-ci présente en mémoire ; cette description constitue le modèle. Il en existe une certaine variété en fonction de ce que l'on veut faire et aussi de ce que l'on sait faire.

Le modèle le plus simple est le modèle géométrique qui indique à quel endroit et comment est orienté l'organe terminal du robot. Celui-ci est en effet la partie qui va faire le travail, donc celle qui nous intéresse plus particulièrement (voir fig. 3). En simplifiant, on peut dire que le robot physique se décompose en trois grandes parties : le véhicule qui amène le robot à l'endroit où il doit agir ; le porteur à trois degrés de liberté (en rotation ou en translation) qui amène l'organe terminal dans une position précise ; l'organe terminal qui est ou porte un outil et qui peut s'orienter de manière convenable. Le repère R_o est un repère fixe de l'espace réel, vis-à-vis duquel on veut connaître les évolutions de l'organe terminal.

Si $X(R_o)$ représente un vecteur ayant pour composantes la position et l'orientation de l'organe terminal dans le repère R_o , et θ le vecteur ayant pour composantes les variables articulaires, on peut écrire :

$$X(R_o) = F(\theta) \quad (1)$$

C'est le modèle géométrique. Pour faire la commande géométrique, il faut, con-

naissant X , trouver θ , c'est-à-dire inverser l'équation (1) :

$$\theta = F^{-1}(X(R_o)) \quad (2)$$

Ceci n'est pas toujours possible car F est un ensemble de fonctions non-linéaires. Quand l'inversion est possible, on dit que le robot est résolvable.

Pour contourner cette difficulté, on peut faire appel au modèle variationnel ou cinématique en dérivant (1) :

$$\begin{aligned} \Delta X(R_o) &= [\partial F / \partial \theta] \Delta \theta \\ &= [J(\theta)] \Delta \theta \end{aligned} \quad (3)$$

J est la matrice jacobienne de F . On pourra alors inverser la relation (3) pour trouver la commande cinématique :

$$\Delta \theta = [J(\theta)]^{-1} \Delta X \quad (4)$$

J n'est pas toujours une matrice carrée. De plus, quand elle est carrée, son déterminant peut être nul pour certaines valeurs de θ . On dit que le robot est dans une configuration singulière. Il existe de nombreuses méthodes pour faire face à ce problème.

Le modèle dynamique essaie d'être plus proche de la réalité en tenant compte des masses et inerties. Il s'exprime sous la forme d'équations différentielles du second ordre, non-linéaires et couplées, de la forme :

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^6 [a(i,j) \cdot \ddot{\theta}_j + b(i,j) \cdot \dot{\theta}_j] \\ + \sum_{k=j+1}^6 c(i,j,k) \cdot \dot{\theta}_j \dot{\theta}_k] = Q_i + \Gamma_i \end{aligned}$$

Les coefficients a , b , c , dépendent des θ_j . On reconnaît dans le membre de gauche les termes dus aux forces d'inertie (en $\ddot{\theta}_j$), aux forces centrifuges (en $\dot{\theta}_j \dot{\theta}_k$), aux forces de Coriolis

(en $\dot{\theta}_i \dot{\theta}_j$), tandis que le membre de droite comporte les couples dus à la pesanteur (Q_i) et aux moteurs (Γ_i). Dès qu'on veut tenir compte des élasticités présentes dans le robot et/ou des frottements secs et visqueux, le modèle s'amplifie dans des proportions considérables.

La commande dynamique consiste à trouver Γ_i qui fournit les $\dot{\theta}_i$ imposés. Malgré les efforts des chercheurs, on a de grandes difficultés à faire de la commande dynamique essentiellement parce qu'elle implique trop de calculs en ligne et que les ordinateurs sont trop lents. Seules les commandes géométriques et cinématiques sont réellement utilisées au niveau industriel.

Pour comprendre le problème posé au robot quant à la maîtrise de cette interaction, référons-nous au comportement humain. Pour accomplir une tâche, par exemple scier une planche, nous avons non seulement besoin de la puissance mécanique nécessaire au travail, mais nous devons coordonner et adapter nos mouvements. Ceci se fait essentiellement en fonction de ce que nous voyons et de ce que nous ressentons. Les sens extéroceptifs sont donc une nécessité pour accompagner une tâche en mode adaptatif, c'est-à-dire dont tous les paramètres ne sont pas fixés à l'avance.

Pour le robot, les principaux sens extéroceptifs généraux sont créés à partir de capteurs qui mesurent sur l'environnement des grandeurs importantes pour la tâche, tels que capteurs de contact délivrant une information de position ou une information de force ; capteurs tactiles (association matricielle de capteurs de contact destinés à reconnaître la géométrie de l'environnement) ; capteurs proximitiques ; capteurs de vision (caméras vidéo ou CCD...).

Les capteurs précédents sont dits « généraux » parce qu'on pense qu'ils peuvent permettre de résoudre presque tous les problèmes posés ; mais ceci n'est évidemment pas vrai pour toutes les applications (par exemple, si l'on veut détecter la présence d'un corps radioactif...). D'autre part, ils fournissent des informations complémentaires mais aussi redondantes. Comment faire le tri ? En utilisant tout l'arsenal des techniques reliées à l'intelligence artificielle, le chercheur essaie de répondre aux deux questions de base : pour exécuter la tâche, de quelles informations sur l'environnement ai-je besoin ? (cela dépend de l'information a priori et de la stratégie d'exécution retenue) ; les capteurs présents sur le robot peuvent-ils fournir ces informations ? (là encore la réponse dépend des capteurs, de l'information a priori, de la stratégie et de la confiance ou la précision avec laquelle le capteur donne l'information).

Dans les deux paragraphes précédents, nous avons survolé quelques-uns des problèmes posés par la maîtrise du seul robot autonome. Si cette maîtrise conduit à une machine disponible performante, un progrès est fait, mais nous sommes encore loin d'avoir couvert tout le domaine des travaux à faire en robotique : insertion des robots dans des groupes de machines, téléopération, robot médical, robot d'intervention ne sont pas que des applications du robot dont nous venons de parler mais posent en eux-mêmes des questions de fond. Aussi, la recherche en robotique est-elle multi-forme.

Elle a démarré en France vers 1973-1974 avec l'ATP du CNRS « Systèmes complexes », une action de la DGRST et un premier projet national : le projet Spartacus (1975-1980) de l'Institut de recherche en informatique et en automatique (IRIA) qui a eu pour objet la réalisation d'une téléchaise pour tétraplégique (le MATI).

En 1980, le CNRS et la DGRST ont pris le relais avec un projet plus ambitieux, à vocation de recherche et de transfert vers les secteurs aval, mais aussi de formation de roboticiens : le projet ARA (Automatisation et robotique avancée). Il regroupe environ cent cinquante chercheurs de quarante équipes répartis en quatre pôles : robotique générale, qui vise la maîtrise de la manipulation et de l'assemblage complexe par robots ; téléopération avancée qui essaie de progresser vers la transparence des systèmes de téléopération (l'opérateur doit avoir l'impression de travailler sous ses yeux avec ses propres mains) ; mécanique et technologie pour la robotique qui s'attache à tous les problèmes posés par la mécanique des robots (structure, déformations, frottements, actionneurs, capteurs etc...) ; atelier flexible qui cherche à piloter et à gérer au mieux ces ateliers aux centaines de paramètres.

Au niveau industriel, on connaît l'effort poursuivi par la régie Renault depuis 1974. Dans ces années 1980, il existe une cinquantaine d'industries fabriquant des équipements relevant

plus ou moins de la robotique, si on en croit l'Annuaire de la robotique en France pour 1982 (mais aucun robot de deuxième génération n'est en vente...).

Sur le plan international, Japon et Etats-Unis se détachent grâce à leur départ ancien et aux investissements consentis. En effet, la caractéristique la plus importante de la robotique, est qu'on ne peut se cantonner dans la seule théorie. Elle met en jeu des phénomènes complexes d'une part, et qui dépendent de la technologie disponible d'autre part, si bien que les modèles « papiers » sont toujours très approximatifs et mis régulièrement en défaut par l'expérience. Et ce n'est que sur le « terrain » qu'on sait comment modifier ces modèles. En conséquence, pas de recherche en robotique possible sans robots et autres équipements disponibles. La France reste dans le peloton des pays européens fournissant un effort dans ce domaine (Suède, République fédérale d'Allemagne, Grande-Bretagne, Italie essentiellement).

Un article aussi bref se doit de renoncer aux nuances. Que le lecteur retienne deux idées très simples aux conséquences importantes : la robotique est une discipline originale, complexe, pluridisciplinaire où l'on avance très vite ; l'introduction du robot de deuxième génération qui se fait en ce moment même, est un phénomène révolutionnaire moins par les connaissances nouvelles maîtrisées à son propos (quoiqu'importantes) que par ses conséquences économiques, donc sociales, donc politiques. Sans faire appel aux méthodes de Nostradamus, on peut s'attendre à l'extinction des postes d'ouvriers spécialisés à une échéance bien plus courte qu'on ne le croit généralement. Si cela se confirme, chacun peut mesurer la portée pratique d'un des aspects de la robotique.

Clusters et catalyse

Les clusters moléculaires, petits agrégats de 3 à 38 atomes métalliques, forment une classe originale de molécules à l'architecture et aux propriétés fascinantes.

Situés à la frontière de l'état moléculaire et de l'état métallique, ils peuvent s'apparenter à un édifice métallique réduit à son expression ultime : celle de quelques atomes métalliques.

Robert MUTIN et Jean-Marie BASSET

Les efforts de recherche dans le domaine de la catalyse (voir encadré) sont très importants, l'apport de cette science dans l'industrie chimique étant considérable. Les produits chimiques de grande consommation sont, actuellement, le résultat d'une réaction catalytique à un ou plusieurs stades de leur élaboration : les carburants (craquage, reformage) ; les détergents ; les caoutchoucs et les matières plastiques et fibres synthétiques. Même la production agricole est redevable à la catalyse, par le biais de la synthèse catalytique des engrangements azotés. N'est-il pas d'ailleurs significatif que la notion de catalyseur soit passée dans le langage courant pour désigner, par exemple, une personne physique ou morale provoquant, par son action ou son exemple, une importante transformation économique, politique ou sociale dont elle n'est pas le moteur.

Si la catalyse hétérogène, qui s'est développée dès les débuts de l'industrie chimique, demeure très importante du point de vue du tonnage mis en jeu, un effort considérable a été réalisé à l'échelle mondiale, depuis la dernière guerre, pour développer des catalyseurs solubles qui opèrent en phase homogène. Les catalyseurs utilisés sont alors des complexes des métaux de transition (cobalt, rhodium, nickel...).

Le grand attrait de ce type de catalyse, qui porte le nom de « catalyse de coordination », est son vaste domaine d'application, allant de la synthèse de grands intermédiaires de la chimie jusqu'aux produits élaborés et à haute va-

□ Robert Mutin est ingénieur de recherche à l'Institut de recherches sur la catalyse.
□ Jean-Marie Basset est maître de recherche à l'Institut de recherches sur la catalyse de Villeurbanne.

LA CATALYSE

On appelle catalyse, le phénomène qui traduit l'augmentation de la vitesse des réactions chimiques, par suite de l'effet de substances appelées catalyseurs qui ne paraissent pas participer à ces réactions. En première approximation, le catalyseur, utilisé en faible quantité par rapport aux réactifs, reste identique à lui-même, avant, pendant et après la réaction.

Un catalyseur peut agir à l'état moléculaire en solution dans le système à transformer ou constituer une phase distincte (catalyseur solide, réactif liquide ou gazeux). Dans le premier cas, la catalyse se produit dans tout le volume occupé par le système et on l'appelle catalyse homogène. Dans le deuxième cas, la catalyse se produit à la surface de contact entre catalyseur et réactifs : c'est la catalyse hétérogène.

• Les catalyseurs hétérogènes

Ce sont généralement des solides comportant un métal (ou plusieurs) ou des oxydes métalliques déposés sur un support. Fréquemment, un promoteur est en outre incorporé au mélange.

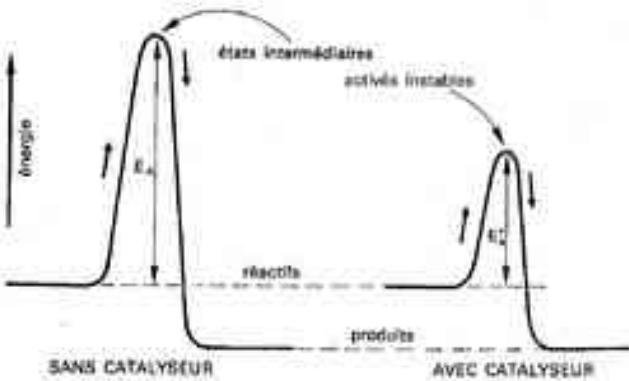
Exemples, - métal : fer, platine, nickel... - support : alumine, silice, zéolithe... - promoteur : potassium...

• Les catalyseurs homogènes

Ce sont des molécules de composés comme les acides et les bases (catalyse acido-basique) ou des complexes des métaux dits de transition (catalyse de coordination).

Comment agit
un catalyseur ?

Exemples : - H_2SO_4 , NaOH ...
- $\text{Fe}(\text{CO})_5$, $\text{Co}_2(\text{CO})_8$...



La transformation chimique des réactifs en produits implique une série de ruptures et de formations de liaisons chimiques entre les atomes, selon un mécanisme donné. La présence d'un catalyseur dans le milieu va modifier le mécanisme de rupture et de formation de ces liaisons chimiques et va opérer une transformation beaucoup plus rapide nécessitant moins d'énergie.

Le catalyseur donne avec les réactifs un « état intermédiaire activé instable » dont la formation demande moins d'énergie que celle de l'état intermédiaire sans catalyseur. Cet abaissement de la barrière d'énergie dite « énergie d'activation » E_A est à l'origine de l'accélération de la réaction. De l'état instable, le système évolue en fournissant les produits et en restituant le catalyseur pratiquement inaltéré.

leur ajoutée (par exemple : vitamines, phéromones qui permettent le contrôle du nombre et du comportement des insectes, etc.). En outre, cette catalyse se caractérise souvent par le degré élevé de sélectivité (1) atteint dans ces réactions. La synthèse industrielle de la L-DOPA (2), un des médicaments de la maladie de « Parkinson », en constitue un exemple récent. En outre, ces catalyseurs fonctionnent souvent dans des conditions réactionnelles de température et de pression plus douces : de ce fait, ils sont générateurs d'économie d'énergie (facteur dont il faudra de plus en plus tenir compte) même si leur prix, parfois élevé, peut constituer un frein à leur utilisation. A titre d'exemple, le procédé DIMERSOL mis au point par l'Institut français du pétrole, effectue la transformation (par dimérisation) du propylène en essence, à température modérée (40°C) avec un catalyseur à base de nickel.

Jusqu'à présent, les catalyseurs utilisés en catalyse de coordination ont été des complexes « mononucléaires » des métaux de transition, c'est-à-dire ne comportant qu'un seul atome métallique entouré de coordinats (3). Récemment, dans le domaine de la chimie de coordination, de nouvelles molécules, comportant plusieurs atomes métalliques, ont été synthétisées : ce sont les clusters moléculaires ou agrégats moléculaires, qui sont déjà utilisés au laboratoire comme catalyseurs.

Les clusters moléculaires

Dans ces édifices moléculaires, plusieurs atomes de métal, identiques ou différents, constituent le cœur de l'édifice et chaque atome de métal est directement lié à au moins deux autres voisins.

L'ensemble forme un assemblage géométrique bien défini. Ainsi, les atomes métalliques occupent les sommets de polyèdres très divers (triangles, tétraèdres, octaèdres, bipyramides trigonales, etc.). Les coordinats, quant à eux, peuvent se trouver à l'intérieur ou à l'extérieur de l'édifice métallique.

NOTES

- (1) La sélectivité d'une réaction chimique est mesurée par le pourcentage, dans l'ensemble des produits formés, du produit recherché.
- (2) L-DOPA (L - dihydroxy - 3,4, phénylethamine), produit par synthèse asymétrique, catalysée par un complexe de rhodium.
- (3) On appelle coordinats, les ions ou les molécules d'éléments non métalliques entourant l'atome métallique d'un complexe.

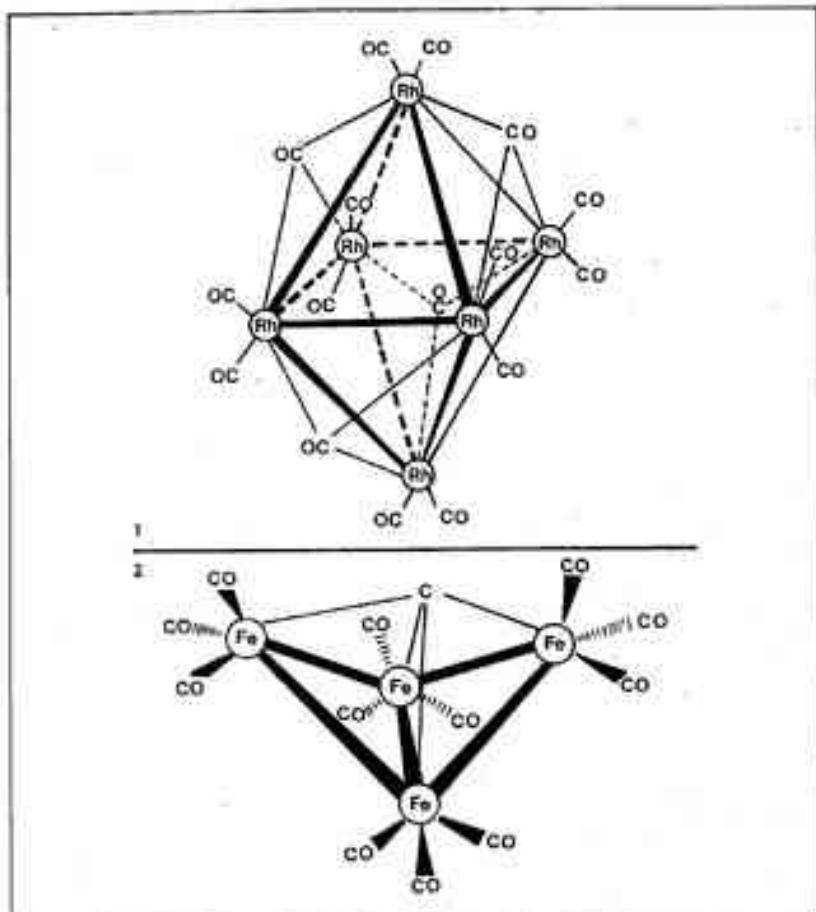


Figure 1 – Cluster de rhodium neutre $\text{Rh}_6(\text{CO})_{16}$.

Figure 2 – Cluster de fer chargé négativement $[\text{Fe}_4(\mu_4-\text{C})(\text{CO})_{12}]^{2-}$. Le symbole μ_4 indique que le carbone est lié aux quatre atomes de fer. Les groupements CO sont situés soit en avant du plan de la figure (↑) soit en arrière de ce plan (↓).

La plupart des clusters connus jusqu'ici sont des produits de synthèse et comprennent de 3 à 38 atomes de métal.

Signalons que plusieurs catégories de molécules biologiques présentent des espèces de type cluster (à base de fer ou de molybdène).

D'une façon générale, ils sont constitués :

- d'atomes métalliques : la plupart des éléments métalliques du tableau périodique. Parmi les plus utilisés, citons : le fer, le cobalt, le nickel, le ruthénium, le rhodium, l'osmium, l'iridium, le platine.
- d'atomes non métalliques qui, présents à l'intérieur ou à la périphérie de l'édifice métallique le stabilisent. Ce sont le carbone, le soufre, l'azote, le phosphore...
- de coordinats du type carbonyle (CO), alkyl ou arylphosphines ($\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$). Ils sont liés à l'édifice métallique et en assurent la cohésion.

Enfin, les clusters peuvent être neutres (fig. 1) ou chargés (anions ou cations) (fig. 2).

Les clusters moléculaires : frontière entre l'état moléculaire et l'état métallique

L'aspect le plus passionnant de l'étude des clusters moléculaires concerne le rôle frontalier qu'ils occupent dans le domaine des composés moléculaires et des composés métalliques. Leur taille les apparente aux composés moléculaires classiques mais la présence de plusieurs liaisons métal-métal dans la molécule, les apparente également à un édifice métallique réduit à son expression ultime : celle de quelques atomes métalliques. Cette situation frontière se retrouve au niveau de la catalyse par les clusters qui constituent un domaine frontalier entre la catalyse par les métaux (hétérogène) et la catalyse de coordination (homogène).

En effet, la catalyse hétérogène sur métaux qui implique des processus de formation ou de rupture de liaison chimiques (par exemple, la liaison carbone-carbone) nécessite une surface

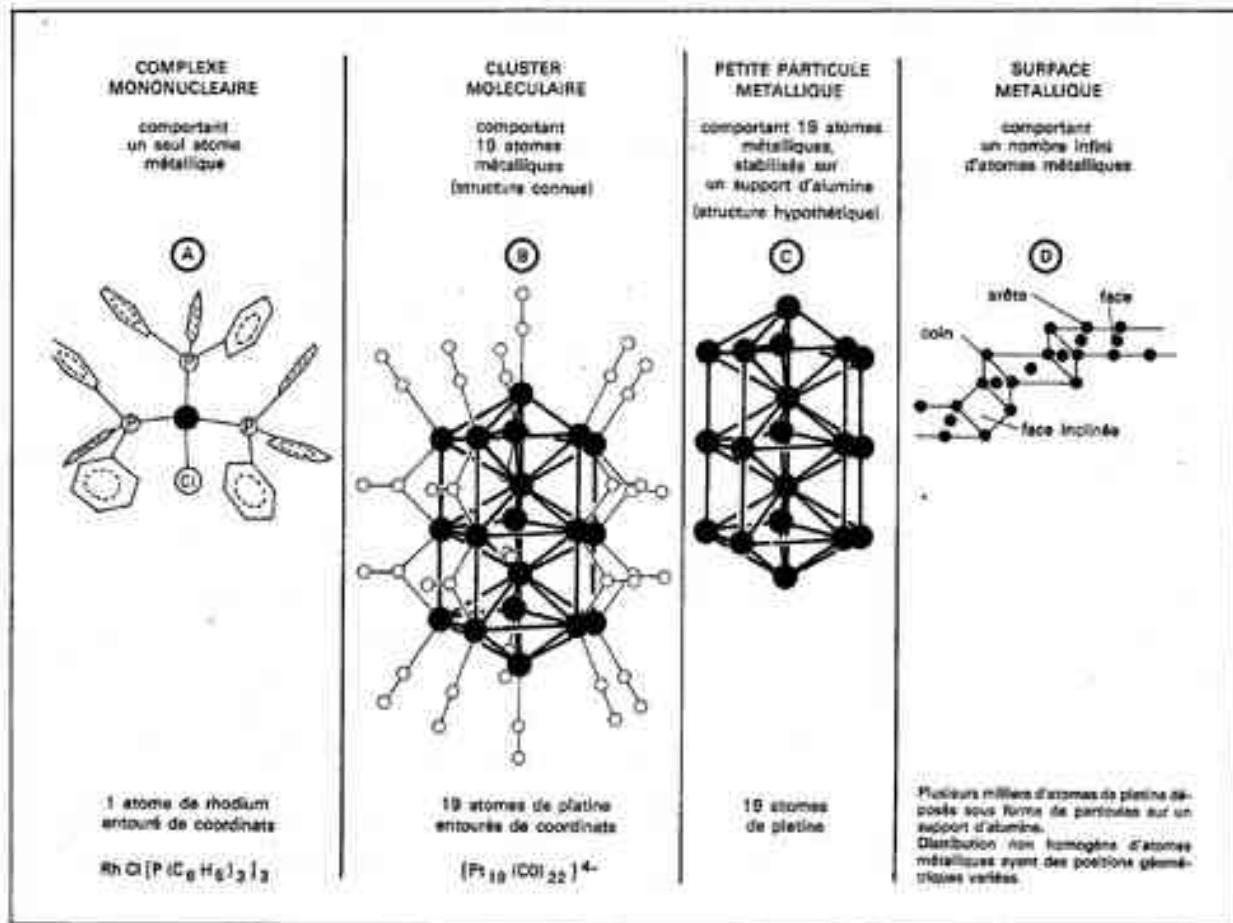


Figure 3 – Les clusters occupent un domaine frontière entre l'état moléculaire et l'état métallique.

métallique. Or, notre compréhension de cette science des surfaces au niveau moléculaire est encore imparfaite car les surfaces ne sont pas des ensembles simples d'atomes. Elles sont irrégulières et hétérogènes au niveau microscopique et même une surface métallique apparemment plane est irrégulière à une telle échelle (fig. 3D). Selon les conditions d'élaboration des catalyseurs métalliques, le nombre et la nature des faces, des arêtes et des coins vont varier de façon difficilement maîtrisable et vont donc conduire à des solides présentant des activités et des sélectivités différentes. C'est d'ailleurs ce manque de sélectivité qui peut constituer un des inconvénients de la catalyse hétérogène.

La catalyse de coordination, elle, qui implique également des processus de formation et (ou) de rupture de liaisons chimiques, fait appel, dans la plupart des cas, à un seul atome métallique entouré d'un ensemble de coordinats, généralement bien défini, appelé « sphère de coordination ». Il est alors théoriquement possible, avec ces com-

plexes « mono » nucléaires traditionnels de la catalyse de coordination (fig. 3A) de maîtriser l'activité et la sélectivité d'une réaction catalytique donnée, grâce au contrôle du nombre et de la nature des coordinats liés à l'atome central.

Le cluster moléculaire, de par cette position charnière, présente un intérêt en catalyse homogène et en catalyse hétérogène et, ceci à plusieurs titres. Son édifice métallique présente une géométrie très voisine de celle rencontrée dans certaines petites particules de la catalyse hétérogène (fig. 3C et 3B) et son environnement de coordinats permet, a priori, la maîtrise d'une activité et d'une sélectivité potentielles (fig. 3B) dans une réaction catalytique donnée. On espère que les clusters moléculaires pourront réaliser les réactions de la catalyse hétérogène sur métaux avec la sélectivité de la catalyse de coordination. L'objectif est ambitieux car la rigidité de l'édifice métallique d'un cluster est faible et sa géométrie va se modifier selon le nombre d'électrons apportés par les coordinats et selon leur nature.

- La présence de plusieurs métaux différents dans un même cluster dit « mixte » offre la possibilité d'un effet coopératif en réactivité : on peut ainsi envisager que deux métaux différents soient successivement responsables de deux étapes élémentaires conduisant à la réaction chimique globale envisagée.
- La bonne connaissance du mode de liaison existant entre les coordinats et l'édifice métallique (par exemple les coordinats carbonyles, hydrures) ont fait progresser de façon spectaculaire, les concepts relatifs aux différents types de liaison chimique existant entre une molécule et une surface en catalyse hétérogène.
- L'étude de la réactivité des coordinats liés à l'édifice métallique peut être une source d'information très utile sur les mécanismes qui régissent, en catalyse hétérogène sur métaux, les modes de formation ou de rupture de liaisons chimiques.
- La réactivité des clusters moléculaires avec des surfaces d'oxydes, comme la silice, l'alumine, conduit à de nouveaux complexes liés à la surface. Ces espèces, bien définies, ne pou-

vant pas être obtenues par d'autres méthodes, résultent soit de la formation de liaisons cluster-surface, soit de la fragmentation de l'édifice métallique du cluster avec formation d'un complexe mononucléaire de surface. Elles présentent une activité et une sélectivité particulières en catalyse qui commencent à être étudiées. Ce domaine pourrait être à l'origine d'une nouvelle génération de catalyseurs hétérogènes.

Les différents aspects d'une catalyse par cluster

Les clusters moléculaires en catalyse homogène. A partir du gaz de synthèse : (oxyde de carbone + hydrogène, voir encadré), on réalise au laboratoire avec des clusters de rhodium et de ruthénium, la synthèse d'hydrocarbures

et d'alcools, notamment de l'éthylène glycol ($\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$), utilisé comme liquide antigel dans les moteurs et comme produit de base des fibres de polyester. Le mécanisme de cette réaction effectuée dans des conditions encore très sévères n'est pas élucidé. Dans le cas du rhodium, il a été établi qu'un équilibre entre une forme cluster $[\text{Rh}_4(\text{CO})_{15}]^-$ et une forme mononucléaire $[\text{Rh}(\text{CO})_4]^-$ devait être associé à l'activité de ce système. Le même phénomène a été observé dans le cas du ruthénium avec le couple $[\text{HRu}_3(\text{CO})_{11}]^- / \text{Ru}(\text{CO})_5\text{I}_3$. Afin de tenter de déplacer l'équilibre vers la forme cluster, on a rigidifié le cœur métallique par l'introduction d'hétéroatomes du type carbone, soufre ou phosphore. Effectivement, l'emploi de cluster de rhodium comme

$[\text{Rh}_6(\text{CO})_6\text{C}]^2$, $[\text{Rh}_6\text{P}(\text{CO})_5]^2$ et $[\text{Rh}_{17}\text{S}_{22}(\text{CO})_{32}]^2$ permet d'augmenter la durée de vie du système catalytique. Beaucoup d'autres synthèses catalytiques sont actuellement étudiées avec divers clusters.

Les clusters moléculaires en catalyse hétérogène. Dans ce type de catalyse, plusieurs cas peuvent se présenter selon que l'édifice moléculaire du cluster est conservé pendant tout l'acte catalytique, ou selon que le cluster est décomposé en petites particules métalliques.

- L'édifice « métallique » du cluster moléculaire est conservé au cours de l'acte catalytique. La réaction d'hydrogénéation de l'éthylène en éthane est catalysée par le cluster d'osmium $\text{Os}_3(\text{CO})_{12}$ supporté sur silice (fig. 4).

