

Le courrier du CNRS 21

Auteur(s) : CNRS

Les folios

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

83 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 21, 1976-07

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

Consulté le 25/01/2026 sur la plate-forme EMAN :

<https://eman-archives.org/ComiteHistoireCNRS/items/show/85>

Copier

Présentation

Date(s)1976-07

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

Description & Analyse

Nombre de pages 83 p.

Notice créée par [Valérie Burgos](#) Notice créée le 20/03/2023 Dernière modification le 17/11/2023

LE COURRIER DU CNRS



N° 21 - JUILLET 1976 - 10 F.

८५

76 bibliographie

Pierre Aigrain

Le triple rôle de la recherche fondamentale dans le monde moderne, le bon usage de la coopération scientifique internationale, l'apport de la recherche au progrès économique constituent quelques-uns des thèmes de réflexion que Pierre Aigrain, ancien délégué général à la recherche scientifique et technique, aujourd'hui directeur technique général du groupe Thomson a bien voulu traiter pour « Le Courrier du CNRS ».

Pierre Aigrain affirme, une nouvelle fois, l'absolue nécessité de la relance de la recherche scientifique et technique. Chercheur, enseignant, puis responsable des enseignements supérieurs au ministère de l'éducation nationale, professeur au Massachusetts Institute of Technology, il s'est toujours préoccupé de la formation des jeunes. A ceux qui s'engagent dans une carrière d'enseignant-chercheur, ou qui hésitent, il dit combien est précieuse dans la vie professionnelle l'expérience de la recherche.



Pierre Aigrain

Comment concevez-vous le rôle de la recherche fondamentale dans le monde moderne ?

Le rôle de la recherche fondamentale dans le monde moderne est difficile à définir parce qu'il est complexe, et surtout multiple. Pour tenter de simplifier la question, on peut dire que la recherche fondamentale a trois rôles principaux : d'abord, un rôle culturel, ensuite un rôle d'enseignement auquel est lié le problème de la formation permanente des enseignants, enfin un rôle technologique qui touche un domaine très vaste : celui des relations entre la recherche fondamentale et la recherche de développement technique.

Sur le plan culturel tout d'abord, la recherche fondamentale a pour fonction principale d'aider à comprendre le monde qui nous entoure, le monde physique, dont nous avons des raisons de penser qu'il est régi par des lois qui sont probablement les mêmes dans tout l'univers, le monde biologique, géologique, astronomique. Ce monde est bien sûr régi par les mêmes lois, mais de surcroît, il a une structure qui peut être déterminée par l'histoire de l'univers, en ce sens qu'on peut parfaitement concevoir qu'une vie de nature différente aurait pu se développer sur la Terre. Donc, il y a d'abord ces deux aspects, celui de la recherche fondamentale dans le domaine des sciences physiques au sens large, c'est-à-dire la découverte et la compréhension, en terme de lois physiques, du monde biologique de l'univers tel qu'il est.

Une remarque au passage : la définition de la recherche fondamentale telle que je la conçois ne semble pas inclure les mathématiques.

Pourquoi cette distinction ?

Pour des raisons de simplicité, je laisserais en effet volontiers de côté le problème des mathématiques pures, qui en réalité, relèvent beaucoup plus du secteur de la philosophie que du secteur de la science stricto sensu. C'est la partie quantitative et rigoureuse de la philosophie, mais les mathématiques diffèrent de toutes les autres sciences par le fait qu'elles n'ont pas à se préoccuper de cette constante confrontation avec le monde réel. La physique comme la biologie et comme les sciences humaines proprement dites, que ce soit la psychologie ou la sociologie, (les sciences humaines dans la classification que je propose font partie des sciences), doivent constamment se confronter au monde tel qu'il est, et ne cherchent pas à en faire une construction abstraite. Ceci n'est pas une critique de l'utilité culturelle, en particulier, des mathématiques, ou même de leur utilité technique ; elles correspondent à une approche radicalement différente.

Alors, si nous nous limitons aux sciences proprement dites, mathématiques exclues, je crois que la recherche fondamentale, et par là il faut entendre la découverte de lois fondamentales du monde et des descriptions de base, est une grande entreprise culturelle qui répond à un besoin très profond de l'humanité, (qui doit avoir au moins 2 millions d'années, peut-être plus, si l'on en croit les récents résultats des chercheurs du CNRS dans la vallée de l'Omo). La notion que l'on peut essayer de comprendre le monde en l'observant est un phénomène très récent, d'environ trois mille ans au plus, c'est-à-dire 1/1000ème de l'histoire de l'humanité. Mais le besoin de comprendre est beaucoup plus ancien, il remonte aux premiers âges de

ENTRETIEN AVEC - ENTRETIEN AVEC - ENTRETIEN

l'humanité. Ainsi, cette partie des religions constituée par les cosmogonies qui, à défaut de comprendre, inventaient des mythes pour satisfaire ces besoins d'explications. Le rôle essentiel de la recherche fondamentale est à la fois de poursuivre cette connaissance, cette pénétration du monde et de fournir ces explications.

Ce rôle à lui seul, justifie probablement la recherche fondamentale et les efforts qui sont poursuivis dans le monde en ce domaine.

Une autre fonction de la recherche fondamentale est aussi très importante. En effet, il est impossible d'aborder actuellement une discipline d'action, quelle qu'elle soit, sans s'appuyer sur cette compréhension du monde. Autrement dit, il ne s'agit pas seulement de comprendre le monde, il s'agit d'enseigner cette compréhension et pour l'enseigner, la recherche fondamentale a apporté des outils tout à fait remarquables, non seulement parce qu'elle a fourni les données qu'on enseigne, mais aussi parce qu'elle permet de dire beaucoup de choses en très peu de temps, de manière synthétique.

Alors que j'étais encore un tout jeune chercheur, je suis tombé par hasard sur une extraordinaire bibliothèque de vieux bouquins scientifiques. Il y avait notamment le traité de Franklin sur l'électricité dans l'édition originale, en plusieurs gros volumes. De nos jours, un traité d'électricité pour le second cycle des universités tient en 350 pages en format 15/28 et dispense un contenu beaucoup plus dense et plus complet que le traité de Franklin.

Le fait que l'on ait pu condenser de très nombreux phénomènes observés en un nombre relativement réduit de lois fondamentales ou de lois dérivées qui ensuite permettent de décrire le monde est le résultat de la recherche fondamentale. Outre son rôle d'outil pédagogique, la recherche fondamentale est la seule méthode efficace de formation permanente des enseignants des disciplines fondamentales que l'on ait jamais trouvée. A condition bien évidemment que les enseignants puissent faire de la recherche par période. La France, qui est probablement en avance sur de nombreux pays par sa législation en matière de formation permanente dans l'industrie, est re-

marquablement en retard en ce qui concerne la formation permanente des professeurs de l'enseignement secondaire. Dans plusieurs pays, les professeurs de sciences de l'enseignement secondaire ont la possibilité et même l'obligation d'aller participer périodiquement à des activités de recherche de manière à se « reformer ». La France ne figure pas parmi ces pays.

Troisième rôle essentiel, la recherche fondamentale présente un intérêt technique. Un certain nombre de développements technologiques s'appuient d'une manière ou d'une autre sur la recherche fondamentale. Le vieux schéma un peu éculé, selon lequel on trouve d'abord des lois physiques et on invente ensuite, grâce à l'imagination, un certain nombre d'applications que l'on met en œuvre, ne se rencontre en fait que très rarement dans le domaine technologique. En pratique, les inventions ont presque toujours précédé la découverte des lois physiques des phénomènes qui permettaient de comprendre comment l'invention marchait.

Nous sommes dans l'âge de fer depuis probablement environ quatre mille ans



Laboratoire d'études des mécanismes de réaction. Laboratoire de chimie des substances naturelles. Photo J.M. Réclat

et nous savons que le fer s'obtient par réduction de l'oxyde de fer seulement depuis Lavoisier, qui comme chacun sait a terminé ses travaux en 1794, alors que l'on faisait déjà du fer depuis quatre mille ans. La compréhension du fonctionnement d'une machine thermique n'a vraiment été atteinte que vers le milieu du 19^{ème} siècle, avec les travaux de grands thermodynamiciens de l'époque et après que le mémoire de Carnot ait été redécouvert car, publié vers le premier quart du 19^{ème} siècle, il avait été complètement oublié. Des machines à vapeur fonctionnant bien et basées sur des idées complètement fausses étaient en fonctionnement depuis 1774 ; il n'y a pas eu quatre mille ans mais quand même 60-70 ans entre le moment où l'on a compris quelles étaient les bases physiques d'une machine à vapeur et la naissance d'une industrie qui a été l'une des dominantes de la révolution industrielle. Il arrive souvent que l'utilisation et le développement technologique précèdent la compréhension fondamentale. Mais il existe aussi des contre-exemples. Il y en a au moins deux très importants : en énergie nucléaire, la compréhension du mécanisme de la fission a précédé son application. Il en est de même pour le transistor. La technologie est souvent une conséquence de la recherche fondamentale, mais le cas inverse existe tout aussi bien.

Toutefois, le développement des technologies et la possibilité de les contrôler, c'est-à-dire d'effectuer les compromis technologiques entre prix, efficacité, rendement, pollution éventuelle ne deviennent possibles que le jour où les lois fondamentales sont comprises. Donc, même quand l'invention a précédé la science, ce n'est que le jour où cette technologie devient scientifique, et où elle incorpore la recherche fondamentale que l'on commence à pouvoir la faire progresser, en particulier dans le sens de bons compromis.

Pour quelles raisons chaque pays est-il amené à faire de la recherche fondamentale ? C'est une question que certains posent parfois.

Si la recherche fondamentale a un effet de formation permanente pour les enseignants, il est bien évident qu'elle n'a cet effet que sur les enseignants qui en font. Le deuxième rôle de la recherche fondamentale, son interaction avec l'enseignement, ne peut évidemment être utilisé qu'à la condition que le pays considéré participe à la recherche fondamentale. La contribution d'un pays comme la France à la recherche fondamentale est probablement de l'ordre de 6 ou 7 % de

l'effort mondial de recherche. Alors à quoi bon faire de la recherche fondamentale puisque les résultats de recherche sont publiés partout dans le monde ?

Voilà l'argument qui revient souvent ici ou là.

Certains en viennent à se dire que, au fond, si l'on ne faisait pas de recherche du tout, l'on aurait en gros 93 ou 94 % des résultats et les dépenses réduites pratiquement à zéro, ce qui évidemment améliorerait considérablement le rapport coût-efficacité. En fait, le problème est beaucoup plus complexe. L'expérience montre en effet que la recherche fondamentale n'est utilisable ni sur le plan culturel ni surtout sur le plan technologique si le pays dans lequel on veut utiliser les résultats n'est pas lui-même actif, au premier plan, dans ce même domaine. Cela veut dire qu'un résultat obtenu aux Etats-Unis n'est utilisable en France, sur le plan technologique, qu'à condition qu'il existe des équipes travaillant, au même niveau de qualité, dans le même domaine, sinon sur le même sujet, et aptes à comprendre pleinement l'apport original de ces résultats. La recherche fondamentale fonctionne dans le monde un peu comme un « club » et comme dans tout club, dans toute association, chacun peut bénéficier de tous les moyens du club, à la condition d'y apporter son écot et sa participation, afin d'en tirer le meilleur parti. Le pays qui cesse d'être un membre actif n'en tire plus grand avantage.

Quelle est la place de la recherche fondamentale en France par rapport aux autres pays ?

L'organisation de la recherche fondamentale diffère beaucoup entre les divers pays européens. Y a-t-il des organisations de la recherche fondamentale qui sont bonnes et d'autres qui sont mauvaises ? On peut s'interroger.

En réalité, il y a de nombreuses manières d'organiser la recherche fondamentale et qui peuvent toutes marcher. Il s'agit seulement de savoir si un certain nombre de conditions sont satisfaites, conditions qui seules permettent à la recherche fondamentale de jouer les trois rôles décrits plus haut pleinement et simultanément. Isoler la recherche fondamentale de l'enseignement supérieur est en général une mauvaise chose, mais il ne suffit pas de regarder un organigramme pour savoir s'il en est ainsi. Une grande partie de la recherche fondamentale se trouve au CNRS. Mais le CNRS est, en fait, intimement lié à l'enseignement supérieur : en gros, je crois que 75 % des laboratoires propres du CNRS sont diri-

gés par des professeurs d'enseignements supérieurs ; la symbiose des chercheurs payés par le CNRS, des chercheurs payés par l'enseignement supérieur dans les laboratoires propres du CNRS ou les laboratoires associés au CNRS est extrêmement étroite de sorte que cette distinction administrative ne correspond pas à une scission sur le plan pratique. En revanche en U.R.S.S., les distinctions entre les laboratoires de l'académie des sciences et des laboratoires des universités ont été longtemps non seulement administratives, mais réelles et profondes ; c'est moins vrai maintenant. L'Union Soviétique a évolué vers une symbiose beaucoup plus poussée.

L'originalité dans la structure française est due en grande partie au fait qu'il y a au CNRS une structure administrative bien adaptée et susceptible d'intéresser étroitement notre enseignement supérieur.

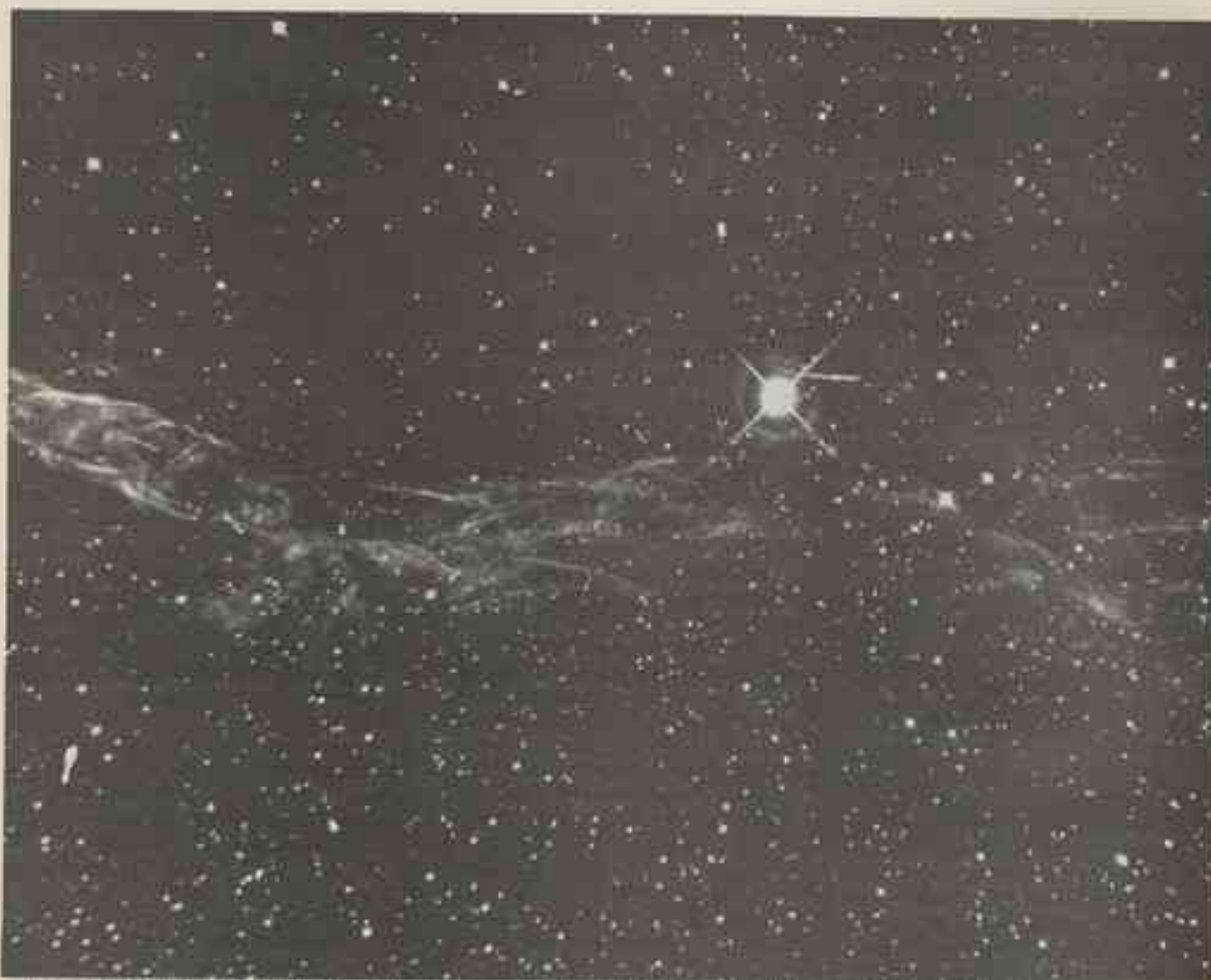
La manière dont la recherche fondamentale est faite n'est pleinement efficace qu'à condition que l'interaction soit possible avec les milieux technologiques, et avec le grand public instruit pour remplir le rôle culturel. Mais il faut bien dire que là, la situation en France est beaucoup moins satisfaisante, probablement pour des raisons de température, le nombre des chercheurs français, qui sont prêts à se donner du mal pour comprendre et faire comprendre au grand public ce qu'ils font est extraordinairement réduit.

Certains se donnent beaucoup de mal pour discuter de problèmes d'idéologie scientifique. Très peu consentent à discuter véritablement de la nature des recherches qu'ils poursuivent. Le CNRS, par exemple, a fait des efforts remarquables pour s'ouvrir à des publics variés. Et c'est indispensable à notre époque. On voit mal comment la culture de l'homme moderne peut oublier l'apport scientifique. Certains livres d'explication, précisément, sont de bons modèles de ce qu'il faudrait faire plus souvent dans toutes sortes de disciplines. C'est le cas de « Dis-moi papa », le petit livre remarquable de Jean-Claude Pecker qui explique l'astronomie aux enfants.

Les contrats avec la technologie qu'elle soit une technologie industrielle, biologique ou autre, sont très insuffisamment développés.

Comment voyez-vous l'apport de la recherche au progrès économique ?

La raison principale pour laquelle la recherche fondamentale est un facteur de progrès économique et qu'elle permet de faire de bons compromis. Ceci n'a pas toujours été apprécié comme il convient.



Partie Nord de la Nébuleuse de la Dentelle. Cette nébuleuse est située dans la Constellation du Cygne et distance de 2 500 années de lumière. La partie représentée n'est qu'une petite fraction d'un grand amas. On pense que c'est le résidu de l'explosion d'une Supernova qui a eu lieu il y a plusieurs milliers d'années. (Observation de Haute-Provence)

Les gens ont tendance à croire que la recherche fondamentale est ce qui permet de lancer une nouvelle activité industrielle ; au contraire, la plupart des activités industrielles réellement polluantes que nous connaissons ont démarré sans support scientifique, c'est pourquoi elles sont polluantes : il n'a pas été possible de faire les « bons compromis » entre une efficacité, nécessaire aux résultats industriels, et les effets externes. C'est seulement le jour où l'on comprend, que l'on peut choisir. Autrement tout ce que l'on peut faire, c'est expérimenter.

L'expérimentation est toujours très coûteuse, extrêmement difficile et pas toujours concluante et ne peut donc pas être le moyen de faire de bons compromis. Lorsque certains mettent en cause les recherches comme facteur de progrès économique et social, c'est souvent en raison d'une profonde incompréhension, justement, de cette interaction de la re-

cherche fondamentale avec le secteur économique et social. La plupart de ceux qui mettent cela en cause ne sont pas des scientifiques : ils ont donc des excuses pour ne pas comprendre les mécanismes des interactions de la science avec le monde extérieur.

Pour les industries véritablement modernes, par exemple dans le domaine de l'électronique lorsque, par hasard, un problème de pollution se produit, nous pouvons arriver à trouver la solution qui permet d'éliminer la pollution tout en gardant l'efficacité, alors que si on prend une industrie traditionnelle, la plus traditionnelle des industries françaises, la fromagerie, les causes de pollution sont très difficiles à résoudre, car les responsables, autrefois, ne s'occupaient pas de la pollution qu'ils occasionnaient et ne sont donc pas préparés à lutter contre elle et à trouver des compromis intelligents. De plus, la recherche de l'inconnu compor-

te une trop grosse incertitude pour qu'on puisse faire quelque chose.

Comprendre, mais aussi faire comprendre. Là aussi, il y a des progrès à faire. Qu'en pensez-vous ?

Je crois que l'évolution de cette tendance va dépendre considérablement de la capacité des scientifiques fondamentaux et des technologues, comprenant la recherche fondamentale, à mieux faire saisir cette interaction entre la science, la technologie, le monde réel physique et les conditions de travail, alors que jusqu'à présent la plupart des scientifiques et la plupart des technologues ne se sont guère attachés à cette tâche. Ils ont laissé le champ libre à des gens qui avaient effectivement un peu plus de temps qu'eux, et qui ont laissé de fausses idées se développer. L'opinion est capable de choisir elle-même, mais encore faut-il que tout le monde parle.

Ce n'est ni la première ni la dernière fois dans l'histoire que la science est mise en question, que des attitudes réactionnaires rétrogrades se manifestent, mais heureusement cela n'a pas empêché l'humanité d'évoluer dans un autre sens. En ce qui concerne la compréhension de la science par la nation, je crois que c'est un problème fondamental d'apporter à l'humanité la réponse à une question que l'humanité se pose depuis ses débuts. Il est évident qu'il faut que non seulement la science progresse, mais encore qu'elle soit comprise.

Un phénomène récent se produit en physique et un tout petit peu en biologie fondamentale : pour la première fois depuis quelques années on fait de gros efforts et on construit de gros appareils, (je pense en particulier à la physique des particules) dans le seul but de découvrir des lois primaires fondamentales.

C'est un phénomène tout-à-fait nouveau : jusqu'à ces toutes dernières années on n'aurait pas envisagé de dépenser de très grosses sommes pour découvrir un phénomène, du moins une loi. Or c'est précisément dans ces domaines là que les chercheurs qui utilisent ces équipements semblent le moins motivés pour expliquer les lois et les progrès physiques.

Il y a déjà eu dans l'histoire, au moins, un cas où un chef de gouvernement a été renversé parce que son goût pour l'astronomie l'amenait à donner trop d'argent aux astronomes. Il s'agit d'un petit fils de Tamerlan, Oulouba, qui avait construit à Samarcande un remarquable observatoire et, qui a été, non seulement renversé pour avoir observé le ciel, mais assassiné, parce qu'il dépensait trop d'argent.

L'effort nécessaire des scientifiques pour porter à la connaissance de la Nation les résultats de leurs recherches est absolument essentiel : imaginons un peintre de grand talent qui ferait de très beaux tableaux et ne montrerait jamais ses œuvres : il ne jouerait pas son rôle de peintre dans la société, qui est d'apporter l'art au public. Le scientifique est dans le même cas, et c'est d'autant plus vrai que depuis quelques années on a commencé à consacrer beaucoup d'argent à de très grosses installations scientifiques.

Or, je constate que si les astronomes et les biologistes font un plus gros effort que les physiciens ou les chimistes, il y a, de toutes façons, une différence importante entre le comportement des scientifiques français et celui des scientifiques américains. Là où le scientifique américain dépense une large part de son temps, de ses efforts, à expliquer ce qu'il fait au public, le scientifique français

consacre une part infiniment plus faible, trop réduite, de son temps à expliquer ce qu'il cherche et ce qu'il fait. Et cette réserve excessive risque d'avoir à terme des conséquences graves sur l'avenir de la recherche scientifique française.

L'existence des relations scientifiques internationales ne date pas d'aujourd'hui. Par exemple, sous Napoléon en pleine guerre franco-britannique, l'Empereur a accordé un sauf-conduit à un savant britannique, Davy, pour visiter en France ce qu'il voulait, avec comme seule explication que « le but de son voyage était scientifique ». Ce qu'on peut regretter, c'est la polarisation de ces relations, mettons à l'ouest sur les Etats-Unis et à l'est sur l'Union Soviétique. Certes ces pays représentent, et de très loin, la majeure partie de la recherche fondamentale qui est faite. Mais en fait les Français ont beaucoup plus de chance de rencontrer un scientifique allemand dans un laboratoire américain que dans un laboratoire allemand et c'est très dommage. En dehors des relations très nécessaires avec les Etats-Unis, il y a aussi les relations très nécessaires avec les pays européens qui sont plus faciles à organiser.

La deuxième remarque que je voudrais faire à propos de ces relations scientifiques internationales concerne un travers dans lequel il ne faut pas tomber. C'est à dire utiliser la science comme lien pour pouvoir créer une coopération internationale, politique, économique, de défense, etc... Je crois que c'est une grave erreur. La « ficelle » scientifique n'est ni assez solide ni assez bon marché pour permettre de la gaspiller de cette manière. On en arriverait à attacher ensemble des wagons très lourds avec un fil d'or très précieux. Les wagons se raient mal attachés et le fil casserait !

Ne confondons pas les genres. Les relations scientifiques sont une chose, utiles en elles-mêmes. Les relations politiques sont dans certains cas utiles et il convient bien évidemment de les développer par ailleurs. Les deux problèmes sont différents et je crois que l'on peut faire beaucoup de mal aux relations scientifiques en prétendant les utiliser comme moteur sous des relations d'une autre nature. On propose un projet de coopération entre deux, trois ou quatre pays européens par exemple, sur la base du fait qu'il est utile à la science de ces pays. C'est une très bonne chose, il faut sauter sur l'occasion et avancer. Lorsqu'on propose ce projet en disant que c'est une occasion pour ces pays de s'entendre sur quelque chose et que cela fera progresser l'union européenne, je dis que c'est absurde ; et en général, d'ailleurs,

cela ne fait pas progresser l'union européenne, on a au contraire créé une pomme de « discorde » supplémentaire en inventant un faux projet de coopération. Nous avons eu dans le passé des exemples de faux projets de coopération qui ont été autant de pommes de discorde.

- Vous avez été chargé d'étudier une réforme de l'Académie des sciences. Qu'en est-il maintenant ?

Le Président de la République m'avait en effet confié la mission d'animer un groupe d'études pour mener à bien un projet de réforme de l'Académie des sciences. Ce groupe réunissait diverses personnalités :

M. Fontaine, président de l'Académie des sciences, M. Trillat, président sortant de l'Académie, M. Laloy, directeur général des relations culturelles, scientifiques et techniques au ministère des affaires étrangères, M. Courrier, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences et M. Cohen-Salvador, conseiller d'Etat. J'ai remis notre rapport à M. Giscard d'Estaing en juillet 1975.

Le problème de la réforme de l'Académie des sciences est, en fait, un problème de conflit entre deux conceptions du rôle de l'Académie.

Ces conceptions sont les suivantes : soit l'Académie est une sorte de « club de dignitaires », ou bien c'est une « Académie de réflexion et de travail », ayant donc des fonctions à remplir en particulier celle de « conseil écouté du Gouvernement », pour reprendre les termes de la lettre de mission qui m'a été adressée par le Président de la République.

Il y a nécessairement conflit entre ces deux conceptions, l'une de ces conceptions correspondant à la réponse que j'ai fournie et qui préconise une Académie ayant des fonctions à remplir.

Cette conception là ne peut, par conséquent, satisfaire ceux qui ont une opinion différente. D'où, du fait même des deux conceptions indiquées, certains désaccords qu'il ne m'appartient pas de résoudre. Ce problème dépend de l'Académie des sciences, du secrétariat d'Etat aux universités, son tuteur, et du Président de la République, Protecteur de l'Académie des sciences.

Si l'Académie des sciences reste exclusivement un « club de dignitaires », on continuera à éprouver le besoin - incontestable - de disposer d'un organe indépendant capable de réfléchir à des problèmes très divers et de faire connaître ses réflexions hors de toute influence. On peut alors se demander si on ne sera pas conduit à envisager la création d'une « compagnie » pour assumer cette tâche.

A la suite des deux conseils restreints de février et de novembre 1975, on assiste en France à ce que l'on a appelé « un nouveau départ pour la recherche ». Qu'en pense l'ancien délégué général à la recherche scientifique et technique ?

L'impression qui prévaut c'est que, moins qu'une liste de mesures précises, il y a une volonté politique de relancer la recherche.

Cette volonté politique sera-t-elle suivie d'effet ? Seul l'avenir le dira. Je l'espère très vivement. J'y compte d'autant plus que la nouvelle « donne » économique, accentuée par la crise du pétrole, conduit à de nouveaux impératifs. Il apparaît clairement que des pays dépourvus – comme la France – de matières premières, énergétiques ou de minerais – sauf les produits agricoles primaires – mais qui ont déjà atteint un niveau de vie élevé, compétitif dans les industries à haute valeur ajoutée, n'ont comme atout majeur que l'utilisation de cette matière grise. On ne vit pas en autarcie. On est obligé d'importer et on importe en fait une quantité de produits.

En échange, on peut fournir du travail. Pour que ce travail puisse être rémunéré à notre niveau économique, il faut qu'il utilise au maximum la « matière grise ». C'est l'inverse de ce qui se passe lorsque l'économie repose surtout sur les industries de main-d'œuvre.

Pour assurer l'essor des activités reposant sur la « matière grise », il faut certes que la recherche soit forte, mais pas la recherche seule : la recherche scientifique et technique et le développement.

Or, dans toutes les activités à forte proportion de matière grise participent un nombre élevé de cadres de haut niveau. Il faut également toujours des bases techniques importantes. Or elles ne peuvent connaître une expansion satisfaisante que dans les pays où la recherche est active, où le système d'éducation secondaire et supérieure est bien développé et de qualité. Je ne dis pas que la France doit laisser tomber, en quelque sorte, ses industries traditionnelles. Ceci pour de multiples raisons, dont l'une est la suivante : ces industries traditionnelles peuvent aussi évoluer vers des activités à matière grise. Je crois que les activités à haute proportion de matière grise sont très importantes, sinon le système économique ne fonctionne pas.

La relance de la recherche est une absolue nécessité. Il faut tenir pour la France le même raisonnement que pour les autres pays qui lui sont comparables : le Japon, l'Allemagne Fédérale, la Grande-Bretagne, en dépit de ses problèmes actuels, les Etats-Unis étant à part, en raison de leur richesse en matières premières.

Il y aura une compétition de fait pour avoir simplement une seule place au soleil. C'est un canapé ; on verra quelle place chaque pays occupe sur ce même canapé ! Qui sera assis au large ou serré entre les autres...

Depuis dix ans le Japon et la République Fédérale d'Allemagne, par exemple, ont augmenté la part de leurs activités de recherche beaucoup plus que la France. Cette relance correspond donc bien à une absolue nécessité. Et il était temps. On devrait en percevoir bientôt les effets, par exemple à partir du redémarrage des créations de postes. Mais ce n'est pas suffisant. Il faut des postes, il faut de l'argent. Il faut aussi que le problème des recherches et études industrielles soit abordé. C'est un problème très aigu, dans toutes les industries de haute technologie. Leur part de financement total a cru considérablement.

Elle arrivent en butée et se trouvent en compétition avec les industries étrangères. C'est une compétition de plus en plus dure, qu'il s'agisse de l'électronique, de l'informatique par exemple, ou encore de l'instrumentation scientifique, domaine dans lequel le Japon notamment est en flèche.

Vous avez été chercheur, professeur, directeur des enseignements supérieurs, Délégué général à la recherche scientifique et technique. Vous avez passé récemment une année au Massachusetts Institute of Technology. Vous êtes maintenant directeur technique général d'un groupe industriel important. Quel enseignement tirez-vous des expériences acquises au cours d'une carrière aussi diverse que brillante ?

J'en tire surtout maintenant un enseignement susceptible, à mon avis, d'être utile aux jeunes. J'aimerais leur dire, quand je regarde les diverses étapes qui ont constitué cette carrière, que beaucoup dans la vie professionnelle est dû au hasard, à de petits incidents, bien plus qu'à une série de décisions.

J'ai débuté dans la vie comme enseignant, comme chercheur. Ensuite, j'ai fait de l'administration de la recherche et de l'administration de l'enseignement, ce qui correspondait aux deux « secteurs » dont j'avais fait le métier. Je me retrouve maintenant dans l'industrie.

Il y a eu aussi mon année au Massachusetts Institute of Technology, c'est-à-dire le retour au métier d'enseignant-chercheur, dans une université lointaine et prestigieuse ; ce qui a eu l'avantage de me faire rompre avec le passé. J'avais déjà fait des séjours de courte durée au Massachusetts Institute of Technology. Cela m'a donné l'occasion de voir comment les choses se faisaient ailleurs.

Il est parfaitement satisfaisant pour un individu d'avoir un déroulement de carrière de ce type – quelque soit en fait le niveau de responsabilités.

Pour l'administration, le fait d'avoir été physicien apporte une manière de voir et d'agir différente. Pour l'industrie, le fait d'avoir été dans la recherche, dans l'enseignement, dans l'administration, et d'avoir vu de près comment on procède ailleurs, constitue un apport extrêmement précieux.

Il y a en réalité une continuité dans cette diversité.

Les jeunes doivent savoir que lorsqu'ils se lancent dans une carrière d'enseignant-chercheur, ils ne doivent pas considérer qu'ils sont nécessairement « condamnés » à poursuivre éternellement dans cette voie. Mais ils doivent être conscients de l'importance de la formation précieuse qu'ils ont reçue. Il n'est pas habituel pour l'administration ni pour l'industrie de recruter ses cadres dans la recherche scientifique et technique.

De leur côté, les enseignants-chercheurs ont peur de ce saut dans l'inconnu. Or je constate que pratiquement tous ceux qui ont fait ce saut l'ont réussi – qu'il s'agisse de chercheurs du CNRS ou d'autres organismes de recherche. Ici, au groupe Thomson, plusieurs anciens chercheurs du CNRS, ont précisément, dans les laboratoires de l'industrie, des responsabilités de cadres. Ils apportent par leur métier d'origine quelque chose d'original, une démarche d'esprit différente. Leur position est très forte et leur présence très utile.

Bien sûr, tous les chercheurs ne sont pas amenés à se retrouver à la tête de la délégation générale à la recherche scientifique et technique, ni à la direction d'un organisme de recherche ou d'une entreprise, petite ou grande...

Mais ce que je constate ici et là, pour d'autres comme pour moi-même, c'est qu'à tous les niveaux de responsabilité et d'encadrement, la formation acquise dans la recherche est d'une infinie richesse. Tel est le message que j'aimerais transmettre aux jeunes qui viennent de s'engager dans la recherche ou qui hésitent à prendre cette route-là.

Qu'ils n'hésitent pas à entrer dans la carrière scientifique ni à la quitter un jour, sans pour autant se croire « dépassés », comme chercheurs.

On fait certes moins de recherche lorsqu'on fait de l'administration – au sens large –, mais on peut continuer à faire de la recherche, un peu comme l'athlète, champion de course à pied, qui un jour ne court plus sur les stades mais dans les forêts.

Saturne II

Saturne II n'est pas une nouvelle planète de notre système solaire mais une entreprise commune de l'institut national de physique nucléaire et de physique des particules du CNRS et de l'institut de recherche fondamentale du commissariat à l'énergie atomique pour construire, sur le site de Saclay, à la place de l'ancien synchrotron Saturne, un nouvel accélérateur de particules autour duquel doit se développer un laboratoire national de physique nucléaire à haute énergie.

L'extension de la physique du noyau vers les grandes énergies, le développement de ce domaine, appelé aussi parfois physique des énergies intermédiaires pour la distinguer de la physique des très hautes énergies nécessaire aux études de particules élémentaires, connaît actuellement un grand développement.

De la physique des particules vers la physique nucléaire

Les forces qui agissent au sein des noyaux, qui assurent les liaisons entre les nucléons (protons et neutrons) qui les constituent, reposent sur l'échange entre nucléons voisins d'une ou plusieurs particules éphémères, les pions, et de particules encore plus éphémères appelées résonances mésoniques. Ces pions et ces résonances échangés au sein de la matière nucléaire n'apparaissent pas directement à l'observateur. Pour les voir à l'état libre et observer leur production et leur interaction, il faut dépasser, dans chaque cas, un certain seuil en énergie. Certaines de ces résonances ont une vie tellement courte qu'on ne peut espérer observer leur interaction qu'au sein du

noyau même dans lequel elles ont été produites ; le noyau constitue alors une sorte de micro-laboratoire nucléaire. D'autres réactions et d'autres propriétés de la matière nucléaire apparaissent également seulement lorsque l'on atteint une certaine énergie ; nous en reparlerons plus loin.

Ces idées ont conduit à la construction de certaines nouvelles machines, appelées usines à pions, et à l'utilisation de certains accélérateurs construits primitivement pour des expériences de physique des particules, pour des études de physique des noyaux. Les physiciens des particules élémentaires se sont, en effet, regroupés peu à peu autour d'un petit nombre de très grandes machines d'énergie extrêmement élevée abandonnant, peu à peu, les premières machines qu'ils avaient fait construire. On n'a pas vu tout de suite le très grand intérêt que ces accélérateurs pouvaient avoir pour la physique du noyau. Cependant, vers le milieu des années 1960, un accélérateur de Brookhaven (près de New-York) le cosmotron, abandonné par les physiciens des particules élémentaires a été repris, in extremis, par une équipe très dynamique de physique nucléaire autour de H. Palevski, réalisant quelques très belles expériences juste avant la fermeture de cette machine par la commission de l'énergie atomique des États-Unis. Le chant du cygne de ce groupe de physiciens, adressé à tous les possesseurs de synchrotrons à protons de par le monde fut : « ne vous laissez plus surprendre par pareille mésaventure ; vous ne vous doutez peut-être pas des qualités de l'outil que vous avez en main, de la résolution en énergie exceptionnelle qu'il vous permet d'atteindre et de l'utilisation que vous pouvez en faire en physique

nucléaire ». Ce message fut entendu, à Saclay, par le groupe de J. Thirion qui obtint des moyens pour réaliser auprès du synchrocyclotron Saturne, un spectromètre particulièrement performant, baptisé SPES I, permettant de résoudre deux groupes de protons distants d'environ 100 KeV à 1 GeV. Les physiciens nucléaires de Saclay purent reprendre ainsi, en partie le flambeau des physiciens des particules partis auprès des accélérateurs du CERN ou de Serpukov. La physique du noyau nécessite, en effet, des résolutions bien supérieures à celles de la physique des particules élémentaires. Les états d'excitation des noyaux (correspondant aux différents mouvements internes) sont beaucoup plus rapprochés que les états d'excitation des particules dites élémentaires.

De Saturne I à Saturne II

Il est apparu alors que les caractéristiques de Saturne devaient être substantiellement améliorées pour constituer un bon outil moderne de physique nucléaire, et qu'un tel outil devait pouvoir être mis à la disposition de l'ensemble de la communauté des physiciens nucléaires français, qu'ils appartiennent au CEA, au CNRS, ou aux universités.

Ce fut l'origine de l'entreprise commune CEA - IN2P3 pour la rénovation de Saturne, étudiée en même temps que le projet du grand accélérateur national à ions lourds (GANIL). Sous la responsabilité d'un comité de projet, avec l'aide d'un conseil de physiciens venant des différents laboratoires, deux groupes ont été constitués pour étudier et réaliser la machine transformée et les nouvelles aires expérimentales.

PLEINS FEUX SUR - PLEINS FEUX SUR - PLEINS FEUX SUR

Saturne I avait certes un faisceau primaire de bonne résolution en énergie comme la plupart des synchrotrons, mais il avait, par ailleurs, un certain nombre de défauts ou d'insuffisances qui n'avaient pas empêché une série extrêmement fructueuse d'expériences de particules élémentaires mais qui devenaient très gênantes dès lors qu'il s'agissait d'entreprendre un programme étendu de physique nucléaire. C'est ainsi que le nombre instantané de particules par unité de temps était loin d'être uniforme au cours du palier de déversement. L'émission des faisceaux n'était pas très bonne. L'intensité des faisceaux extraits, convenable pour certaines expériences simples, était insuffisante pour des expériences plus complexes, ou pour la recherche de phénomènes plus rares. C'est en partant de ces éléments que furent définies les caractéristiques de Saturne II, qui sera un synchrotron à focalisation forte et à fonctions séparées constitué par un anneau d'un peu plus de 33 m de diamètre (fig. 1) comportant notamment seize aimants dipôles et vingt quatre quadrupôles focalisants et défocalisants. La machine fonctionnera avec deux sorties distinctes non spécialisées qui pourront être utilisées simultanément à deux énergies différentes. L'énergie des protons extraits pourra être comprise entre 500 MeV et 3 GeV environ ; la dispersion relative en énergie des faisceaux sortants devrait être de $\pm 5 \cdot 10^{-4}$, l'intensité extraite pouvant dépasser 10^{10} particules par seconde. Saturne II, comme déjà Saturne I, accélérera non seulement des protons mais encore des deutons et des particules α . D'autres ions pourront également être utilisés comme projectiles ; nous y reviendrons plus loin.

Les aires expérimentales réalisées à partir des deux éjections seront constituées en une série de casemates distinctes, dont une partie pourrait demeurer à peu près stable dans le temps, les autres devant être modifiées ou reconstruites selon l'expérience prévue. Certaines de ces casemates correspondront à un type d'expérience particulier : par exemple, pour les expériences à haute résolution avec le spectromètre SPES I, pour les expériences auprès d'un spectromètre plus petit mais à grand angle solide et à grande acceptance en impulsion appelé SPES II, pour le programme d'expérience nucléon-nucléon, pour des expériences avec des faisceaux secondaires de pions. Un plan des aires expérimentales, telles qu'elles seront réalisées au début de l'activité de Saturne II, apparaît sur la figure 2.

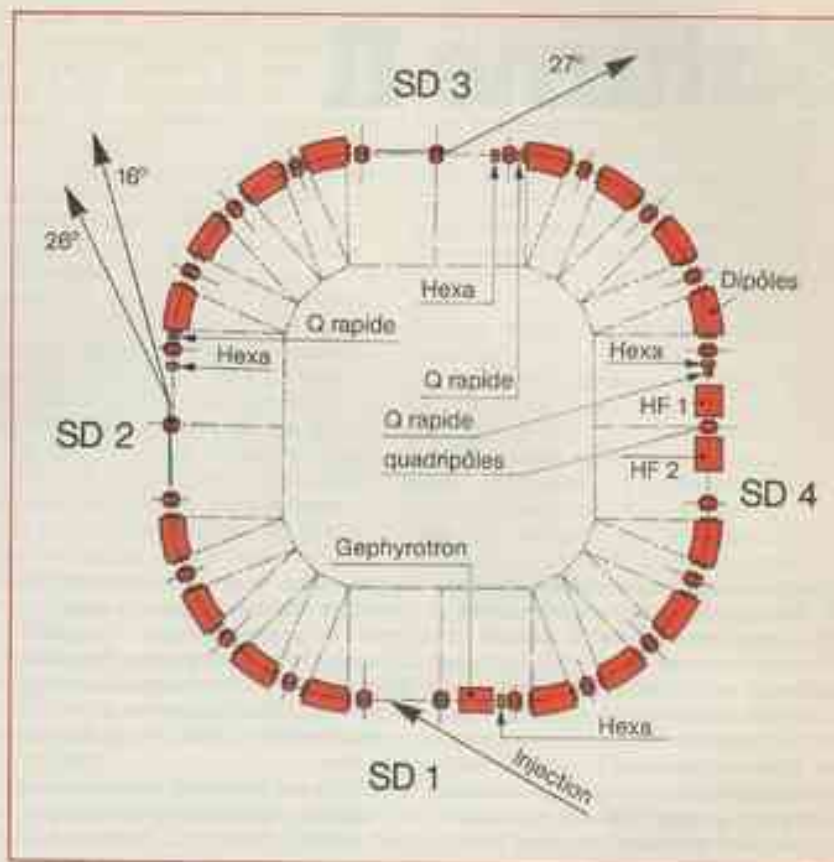


Fig. 1 - Structure du nouvel anneau de Saturne II.

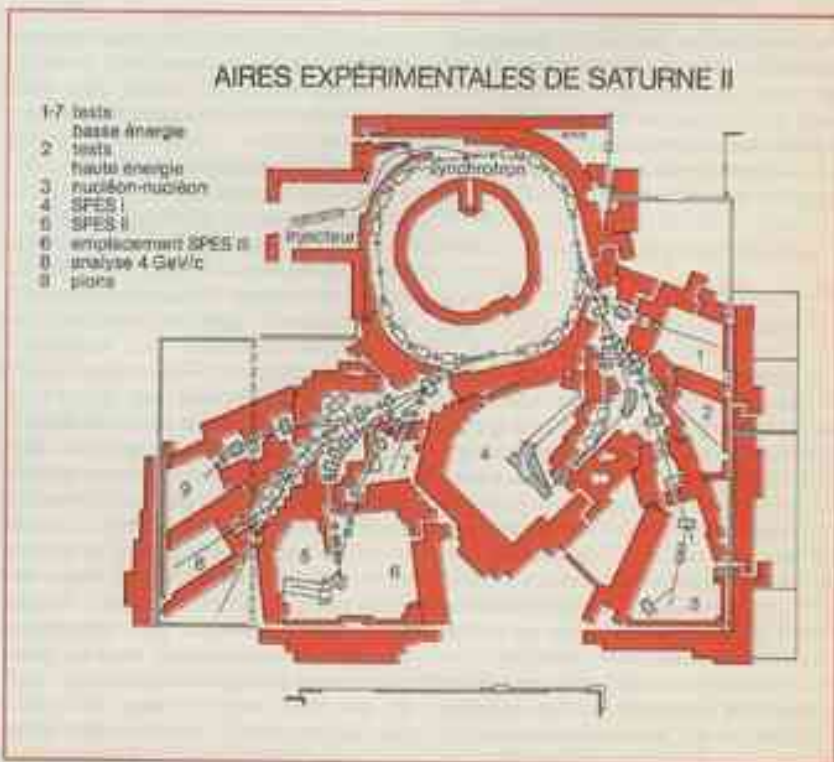


Fig. 2 - Aires expérimentales de Saturne II.

Les équipements expérimentaux du laboratoire national

Le laboratoire national Saturne II, en cours de constitution, héritera de la majeure partie des moyens expérimentaux de Saturne I. Une première tranche de trois nouveaux équipements expérimentaux a été lancée en 1976. Il s'agit :

- d'un dispositif d'analyse permettant d'atteindre l'énergie maximum de la machine, 3 GeV en protons, construit en réutilisant quelques aimants de l'anneau démonté de Saturne I, qui permettra d'effectuer, dans une gamme d'énergie inaccessible aux usines à mésons, des expériences avec une résolution en énergie convenable sans être spectaculaire (environ 1 MeV à 3 GeV), donc d'étudier des réactions nucléaires sur un certain nombre de noyaux avec une identification correcte de l'état final.

- d'une source d'ions lourds relativistes et de particules polarisées permettant d'ouvrir de nouveaux domaines aux expériences autour de Saturne II. Cette source à confinement de 1,50 m de long, appelée source Cryebis, dont l'idée d'origine revient à E. Donetz du laboratoire de Dubna, sera montée sur une plateforme à haute tension et réalisée pour Saturne II à l'institut de physique nucléaire d'Orsay avec la collaboration de techniciens de Saclay. Elle fournira, d'une part, des faisceaux de protons et de deutons polarisés intenses et, d'autre part, des ions lourds « légers relativistes » jusqu'au Néon 20 épluché de ses dix électrons, avec une intensité prévue de plus de 10^9 noyaux par seconde dans un domaine d'énergie de 150 à 1 400 MeV par nucléon (au-dessus de la gamme d'énergie couverte par l'accélérateur Ganil). Des ions plus lourds pourraient être accélérés par la suite en améliorant le vide dans la machine. Un schéma de cette source et de son fonctionnement est donné dans la figure 3.

- d'une cible de protons polarisés et d'un solénoïde permettant de faire tourner les spins de 180° . Cet équipement sera utilisé dans le programme d'expériences nucléon-nucléon. Il est construit au département de physique des particules élémentaires de Saclay.

Par ailleurs, un troisième spectromètre à bobinages supra-conducteurs appelé SPES III, de grand angle solide et de grande acceptance en impulsion, pouvant travailler en coïncidence avec SPES II, est à l'étude mais n'a pas encore reçu de financement.