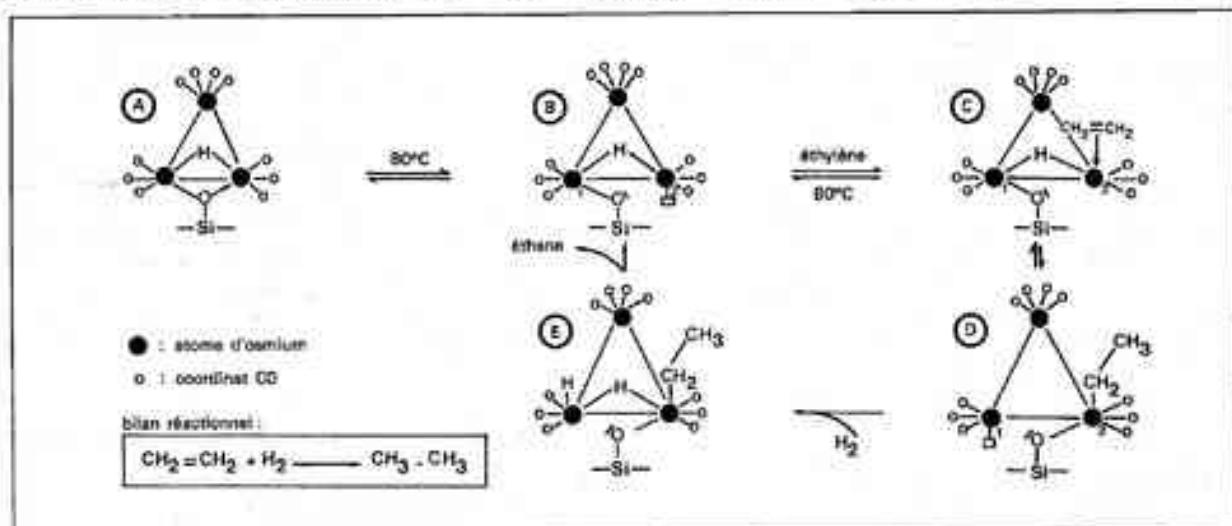


Figure 4 : Cycle catalytique d'hydrogénéation de l'éthylène par le cluster d'osmium $(\text{H})(\text{Os})_3(\text{CO})_{10}(\text{OSi} \equiv)$.

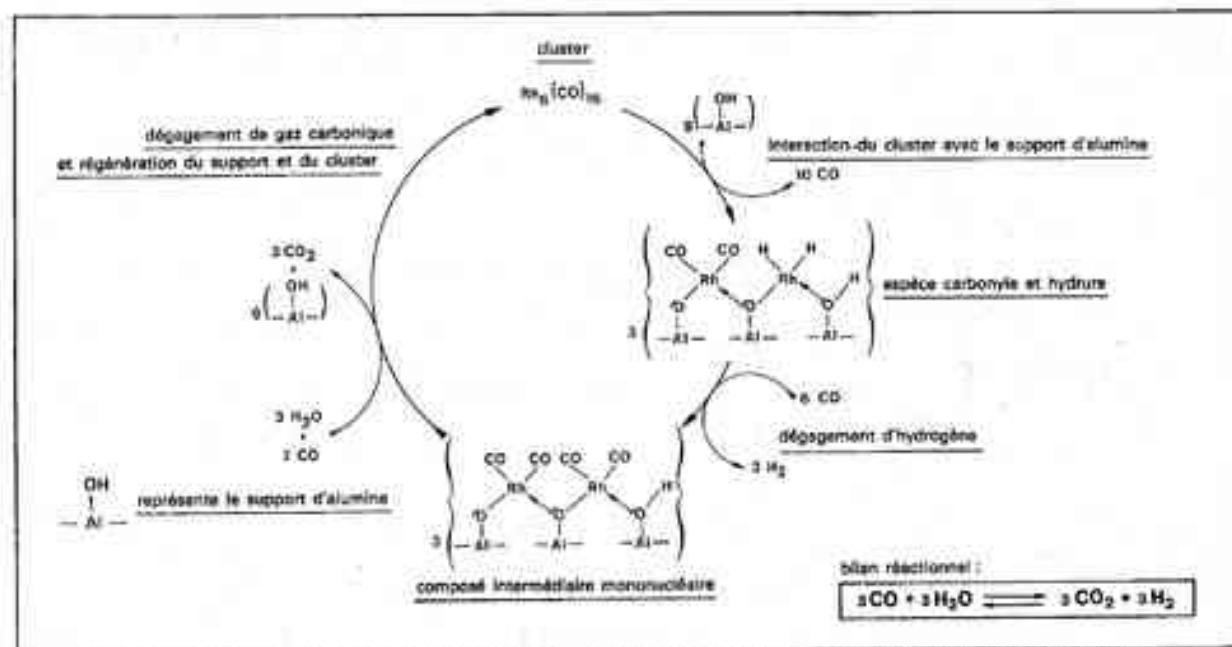


Figure 5 – Cycle catalytique de la réaction de déplacement de gaz à l'eau par le cluster de rhodium $\text{Rh}_6(\text{CO})_{16}$ supporté sur alumine.

Par traitement thermique à 150°C, on constate que le cluster d'osmium se greffe sur la silice en donnant le nouveau cluster $(\text{H})\text{Os}_3(\text{CO})_{10}(\text{OSi})$ (fig. 4A) qui constitue l'espèce catalytiquement active.

• Le cluster moléculaire est impliqué dans le cycle catalytique (fig. 5). Le cluster $\text{Rh}_6(\text{CO})_{16}$, lorsqu'il est supporté sur un support comme l'alumine, est un catalyseur de la réaction de « déplacement de gaz à l'eau » dès la température ambiante. Le mécanisme de cette réaction fait intervenir l'addition des groupes hydroxyles (OH) de l'alumine sur le cluster avec destruction de son édifice et formation d'une espèce carbonyle et hydrure du rhodium. L'action du monoxyde de carbone sur cette espèce conduit à un composé intermédiaire mononucléaire avec dégagement d'hydrogène. L'action de l'eau et du monoxyde de carbone sur ce dernier composé a pour effet de régénérer le cluster de départ et les groupes OH du support avec formation simultanée de gaz carbonique.

Dans cet exemple, l'espèce cluster intervient comme un des partenaires du cycle catalytique. Il semble bien que ce cas soit assez général et que des équilibres plus ou moins complexes entre forme cluster et forme mononucléaire, puissent exister dans des réactions catalytiques faisant intervenir le monoxyde de carbone.

• Le cluster moléculaire est décomposé en petites particules métalliques. La préparation de catalyseurs hétérogènes de type métal supporté peut être améliorée grâce à l'emploi de clusters. En effet, ces catalyseurs sont généralement préparés par imprégnation d'un support avec une solution de sel métallique, suivi d'un traitement thermique réducteur. L'emploi, comme composé de départ, d'un cluster de composition métallique bien définie, permet parfois d'obtenir des particules de métal, de taille et de dispersion mieux contrôlées que par les techniques conventionnelles d'imprégnation.

Ainsi, la décomposition thermique du cluster de fer $[\text{HFe}_4(\text{CO})_{12}]$ supporté sur alumine conduit à la formation de très petites particules de fer de 10 Å. Lorsqu'elles sont utilisées dans une réaction de type Fischer-Tropsch (voir encadré), ces particules supportées sur alumine sont sélectives en oléfines légères (matières premières importantes de l'industrie chimique). Ces catalyseurs ont une faible durée de vie car ces petites particules ont tendance à s'agglomérer au cours de la réaction.

FORMATION DU GAZ DE SYNTHÈSE $\text{CO} + \text{H}_2$

Devant la raréfaction et le renchérissement progressif du pétrole, on envisage d'obtenir certains grands produits chimiques de base (méthanol, éthylène, propylène,...), les carburants (essence, alcools lourds,...) et certains vecteurs d'énergie (méthane,...) à partir du charbon. Les procédés catalytiques réalisant ces transformations existent mais, ils conduisent souvent à des mélanges de produits dont la séparation est longue et onéreuse. L'emploi de nouveaux catalyseurs, plus sélectifs, conduirait à moindre frais, aux produits chimiques très actuellement du pétrole.

Une des voies de valorisation du charbon consiste en l'obtention de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H_2) synthétisés par action combinée de la vapeur d'eau et de l'oxygène sur le charbon à 900°C. Le gaz de synthèse obtenu ($\text{CO} + \text{H}_2$) est ensuite transformé, au contact de catalyseurs appropriés, en produits directement utilisables (ces transformations portent le nom de synthèse Fischer-Tropsch).

Les clusters moléculaires : modèles de compréhension des intermédiaires de la catalyse hétérogène

Dans la synthèse Fischer-Tropsch qui fait appel aux catalyseurs hétérogènes différentes espèces intermédiaires, formées au cours du processus de transformation de l'oxyde de carbone en hydrocarbures et produits oxygénés, sont actuellement envisagées et discutées. Certains clusters de fer constituent d'excellents modèles de ces différentes espèces (fig. 6).

Ainsi observe-t-on :

- La présence de CO fixé soit linéairement à un atome de fer, soit en « pont » entre deux atomes de fer, soit en « pont » entre trois atomes de fer, dans le cluster $[\text{Fe}_4(\text{CO})_{12}]$ (fig. 6A). Cette structure illustre trois types d'adsorption de CO sur une surface métallique de fer.
- La présence de CO quadruplement pontant, où l'atome d'oxygène d'un coordinat CO est lié à un atome de fer.
- La présence d'un coordinat CH, où le carbone est lié à quatre atomes de fer et l'hydrogène lié à un atome de fer dans le cluster $[\text{HFe}_4(\text{CH})(\text{CO})_{12}]$ (fig. 6D). Cet exemple illustre le mode de liaison possible d'un atome de carbone de surface partiellement hydrogéné.
- La présence d'un coordinat CH_2 portant dans le cluster $\text{Fe}_2(\text{CO})_8\text{CH}_2$ (fig. 6E). Ce cluster est un modèle de carbène de surface.
- La présence d'une liaison C-CO dans le cluster $[\text{HFe}_4(\text{CO})_2\text{CCO}_2\text{CH}_3]$ (fig. 6F) peut illustrer un mode de formation d'un hydrocarbure oxygéné à partir d'un carbure de surface.

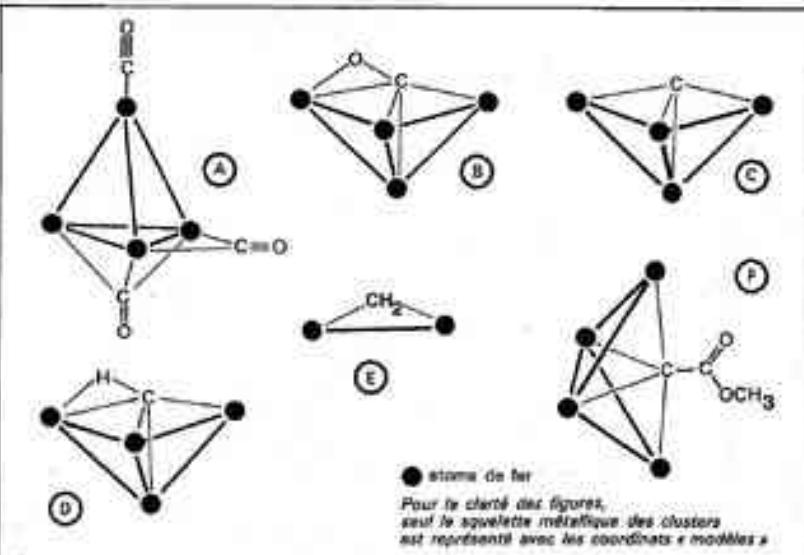


Figure 6 – Clusters de fer représentant certains états intermédiaires postulés au cours de la synthèse Fischer-Tropsch.

Interaction clusters-supports : ouverture sur une chimie organométallique de surface

La réactivité des clusters moléculaires avec la surface des oxydes divisés conduit à des composés de surfaces nouveaux qui peuvent présenter des activités ou des sélectivités particulières. Dans de nombreux cas, ces complexes de surface ne peuvent être obtenus par les voies d'accès traditionnelles de préparation des catalyseurs hétérogènes. Grâce à la réactivité spécifique de la liaison métal-métal et de la liaison métal-coordonnante des clusters, vis-à-vis des groupes fonctionnels présents à la surface des oxydes divisés, il est possible de préparer des complexes de surface « mononucléaires », « binucléaires », hétéropoly-nucléaires, bien définis et « ancrés » directement sur un support rigide qui joue le rôle de coordonnat solide.

Les études portant sur l'interaction du cluster d'osmium $\text{Os}_3(\text{CO})_{12}$ avec la silice fournissent un exemple de chimie organométallique de surface conduisant à des nouveaux catalyseurs hétérogènes (fig. 7). La réaction de $\text{Os}_3(\text{CO})_{12}$ avec la silice à 150°C conduit au complexe de surface (A) par addition d'un groupe OH du support

dans la liaison Os-Os. Le cluster (A) ainsi greffé conserve son édifice métallique. Comme nous l'avons vu précédemment, le cluster (A) est un catalyseur d'hydrogénéation des oléfines (fig. 4). Ce cluster greffé (A) se décompose à 200°C en fragments mononucléaires d'osmium qui résultent de l'addition de groupes OH dans la matrice cluster. Le nouveau complexe hydrocarbonyle (B) est un catalyseur de la réaction d'hydroformylation des oléfines. Ce composé (B) se décompose à plus haute température (environ 300°C) pour donner de petites particules d'environ 15 Å de diamètre, recouvertes de carbone et contenant environ deux cents atomes d'osmium. Ces petites particules d'osmium métallique constituent de bons catalyseurs de la réaction de transformation du monoxyde de carbone en méthane. On voit, par cet exemple, la variété et la complexité du comportement chimique d'un cluster à la surface d'un oxyde qui ouvre des perspectives nouvelles en catalyse hétérogène. En fait, si le cas de l'osmium est particulier de par la rareté de ce métal, l'extension de la chimie organométallique de surface au ruthénium, au fer et au cobalt va probablement conduire à préparer de nouveaux catalyseurs hétérogènes mieux définis et on peut espérer obtenir, par cette ap-

proche, la nouvelle génération de catalyseurs qui seront le fruit du recouvrement de deux disciplines en pleine expansion : la science de surface et la chimie de coordination.

L'emploi des clusters en catalyse est encore très récent. Son extension suppose une amélioration et une rationalisation des méthodes de synthèse qui devraient conduire, avec de meilleurs rendements, à des clusters de composition et de nucléarité données. En effet, les mécanismes qui régissent la composition et la structure d'un cluster ne sont pas encore maîtrisés.

La préparation des clusters moléculaires dits « mixtes » avec différents métaux présents doit aussi être développée. La présence de centres métalliques adjacents dans de tels clusters devrait offrir la possibilité d'effets coopératifs en réactivité. On peut ainsi envisager que les différents métaux présents soient successivement responsables des différentes étapes élémentaires de la réaction chimique globale effectuée.

Mais le développement de la catalyse par cluster ne dépend pas uniquement de la rationalisation de leurs méthodes de synthèse. En fait, il dépend également des études de réactivité chimique des clusters qui devraient permettre d'approfondir le comportement des coordinats et du cœur métallique, dans les processus stoechiométriques et catalytiques vis-à-vis des partenaires de la réaction. Ainsi, les travaux effectués dans ce domaine montrent clairement la fragilité de l'édifice métallique lorsqu'il est constitué d'un nombre d'atomes métalliques faible (inférieur à 10). Doit-on s'orienter alors vers la synthèse de clusters moléculaires de grande nucléarité (contenant beaucoup d'atomes de métal) ? Doit-on rigidifier un édifice cluster par des hétéroatomes ou des coordinats contraints ? Doit-on, au contraire, s'accommoder en catalyse d'une labilité de l'édifice métallique (ouverture et fermeture du cœur) qui va dépendre du nombre et de la nature des coordinats ?

En fait, toutes ces hypothèses restent à vérifier dans un domaine encore vierge, prometteur et typiquement pluridisciplinaire.

BIBLIOGRAPHIE

- Pour en savoir plus :
- Supplément au n° 41 du Courrier du CNRS : 1981, *Biogaz de la chimie*.
- Les amas métalliques. E.L. Marmur. *La Recherche*, n° 117, décembre 1980.

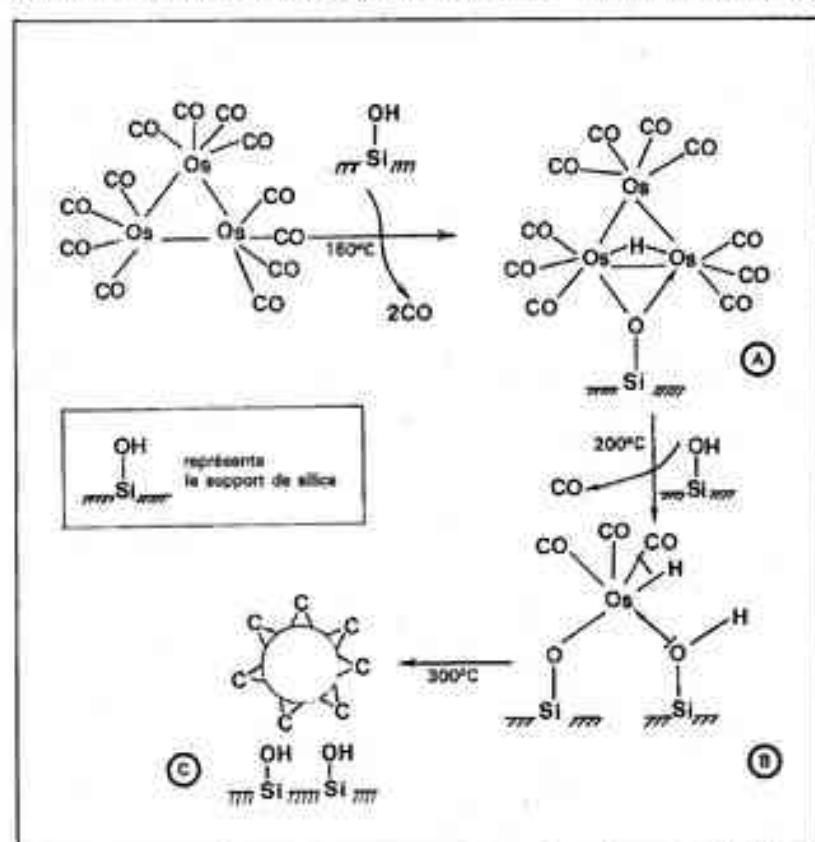


Figure 7 - Un exemple de chimie organométallique de surface : interactions à différentes températures du cluster d'osmium $\text{Os}_3(\text{CO})_{12}$ avec les groupes fonctionnels de la silice.

Préparation des expériences pour le LEP

La construction d'un grand anneau de stockage à électrons-positons permettra de réaliser des collisions à très haute énergie entre des faisceaux d'électrons et de positons d'intensité élevée et offrira ainsi aux chercheurs européens des conditions exceptionnelles pour l'étude des particules et des forces fondamentales de la nature.

Paul FALK VAIRANT

Le conseil du Centre européen pour la recherche nucléaire (CERN), dans une séance exceptionnelle, le 30 octobre 1981, a définitivement approuvé la construction d'un anneau de collision électron-positon ($e^- e^+$). Ce nouvel instrument est destiné à fournir aux physiciens européens, un important instrument de recherche pour les années 1990. Il vient compléter la gamme des accélérateurs de particules existant déjà dans ce centre : le synchrotron à protons de 28 GeV (PS) et le super-synchrotron à protons de 450 GeV (SPS) utilisé en outre, depuis quelques temps, en anneau de collisions proton-antiproton à 270 + 270 GeV (voir Courrier du CNRS n° 45 « Les collisions proton-antiproton », Bernard Aubert).

Pourquoi un anneau de collision $e^- e^+$

Le choix d'un instrument de recherche, qui demande six ou sept ans de construction et qui doit ensuite être utilisé un grand nombre d'années, est particulièrement délicat. Il s'agit, en s'appuyant sur l'état des connaissances actuelles, d'en inférer de façon plausible les besoins de la recherche dans les années à venir. Dans le cas du LEP (large électron-positron ring), le choix d'un anneau électrons-positrons d'énergie minimale de 100 GeV a été guidé par les progrès de ces dix dernières années, dans la connaissance des interactions fondamentales forte et faible ; en particulier, on peut citer :

– la mise en évidence indirecte des

quarks (1974-1979), interprétés comme les constituants élémentaires des particules d'interaction forte ;

– les expériences sur les neutrinos (courant faible neutre) (1973) et la découverte du lepton μ (1976).

On en est venu à penser que ce sont

les quarks et les leptons (électron, neutrino, muon), les constituants les plus « élémentaires » de la matière.

Ces découvertes ont conduit à l'élaboration de la chromodynamique quantique pour décrire l'interaction forte et de la théorie de l'interaction

LE CERN

L'Organisation européenne pour la recherche nucléaire, mieux connue sous le nom de CERN (abréviation de l'ex-Conseil européen pour la recherche nucléaire), a son siège à Genève, en Suisse. Son laboratoire est situé de part et d'autre de la frontière franco-suisse, au Nord-Ouest de la ville de Genève.

Le CERN est une organisation européenne constituée de douze Etats membres. Tous collaborent à un programme de recherche nucléaire défini par la Convention signée en 1953 et complétée ou amendée en 1967 et en 1971.

Les dépenses de l'organisation sont couvertes exclusivement par des contributions versées par les gouvernements des Etats membres : Allemagne fédérale, Autriche, Belgique, Danemark, France, Grèce, Italie, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède et Suisse. Trois autres Etats (la Pologne, la Turquie et la Yougoslavie) bénéficient du statut d'observateur.

La fonction essentielle du CERN est de mettre à la disposition des physiciens européens des installations de recherche en physique des particules qui ne sauraient être obtenues au moyen des seules ressources nationales de chaque pays. Le CERN est ainsi le principal centre européen de recherche fondamentale sur la composition de la matière.

Pour une grande part, les recherches sont effectuées au CERN par des groupes de scientifiques venus de leurs universités ou centres de recherche européens. Plus de 1 500 physiciens dépendent du CERN pour tout ou partie de leur matériel de recherche. Des attachés appartenant à plus de 600 universités et instituts des Etats membres ou non-membres ont participé au programme d'expériences du CERN.

Le personnel du CERN est en général recruté dans les Etats membres, mais des chercheurs d'autres pays peuvent être invités à travailler au CERN pendant des périodes limitées. De nombreux scientifiques des Etats-Unis travaillent au Laboratoire et un accord officiel régit la collaboration avec des laboratoires de l'URSS.

Les recherches sont menées à l'aide de quatre grandes machines. Trois d'entre elles sont des accélérateurs de particules : un synchro-cyclotron de 600 MeV* (SC), un synchrotron à protons de 28 GeV* (PS) et un supersynchrotron à protons de 400 GeV (SPS). La quatrième machine, les anneaux de stockage à intersections (ISR), est une installation qui permet de stocker et de faire entrer en collision deux faisceaux de particules de haute énergie, en provenance du PS où elles sont préalablement accélérées. Les expériences sont montées dans les régions de collision des ISR et dans les halls d'expériences qui reçoivent des faisceaux de haute énergie fournis par les accélérateurs. Depuis 1981, le SPS peut également être utilisé comme anneau de collision proton-antiproton.

Parallèlement à la recherche, les études et réalisations se poursuivent sans arrêt en vue de l'amélioration des accélérateurs, des systèmes de détection, du matériel informatique et des autres installations auxiliaires, en sorte que la gamme d'équipements rassemblés au CERN compte parmi les ensembles les plus perfectionnés existant actuellement pour la recherche en physique.

* Energie de particules exprimée en MeV (millions d'électron-volts) et en GeV (milliards d'électron-volts).

□ Paul Falk Vairant est directeur-adjoint scientifique à l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3).

électro-faible qui réunit les forces électromagnétique et faible.

Cette dernière théorie (Glashow, Salam, Weinberg) prédit, entre autres, l'existence de particules nouvelles appelées bosons intermédiaires W^\pm et Z^0 de masses respectives 80 et 90 GeV environ. L'énergie des particules dans LEP a été choisie de façon à permettre la formation du Z^0 dans la première étape et la création de paires W^+ et W^- dans la seconde étape.

En effet, si l'on tient compte la mise en évidence prochaine de l'existence des bosons intermédiaires dans les réactions antiproton-proton, en cours d'étude au CERN, l'étude détaillée de leurs modes de désintégration et des particules qui leur sont associées, ne pourra être faite que dans les collisions $e^- e^+$ qui permettent de les produire dans de meilleures conditions pour les raisons suivantes :

- un proton contient trois quarks, en plus de particules « liantes » appelées gluons. Le choc « élémentaire » quark-antiquark n'utilise donc qu'une partie de l'énergie du choc proton-antiproton. Au contraire, la collision entre un électron et un positron (très semblable à la collision quark, antiquark) peut utiliser toute l'énergie des deux particules considérées ;
- de plus, les autres quarks présents dans le proton et l'antiproton produisent des phénomènes annexes qui brouillent partiellement les phénomènes élémentaires tels que par exemple l'annihilation quark-antiquark ;
- enfin, un anneau électron-positron construit spécialement à cette fin, donnera lieu à un plus grand nombre de collisions que ne le permet le synchrotron à proton transformé en anneau de collision proton-antiproton.

Le projet LEP

Le projet, appelé LEP, est essentiellement constitué d'un anneau magnétique de 27 km de circonference, situé dans un tunnel à 50 m de profondeur moyenne, où les électrons et les positrons sont injectés en sens inverse, puis accélérés à l'aide de cavités accélératrices. Ils entrent en collision en huit points également répartis, autour desquels seront disposées les zones expérimentales contenant les détecteurs de particules. Les électrons et les positrons seront injectés dans le LEP par une série d'accélérateurs comprenant en particulier le synchrotron à protons et le supersynchrotron à protons, machines utilisées également à d'autres fins.

Le LEP sera construit en deux étapes. La première conduira à une énergie de collision de 100 GeV (50 + 50 GeV) soit 10^{11} électron-volts, la seconde, utilisant des cavités accélératrices supraconductrices, permettra de dépasser 200 GeV (100 + 100 GeV).

Seule la première étape a été acceptée par le Conseil qui a spécifié que le financement devra être pris dans le cadre du budget annuel constant de 644 MF suisses (1982). Ceci entraînera des réductions dans le programme expérimental actuel du CERN telles que, par exemple, la fermeture des ISR (Intersecting storage ring) fin 1983. Au démarrage de l'exploitation, quatre des huit zones d'interactions prévues seront disponibles pour l'expérimentation.

La préparation des expériences

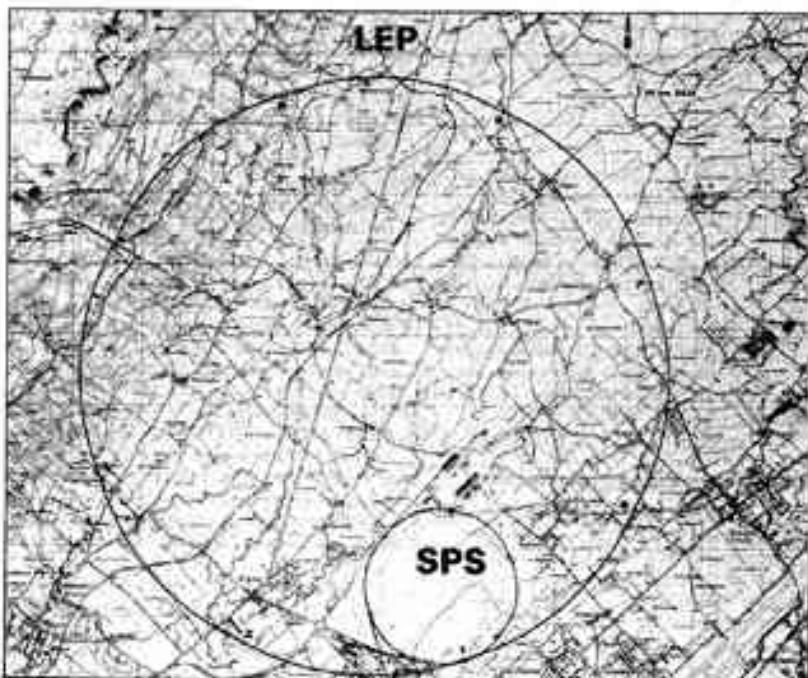
Pour étudier les réactions électron-positron, et mesurer les produits de désintégration des bosons Z^0 et W^+ et W^- , il faut utiliser, autour des points de collision $e^- e^+$: des détecteurs observant simultanément toutes les directions possibles (angles solides proches de 4π) et permettant de déterminer la direction, l'énergie et la nature des particules émises, neutres ou possédant une charge électrique.

Pour atteindre ces buts, les physiciens et ingénieurs perfectionnent des techniques extrêmement complexes telles que :

- solénoïdes supraconducteurs engendrant des champs magnétiques élevés (10 000 à 20 000 gauss) dans des volumes de plusieurs mètres cubes incurvant les trajectoires des particules chargées, pour permettre la mesure de leur énergie ;
- chambres à fils particulières permettant de déterminer la trajectoire des particules avec des précisions meilleures que 100μ , tout en mesurant l'ionisation qu'elles engendrent, laquelle est reliée à leur vitesse ;
- compteurs Cerenkov à gaz et à liquides divers, destinés à identifier certaines particules (π , K , μ) ;
- calorimètres électromagnétiques constitués d'empilements de feuilles de plomb alternées avec des éléments détecteurs (scintillateurs, chambres à argon liquide...) et destinés à détecter les photons et les électrons ;
- enfin, calorimètres hadroniques et détecteurs de leptons, qui contiennent plusieurs milliers de tonnes de matière.

Chacune des quatre zones d'expériences initialement prévues contiendra un dispositif expérimental comportant un arrangement de ces divers détecteurs.

Les informations générées par ces détecteurs sont amplifiées et collectées



L'emplacement de l'anneau souterrain du LEP est montré sur cette carte de la région où se trouve le Laboratoire du CERN, sur la frontière franco-suisse, près de Genève. L'optimisation des paramètres du LEP dans les premiers mois de 1981 a permis de ramener à 27 km la circonference de l'anneau sans affecter les performances de la machine. Cette réduction de la circonference diminue les risques de rencontrer les difficultés lors du creusement du tunnel sous la chaîne du Jura (à gauche). (Photo CERN)

par un grand nombre de canaux électroniques (jusqu'à 500 000). D'où la nécessité d'une électronique rapide, associée à des systèmes d'ordinateurs en ligne sur chaque expérience.

La collaboration internationale

On a déjà une certaine expérience de ces techniques : par exemple l'appareil CELLO, construit par une collaboration franco-allemande, fonctionnant auprès des anneaux électron-positron de 40 GeV à Hambourg (cf. figure) et le détecteur UA 1 auprès du collisionneur proton-antiproton du CERN, construit par une collaboration internationale de plus de cent physiciens.

De tels projets ne sont plus réalisables dans le cadre d'une seule université ou même d'un seul laboratoire national. C'est la raison pour laquelle les physiciens des particules ont mis au point, il y a 15 ans déjà, des collaborations internationales, formées et structurées par les chercheurs eux-mêmes pour se répartir les tâches selon leurs possibilités techniques et financières. Par ces accords, les chercheurs retrouvent une certaine liberté et une certaine autonomie dans la conception et la réalisation de projets dont les dimensions et le prix se comparent plus à des réalisations industrielles qu'à des expériences de laboratoire. Dans l'analyse

En France, les laboratoires de physique des particules sont rattachés soit à l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3), soit à l'Institut de recherche fondamentale (IRF) du Commissariat à l'énergie atomique. Ces laboratoires participent depuis déjà longtemps aux divers programmes expérimentaux du CERN et de DESY (Deutsches electron synchrotron) à Hambourg (République fédérale d'Allemagne). En particulier, ils ont contribué à la construction et l'exploitation de gros instruments tels UA 1, la chambre à bulles Gargamelle (CERN) et CELLO (Hambourg). Physiciens, ingénieurs, techniciens et administratifs de ces laboratoires sont ainsi bien rodés pour participer aux grandes collaborations internationales.

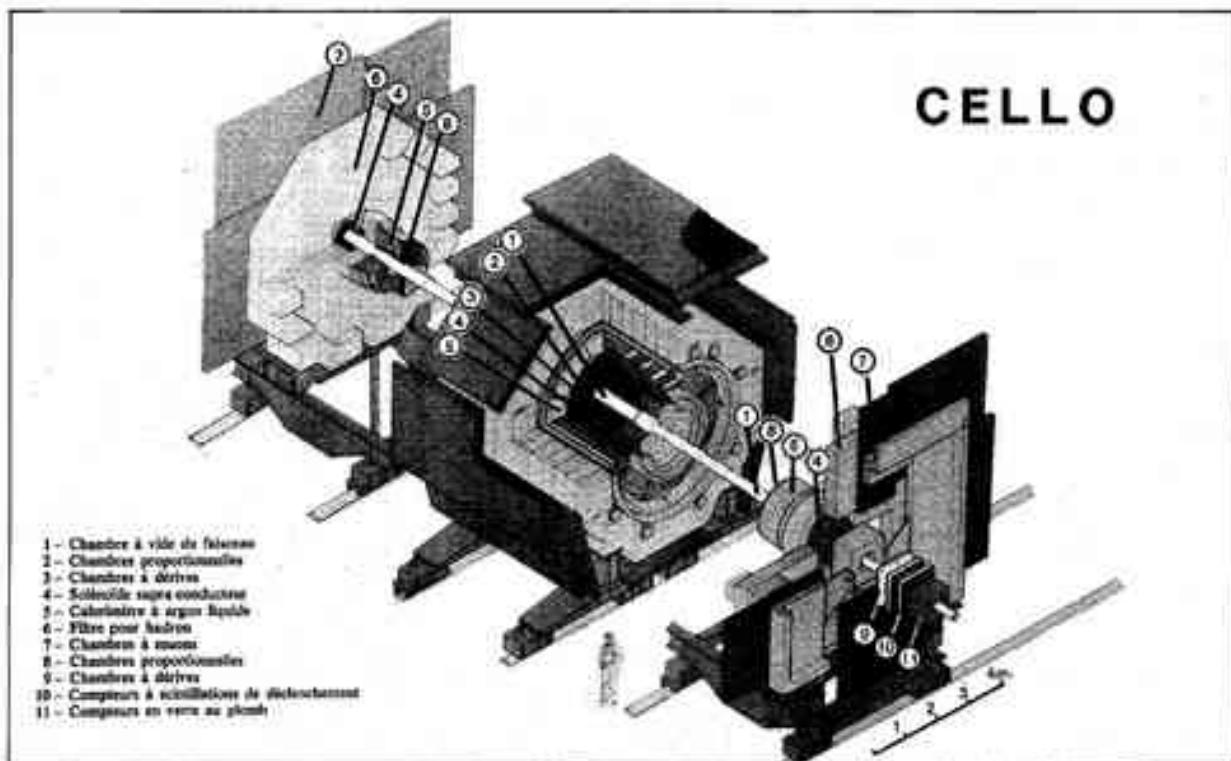
L'activité des groupes de physique des particules, durant les dix années à venir, se partagera entre plusieurs programmes. La construction et l'exploitation des détecteurs LEP représenteront environ la moitié de cette activité. Les autres programmes de recherche en cours sont principalement :

- Au CERN, auprès du supersynchrotron : expériences sur cibles fixes à 400 GeV ; nouveau programme LEAR (collisions proton-antiproton à basse énergie), collisions proton-antiproton à 540 GeV.
- A DESY (Deutsches electron synchrotron) : expériences sur PETRA (collisions électron-positron à 20 + 20 GeV).
- Au laboratoire souterrain de Modane (expérience en préparation sur la mesure de la vie moyenne du proton).

des résultats et la rédaction des articles, les dimensions de ces collaborations posent des problèmes qui ne sont pas encore résolus de manière satisfaisante. Dans ce cas, en effet, la répartition à postériori des tâches accomplies est plus délicate.

Concernant LEP, sept lettres d'intention formulant des propositions d'expériences, ont été déposées au CERN en février 1982. Il ressort de ces documents préliminaires que onze groupes des laboratoires de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3) ont contribué à la rédaction de quatre let-

tres d'intention. Les propositions détaillées seront élaborées d'ici fin 1982 et un comité d'experts devra, après une discussion approfondie, retenir celles qui seront mises en place pour la première phase d'exploitation. Les laboratoires de l'IN2P3 joindront alors leurs efforts pour participer à la réalisation et à l'exploitation de plusieurs de ces grands détecteurs. Il est probable que le nombre de physiciens français impliqués dans ces expériences dépassera largement la centaine ; l'effort technique correspondant mettra à contribution un grand nombre d'ingénieurs, de techniciens et d'administratifs.



Les annélides

Les annélides représentent une nouvelle classe de molécules amphiphiles. Leur structure chimique originale permet d'envisager de multiples applications dans des domaines aussi divers que la catalyse, l'effet photovoltaïque ou les lasers.

Jacques SIMON

Les détergents sont des molécules dont la structure chimique est caractérisée par la présence simultanée d'une partie hydrophile, c'est-à-dire interagissant volontiers avec l'eau, et d'une partie hydrophobe possédant une affinité pour d'autres molécules hydrophobes : les graisses. Cette dualité a conduit à classer les détergents parmi les molécules amphiphiles caractérisées par cette double polarité. Les amphiphiles s'associent spontanément en solution aqueuse pour former des agrégats ayant de hauts poids moléculaires. Les parties hydrophobes interagissent les unes avec les autres et constituent un cœur peu polaire entouré par les composantes hydrophiles en contact direct avec

le milieu aqueux. Les annélides possèdent la propriété supplémentaire de complexer sélectivement des cations métalliques au niveau de leur tête polaire.

Les annélides

Les annélides sont nées il y a cinq ans environ d'une collaboration entre des chercheurs strasbourgeois, les uns liés à la chimie de coordination, les autres à la physico-chimie des colloïdes. La rencontre de ces deux domaines normalement éloignés se retrouve au niveau de la conception synthétique des annélides. Dans un premier temps, une association stable entre un cation métallique et une molécule organique, un complexe est formée en solution. Les règles bien établies de la chimie de coordination s'appliquent à cette étape,

en particulier en ce qui concerne la nature des hétéroatomes (O, N, S, Se...) capables d'interagir fortement avec tel ou tel cation métallique. Dans un second temps il y a organisation, les complexes s'associent les uns aux autres grâce à leurs propriétés amphiphiles (fig. 1). La physico-chimie des colloïdes joue ici pleinement son rôle puisqu'elle permet de déterminer la nature de la phase organisée obtenue, ainsi que les principaux paramètres géométriques inhérents. Les ions métalliques se trouvent à l'interface entre le cœur hydrophobe formé de la réunion des diverses chaînes hydrocarbonées et le milieu aqueux. La classe de molécules organiques pouvant se prêter à l'ensemble du processus précédent a été appelée « annélide ». Ce terme provient du vieux français « anel » qui signifie anneau. En effet, la tête polaire de ces détergents doit complexer un cation métallique et possède donc une structure particulière soit cyclique soit pseudo-cyclique. Les annélides constituent d'autre part, une division de la classe des invertébrés annélides dont les vers de terre font partie. L'analogie de forme entre la nouvelle classe de molécules organiques munies d'une chaîne hydrocarbonée et les vers, a conduit à l'adoption de cette dénomination. Plus généralement, les annélides ont ensuite désigné tout complexe métallique susceptible de former des phases organisées à mi-chemin des composés solides cristallisés et des solutions homogènes. À l'heure actuelle, une quinzaine d'exemples de tels composés ont été décrits soit par le groupe strasbourgeois initial soit par des équipes étrangères.

Les annélides permettent donc la formation d'assemblées polymétalliques dont on peut contrôler et la nature des ions complexés et les pa-

□ Jacques Simon est chargé de recherche au Centre de recherche sur les macromolécules de Strasbourg.

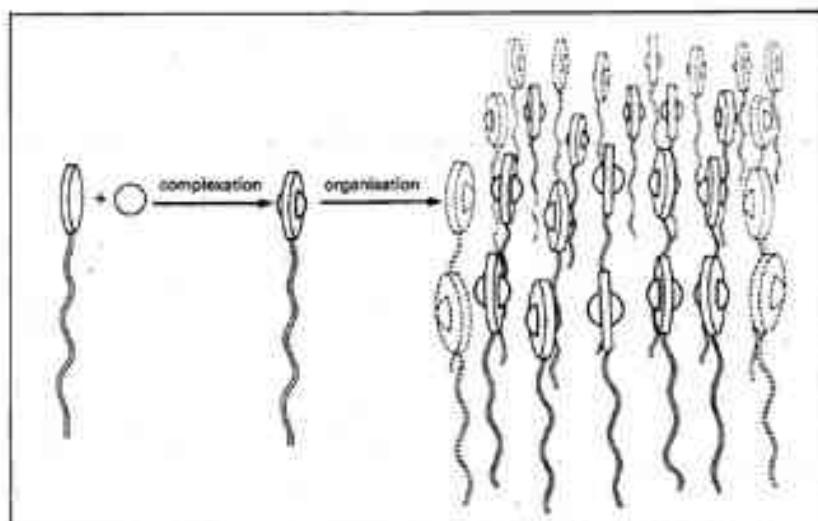


Fig. 1 – Les annélides. Schéma représentant le mécanisme de formation d'assemblées polymétalliques. Après la formation d'un complexe mononucléaire, les composés amphiphiles s'organisent spontanément pour former des agrégats de hauts poids moléculaires.

ramètres géométriques. De fortes interactions entre les ions métalliques à la surface des agrégats peuvent avoir lieu. Cette « coopérativité » entre cations complexes par des molécules organiques est actuellement activement recherchée et étudiée par de multiples groupes internationaux de chercheurs liés à la chimie de coordination. Dans la plupart des cas, leur approche consiste en la synthèse de molécules susceptibles de complexer simultanément plusieurs ions métalliques. Les annélides offrent une approche essentiellement différente qui permet une flexibilité beaucoup plus importante quant aux types d'assemblées polymétalliques qui peuvent être obtenus. Les annélides permettent aussi d'étudier une « chimie à deux dimensions ». Les réactions chimiques se déroulent dans la plupart des cas dans un solvant afin de faciliter le mélange des réactifs et d'augmenter la réactivité des espèces réagissantes. Elles ont donc lieu dans un milieu isotrope tridimensionnel. Les annélides forment en solution homogène des surfaces où les complexes métalliques sont organisés selon deux dimensions. Celles-ci peuvent être utilisées comme matrice pour des réactions chimiques. L'effet de la dimensionnalité est extrêmement important pour certaines réactions nécessitant une stricte orientation des réactifs. La polymérisation du diacrylique est un exemple appartenant à cette catégorie. Il a été en effet démontré que cette molécule ne polymérise pas lorsqu'elle est dissoute dans un solvant. Par contre, elle réagit facilement sur elle-même en phase cristalline ou en phases organisées (monocouches, vésicules...).

La dimensionnalité est également un facteur prépondérant pour de multiples autres phénomènes parmi lesquels la

conduction électrique, la migration d'énergie, les effets ferro ou antiferromagnétiques.

Les différentes phases organisées

Les molécules amphiphiles peuvent former de multiples phases organisées différant par leur géométrie et par leur labilité (fig. 2). Les micelles sont les édifices les moins structurés. Elles sont constituées par l'agrégation d'une centaine de molécules amphiphiles pour donner des entités approximativement sphériques. La distance entre ions métalliques à la surface micellaire est comprise entre 8 et 10 Å. Les micelles sont labiles. L'échange des molécules constitutives avec le milieu extérieur est rapide. La mobilité des têtes polaires les unes vis-à-vis des autres est élevée. Les phases cylindriques sont formées à des concentrations plus importantes en molécules amphiphiles. La distance intermétallique est comprise entre 6 et 8 Å. En faisant varier la température ou la concentration en détergent, les phases lamellaires apparaissent. Celles-ci sont les mieux structurées des phases lytropes, c'est-à-dire celles pour lesquelles les molécules amphiphiles sont dissoutes dans un solvant. La distance métal-métal est approximativement 5-6 Å, la mobilité des têtes polaires est réduite. A titre de comparaison, la distance entre chaînes hydrocarbonées dans des monocristaux est de 4,5 Å. Les phases lamellaires ont donc une organisation presqu'aussi rigoureuse qu'un cristal. Des structures de type lamellaire sont présentes dans la nature comme constituants des membranes et des parois cellulaires. Il est intéressant de noter que la plupart des réactions

biochimiques se déroulent à l'intérieur de membranes formées de phospholipides ou à leur surface. Les annélides permettent également l'obtention de cristaux liquides thermotropes en absence de solvant. Ces phases organisées sont les plus connues et les plus utilisées. Le passage de l'état cristallin à la phase cristalline liquide se fait par une simple élévation de température.

Les différents types d'annélides

Micelles, cylindres, lamelles, cristaux liquides thermotropes, les annélides donnent lieu à une grande variété de phases organisées. Les annélides se différencient également par le type d'ions métalliques complexes au sein de la tête polaire.

Dès 1977, la synthèse et l'étude d'annélides complexant sélectivement les ions alcalins et alcalino-terreux ont été décrites (1). Les premiers composés organiques, ou « ligands », susceptibles de fixer des cations et de les discriminer selon leur taille et leur charge ont été publiés il y a une quinzaine d'années seulement, ce sont les « éthercouronnes ». Ces molécules cycliques présentent une cavité bordée d'hétéroatomes où un cation métallique peut venir se loger. La coordination est assurée par une interaction charge-dipôle entre l'ion métallique et des hétéronoïmes, généralement des oxygènes de fonctions éther. La taille de la cavité macrocyclique prédétermine le cation qui sera préférentiellement inclus. En effet, les ions alcalins et alcalino-terreux se caractérisent par leur faible polarisabilité et des couches électroniques complètes. Le seul rayon ionique les décrit donc entièrement. Celui-ci augmente lorsqu'on descend une co-

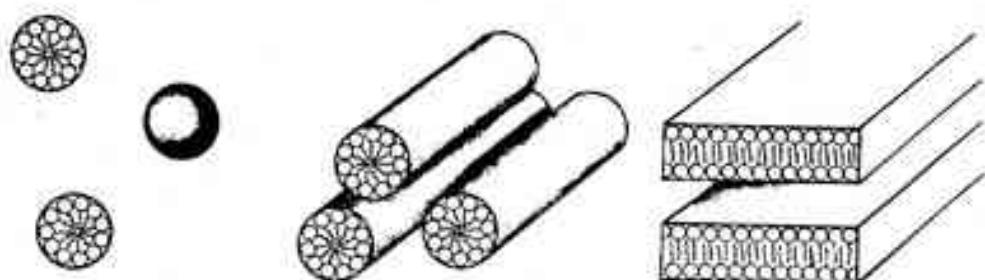


Fig. 2 - Les annélides forment diverses phases organisées : les micelles, les cylindres et les lamelles sont parmi les plus représentatives en milieu aqueux.

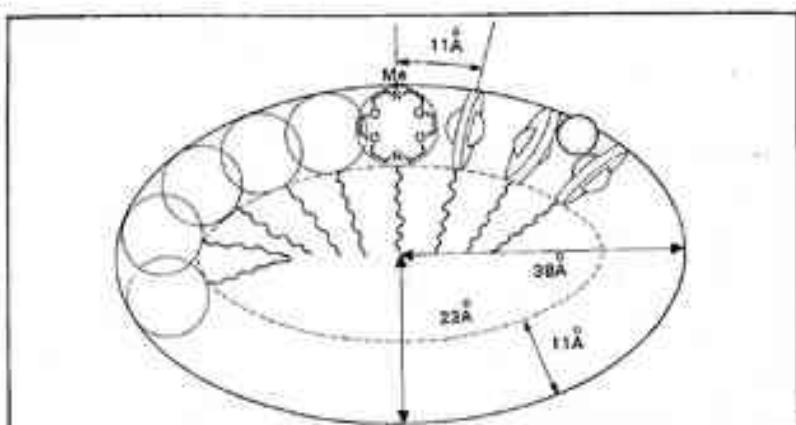


Fig. 3 - Micelle formée à l'aide d'un dérivé amphiphile d'éther-couronne. Les paramètres géométriques ainsi que la forme de l'agrégat ont été déterminés par diffusion de la lumière.

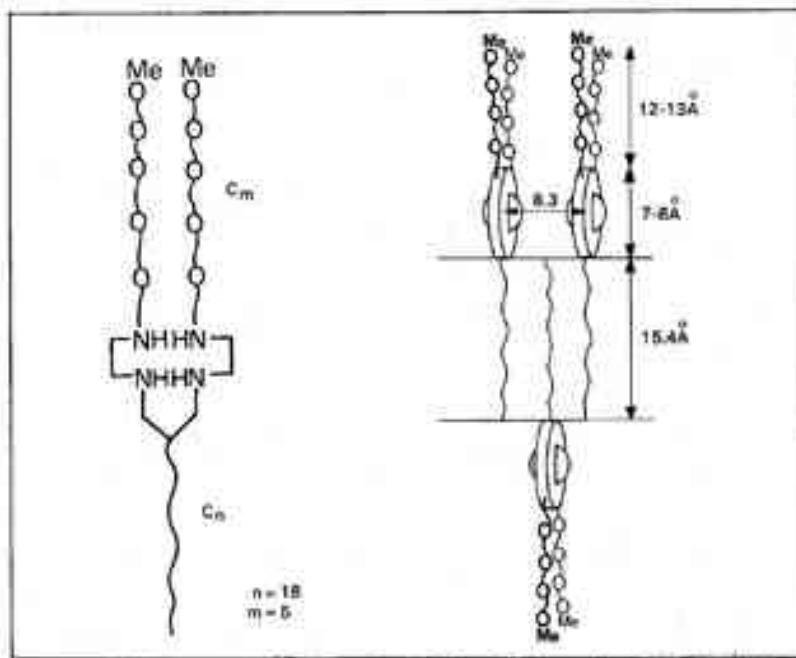


Fig. 4 - Annellides permettant de complexer et d'organiser les cations de métaux de transition. Le caractère amphiphile est ajusté grâce à la chaîne hydrocarbonée ou aux chaînes polyoxyéthylène glycol.

Fig. 5 - Paramètres structuraux d'une phase lamellaire de type annellide, obtenus par diffraction des rayons X aux petits angles.

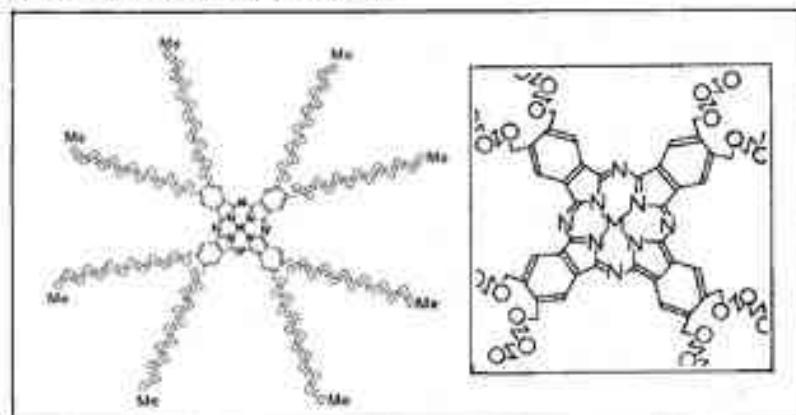


Fig. 6 - Annellide basé sur une sous-unité de phtalocyanine. Le système de doubles liaisons conjuguées, entourant l'atome métallique central, permet l'absorption de radiations lumineuses situées dans le visible. Les phtalocyanines sont connues pour donner lieu à un effet laser. L'augmentation de leur solubilité par la substitution du cycle central permet d'envisager l'obtention de multiples phases organisées.

lonne de la classification périodique, du lithium au césum pour les alcalins, du magnésium au baryum pour les alcalino-terreux.

Des annellides permettant la complexation de ces cations ont été synthétisés en ajoutant une chaîne hydrocarbonée à un dérivé monocyclique de type éther-couronne. Les phases micellaires ont été les plus étudiées (fig. 3). Les principales méthodes physico-chimiques employées ont été la pH-métrie, les mesures de diffusion de la lumière et de tensions superficielles (2). Les principaux enseignements ont été :

- il existe une organisation partielle des têtes macrocycliques à la surface de la micelle ;
- la formation de phases micellaires influence fortement les propriétés complexes des sous-unités macrocycliques ;
- les constantes diélectriques « locales » à l'interface cœur apolaire/milieu aquieux, sont perturbées par rapport aux solutions homogènes.

Toutefois, les cations alcalins ou alcalino-terreux peu polarisables se prêtent mal à la mise en évidence de propriétés de coopérativité à la surface d'un agrégat. Aussi, nous sommes-nous orientés vers la synthèse d'autres ligands, susceptibles de s'associer avec les métaux de transition. Les composés comportant quatre fonctions « amine » liées par des motifs éthylène sont connus pour former des complexes stables avec la plupart des cations de transition (fig. 4). Nous avons greffé à ces ligands une chaîne hydrocarbonée pour leur conférer un caractère hydrophobe et des chaînes polyoxyéthylène glycol qui sont connues pour leur affinité pour l'eau. La balance amphiphile peut être ajustée graduellement en allongeant l'un ou l'autre des greffons. On peut choisir ainsi le type de phase organisée que l'on obtiendra. A l'aide de ces annellides, des phases micellaires, cylindriques et lamellaires ont été caractérisées (3) (4). Dans ce dernier cas, une structure très particulière a été observée à cause de la grosseur inhabituelle de la tête polaire. Les molécules amphiphiles sont disposées « tête-bêche », afin qu'à chaque tête polaire corresponde deux chaînes hydrocarbonées (fig. 5). Grâce à cet artifice, bien que l'encombrement des têtes polaires conduise à des distances intermétalliques relativement grandes (8.3 Å), la distance entre les chaînes hydrocarbonées reste dans le domaine caractéristique des phases lamellaires.

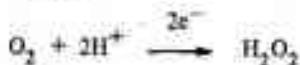
Des annellides comportant une tête polaire absorbant fortement les radiations lumineuses situées dans le visible

ont également été élaborés. Un exemple de ceux-ci a été représenté sur la figure 6. L'unité centrale assurant la complexation de l'ion métallique est constituée d'une phthalocyanine. Ces molécules sont des colorants connus depuis plus d'un demi-siècle et qui présentent des propriétés électroniques tout à fait remarquables. Les phthalocyanines sont planes et rigides grâce à un système de doubles liaisons conjuguées les appartenant aux aromatiques. Ces dérivés constituent la partie hydrophobe de l'annélide. La substitution par huit chaînes polyoxyéthylène glycol permet d'obtenir la composante hydrophile. La structure de ces annélides conduit à l'obtention d'une gamme extrêmement vaste de phases organisées. A celles précédemment mentionnées, viennent s'ajouter les phases cristallines liquides thermotropes et les associations moléculaires en milieu peu polaire.

Applications des annélides

Les applications potentielles des annélides relèvent toutes des propriétés originales qu'un système bidimensionnel de complexes métalliques peut apporter.

Les phases micellaires de complexes d'ions cobalteux favorisent la complexation de la molécule d'oxygène (5) (6). La nature biradicalaire de O_2 implique une stabilisation importante des complexes binucléaires $LM(O_2)ML$ (fig. 7). Un tel processus peut conduire à diverses applications : séparation de O_2 d'un mélange de gaz, transport, stockage et activation de la molécule d'oxygène... Plus généralement, les annélides peuvent contribuer à l'étude des transferts polyélectroniques. Ainsi les réactions :



sont énergétiquement favorables. Elles n'ont pourtant pas lieu spontanément car elles nécessitent l'échange de plusieurs électrons. Un des moyens de favoriser les transferts polyélectroniques repose sur l'obtention d'une bonne coopérativité entre plusieurs ions métalliques.

Un second type d'application utilise les annélides pour donner lieu à des transferts électroniques et des migrations d'énergie à la surface d'agrégats. De multiples approches chimiques permettent d'envisager une interaction importante entre les nuages électroniques

des complexes métalliques. Si cette interaction est suffisamment grande, on pourra décrire le système comme étant un semi-conducteur colloidal. Celui-ci devrait permettre la mise en évidence des différentes propriétés inhérentes aux semi-conducteurs : structure de bande et existence d'une bande interdite, possibilité de former des jonctions, effet photovoltaïque. Ces propriétés sont obtenues alors que le matériau est dissous au sein d'un solvant et présente donc toutes les caractéristiques d'une phase homogène. En particulier, la présence d'un solvant implique des constantes diélectriques locales élevées qui favorisent les processus de séparation de charges. Les semi-conducteurs colloïdaux sont donc susceptibles de conduire à des systèmes efficaces de conversion de l'énergie lumineuse en électricité (effet photovoltaïque et cellules solaires) ou en espèces chimiques hautement énergétiques stockables et utilisables (photodissociation de l'eau en hydrogène et oxygène par exemple). D'autres études sont en cours concernant la mise en évidence de propriétés ferromagnétiques et ferroélectriques de phases cristallines liquides. Les annélides se prêtent en effet particulièrement bien à l'obtention de composés organiques paramagnétiques stables ou possédant un important moment dipolaire permanent. Les propriétés de coopérativité qui pourraient alors être obtenues dans des cristaux liquides thermotropes par exemple, seraient extrêmement intéressantes.

A côté de ces applications potentielles à long terme, d'autres sont plus directement et plus rapidement accessibles. Ce sont celles qui concernent les propriétés de colorants des annélides. Des cristaux liquides thermotropes absorbant et réémettant la lumière visible, peuvent trouver des débouchés dans le domaine de l'affichage. D'autre part, les phthalocyanines sont connues pour donner lieu à un effet laser.

Les annélides n'en sont encore qu'à leurs premiers pas, je devrais dire à leurs premières réceptions. Ils offrent pourtant de larges possibilités d'innovation dans de multiples domaines de la chimie et de la conversion d'énergie.

L'existence des annélides a été rendue possible par une collaboration pluridisciplinaire très étendue, allant de la synthèse organique à la physique des matériaux. (Ont participé à leur élaboration : MM. J.-J. André, M. Bernard, R. Bersinger, J. Dayantis, Ph. Gramain, R. Knösel, E. Kraeminger, J. Le Moigne, D. Markovitsi, A. Mathis, C. Piechocki, C. Schneider, J.C. Wittmann).

BIBLIOGRAPHIE

- (1) J. Le Moigne, Ph. Gramain, J. Simon. *J. of Colloid Int. Sci.*, 60, 555 (1977).
- (2) J. Le Moigne, J. Simon. *J. Phys. Chem.*, 84, 170 (1980).
- (3) D. Markovitsi, A. Mathis, J. Simon, J.C. Wittmann, J. Le Moigne. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 64, 121 (1980).
- (4) D. Markovitsi, J. Simon, E. Kraeminger. *Nouv. J. de chimie*, 5, 141 (1981).
- (5) J. Simon, J. Le Moigne. *J. Mol. Cat.*, 1, 137 (1980).
- (6) J. Simon, J. Le Moigne, D. Markovitsi, J. Dayantis. *J. Amer. Chem. Soc.*, 102, 7247 (1980).

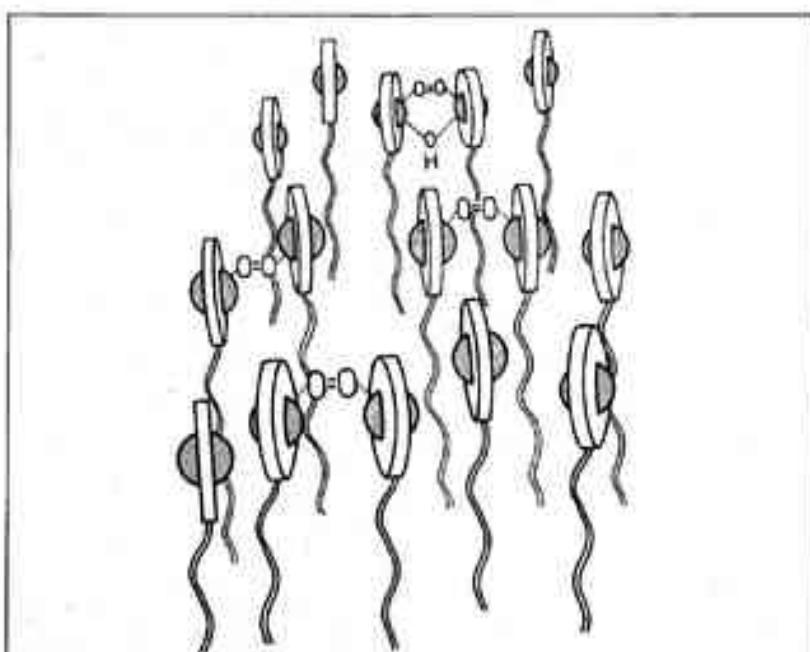


Fig. 7 - Représentation schématique de la complexation de la molécule d'oxygène par des phases micellaires de complexes d'ions cobalteux.

L'analyse anthracologique, une méthode d'études des flores préhistoriques

Avec l'analyse des charbons de bois, c'est toute une flore préhistorique qui apparaît permettant de reconstituer un environnement à un moment donné.

Jean-Louis VERNET

L'histoire des végétations du passé récent préoccupe à juste titre, en dehors des spécialistes, tous ceux qui sont concernés par la protection de la nature, son exploitation, son étude (forestiers, agronomes, écologistes etc.). C'est qu'en effet, l'état actuel du milieu végétal procède d'interactions anciennes complexes, climatiques et anthropiques, qu'il est nécessaire de dénicher si l'on veut comprendre, donc mieux gérer notre patrimoine.

Par passé récent, il faut entendre le passé qui a joué un rôle direct dans l'élaboration des structures actuelles : la période comprenant le maximum du froid de la dernière glaciation ou Würm récent (entre 40 000 et 10 000 BP) (1), la période postglaciaire dont une partie fait la transition avec la précédente mais qui est surtout marquée par le développement de l'anthropisation.