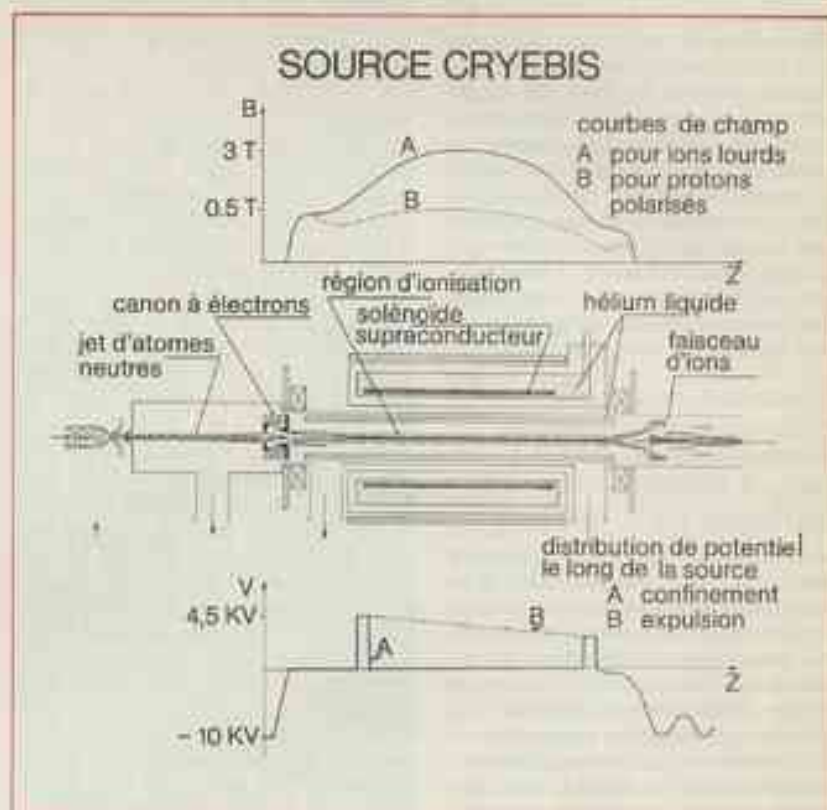


Fig. 3 - Source d'ions à confinement, appelée source Cryebis, permettant d'obtenir des ions lourds et des particules polarisées. En haut, courbes de champ ; au milieu, configuration de la source ; en bas, distribution de potentiel le long de la source lors de la phase de confinement et lors de la phase d'expulsion des ions.

Principales orientations de physique sur Saturne II

Ces moyens expérimentaux, avec les performances que doit pouvoir atteindre Saturne II, permettront d'entreprendre un vaste programme expérimental dont on peut discerner actuellement quelques grandes orientations.

Expériences nucléon-nucléon

Les forces nucléaires sont très complexes, fortes et de très courte portée ; leur connaissance demande la mesure de plusieurs paramètres de la diffusion nucléon-nucléon à différentes énergies en fonction de l'angle de diffusion. Les forces nucléaires sont souvent décrites sous la forme d'une superposition de potentiels, mais la notion de potentiel est de moins en moins valable lorsque l'on atteint le domaine relativiste ; les expériences permettent de déterminer une série de déphasages de plus en plus nombreux à mesure que l'énergie augmente

et que l'on explore alors des distances de plus en plus petites. Les mesures sur l'interaction nucléon-nucléon en fonction de l'énergie ne sont pas seulement nécessaires pour la connaissance des forces nucléon-nucléon, mais aussi pour la prévision des mécanismes de réactions nucléaires aux mêmes énergies. Jusqu'à présent, on dispose de données convenables jusqu'à 600 ou 700 MeV ; au-delà, le terrain est encore peu connu. Les expériences nucléon-nucléon à Saturne seront faites aussi bien avec des faisceaux qu'avec des cibles polarisées. Des faisceaux de neutrons - obtenus par capture de deutons - seront également employés.

La spectrométrie à haute résolution

On peut distinguer dans cette rubrique toute une série de réactions nucléaires classiques (diffusion élastique, inélastique, réactions de transfert de un ou deux nucléons...) dont l'étude a pu être entreprise grâce au spectromètre SPES I. Celui-ci, utilisable jusqu'à 1,4 GeV en protons, permet d'obtenir une résolution pouvant aller jusqu'à 100 KeV à 1 GeV.

A grande énergie, le transfert d'impulsion est particulièrement élevé et l'on espère atteindre ainsi de nouvelles caractéristiques de la dynamique et de la structure nucléaires. Il importe de réaliser ce genre d'expériences dans différents domaines d'énergie de manière à obtenir des informations complémentaires. Dans le domaine du GeV, on espère pouvoir faire appel à des analyses théoriques plus simples. Les expériences avec SPES I ont commencé sur Saturne I et ont permis d'obtenir des résultats de grande qualité avec comme projectile aussi bien des protons que des deutons et des particules α . A l'avenir, il sera également possible de réaliser de telles études avec des protons et des deutons polarisés ainsi qu'avec des ions plus lourds.

Réactions nucléaires à deux corps au-dessus du domaine de SPES I jusqu'à l'énergie maximum de la machine

Ce domaine, en protons de 1,4 GeV à 3 GeV, n'a encore été qu'effleuré. Il se trouve au-delà des énergies que peuvent atteindre les usines à pions : la compétition avec d'autres accélérateurs est par conséquent bien moindre. L'analyseur décrit ci-dessus permettra d'étendre dans cette région d'énergie les expériences sur les mécanismes de réaction et la structure des noyaux. On atteint là des transferts d'impulsion considérables ; le problème est de savoir si ces transferts peuvent se comprendre par certaines particularités du mécanisme de réaction (toujours plus complexe qu'on ne le croit au départ) ou bien par des caractéristiques à très courte période des nucléons dans la matière nucléaire. Le comportement de ces réactions en fonction de l'énergie incidente est particulièrement significatif. Seul un ensemble d'expériences différentes permettra de répondre à ce type de questions.

Réactions de production

Aux énergies de Saturne, on peut produire sur les noyaux des pions, des résonances mésoniques comme les ρ et les ω , des résonances baryoniques comme les Δ ou les N^* , des particules étranges comme les K et les Λ qui sont obtenus par production associée (on peut jouer le rôle d'un nucléon dans un noyau et former alors un noyau de type nouveau appelé hypernoyau) ainsi que des anti-nucléons (que l'on peut obtenir à Saturne sur des noyaux, au-dessus du seuil de production sur des nucléons libres). C'est un domaine très vaste et nouveau qui promet d'être très vivant. Les pions peuvent être produits avec des sections efficaces relativement faibles dans des réactions à deux corps de type (p, π^+) ou (p, π^-) . La plus fré-

quent est cependant celle de la production multiple, pour laquelle on se demande si le noyau agit simplement comme un ensemble de nucléons indépendants ou si des phénomènes de cohérence ne vont pas jouer un rôle important. Le même problème se pose pour la production de résonances mésoniques. Les Δ , les plus connus sont les Δ de masse au repos 1 236 MeV, sont des résonances pion-nucléon de durée de vie particulièrement courte donc de grande largeur en énergie. Le problème des Δ dans les noyaux a donné lieu récemment à beaucoup de discussions et de controverses. On s'est demandé si les nucléons dans les noyaux, du fait de l'échange continu de pions, ne se présentaient pas pendant une fraction de temps sous forme de Δ . On a ainsi donné des proportions de Δ dans les noyaux allant de 0,5 % à plus de 5 % ; ainsi, dans l'uranium, il pourrait y avoir à chaque instant plusieurs Δ à côté des nucléons « ordinaires ». On s'est demandé cependant si l'on avait bien le droit d'utiliser une telle description par suite de la très courte durée de vie du Δ . Observer un Δ sortir d'un noyau dans une réaction nucléaire n'implique pas nécessairement qu'il y existait en tant que tel avant l'interaction. C'est ainsi que les expériences conduisant à l'observation de Δ sont difficiles à interpréter : met-on effectivement, en évidence, l'existence de Δ dans les noyaux ? ou bien, s'agit-il de la production de Δ dans un état intermédiaire (virtuel) ? ou bien encore, a-t-on affaire à la production de Δ dans l'état final dont on observe ensuite la désintégration ? Là encore, seul un ensemble d'expériences variées devrait permettre de répondre. L'étude des hypernoyaux est aussi un domaine de grand intérêt. On souhaite pouvoir observer non seulement l'état fondamental des hypernoyaux mais aussi leurs états excités pour lesquels il existe déjà quelques observations. Le spectromètre SPES II a été construit notamment pour tenter de faire de la spectroscopie des hypernoyaux.

Réactions à trois corps ou plus dans l'état final

Plusieurs des réactions que nous venons d'évoquer, comme la production de Δ ou la production multiple de pions, sont des réactions à trois corps ou davantage dans l'état final. D'autres réactions de ce genre sont les réactions de fragmentation sur des noyaux très légers, ou les réactions quasi-libres $(p, 2p)$ $(p, p\alpha)$ $(\alpha, 2\alpha)$ etc. Il est important dans ce cas de mesurer en coïncidence deux, au moins, des particules émises (ce qui permet alors de déterminer complètement la cinématique de la réaction). Pour réaliser de telles mesures, on peut recourir, soit à un spectromètre en coïncidence avec une deuxième voie comportant un télescope constitué de différents détecteurs l'un derrière l'autre, soit encore à deux spectromètres en coïncidence qui pourraient être ici SPES II et SPES III. Il est possible également, avec un spectromètre à grand angle solide et à grande acceptation en impulsion (comme le sont SPES II et SPES III), de détecter simultanément dans le plan focal d'un même aimant deux particules provenant d'une même désintégration si elles ne sont pas émises à trop grand angle l'une par rapport à l'autre.

Expériences avec des faisceaux de particules secondaires

Ce seront là, à Saturne, essentiellement des faisceaux de π^+ ou de π^- de plus de 500 MeV. Ces pions sont produits par interaction des protons dans une cible. Plusieurs faisceaux de pions peuvent être constitués et utilisés simultanément. Le domaine d'énergie supérieure à 500 MeV n'est pas couvert par les usines à pions. Jusqu'à présent, on a étudié, plus particulièrement, l'interaction π , noyau entre 100 et 300 MeV, dans la région de la résonance $3/2, 3/2$ ($\Delta(1236)$) très intense et de ce fait difficile à traiter. Il est vraisemblable que des renseignements extrêmement intéressants sur l'interaction des pions avec les noyaux

Fig. 4 — Pions positifs du spectromètre SPES II au cours du montage.



pourront être obtenus et analysés dans le domaine d'énergie située au-delà des résonances les plus importantes, c'est-à-dire justement dans la gamme supérieure qui permet d'atteindre Saturne.

Expériences avec les ions lourds relativistes

On appelle, traditionnellement, en physique nucléaire, ions lourds, tous les ions de masse supérieure à ^4He . Ils sont dits relativistes lorsque leur énergie cinétique par nucléon (énergie cinétique totale de l'ion lourd divisée par son nombre de nucléons) devient de l'ordre de grandeur de l'énergie correspondant à la masse au repos d'un nucléon (~ 940 MeV). Les ions lourds relativistes, même si l'on se contente des ions lourds relativistes « légers », c'est-à-dire ceux compris entre le lithium et le néon complètement épluchés, ouvrent des domaines passionnants pour la physique nucléaire, et également pour d'autres disciplines que nous évoquerons plus loin. La gamme d'énergie couverte par Saturne, comme nous l'avons déjà dit, sera de 150 à 1 400 MeV par nucléon : les $^{20}\text{Ne}^{10+}$ pourront donc atteindre 28 GeV. Parmi les phénomènes que l'on pourra étudier, indiquons les réactions de fragmentation – celles de la cible aussi bien que celles du projectile –, les réactions de production cohérente ou semi-cohérente de particules élémentaires, et plus généralement tous les processus liés aux degrés de liberté mésoniques dans une matière nucléaire particulièrement chaude. Pourra-t-on former dans de telles réactions des noyaux super étranges, c'est-à-dire d'étrangeté plus grande que 1 ? En tout état de cause, les hypernoyaux devraient pouvoir être formés

aussi bien dans le noyau projectile que dans le noyau cible.

On s'attend, d'autre part, à observer, lors d'un choc frontal noyau noyau à haute énergie, de la matière nucléaire fortement comprimée correspondant à une densité de nucléons supérieure à la normale. A une énergie, qui ne doit être ni trop petite ni trop grande, que certains théoriciens (M.I. Sobel, H.A. Bethe et al.) estiment devoir être de l'ordre de 800 à 1 000 MeV par nucléon, les premiers nucléons du noyau projectile s'arrêteraient brutalement à l'intérieur du noyau cible, les nucléons arrivant derrière eux heurteraient ceux qui les précèdent, conduisant ainsi à une densité de matière nucléaire plus élevée. Si leur vitesse lors du choc est alors plus grande que la vitesse du son dans la matière nucléaire, on devrait observer la formation d'une onde de choc donnant lieu à toute une série de phénomènes nouveaux. On devrait être en mesure de les étudier grâce à la production et à l'émission de différentes particules dans différentes directions et grâce au comportement de cette émission en fonction de l'énergie incidente. Reconnaître et mettre en évidence ces ondes de choc et cette plus grande densité de matière nucléaire pose un problème à la fois difficile et intéressant pour l'expérimentateur. On a également suggéré que cette compression pouvait devenir suffisante pour vaincre la forte répulsion à courte distance des forces nucléaires et que l'on pourrait atteindre ainsi un nouvel état de la matière nucléaire, dit « super dense », de très grande énergie de liaison (T.D. Lee et G.C. Wick). Il s'agit là d'idées et d'hypothèses, peut-être encore spéculatives, qui rejoignent certaines théories formulées à propos des étoiles à neutrons.

Disciplines non nucléaires

Les faisceaux de Saturne II seront extrêmement utiles pour préparer et tester des appareillages et instruments préparés par des équipes françaises pour des expériences de physique des particules élémentaires, en particulier au C.E.R.N. Une grande partie de ces tests peut déjà être réalisée « en parasite » (c'est-à-dire en même temps que des expériences réalisées « en pilote » par les utilisateurs principaux).

Les faisceaux d'ions lourds relativistes sont particulièrement intéressants pour certaines expériences d'astrophysique nucléaire, qu'il s'agisse de préparer des appareils qui doivent être ensuite montés dans des satellites artificiels, qu'il s'agisse d'expériences sur les réactions par ions lourds dans des études sur l'origine des différents noyaux du rayonnement cosmique, ou qu'il s'agisse de déterminer expérimentalement, en laboratoire, les caractéristiques du passage des rayons cosmiques dans la matière inter-stellaire. Nous nous trouvons là à l'intersection de problèmes de physique nucléaire, d'astrophysique et de physique atomique.

Un autre domaine d'application des ions lourds relativistes (qui a déjà débuté avec les particules accélérées par Saturne I) est la radiobiologie : dans ce cas, l'utilisation d'un rayonnement à la fois très ionisant et très pénétrant comme les ions lourds de grande énergie est particulièrement intéressante. A partir de ces études radiobiologiques apparaissent des possibilités d'application à la radiothérapie d'un certain nombre de tumeurs. Des études préalables, dans ce sens, sont actuellement projetées sur Saturne II.

Saturne I devrait être arrêté à la fin de mars 1977. Certains postes expérimentaux s'arrêteront plus tôt de manière à pouvoir démonter et remonter certains appareillages avant que les ponts roulants et les équipes de manutention ne soient complètement occupés par les travaux de démontage et de remontage du nouvel anneau. C'est ainsi que la zone test traditionnelle sera démontée en octobre et le spectromètre SPES I sera arrêté au début de décembre prochain. Ce seront, de ce fait, aussi les premières zones qui pourront être utilisées au début de Saturne II. Les premiers protons devraient pouvoir être accélérés dans Saturne II vers le mois d'avril 1978. Les aimants dipôles de l'anneau sont actuellement en construction. Le prototype doit arriver à Saclay avant l'été. Les premiers essais et la détermination des cartes de champ commenceront aussitôt après.

Le laboratoire national Saturne II entrera en fonctionnement au cours de l'année 1977.

Pierre RADVANYI
Directeur de recherche au CNRS
Directeur adjoint de
l'entreprise commune Saturne II

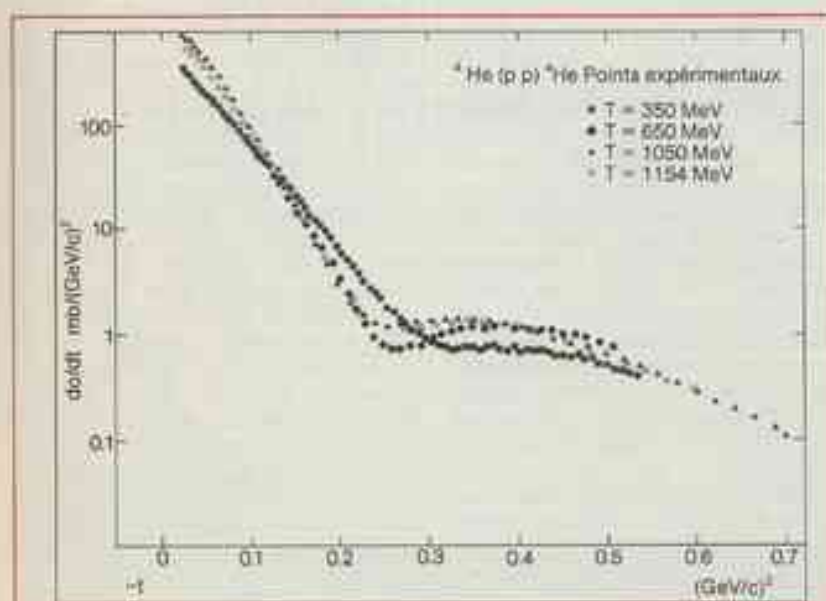


Fig. 5 – Diffusion angulaire (en fonction de l'impulsion transférée) de la diffusion de protons sur ^4He mesurée auprès de Saturne II (E. Anagnostou et al., à paraître).

La musique et le temps

Avec Mme de Chambure disparaît un savant qui a su tout au long de sa vie allier la sensibilité à l'érudition, mener de front l'animation de groupes de recherches sur la musique classique et ancienne et la conservation des documents d'époque (instruments, illustrations), et donner l'exemple de l'interdisciplinarité en replaçant la musique dans le cadre de l'ensemble de la connaissance artistique d'une époque. Au cours de ces années, Mme de Chambure a réuni une documentation exceptionnelle, qui va enrichir le patrimoine culturel national : instruments de musique ancienne, manuscrits et livres rares, vaste fichier iconographique et documentaire. Depuis 1967, le CNRS aide cette entreprise qui fait honneur à la recherche en sciences humaines.

La musique meurt aussi

On croit trop souvent que la musique, art immatériel, échappe aux atteintes du temps. Les produits des autres arts (hormis la littérature) sont soumis à une plus ou moins prompte destruction : c'est pour eux la loi naturelle, une loi dont l'action ne peut être évitée, ou plutôt retardée, que par des soins constants et coûteux. Il serait important d'étudier les modalités de cette loi, diverses selon les temps, les lieux et les genres. Fragiles par excellence, les tableaux se ternissent, s'écailent, se déchirent, se brûlent, et ont grand peine à passer sans dommage un siècle ou deux. Pour la France, nous ne possédons certes plus un millièème de ce

qui fut peint au XV^e ou au XVI^e siècle, un dixième de ce qui fut peint au XVIII^e. La pluie et le gel défilent les sculptures de pierre, les guerres et les changements de régime envoient les bronzes à la fonte. L'architecture est un perpétuel sacrifice : quand nous admirons une cathédrale gothique, nous devons imaginer (et certes non sans regrets...) la cathédrale romane qu'elle a remplacée, et qui avait elle-même détruit le plus souvent une église carolingienne, qui succédait à un baptistère paléochrétien, lequel utilisait les matériaux d'un admirable temple antique... En apparence, rien de pareil pour la musique, depuis l'apparition de l'imprimerie. Il lui suffit de quelques signes sur le papier. Sur les rayons des bibliothèques, les partitions semblent attendre sans trop de crainte les variations du goût et l'heure de la résurrection.

Mais c'est au prix d'autres servitudes. Il n'est de musique que par l'interprète, dont la sensibilité et la culture peuvent seules restituer l'œuvre dans sa qualité. Il n'est aussi de musique que par l'instrument. Or rien de plus fragile que cet instrument. Un bref moment d'abandon : et le clavecin, la harpe sont hors d'usage sans une coûteuse tentative en état ; le plus souvent, c'est le grenier, et bientôt la destruction. Quand le touriste entre dans une église où se dresse un buffet d'orgues du XVII^e siècle, se doute-t-il des ravages que cachent le plus souvent les boiseries sculptées et le bel alignement des tuyaux ? (fig. 1 à 4). Certes, le facteur est là, prêt à restaurer, et surtout à remplacer : mais ce qui sort de ses mains est tout différent. Les modes évoluent, l'oreille s'habitue à d'autres timbres, d'autres volumes. Insensiblement l'infidélité s'accroît. Lorsqu'on joue un cho-

ral de Bach au piano, quel rapport entre ce que nous entendons et ce qu'a voulu le créateur ? Sommes-nous autant touchés, par exemple, par une banale reproduction que par un original du Louvre ? On ne peut nier qu'il y ait là un problème. Il n'est pas le fait d'un raffinement byzantin : il correspond à un besoin actuel. Le disque, la radio, la télévision ont donné soudain à la musique ancienne, dans le monde entier, une immense audience. On retrouve, on remet en vogue des œuvres oubliées. Il sort chaque jour par centaines des disques ou des cassettes portant des noms inconnus naguère : Guillaume Dufay, Marc-Antoine Charpentier ou Lalande. On remet en scène le *Couronnement de Poppee* de Monteverdi, ou le *Didon et Enée* de Purcell. Si l'Eglise délaisse sa musique traditionnelle, les concerts spirituels ont un public enthousiaste, et tous les pays d'Europe, les municipalités mêmes, font effort pour la coûteuse restauration de leurs orgues. Or ce renouveau risque de ne déboucher que sur de tristes contre-sens, s'il ne s'appuie sur la connaissance des instruments anciens. Les amateurs de musique ne le soupçonnent guère, mais les spécialistes savent qu'à côté de merveilleuses résurrections ce qui est offert au public n'est bien souvent qu'une caricature. Les vitraux de Chartres se dégradent : mais nul, même au nom de leur conservation, n'ose conseiller de les remplacer par des copies. Or une copie de vitrail, un moulage de statue sont bien plus proches de l'original que la musique que, parfois encore, nous entendons sous le nom de Nicolas de Grigny ou de François Couperin. En musique aussi, le public a droit à l'original.



Fig. 1 - Lanvellec (Côtes du Nord), Orgue. Le buffet vu de la nef. L'orgue de Lanvellec, daté de 1651, est l'un de ceux qui ont été construits en Bretagne par le facteur Robert Dollon.



Fig. 2 - Lamoignon, Orgue. Intérieur du soufflet, état de la soufflerie et d'une partie de la tuyauterie au début de la mise au point.



Fig. 3 - Lamoignon, Orgue. Intérieur du buffet, état de la tuyauterie.



Fig. 4 - Lamoignon, Orgue. État d'un tuyau de « crochets » attaqué par la « sève de l'été ».

Une tâche capitale s'impose donc : étudier les instruments anciens, leur forme et leur usage selon les lieux et les temps, réparer et sauver ceux qui subsistent, utiliser ceux qui sont encore en état pour analyser scientifiquement le rapport entre leur construction et leur sonorité, en un mot les connaître assez parfaitement pour pouvoir éclairer le musicologue, guider le restaurateur et l'interprète. C'est la tâche que s'est fixée le CNRS depuis 1967 avec un groupe de recherche (actuellement ERA 588). L'initiative en revient à Mme de Chambure.

De la pratique à la recherche scientifique : une démarche exemplaire

Interprète elle-même, Mme de Chambure n'avait jamais considéré la musique comme un champ de pure spéculation, mais comme un art vivant. Très jeune, elle s'était prise de passion pour les œuvres du XV^e et du XVI^e siècles : et sa vaste culture – son amour pour la peinture italienne en particulier – l'avertissait que la compréhension profonde d'un art passe par la compréhension de l'époque. Croire que l'érudition tue la sensibilité du musicien lui semblait pure niaiserie : ce qu'elle disait sans ambages. Elle n'en craignait pas les formes les plus austères, et se fit connaître des spécialistes par une série d'études sans concession. L'une des premières, elle travailla sur la chanson française du XV^e et XVI^e siècles, et réunir un fichier qui reste encore une documentation de base. En même temps, elle accepta cette forme noble et très raffinée de la science historique qui s'appelle la collection. Recherchant avec soin les manuscrits, les partitions rares du XV^e et du XVI^e siècles, et

S SUR - RÉFLEXIONS SUR - RÉFLEXIONS SUR - RÉ

les ouvrages théoriques de facture et de lutherie, elle en amassa un ensemble prestigieux, certainement un des plus beaux qui aient été réunis de nos jours. Il surprendra par sa qualité et sa richesse lorsque dans quelques mois il sera venu – de par sa volonté expresse – compléter le département de la musique à la Bibliothèque nationale.

Mais l'interprète savait aussi l'importance de l'instrument. L'historienne comprit la dimension historique d'un problème trop souvent abandonné au « connaisseur » ou au restaurateur. Ici encore, elle n'hésita pas à donner à sa curiosité la forme de la collection. Dans le vaste hôtel de Neuilly vinrent s'accumuler les clavecins et les épinettes, les flûtes et les violes, en un ensemble aussi varié que précieux. Ce domaine la passionnait. Elle accepta la charge de diriger, à partir de 1961, le musée instrumental du conservatoire national, où lui succéda aujourd'hui sa disciple Mme Josiane Bran-Ricci. Mais il importait de passer du domaine des connaissances pragmatiques à l'étude proprement scientifique. Cela ne pouvait être que le fait d'une équipe. Rien n'existait en France pour ce domaine. Elle eut recours au CNRS, et pour mieux marquer le sens de sa démarche, s'adressa à la commission d'histoire.

Les ressources de l'iconographie

La musique s'est trouvée si intimement liée à la vie d'autrefois qu'il existe une immense documentation figurée. Les vases grecs sont nos meilleurs témoignages sur les instruments de l'Antiquité. Les instruments du Moyen Âge se retrouvent dans les arabesques des manuscrits et jusque sur les chapiteaux des églises romanes. À partir de la Renaissance les représentations abondent dans les tableaux et les gravures. Une peinture de Lorenzo Costa ou de Marco Marziale nous montre avec tous les détails souhaitables non seulement les instruments dont on se servait dans leur pays ou de leur temps, mais la technique du jeu (fig. 5-6). Repères presque parfaits, au moins lorsque l'attribution de l'œuvre et sa datation peuvent être précisées avec pleine certitude, et source de renseignements multiples qu'on chercherait en vain ailleurs.

On conçoit par là l'importance des recherches de type iconographique. Grâce à l'aide du CNRS – que relayait discrètement la générosité de Mme de Chambure – la formation a regroupé un premier fonds de quelque 12 000 photo-

graphies et de 2 000 diapositives, attentivement cataloguées, et une documentation de 50 000 fiches. Des quelques centres spécialisés dans l'iconographie musicale qui existent de par le monde, c'est à coup sûr le plus important et le mieux préparé pour l'étude : et grâce à lui la France occupe une place enviable dans cette branche de la musicologie. Les prochaines campagnes prévues – notamment à travers les musées de province français, extrêmement riches – devraient accroître encore son importance. L'équipe formée par Frédéric Thieck, Brigitte Devaux, Sylvette Milliot et Paul Guimard est soucieuse de lui donner une ouverture internationale et d'accueillir étudiants et chercheurs.

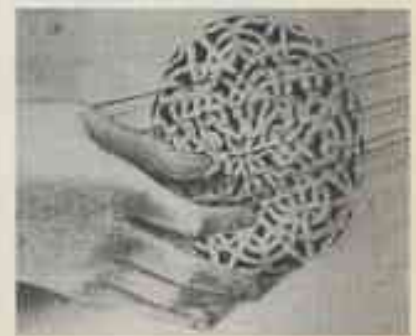
Car ce fonds s'est révélé d'une exploitation bien plus riche et plus complexe qu'on ne le soupçonnait d'abord. Il offre, par un juste retour, un apport précieux à l'histoire de l'art. Il ouvre aussi, pour l'histoire des mœurs, l'histoire des mentalités, des perspectives nouvelles. On connaît les travaux récents du Président A.P. de Mirimonde : ils ont montré que l'étude attentive des instruments de musique figurés dans les tableaux de genre hollandais ou flamands modifiait entièrement leur lecture. Un langage symbolique s'y était constitué, dont les intentions, d'ordinaire érotiques ou grivoises, nous échappaient entièrement. Pour des œuvres que l'on croyait connaître, M. de Mirimonde a pu proposer, non seule-



Fig. 5 – Lorenzo Costa (1490-1535) : le concert. Londres, National Gallery.

Fig. 6 – Lorenzo Costa, le luthiste. Détail de la main droite du luthiste.

Ce document offre un excellent exemple des observations que l'on peut tirer des documents figurés sur la manière de manier un instrument et d'un jeu. Dans les chemises grises, les cordes sautées sont marquées à l'octave l'une de l'autre. On distingue une corde épaisse et une corde fine. Le musicien attaque les cordes d'une manière différente du jeu moderne de la guitare : avec le gros doigt et non avec l'index. Il est sûr que de deux doigts, le pouce et l'index prennent presque parallèlement (et non perpendiculairement, comme de nos jours) au sens des cordes. On observe que dans cette position la main prend un léger appui par le petit doigt posé sur la table d'harmonie. Le luthiste de Costa joue vraisemblablement un accord de sixte Lab 3, do 3, fa 3, les cordes à l'octave donnant des renforcements supplémentaires et un remplissage harmonique.



RÉFLEXIONS SUR - RÉFLEXIONS SUR - RÉFLEXION

ment un déchiffrement plus exact (comment concevoir que des générations de conservateurs et d'historiens ont admis le titre de « *Bacchanale à la joueuse de luth* » pour une toile de Poussin où apparaît au premier plan une guitare parfaitement identifiable... ?), mais une lecture seconde, qui révèle d'étranges audaces sous les apparences conventionnelles.

L'étude clinique des instruments anciens

À l'autre bout de la chaîne, il fallait étudier les instruments eux-mêmes. Il en existe encore un grand nombre : mais on a peine à concevoir l'état d'abandon où beaucoup sont aujourd'hui. Certains pourtant demeurent en état de jouer. Miraculeusement préservés parfois : Mme de Chambure n'eut-elle pas le plaisir de retrouver à Thoiry un clavier de Blanchet qui avait conservé presque toutes ses cordes anciennes ? Ou de découvrir dans telle épinette tout le matériel – du blé peut-être – de l'accordeur ?

Le problème est ici d'examiner la construction de l'instrument et les caractéristiques du jeu qui en découlent. On imagine mal tout ce qui peut séparer un instrument ancien d'un instrument récent. Un clavier français du XVIII^e siècle pèse trois à quatre fois moins que certains clavecins de conception moderne. Ses jeux se limitent aux huit pieds et à un quatre pieds traditionnels (alors que depuis la renaissance due à Wanda Landowska au début du siècle, il s'y ajoute souvent un seize pieds dont la tension des cordes nécessite un cadre de fonte semblable à celui du piano). Ses touches sont plus étroites et plus courtes, ses tables sont épaisses de 1,5 à 3,5 mm contre 3 à 7 mm, ses cordes très fines. On devine que la sonorité s'en trouve fort différente. La tessiture des basses est très sombre, celle des ténors « *anchée* » et celle des dessus claire et incisive. La conception des claviers et la facture de la touche correspondent précisément au doigté préconisé par Couperin et Rameau, qui réclamaient « la précision, la netteté, le brillant et l'étendue ».

Il faut rechercher ces instruments, et en faire une analyse détaillée (fig. 7-8). Aux fiches descriptives correspond à chaque fois un ensemble de photographies d'une part, de l'autre de sonagrammes. Car ce



Fig. 8 - Famille de cornets. De gauche à droite : cornet grave, cornet en la, cornet en ré et serpent.



Fig. 7 - Clavier à deux claviers. Paris. Musée instrumental du conservatoire national supérieur de musique. Détail.

Ce clavier a été fait par Nicolas Dumont, de Paris, en 1730, puis révisé vers 1750, puis, comme l'indique l'inscription au bas de l'image, refait par Pascal Tardy à Paris, 1780.

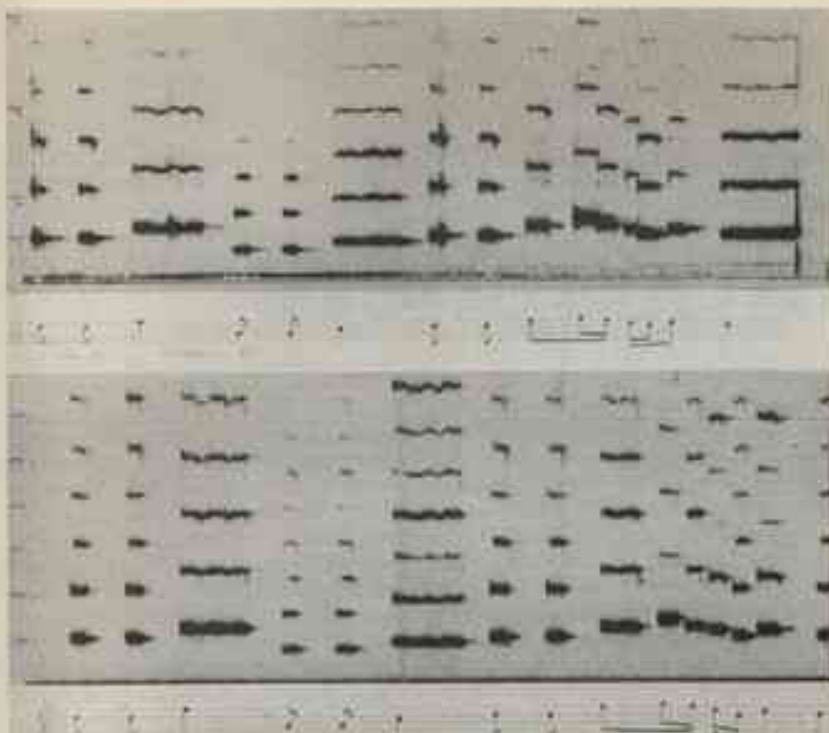


Fig. 9 - Exemple de sonagrammes
- en haut : Alto en bois par Oberlin, facteur allemand du XVIII^e siècle (collection G.T.). Cinq harmoniques jusqu'à 3 000 Hz (un harmonique tous les 600 Hz), les trois premiers sont bien marqués et les notes apparaissent assez régulières.
- en bas : Alto en bois par Brasserie, l'un des facteurs les plus renommés du XVIII^e siècle, Londres (collection G.T.). Cinq harmoniques jusqu'à 3 000 Hz (un harmonique tous les 600 Hz). Le timbre apparaît très riche, les harmoniques sont égaux jusqu'à 4 000 Hz. Les notes sont très régulières (note en excellent état).
Le même matériel choisi permet de « tester » les usages exacts de chaque instrument (le même timbre joué sur des instruments différents permet d'en comparer les caractéristiques respectives). Les sonagrammes de flûte à bec ont mis en évidence, entre autres éléments, la richesse de l'index de certains instruments anciens.

qui pourrait n'être qu'une impression subjective, donc contestable, se révèle facile à démontrer par la comparaison des sonagrammes enregistrés, qui mettent en relief les différents éléments entrant dans la composition du son, et rendent possibles des confrontations objectives, même à long intervalle (fig. 9). Ces campagnes sont lentes : elles ne sont pas toujours faciles à mener. Pour établir photographies et sonagrammes des orgues de telle ou telle église de province, il ne suffit pas d'amadouer un clergé parfois peu collaborateur : il faut encore enregistrer aux heures où l'église est vide et la ville sans circulation : c'est-à-dire le soir ou la nuit...

Ainsi se constitue peu à peu un second type d'archives non moins précieuses. Plusieurs campagnes ont déjà été menées : Sylvette Milliot dirige ses recherches sur les instruments à archet ; dans le domaine des instruments à vent, Jacques Leguy termine une étude sur le cor net à bouquin ; Claude Noiset de Crauzat et Pierre Dumoulin ont conduit de multiples enquêtes sur les orgues anciennes. Pour les instruments de l'Anmien Régime, à la demande de la direction de l'architecture, l'équipe vient par exemple d'étudier l'orgue de Lanvellec en Bretagne, qui date du milieu du XVII^e siècle et qui a conservé une grande partie de la tuyauterie d'origine,

due au facteur anglais Robert Dallam ; grâce au dossier réuni, on peut espérer que la restauration sera entreprise avec toutes les garanties de fidélité.

Car cette connaissance précise - disons scientifique - de l'instrument offre évidemment un secours appréciable aux restaurateurs. Guidés par l'instinct ou l'expérience, ils ont parfois fait des miracles, souvent glâchés à jamais d'admirables instruments. On sait, hélas, ce qu'il en est pour les orgues anciennes et même du XIX^e siècle... On conçoit aussi de quel prix la connaissance de l'instrument ancien peut être pour l'interprète des œuvres du même temps. Reprenons notre exemple : la juste interprétation de Couperin passe certainement par la familiarité avec les clavecins du XVIII^e siècle. L'idéal serait que l'artiste pût disposer de tels instruments pour étudier et pour jouer. L'un des soucis de Mme de Chambure, lorsqu'elle dirigeait le Musée instrumental, était de ne pas se satisfaire d'instruments soigneusement en montre sous les vitrines ; mais elle laissait, dans la mesure du possible, toucher un clavier afin que l'instrument demeurât vivant. Pour ceux qu'elle possédait elle-même, elle les confiait volontiers aux artistes. Sa collection de Neully s'animait parfois pour des concerts, qui ont laissé de merveilleux souvenirs ; bien des œuvres ont été découvertes, ou du moins retrou-

vées dans leur esprit original à l'église Saint-Merry, à l'Ecole normale de musique, et, ces dernières années, sous la rotonde de Gabriel, à l'Ecole militaire où ces concerts se tenaient sous l'égide de la Société de musique d'autrefois qu'elle avait fondée. On peut espérer que ces instruments qu'elle avait aimés ne cessent pas entièrement d'être, comme elle le souhaitait avec ferveur, à la disposition des interprètes.

« Restaurer » la musique, comme on dit restaurer une toile ou un monument : l'entreprise était sans doute ambitieuse. Une vie dévouée jusqu'à l'ultime instant au service de la connaissance n'a pu qu'indiquer la direction à suivre. Mais en proposant la double méthode scientifique qui permettrait de fonder cette démarche, Mme de Chambure a défini une étape nouvelle dans cette discipline encore neuve qu'est la musicologie, et donné à la France une avance certaine. Il faut souhaiter que dans quelques années on puisse dire que ce dévouement a été compris et que son héritage a fructifié entre les mains de ses élèves et disciples.

Jacques Thuillier
Professeur à l'Institut d'art
et d'archéologie de la Sorbonne

BIBLIOGRAPHIE - SOMMAIRE

- *Bibliographie des ouvrages de P. de Bernard* dans les revues de musique au XVIII^e siècle, Paris 1911, publication de la Société Française de Musicologie, 2. Série, 84, VII (en collaboration avec L. Perroux) ; ● *Bibliographie des ouvrages d'Adrien Le Roy et Robert Bataud* (1531-1598), édit. 1955, 2. Série, 84, IX (en collaboration avec F. Lancel) ; ● suppl. 1957 in revue de musicologie, Pp. 166-172 (en collaboration avec F. Lancel) ; ● *Présentation et restauration de matériel instrumentaire, provisionnel recommandations*, Lethbridge, 1961 (en collaboration avec A. Beret, J.H. van der Merck) ; ● *Les instruments de musique au XVIII^e siècle* - France et Grande Bretagne, Londres, 1973 (en collaboration avec J. Jenkins et J. Barb Bâle)
- Articles, publiés dans des livres ou des revues
- *Musique et poésie en France au XVIII^e siècle* avec les Amis de Bernard à Musique et Poésie au XVIII^e siècle, Catalogue International, Paris 1953, Paris 1954, CNRS ; ● *Le concert instrumental au XVIII^e siècle* in La Musique Instrumentale de la Renaissance, journées internationales d'études, Paris 1954, Paris 1955, CNRS 23-24 ; ● *Le concert instrumental dans l'Art français au XVIII^e siècle* in Le XVIII^e siècle in La Renaissance dans les provinces du Nord, Festival d'Arras 1954, Paris 1956, CNRS ; ● *Le XVIII^e siècle, in Poésie et Musique*, Paris 1956 ; ● *Poésie (Musique) in Encyclopédie de la Musique*, II, Paris 1959 ; ● *Les influences littéraires de l'Instrument de musique d'ensemble* in Music Librarian and Instruments, Kar. Kar, Cambridge 1959, London 1961, 121-147 ; ● *La chaise française du XVIII^e siècle* de Chazy in *Journal des Arts* (1423 à 1448) in Encyclopédie de la Philologie, Paris 1960, 480-494 ; ● *La musique instrumentale au XVIII^e siècle* - Italie, Allemagne, France, édit. 1959-1960 ; ● *De l'orgue de l'Université, dans l'évolution de la musique profane au Moyen Âge*, International Musicological Society, Kar. Kar, New York 1961, Laval 1961-1962, 450-467 ; ● *Les instruments en Europe Occidentale, in La Musique, les hommes, les instruments, les œuvres*, I, Paris 1963 (en collaboration avec H. Charavet, S. Mallon, J. Bâle, M. Samuël) ; ● *Recherches allemandes au Musée Instrumental du Conservatoire de Paris* (1962-1965), in *Portrait des musiciens*, 2-3/1965 ; ● *L'interprétation, sur des clavecins anciens, de la musique française du XVIII^e et XVIII^e siècles*, in *L'interprétation de la musique française du XVIII^e et XVIII^e siècles*, Catalogue International, Paris 1964, Paris 1974, CNRS, 197-205 ; ● *De la coupe des instruments à clavier anciens*, à Paris au XVIII^e siècle, in *La vie musicale à Arras au siècle de Grégoire*, Boulogne, Paris 1972 ; ● *Préface à collection musicale* (Mus. Philharmonie, Paris, 31000 Drouot, 2, 4 et 5 mars 1973) ; ● *Musée instrumentaire*, in *Dictionnaire de la Musique*, Paris, III, 1976.

Éditions

- *Tous Chansonniers Français du XV^e siècle*, Paris 1927 in collaboration avec A. Paris, R. Drey, Y. Ruckebusch ; ● *Chansons au luth* de Claude de Clug, Paris 1934, publication de la Société Française de Musicologie, III, IV et V, La Chansonnier de Jean de Mautour, édit. 1962.

Les échanges océan-atmosphère

Il n'y a guère que vingt-cinq ans que la question des « échanges océan-atmosphère » est venue au premier plan des préoccupations des océanographes, physiciens et des météorologistes. Ce n'est pas qu'auparavant les spécialistes ou même les erudits de l'Antiquité ne se soient pas rendu compte que les phénomènes en cause avaient une importance essentielle. Mais le retard des études vient surtout du fait que les phénomènes d'échange entre l'océan et l'atmosphère sont extraordinairement difficiles à saisir et à mesurer, tant à cause de la complexité des phénomènes mis en jeu que de la largeur de leurs gammes de variations dans le temps comme dans l'espace, que de la rareté des capteurs aptes à mesurer les facteurs qui y interviennent, de la difficulté de leur mise en œuvre ainsi que de l'exploitation des résultats.

Un phénomène géophysique planétaire

La source qui alimente en énergie l'environnement fluide – air et eau – de notre globe est le rayonnement solaire. Dans son ensemble, la Terre agit, en dernière analyse, comme un transformateur de l'énergie radiative solaire, essentiellement visible, en une énergie équivalente mais de plus grande longueur d'onde (infra-rouge) qu'elle renvoie vers l'espace.

Mais bien des phases intermédiaires existent dans lesquelles l'océan joue un rôle de premier plan (1).

Le premier transit à travers la surface marine

Le soleil envoie aux limites supérieures de l'atmosphère un flux de chaleur relativement bien connu modulé au rythme des jours et des saisons selon des lois simples. Mais, bien vite, les choses se compliquent car cette énergie incidente subit toute une série de vicissitudes, une série de « cascades » entre la source initiale – le soleil – et le « puits » final qui est l'espace.

Une fraction de l'énergie incidente, égale à 30 à 40 %, « l'albedo », est renvoyée par réflexion diffuse vers l'espace. La partie restante traverse l'atmosphère en n'y subissant que des déperditions par absorption qui sont relativement faibles (de l'ordre de 20 %, partie ultra-violet du spectre à très haute altitude). Ainsi, 80 % environ pénètrent dans la mer (en moyenne globale 0,22 cal/cm² mn environ), y sont absorbés dans une couche superficielle d'une dizaine de mètres d'épaisseur, qui subit un gain de chaleur. L'échauffement de notre « environnement fluide » – océan-atmosphère – a lieu, à raison de 80 %, dans la couche superficielle des océans.

La surface marine est donc la principale source de chaleur alimentant en énergie non seulement la mer mais l'atmosphère elle-même.

Le deuxième transit

Le maintien de l'équilibre thermique moyen du globe entier à notre échelle de temps implique que l'échauffement des couches superficielles soit compensé par des pertes, égales en moyenne pour l'océan tout entier. Ces pertes se produisent par trois voies :

- le rayonnement infra-rouge (centré sur 10 µm), dont la partie « nette » constitue

une perte d'énergie vers l'espace (0,10 cal/cm² mn en moyenne globale environ) ;

- les deux autres voies sont des pertes d'énergie sous forme latente (vapeur d'eau) ou sensible (si $T_{\text{mer}} > T_{\text{air}}$) de la mer au profit de l'atmosphère : ce sont des « échanges » ; elles constituent l'essentiel du « combustible » qui fait marcher l'atmosphère (0,12 cal/cm² mn en moyenne globale environ) ; à ce titre, l'océan est, au point de vue du cheminement de l'énergie, « en amont » de l'atmosphère. 90 % des pertes sont dues à l'évaporation.

Ainsi, l'évaporation est le phénomène géophysique fondamental qui gouverne le comportement atmosphérique et les conditions de la vie sur notre globe.

On sait depuis Dalton, au début du 19^{ème} siècle, que l'évaporation d'une surface liquide dépend de l'agitation de l'air – caractérisée macroscopiquement par la vitesse du vent –, de la tension partielle de vapeur d'eau dans l'air comparée à la tension maximale de vapeur pour la température de surface de l'eau et qui est censée régner dans la pellicule d'air au contact du liquide : donc l'évaporation locale instantanée d'une nappe d'eau est fonction du renouvellement de cette pellicule d'air, riche en vapeur d'eau. Des phénomènes de convection à petite échelle, la turbulence de l'air y jouent un rôle essentiel ; aussi, l'analyse du mécanisme du phénomène et son évaluation exigent-elles des mesures très fines à de très petites échelles d'espace et de temps, à faire à des hauteurs de l'ordre du mètre au-dessus d'une surface marine agitée par des vagues d'une amplitude fréquemment supérieure et à partir de plates-formes agitées par des mouvements amples et complexes. On a avancé pour déterminer l'évaporation,

(1) H. Lamet et « Les énergies de la mer », Que sais-je ? n° 431 (1968).

des formules empiriques fondées sur les grandeurs macroscopiques citées plus haut, au prix d'hypothèses très contestables concernant le coefficient de « viscosité turbulente » de l'air - lié à la tension (traînée) de l'écoulement de l'air sur l'eau - et les coefficients de « diffusion turbulente » de la chaleur et de la vapeur d'eau dans les basses couches. Mais l'évaluation de la précision de ces formules n'a guère été faite dans les conditions de mer habituelles, et moins encore au cours des paroxysmes où les échanges air-mer sont maximaux.

Pour le globe entier, l'eau arrivant dans les mers - précipitations et débit des fleuves - doit égaler l'évaporation, de façon à ce que soit assuré le maintien du niveau marin. Ces deux facteurs, eux-mêmes assez malaisés à évaluer, conduisent à une évaporation moyenne pour l'océan de l'ordre d'un mètre par an.

Effets des deux transits sur la mer et l'atmosphère

Ces transits commandent la structure thermique des couches marines superficielles. Cette structure revêt généralement, sauf aux hautes latitudes, l'aspect d'une couche « mélangée » relativement chaude, d'une épaisseur de quelques dizaines de mètre en moyenne (fig. 1). Au-dessous de cette couche se trouve la « thermocline », dans laquelle la température décroît (et la densité croît) rapidement à profondeur croissante ; au-delà, elle ne décroît plus que lentement. Dans l'établissement de cette structure, la turbulence, mécanique, thermique, de densité, dans l'eau est un agent déterminant. Le bilan thermique annuel à travers la surface, moyenné pour l'océan entier, est nul ; mais moyenné localement sur une année, il est positif dans certaines régions (les basses latitudes) et négatif dans d'autres (zones polaires et sub-polaires). Comme le rayonnement reçu, mais non les pertes, est essentiellement fonction de la latitude, la répartition thermique se fait au départ essentiellement zonale, avec des sources chaudes dans les basses latitudes, des sources froides dans les hautes. Mais la constance moyenne thermique observée dans les deux catégories de régions exige qu'il y ait des transferts des premières régions vers les autres, c'est-à-dire des « sources » chaudes aux « sources » froides de l'océan. Ces transferts se font :

- d'une part, par la circulation « thermohaline » à cycle vertical de l'océan, qui traduit la faculté qu'a celui-ci de transformer directement en énergie mécanique une partie de l'énergie potentielle que fait apparaître sa structure ré-

sultante de densités : en effet, dans les « puits » thermiques, les déperditions thermiques superficielles, particulièrement intenses en hiver provoquent l'apparition en surface d'eaux marines de densité élevée au-dessus d'une épaisse couche peu stratifiée en densité. Alors sont suscités en hiver, dans de petites aires particulières, des mouvements de convection verticaux capables d'homogénéiser les eaux sur grande épaisseur (jusqu'au fond - 3000, 4000 m) et de former des « eaux profondes » (2). L'eau dense des poches d'eau hivernales constituées se répand sur le fond des océans en créant la « circulation océanique profonde », de caractère thermodynamique ou « thermohalin », car la salinité y intervient. Elle joue un rôle essentiel dans l'équilibre des océans. Ces phénomènes hivernaux ont aussi des aspects à plus petite échelle qui ont été récemment évoqués. (3)

- d'autre part, par la circulation superficielle océanique, dont nous parlerons plus bas.