* La paléoécologie est précisément l'ensemble des recherches qui tendent à une connaissance de l'histoire des écosystèmes et de l'action humaine qu'ils ont subie au cours du temps * (2).

Ainsi définie, la paléoécologie ou plus précisément la paléoécologie continentale, pour signifier sa singularité au sein de cette science, fait appel à dif-

férentes techniques.

La dendrochronologie est basée sur le dénombrement des cernes des arbres. On sait, en effet, que dans nos régions, un cerne est équivalent à une année. En outre, les cernes successifs ont des épaisseurs dissemblables car la croissance - en dehors de caractères rythmiques intrinsèques - est réglée par le climat. Le décompte des cernes sur un arbre bien vivant par prélèvement discret non traumatique, donnera son âge et l'année de formation de chaque cerne. Ensuite, par recouplements successifs de séquences rythmiques sur des arbres multicentenaires puis des pousses et des troncs anciens sub-fossiles et fossiles, on pourra obtenir une bonne chronologie. Si l'on peut interpréter les variations successives d'épaisseurs des cernes en termes de climat, on fait alors de la dendroclimatologie.

L'analyse pollinique des sédiments permet de reconstituer les variations de la végétation environnante durant une période de temps donnée. La valeur de l'analyse pollinique dépend de plusieurs paramètres dont l'aptitude du sédiment à enregistrer un échantillonnage représentatif de la végétation productrice de spores et pollens, et l'aptitude du sédiment à conserver les pollens sans sélectivité. Les techniques de sondage doivent être particulièrement adéquates pour éviter les pollutions de niveau à niveau. Les sédiments favorables à l'analyse pollinique sont divers, la tourbe restant cependant le substrat de choix.

Parmi les sédiments plutôt moins favorables à l'analyse pollinique, se placent les dépôts de remplissage de grottes préhistoriques. Or, le milieu préhistorique peut fournir, à travers les témoins de l'activité humaine, des indications précieuses sur le milieu extérieur.

L'anthracologie

Parmi les témoins de l'activité humaine, sont souvent abondants des bois carbonisés ou charbons de bois, généralement de petite dimension, de l'ordre du centimètre. Depuis quelques années, grâce à des méthodes d'étude rapides et fiables, ce matériel a pu être déterminé en grande quantité, souvent plusieurs centaines, parfois plusieurs milliers de fragments pour un gisement donné. La détermination permet la reconnaissance des essences ligneuses. « Dans ces conditions, une signification peut être accordée au fait qu'une espèce est ou non représentée à un moment donné et il est même possible de tirer des conclusions touchant la végétation, donc le climat, éventuellement même le rôle de l'homme dans le passé, des variations dans le temps de l'importance relative des principales essences » (2).

L'analyse anthracologique est la méthode qui étudie précisément la flore préhistorique et ses variations quantitatives. Le développement de cette analyse au cours de ces quinze dernières années a été conditionné par les préoccupations paléoécologiques des préhistoriens et l'amélioration des méthodes de fouille.

Récolte des charbons de bois

La récolte se fait en fonction des subdivisions stratigraphiques (fig. 1) et de l'occupation du gisement, à partir d'un repérage sur un quadrillage de référence. Le charbon est prélevé à l'aide d'instruments de petite dissection tels spatules, pinces etc. Lorsque les échantillons sont friables, la gangue de sédiment est également prélevée. Ceux-ci sont ensuite dé-

□ Jean-Louis Vernet, maître-assistant à l'université de Montpellier II, est responsable de la recherche coopérative sur programme « Le milieu naturel au Quaternaire dans les Causses et vallées périphériques » (RCP 576).

NOTES

(1) BP, before present. Les dates radiocarbonées sont données en années, l'année de référence (de présent) étant 1950.

(2) A. Posa, *Le Courrier du CNRS*, octobre 1977, pp. 57-63.

posés dans des récipients adéquats, boîtes ou piluliers soigneusement étiquetés. Aucun traitement chimique de consolidation ne doit être employé. Bien au contraire, il convient, de retour au laboratoire, de procéder à un séchage lent, de préférence à l'air libre.

Les charbons de petite taille, millimétriques, sont recueillis sur le terrain après tamisage à l'eau du sédiment sur tamis de 0,5 mm. Ce tamisage est fondamental, il permet en outre de recueillir des graines et des restes osseux divers notamment de rongeurs, d'oiseaux... dont le rôle pour la connaissance de l'écologie de l'homme fossile est essentiel.

Datation par le radiocarbone

La méthode du carbone 14 est basée sur la mesure de la radioactivité résiduelle d'un échantillon organique que l'on suppose du même âge que le niveau à dater. Pour que le datage soit valable, il faut

éliminer la totalité des matières carbonées qui se sont mêlées secondairement ou même se sont fixées, au matériel ancien. La pollution minérale est facile à éliminer par la dissolution des carbonates, par contre la pollution organique végétale est plus difficile à supprimer. Les foyers préhistoriques contiennent souvent, se confondant avec les charbons de bois, des restes de racines ou autres débris végétaux récents. Le meilleur prétraitement est alors le tri des vrais charbons par l'anthracanalyste.

Ceci démontre la nécessité d'une étude botanique préalable du matériel de datage. Le dateur va détruire les charbons de bois (les mesures se font en effet en phase gazeuse) d'où la nécessité d'agir après la fin du travail de détermination. L'absence de traitement chimique préalable à l'analyse anthracologique fait que les charbons restent disponibles après celle-ci pour une datation.

Ainsi, toute datation bien comprise, nécessite la collaboration sur le même

stock de charbon de bois, du paléobotaniste, du dateur et du préhistorien. Le préhistorien qui veut dater les charbons de bois d'un site à l'étude aura donc tout intérêt à consulter dans un premier temps l'anthracanalyste. Le datage se fera par son intermédiaire.

Etude et détermination des charbons de bois

L'échantillon à étudier est sectionné avec les doigts perpendiculairement au sens des fibres toujours apparent après observation attentive. Ce plan, dit transversal, est complété par deux autres sections perpendiculaires, radiale et tangentielle (fig. 2). Les fragments ainsi préparés sont observés au microscope optique à réflexion (fig. 2c) et au microscope électronique à balayage (fig. 3). Par comparaison avec des bois de référence carbonisés, on peut en déduire l'essence recherchée.

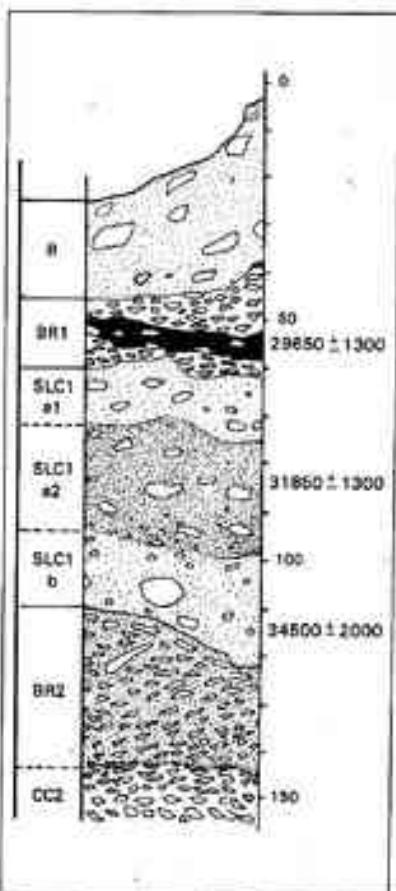


Fig. 1 - Coupe prise dans le remplissage quaternaire de l'Esquelho-Grapacou (Gard, Paléolithique supérieur) : la lentille noire représente un foyer, les points noirs dans SLC1 a2 schématisent des charbons de bois épars. Echelle en cm (d'après F. Barillé et Ph. Guilleraud, 1981) dates 14C en années avant le présent.

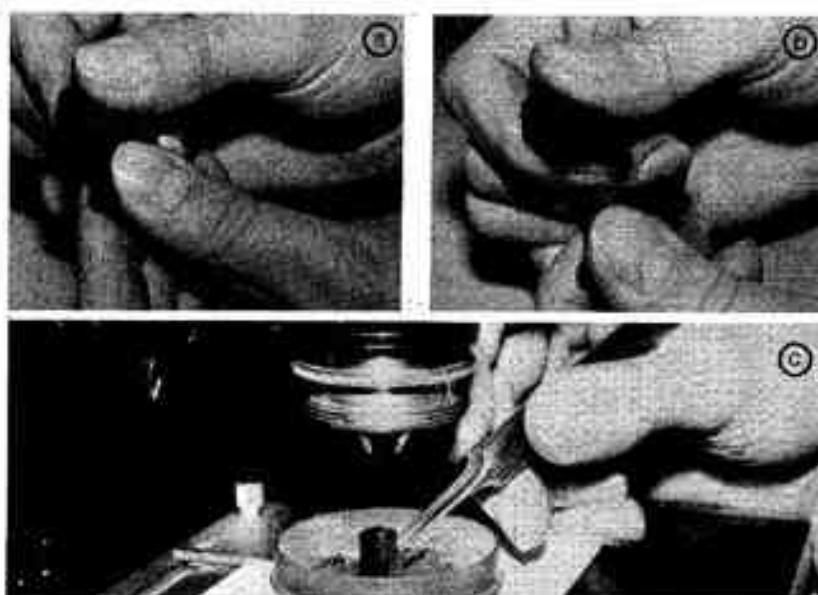


Fig. 2 - a et b : section d'un échantillon de charbon de bois - c : observation au microscope à réflexion.

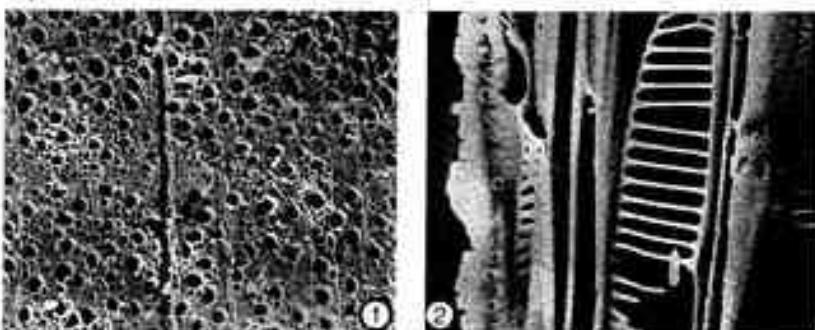


Fig. 3 - 1 et 2 : Charbons de bois de Buis (*Buxus sempervirens* L.) vus au microscope électronique à balayage : 1. plan transversal x 100 ; - 2. plan radial x 400, détail de la perforation scalariforme (en « échelle ») d'un élément de vaisseau (niveaux néolithiques de La Poujade, Aveyron). (Photos I. Krauss-Marguet)

Principes de l'analyse anthracologique

L'analyse repose sur l'identification d'un maximum de charbons de bois pour chaque niveau et chaque site, aussi bien les plus gros (10 à 15 mm ou plus) que les plus petits (jusqu'à 0,5 mm). Les plus petits fragments peuvent être identifiés, surtout lorsqu'il s'agit de Conifères.

L'identification de nombreux fragments de toutes tailles fait jouer les lois de la statistique. Pour un même niveau, en général, plusieurs espèces sont bien représentées, le choix d'un seul type d'arbre est plus rare.

La flore, aussi intéressante qu'elle soit en données objectives sur les végétaux qui formaient l'environnement, n'est constituée que d'une liste de plantes. Ceci n'est pas suffisant. Il importe aussi de connaître les modifications climatiques ou anthropiques dont le résultat se traduit par telle ou telle végétation particulière. On ne peut réellement passer de la flore à la végétation que si l'on aborde l'aspect quantitatif. Ainsi, ce n'est pas, par exemple, parce que l'on a des Chênes, Genévières et Buis que l'on a affaire à une chênaie. Tout est dans les proportions. Cette question des pourcentages et de leur représentativité est aussi valable pour l'analyse pollinique.

Puisque de nombreux charbons peuvent être identifiés, on peut construire des diagrammes qui révèlent des fluctuations. La comparaison, dans un premier temps, avec les diagrammes pollinique naturelle, montre le bien fondé des diagrammes anthracologiques. Ce qui peut signifier que l'Homme préhistorique récoltait, non pas tout ce qu'il trouvait, mais un échantillonnage de ce que le milieu, à un moment donné, pouvait lui fournir. On notera que même l'étude de la végétation actuelle repose sur un échantillonnage préalable. D'autre part, il est permis de penser que les foyers ne servaient pas qu'une seule fois. Un foyer préhistorique se comporte donc à

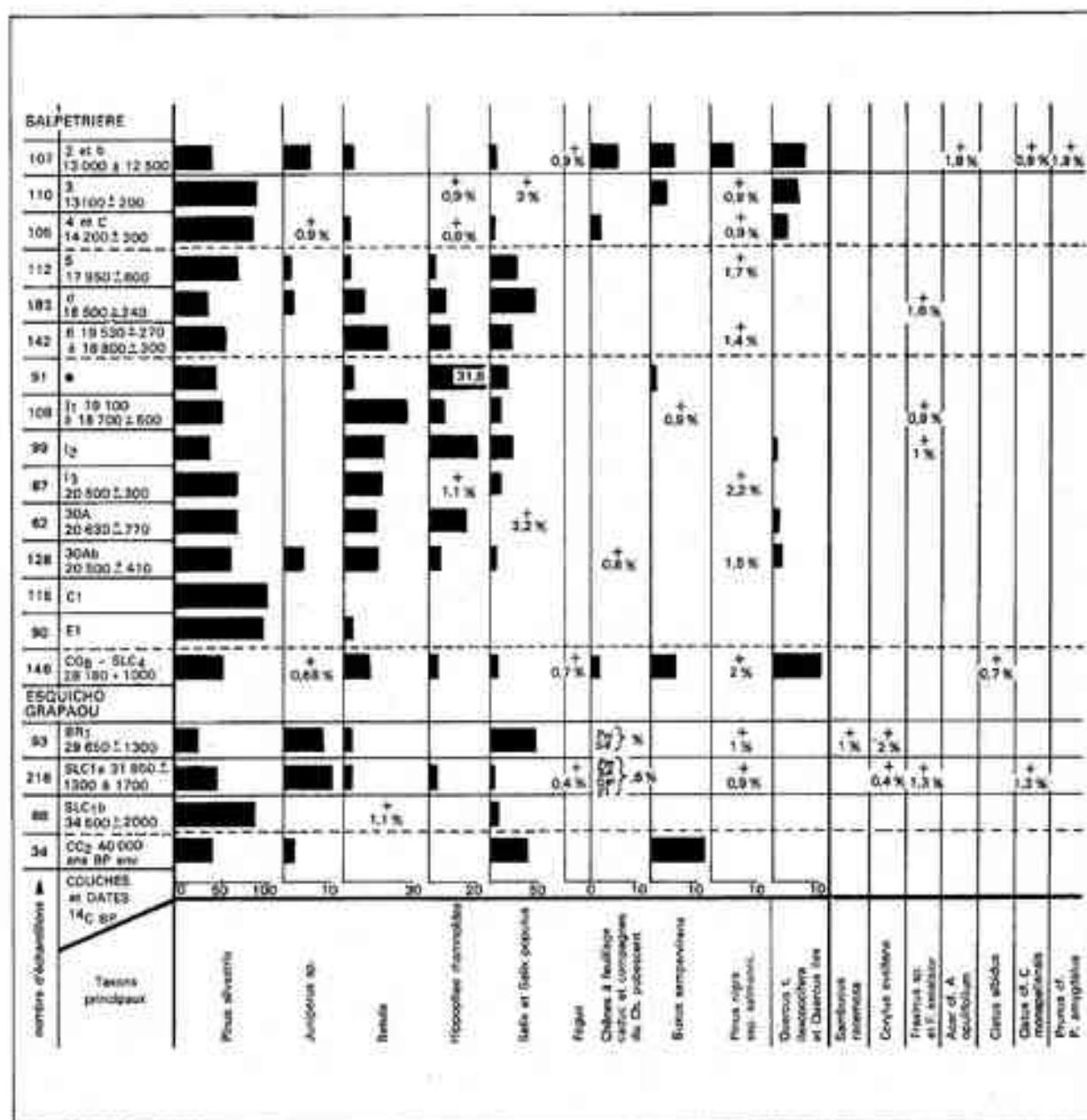


Fig. 4 - Diagramme anthracologique de deux sites de la vallée du Gardon, l'Esquelcho-Grapaou et la Salpétrière : (Pm : *Prunus mahaleb* – Sd : *Sorbus domestica* – Crm : *Crataegus monogyna* – Vl : *Viburnum lantana* – (d'après E. Bazile-Robert, 1980).

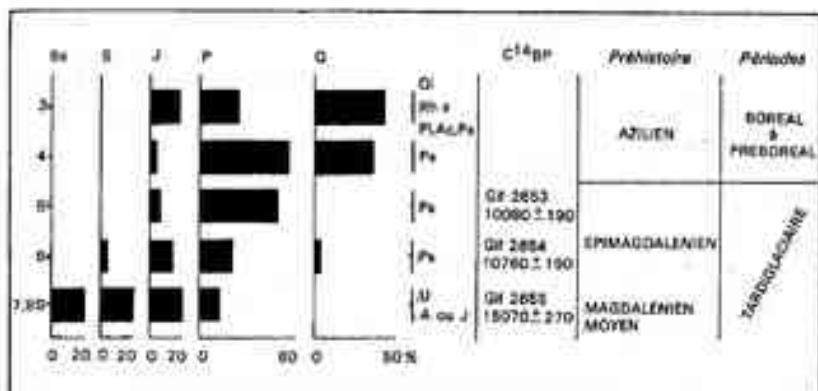


Fig. 5 - Diagramme anthracologique de la grotte Gazel, Aude (Be : *Betula verrucosa* - S : *Salix* sp. - J : *Juniperus* sp. - P : *Pinus sylvestris* - Q : *Quercus* sp. à feuillage caduc - Qi : *Quercus ilex* - Rha : *Rhamnus alaternus* - Pl : *Pistacia lentiscus* - Ac : *Acer* sp. - Ps : *Prunus spinosa* - (d'après J.L. Vernet, 1980).

l'égard des bois brûlés, dont certains ne sont pas conservés, comme un gisement fossile. On peut rapprocher à cet égard ce type de fossiles des pelotes de régurgitation abandonnées par les rapaces et contenant toute une microfaune. Cette microfaune est le reflet du territoire de chasse du rapace, lequel dépend des conditions du climat et du milieu végétal à un moment donné.

L'analyse anthracologique est une technique appelée à rendre beaucoup de services et à progresser. Il lui faudra nécessairement résoudre certains aspects de méthode, en particulier la question de la combustion et de la fragmentation, cette dernière pouvant être abordée ou minimisée par la distribution en masse.

Le milieu végétal préhistorique

L'analyse anthracologique des dépôts préhistoriques intéressent plusieurs périodes du Quaternaire. Les résultats certainement les plus riches d'informations, concernent la période postglaciaire, depuis 10 000 ans jusqu'à la fin de l'époque préhistorique. La dernière glaciation est couverte par la méthode mais les sites sont beaucoup moins nombreux. Post-glaciaire et dernier glaciaire entrent dans l'intervalle de datation du carbone 14, actuellement jusqu'à 35 000 ans. Pour les périodes antérieures à la dernière glaciation, l'étude des charbons ne doit pas être négligée lorsqu'il s'en trouve mais leur seule étude ne peut apporter suffisamment d'indications pour la connaissance du paléoenvironnement car ils sont toujours trop peu abondants. La limite inférieure est à placer, dans l'état actuel de nos connaissances, vers le Mindel, période où l'Homme inventa le feu.

Le dernier glaciaire en Languedoc méditerranéen

Les froids modérés du début de la dernière glaciation permettent dans le sud de la France le développement d'une végétation forestière riche en arbres et arbustes méditerranéens. Cette situation persiste jusqu'à la fin du Würm I puis, la sécheresse alliée au froid va s'installer favorisant une végétation plus ouverte.

La période qui comprend le maximum du froid ou Würm récent (de 40 000 à 12 500 BP) a été plus particulièrement étudiée dans deux sites préhistoriques de la vallée du Gardon près du célèbre Pont du Gard ainsi que dans la moyenne vallée de l'Hérault et les gorges de l'Ardèche. L'interprétation repose sur deux types d'associations, les unes riches en espèces forestières et thermophiles telles que Chênes, Cistes, Buis et Hêtres, les autres représentées par les seules espèces de milieux ouverts, Pins, Bouleaux, Genévrier, etc. (fig. 4).

- Vers 40 000 BP, croissait une végétation dominée par les Conifères, Pins sylvestres et Génévriers sous climat froid.
- Vers 32 000 BP, se développe une riche végétation forestière avec feuillus thermophiles sous climat tempéré.
- Vers 30 000 BP, les méditerranéennes sont absentes et les subméditerranéennes déclinent sous climat plus frais.
- Vers 28 000 BP, la végétation forestière réapparaît avec des thermophiles comme Chênes, Cistes, etc. (climat tempéré).
- Vers 21-22 000 BP, retour des Pins et Bouleaux sous climat froid.
- De 16 500 à 20 000 BP, l'association à Pins sylvestres, Bouleaux et Argousiers domine. C'est elle qui va caractériser la

période du maximum du froid correspondant à l'abaissement de 110 m du niveau de la Méditerranée par suite du stockage sous forme de glaces des eaux de pluie et de la neige. Aucune espèce thermophile ne se manifeste. Le Bouleau appartient à l'espèce *verrucosa* et non à des espèces herbacées. On peut en déduire une végétation à bouquets d'arbres clairsemés, riche sans doute en herbacées. La faune comprend des rongeurs de climat froid. L'Homme chassait le cheval et le renne.

Des modifications du régime pluviométrique ont pu jouer un rôle important dans la mise en place des végétations. C'est ce que l'on peut déduire de la période 19 000 à 12 000 BP. La végétation du maximum du froid, riche en Bouleau, implique des pluies estivales et donc un climat de type continental. Après 17 000 BP, le Bouleau et l'Argousier régressent alors que le Pin reprend du terrain. Puis, la chênaie caducifoliée riche en méditerranéennes et subméditerranéennes supplante à son tour le Pin. On y note Pin de Salzmann, Hêtre, Chêne vert. Avec le réchauffement, ceci implique un climat plus méditerranéen, avec sécheresse plus grande en été.

- Vers 12 000 BP environ, la mer qui remonte rapidement se réchauffe. Jusqu'à 8 000 BP, cette période va être caractérisée par une végétation particulière comprenant l'Amandier mais aussi d'autres Rosacées-Prunoïdiées, des Pins, des Genévriers ainsi que des Chênes, surtout les espèces décidues. Ce type d'association a été rencontré dans sept sites préhistoriques, de l'Espagne à la Provence. Il évoque la Méditerranée orientale et rappelle certaines steppes arbustives à climat tempéré-sec. Cette période est fort originale, elle assure la transition avec la période suivante qui verra le développement et l'apogée de la chênaie caducifoliée néolithique puis son démantèlement.

Vers le milieu végétal actuel

La transition de la fin du dernier glaciaire peut être illustrée par un autre exemple, la grotte Gazel située à quelques kilomètres au sud de Carcassonne (fig. 5). Les niveaux magdaléniens présentent Bouleau, Saule, Genévrier, Pin sylvestre. Le Bouleau disparaît dans l'Epi-magdalénien, le Pin devient prépondérant. Progressivement, les Chênes caducifoliés s'installent et prennent de l'importance. *Quercus ilex*, le Chêne vert, apparaît ainsi que le Pistachier lentisque au sommet de l'Azilien.

A Font-Juvénal, proche de la précédente, la série préhistorique commence au Néolithique ancien et va jusqu'à l'âge du Fer (fig. 6). Dans un premier temps, correspondant à tout le Néolithique, c'est le domaine de la chênaie caducifoliée. On rencontre des Filarias, Cerisiers de Sainte Lucie, Nerpruns, Erables et, plus discrètement, le Buis. Le Chêne vert se manifeste dans le Néolithique moyen, vers 4 800 BP. Puis à partir du Chalcolithique, vers 4 500 BP, le Buis acquiert une grande importance alors que les Chênes caducifoliés régressent. Seul le Chêne vert paraît bénéficier de l'extension certainement anthropique du Buis. La présence de la Vigne au Chalcolithique, est une indication supplémentaire de l'action de l'Homme.

Cette succession est conforme à celle décrite en Languedoc, en Provence, en Ligurie, en particulier par les palynologues. Un autre diagramme anthracologique (fig. 7), celui de l'Arma du Nasino, près de Savone (Italie) récapitule les différentes successions de végétations :

- période du Pin sylvestre et du Genévrier, de la fin du Paléolithique ;
- période de la Chênaie caducifoliée du Néolithique, le Chêne vert apparaissant dans le Néolithique ancien ou moyen ;
- période de la chênaie de Chênesverts depuis le Chalcolithique et régression des Chênes à feuilles caduques,

Des implications climatiques et anthropiques découlent de ces différentes étapes. Le niveau de la mer remonte très rapidement avec la fonte des glaciers, le niveau maximum étant atteint vers la fin du Néolithique. D'autre part, les données du rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ mesurées sur des coquilles marines, montrent que la fin de l'Atlantique et le début du Chalcolithique représentent une période d'optimum thermique. Le début de l'extension du Chêne vert est donc très certainement d'origine climatique : le climat globalement plus humide favorable à la chênaie caducifoliée laisse la place à un climat à saison sèche estivale mieux marquée. Mais,

très vite l'action humaine s'accélère. Bien marquée à Font-Juvénal, elle se traduit par l'extension des garrigues à Buis ou buxaies au Chalcolithique et à l'âge des Métaux.

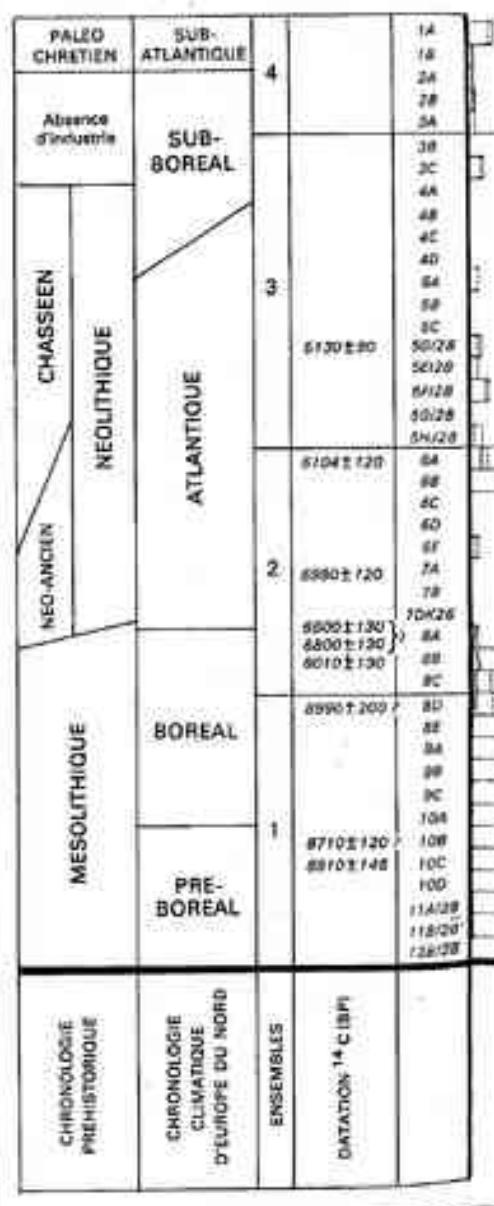
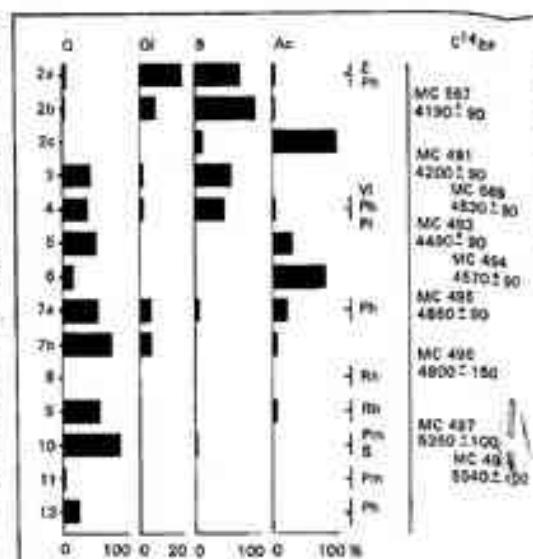
Dans les Causses, vastes plateaux calcaires aux confins sud du Massif Central, la buxaie s'étend à partir du Subboréal, masquant ou gênant le développement des hêtraies. Plusieurs exemples pourraient encore être donnés, celui de La Poujade dans la petite vallée subméditerranéenne de la Dourbie au cœur des Grands Causses sera le dernier. Cette séquence qui commence au Mésolithique et s'étend au-delà de l'âge des Métaux est une des rares séries continues pour ces périodes dans le sud de la France, d'où son intérêt. Quatre périodes peuvent être distinguées (fig. 8) :