Le deuxième transit engendre dans l'atmosphère marine d'importants phénomènes d'ordre météorologique. L'inégale distribution géographique et temporelle des cessions d'énergie de la couche superficielle marine au profit de l'atmosphère, de la dispersion de la vapeur d'eau en altitude fait que la densité de l'air sur les divers verticales n'est pas

la même, en sorte qu'apparaissent, au niveau de la mer, des gradients horizontaux de pression atmosphérique. Ceux-ci engendrent des vents correspondant à l'apparition d'énergie mécanique à partir de l'énergie thermique (latente et sensible) issue de la surface marine. Ainsi, les vents tirent eux-mêmes l'essentiel de leur énergie de la surface marine.

Le troisième franchissement

Mais le vent, fluide réel, exerce sur la surface marine, très vite bosselée par les vagues, des actions normales (pression) et des efforts tangentiels qui se manifestent par une « tension » ou force de « traînée ou d'entraînement » exercée sur la surface fluide. La « traînée » est grossièrement proportionnelle au carré de la vitesse du vent. De fait, elle résulte essentiellement de l'intensité des transferts turbulents de quantité de mouvement de l'air à l'eau.

Efforts de pression et traînée engendrent, en fait, dans la mer, deux catégories de mouvements qui sont en relation étroite mais selon des processus que l'on ne connaît pas encore : les vagues et les courants.

Des théories datant des environs de 1950 relient de façon relativement satisfaisante les transports d'eau moyens dus à l'effet des vents à la vitesse statistique de ceux-ci sur les océans. La « circulation océanique générale », pendant de la circulation atmosphérique générale, est donc manifestement liée aux vents : à phénomène atmosphérique planétaire répond un phénomène océanique également planétaire.

(2) Colloque n° 217 du CNRS « La formation des eaux océaniques profondes » (1973-1974).

(3) Images des océans de la terre, de l'océan, de l'atmosphère et de l'espace, « Tourbillons océaniques et mouvements verticaux associés » (supplément au n° 20 du Courrier du CNRS).

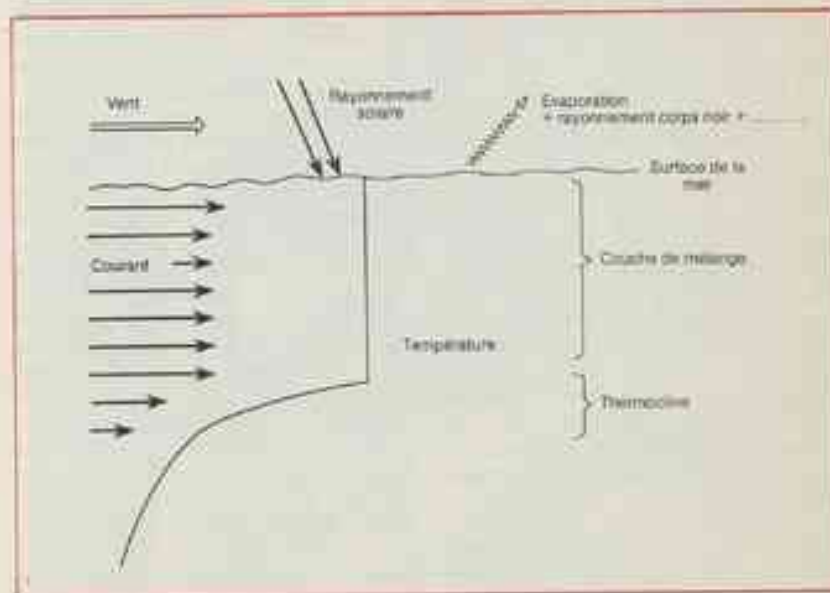


Fig. 1 - Schématisation d'une couche de mélange et des processus physiques qui la gouvernent.

Mais la régularité de la circulation atmosphérique générale ne peut masquer le fait que les vents sont des phénomènes très irréguliers, qui vont de la petite tornade aux grandes dépressions. La réaction de l'océan est aussi très irrégulière : les vagues, les vaguelettes modifient les transferts locaux d'énergie mécanique du vent à la mer ; la rotation terrestre, la structure instantanée de densité interviennent dans la « signature » de la réponse océanique ; il apparaît de plus en plus que l'élucidation des mécanismes des échanges et interactions entre l'océan et l'atmosphère ne peut être assurée que par des études fines, extrêmement difficiles en milieu naturel, portant sur la turbulence et l'interface air-mer. La simulation partielle des processus en soufflerie a été récemment acquise sur la « soufflerie de simulation des interactions air-mer », construite il y a quelques années, à l'institut de mécanique statistique de la turbulence à Marseille.

Le quatrième franchissement

La « circulation océanique », c'est-à-dire une circulation climatologique qui ferait la moyenne sur un temps assez long des mouvements marins instantanés, véhicule les eaux marines selon des circuits de dimensions « planétaires » et les amène à subir des transferts et des échanges d'énergie à travers la surface marine qui sont très variables en fonction des lieux et des saisons. Ainsi, dans l'aire d'action du courant équatorial de l'Atlantique Nord, les eaux qui subissent, sur des distances de l'ordre de 2000 milles, sous des latitudes tropicales, pendant des temps de l'ordre de plusieurs mois étant donné la vitesse de ce courant, les effets de ces transferts et échanges accumulent de grandes quantités de chaleur qu'elles transportent ensuite vers le nord, le nord-est puis l'est par le courant de Florida, le Gulf Stream et la dérive Nord-Atlantique. Parvenues dans des régions plus septentrionales où le bilan thermique de la surface marine est nettement négatif, elles abandonnent peu à peu cette chaleur à l'atmosphère, influençant ainsi de façon bien connue le climat des régions atteintes et, particulièrement, les côtes de l'Europe du NO. Le résultat de ce quatrième transit a donc un effet notable sur les climats. Ainsi, les océans jouent un rôle fondamental dans le maintien de l'équilibre thermique et climatique de la planète ; des phénomènes superposés d'échelles très différentes interviennent à toutes les

étapes des transferts et échanges et la compréhension des mécanismes de base des échanges exige des études très fines et très difficiles de turbulence dans les couches limites de part et d'autre de l'interface constituée par la surface marine.

Dans la suite, nous allons tenter de présenter quelques aspects des études actuellement faites dans le cadre du laboratoire et de l'atp « océanographie physique ». Dans ces études, le laboratoire travaille en conjonction étroite avec l'équipe de la soufflerie de simulation de l'Institut de mécanique statistique de la turbulence de Marseille, avec les équipes du laboratoire d'optique atmosphérique de Lille et avec des équipes de Paris VI.

Le mécanisme initial à petite échelle et résultats acquis

Il paraît judicieux de définir les phénomènes océaniques de très petite échelle comme étant ceux dont l'échelle d'espace ou de temps est, au plus, immédiatement inférieure à la résolution spatio-temporelle des systèmes de mesures classiques en océanographie « macroscopique » (1/2 h ; 1 km) : en effet, du fait même qu'elles ne sont pas linéaires, les équations fondamentales de la mécanique des fluides sont exclusivement valables (sous leur forme classique) pour les champs instantanés. Les mesures macroscopiques classiques de tel ou tel champ océanique ne peuvent, par la force des choses, que fournir une image de la réalité laissée dans l'espace ou dans le temps (par exemple sur 10 minutes). Les caractères ainsi mesurés relèvent donc d'équations qui ressemblent aux équations classiques mais comportent un certain nombre de termes supplémentaires dont la fonction principale est de restituer, à l'échelle macroscopique, la validité du principe fondamental de la dynamique. Ce sont, au premier ordre par exemple, les tensions de Reynolds (flux de quantité de mouvement) ou les autres flux turbulents (« diffusion » turbulente de chaleur, de vapeur d'eau, de densité, etc...). Les phénomènes de très petite échelle ne mettent en jeu que des quantités d'énergie très faibles mais leur rôle est essentiel en ce sens qu'ils régissent la forme même des équations générales, c'est-à-dire, physiquement, la manière dont s'effectuent les transferts horizontaux et verticaux dans l'air, dans l'eau et de l'air à l'eau.

L'étude de tels phénomènes, dont le caractère fondamental est aujourd'hui universellement reconnu, se heurte par ailleurs à deux difficultés majeures :

— l'une, d'ordre physique, réside dans le fait que, dans la nature, les processus de petite échelle sont intermittents (dans l'espace et dans le temps) et que les facteurs de leur déclenchement de même que leurs caractéristiques propres dépendent à leur tour des phénomènes de plus grande échelle ;

— l'autre, d'ordre expérimental, tient à la nature particulière du problème suivant : la recherche de relations entre des phénomènes rapidement variables cantonnés à certains poches et des caractéristiques plus lentement variables affectant de grandes zones océaniques impose une véritable gymnastique expérimentale, dans un milieu hostile à la précision des mesures de même qu'à la longévité des appareils.

Les quelques arguments qui précèdent suffisent à expliquer l'état d'ignorance dans lequel se trouvent à l'heure actuelle les océanographes vis-à-vis des processus qui sont à la racine même des problèmes fondamentaux de la discipline : ainsi, s'il semble acquis que le vent qui souffle sur la mer engendre la houle et certains types de courants, qu'il régit aussi les flux de quantité de chaleur et l'évaporation en même temps qu'il « alimente » en turbulence et mélange les couches superficielles de l'océan, on ignore encore presque tout des mécanismes qui sont alors impliqués ; ainsi, le domaine des interactions de petite échelle entre l'atmosphère et l'océan est à la fois fondamental et mal connu. De nombreux problèmes de dynamique marine de plus grande échelle, sinon leur totalité, butent à l'heure actuelle sur un certain nombre de concepts qui leur sont associés.

C'est la raison pour laquelle le CNRS, conscient du rôle de ces phénomènes dans l'ensemble de la dynamique marine, a récemment ouvert une action thématique programmée destinée sinon à résoudre, du moins à mieux poser les questions fondamentales et, notamment, à évaluer les parts relatives d'énergie que le vent cède à la mer sous forme de vagues d'une part, et de courant « moyen », de l'autre.

Un certain nombre de travaux entrepris vers 1969 au laboratoire d'océanographie physique du musée national d'histoire naturelle ont ainsi largement bénéficié de cette action thématique programmée, dont le programme scientifique prévoit pour le mois d'octobre 1976 une importante série de mesures au point

POINT - LE POINT - LE POINT - LE POINT - LE POINT

fixe à partir de la bouée-laboratoire BORHA II du CNEXO.

A cette occasion, plusieurs systèmes complexes de mesures fines adaptés aux impératifs précités seront mis en œuvre simultanément, tant en ce qui concerne les influx énergétiques liés aux champs aériens (mesures aériennes) que leur répartition en vagues (mesures d'interface), en courant, en turbulence et en énergie potentielle (mesures marines). Chacun de ces systèmes a fait l'objet, en étroite collaboration avec l'institut de mécanique statistique de la turbulence de Marseille, d'une mise au point séparée et d'une mise en œuvre indépendante à la mer au cours de six vacations complètes sur la bouée-laboratoire en 1974 et 1975.

Certains résultats partiels, d'ordre expérimental ou proprement physique, ont ainsi été acquis au cours de ces expériences préliminaires.

Mesures aériennes

La mesure simultanée des vitesses moyennes du vent, de la température moyenne et de l'humidité moyenne à six niveaux et des fluctuations turbulentes de vitesse horizontale et verticale (fils chauds doubles) et de température (fil froid) permet d'accéder aux valeurs du frottement du vent sur la surface marine selon trois méthodes différentes (profils moyens, dissipation et méthode directe de la corrélation) (fig. 2).

Les résultats préliminaires obtenus selon ces trois méthodes sont en bonne concordance, sous réserve de corriger les profils de vent moyen des importantes déformations induites dans le champ des vitesses par la présence de la bouée elle-même. On dispose désormais pour cette correction de deux excellents modèles bases, l'un sur l'écoulement autour du cercle (forme analytique), l'autre sur une importante étude en soufflerie (similitude au 25ème).

Mesures d'interface

Les caractéristiques de la houle sont obtenues en amplitude, en fréquence et en direction par l'intermédiaire de deux capteurs à fil capacitif dont la distance est variable, de même que l'angle du plan des fils verticaux avec le champ des vagues.

Il apparaît ainsi que la grande soufflerie de simulation des interactions entre l'atmosphère et l'océan de l'institut de mécanique statistique de la turbulence fournit une image fidèle du phénomène naturel de genèse des vagues.

Mesures marines

Dans ce domaine aussi, des mesures de turbulence sont associées aux mesures classiques des profils verticaux de vitesse horizontale moyenne et de densité (bathysonde). Un dispositif complexe assure la mesure fine des gradients de courant et de température, de leur évolution dans le temps et des flux turbulents verticaux de quantités de chaleur et de mouvement (fils chauds doubles) associés à ces variations.

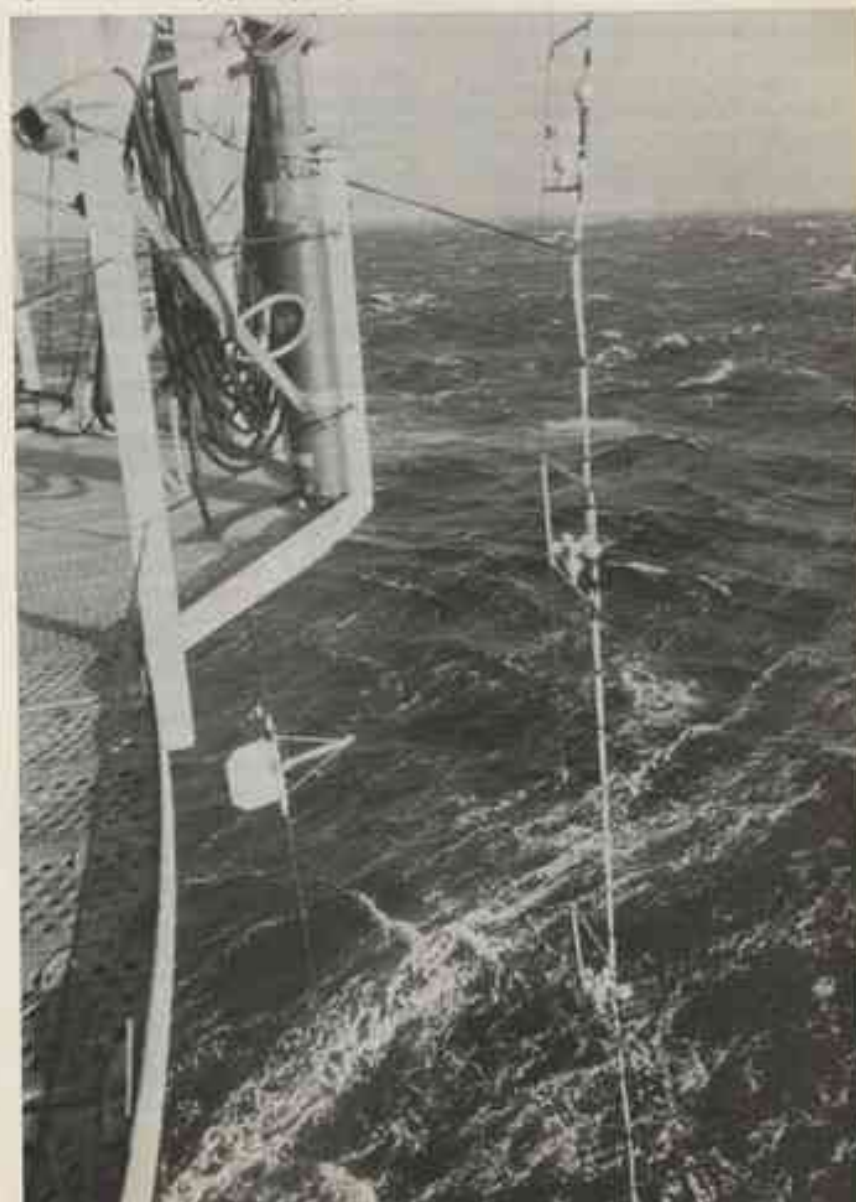
Les résultats acquis jusqu'à maintenant montrent que la turbulence dynamique est extrêmement intermittente et cantonnée dans de petites poches (de quelques dizaines de mètres) dont le spectre est relativement étroit (environ 1 à 40 Hz) mais dont les composantes présentent

des fréquences très élevées (fig. 3). Le passage de ces poches est associé à de brusques inversions du profil de vitesse à petite échelle, que les opérateurs de moyennes classiques sont impuissants à prendre en compte.

Le travail rapidement évoqué ci-dessus ne permettra sans doute pas de répondre à toutes les questions associées aux interactions de petite échelle entre l'atmosphère et l'océan, tant s'en faut. Le matériel utilisé demeure relativement fragile et ne peut être mis en œuvre que par petit temps, justement lorsque les interactions sont à leur niveau minimum.

Il est néanmoins raisonnable d'espérer, en plus d'une très importante quantité de données, une certaine clarification des phénomènes et des concepts utilisés pour les décrire.

Fig. 2 - Vue d'ensemble par gros temps du système de mesures aériennes.



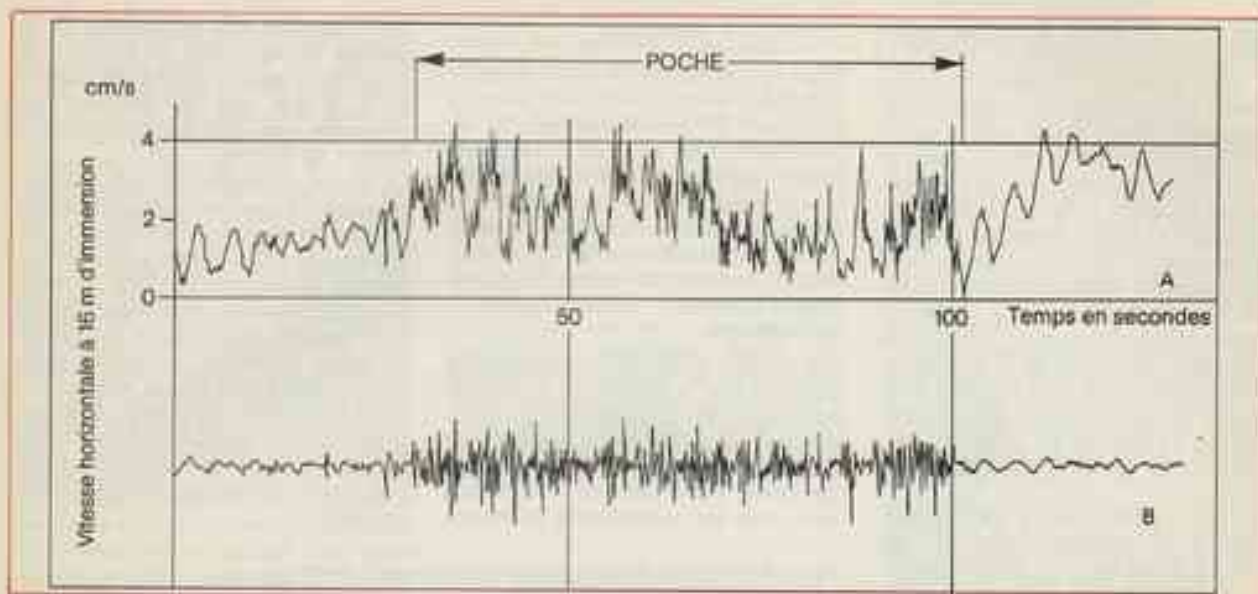


Fig. 3 — Exemple de poche turbulente (vitesse brute en A et vitesse filtrée passe haut à 1 Hz en B).

Les phénomènes marins d'échelle moyenne la prévision thermique et dynamique

Ces phénomènes sont assez facilement accessibles, en un lieu, car leur échelle de temps (30 mn – 1 mois) est compatible avec la cadence de mesures et la durée de fonctionnement des appareils classiques de l'océanographie. Pour l'échelle d'espace, la situation est moins simple : sa détermination même exige des mesures de longue durée selon un réseau de maille adaptée, qui, malgré des efforts, n'a pu être mis en place. Cependant, il est à prévoir que cette échelle moyenne d'espace est de quelques km à la centaine de km : l'échelle moyenne météorologique, l'extension du bassin (NO Méditerranéen), l'impact de la rotation terrestre sur les caractéristiques spatiales des mouvements marins suggèrent cet ordre de grandeur.

Le laboratoire d'océanographie du Museum, a consacré une part importante de ses efforts à l'étude du NO Méditerranéen, au Nord de la ligne Baléares-Bonifacio ; cette aire est océanographiquement privilégiée en ce sens que la stratification verticale de densité marine est très différente ; en hiver, c'est une « source d'eau profonde », dans laquelle, sur 2 500 m d'épaisseur, toute stratification de densité est abolie sous l'effet de mouvements de convection profonds : c'est l'aire mondiale de cette nature la

plus aisée d'accès : on peut donc étudier la réponse marine aux effets atmosphériques dans des conditions variées simples (il n'y a pas de marée). En outre, les bouées-laboratoires BORHA I et BORHA II, d'où l'on peut faire des mesures d'excellente qualité, y ont été ancrées par grands fonds et le laboratoire a effectué à bord des mesures aussi suivies que possible. La couverture météorologique est assez bonne, l'aire suffisamment limitée pour pouvoir être étudiée par quelques navires, souvent étrangers, mobilisés pour des campagnes de l'ordre du mois. La région est soumise au mistral et à la tramontane, vents violents, de caractère impulsionnel, en sorte que des situations dynamiques bien caractérisées (vent sec et froid intensifiant les échanges air-mer) et des réponses marines bien nettes peuvent être isolées. L'extension des mesures au voisinage des côtes permet une recherche sur des aires sans marée, avec application à des recherches sur les pollutions littorales.

Les résultats expérimentaux depuis 1970 portent principalement sur les courants superficiels déclenchés par les vents, sur la structure thermique et leur prévision locale.

Vents et courants

Aux sites occupés par les bouées BORHA, on a reconnu de façon irréfutable la présence, par grands fonds, aux saisons où existe une thermocline, d'« oscillations d'inertie » du courant au sein de la couche mélangée superficielle et, aussi, sous la thermocline. Ces oscillations se font sur une période « d'inertie » – ou de Coriolis –, imposée par la

rotation terrestre est égale à $2\pi/2\omega \sin \varphi = 12 \text{ h sidérales} / \sin \varphi$, où ω est la vitesse angulaire de rotation terrestre et φ la latitude : aux sites des mesures, elle est voisine de 17 h 30 mn ($\varphi \approx 43^\circ$) ; ces oscillations apparaissent dans la mer pour toutes les actions transitoires s'exerçant sur elle. En particulier, il est apparu très clairement que leur déclenchement était lié au vent, dès les premières heures de son action. Le mouvement suscité dans la couche mélangée comporte une composante aperiodique, perpendiculaire et à droite de la tension du vent, et la composante d'inertie. L'amplitude de celle-ci est fonction de la durée du coup de vent ; les oscillations peuvent se poursuivre longtemps après la cessation du vent. Aussi, le régime de courant peut-il être considéré comme la superposition de régimes transitoires déclenchés par le vent local. De part et d'autre de la thermocline (fig. 4-5), les caractères du courant engendré sont très différents : le cisaillement important constaté à son niveau a conduit à considérer celle-ci comme une couche de frottement très faible. La réalité répond bien à ce modèle ; on peut en déduire des valeurs du coefficient de la traînée du vent sur l'eau.

Ce fait, constaté localement, de la liaison étroite, en été, entre vent et courant, a été justifié par des considérations théoriques : pour ce secteur, une méthode de prévision des courants dans la couche mélangée a été proposée. Les paramètres mal connus sont obtenus en minimisant l'écart, pour une période d'observation, entre les mesures et les résultats théori-

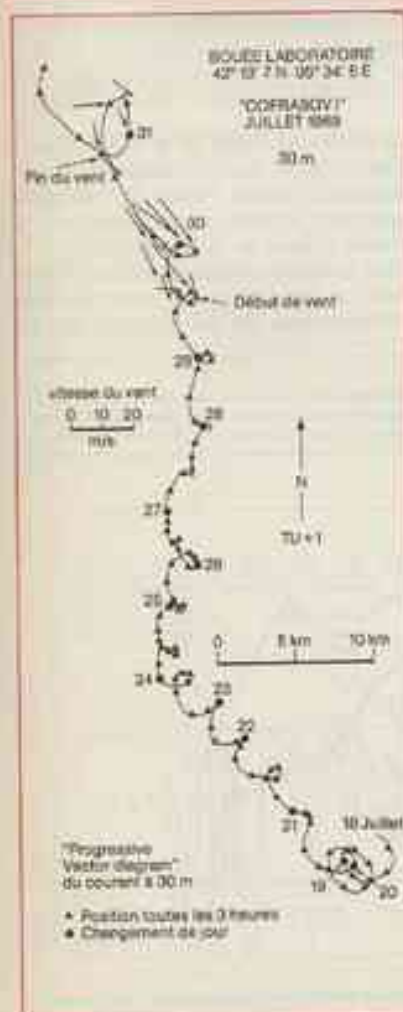
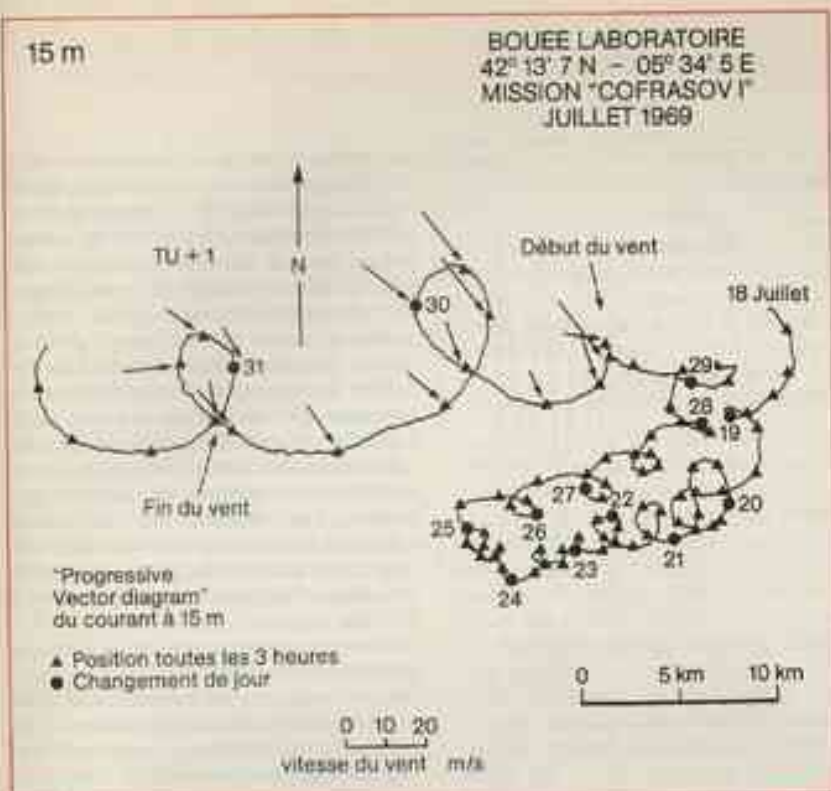


Fig. 4 - Hodographe intégré du courant dans la couche de mélange pendant l'expédition COFRASOV 69, après le coup de vent du 29 juillet, on voit très bien les oscillations de Coriolis (ici-droite).

Fig. 5 - Hodographe intégré du courant en dessous de la thermocline (30 m) pendant la même période (COFRASOV 69). On remarque la différence de comportement du courant à 30 m avec celui observé dans la couche de mélange (ici-gauche).

que (fig. 6). Ces valeurs peuvent être ensuite utilisées pour une véritable prévision.

Aspects littoraux

La thermocline oscille en immersion après les coups de vent ; mais l'apparition de ses oscillations retarde notablement sur le début du vent. Un modèle théorique a été mis au point qui suggère que les « ondes internes » parcourant la thermocline sont engendrées, non pas localement mais, soit sur le fond près de la côte, soit sur une frontière météorologique : leur retard s'explique par leur temps de propagation à des vitesses de l'ordre de 1 m/sec. (fig. 7)

L'absence de stratification

En l'absence de stratification de densité, en hiver, la réponse marine au vent est radicalement différente : les oscillations d'inertie n'apparaissent pas. Ce fait a remis en cause, pour le cas de l'eau homogène, la classique théorie d'Ekman car la composante verticale de la force de Coriolis ne peut plus être négligée. Il est possible que l'océan homogène réagisse

alors par des oscillations internes verticales. Comme celles mesurées de 1970 à 1975 (4)

La structure thermique

L'importance du rôle de celle-ci, de son évolution annuelle a conduit le laboratoire à proposer ou à améliorer des modèles de prévision de l'état thermique marin. Les transferts et échanges superficiels purement thermiques imposeraient à eux seuls une structure thermique qu'il est possible de prévoir dans des cas schématiques ; mais le transfert d'énergie mécanique du vent à la mer et l'agitation résultante (vagues, courants, turbulence interne produite) conduisent à considérer dans ces modèles, en plus du bilan thermique, le bilan d'énergie mécanique et à évaluer jusqu'à quelle profondeur la part de l'énergie mécanique turbulente disponible peut détruire la stratification de densité qu'y établiraient les transferts thermiques, en suscitant des mélanges superficiels sur 20-30-50 mètres d'épaisseur selon les saisons. L'analyse des observations locales (vent, courant) et d'observations faites au large de la côte orientale des Etats-Unis a permis de mettre au point une méthode d'analyse des vecteurs horizontaux qui distingue le spectre d'énergie cinétique des courants tournant en direction de la droite ou de la gauche. L'existence d'un pic caractérisé d'énergie pour les spectres anticycloniques dans les courants et son absence pour les spectres cycloniques illustre l'effet de « polarisation » des courants par la rotation terrestre.

Ce que l'on sait de la façon dont la mer répond au vent fait suspecter qu'une prévision améliorée des courants ne serait possible, en général, que grâce à une connaissance du champ de vent instantané sur toute l'aire marine intéressée : en particulier, le rotationnel de la traînée du vent est essentiel à connaître à cet égard. Comme la structure thermique horizontale est, elle aussi, liée à la répartition des courants, on s'oriente vers la mesure de la température de la surface marine par radiométrie infra-rouge, grâce aux détecteurs à balayage à haute définition des satellites américains NOAA. Des études de ce genre ont été effectuées en Méditerranée du NO pendant l'été 1975 par le GRO5 (groupe de recherches en océanographie spatiale) qui regroupe des chercheurs du LA 175, du laboratoire d'optique atmosphérique de Lille, du laboratoire des ressources terrestres de l'école des mines de Paris, en liaison avec le CNEXO.

Les ondes internes

Les caractères de la réponse marine aux vents sont profondément modifiés au voisinage des côtes en raison même de la présence de celles-ci. Pour certains vents, l'eau superficielle (chaude en été)

(4) Images des alicènes de la terre, de l'océan, de l'atmosphère et de l'espace, « Tourbillons océaniques et mouvements verticaux associés ».

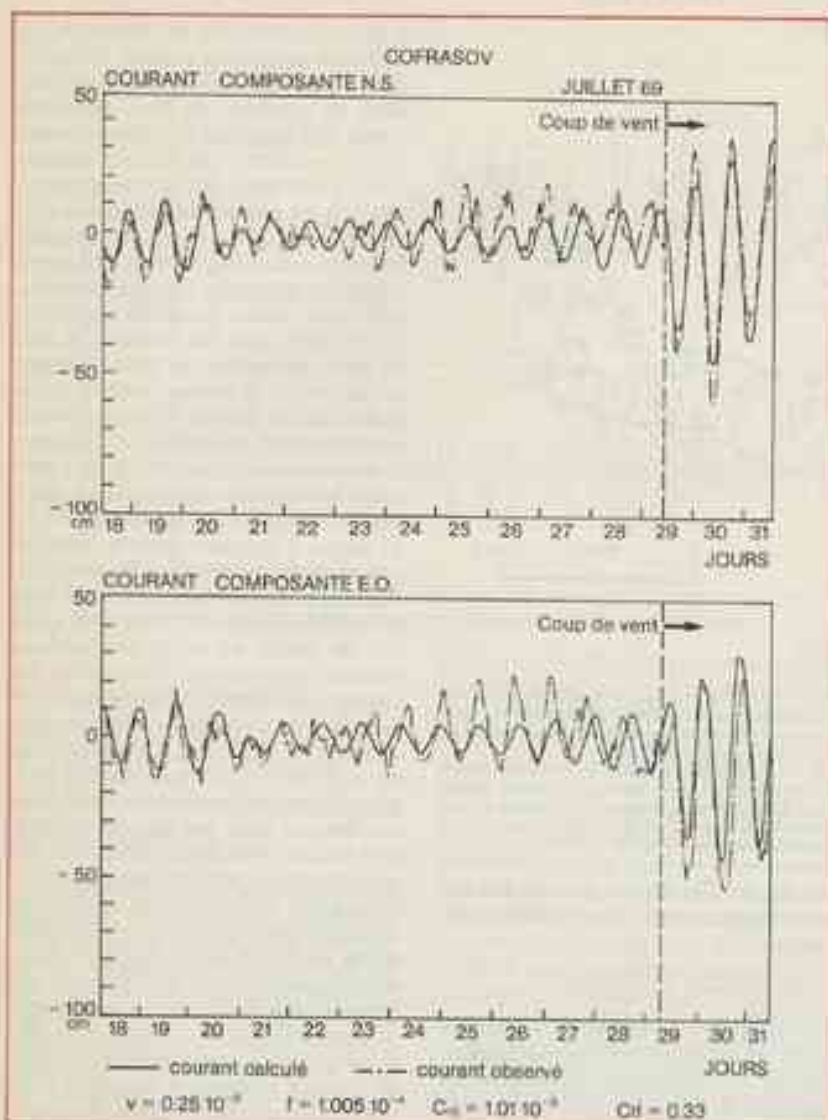


Fig. 6 - Comparaison entre le courant observé (pointillés) et le courant calculé à partir de vent lors du coup de mistral du 29 juillet 1969

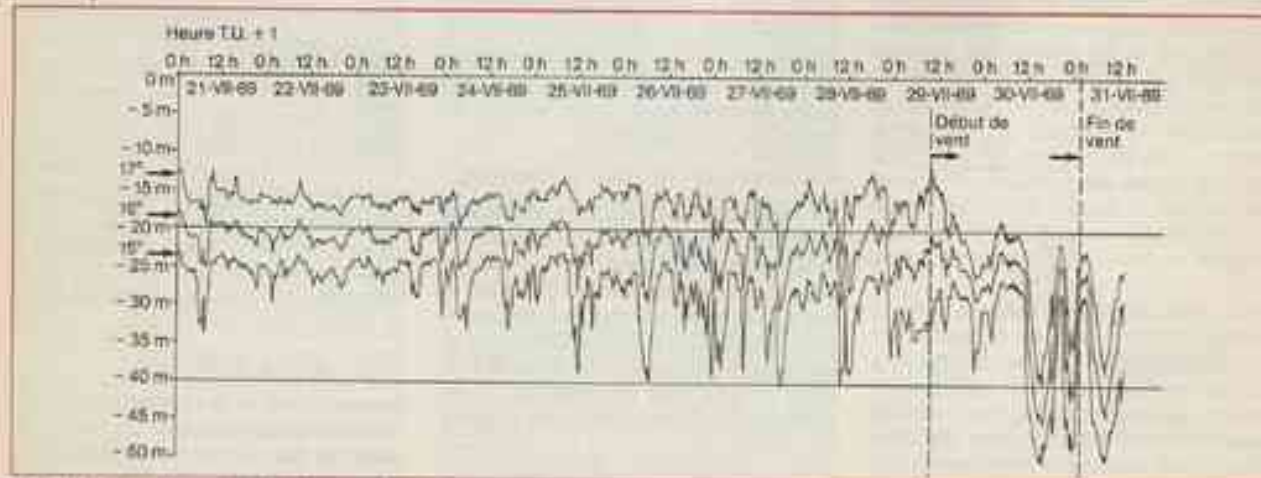


Fig. 7 - Variation de l'immersion des isothermes en fonction du temps lors de l'expédition COFRASOV 69. On remarque le retard de l'ordre d'une journée qui existe entre l'apparition du coup de mistral du 29 juillet et celle des fortes courants.

est chassée vers le large et remplacée à la côte par de l'eau plus froide venant de sous la thermocline (« upwelling ») (1). Celle-ci bascule, vient crever la surface et y dessine un front thermique que les clichés infra-rouge peuvent détecter et permettent de suivre. Cette voie, à peine explorée encore, paraît prometteuse. Les phénomènes observés près des côtes sont compliqués : la thermocline présente des oscillations sur une vaste gamme de périodes, dont la période d'inertie, cependant que les courants présentent cette période de façon dominante. Les vitesses des oscillations d'inertie sont en opposition de phase de part et d'autre de la thermocline. Des modèles d'« upwelling » côtier sont à l'étude.

Les brises de terre et de mer peuvent intervenir dans cette évolution.

Le domaine des interactions à échelle moyenne est probablement celui pour lequel des applications à terme relativement court sont prévisibles pour l'exploitation des océans (opérations techniques en mer, dispersion des pollutions, etc...).

Les grandes échelles

Le rôle fondamental de la couche superficielle marine dans les échanges océan-atmosphère justifie l'étude de l'évolution à longue période et des variations à grande échelle de sa température.

C'est la donnée océanographique la plus facile à mesurer et un grand nombre d'observations ont été effectuées par de

(1) Images des sciences de la terre, de l'océan, de l'atmosphère et de l'espace. « Les résurgences situées le long du littoral NO Africain et leurs conséquences biologiques » (supplément au n° 20 du Courrier du CNRS).

POINT - LE POINT - LE POINT - LE POINT - LE POINT

très nombreux navires spécialisés ou non. Ces observations se sont généralisées, il y a 70 à 80 ans, et se sont beaucoup développées depuis. En général, un navire en route exécute une observation météorologique toutes les trois, six ou douze heures et la température de surface fait partie des paramètres mesurés. D'où un nombre très important de données dont le rassemblement n'a été fait que dans fort peu de centres (notamment le national weather records center à Asheville, USA) ; d'où aussi, la nécessité de disposer de moyens informatiques puissants pour un traitement statistique. Lorsque l'on calcule des moyennes dans l'espace et dans le temps, il s'ajoute à diverses erreurs de mesures ce que l'on peut appeler le bruit thermique, qui provient des variations réelles de température à plus courte échelle d'espace ou de temps que celle à laquelle les moyennes sont calculées. Cet ensemble d'erreurs et de bruit thermique fait que la déviation standard des observations peut atteindre des valeurs élevées. Mais, en général, plus il y aura de données entrant dans le calcul de la moyenne, plus cette valeur sera significative.

Après un traitement adéquat de ces observations, quels sont les résultats obtenus ?

Si l'on considère les variations de la température de surface sur une échelle d'espace planétaire, il apparaît que la distribution de ces températures de surface est sensiblement zonale, c'est-à-dire orientée Est-Ouest, avec un maximum vers l'équateur et un minimum vers les pôles.

Cependant, ce schéma théorique est modifié par l'existence d'influences perturbatrices dues au régime des vents et des courants et à la présence des masses continentales. Ainsi, l'équateur thermique est légèrement décalé vers le Nord ; jusqu'à une certaine latitude, les bords Ouest des océans sont plus chauds que les bords Est, au-delà de cette latitude c'est l'inverse ; par exemple, la dérive Nord-Atlantique, qui prolonge le Gulf Stream, transporte des eaux relativement chaudes et, par échange avec l'atmosphère, fait que le climat de la France, des îles Britanniques ou de la Norvège est beaucoup plus élément que celui de la côte Est du Canada située aux mêmes latitudes.

Si l'on considère ensuite l'évolution de la température de surface non plus à une grande échelle d'espace mais à une grande échelle de temps, de l'ordre du demi-siècle (à partir de ces observations, on ne peut remonter au-delà en raison du trop petit nombre de données et donc du peu de signification des moyennes calculées), il ressort que la température de surface, dans la région étudiée située dans l'Ouest de l'Atlantique Nord, présente un minimum vers le début du siècle, croît jusqu'à vers les années 1955-1960, en passant par un maximum secondaire vers les années 1940, puis présente une décroissance rapide ensuite (fig. 8). Il faut noter qu'autour de cette variation à longue période existent des variations d'une année à l'autre et même quelquefois journalières qui peuvent atteindre la même amplitude. Ces variations à longue période semblent en bon accord avec celles trouvées dans plusieurs autres régions de l'Atlantique Nord.

Dans l'océan Indien du Nord (mer d'Arabie), les anomalies mensuelles de température présentent des variations simultanées sur toute la largeur de la mer d'Arabie, exception faite de l'étroite région d'upwelling à l'Ouest de la mer le long de la côte des Somalis, où, sous l'effet des vents de Sud-Ouest et de la proximité de la côte, des eaux plus froides remontent en surface. Dans le temps, l'évolution à longue période de la température de surface apparaît tout-à-fait comparable à celle qui existe dans l'océan Atlantique Nord, aussi bien en amplitude (1,2 à 1,3°C) qu'en sens.

Dans le Pacifique, on observe aussi un minimum au début du siècle et un maximum vers les années 1950-1960.

Il apparaît donc que ces variations doivent être reliées à des variations climatiques d'échelle hémisphérique, si ce n'est planétaire.

Il est intéressant de comparer ces variations de températures de surface de l'eau avec celles de l'atmosphère (fig. 9). Celles-ci présentent un premier minimum vers 1885, un deuxième vers 1905 et un maximum vers 1938, puis décroissent. D'après ces résultats, il semblerait que l'océan soit « en aval » de l'atmosphère. Cependant, étant donné que des anomalies de températures de l'eau de mer de même signe couvrent de très vastes régions et s'étendent parfois jusqu'à deux cent mètres ou plus, ces grands réservoirs d'anomalies de chaleur sont tels qu'ils ne peuvent que beaucoup plus tard induire des anomalies de vents et de conditions météorologiques. La période

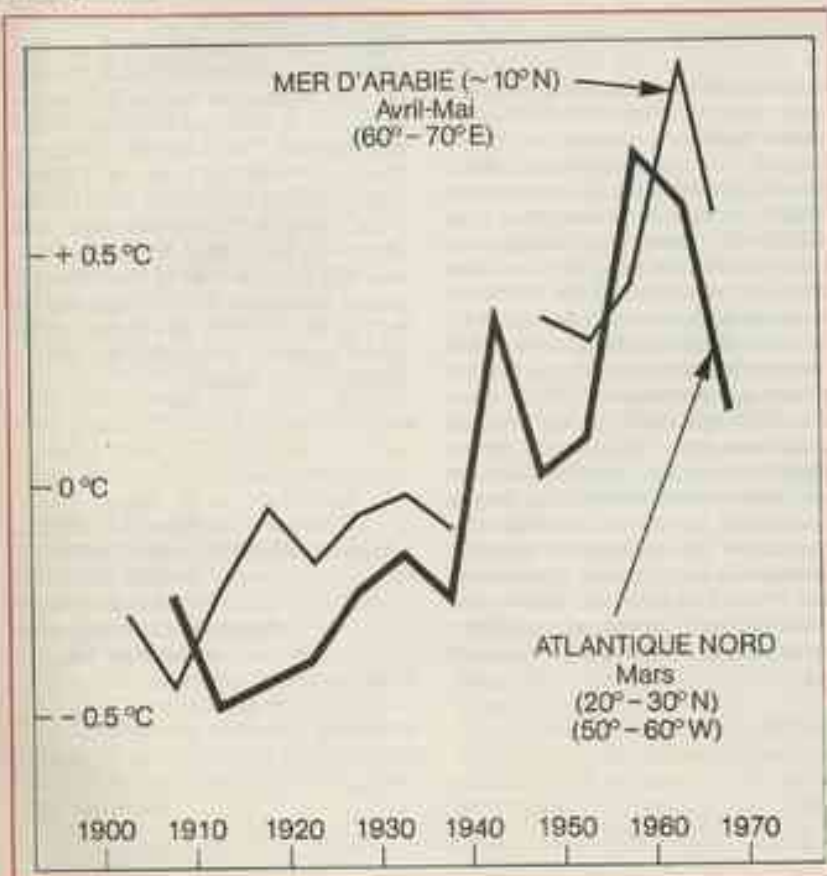


Fig. 8 - Variations des anomalies de températures moyennes de surface en mer d'Arabie et en Atlantique Nord montrant une évolution similaire dans les deux océans. (M. Fléau et H. Niemann, 1976).

LE POINT - LE POINT - LE POINT - LE POINT - LE

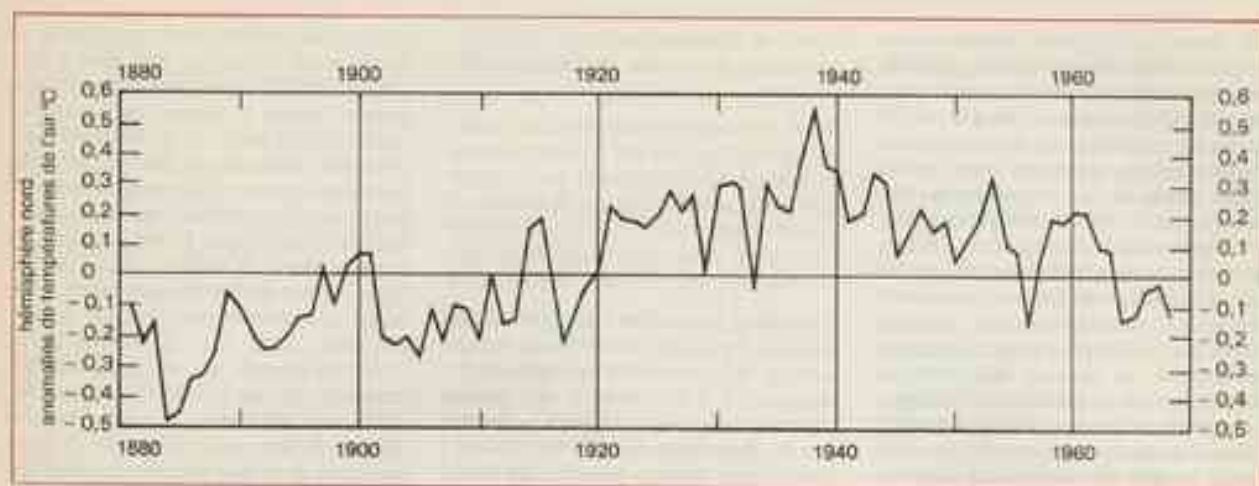


Fig. 9 - Variations des anomalies de températures moyennes de surface de l'air dans l'hémisphère Nord depuis 1881 d'après Budyko (1974).

d'observations que nous avons à notre disposition est malheureusement trop courte pour que l'on puisse savoir lequel, de l'océan ou de l'atmosphère, est en amont de l'autre.

Perspectives

En conclusion, il apparaît que les problèmes majeurs concernant les « échanges océan-atmosphère » sont de nature diverse selon les échelles considérées.

Mécanismes turbulents à petite échelle

Les mécanismes de base des échanges, mécanismes turbulents à petite échelle dans les couches-limites aérienne et marine de part et d'autre de l'interface, sont l'objet d'investigations très fines dans la soufflerie de simulation des échanges air-mer de l'institut de mécanique statistique de la turbulence, avec lequel le laboratoire collabore étroitement. On peut attendre beaucoup de ces études et de leur « prolongement » en mer sur la bouée BORHA II par les équipes de l'institut et du laboratoire. Mais la turbulence géophysique réelle, intermittente, pose des problèmes tels qu'une compréhension des mécanismes semble encore lointaine, malgré les efforts français et étrangers. Tout au plus en

espère-t-on, à court terme, une amélioration des formules empiriques des transferts (quantité de mouvement, vapeur d'eau, chaleur) à partir des observations météorologiques de routine ; l'impact sur les études à échelle moyenne serait très appréciable.