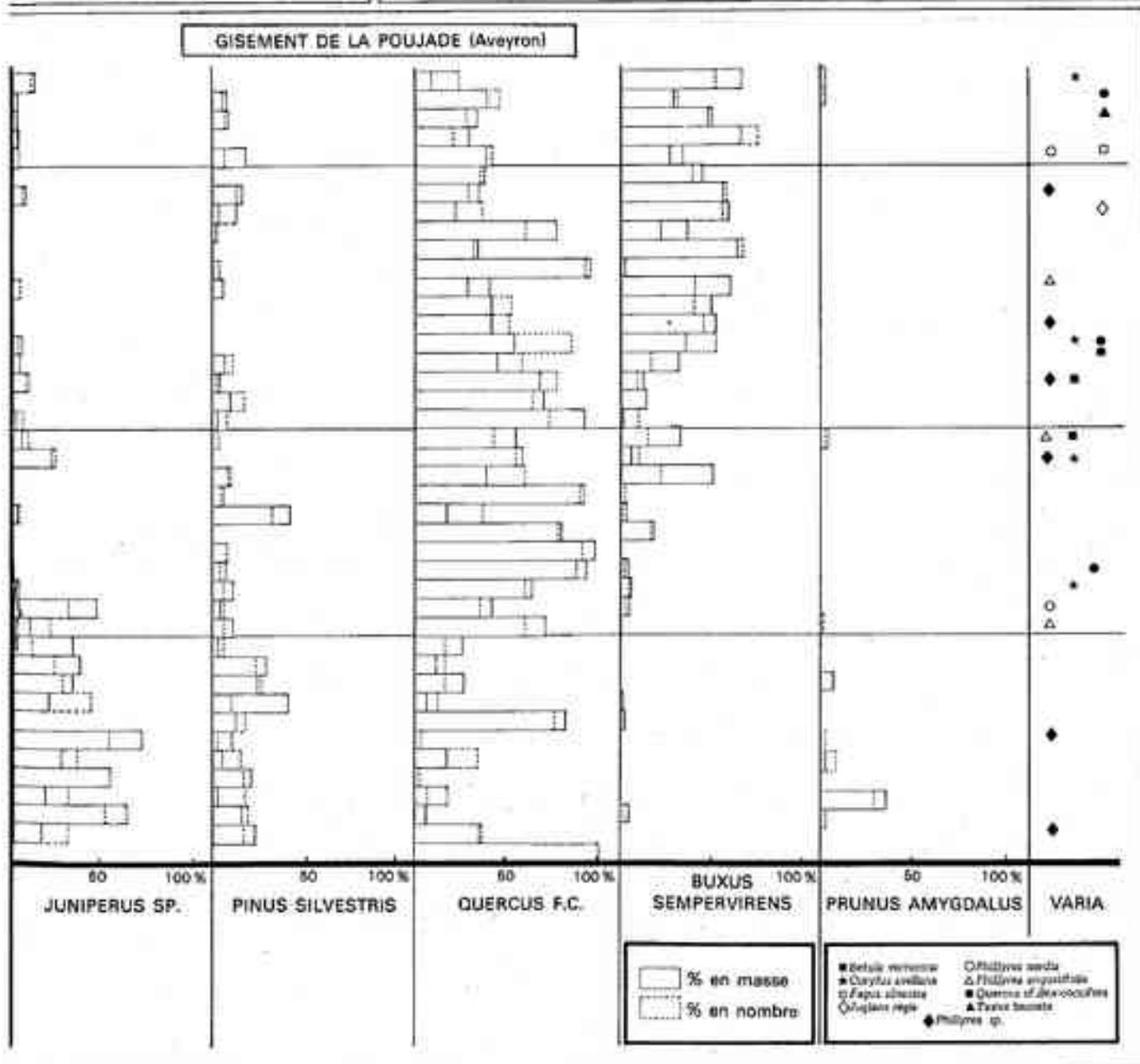
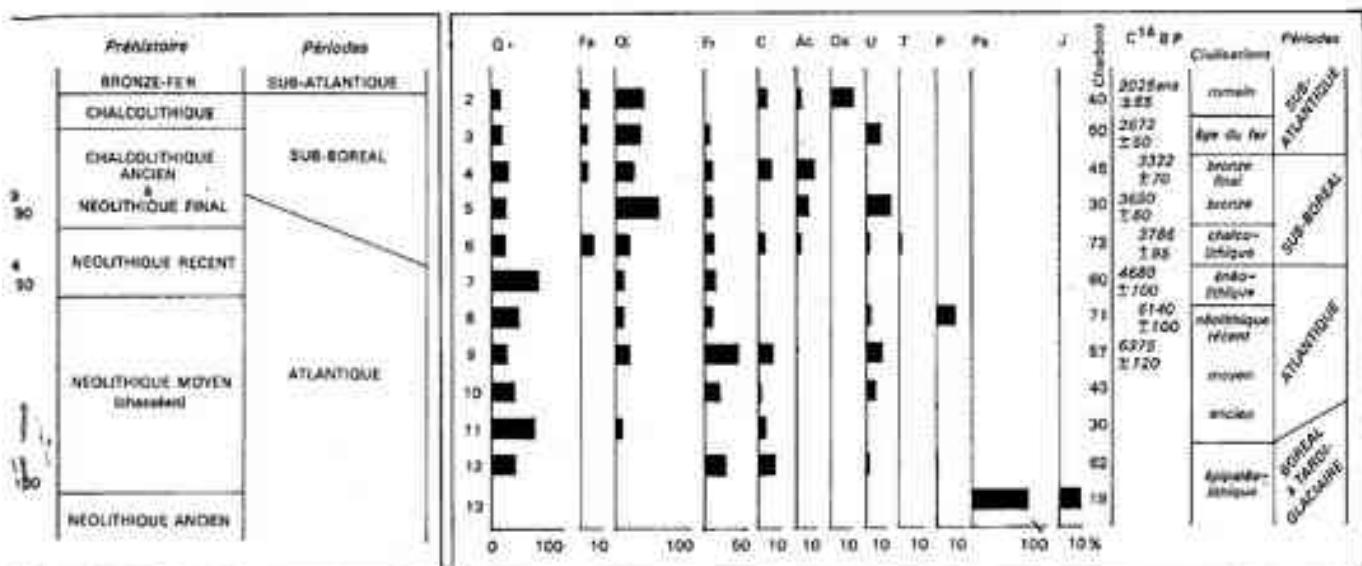
- le Mésolithique est la période des Genévriers, Pins sylvestres et, plus rarement Chênes à feuilles caduques. Le Buis est très discret alors que l'Amandier est bien représenté (association qui représente la transition entre les froids du dernier glaciaire et l'optimum climatique du Néolithique).
- dans une première partie du Néolithique, la chênaie caducifoliée s'impose, les associations précédentes étant éliminées. On note l'apparition du Chêne vert et du Noisetier. Le Buis demeure discret.
- vers la fin du Néolithique, entre 5 000 et 6 000 BP, le Buis voit sa fréquence augmenter progressivement, il devient prépondérant au Subboréal et Subatlantique alors que les Chênes caducifoliés régressent. Nul doute que cette extension du Buis ne corresponde à une pression plus forte des populations sur le milieu. La démographie augmente fortement, et la destruction des forêts caducifoliées développe la buxaie. D'autre part, en Languedoc et Provence, cette période voit augmenter l'élevage des ovi-capridés dont l'action dégradante sur le milieu est bien connue. A La Poujade, les premières traces de cultures sont connues d'un peu plus tard.

Fig. 6 - Diagramme anthracologique de la grotte de Font-Juvénal (Aude) : Q : *Quercus* sp. à feuillage caduc - Qi : *Quercus ilex* - B : *Buxus sempervirens* - Ac : *Acer* sp. - E : *Erica cf. arborea* - Ph : *Phillyrea* sp. - Vi : *Vitis cf. vinifera* - Pi : *Pistacia lentiscus* - Rh : *Rhamnus gr. saxatilis* - Pm : *Prunus mahaleb* - S : *Salix* sp. - (d'après J.L. Vernet, 1980).

Fig. 7 - Diagramme anthracologique de l'Arma du Nasino, Savone (Italie) : Q : *Quercus* sp. à feuillage caduc - Fa : *Fagus sylvatica* - Qi : *Quercus ilex* - Fr : *Fraxinus* sp. - C : *Corylus avellana* - Ac : *Acer campestre* ou *moussonii* - Os : *Ostrya carpinifolia* - U : *Ulmus* sp. - T : *Taxus baccata* - P : *Pistacia terebinthus* - Ps : *Pinus silvestris* - J : *Juniperus* sp. - (d'après J.L. Vernet, 1974).

Fig. 8 - Diagramme anthracologique de la grotte de La Poujade, Millau - Aveyron - (d'après I. Krauss-Marguet, 1981).





Les relations scientifiques du CNRS avec les pays en développement

La loi d'orientation et de programmation de la recherche a inscrit la coopération scientifique avec les pays en développement parmi les programmes mobilisateurs nationaux en matière de recherche. Le point des relations du CNRS avec ses partenaires du Tiers-Monde est présenté aux lecteurs du Courrier du CNRS.

Gilbert GALLO

Dans la tradition humaniste de ses fondateurs et dans le cadre de sa mission scientifique relative au développement et à la valorisation des connaissances sur le plan national et international, le CNRS entretient depuis de nombreuses années des relations scientifiques avec des organismes de recherche étrangers.

Séjours de courte et longue durée des chercheurs dans des laboratoires étrangers ou missions de terrain, accueil de chercheurs étrangers dans les laboratoires, organisation et participation à des réunions internationales (congrès, colloques, séminaires, tables rondes), participation à des programmes internationaux et à des sociétés internationales visant à la création puis à l'utilisation de grands instruments, constituent les formes variées de ces relations.

Sur 151 pays membres des Nations-Unies en 1982, une trentaine seulement sont des pays industrialisés. Les pays qui étaient définis comme pays en développement avant que des subdivisions plus fines soient introduites, représentent les trois quarts de l'humanité dans toute la diversité de leurs cultures, de leurs civilisations et de leur



Remontage au Musée de Louxor d'un assemblage de « talatat ». Ce grand mur peut être visité aujourd'hui. Il a une longueur de près de 20 m et donne une idée particulièrement vivante des scènes admirables d'Amenophis IV, que le travail patient des épigraphistes du Centre franco-égyptien a permis de reconstruire.

géographie. Aucune activité humaine, en particulier l'activité scientifique, dont l'interdépendance mondiale se vérifie chaque jour, ne saurait se concevoir en ignorant les trois quarts de l'humanité.

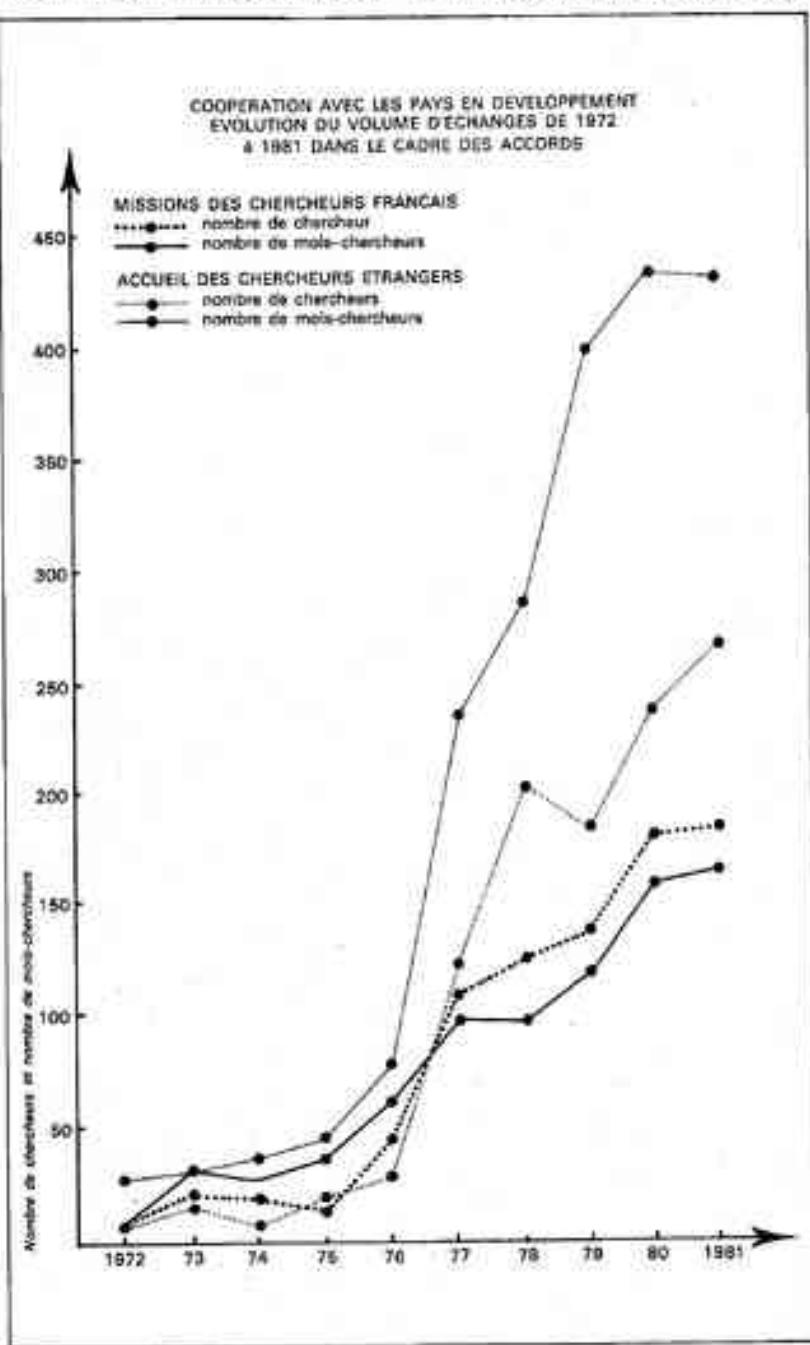
Si le rôle spécifique du CNRS conformément à sa mission, est clairement défini et rempli dans ses relations avec les pays industrialisés de haut niveau scientifique, ce rôle apparaît plus complexe parce que multiiforme dans les relations avec les pays en développement. La notion même de pays en développement recouvre des réalités différentes selon les critères d'appréciation. Les critères qui peuvent être retenus par un organisme de recherche fon-

damentale et multidisciplinaire comme le CNRS diffèrent selon l'existence ou l'absence de structures de recherche chez nos partenaires. La qualité de ces structures et la place de la politique de recherche dans les priorités nationales de ces pays, comptent également. Ces critères correspondent en gros à la subdivision entre « pays en voie d'industrialisation » et « pays les moins avancés ». Cette distinction commande la nature des relations qu'il est possible d'établir.

Le CNRS rencontre de véritables partenaires parmi les organismes de recherche des pays en voie d'industrialisation. Les accords généraux pluridisciplinaires sont bien adaptés à ce type

de relations. Un réel intérêt réciproque se dégage puisque chacun des deux partenaires est « receveur » dans certains programmes et « donneur » dans d'autres. Le CNRS a conclu des accords avec la plupart des pays récemment industrialisés, à quelques exceptions près concernant notamment l'Argentine, l'Indonésie, le Sénégal, le Venezuela, le Vietnam... En outre, l'établissement de liens privilégiés avec des partenaires étrangers fournit aux formations de recherche du CNRS, les moyens institutionnels de poursuivre ou d'engager des travaux à l'étranger dans les meilleures conditions. Selon les disciplines et les pays, certains programmes de coopération d'intérêt mutuel possèdent un aspect de développement technologique ou économique et social ; énergie solaire, études d'urbanisme, médecine tropicale.

Les pays les moins avancés, du fait de l'absence de structures de recherche et des priorités nationales orientées par nécessité vers la satisfaction des besoins de base en alimentation, santé, habitat, éducation, ne voient pas dans le CNRS un partenaire. Le CNRS peut néanmoins apporter sa contribution bilatérale ou multilatérale aux programmes intégrés d'aide et de développement qui possèdent un aspect de « recherche amont ». Le CNRS se doit également de répondre à la demande concernant la formation des futurs cadres de ces pays soucieux de se doter de spécialistes pour leur propre essor.



Les relations traditionnelles avec les pays en développement

Les relations des formations de recherche du CNRS, laboratoires propres et laboratoires associés, avec les pays en développement représentaient avant 1976 et continuent de représenter une part significative des activités des laboratoires dans le cadre de leurs programmes de recherche, ceci en dehors de toute action particulière d'incitation ou de soutien de la direction du CNRS. La part du budget du CNRS utilisée pour des recherches concernant les pays en développement a été estimée à 4 % en 1976. Ces relations sont toutefois assez sélectives, sectoriellement et géographiquement, comme l'a montré l'enquête réalisée en 1977 par le Service des relations internationales du CNRS auprès de l'ensemble des formations de recherche.

Le nombre annuel de missions dans les pays en développement était de l'ordre de 1 000 par an. 70 % des missions

étaient des missions de recherche, 20 % des missions d'enseignement, 10 % représentant la participation à des congrès, à des missions d'expertise...

Au plan sectoriel, l'enquête a mis en évidence la part prépondérante des actions de recherche en sciences humaines (plus de 50 %) suivies par les sciences de la terre et les sciences de la vie, et la part très faible de la physique et de la chimie.

Au plan géographique et toutes disciplines confondues, l'enquête a mantré la place essentielle du continent africain et de l'Océan indien francophone.

Dans le domaine de l'accueil de stagiaires étrangers, on a dénombré dans cette enquête 1 500 jeunes chercheurs en formation dans les laboratoires du CNRS, la plupart préparant une thèse de 3^e cycle. 40 % de ces stagiaires étrangers relevaient des sciences humaines et 60 % étaient répartis de façon presque homogène entre les différentes disciplines des sciences exactes et des sciences de la nature. Le CNRS jouait dans ce cas un rôle d'accueil et de formation, le financement de ces stages étant assuré soit par le Ministère

des affaires étrangères ou de la coopération, soit par le pays d'origine.

Plusieurs formations du CNRS sont depuis longtemps spécialisées dans les recherches concernant les pays en développement : le Centre d'études de géographie tropicale, le Laboratoire des langues et civilisations à tradition orale, le Groupement de recherches coordonnées « Himalaya Karakorum », le Laboratoire d'écologie tropicale.

D'autres formations dont les activités ne sont pas directement orientées vers les pays en développement sont devenues des partenaires privilégiés du Tiers-Monde : l'Ecothèque méditerranéenne, le Laboratoire des structures et bioénergétique des écosystèmes continentaux, le Laboratoire d'écophysiology de la reproduction des insectes, l'Institut de chimie des substances naturelles.

Cette enquête a mis en lumière deux aspects de ces relations : la notion de « terrain de recherche » où les actions entreprises à l'étranger correspondaient à des thèmes intéressant les activités des laboratoires ou des chercheurs, essentiellement en sciences humaines et

en sciences de la nature ; l'intérêt des stagiaires étrangers, de plus en plus nombreux à venir préparer un diplôme dans les laboratoires du CNRS, surtout en sciences exactes et en sciences de la nature.

Toutefois, peu d'actions de recherche ou de coopération pouvaient porter le nom de programme ayant simultanément les caractéristiques suivantes : un thème de recherche poursuivi pendant plusieurs années en liaison avec un partenaire étranger (organisme, laboratoire, université, chercheur), des missions de chercheurs français et l'accueil de stagiaires étrangers.

Cette situation ne répondait pas suffisamment au souci manifesté par les responsables de la recherche des pays en développement d'obtenir une meilleure participation de leurs structures de recherche, de leurs universitaires et de leurs chercheurs aux programmes poursuivis sur leur territoire ainsi qu'une meilleure information sur les résultats de ces recherches. En outre, les organismes récemment créés demandaient l'appui et l'expertise du CNRS pour la mise en place des structures elles-mêmes et pour la définition de leurs objectifs, ces objectifs devant presque toujours être en harmonie avec les priorités nationales de développement économique et social.

LISTE DES ACCORDS CONCLUS AVEC DES ORGANISMES DE RECHERCHE DES PAYS EN DEVELOPPEMENT

ACCORDS GENERAUX (AVEC ECHANGES DE CHERCHEURS)

- Algérie : Organisme national de la recherche scientifique (ONRS).
Brésil : Conseil national de développement scientifique et technologique (CNPq).
Chine : Académie Sinica.
Corée : Korean science and engineering foundation (KOSEF).
Cuba : Académie des sciences.
Egypte : Académie de la recherche scientifique et de la technologie.
Inde : Council of scientific and industrial research (CSIR).
Maroc : Centre national de coordination et de planification de la recherche scientifique et technique (CNCPRST).
Mexique : Conseil national pour la science et la technologie (CONACYT).
Tunisie : Direction de la recherche scientifique et technique (DRST).

ACCORDS CADRES (SANS BUDGET)

- Liban : Conseil national de la recherche scientifique (CNRS).
Niger : Université de Niamey.

ACCORDS SPECIFIQUES

- Energie solaire
Algérie : Organisme national de la recherche scientifique (ONRS).
Inde : Institut indien de technologie de New Delhi.
Iran : Centre de recherche sur les matériaux et l'énergie de l'université Arya Mehr de Téhéran.
- Documentation scientifique
Brésil : Conseil national de développement scientifique et technologique (CNPq).
- Etude géologique de l'Himalaya
Chine : Ministère de la géologie et Académie Sinica.
- Télécommunications
Iran : Société ARCHENS (Architecture engineering and tower planning consultants).
- Histoire de la science arabe
Syrie : Université d'Alep.

Les actions incitatives et les moyens nouveaux

Orientations et moyens

L'analyse de cette situation et la volonté d'accroître les relations scientifiques avec les pays en développement ont conduit la direction du CNRS, à partir de 1976, à adopter une politique volontariste destinée à infléchir ces relations dans quatre directions principales :

- le redéploiement géographique : les relations traditionnellement orientées vers les pays du Maghreb et l'Afrique Noire francophone sont élargies à l'Amérique Latine et à l'Extrême-Orient ;
- la diversification sectorielle : les relations qui étaient surtout le fait des sciences humaines et des sciences de la nature sont ouvertes aux sciences exactes, sciences physiques pour l'ingénieur, énergie solaire, chimie ;
- la formation, facteur fondamental de réussite en matière de coopération : selon les cas et les disciplines, formation dans les laboratoires du CNRS en France ou association étroite aux programmes de recherche poursuivis dans les pays concernés ;

• la publication des résultats des recherches et la diffusion de l'information scientifique : éléments sans lesquels tout travail de recherche fut-il essentiel dans le développement des connaissances, reste pratiquement stérile s'il n'est pas valorisé par une large diffusion. Les pays en développement ne sauraient rester à l'écart des grands courants modernes de l'information scientifique.

Cette politique volontariste se traduit dans les directions scientifiques du CNRS, surtout en sciences humaines et en sciences de la terre par un regroupement pluridisciplinaire des formations de recherche et des chercheurs selon des orientations thématiques : introduction de la notion d'aire culturelle et d'aire géographique (Amérique latine, Monde arabe, Asie-Océanie, Afrique-Océan indien), création de laboratoires réseaux tel que les « Groupements de recherches coordonnées » (GRECO « Himalaya Karakorum ») et les Groupements d'intérêt scientifique » (GIS « Méditerranée »).

Pour mettre en œuvre cette priorité, le Service des relations internationales du CNRS s'est doté à partir de 1976 d'une équipe spécialisée. Des crédits d'incitation et de soutien ont été inscrits au budget du CNRS à partir de 1977, sous la forme d'une Action thématique programmée « Pays en développement » (ATP « PVD ») d'un montant de trois millions de francs, reconduite chaque année.

Résultats

Les échanges et la coopération avec les principaux pays du Tiers-Monde doivent leur développement aux accords pluridisciplinaires signés avec les partenaires étrangers. Ces accords permettent les échanges de chercheurs sur la base de programmes conjoints de recherche.

Avant 1975, on comptait trois accords entre le CNRS et des organismes des pays en développement en regard des vingt-six accords conclus avec des organismes de pays industrialisés. En 1982, on en compte douze avec les pays en développement et vingt-neuf avec les pays industrialisés (cf. liste en encadré et tableaux I et II sur l'évolution quantitative des échanges de 1972 à 1981).

Ces accords généraux ont permis de répondre au souci de redéploiement géographique : les relations, naturellement orientées par la francophonie et le passé historique de la France sont élargies à l'Extrême-Orient (Inde, Chine) et à l'Amérique latine (Brésil), renforcées

et institutionnalisées avec les partenaires d'Afrique du Nord (Algérie, Tunisie, Maroc).

Ces accords généraux ont également permis la diversification sectorielle. La vocation pluridisciplinaire du CNRS qui couvre tout le champ des connaissances permet aux accords généraux d'offrir à chacun des partenaires un réel intérêt réciproque. Tous les secteurs scientifiques du CNRS participent à ces échanges qui ont permis d'introduire de nombreux domaines nouveaux dans la coopération avec le Tiers-Monde. Certains programmes sont particulièrement exemplaires des nouvelles priorités :

- plusieurs thèmes de mathématique et plusieurs domaines de physique fondamentale avec la Chine, le Brésil, l'Inde ; les très basses températures avec le Mexique ;
- différents domaines de l'électronique, de la robotique, et de l'automatique avec le Brésil et l'Egypte ;
- la catalyse et la pétrochimie avec le Mexique et le Venezuela, les terres rares avec le Brésil, les substances naturelles avec l'Algérie et la Tunisie ;
- des études épidémiologiques sur le cancer du rhino-pharynx avec la

Inde et la Malaisie ;

- plusieurs programmes d'astronomie avec le Brésil et l'Inde et de nombreux programmes en sciences de la terre avec le Brésil (géochimie, géophysique, géomorphologie), le Mexique (sismologie, volcanologie), l'Algérie (sismologie), l'Indonésie (volcanologie) ;

- l'écologie, la biologie et l'agronomie sous des climats variés comme par exemple le programme d'écologie des forêts tropicales poursuivi en collaboration avec l'Office de la recherche scientifique et technique d'Outre-mer (ORSTOM) à Manaus au Brésil auprès de l'Institut national de recherches de l'Amazonie ; différents programmes relatifs à la biologie des zones arides et à l'aridité en milieu tropical poursuivis avec l'Algérie et la Tunisie ; un programme sur la fusariose, une maladie cryptogamique du palmier, avec l'Algérie ; plusieurs programmes d'écologie avec l'Institut d'écologie de Mexico ainsi que les études sur le cycle biologique des insectes dévastateurs de cultures ou de récoltes avec le Mexique ;

• des études épidémiologiques sur le cancer du rhino-pharynx avec la

REPARTITION PAR SECTEURS SCIENTIFIQUES DES MISSIONS REALISEES DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT EN 1980
(Toutes sources de financement)

SECTEURS SCIENTIFIQUES	NOMBRE DES MISSIONS
Mathématiques et Physique de base	40
Sciences Physiques pour l'ingénieur	83
Chimie	61
TOAE	253
Sciences de la vie	187
Sciences Sociales et Humaines	529
Total	1 107

LES QUINZE PAYS EN DEVELOPPEMENT DANS LESQUELS ONT ETE EFFECTUEES LE PLUS DE MISSIONS EN 1980
(Toutes sources de financement)

PAIS	SCIENCES EXACTES*	TOAE	SCIENCES DE LA VIE	SCIENCES SOCIALES ET HUMAINES	TOTAL
Tunisie	42	23	34	28	127
Algérie	21	20	22	30	93
Brésil	21	6	10	28	63
Maroc	11	30	8	10	59
Inde	11	6	9	29	55
Egypte	9	1	5	35	50
Chine	14	19	6	9	48
Mexique	17	4	9	19	55
Côte d'Ivoire	-	2	19	12	33
Sénégal	2	8	4	16	30
Pérou	3	4	-	15	22
Chili	1	8	5	7	21
Ethiopie	-	0	-	12	21
Syrie	-	5	1	15	21
Népal	1	10	1	8	20
Total	163	156	130	269	708

* Mathématiques et Physique de base, Sciences Physiques pour l'ingénieur, Chimie et TOAES.



Mise en place d'un sismographe dans la région de Naqu au Tibet (Chine). Programme franco-chinois d'étude géologique de l'Himalaya-Tibet (accord CNRS-Ministère chinois de la géologie et Académie Sinica). (Photo I. Bijon).

Chine, certaines parasitoses tropicales avec le Brésil, d'importants programmes de médecine avec l'Algérie et la Tunisie ;

- l'énergie solaire avec de nombreux pays : études socio-économiques avec le Brésil, l'Inde, le Mexique, le Sénégal ; expérimentation sous climats variés du prototype de générateur photovoltaïque sous concentration « SOPHOCLE » avec l'Algérie, le Brésil, l'Inde, le Mexique, le Sénégal, l'Arabie Saoudite ; coopération sur le générateur thermodynamique « PERICLES » avec le Brésil ;
- programme de géographie urbaine, industrielle, rurale avec l'Algérie, le Mexique, le Brésil ; d'économie avec le Brésil, le Mexique ; d'informatique juridique avec le Mexique ; de sociologie avec le Mexique, l'Inde ;
- études historiques et archéologiques avec le Mexique ; linguistique avec le Brésil ; préhistoire et anthropologie avec l'Indonésie et le Brésil ;
- information scientifique et technique avec la Tunisie, le Brésil.

Ces accords ont permis un effort accru de coopération en sciences exactes ; ils ont favorisé le développement des sciences humaines jadis orientées par tradition vers le passé et la culture (archéologie et préhistoire) et désormais préoccupées des applications aux problèmes actuels du Tiers-Monde tels que le développement urbain, la socio-logie, l'éducation. Dans certains cas, le succès des programmes a conduit à un jumelage de fait des laboratoires partenaires. Ces travaux menés en association conduisent naturellement à des

échanges de publication et de documentation et à des publications communes dans les revues spécialisées.

La procédure de mise en œuvre s'est montrée féconde : les programmes étant établis conjointement par les laboratoires avec leurs partenaires étrangers, la sélection unilatérale par chacun des organismes étant suivie d'un arbitrage en commun, les accords permettent de ne retenir que des programmes de qualité, correspondant aux priorités des deux organismes qui sont souvent pour le partenaire, des priorités nationales. Deux exemples : le programme de sismologie poursuivi avec l'Algérie après le séisme d'El Asnam ; les études sur le cancer du rhinopharynx avec la Chine. Le déroulement de ces programmes de recherche est attentivement suivi, d'une année à l'autre, par les équipes partenaires et leurs organismes de tutelle.

Les accords de coopération avec les pays en développement du fait des moyens supplémentaires qu'ils offrent aux chercheurs sont d'autant plus utiles et appréciés par les laboratoires français, que les pays partenaires sont lointains, d'un accès difficile ou soumis à une réglementation stricte. Avec l'Algérie et la Tunisie, les accords ont surtout permis d'organiser les échanges ; avec le Brésil et surtout avec la Chine, les accords ont permis l'existence même des échanges.

Le nombre élevé de programmes retenus chaque année avec l'ensemble des organismes partenaires ne doit pas être jugé comme une dispersion des efforts et des moyens. Le rôle du CNRS

comme organisme de recherche fondamentale est d'apporter sa contribution à l'établissement d'un tissu scientifique chez nos partenaires et de faciliter la collaboration entre laboratoires. Le CNRS n'est pas un organisme d'aide au développement possédant des moyens importants à engager sur quelques programmes de développement.

La formation des jeunes chercheurs originaires des pays en développement est l'une des actions les plus efficaces pour nouer des liens à long terme et aider nos partenaires du Tiers-Monde à s'engager dans un développement auto-centré, organisé par leurs propres cadres selon leurs priorités de leurs contraintes nationales.