A échelle moyenne

Pour l'échelle moyenne, les besoins sont autres : d'abord, obtenir des séries assez longues de bonnes observations ininterrompues (courant, température, structure de densité). Une instrumentation adaptée existe ; la plateforme aussi (BORHA II) ; mais ce qui manque, c'est la permanence des mesures ; font aussi défaut des possibilités réelles d'effectuer en mer de bonnes mesures de longue durée selon un réseau adéquat de points d'observations pour obtenir une vue synoptique des phénomènes. Où en serait la météorologie si elle ne disposait que de quelques sites d'observations permanentes ? L'aide des satellites peut être appréciable en ce domaine. Des progrès conduiraient vraisemblablement à brève échéance à des modèles de prévision océanique à court terme. L'océan est, dans le cas, « en aval » de l'atmosphère, c'est-à-dire qu'il dépend principalement des conditions météorologiques existant

sur l'aire de prévision et qu'il n'y a pas à se soucier d'un couplage qui viendrait modifier le comportement atmosphérique local.

Au contraire, pour les prévisions à long terme, de l'océan comme de l'atmosphère, la considération de ce « couplage » entre air et mer est essentielle ; mais la complexité du système n'a d'égale que l'intérêt de la mise au point de modèles couplés adéquats de l'ensemble que constituent l'océan et l'atmosphère ; on se doute que le rôle de l'océan soit essentiel : sa capacité thermique, d'environ mille fois celle de l'atmosphère, est donc équivalente à une couche d'eau d'environ trois mètres d'épaisseur seulement. Les modes de couplage doivent être compris pour la résolution des grands problèmes météorologiques, qui est l'un des objectifs du « global atmospheric research program », en cours à l'échelon international.

Henri LACOMBE
Maxence REVAULT D'ALLONNES
Michel CREPON
Michèle FIEUX
Laboratoire d'océanographie
du Muséum LA 175

La corrosion des vitraux

La pureté des vitraux anciens est l'une des plus précieuses techniques du Moyen Âge et de la Renaissance en France comme en Angleterre ou en Allemagne, en Espagne ou en Italie. C'est grâce à l'art du vitrail que la cathédrale de Chartres ou la Sainte-Chapelle, le chœur de la cathédrale d'Evreux, mais aussi Canterbury et York, Strasbourg ou Cologne, León, Arezzo ou la basilique inférieure d'Assise constituent des œuvres majeures de l'art médiéval.

Une évaluation sûrement minimale de l'aire des vitraux du Moyen Âge et de la Renaissance en France résulte de la mesure de la surface des vitraux déposés lors de la deuxième guerre mondiale : cinq hectares !

L'étude précise, historique et technique, de ces vitraux du Moyen Âge ou de la Renaissance n'a pas connu au XIX^e et au XX^e siècles un développement comparable à celui d'autres disciplines d'archéologie ou de l'histoire de l'art : l'architecture, la sculpture, la peinture murale ou la miniature.

C'est la raison pour laquelle, en 1952, le comité international d'histoire de l'art, lors de son congrès d'Amsterdam a décidé d'encourager ces études qu'illustraient déjà en France, Ferdinand de Lasteyrie et Emile Milla, en créant un organisme international et des comités nationaux chargés de la préparation d'un Corpus scientifique international, le « Corpus Vitrearum Medii Aevi ». Le CNRS contribua, depuis le début de l'entreprise à la recherche et au financement des publications et en 1974 l'équipe de recherche associée fut créée. Dans sa forme initiale, le Corpus Vitrearum était une recherche de pure archéologie et d'histoire destinée à publier les documents pour l'histoire de cette forme particulièrement importante de la peinture médiévale.

Or, ces joyaux du Moyen Âge ou de la Renaissance apparaissent aujourd'hui profondément altérés. Cette détérioration porte essentiellement sur trois points :

- la décohésion due à une mise en plomb défectueuse,
- le départ de la grisaille, oxydes colorants incorporés au vitrail par différents procédés,
- la corrosion du vitrail proprement dit.

C'est ce troisième aspect - le plus complexe et le plus grave - que nous envisagerons dans cet article.

La détérioration dépend de l'âge du vitrail et c'est a priori l'un des aspects les plus déroutants du phénomène. Il subsiste peu d'ensembles du XII^e siècle (environ 25) en général assez bien conservés mais ayant subi dans le passé de profondes restaurations.

Les vitraux du XIII^e siècle beaucoup plus nombreux ont subi une terrible détérioration (fig. 1 et 2). L'obscurcissement est total pour certaines fenêtres de Bourges : aucune couleur ne semble avoir été épargnée alors que les bleus du XII^e siècle demeurent sensiblement intacts (ce qui indique immédiatement la nature différente des verres bleus du XII^e et du XIII^e siècles). Les verres blancs eux-mêmes incorporés parfois pour accroître la lumière sont presque toujours totalement corrodés (nef haute d'Evreux).

Les rares vitraux du XIV^e subsistant en France sont généralement mieux conservés. Quant aux vitraux du XV^e et du XVI^e, leur état est très variable : les fabrications étaient déjà très diversifiées et beaucoup de verres plaqués apparaissent à cette époque.

Au colloque du Corpus tenu à Erfurt en 1965, le problème de la conservation des vitraux parut se poser d'une manière dramatique et urgente. Le comité

technique du Corpus élaborait alors un programme international. Dans le cadre de ce programme des recherches furent entreprises en France par le laboratoire de recherche des monuments historiques de Champs-sur-Marne en collaboration avec des laboratoires de recherches de l'université ou du CNRS en particulier le laboratoire de chimie appliquée de l'état solide (ERA 387).

L'objectif à atteindre était la détermination des processus de corrosion (laboratoire de chimie appliquée de l'état solide). Cette étude devait permettre d'orienter l'élaboration des procédés de conservation (laboratoire de recherche des monuments historiques).

Les processus de corrosion

L'étude scientifique du phénomène d'altération est naturellement complexe par suite de la multiplicité des facteurs susceptibles d'intervenir. Ces facteurs sont liés aussi bien au verre lui-même (composition, couleur, histoire thermique, etc...) qu'aux conditions extérieures (climat, exposition, composition de l'atmosphère, etc...).

Une première étape de l'étude consiste donc à dégager le facteur prépondérant. Celui-ci a été révélé très rapidement : il s'agit de la composition.

Rappelons que le verre est essentiellement constitué par un squelette de liaisons covalentes Si (formateur - O - Si). Chaque atome de silicium est situé au centre d'un tétraèdre d'oxygène (coordination 4), les tétraèdres étant liés par leurs sommets (coordination 2 pour l'oxygène). Dans les cavités délimitées dans ce squelette sont logés les ions modificateurs (généralement alcalins ou alcalino-terreux). L'introduction des modificateurs a pour effet de rompre les liai-

(*) Depuis 1952, dix huit volumes du Corpus Vitrearum ont été publiés dans dix pays. La France y contribue à ces publications par trois volumes édités par le CNRS en collaboration avec le Centre national des monuments historiques et les arts et métiers graphiques. Une quinzaine de volumes sont en préparation dans plusieurs pays notamment en France.

A LA DÉCOUVERTE DE - A LA DÉCOUVERTE D



Fig. 1 - Altération du verre par acides. Vitraux du 12^e siècle, Rouges.



Fig. 2 - Altération uniforme; produits de corrosion composés de gypse et de syngénite (verre 12^e siècle, St Germain (de Corbail)).

sons Si-O-Si , et de transformer des atomes d'oxygène liants en oxygène non liants. Il est donc aisé de comprendre que toutes les propriétés du verre dépendent essentiellement du rapport modificateurs/formateurs. D'une manière très générale la résistance du verre, à toutes les sollicitations mécaniques, thermiques ou chimiques, décroît lorsque ce rapport augmente.

Or par rapport aux verres modernes, les vitraux médiévaux sont caractérisés par une teneur très importante en ions modificateurs, en particulier en potassium. Ces verres sont beaucoup plus sensibles à l'altération que les verres antiques et modernes à fondants sodiques. A titre d'exemple, citons les compositions de deux verres du XIII^e siècle, provenant des cathédrales d'Amiens et d'Evreux (tableau 1).

Il est commode de représenter globalement la structure d'un verre par un paramètre Y qui indique le nombre moyen d'oxygènes liants par polyèdre de coordination autour du silicium. Y peut être aisément calculé à partir de la composition. Ainsi :

Tableau 1		
% exprimés en poids d'oxydes		
	AM 2	EV 4
SiO_2	52,6	51,3
Al_2O_3	2	4,28
K_2O	13,4	18,3
Na_2O	2,24	0,32
CaO	14,4	11,77
MgO	4,76	7,88
PbO	0,008	0,045
P_2O_5	5,2	4,10
TiO_2	0,12	0,25
Fe_2O_3	0,55	0,71
MnO	0,85	1,16
CuO	0,140	0,0182
CoO	0,110	0,0013
NiO	0,105	0,0204

Composition de deux verres du XIII^e siècle

$Y = 4$ pour la silice pure (coordination 4)
 $Y = 3$ pour un verre de composition 2
 $\text{SiO}_2 \cdot \text{M}_2\text{O}$
 $(M = \text{élément modificateur alcalin})$
 $Y = 2$ pour un verre de composition
 $\text{SiO}_2 \cdot \text{M}_2\text{O}$, etc...

Les résultats obtenus sur des vitraux des XII^e au XVI^e siècles peuvent très grossièrement être schématisés de la manière suivante :

$Y > 3$: corrosion non appréciable,
 $2,7 < Y < 3$: corrosion localisée en piqûres plus ou moins profondes selon la composition,
 $Y < 2,7$: corrosion généralisée et profonde.

La richesse des verres médiévaux en éléments modificateurs est donc le facteur primordial de leur sensibilité à la corrosion atmosphérique.

On peut citer l'exemple de la particulière résistance à la corrosion des verres bleus. En fait, ces verres sont souvent plus riches en silice que les verres rouges. A égalité de composition, vitraux bleus ou rouges présentent le même degré d'altération.

Quel est l'agent essentiel de cette corrosion ? La réponse est donnée par l'identification des produits formés. Ce sont toujours des sulfates. L'un d'entre eux est présent dans tous les échantillons. C'est le gypse : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Un autre apparaît dans les verres les plus altérés (corrosion généralisée). C'est la syngénite, sulfate double de calcium et de potassium : $\text{CaSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. C'est le cas, par exemple du vitrail de la cathédrale d'Evreux riche en potassium. L'anhidride sulfureux présent avec l'eau

dans l'atmosphère est donc le principal responsable de l'altération constatée. Ceci ne signifie nullement qu'il soit l'agent primaire de la corrosion. En fait, le mécanisme est probablement fort complexe. Le caractère de l'attaque du verre est étroitement lié au pH du milieu :

- une attaque acide conduit à l'élimination des ions alcalins ou alcalino-terreux avec formation d'une couche superficielle de silice, généralement non adhérente. C'est l'attaque la moins destructrice,

- une attaque basique conduit à l'altération des liaisons fondamentales Si - O - Si et entraîne la désaggrégation du matériau,

- une attaque par l'eau provoque l'extraction des ions alcalins ou alcalino-terreux de la surface et si la solution alcaline ainsi formée n'est pas éliminée, le processus devient semblable à celui d'une attaque basique. Les phénomènes de condensation sur les vitraux jouent donc un rôle important dans leur altération.

Il est ainsi possible que l'eau soit l'agent primaire de la corrosion, les sulfates se formant à partir des hydroxydes avec un passage éventuel par les carbonates.

L'impossibilité de reconstituer au laboratoire aussi bien le matériau que les conditions extérieures réduit l'expérimentateur à formuler des hypothèses. Celles-ci peuvent cependant être étayées par une étude fine de la distribution des produits de corrosion à l'intérieur des piqûres dont la formation constitue le premier stade de l'altération. La microscopie optique, la microscopie électronique à balayage et la microsonde électronique sont des techniques de choix pour une telle étude.

L'examen au microscope révèle la structure d'une piqûre d'attaque (fig. 3). La partie perturbée (2) est séparée du verre sain par une ligne (1) remarquablement régulière. La zone (2) du verre en cours d'altération présente de nombreuses fissures. Enfin le centre de la piqûre (3) est envahi par le produit de corrosion (ici le gypse).

La microscopie électronique à balayage permet d'observer la morphologie des produits formés à l'intérieur de la piqûre à différents stades de l'altération (fig. 4).



Fig. 4 - Produits d'altération dans une piqûre (microscopie à balayage $\times 1000$) (laboratoire de physique des matériaux CNRS Bellevue).

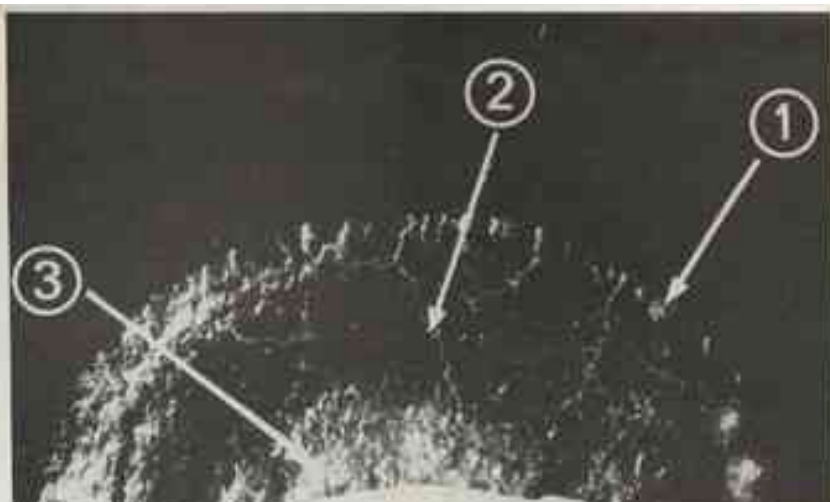


Fig. 3 - Structure d'une piqûre d'attaque (microscopie optique $\times 1300$).

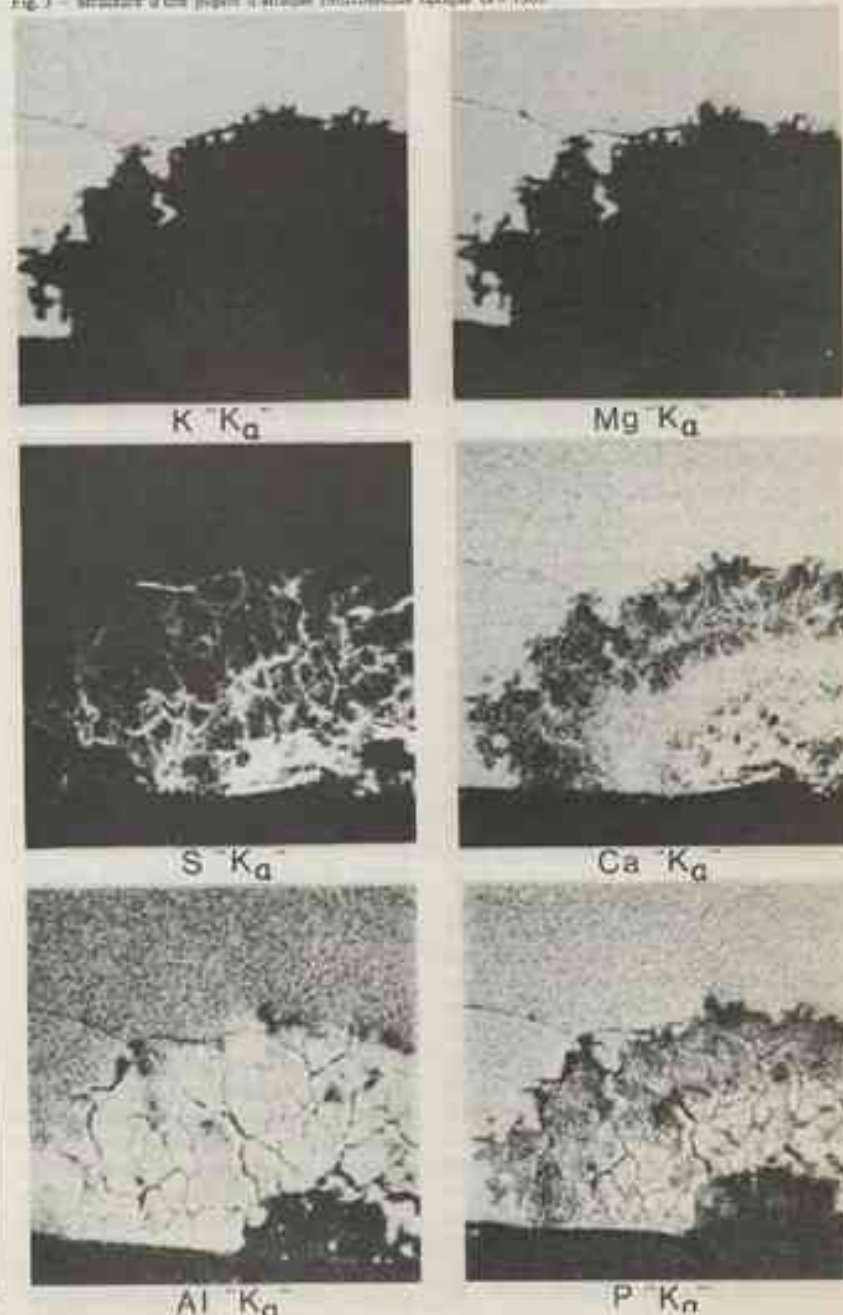


Fig. 5 - Répartition des différents éléments dans une piqûre (microsonde électronique) (laboratoire de physique des matériaux).

C'est probablement l'emploi de la microsonde électronique qui permet d'obtenir les renseignements les plus précieux. On peut observer sur les images de la figure 3 la répartition dans une piqure des différents éléments majeurs aussi bien formateurs (Si, Al, P) que modificateurs (K, Ca, Mg) ainsi que la répartition du soufre (une zone noire indique l'absence de l'élément considéré) :

- la zone perturbée (2) définie précédemment est enrichie en formateurs Si et Al, ce qui confirme l'élimination de modificateurs,

- les modificateurs K et Mg ont totalement disparu, par suite de la solubilité de leurs sulfates.

Le calcium a pratiquement disparu du fond de la piqure. Il est au contraire présent vers le centre de celle-ci. On assiste donc à une migration de cet élément vers l'extérieur à la rencontre de l'agent corrosif. Le soufre apparaît d'ailleurs en quantité importante dans la zone externe de la piqure et diffuse vers l'intérieur dans les fissures de la zone (2). Dans le fond de la piqure appauvri en calcium, la concentration du soufre est sensiblement nulle comme dans le verre sain.

Le comportement du phosphore, difficile à interpréter, est différent de celui des autres formateurs silicium et aluminium. On peut noter une zone appauvrie au fond de la piqure, correspondant sensiblement à la zone appauvrie en calcium. Le phosphore présent dans le verre joue donc un rôle dans le processus de corrosion.

Si le mécanisme global de l'altération est assez bien déterminé (extraction des alcalins du verre par l'eau ou une solution acide due à la présence de CO_2 et SO_2 dans l'atmosphère et formation finale de sulfates) les différentes étapes peuvent être discutées. Elles peuvent faire intervenir la formation d'hydroxydes, de phosphates et plus vraisemblablement encore de sulfites et de bisulfites. L'apparition et la transformation de ces différents composés sont régies par leurs stabilités et leurs solubilités comparées. C'est finalement un très vaste problème de chimie faisant intervenir non seulement la réactivité des solides mais également la chimie des solutions contenant plusieurs cations et plusieurs anions.

La réalisation de verres synthétiques de même composition que les verres anciens permettra de progresser d'une manière plus scientifique. Déjà les premiers résultats montrent qu'à même composition, verres anciens et verres modernes ont sensiblement le même comportement vis-à-vis de SO_2 humide, ce qui confirme

le rôle absolument prédominant du facteur composition.

Il est donc maintenant possible de pousser plus avant l'étude en faisant intervenir les facteurs secondaires. L'un d'entre eux paraît particulièrement important : l'état de la surface et sa composition, résultant de la nature du traitement thermique subi par le vitrail lors de son élaboration. Il faudra également considérer les agents biologiques : mousses et lichens qui favorisent le maintien de l'humidité et peuvent être à l'origine de sécrétions acides.

La restauration et la conservation des vitraux anciens

En matière de restauration, les problèmes de base sont les suivants :

- le nettoyage
- la protection des verres contre les agents atmosphériques
- la consolidation des grisaillés altérés
- la restauration du réseau de plomb et des verres brisés.

Le problème de la restauration du réseau de plomb et des verres brisés se pose aux Maîtres verriers généralement lors de la dépose de tout vitrail. En raison des pressions du vent, d'une déformation des armatures, du vieillissement naturel des plombs et des soudures, des remises en plomb totales ou partielles sont inévitables. Les pièces de verre brisées, autrefois restaurées par le traditionnel plomb de casse, sont aujourd'hui rejointées bord à bord au moyen d'une colle silicone testée par le laboratoire de recherche des monuments historiques. Ainsi l'harmonie qui était rompue par les plombs de casse est maintenant préservée. La colle utilisée étant souple, les pièces de verre restaurées offrent une bonne résistance aux pressions du vent et aux déformations des réseaux de plomb.

Le nettoyage des verres anciens

Bien que la couche d'altération des verres ait donné un bel aspect de pierre aux surfaces extérieures des verrières, elle représente un grand danger pour la conservation des verres anciens. Le maintien des produits de corrosion favorise l'action de l'humidité et autres agents agressifs et entraîne ainsi la poursuite de l'altération.

Le degré d'altération des différentes pièces de verre étant variable, les rapports de leurs coefficients de transmission de la lumière sont faussés. L'élimination de la

couche d'altération réalisée dans un but curatif, permet également de retrouver un équilibre des jeux de lumière.

Toute méthode de nettoyage doit permettre l'élimination de la couche d'altération (gypse, syngénite) sans provoquer une détérioration de la surface du verre ancien ou du dessin de grisaillé.

La surface du verre, appauvrie en éléments solubles (potassium, sodium, calcium...) est moins sensible à l'altération que le verre sain. Le procédé de nettoyage doit donc permettre de conserver la couche superficielle des verres.

Parmi les procédés de nettoyage étudiés par le laboratoire de recherche des monuments historiques, il faut distinguer les procédés mécaniques des procédés chimiques.

Procédé de nettoyage par ultrasons

L'élimination de la couche d'altération peut être réalisée par grattage au moyen de divers outils (brosses, pinceaux en fibre de verre...), par abrasion (jet d'alumine ou de micro-billes de verre) ou par polissage de la surface du verre. La surface du verre subit alors de grandes perturbations (fissures, éclats de verre, rayures...) qui deviennent un lieu privilégié d'apparition de piqures (fig. 6).



Fig. 6 - Formation de piqures sur une rayure provenant d'une précédente restauration. Observation à balayage G = 1000x (laboratoire de physique des matériaux).

Procédés de nettoyage mécanique

Par trempage des pièces de verre altéré dans un bain d'eau ou d'un autre liquide soumis à des vibrations ultrasoniques, les produits d'altération peuvent être entièrement éliminés. Ce procédé présente un grand danger pour le nettoyage de pièces dont le dessin de grisaillé ne se trouve pas dans un parfait état de conservation. Des observations au microscope à balayage montrent que les ultrasons provoquent, comme les procédés mécaniques, la détérioration de la surface des verres.



Fig. 7 - Vitrail du Jugement Dernier, Cathédrale de Bourges, 12^e siècle. Détail après nettoyage.

Procédés de nettoyage chimique

Les procédés chimiques de dissolution des sulfates ne doivent évidemment mettre en œuvre que des solutions ne provoquant pas l'attaque du verre. Les verres anciens sont solubles dans les acides qui doivent donc être écartés. L'acide fluorhydrique, destructeur du réseau siliceux, est à proscrire ; son utilisation entraîne la formation de fissures, non seulement en surface du verre, mais également en profondeur. Les solutions basiques de pH supérieur à 9 détruisent également le réseau siliceux.

Le laboratoire de recherches des monuments historiques a mis au point une méthode de dissolution des sulfates recouvrant la surface externe des verres basée sur l'emploi d'une solution aqueuse d'É.D.T.A. qui ne nécessite aucune intervention mécanique, ne détériore pas le verre et préserve la couche superficielle. Le nettoyage de la face interne des verres pose un problème particulier. Toute opération de restauration doit être précédée d'une étude de l'état de conservation de la peinture et, si nécessaire, de sa consolidation. Les dépôts, constitués principalement de poussières atmosphériques, peuvent être éliminés par un lavage à l'eau (fig. 7).