Les moyens offerts par les accords de coopération sont venus s'ajouter aux possibilités existantes pour l'accueil de boursiers étrangers (auparavant, essentiellement financés par le Ministère des affaires étrangères ou de la coopération, ou par leur propre gouvernement). Les jeunes chercheurs accueillis à ce titre reçoivent un complément de formation par la recherche ou à la recherche (préparation de thèses de 3^e cycle, de docteur-ingénieur, ou même de thèse d'Etat) ou une spécialisation dans un domaine précis. La procédure adoptée dans le cadre des accords facilite le choix conjoint des meilleurs jeunes chercheurs étrangers et le séjour dans un laboratoire pour participer à un programme bilatéral permet aux stagiaires de travailler sur un sujet intéressant leur organisme d'origine avec lequel ils restent en rapport. Cela facilite en particulier leur ré-

Pompe solaire du village de Sarwal (Etat du Bihar, Inde) financée par le Comité français contre la faim et installée dans le cadre du programme « Applications solaires dans les villages de l'Inde » (ASVIN) pour l'étude de l'impact économique et socio-culturel d'une innovation technologique : programme de coopération entre le PIRSEM du CNRS, le Department of science and technology indien (DST) et le Xavier Institute of social service (XISS) de Ranchi. (Photo D. Blamont).



insertion au retour dans leur pays.

Outre le financement de programmes bilatéraux et une importante action de formation des hommes, l'ATP « Pays en développement » a également été utilisée pour financer des opérations spécifiques : alors que les accords de coopération sont pluridisciplinaires et correspondent à un engagement financier réciproque, en général avec tacite reconduction entre les deux organismes partenaires, les interventions à l'étranger rassemblées sous le nom « d'opérations spécifiques » sont des actions plus ponctuelles, correspondant à des programmes particuliers de durée limitée, engagés chacun sur un thème de recherche spécifique. Ces opérations peuvent faire ou non l'objet d'un protocole avec un partenaire étranger.

Ces opérations ont été souvent facilitées par l'existence préalable d'accords de coopération : énergie solaire avec l'Algérie, le Brésil, l'Inde et le Mexique, étude géologique de l'Himalaya avec la Chine, documentation scientifique et technique avec le Brésil. Plus de trente opérations spécifiques ont été financées de 1977 à 1982 (celles qui ont fait l'objet d'un accord bilatéral sont indiquées en encadré).

L'ensemble de ces relations a été développé en liaison étroite avec les ministères concernés, relations extérieures et coopération. Les commissions mixtes intergouvernementales sont l'occasion de présenter les activités du CNRS avec ses partenaires étrangers. Les structures spécialisées, tel le Comité de coordination des recherches menées en coopération avec les pays en

développement créé auprès de la Direction générale à la recherche scientifique et technique en 1977, ont également permis une meilleure connaissance et concertation interorganismes. Le Ministère des affaires étrangères ou celui de la coopération a largement contribué politiquement et financièrement au succès de plusieurs programmes importants comme la coopération franco-chinoise sur la géologie de l'Himalaya, lancée il y a deux ans et qui apporte déjà des résultats scientifiques très importants qui ont fait l'objet de deux colloques bilatéraux et de publications conjointes.

L'avenir

Dans l'évolution des relations Nord-Sud ou tricontinentales qui sont l'objet depuis plusieurs décennies de l'attention active des Etats, des organisations internationales et des organisations non gouvernementales, beaucoup a été dit et beaucoup a été fait devant les difficultés rencontrées dans les transferts de technologie considérés comme élément vital de solution au problème mondial du sous-développement.

Pour sa part et conformément à sa mission, le CNRS entretient des relations déjà importantes avec le Tiers-Monde, mais beaucoup reste à faire pour répondre à la demande de ses différents partenaires. Conscient de la nécessité de l'extension de ces relations, la direction du CNRS a créé un Comité de coopération avec les pays en développement. Ce Comité associe l'ensemble des directions scientifiques

du CNRS dans une réflexion sur les actions déjà conduites et sur les actions à entreprendre en veillant à leur harmonisation avec le programme mobilisateur « Pays en développement » du Ministère de la recherche et de l'Industrie.

Au-delà des programmes de coopération, la formation à la recherche ou par la recherche, se situant après la sélection du second cycle universitaire est un aspect capital des relations du CNRS avec l'ensemble des pays en développement. C'est sans aucun doute l'aspect le plus important à long terme puisqu'il porte sur les hommes. Ces hommes qui sont les futurs cadres scientifiques mais aussi très souvent, les cadres politiques au sens large, c'est-à-dire habilités à prendre les décisions importantes pour leur pays, dans le monde de demain.

Que faire et que proposer pour que les meilleurs jeunes chercheurs des pays en développement choisissent la France pour leur formation supérieure ou leur spécialisation ? Telle est la question essentielle à laquelle le CNRS se doit de répondre.

BIBLIOGRAPHIE

- J. Lescure et coll., *Face aux Fauts : pour une maîtrise du vicissitudinal et une gestion de l'imprévisible*, OCDE, 1979.
- D.C. Lambert, *Le cumulisme technologique du Tiers-Monde*, Economica (1979).
- A.M. Le Dain, « Les géologues français au Tibet », *Pour la science*, 57, 8-9 (1982).
- Commission française pour l'UNESCO, *Contribution au plan à moyen terme de l'UNESCO : 1984-1989* (Paris, 1983).
- G. Raudin de Thé, « Épidémiologie et recherches d'associations entre virus et cancer », *Le Courrier du CNRS*, n° 34, 14-19 (1979).



Le programme interdisciplinaire de recherches sur les bases scientifiques des médicaments (PIRMED)

Créé en 1978, le PIRMED a pour objectifs essentiels de coordonner un certain nombre de recherches sur le médicament réalisées dans les laboratoires publics et de favoriser les échanges scientifiques entre les chimistes, les biochimistes, les biologistes, les pharmacologues et les médecins cliniciens qui constituent la chaîne du médicament.

Pierre POTIER, Henri-Philippe HUSSON, Nicole POUHEY

Depuis quelques années, l'effort de recherche du CNRS est caractérisé par le regroupement de chercheurs ou d'équipes sur des thématiques prioritaires et pluridisciplinaires.

L'innovation thérapeutique constitue l'un de ces thèmes et devrait conduire, à terme, à d'importantes retombées sociales et économiques :

- par la découverte de médicaments nouveaux, en particulier pour traiter des maladies encore incurables et profiter ainsi à l'ensemble de la Nation ;
- par le renforcement du secteur pharmaceutique industriel, fortement exportateur et source d'investissements, donc de création d'emplois ;
- cet effort peut, en outre, contribuer efficacement au rayonnement de notre pays à travers le monde.

Le CNRS, en tant qu'organisme public de recherche, doit tenir compte de ce double impact social et économique et participer, pour ce qui le concerne, en liaison étroite avec les autres partenaires impliqués, au progrès de la recherche thérapeutique.

D'un point de vue historique, une grande partie des médicaments dont nous disposons actuellement provient essentiellement de l'héritage des pharmacopées traditionnelles et du triage pharmacologique systématique des molécules d'origine naturelle ou synthétisées par les chimistes. Ces deux sources ont fourni plusieurs milliers de préparations efficaces, mais l'existence même de ce très riche patrimoine rend la découverte de nouvelles substances actives de plus en plus ardue et d'un

financement de plus en plus lourd. La recherche pharmaceutique classique se transforme donc profondément et laisse peu à peu place à une approche rationnelle, basée sur les progrès de la biologie et sur l'apparition d'une technologie de plus en plus raffinée : conception assistée par ordinateur ; établissement de relations entre structure et activité biologique ; identification de groupements pharmacophores ; isolement des médiateurs et des récepteurs ; études pharmacocinétiques... La contrepartie des immenses progrès ainsi réalisés est que le chimiste, qui demeure, un élément certes essentiel, doit s'insérer dans une équipe pluridisciplinaire dont chaque composante participe, selon ses compétences, à la mise au point de produits nouveaux.

Les antibiotiques

Les antibiotiques actuellement utilisés en thérapeutique se classent, pour leur grande majorité, en deux grandes familles : les -lactames (auxquels appartient la pénicilline) et les aminoglycosides dont le chef de file a longtemps été la streptomycine.

Il existe, de plus, quelques autres antibiotiques importants appartenant à des classes chimiques variées. Malheureusement, les bactéries « s'adaptent » à ces antibiotiques et certaines souches deviennent totalement résistantes (1) à tous les antibiotiques connus.

La mise au point incessante de nouveaux antibiotiques est donc motivée par la raison que nous venons d'exposer succinctement, mais également par la recherche de molécules moins toxiques.

Les domaines d'action

Le PIRMED se préoccupe plus particulièrement de soutenir, dans chacun des thèmes privilégiés, des recherches pouvant aboutir, à terme, à la découverte et à la mise à disposition du corps médical de nouveaux médicaments.

Les antiinflammatoires

La pathologie inflammatoire est variée : les maladies rhumatismales représentent une part importante de l'inflammation chronique, mais bien des organes peuvent être lésés (rein, cœur, vaisseaux).

THEMES PRIVILEGIÉS ET MODES D'ACTION

Quatre thèmes principaux ont été retenus en fonction de leur importance thérapeutique et des développements prévisibles :

- Antibiotiques, antitumoraux, antiparasitaires, antiinflammatoires.
- Immunomodulateurs.
- Neurodrogues.
- Génie génétique (pour ses retombées dans le domaine du médicament).

Dans chacun des thèmes privilégiés cités précédemment, le PIRMED intervient par le biais d'actions de soutien programmé (ASP), tout en préservant le caractère confidentiel des recherches, et finance, en accord avec les directions scientifiques concernées (essentiellement « chimie » et « sciences de la vie »), les projets retenus.

Le PIRMED joue également un rôle moteur dans la conception et le développement de grandes opérations régionales, telle l'opération pilote à Montpellier.

Enfin, et dans toute la mesure du possible, le PIRMED assure l'interface entre les laboratoires du secteur public et ceux du secteur industriel.

□ Groupe de direction du Programme interdisciplinaire de recherches sur les bases scientifiques des médicaments - Paris -

◀ Collection de plantes médicinales du Muséum national d'histoire naturelle.

Les phénomènes inflammatoires sont liés à la libération de « médiateurs » (kinines, amines vasoactives, prostaglandines, PAF-acéthé...). Les médicaments antiinflammatoires agissent, soit en bloquant la synthèse et/ou la libération des médiateurs, soit en neutralisant leurs effets. Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (type aspirine) et les corticostéroïdes constituent les médicaments actuellement disponibles. De nombreuses études ont pour objet, leur développement et l'amélioration de leur efficacité thérapeutique.

Les antitumoraux

La chimiothérapie des cancers chez l'Homme repose actuellement sur l'emploi d'une trentaine de drogues. Parmi les produits actifs, ou leurs dérivés, isolés de plantes ou synthétiques, certains font actuellement l'objet d'une série d'études financées par le PIRMED.

Le PIRMED s'intéresse également à la mise au point de modèles expérimentaux prédictifs spécifiques (chimiothérapie et immunothérapie des cancers).

Les immunomodulateurs

Cette nouvelle classe d'agents thérapeutiques suscite de grands espoirs. La modulation des réactions immunitaires de l'organisme pourrait apporter des résultats intéressants dans des domaines variés tels que la rhumatologie ou les allergies (dont certaines, comme l'asthme, peuvent être très invalidantes). Enfin, quelques immunomodulateurs interviennent déjà comme adjutants dans le traitement des maladies tumorales.

Les neurodrogues

L'une des préoccupations actuelles dans ce domaine consiste à rechercher de nouvelles classes pharmacologiques d'analgésiques sans effet dépresseur respiratoire (comme c'est le cas pour la morphine). Cette démarche suppose une meilleure connaissance des mécanismes de la douleur. Des perspectives très encourageantes sont apparues depuis la découverte des neuropeptides à effet modulateur. Il s'avère que les mécanismes de la douleur sont sous l'influence d'au moins deux grands types de neuromodulateurs : la substance P et les enképhalines. La substance P facilite le passage de l'flux nerveux «douloureux», les enképhalines le freinent pendant un temps bref, puis sont dégradées par des enzymes spécifiques : les enképhalinases.

Le PIRMED apporte déjà son sou-

VIN DALLIER

— AUX PRINCIPES ACTIFS DE —

Quinine jaune Royal
Eau fraîche
Cognac du Pérou
Écorces d'orangers amères
Glycérine phosphatée tirée

Prix du Flacon : 4 h. 28
Les 2 Flacons : 13 h.

DANS

Anémie
Affaiblissement
Croissance rapide
Chlorose
Convalescences
Épuisement
Maladies de langueur
Neurasthénie

Digit envoi: PHARMACIE DALLIER,

Un recompositant du début du siècle... (illustration tirée du bulletin de la Société d'histoire de la pharmacie n° 251 – décembre 1981, reproduite avec l'aimable autorisation de la direction de la revue).

tien aux équipes travaillant dans ce domaine.

En ce qui concerne les inhibiteurs d'enképhalinas, des résultats très encourageants ont d'ores et déjà été obtenus et un produit, le « Thorphan », et d'autres composés voisins semblent prometteurs.

La génie sémétiaue

Plusieurs initiatives importantes ont été prises en France, assez récemment, dans le souci de coordonner les efforts de recherche dans ce domaine fort important : création du Groupement de génie génétique (G3), Transgène, Génética.

Le PIRMED s'est fixé comme but de susciter parmi quelques équipes de chimistes, un intérêt pour la synthèse des oligonucléotides nécessaires aux biologistes. On peut considérer que le but a été déjà en partie atteint. Il est certain que ce domaine particulièrement important retiendra encore toute notre attention.

Une opération régionale exemplaire : le Centre de pharmacologie-endocrinologie

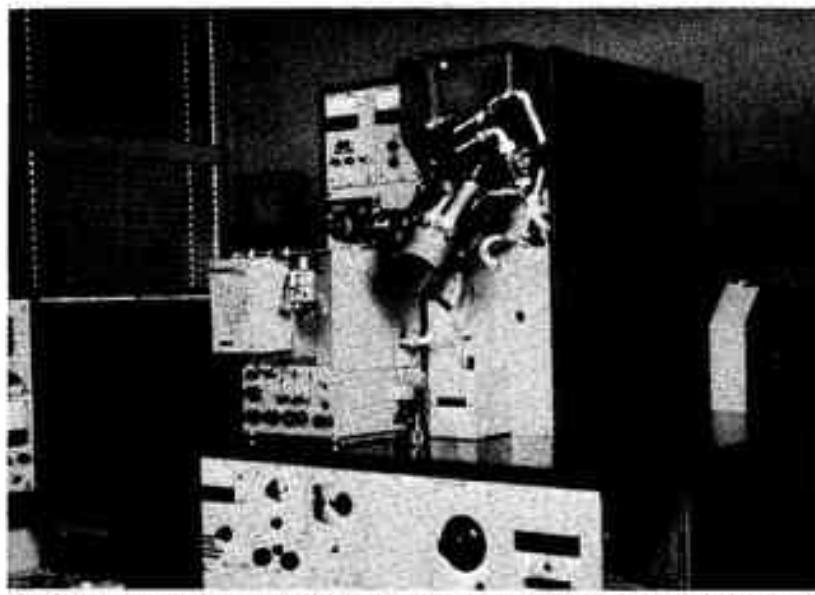
Au cours des dernières années, le CNRS avait créé, puis développé le Laboratoire de pharmacologie et de toxicologie fondamentales, à Toulouse. Ce laboratoire peut être considéré, sous divers aspects, comme ce qu'il convient de faire dans le domaine de la recherche thérapeuti-

que : décentralisation d'équipes ou de chercheurs d'origine parisienne - constitution d'équipes groupées sur des thèmes d'intérêt majeur - recherche de nouveaux antitumoraux, de nouveaux analgésiques et toxicologie des produits - collaboration fructueuse, non seulement avec des équipes universitaires déjà implantées à Toulouse, mais aussi avec les chercheurs du secteur industriel (SANOFI).

Fort de cette première expérience réussie, le PIRMED a renouvelé ce type d'opération à Montpellier, en créant le « Centre de pharmacologie-endocrinologie CNRS-INSERM de Montpellier ».

Les mutations scientifiques

Parmi le type de molécules qui véhiculent l'information des régulations physiologiques dans l'organisme, la classe des peptides occupe une place très importante. Au cours de la dernière décennie, de nombreux peptides biologiquement actifs ont été découverts (neuromodulateurs, neurotransmetteurs, hormones peptidiques produites par le tractus digestif, etc.). Les recherches dans le domaine de la pharmacologie de ces peptides posent, à toutes les étapes, un ensemble de problèmes spécifiques : identification de nouveaux peptides, étude de leurs mécanismes d'action au plan biochimique et moléculaire, conception « d'outils pharmacologiques ». Ces particularités impliquent la contribution de disciplines complémentaires pour assurer la préparation de peptides par synthèse totale, la production d'analogues structuraux, le marquage de molécules à



Diffractomètre à rayons X pour l'étude des structures cristallines (Institut de chimie des substances naturelles - Gif-sur-Yvette).

haute radioactivité spécifique lequel requiert, dans beaucoup de cas, la synthèse des précurseurs appropriés. L'étude du mécanisme d'action des peptides et de leur métabolisme exige, quant à elle, le recours à un large éventail de méthodes et de techniques qui font appel à la biochimie, la biologie cellulaire, la physiologie... Il est clair qu'il y a actuellement en France peu d'équipes constituées au sein desquelles l'ensemble de ces compétences soit réuni sur un thème que l'on peut considérer comme important tant en biologie fondamentale, que dans le domaine des applications pharmacologiques potentielles. De cette constatation est née l'idée de réunir en un même lieu, un ensemble de telles équipes (chimistes, biologistes) dont l'activité se trouvait déjà orientée vers le domaine de la pharmacologie des peptides au sens large. Cette opération, importante par ses implications financières et humaines (transfert des personnels en particulier), était difficilement concevable sans la mise en commun d'un certain nombre de moyens. C'est sur ces bases que le CNRS et l'INSERM ont décidé de la création de ce centre.

Les raisons du choix

Les raisons qui ont déterminé le choix de Montpellier pour l'implantation du Centre de pharmacologie-endocrinologie sont multiples et convergentes : tout d'abord, la disponibilité d'une structure d'accueil de bonnes dimensions, mais aussi et surtout, l'existence d'un environnement scien-

tifique conséquent et particulièrement favorable. En effet, se trouvent réunis à Montpellier :

- une école nationale supérieure de chimie dans laquelle se développe un enseignement axé sur la biologie ;
- un DEA d'endocrinologie qui est le seul pour cette région (et auquel le centre se propose de participer par le biais de conférences et l'accueil de stagiaires) ;
- de nombreux laboratoires dépendant, tant de l'université, de l'INSERM que du CNRS et qui constituent la « masse critique » indispensable, les orientations du centre étant complémentaires des leurs ;
- enfin, la présence du centre de recherches des laboratoires Clin-Midy, groupe SANOFI, qui travaille sur les problèmes de la pharmacologie des peptides et qui apporte, par là-même, une ouverture intéressante sur le domaine des applications. Une collaboration s'est déjà instaurée entre les deux laboratoires et porte sur un petit nombre de thèmes bien circonscrits. L'expérience qui sera acquise permettra de mieux préciser les modalités d'une collaboration éventuelle à plus long terme.

La mise en place du Centre de pharmacologie-endocrinologie

Cette mise en place a nécessité le concours de différents organismes : une structure relativement originale a été définie dans le cadre d'une convention INSERM-CNRS. Le PIRMED a joué un rôle essentiel dans cette opération dont il a été l'initiateur.

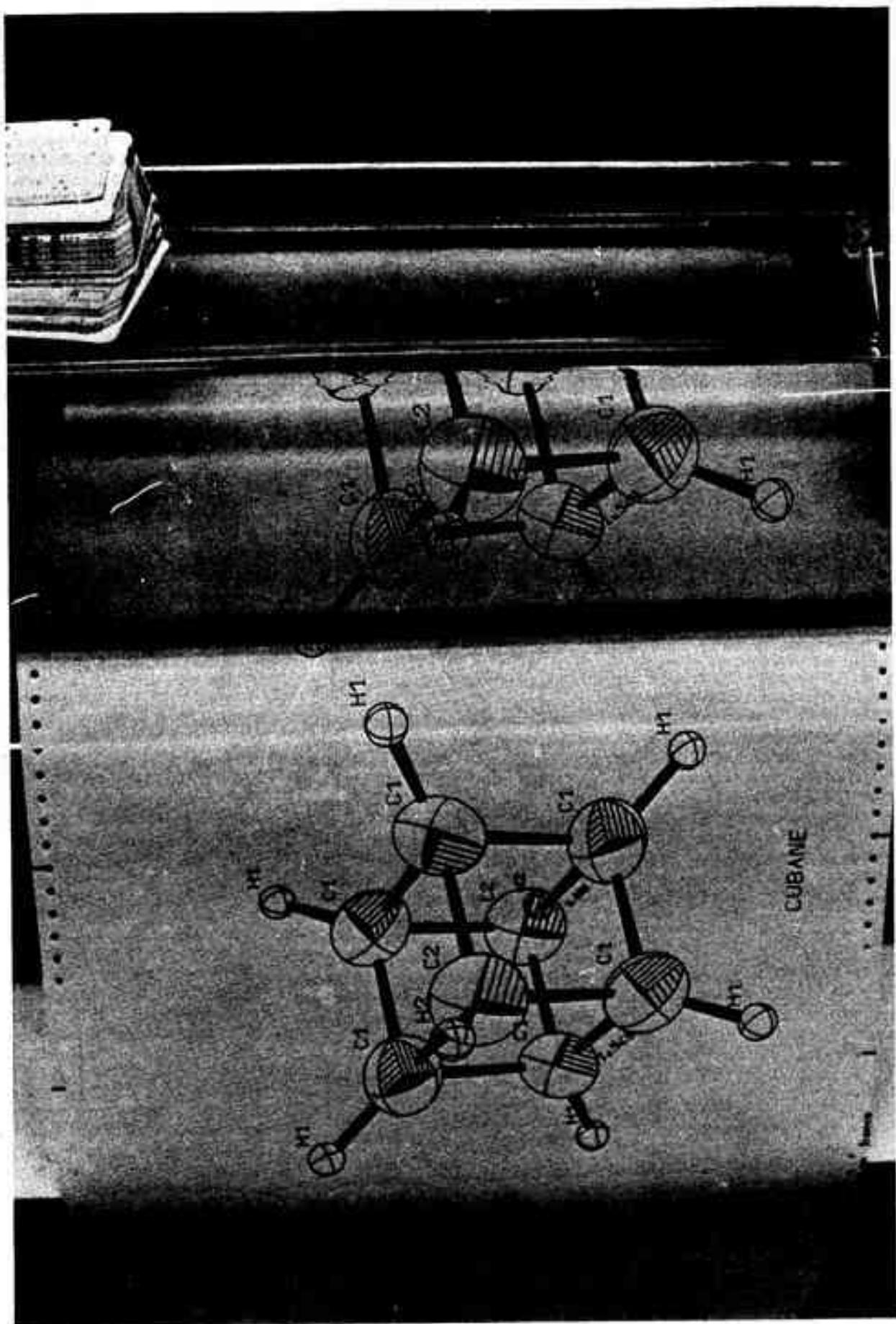
Avec l'aide des secteurs « chimie » et « sciences de la vie » du CNRS, le PIRMED a dégagé les crédits nécessaires à l'installation et à l'équipement des locaux. Une subvention exceptionnelle d'un million de francs accordée par le Conseil général de l'Hérault, a permis l'acquisition d'un appareil de résonance magnétique nucléaire. Enfin, ce projet a bénéficié également de l'appui de la Délégation générale à la recherche scientifique et technique.

Cet aperçu, nécessairement schématique, des activités du PIRMED illustre néanmoins le rôle incitatif que joue un Programme de cette nature, soit par le biais du développement de grandes actions de regroupement autour d'un thème scientifique porteur, soit grâce aux aides financières qu'il dispense et qui ont permis le démarrage ou la poursuite de travaux prometteurs.

En collaboration avec d'autres structures qui existent déjà ou qui vont se mettre en place, le PIRMED devrait également jouer un rôle utile de conseiller auprès des instances compétentes, chargées d'harmoniser les recherches accomplies dans les laboratoires du secteur public et dans ceux des groupes pharmaceutiques récemment nationalisés.

L'industrie pharmaceutique française occupe, au niveau mondial, la cinquième place (ex aequo avec la République fédérale d'Allemagne) derrière les Etats-Unis, la Suisse, la Grande-Bretagne et le Japon. Un objectif plausible est de lui faire régagner deux places. Cet objectif peut être atteint à condition qu'une concertation sérieuse s'établisse entre les différents partenaires impliqués et les organismes ou structures dont ils dépendent. De nombreuses équipes de chercheurs de grande valeur existent, tant dans le secteur public que dans le secteur industriel.

Un effort de coordination suffisamment puissant et de durée raisonnable (cinq à dix ans) permettrait d'atteindre l'objectif envisagé. Cet effort devrait aussi porter sur la formation de personnels, en particulier dans les domaines, jusqu'ici considérés comme déficients, de la recherche thérapeutique française, toxicologie, pharmacologie clinique.



Les moyens informatiques, outils de recherche

Les moyens informatiques consacrés à la recherche ne constituent plus qu'une très faible part des moyens utilisés dans le pays.

Il importe, au plus tôt, de combler une part significative du grand retard accumulé par rapport à nos plus proches voisins et de mettre les chercheurs en informatique notamment, dans de bonnes conditions pour une participation active à la définition et à la réalisation d'une politique nationale.

Informatique et recherche

Le rôle de l'informatique dans la recherche n'a cessé de se développer et de se diversifier. A ses débuts, l'ordinateur était surtout un outil de calcul qui permettait d'exécuter dans un temps fini et raisonnable des opérations arithmétiques et algébriques qu'on aurait pu réaliser à la main dans un temps démesuré à l'échelle humaine. Ce type d'utilisation qui va en s'amplifiant demande des organes de calcul effectuant des nombres toujours plus grands de MIPS (1).

Mais maintenant ce n'est plus qu'un des aspects du rôle de l'informatique. L'ordinateur est devenu un outil d'expérience. L'expérimentation classique peut devenir impossible, soit que les conditions physiques sont impossibles à réaliser en laboratoire, soit que les phénomènes sont trop faibles ou trop rapides pour pouvoir être mesurés, ou qu'ils soient excessivement complexes mettant en jeu un grand nombre de paramètres. On a alors recours à l'élaboration de modèles et à la mise à l'épreuve de ces modèles tant explicatifs que prédictifs.

Dans tous les secteurs de la recherche, la masse des données a considérablement augmenté, qu'il s'agisse de la systématisation des enquêtes dans les sciences sociales, ou de l'intégration de systèmes automatiques d'acquisition en instrumentation scientifique. Pour stocker ces données, les traiter, les classer, les mettre à la disposition de

□ Ce texte, présenté au comité de direction du CNRS du 22 juillet 1982, a été rédigé par Jacques Boulesteix, Michel Combarouss, Janine Connes, Jacques d'Olier, Paul Falk Vairant, Georges Monsonégo, Jean-Claude Ribet, Yves-André Rocher, Gérard Roucaïrol et Philippe Salzedo.

EQUIPEMENT DES CENTRES DE CALCUL « RECHERCHE » FRANÇAIS
(Installations militaires exclues)

TABLEAU 1 : UNIVERSITÉS ET CNRS

Installation-Entreprise	Matériel/Fournisseur	Puissance EN MIPS
CCPN	CYBER 750 CDC	4,3
CIRCE	370/168 IBM + 470 V7 AMDAHL	8,1
CNUSC	3033 IBM	5,4
GRENOBLE	DPS8/TRI - CII-HB	2,4
ORsay	1110/81 - UNIVAC	4,5
RENNES	DPS8/81 - CII-HB	2,4
STRASBOURG	ENS SUP./CNRS 1110/81 - UNIVAC	3,1
CITIZ	ENS SUP./BANTE POP 10 DIGITAL + DPS 68 CII-HB	1
ILLIE	ENS SUP. IRIS 80 CII-HB	0,5
LYON	ENS SUP. IRIS 80 CII-HB	0,5
NANCY	ENS SUP. IRIS 80/81 - CII-HB	0,9
PARIS SI BERNARD	ENS SUP. IRIS 80 CII-HB	0,6
TOULOUSE	ENS SUP. IRIS 80/81 - CII-HB*	0,7
TOTAL		38

TABLEAU 2 : AUTRES CENTRES
(Ne travaillent pas exclusivement pour la recherche)

CNES	2 x CYBER 750 CDC + IRIS 80 CII-HB	9,1
CNET	1098 68 + IRIS 80 CII-HB	2,2
CEA/CSEI	3033 + 168 + 3031 IBM + 7800 CDC + VS AMDAHL	11,0
EDF RECHERCHE	3033 + 30811 IBM	15,0
INRA	3031 IBM + IRIS 80 CII-HB	0,7
INRIA	DPS 68 CII-HB	2,6
INSERM	IRIS 80 CII-HB	0,4
ONERA	CYBER 750 CDC + IRIS 80 CII-HB	4,8

* DPS8/TRI - CII-HB en cours d'installation (2,4 MIPS)

tous sous une forme accessible, les techniques de bases de données se développent considérablement.

On voit donc que la qualité de la recherche dépend dans nombre de domaines de la qualité de l'outil informatique. L'impact d'un outil mal adapté aux besoins tout comme l'absence d'outils peuvent donc être catastrophiques.

CCPN : Centre de calcul de physique nucléaire
IN2P3 : Institut national de physique nucléaire et de physique des particules

CIRCE : Centre inter-régional de calcul électronique

CNUSC : Centre national universitaire sud de calcul

ENSUP : Enseignement supérieur

CITIZ : Centre interuniversitaire de traitement de l'information

CNES : Centre national d'études spatiales

CNET : Centre national d'études des télécommunications

CEA : Commissariat à l'énergie atomique

CSEI : Compagnie internationale de service en informatique

EDF : Électricité de France

INRA : Institut national de recherches agronomiques

INRIA : Institut de recherche en informatique et en automatisation

INSERM : Institut national de santé et de recherche médicale

ONERA : Office national d'études et de recherches aéronautiques

(1) MIPS : Cette unité, le million d'instructions par seconde, n'est pas la seule significative. Dans un souci de simplicité c'est la seule retenue dans ce rapport.

Il est important de situer ce marché particulièrement sensible dans l'économie. En 1981, le montant des importations de matériel de tous types relevant de la filière « électronique » s'est élevé à 30 000 MF dont 29 % correspondent à l'implantation de matériel informatique soit 11 000 MF. Dans ce dernier chiffre, comme le montrera la suite du rapport, le parc de l'informatique pour la recherche n'est plus qu'une part très faible du parc national.

Les ordinateurs de grande puissance

Certaines équipes scientifiques françaises ont compris très tôt l'intérêt des ordinateurs de grande puissance pour la recherche.

Ainsi, au milieu des années soixante, avait-on en France plus de calculateurs Control Data 6600 (le plus puissant ordinateur du moment) que dans n'importe quel autre pays, à l'exception des Etats-Unis.

Les plus grosses entreprises industrielles et tertiaires commençaient elles aussi à s'équiper, mais plus des deux tiers de la puissance de calcul installée en France allait à la recherche fondamentale et appliquée. Qu'en est-il aujourd'hui ?

La part de la recherche dans l'utilisation des grands ordinateurs universels.

Si l'on met à part les grands ordinateurs « vectoriels » de type CRAY 1 ou CDC 205, construits pour réaliser, en l'instant, des calculs d'un type très particulier (2), on peut considérer la répartition des autres grands ordinateurs, dits « universels ».

Sont à ranger dans cette catégorie les ordinateurs commercialisés par les principaux fabricants (IBM, CDC, UNIVAC, CII-HB, BURROUGHS...) et capables d'effectuer plus de 1,5 MIPS.

Il y a en France sept centres disposant d'un tel potentiel auquel on peut ajouter une demi-douzaine de centres de puissance légèrement inférieure (tableau 3).

Le nombre total des centres consacrés tout à la fois à la recherche et au développement industriel avoisine, quant à lui, la quarantaine.

Or, on dénombre trois cent dix centres équipés de grands ordinateurs universels pour les autres activités : gestion des grandes entreprises, réseaux bancaires, systèmes de réservation...

Basée sur le nombre de centres, cette analyse pourrait cependant s'avérer inexacte si les matériaux dont disposent

les centres pour la recherche étaient en moyenne nettement plus puissants que dans les autres centres.

Le tableau 1 précise type et puissance des matériels installés dans les treize plus gros centres de calcul des Universités et du CNRS. Il permet d'établir que la puissance totale des matériels de ces centres est d'environ 35 MIPS, soit 2,7 MIPS en moyenne par centre.

Si nous n'avons pas rassemblé le détail des matériels installés dans les quatre cents à cinq cents centres français les mieux équipés, toutes applications confondues, par contre, on sait qu'à elle seule, la Compagnie IBM a installé en France au cours des trois dernières années plusieurs centaines de machines effectuant plus de 2,7 MIPS chacune.

A titre d'exemple, le Crédit agricole disposait dès 1980 d'une puissance installée de 100 MIPS environ, en augmentation de 32 % par an, soit l'adjonction annuelle d'une puissance voisine de celle des treize plus gros centres de l'Université et du CNRS.

En France, la part des applications de recherche dans le marché des ordinateurs, même les plus puissants, est devenue marginale.

La situation française comparée à celle des pays étrangers.

Le tableau 3 montre que, parmi les pays européens comparables (République fédérale allemande, Italie, Grande-Bretagne), la situation française est la plus mauvaise, tant en nombre de centres pour la recherche qu'en proportion du total.

Si la faible puissance relative des moyens informatiques consacrés à la recherche n'est pas un phénomène typiquement français, en va-t-il de même en valeur absolue ?

On estime à environ 60 MIPS la puissance des matériels installés pour

la recherche en France – dont, on l'a vu, 35 MIPS dans les treize principaux centres – et toujours en excluant les calculateurs vectoriels, puissance à comparer aux valeurs indiquées dans le tableau 4.

La puissance des moyens informatiques disponibles pour les chercheurs anglais ou allemands est donc le double de celle offerte aux chercheurs français.

Ce résultat est assez général, que l'on fasse des comparaisons approfondies par types d'établissements ou par domaines d'applications. Ainsi par exemple, la puissance de calcul disponible dans six universités allemandes les plus proches de la frontière française (Stuttgart, Francfort, Karlsruhe, Göttingen, Tübingen, Fribourg) est supérieure à 25 MIPS alors que la puissance actuelle des six centres de l'enseignement supérieur les mieux équipés en France, répartis sur tout le territoire national n'est que de 19 MIPS environ.

Pourquoi cette situation ?

Trois facteurs concourent à expliquer cette situation, très défavorable, et qui pourrait encore se dégrader.

- Si certains chercheurs français ont vu dès le début l'intérêt des gros ordinateurs, d'autres secteurs de la Communauté scientifique ont été méfiants et réticents.

En République fédérale Allemagne Grande-Bretagne, la prise de conscience est ancienne et s'est, très tôt, traduite par une politique continue de formation et d'investissement et, par exemple, malgré ses difficultés économiques, la Grande-Bretagne a maintenu une politique de développement actif des moyens informatiques pour la recherche.

- Les chercheurs français ont subi simultanément une hausse des tarifs des centres de calcul (politique de ré-

TABLEAU 4 :
ESTIMATION DES PUSSANCES
INSTALLEES POUR LA RECHERCHE
EN EUROPE

130 MIPS	R.F.A.
110 MIPS	GRANDE-BRETAGNE
60 MIPS	FRANCE
45 MIPS	ITALIE

(2) En ce qui concerne les calculateurs vectoriels puissants, la Grande-Bretagne dispose de quatre à six CRAY, la République fédérale allemande d'un CRAY et un CDC 205 et, en France, nous disposons de deux machines : le CRAY 1 - CISI-BDP et le CRAY 1 du groupement d'université économique « recherche » en cours de mise en place. (Le problème de l'acquisition d'un Array Processor à 64 bits n'est pas non plus évoqué dans cette note).

TABLEAU 3 : CENTRES DOTES DE GRANDS ORDINATEURS UNIVERSELLES
(nombre de sites, centres militaires exclus)

PAYS	Université et Recherche	Les mêmes plus R et O industriels	Autres Activités
FRANCE	13	40	350
R.F.A.	30	90	600
ITALIE	16	30	250
GRANDE-BRETAGNE	20	50	350

partition des coûts, prise en compte de liaisons...) et des restrictions budgétaires générales.

Les systèmes tarifaires sont beaucoup moins contraignants, voire inexistant, dans les autres pays européens où les heures de calcul sont distribuées comme un moyen d'accompagnement de la recherche.

• De nombreux centres de calcul français se sont vu imposer des matériels dont la puissance effective était insuffisante et le prix élevé.

En République fédérale allemande et en Grande-Bretagne, l'existence d'une politique industrielle informatique favorisant un constructeur national, comme pour ICL en Angleterre, n'a pas empêché les centres de s'équiper des matériels les mieux adaptés à leurs besoins.

La mini-informatique : les calculateurs 32 bits

Parallèlement aux moyens de calcul de grande ampleur on a vu se développer, dans le cadre de la mini-informatique, le domaine des calculateurs 32 bits qui constituent à l'échelle d'un laboratoire ou d'un groupe de chercheurs des moyens semi-lourds (coût compris en 0,5 MF suivant les configurations).

L'essor des calculateurs 32 bits

L'acquisition de tels calculateurs nombreux dans les structures de recherche, se justifie par la nécessité de la banalisation des moyens de calcul de tous types qu'il s'agisse de l'accès à des réseaux plus ou moins spécialisés ou de l'usage de moyens propres à l'échelle d'une équipe ou d'un laboratoire.

De par leur coût, leur taille, leur facilité de mise en œuvre, leur configuration interne, les mini-ordinateurs 32 bits sont aisément maîtrisables par une équipe réduite de chercheurs et de techniciens.

Ainsi, ils peuvent être organisés pour s'adapter localement à une recherche spécifique (traitement interactif, temps réel,...) tout en fournissant une puissance de calcul appréciable pouvant dépasser le MIPS et en présentant des capacités d'adressage importantes.

Ces qualités ont conduit à un essor exceptionnel de ces matériels proposés par de nombreux constructeurs (tableau 5) essor qui n'est pas étranger à l'explosion commerciale d'une entreprise telle que DEC (1) qui occupe maintenant le second rang des constructeurs, devant CDC (2) et derrière IBM.

TABLEAU 5 : FRANCE, année 1981, indications approximatives sur les chiffres d'affaires des ordinateurs 32 bits (y compris 36 et 48 bits)

SOCIETE	CHIFFRE D'AFFAIRE	TAUX DE PROGRESSION EN VOLUME PAR AN
PERKIN ELMER	40-50 MF	20 %
DATA GENERAL	10-20 MF	100 %
PRIME	60-70 MF (1)	30 %
MID COMP	25-35 MF	40 %
DEC (VAX)	330-370 MF	50 à 100 %
NORTEL	5-15 MF	60 %
GOULD SEL Informatique	60-70 MF	20 %
CDC	<100 MF (2)	40 %
TOTAL	660 MF	30 à 50 % au minimum

(1) Chiffre d'affaire mondial ≈ 2 000 MF (2) prévision 1982.

Comme dans le domaine des gros calculateurs, la part « recherche » semble marginale par rapport à l'ensemble du marché. Cependant, les possibilités d'accès à des calculateurs 32 bits, malgré une prise de conscience unanime de la collectivité scientifique, restent encore à développer.

En France dans le domaine de la recherche universitaire, l'équipement en matériel 32 bits, malgré l'ampleur des besoins exprimés, n'est en rien comparable avec l'essor considérable de ce type de matériel dans toutes les autres applications.

Au delà d'une tendance générale, qu'il convient d'encourager dans toutes les disciplines, deux situations sont évoquées ici à titre d'exemple. Leur caractère exemplaire ne doit pas masquer l'ampleur du problème.

Recherche en informatique : les VAX (DEC)

Parmi les 32 bits actuellement disponibles sur le marché ce sont incontestablement les ordinateurs VAX qui peuvent dans l'immédiat permettre de valoriser les recherches en informatique, en particulier dans le domaine de plus en plus vaste du calcul symbolique.

Trois raisons plaident en leur faveur :

- l'emploi d'un VAX qui fournit des accès individuels à des systèmes comparables à ceux des grands ordinateurs est devenu un standard pour la recherche dans la plupart des pays occidentaux. A ce titre, une quantité importante de logiciels ont été développés, constitués souvent par des équipes nombreuses, qu'il est inutile de faire reconstruire par des chercheurs français et dont l'utilisation permet de faciliter la création de nouveaux logiciels,
- en développant des logiciels sur VAX, les chercheurs français peuvent facilement valoriser leurs recherches à l'étranger,
- s'ils en ont les moyens, en tant qu'ex-

perts, les chercheurs en informatique sont particulièrement à même d'expérimenter, critiquer et apprécier les logiciels de pointe créés ailleurs pour pouvoir ensuite les traduire sur des matériels nationaux.

Recherche en astronomie

Les grands télescopes au sol, et bientôt le télescope spatial de la NASA, auquel la France participe à travers l'Agence spatiale européenne, produisent une très grande quantité d'images. Ces images se présentent de plus en plus directement sous forme numérique, ou sont numérisées à partir de clichés photographiques.

Les astronomes ont donc à traiter de grands tableaux à deux dimensions, de façon interactive. La puissance de calcul requise n'est pas celle d'un gros ordinateur ; par contre le volume de données et l'interactivité interdisent l'emploi du télétraitements, dans les quelques années à venir, et impliquent le recours au mini-ordinateur à mots de 32 bits.

Les astronomes anglais, hollandais, italiens, ainsi que l'Observatoire austral européen (ESO) se sont dotés de réseaux d'ordinateurs VAX réservés au traitement des données astronomiques et la situation de leurs collègues français ne manquerait pas de devenir désastreuse s'ils ne pouvaient bénéficier d'outils analogues.

La micro-informatique

Cette dernière partie n'est là que pour rappeler que les moyens informatiques ne se réduisent pas aux seuls équipements d'un certain coût unitaire dont il a été précédemment question.

On peut même penser qu'à court terme c'est le vaste domaine de la micro-informatique qui constituera, dans son infinie diversité, la part essentielle des marchés de l'informatique.

Si la diversité des applications potentielles des outils relevant de la micro-informatique est considérable,

(1) Digital equipment corporation.

(2) Control Data corporation.

leur extension ne relève plus, à proprement parler, d'une politique d'équipement des laboratoires et des structures, mais bien davantage d'une sensibilité à développer, à tous leurs usages possibles.

Dans ces domaines nécessairement banalisés et à grande diffusion, il convient que cette sensibilité soit développée en étroite concertation avec le milieu industriel tant au niveau des composants qu'à celui des logiciels.

Nous avons vu comment dans le domaine de l'utilisation des gros calculateurs, la recherche française, utilisatrice privilégiée dans les années 1960, a maintenant un rang plus que modeste par rapport à nos voisins européens ; dans le domaine de l'emploi des calculateurs 32 bits, nous devons être également considérés comme très en retard par rapport à nos collègues étrangers, tant en recherche informatique proprement dite que dans bien d'autres disciplines ; quant au domaine de la micro-informatique en général, l'expansion prévisible est considérable en regard des moyens en place.

Il apparaît possible d'affirmer que cette situation générale de sous-développement en France des matériels informatiques de recherche est, sans aucun doute, liée à plusieurs effets : une prise de conscience insuffisante, par les responsables, de l'ampleur du problème,

- la difficulté, de ce fait, de dégager des budgets significatifs pour acquérir des outils informatiques, de tous types, dans les laboratoires ;
- la politique nationale d'équipement de ces laboratoires dont on notera - et les chiffres évoqués à propos du parc national de gros ordinateurs nous le rappellent - qu'elle a conduit à limiter, voire interdire, des achats étrangers dans un domaine « captif » qui ne constitue qu'une part non significative du marché.

La conjonction de ces effets entraîne :

- bien sûr un sous-équipement général,
- une décroissance de l'enthousiasme des chercheurs pour l'usage de l'informatique et donc un retard croissant dans certains domaines de recherche, allant même jusqu'à l'incohérence de certains programmes,
- dans certains domaines, la fuite de

chercheurs français allant calculer et travailler à l'étranger ;

- une amertume générale, quasi-explosive, mais l'impact national d'une explosion dans les milieux de la recherche n'est-il pas dérisoire, qui frise la désespérance.

Alors que le colloque national sur « recherche et technologie » a bien mis en évidence un souci profond de nombreux chercheurs de mieux adhérer que par le passé aux grands objectifs nationaux, il importe qu'à tous niveaux : une analyse objective des mécanismes de décision qui ont conduit à cette situation ne soit jamais perdue de vue, que la politique réglementaire soit assouplie pour sauvegarder les recherches en cours et les projets à court terme et ne serve pas de pudique paravent à une notoire insuffisance de crédits d'équipement, consacrés à ces types d'outils,

- qu'une réflexion active et collective s'engage sur tous ces thèmes, au plus vite, en particulier au sein du CNRS, avec pour ambition l'élaboration détaillée d'une mise en œuvre cohérente de la politique d'équipement et une participation effective à une politique nationale informatique compatible avec les besoins de tous.

Les Editions du CNRS.

Ces ouvrages sont disponibles en librairie ou au CNRS - 295, rue Saint Jacques - 75005 Paris - Tél : 326.56.11 et peuvent être consultés à la librairie des Editions du CNRS tous les jours, sauf les samedis et dimanches, de 9 h à 12 h et de 13 h 30 à 17 h 30 (fermée au mois d'août).

Mathématiques - physique de base

Outils et modèles mathématiques pour l'automatique, l'analyse des systèmes et le traitement du signal. - Source de réflexion et présentation d'outils appropriés pour les chercheurs et ingénieurs en automatique ; poursuite de la recherche entamée dans le précédent volume ; texte réécrits à partir de communications de deux colloques : techniques algébriques appliquées aux systèmes linéaires multivariables (Grenoble 1980) et : algorithmes rapides pour le traitement des systèmes dynamiques linéaires (Aussois 1981).

Sciences de la terre, de l'océan, de l'atmosphère et de l'espace

Les étoiles B avec et sans raies d'émission - Responsables : Anne Underhill et Véra Doazan - Les étoiles chaudes (classe B) avec raies d'émission (étoiles Be et supergéantes) ou raies d'absorption (étoiles B normales) ; mise à jour et remise en ordre des propriétés de chacune, notamment propriétés non-thermiques, confrontation avec la théorie classique, ébauche d'un modèle empirique (structure des atmosphères, origine des flux de matière et d'énergie), double aspect superionisation-grandes vitesses et sous-ionisation-faible vitesse (nécessité d'une synthèse : diverses régions atmosphériques, atmosphère-environnement, atmosphère-intérieur des étoiles), (texte en anglais), résumé (en français) de chacune des parties - Etoiles B et Etoiles Be.

Les formations superficielles du bassin de l'Isle - Les cahiers du quaternaire n° 4 - Jean-Pierre Texier - Suite logique (généralités, cadre morphologique et

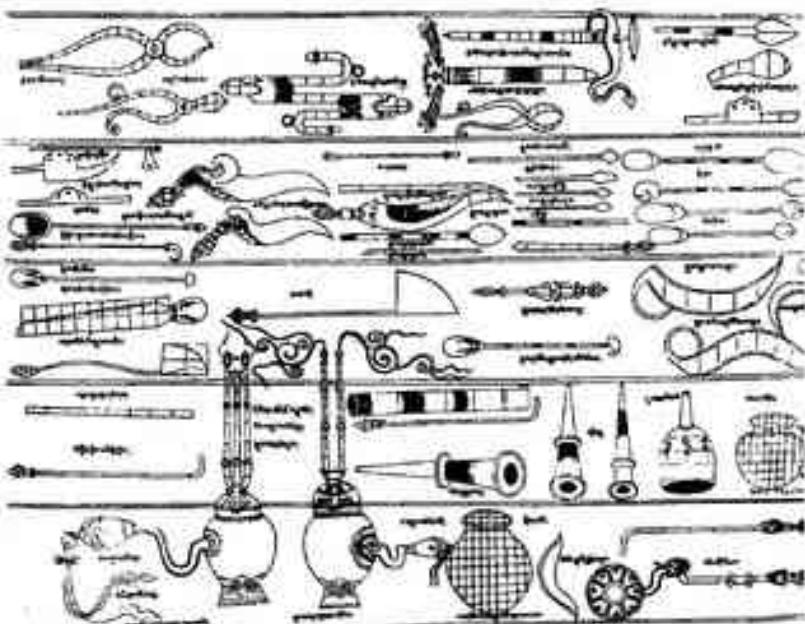
géologique, formations fluviatiles, colluvions et dépôts des pentes carbonatées, historique du bassin) ; côtes du substrat, épaisseur des dépôts flandriens et des alluvions antérieures ; paléoclimatologie.

Cahiers de micropaléontologie - 3-1981 - 8ème colloque africain de micropaléontologie - Paris, 18-19 juillet 1980 - collectif - La microfaune d'Afrique du nord, (8 communications en français avec résumé en anglais). Recensement, localisation, nomenclature, taille, description des espèces. El Kef (Tunisie) : coccolithes du paléocène, nannofossiles calcaires à la limite du crétacé tertiaire, foraminifères planctoniques et zonation de l'aptien

du Djebel Goraa (Tunisie du nord), stracodes, crétacé moyen et supérieur du Djebel Semmama (Tunisie du centre), ostracodes fin du néogène (Rif du sud), foraminifères du plateau marocain du nord, données biostratigraphiques sur le numidien (Algérie et Maroc), sédimentologie et micropaléontologie, lagune d'El Biban (Tunisie du sud-est).

Sciences de la vie

GSO-BA - RIG-PA - le système médical tibétain - cahiers népalais - Fernand Meyer - Ebauche d'un tableau d'ensemble du système médical tibétain : pharmacologie (hormis les dro-



* Gso-ba rig-pa * - Vue partielle d'un tableau de l'instrumentation médicale et chirurgicale.

gues) et nosologie sommaires, médecines traditionnelles en une société donnée, la médecine tibétaine et l'Occident, sources du guérir tibétain, évolution historique, géographique et sanitaire, les documents, divers aspects de ce système médical.

Temps de la vie et temps vécu – séminaire sur les fondements des sciences – Strasbourg novembre-décembre 1979 – Explication de l'évolution des systèmes vivants, rapports du biologique et du psychologique : différenciation sexuelle au cours de la croissance, rythme vitaux et estimation du temps, intuition du temps et perception de la durée.

Flore descriptive des monts Nimba (5ème partie) – (Côte d'Ivoire, Guinée, Libéria) – J. G. Adam – Les plantes monocotylédones (à l'exclusion des cypéracées et poacées – graminées) dans cette région : courte description de chaque élément de la flore, mesures précises et renseignements géographiques et topologiques.

L'homme et son environnement à haute altitude – environmental and human population problems at high altitude – cahiers népalais – Responsables : T. Baker, Corneille Jest et Jacques Ruffié – Vingt-cinq articles de trente participants tirés de contributions présentées à un séminaire organisé par le CNRS et la National science foundation (1-3 octobre 1980). Recherche d'une meilleure communication entre chercheurs américains et français, d'une meilleure information réciproque, et promotion de l'échange d'informations, l'environnement naturel et la biologie humaine, et les structures socio-culturelles, recherche et développement économique.

Sciences sociales

Écrits constitutionnels – René Capitant – Seul lien entre Rousseau (fondateur de la démocratie moderne), Hobbes (représentation absolue) et Locke (représentation limitée), l'idée de contrat social : la liberté est inaliénable, la volonté générale la garantit. Définition de la démocratie : selon Rousseau, en rapport avec le fédéralisme, principe de base. Nature du régime parlementaire des IIIème et IVème républiques. La Vème république : une nouvelle forme de parlementarisme, la participation. Réflexions sur la république de Weimar et sur le troisième Reich.

L'importance de l'exploration maritime au siècle des lumières – (à propos du voyage de Bougainville) – table ronde, Paris 8 et 9 décembre 1978 – M. Mel-

lat et E. Taillemite – L'exploration océanique du XVIIIème siècle, à partir des journaux de voyage de Bougainville : la question géographique, les principales difficultés de l'exploration : astronomie, nautique, botanique, biologie, climatologie, santé, contacts avec les indigènes.

Contribution de la recherche ethnologiques à l'histoire des civilisations du Cameroun (2 vol.) – (Paris, 24-28 septembre 1973) – Responsable : C. Tardits – Quête historique africaine à travers les traces matérielles et les traditions orales à l'échelle des villages ou des lignages, établissement d'une chronologie, implantation des populations, informations relatives au commerce, la diffusion du maïs et du manioc, les effets de l'islamisation.

L'utilisation du silex au paléolithique supérieur : choix, approvisionnement, circulation – L'exemple du bassin de Brive – P. Y. Demars – Les matières premières (dont le silex) et précision de leurs origines, l'utilisation des richesses naturelles par les hommes du paléolithique supérieur, le bassin de Brive, classification des différents types de silex, les choix technologiques de matières premières, les modes d'approvisionnement et la circulation des personnes. (résumé en français, anglais et espagnol).

Islam contemporain dans l'océan Indien – (extrait de l'annuaire des pays de l'océan Indien vol. 6) – table ronde de Séminaire mai 1980. Les problèmes religieux et les minorités en océan Indien à l'époque contemporaine – Directeur : M. L. Favoreux – Etudes de situations-limites (Islam en minorité, Islam en lutte avec les traditions cultu-

relles), rapport entre pouvoir politique et minorités musulmanes, influence d'une communauté musulmane, évolution récente de l'Islam, le pouvoir politique et social, priorité des coutumes sur le droit théorique.

Cultures populaires et cultures savantes en Espagne du Moyen Âge aux lumières – Joël Saugnieux – De l'importance de la littérature et de l'art dans la recherche des cultures et des mentalités, il n'est de culture qu'en mouvement, osmoses et conflits entre formes de culture, études établies sur des œuvres, particulièrement espagnoles, du XIIème au XVIIIème siècles.

Revue d'histoire des textes – Tome X, 1980 – Manuscrits divers : commentaires, sources et méthodes, découvertes de textes anciens, division des types, rapprochement des textes et comparaison, inventaires des copies conservées dans les bibliothèques d'Europe et du monde entier.

Grands notables du premier Empire (vol. 8) – Directeurs : L. Bergeron, G. Chaussinaud-Nogaret – Loir et Cher, Indre et Loire : L. Labussière – Loire-Inférieure : B. Guillet – Reconstitution des carrières des notables de la France post-révolutionnaire (principaux éléments de leur vie familiale, professionnelle et politique, sources biographiques : archives nationales, départementales et privées – notices : 35 pour le Loir et Cher, 62 pour l'Indre et Loire, 82 pour la Loire Inférieure).

Noblesse française, noblesse hongroise (XVIème-XIXème siècles) – (colloque franco-hongrois d'histoire sociale – Rennes 11-13 juin 1975) – Responsables : B. Köpeczi et F. H. Balazs – Fonction sociale de la noblesse, évolu-



* Bougainville et ses compagnons autour du monde 1766-1769 *

tion de son rôle politique et spirituel au cours des siècles, analogies et différences entre noblesse française et noblesse hongroise, composition et situation hétérogénéité et traits spécifiques, cet ouvrage constitue une suite à : *Paysannerie française et paysannerie hongroise (XVI^e-XX^e siècle)* – (co-édition : Editions du CNRS - Akadémiai Kiadó/Budapest).

Patrimoine et famille – Les pratiques économiques et patrimoniales des familles au regard du droit des régimes matrimoniaux et des successions – ouvrage collectif – Responsable : R. Neron – Les pratiques économiques liées à l'existence d'un groupe familial, enquêtes auprès des établissements financiers, des compagnies d'assurances, des notaires, de l'administration fiscale.

Structures productives européennes – analyse prétopologiques des phénomènes de dépendances industrielles – G. Duru, M. Mougeot, J. P. Auray – Peut-on à l'intérieur de la CEE étudier rigoureusement les disparités structurelles des appareils productifs, déterminer la proximité structurelle, séparer les particularités structurelles des effets de taille des économies, comparer les fonctions de production généralisées : tentative de dégager convergences et divergences, la méthode proposée, étude comparative (la proximité structurelle, les indicateurs globaux), analyse de la structure des influences internes, des fonctions de production généralisées, des influences par les prix.

Genèse de l'hôpital moderne – Les hospices civils de Lyon (1802-1845) – Olivier Faure – Le passage au début du XIX^e siècle de l'hôpital ancien (asile des pauvres) à l'hôpital moderne : soins aux malades, exemple des relations qu'entretiennent l'hôpital et la société (témoignages), rapport entre l'environnement (diverses conceptions de la santé, de l'assistance, de la vie hospitalière) et la vie publique, et l'évolution sociale (médecins, administrateurs, malades). – L'hôpital immobile (conseil d'administration, personnel, éclatement des tâches, malades et maladies). L'agonie de l'hôpital ancien (archaïsme des soins, désordres, ébauche de réformes), l'hôpital au temps du libéralisme (nouveaux hommes, nouvelles politiques, de l'hospice à l'hôpital et la médicalisation, bibliographie).

Champs de pouvoir et de savoir au Mexique – ouvrage collectif – Repérage des intellectuels (qui sont-ils ? collaboration avec le pouvoir et adhésion inévitable mais conditionnelle), résistance au pouvoir (surtout artistes,

littéraires et jésuites), le rôle de l'histoire : l'intellectuel, quêteur de vérité.

L'économie marocaine – bilan d'une décennie – Habib el Malki – Transformation de l'économie et de la société marocaine à la suite de deux plans quinquennaux et d'un plan triennal précédent le plan quinquennal 1973-1977 dit : de décollage. L'étude de ce plan, où le capitalisme d'Etat et la croissance impulsée par l'extérieur s'imposent, implique une modification des instruments d'analyse, synthèse chronologique des différents états de l'économie, réflexions sur l'importance du vecteur – Etat et ses techniques d'intervention (plan, secteur public).

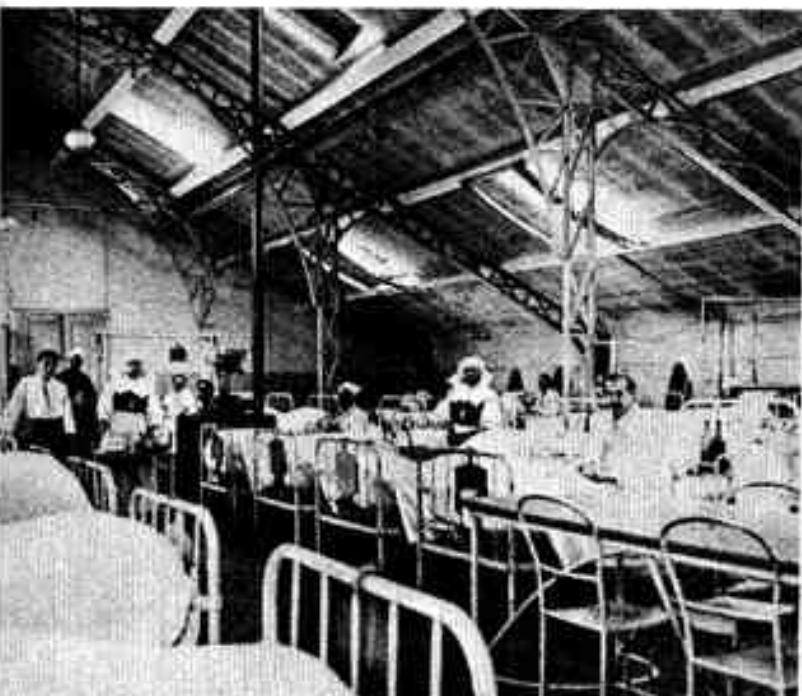
Prosopographie chrétienne du bas-Empire /1 – prosopographie de l'Afrique chrétienne (303-533) – André Mandouze – 2964 notices sur 2565 personnes : membres du clergé, hommes ou femmes liés à l'état monastique, laïcs connus dans l'histoire de l'Afrique chrétienne depuis 303 (persécution de Dioclétien) à 53 : 2523 notices complètes, 23 notices simplifiées (existence historique douteuse), 17 sur des personnes ayant eu un rapport bref avec l'Afrique.

Cahiers de l'observation du changement social – Volume I – équipe Midi-Pyrénées – Un quotidien non banal, plein et révélateur, activités et modes de vie, ressources et contraintes des ménages au Mirail, temps de travail et hors travail, différenciation des couples des agriculteurs du sud-ouest.

Cahiers de l'observation du changement social – Volume II (Midi-Pyrénées) – S. Savey, M. Laget : La Pointe courte à Sète, M. Chou, B. Kayser, C. Thouzellier : Cadalen, village Tarnais – La Pointe courte, quartier de pêcheurs Sétinois de pure souche française. Création d'une communauté (quartier, isolement, les anciens), maintien d'une identité (solidarité, fêtes, jeux, cubanes, tradition orale), désintégration et évolution vers la conformité après appropriation foncière (1970). Transformation des origines des agriculteurs de Cadalen. Nombreux migrants accueillis entre les années 1930 et 1950, transformation des exploitations, diversification des systèmes de production, intensification des cultures, nouveaux notables.

Cahiers de l'observation du changement social – Volume III (Midi-Pyrénées) – M. Chadefaud, G. Dalla Rosa, G. Diméo : Mauléon, J. P. Laborie : Graulhet – Evolution et changement social à Mauléon et Graulhet, Mauléon petite ville basque monoindustrielle (chaussure) en milieu rural, où le changement social est subordonné à la production, propriété, consommation, loisir, sociabilité. Graulhet ville monoindustrielle (cuir) : dynamique de croissance, cycles d'évolution, mégisserie en crise, différenciation des patrons et des productions, ouvriers ruraux et émigrés, nouvelle couche sociale formation, gestion municipale.

Cahiers de l'observation du change-



Cliché - Archives des hospices civils de Lyon.

social - Volume IV (Grand-Littoral) - Y. Lambert, M. A. Brenaud : Limerzel, R. Herin : Le Domfrontais, J. Renard : Saint-Fulgent, J. P. Fleury, J. P. Molinari, C. Morinière : ouvriers brièrons - Limerzel : à partir des années 60, déclin de la pratique et de l'influence religieuse, passage d'une société traditionnelle rurale à une société moderne urbanisée et industrialisée. Le Domfrontais 1950 : reprise démographique par suite de l'industrialisation, dépopulation rurale et croissance urbaine, modernisation de l'agriculture, motorisation, agrandissement des exploitations, après abandon complet regain d'intérêt par les coutumes anciennes. Saint-Fulgent 1955-1975 : la transformation des structures socio-professionnelles, passage d'une société agricole à une société ouvrière l'assimilation des changements semble complète. Conditions de vie des ouvriers brièrons : prolétarisation, laïcisation des pratiques ouvrières, identité ouvrière briéronne.

Humanités

Atlas linguistique et ethnographique du Languedoc oriental - Atlas linguistique

que de la France par régions - Jacques Boisgontier - Cet atlas achève la couverture géolinguistique du domaine occitan et s'arrête au domaine catalan, reprise de la méthode cartographique de l'Atlas du Languedoc occidental, 308 cartes dont celles des lieux (en français et en dialecte), les appellatifs ethniques et des articles définis. Le ciel et les phénomènes atmosphériques (65 cartes), le terrain, le relief, les eaux, les chemins (68 cartes), les plantes et les arbustes sauvages (93 cartes), la forêt et les arbres forestiers (39 cartes), les arbres fruitiers (43 cartes).

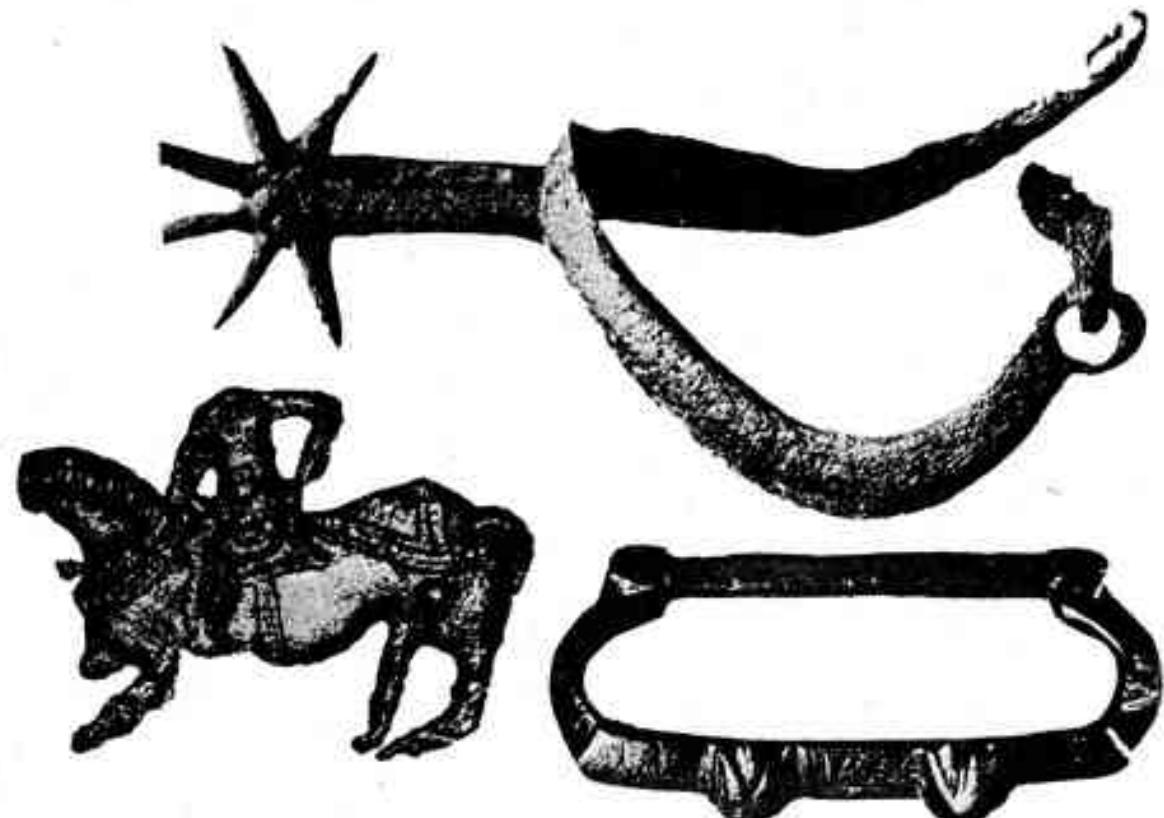
Gallia préhistoire - Fouilles et monuments archéologiques en France métropolitaine - Tome 24-fascicule 2 - F. Lecolle, M. Rieq de Bouard, Michel Gourdon, plus collectif - Situation, configuration, historique des sites, inventaire et étude des vestiges (flore, faune, outils, gravures), description, relevé, datations, bibliographies. Site acheuléen de Moisson (Yvelines) en milieu alluvionnaire, outils de Provence oriental en pierres polies (musée de Grasse), informations archéologiques des origines à la fin de l'âge de bronze pour les sites de : Ile de France, haute et basse Normandie, Centre, Bre-

tagne, Pays de Loire, Champagne-Ardennes, Lorraine, Franche-Comté, Midi-Pyrénées.

Pétroglyphes du bassin parisien - XVème supplément à Gallia préhistoire - G. Tassé - Art rupestre en région de Fontainebleau, inventaire individuel, enregistrement informatique du contenu intégral de 49 sites à gravures, tentative chronologique à partir de l'usure relative des traits.

Sources d'histoire médiévale - Le songe du vergier - D'après le manuscrit Royal 19 C IV de la British Library - Marion Scherb-Liévre - Etude sur : le songe du Vergier (écrit en latin 1376, traduit en français 1378) dialogue entre un clerc et un chevalier : définir les rapports entre la puissance spirituelle et la puissance temporelle, question d'actualité intéressant Charles V. Instrument de travail complet à partir du manuscrit original et des différents autres manuscrits et éditions. Concordances des chapitres du : Songe du Vergier et du : Somnium viridarium. Le règne de Charles V et les questions d'actualité, identification de l'auteur.

Corpus des inscriptions de la France médiévale - ville de Toulouse - R. Fa-



vresu, J. Michaud, B. Leplant, E. R. Labande - Inscriptions médiévales toulousaines riches et variées : recensement et regroupement, descriptif détaillé des inscriptions et explications concises relatives à chacune d'elles : musées, cathédrales, églises.

Paléorient - Volume 7/1 - 1981 - Etudes pluridisciplinaires de l'archéologie proche-orient (vie et conditions de vie des populations/proto-histoire et préhistoire), le site paléolithique inférieur de Fjaje, le site acheuléen de Ramar Yiron, le site paléolithique El Kowm, les sites du paléolithique supérieur au néolithique dans la basse vallée du Jourdain, les changements dus à l'agriculture au proche-orient (Iran et Israël), démographie des sites du proche-orient (du 10ème au 14ème millénaires), les marques des potiers du site de Tepe Yahya, résultats de fouilles au Pendjab (Pakistan), pièces pathologiques de la nécropole moustérienne de Qafzeh, les fragments ligneux wūmiens de la grotte de Shanidar (Irak), analyse à la microsonde des céramiques Base ring du chrysotile récent, bibliographie.

Les vitraux de Sanaa - Premières recherches sur leurs décors, leur symbolique et leur histoire - G. et P. Bonnentant - Décor des vitraux de Sanaa : motifs de périphérie, végétaux et animaliers, géométriques, valeur symbolique de certains motifs, histoire du vitrail à Sanaa ; les contraintes d'autrefois, les matériaux, l'évolution architecturale, influence diverses, évolution actuelle.

que et leur histoire - G. et P. Bonnentant - Décor des vitraux de Sanaa : motifs de périphérie, végétaux et animaliers, géométriques, valeur symbolique de certains motifs, histoire du vitrail à Sanaa ; les contraintes d'autrefois, les matériaux, l'évolution architecturale, influence diverses, évolution actuelle.

Le théâtre noir aux Etats-Unis - Collection : « Le cheur des muses » - Geneviève Fabre - Les questions de fonds sur l'émergence et le fonctionnement de l'activité théâtrale afro-américaine de 1950 à 1970. Analyse des modes de production théâtrale et de la dramaturgie autour de deux grandes options : un théâtre militant avec son rituel révolutionnaire, la rencontre de l'histoire et de la tradition, la naissance des grands mythes de la nation noire, un théâtre ethnique (l'expérience noire) regard sur le passé et le devenir du peuple noir. Mise en évidence de certaines ambiguïtés et contradictions dans la politique culturelle des praticiens de ce théâtre.

Victor Louis et le théâtre - Scénographie, mise en scène et architecture théâtrale aux XVIII^e et XIX^e siècles - L'activité de Victor Louis

(spécialement dans le domaine de la décoration et de l'architecture théâtrale), question générale sur la scénographie du XVIII^e siècle, les décors et leur fabrication (le rideau de fer de Soufflot), quelques théâtres particuliers (Bordeaux, Bayonne, Rennes, etc.).

L'industrie en os et en bois de cervidé - durant le néolithique et l'âge des métaux - Responsable : Henriette Camps-Faber - St Germain en Laye 1980 - Deuxième rencontre consacrée aux objets d'os et de bois de cervidés, à leur fabrication, à leur utilisation, leur signification, les questions qu'ils suggèrent, discussions.

Les parures du néolithique ancien au début de l'âge des métaux en Languedoc - H. Barge - Étude des parures du début de l'âge des métaux, mises à jour dans les sites languedociens, analyse des matières et des formes, tableau de correspondance parures-matières, les techniques de fabrication, les modes de suspension et la signification des parures, étude analytique des parures dans le contexte chronologique et culturel, tableau de correspondance : parures-civilisation, inventaires et carte de répartition des gisements (Ardèche, Gard, Hérault, Aude).

L'Aubrac, ethnologie contemporaine V - Tome VI.2 - Technologie et langage - Avant propos de Rivière. Contribution de J. Brunhes Delamarre, Tardieu et Rudelle - Techniques agricoles pré-industrielles : analyse des opérations, outillage correspondant. Sacriffrage du porc : cérémonie quasi rituelle, hommes et femmes investis de rôles différents, à l'écoute de l'Occitan au cours de ces diverses activités et de celles des bûcheronniers (complément au T. VI.1).

Les fouilles de Rougiers - Contribution à l'archéologie de l'habitat rural médiéval en pays méditerranéen - G. Demians d'Archimbaud - Désertion d'une région et naissance d'un site : Rougiers, les habitats et leurs occupants. Fouilles : le château et la basse-cour, le village et ses constructions complémentaires. Techniques de construction et d'aménagement. Les monnaies, les différentes catégories de céramiques. La flore, la faune, l'alimentation et l'élevage. L'armement, l'outillage et la vie quotidienne, le verre.

Presque surabondant dans sa masse et sa diversité (plus de 2 600 pièces dont 2 418 objets médiévaux stratifiés), le matériel retrouvé à Rougiers présente, de façon sérielle ou plus discontinue, un bon répertoire des objets d'usage quotidien ou plus rare existant dans nombreux villages méridionaux de même époque.



Le centre d'information et de documentation Gallia et Gallia préhistoire

La création d'un centre d'information et de documentation auprès de *Gallia* et de la « bibliothèque Albert Grenier » ne résulte pas du hasard, mais entend être une opération exemplaire de la politique conduite par la direction scientifique au secteur des humanités. Dans la dispersion de nos études, la multiplication des travaux et des fouilles, la difficulté aussi de se procurer renseignements et livres, il a paru que *Gallia* était particulièrement désignée pour assembler la documentation sur la préhistoire et l'histoire de la Gaule. Les séries de la revue et ses suppléments ont maintenant assuré leur audience internationale ; elles sont devenues l'organe par excellence de l'information sur l'archéologie nationale. Les deux directeurs de *Gallia* et *Gallia préhistoire* ont consacré beaucoup de temps et de peine à améliorer sans cesse leur publication. En lui assurant de nouveaux locaux, plus confortables et plus vastes, en adjoignant à la publication ce centre nouveau, on voudrait encourager les chercheurs non seulement à utiliser davantage cet ensemble documentaire, mais encore à déposer en ce lieu une documentation nouvelle, inédite, livres ou notes, extraits, documentation photographique. Ainsi peut-on espérer voir se constituer un ensemble unique au service des archéologues qui se consacrent à la recherche sur le sol national. De la sorte les générations successives pourront instituer un trésor où puiseront les chercheurs de l'avenir.

□ Jean Pouilloux, directeur scientifique pour le secteur des humanités.



Gallia

L'institution d'un centre d'information et de documentation vient de consacrer un effort, poursuivi depuis quarante ans, pour publier régulièrement les résultats des recherches archéologiques sur les origines de la France : Préhistoire, Antiquité, Haut-Moyen Âge. Chargé de cette tâche par la loi de 1941/1945 qui organisait les directions régionales des Antiquités, le CNRS créa en 1942 la revue *Gallia. Fouilles et monuments archéologiques en France métropolitaine*, doublée d'une collection de *Suppléments* pour accueillir les études dépassant les limites du périodique. Albert Grenier conçut avec Jérôme Carcopino cet organe scientifique sur le modèle de ce qui existait en Italie – *Les Notizie degli Scavi* et *les Monumenti antichi. Gallia. Fouilles et monuments archéologiques en France métropolitaine* en est à son quarantième tome, ses *Suppléments* comptent 49 volumes ; en 1958 ont été créés parallèlement *Gallia Préhistoire* (25 tomes parus) et ses *Suppléments* (24 volumes parus).

Les débuts furent difficiles. En 1960, l'agrandissement des locaux permirent le développement de la bibliothèque, constituée essentiellement par des échanges, cependant que la partie commerciale était prise en charge par le Service des publications du CNRS. Reliant toujours principalement de l'administration centrale (et sans budget attitré), la rédaction pouvait enfin se consacrer uniquement au travail d'édition, de divulgation et aux relations scientifiques qu'elles supposent – l'information – ainsi qu'au développement des moyens nécessaires à ce travail, bibliothèque, échanges, documents, archives – la documentation. En vingt ans, le rythme des publications s'est strictement maintenu, leur volume s'est accru – notamment celui des *Informations archéologiques* – et la bibliothèque s'est considérablement augmentée. Son originalité est d'être spécialisée, dans l'archéologie, la préhistoire, la protohistoire et l'histoire de la Gaule avec l'ouverture nécessaire sur l'Europe occidentale et centrale. Plus de six mille tirés à part, et des revues étrangères, notamment des pays de l'Est, dont

certaines ne se trouvent qu'à Paris, ainsi que la plupart des revues régionales françaises, en font la valeur singulière. Cette « Bibliothèque Albert Grenier » est ouverte aux chercheurs français et étrangers sur autorisation.

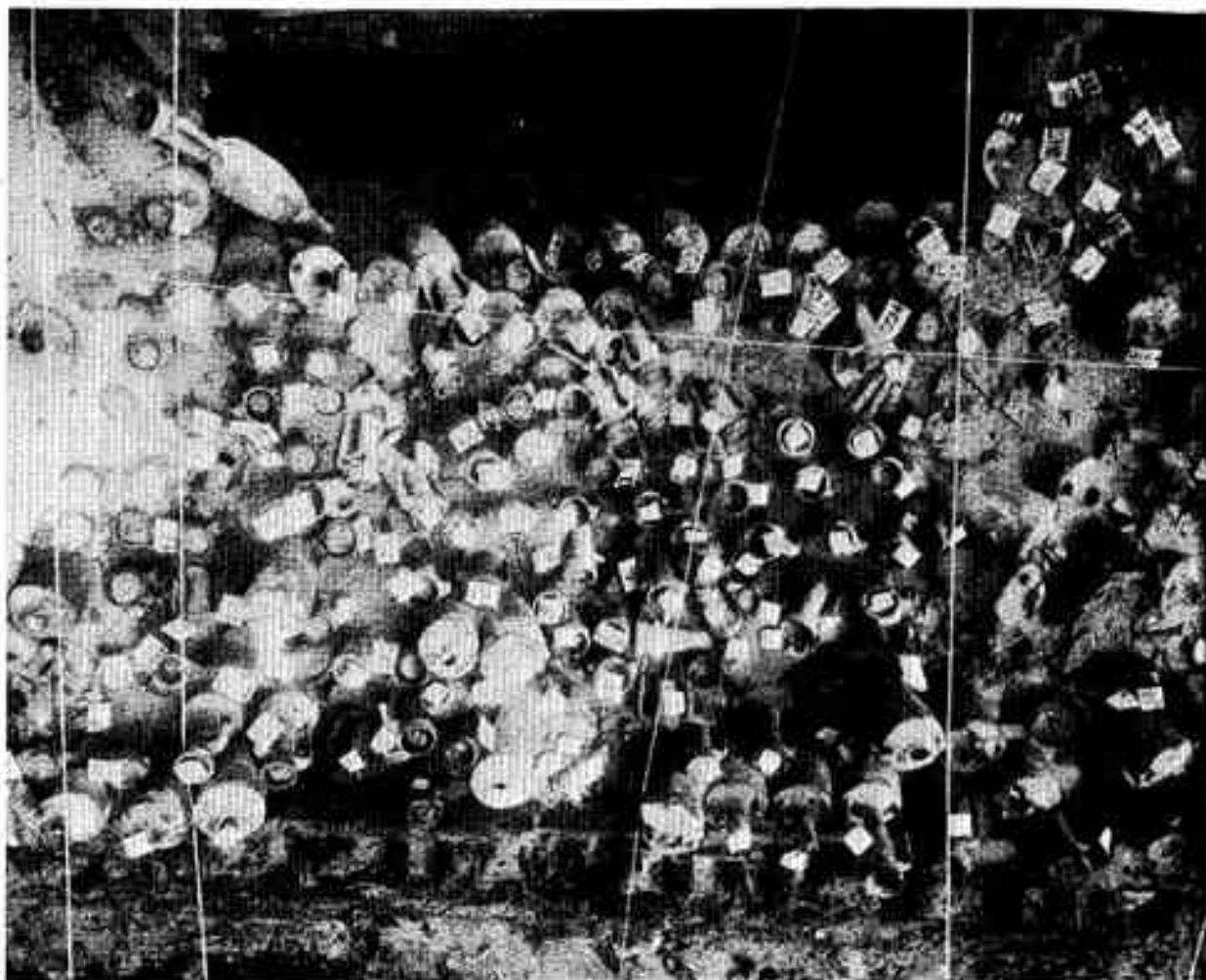
Gallia n'a fait que suivre, et c'est sa raison d'être, les progrès de l'archéologie en France grâce à la loi qui a créé l'administration des fouilles. L'exploitation nouvelle des grands sites historiques, souvent nés d'un sauvetage — Marseille, le Parvis de Notre-Dame — la poursuite des explorations permanentes — *Glanum*, Alésia, Lyon — les succès de la prospection par photographies aériennes, les conquêtes specta-

culaires de l'archéologie sous-marine, la multiplicité des découvertes fortuites, les relevés architecturaux et photogrammétriques des monuments les plus connus, obligent à publier sous des formes diverses, approfondie, suivie, préliminaire, sommaire. Inventaires, tables, musées, sociétés, législation, font l'objet de mises à jour périodiques. Les directeurs des circonscriptions fournissent régulièrement des chroniques d'information qui, en deux ans, couvrent toute la France. *Gallia* n'a aucun monopole : elle se doit de donner une vue d'ensemble de l'actualité scientifique, de fournir des articles du plus haut niveau, de publier des séries d'intérêt national (*Le Recueil général*

des mosaïques de la Gaule, par exemple), et des monographies qui puissent servir d'exemple (*La Maison Carrée*, *L'épave du Grand Congloué*).

Elle pourra désormais, mieux logée, mieux servie par un personnel accru, mieux équipée techniquement (atelier de dessin, photocopie perfectionnée), remplir son rôle plus efficacement. Souhaitons qu'il lui soit donné de pouvoir suivre les progrès techniques si rapides de l'édition scientifique, impression et illustration.

□ Paul-Marie Duval, professeur au Collège de France, membre de l'Institut, directeur de *Gallia*.



L'épave romaine de la Madrague de Giens (Var). Vue verticale (élément d'un couple stéréoscopique) de la moitié sud du chargement après dégagement des amphores couchées. Noter la disposition en carré des amphores dans les deux files inférieures de la photographie (Photo A.C.).

De seize ans la cadette de *Gallia*, *Gallia Préhistoire* fut fondée en 1958. La *Préhistoire*, dans *Gallia* n'était pas oubliée : la même revue abritait les deux disciplines dans ses articles, ses informations et sa chronique tenue par Raymond Lantier. Il est apparu rapidement que les deux disciplines prenaient chacune des proportions grandissantes ; aussi, que leur public répondait à deux catégories de lecteurs intéressés les uns par l'archéologie classique et celle des temps plus récents, les autres par l'étude des temps qui vont du Paléolithique ancien à l'Age du Bronze. Une meilleure adaptation a permis de développer l'intérêt de la revue ainsi dédoublée. La formule fondamentale est la même : offrir le maximum possible de matériaux pour servir la recherche. Cette option explique pourquoi *Gallia* et *Gallia Préhistoire* ne contiennent ni articles théoriques, ni critiques bibliographiques. *Gallia Préhistoire*, comme

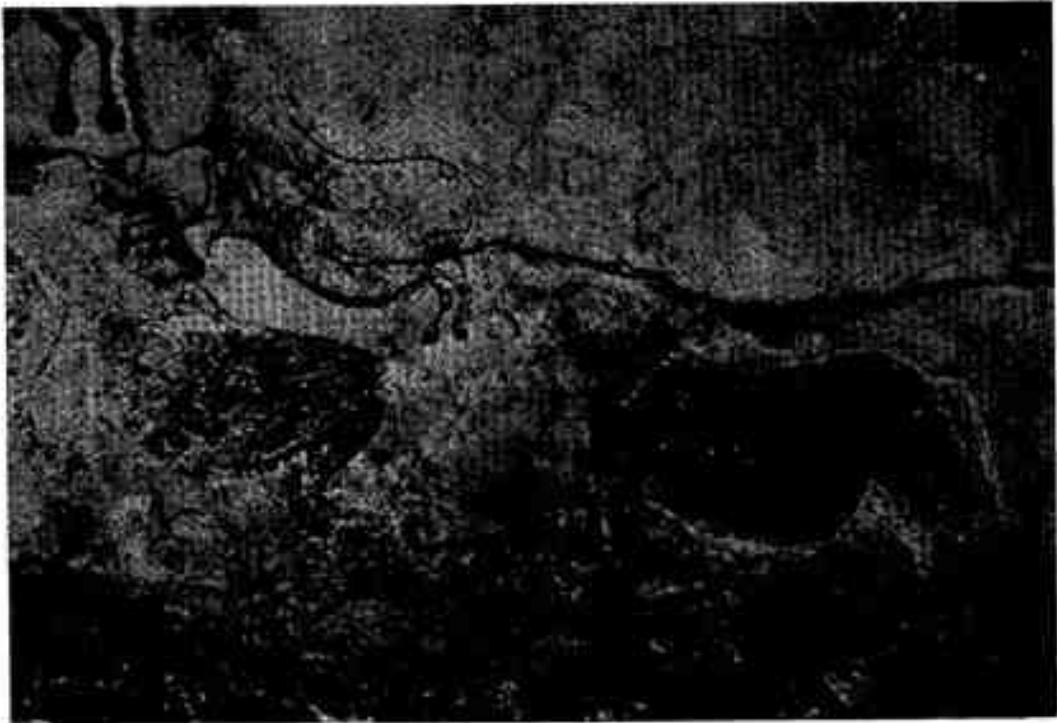
son aînée, comporte deux fascicules par an, constitués pour le premier par des articles dont certains peuvent dépasser cinquante pages, le second par des « Notes » et des « Informations » qui sont publiées sous la signature du directeur de chacune des circonscriptions des Antiquités préhistoriques. Les textes qui dépassent la taille d'un article peuvent faire l'objet d'un volume supplémentaire.

Gallia Préhistoire compte à ce jour vingt-quatre volumes de ces Suppléments, six d'entre eux sont consacrés à l'*Inventaire des mégalithes de la France*, les autres sont des études de préhistoire régionale : *Le Néolithique dans le Bassin Parisien ou Le Paléolithique inférieur et moyen du Midi méditerranéen*, des études de sites : *Le dépôt de bronze de Villethierry ou Lascaux Inconnu*, des analyses d'objets comme *Les aiguilles à chas au Paléolithique supérieur ou Les harpons magdaléniens*. *Gallia Préhistoire* peut également publier des œuvres de méthodologie comme *La dénomination des objets de pierre taillée* qui se dirige vers

sa troisième réimpression.

La bibliothèque Albert Grenier est commune aux deux revues. Le fait qu'elles ont choisi, pour donner à l'information directe le maximum de place possible, de ne pas comporter de compte rendus ou de critiques d'ouvrages n'a pas entravé le développement de l'utile instrument de travail que constitue la bibliothèque. Celle-ci est alimentée par des échanges qui témoignent de l'intérêt que manifestent les chercheurs étrangers vis-à-vis de nos deux revues. L'installation de *Gallia* et *Gallia Préhistoire* dans ces locaux mieux adaptés à leurs besoins assurera des conditions de travail favorables à leur développement.

□ André Leroi-Gourhan, professeur au Collège de France, membre de l'Institut, directeur de *Gallia Préhistoire*.



Lascaux inconnu (Dordogne). Nef. Chevaux 22 à 25. Le cheval 25, seulement gravé, est peu visible sous l'éclairage de ce cliché.

Comité national – Automne 1982

	DATES	SALLE DU CONSEIL	SALLE JEAN PERRIN	SALLE HENRI LAUGIER
SEPTEMBRE	L 27 MA 28 ME 29 J 30 V 1	29 – ECOLOGIE 29 – 29 –	16 – OCEANOGRAPHIE 16 – PHYSIQUE DE 16 – L'ATMOSPHÈRE	12 – PHYSIQUE DES 12 – SOLIDES 12 –
OCTOBRE	L 4 MA 5 ME 6 J 7 V 8	41 – PHILOSOPHIE 41 – EPISTEMOLOGIE 41 –	18 – CHIMIE ORGANIQUE 18 – BIOLOGIQUE 18 – 40 – HISTOIRE MODERNE 40 –	28 – BIOLOGIE 28 – ANIMALE 28 –
	L 11 MA 12 ME 13 J 14 V 15	4 – MECANIQUE 4 – ENERGETIQUE 4 –	8 – PHYSIQUE ATOMIQUE 8 – ET MOLECULAIRE 8 –	27 – BIOLOGIE 27 – VÉGÉTALE 27 –
	L 18 MA 19 ME 20 J 21 V 22	33 – SCIENCES 33 – ECONOMIQUES 33 – 36 – ÉTUDES LITTÉRAIRES 36 – FRANÇAISES	26 – PSYCHOPHYSIOLOGIE 26 – ET PSYCHOLOGIE 26 – 26 –	9 – STRUCTURE ET 9 – DYNAMIQUE 9 – MOLECULAIRE
	L 25 MA 26 ME 27 J 28 V 29	24 – THÉRAPEUTIQUE 24 – EXPÉRIMENTALE 24 –	1 – MATHEMATIQUES ET 1 – MODÈLES 1 – MATHEMATIQUES 37 – CIVILISATIONS 37 – CLASSIQUES	32 – GÉOGRAPHIE 32 – 32 – 32 –
NOVEMBRE	L 1 MA 2 ME 3 J 4 V 5	TOUSSAINT 20 – BIOCHIMIE 20 – 20 – 20 –	TOUSSAINT 3 – ELECTRONIQUE 3 – ELECTROTECHNIQUE 3 – OPTIQUE	TOUSSAINT 17 – SYNTHÈSE 17 – ORGANIQUE ET 17 – REACTIVITÉ
	L 8 MA 9 ME 10 J 11 V 12	5 – PHYSIQUE THÉORIQUE 5 – 5 – FERIE FERIE	14 – GEOPHYSIQUE ET 14 – GEOLOGIE INTERNE 14 – FERIE	36 – LINGUISTIQUE 36 – GÉNÉRALE 36 – FERIE
	L 15 MA 16 ME 17 J 18 V 19	19 – PHYSICO-CHIMIE 19 – DES POLYMERES 19 – 19 –	30 – ANTHROPOLOGIE 30 – PREHISTOIRE 30 – ETHNOLOGIE	23 – PATHOLOGIE 23 – EXPÉRIMENTALE 23 – ET COMPARÉE
	L 22 MA 23 ME 24 J 25 V 26	15 – GÉOLOGIE 15 – SEDIMENTAIRE ET 15 – PALEONTOLOGIE	22 – BIOLOGIE DES 22 – INTERACTIONS 22 – CELLULAIRES	38 – CIVILISATIONS 38 – ORIENTALES 38 – 6 – PHYSIQUE 6 – NUCLEAIRE
DECEMBRE	L 29 MA 30 ME 1 J 2 V 3	10 – PHYSICO-CHIMIE 10 – DES INTERACTIONS 10 –	21 – BIOLOGIE 21 – CELLULAIRES 21 – 21 –	31 – SOCIOLOGIE ET 31 – DÉMOGRAPHIE 31 – 31 –
	L 6 MA 7 ME 8 J 9 V 10	13 – CRISTALLOGRAPHIE 13 – 13 – 20 – ANTIQUITÉS 20 – NATIONALES	25 – PHYSIOLOGIE 25 – 25 – 25 – 25 –	7 – ASTRONOMIE ET 7 – ENVIRONNEMENT 7 – PLANÉTAIRE
	L 13 MA 14 ME 15 J 16 V 17	11 – CHIMIE DES 11 – MATERIAUX 11 – SOLIDES	34 – SCIENCES JURIDIQUES 34 – ET POLITIQUES 34 –	2 – INFORMATIQUE 2 – AUTOMATIQUE 2 –