La conservation de la grisaille

Un refixage de la grisaille par recuisson du verre ancien présente de grands dangers : assombrissement des couleurs, cassures de pièces de verre, dévitrification.

Une grisaille peut avoir perdu toute adhérence, un simple dépoussiérage risquant de la faire disparaître. Dans certains cas, son adhérence n'est plus suffi-

sante pour résister à un nettoyage chimique. Parfois, les traits de peinture sont devenus friables ou poreux.

En présence d'une grisaille altérée, la première opération de restauration doit être son refixage et sa consolidation. La méthode de conservation de la peinture est basée sur l'emploi d'une résine synthétique ayant subi des tests de vieillissement artificiel et s'avérant résistante à l'action des ultraviolets, de la chaleur, du froid, de l'anhydride sulfureux et de l'humidité : résine Viacryl VC 363 + durcisseur Desmodur N 75. Cette résine est diluée dans de l'acétate d'éthyle pour en permettre une bonne infiltration sous les traits de grisaille et dans une grisaille poreuse ou friable.

La protection des verres de vitraux

L'élimination des produits d'altération n'empêche pas la reprise du processus de corrosion des verres de nouveaux exposés aux agressions des agents atmosphériques.

Un des procédés de protection consiste à doubler le vitrail ancien par un vitrage de verre blanc, l'espace entre les deux verrières étant hermétique ou ventilé. Des études climatiques et optiques en cours permettront de juger de son efficacité.

Des verres affaiblis par une altération importante peuvent être doublés au moyen d'un verre moderne collé à leur surface, ce qui pose de grands problèmes de transmission et de réflexion de la lumière, de plus le verre moderne peut difficilement épouser exactement la surface du verre ancien.

Le doublage des verres anciens par un verre moderne scellé au moyen d'un mastic appliqué sur le pourtour des deux pièces de verre nécessite l'emploi de ma-

tiériaux assurant une étanchéité parfaite des joints. Toute pénétration d'humidité conduit à une attaque du verre et à la croissance d'algues et de lichens.

Les méthodes ci-dessus ne présentent pas de garantie suffisantes contre l'humidité qui est le principal facteur d'altération et diminuent de façon importante la transparence du vitrail.

Le laboratoire de recherche des monuments historiques a effectué des recherches sur la protection des verres au moyen d'un film de résine synthétique. De nombreux tests de vieillissement accéléré ont conduit à la sélection d'une résine polyuréthane dont les propriétés chimiques, optiques, d'adhérence et de vieillissement ont été étudiées (Viacryl VC 363 : 80 %, Desmodur N 75 : 20 %). Le film de résine, appliqué en couche mince sur la surface externe des verres altérés et nettoyés, reste soluble dans un solvant (Cital 12-12) après vieillissement. La réversibilité de ce procédé de protection est donc assurée et permettra toute opération future de conservation.

Ainsi depuis une douzaine d'années, il est apparu que le travail archéologique et historique était mal assuré sans l'étroite collaboration des techniciens ; et que d'autre part la recherche technique et l'application des procédés de restauration ne pouvaient être efficaces sans la collaboration des archéologues et des historiens, conscients des infinies variétés des milieux géographiques, des moments historiques et des particularités formelles des vitraux soumis aux restaurations.

L'orientation scientifique et technique des travaux associés au Corpus a fortement marqué les deux derniers colloques du Corpus à York en 1973 et surtout à Paris en 1975 où furent présentées de nombreuses communications françaises et étrangères consacrées soit aux problèmes de recherche fondamentale soit à ceux des restaurations (notamment des vitraux de la cathédrale de Chartres). L'action entreprise est d'envergure, non dans ses moyens mais dans ses objectifs et ses caractères :

- réellement internationale
 - à la fois fondamentale (recherche des causes et des processus d'altération) et appliquée (procédés de nettoyage, de conservation et de protection)
 - totalement pluridisciplinaire puisqu'elle associe historiens, scientifiques, physiciens et chimistes et techniciens des ateliers de restauration.
- Seule cette action pourra permettre de trouver les méthodes les plus efficaces et les moins dangereuses pour le sauvetage du trésor des vitraux médiévaux.

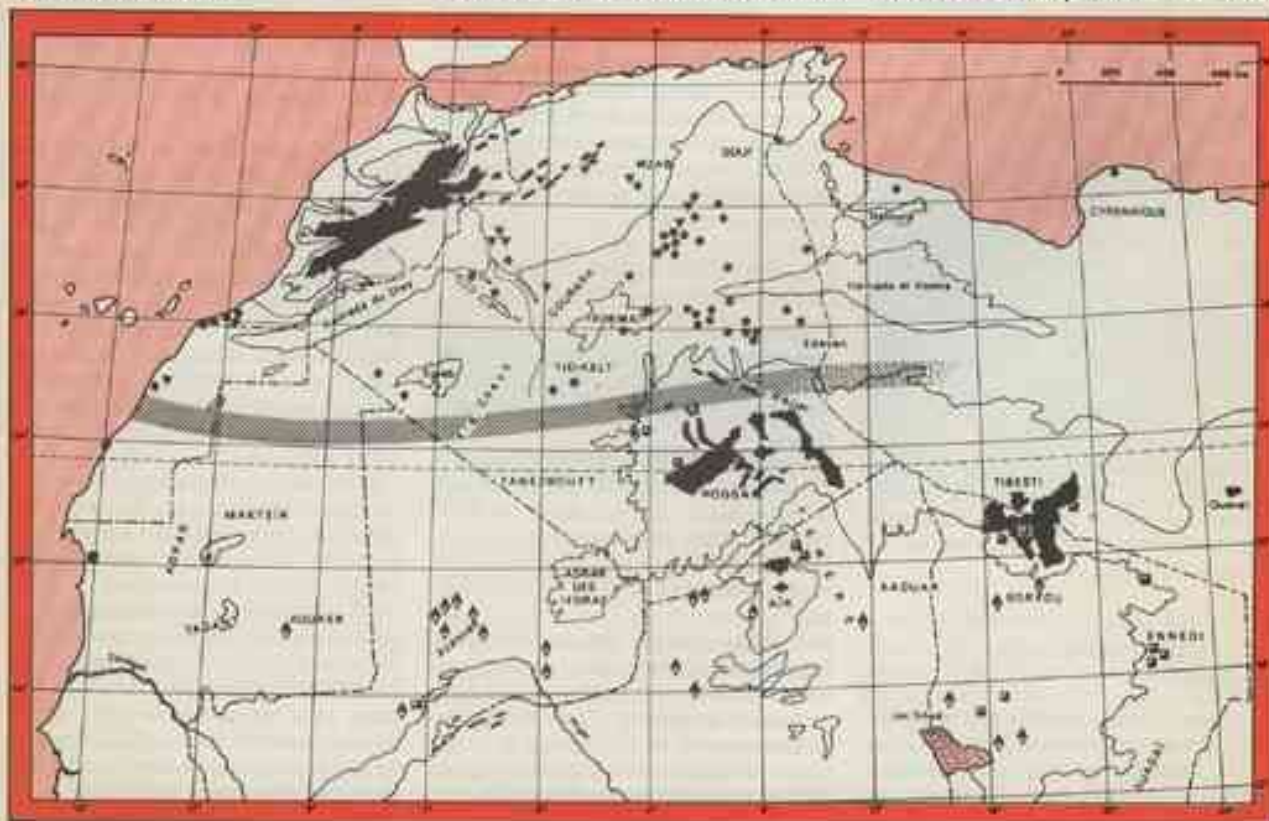
Laboratoire de chimie appliquée de l'état solide
Laboratoire de recherches des monuments historiques
UER d'art et d'archéologie

Dix ans de recherches préhistoriques au Sahara

Depuis 1963 les recherches préhistoriques dans le plus grand désert du monde n'ont cessé de progresser et de se multiplier malgré les difficultés de tous ordres rencontrées par les chercheurs, particulièrement dans l'obtention de crédits pour des missions qui deviennent de plus en plus coûteuses.

Dans l'ensemble du Sahara, pour des raisons historiques évidentes, la recherche reste, pour l'essentiel, œuvre de préhistoriens français dont la plupart sont des chercheurs du CNRS. Certains continuent à résider dans les pays du Maghreb mais leurs travaux sont contrôlés ou animés par des instituts locaux natio-

naux : le centre de recherches anthropologiques, préhistoriques et ethnographiques en Algérie, l'institut national d'archéologie en Tunisie, la division de l'archéologie des monuments historiques et des sites au Maroc. En France même, des laboratoires du centre national de la recherche scientifique, ou associés à lui.



Les deux Sabers éolothiques – au sens du néolithique de la tradition européenne, caractérisés, entre autres, par une céramique à fond craquelé ou appendiculé et par la fréquence des coquilles d'œuf d'autruche décortiquées – ne suit le néolithique sabero-éolothien qui ne possède aucun de ces caractères mais connaît et revêtait une poterie à fond rouge très abondante (voir cartographies), le dôme en liège ouïe, les barques en bois et le bœuf.

ont orienté leur activité de recherche préférentiellement vers l'Afrique du Nord et plus particulièrement vers le Sahara, comme le laboratoire d'anthropologie et de préhistoire des pays de la méditerranée occidentale (Aix-en-Provence, université d'Aix-Marseille I) qui reçoit régulièrement des stagiaires d'origine maghrébine ; le centre de recherches sur les zones arides, l'Institut de paléontologie humaine et la chaire de préhistoire du musée d'histoire naturelle à Paris qui dirigent des recherches en Mauritanie tandis que des chercheurs de l'ORSTOM ont fait grandement progresser les connaissances dans le Niger et le Tchad. Une « recherche coopérative sur programme » du CNRS sur « l'origine et l'évolution des populations sahariennes » (R.C.P. 151) a, pendant sept ans (1967-1973) coordonné et financé les recherches dans le Sahara septentrional et les massifs centraux. Pendant le même temps des missions italiennes de l'université de Rome se sont rendues au Fezzan et une mission britannique a effectué des recherches dans le Ténéré du Tiffanisset. Enfin, dans le Sahara méridional, il importe de citer la place tenue par l'Institut fondamental de l'Afrique Noire de l'université de Dakar et l'Association sénégalaise pour l'étude du quaternaire africain (ASEQUA) qui publie régulièrement un bulletin de liaison qui intéresse tous les préhistoriens sahariens. Le Mali, le Niger et le Tchad ont leurs propres instituts de recherche en archéologie et sciences humaines.

Le Sahara est si vaste que l'information n'est pas toujours systématique. Il n'est donc pas possible de citer tous les organismes de recherche qui travaillent épisodiquement sur la préhistoire saharienne : mais il faut souligner la part importante tenue par les géologues quaternaires, particulièrement ceux du laboratoire CNRS de Bellevue (Paris) qui ont effectué un grand nombre de missions soit dans le Sahara nord-occidental, soit dans le Sahara méridional, soit sur le littoral atlantique.

Le Sahara septentrional

Pour des raisons méthodologiques et conformément à un découpage culturel surtout sensible au néolithique, il nous semble opportun d'examiner séparément les travaux effectués au cours des dix dernières années dans le nord du Sahara qui est étroitement lié aux régions méditerranéennes du Maghreb et ceux intéressant la partie centrale et méridionale dont les caractères sont différents.

[illegible]

Tableau n° 1 : Comptabilité synthétique

Les recherches sur le paléolithique inférieur et moyen furent surtout entreprises par des géologues quaternaristes, mais il importe de souligner l'analyse typologique par L. Ramendo de l'importante série de galets aménagés (pebble-tools) de Reggan ; cette analyse servit de base à l'établissement d'une méthodologie proposée par P. Biberson dans les fiches typologiques africaines dont l'application tend à se généraliser. Si on excepte quelques récoltes sporadiques dans l'est du Sahara algérien (galets aménagés de l'erg Bourahret, bifaces de l'Acheuléen final d'Amguid), c'est dans la partie occidentale du Sahara (Biberson 1972, Monod 1975) surtout dans la Saoura, qu'ont porté les principaux travaux. H. Alimen y étudia l'évolution des hacheaux (1972) et après la thèse de J. Chavaillon consacrée aux formations sédimentaires de la région (1964), G. Conrad a pu préciser les fluctuations climatiques et l'évolution morphologique (1969).

La poursuite des recherches a permis à J. Chavaillon d'associer étroitement, au moins pour la Saoura, cycles sédimentaires et industries préhistoriques. Désormais, demeure possible l'établissement d'une bonne corrélation entre le Maghreb, l'Europe et l'Afrique orientale (tableau 1).

Le Paléolithique inférieur

Dans le sud marocain les galets aménagés sont particulièrement nombreux, tant dans la région d'Akka, dans la vallée du Draa que sur le versant méridional du Djebel Sarho (Tazzarine). P. Biberson qui a consacré de nombreuses

années à l'étude du paléolithique inférieur du Maroc atlantique a étendu ses recherches au Sahara mauritanien où l'Acheuléen évolue comportant bifaces et hacheraux est bien représenté dans l'Adrar (Biberson 1972, 1965).

L'Atérien

C'est dans l'étude de l'Aterien que les connaissances ont le plus progressé, malgré des tentatives pour maintenir l'idée dépassée de l'âge récent de cette industrie; il est désormais acquis que même au Sahara l'Aterien, caractérisé par ses pièces pedunculées, appartient au Pléistocène récent contemporain du Wurm II et du Wurm III (Camps 1973). Au Sahara il tient la place d'un Mousterien dont la très grande rareté sinon l'absence est maintenant admise par la plupart des chercheurs, malgré la présence sporadique d'industries de débitage levallois. Les progrès de l'étude morphologique et typologique permettent de mieux cerner les problèmes posés par chaque gisement. Plusieurs de ceux-ci, dans la Saoura encore, ont fait l'objet d'analyses très précises et complètes, (Zacaria et Kebra et Hassi Ouchant).

L'Épipaléolithique

Les industries qui succèdent à l'Aterrien et précèdent le Néolithique sont encore mal connues ; elles ont fait cependant, au cours de la dernière décennie, l'objet de plusieurs études importantes. Les industries du « cycle des lamelles », ainsi désignées par E.G. Gohbert dans le sud tunisien ont les premières attiré l'attention, mais aucune étude nouvelle, sinon les observations stratigraphiques, ne leur

AU-DELA DES FRONTIÈRES - AU-DELA DES FRO

a été consacrée ; toutefois des fouilles prochaines doivent avoir lieu à Menchia ; l'analyse morphologique des collections provenant des différents gisements est reprise avec une méthode plus rigoureuse.

Nous ne connaissons pas encore les relations ou la parenté qui doivent être établies entre les industries du sud tunisien et celles reconnues plus à l'ouest dans la région d'Ouargla et la vallée de l'oued Mya que nous avons proposé de nommer Méallien (Camps, 1972). Le gisement le plus important est celui d'Hassi Moullah dont la publication commence (Marnier et Trécollé, 1971-1972). L'industrie du Méallien est certes plus ré-

cente que celle de l'Horizon Collignon, comme le prouvent sa position stratigraphique et les datations par le 14 C ($8\,800 \pm 150$ B.P. soit 6 650 B.C., $7\,650 \pm 150$ B.P. soit 5 700 B.C.). Les autres comptages effectués sur d'autres gisements découverts et étudiés par G. Aumassip (1972) se rapportent également au VI^{ème} millénaire avant J.C. Ces industries sont donc contemporaines du Capsien supérieur évolué dont elles sont pourtant nettement distinctes (rarité ou absence des microlithes géométriques, très fort indice de lamelles à bord abattu).

L'existence d'un Capsien vraiment saharien semble devoir être rejetée ; le gros

outillage recueilli parfois dans la région d'Ouargla et attribué à cette industrie appartient vraisemblablement au Méallien. D. Grébénart a, en revanche, fort bien reconnu le Capsien, plus au nord, le long de l'oued Djedi (gisements de Rahat et d'El Mermouta).

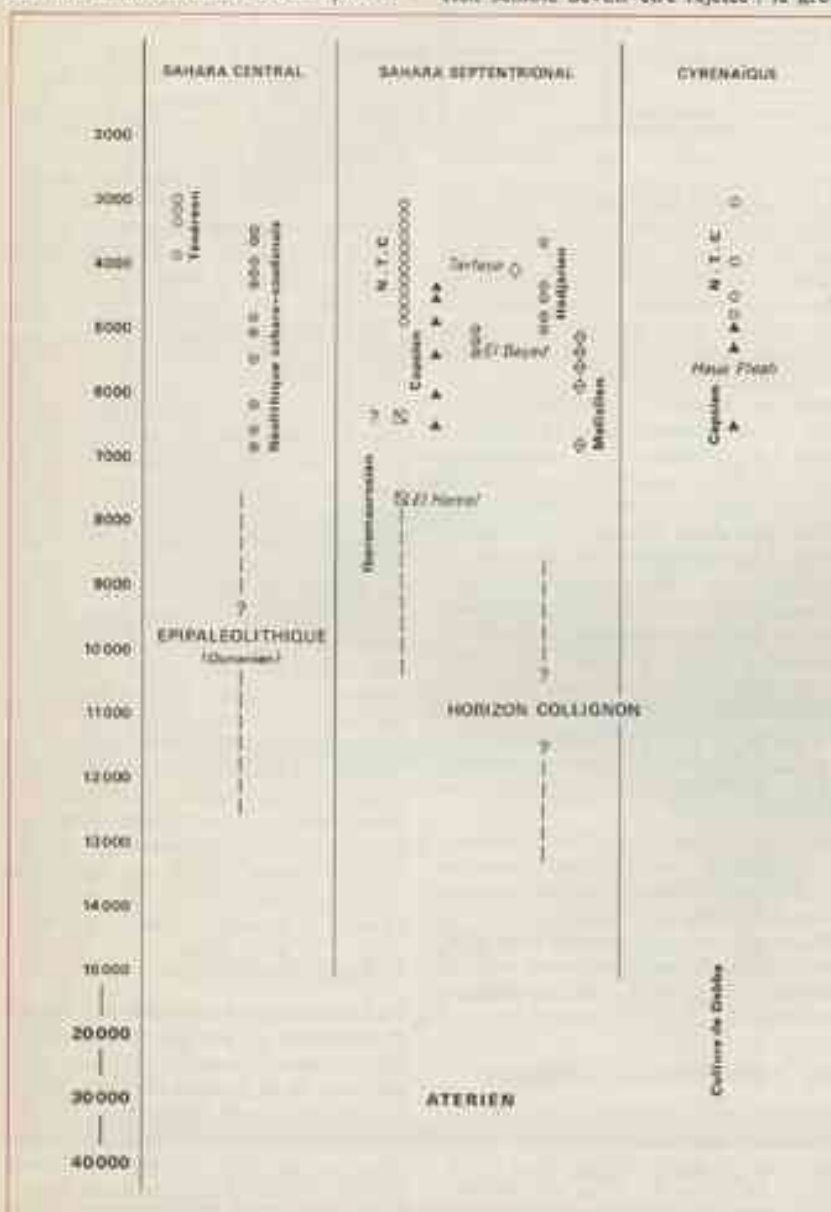
Depuis l'étude déjà ancienne sur El Hamel (Bou Saâda), on sait que l'Ibéro-maurusien, ou tout au moins l'un des faciès de ce complexe caractérisé surtout par le très fort indice de lamelles à bord abattu et son débitage, pénètre dans les régions présahariennes ; il importe de citer celle du gisement d'El Haouita (Estorges - Aumassip - Dagorne, 1969) dont je pense, contrairement aux auteurs, que l'industrie appartient à un faciès distinct de l'Ibéro-maurusien classique du Tell.

A l'extrémité occidentale, dans la province marocaine de Tarfaya (Cap Juby) qui est déjà saharienne, une nouvelle industrie épipaléolithique originale particulièrement riche en microburins a été mise au jour par D. Grébénart (1975). Dans la même région, la découverte de restes humains présentant des caractères méchtoïdes (Cromagnoides nord-africains) permet de reprendre, sous une lumière nouvelle, la question des origines du peuplement des îles Canaries (Charon, Orliac, Petit-Maire, 1973).

Ainsi du golfe de Gabès, dans le sud tunisien, au cap Juby, dans le Maroc saharien, se sont multipliées les découvertes d'industries épipaléolithiques diverses et dont la plupart sont nettement distinctes et de l'Ibéro-maurusien et du Capsien.

Le Néolithique

A G. Aumassip (1972) revient le mérite d'avoir mis en lumière, dans un livre récent, un faciès néolithique sans poterie dans la région de l'oued Mya (sud et sud-ouest d'Ouargla). Ce faciès « Hadjarien » a l'équipement lithique habituel du Néolithique de tradition capsienne (N.T.C.), vaste ensemble culturel dont il possède les beaux microlithes géométriques, particulièrement les « scalènes-perçoirs » et les trapèzes, les scies, les racloirs. Les pointes de flèche sont peut-être moins fréquentes que dans les autres faciès du N.T.C. Une armature caractéristique est la pointe dite « en écusson » qui a l'aspect d'un perçoir double, opposé, sur lamelle dont la région médiane est restée généralement brute. La poterie fait totalement défaut mais la coquille d'œuf d'autruche est partout abondante et assez souvent décorée. Les datations obtenues par le radiocarbone permettent de situer l'Hadjarien dans le VI^{ème} millénaire avant J.C. ($4\,720 \pm 100$ B.C., $4\,510 \pm 180$ B.C., $4\,340 \pm 130$ B.C.,

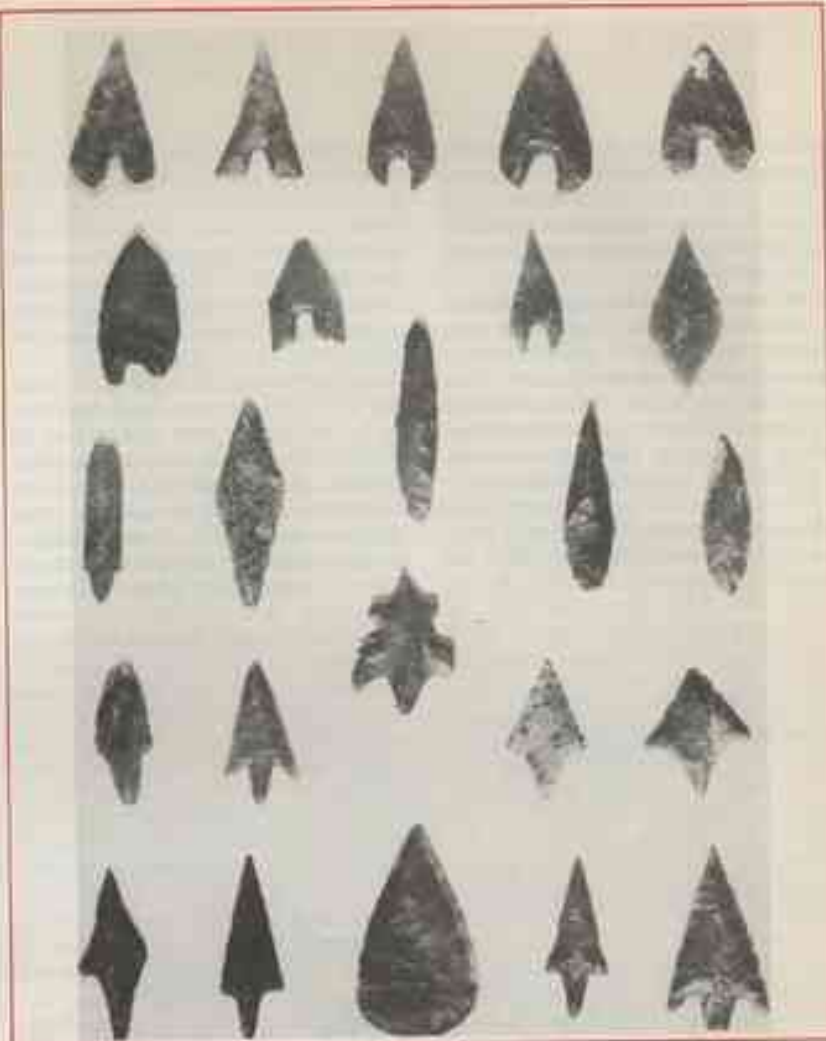


Essai de chronologie. (Les cultures épipaléolithiques sont représentées par des symboles triangulaires, les cultures néolithiques par des symboles circulaires. L'échelle chronologique est en millénaires av. J.C.)

210 ± 150 B.C.). Une quinzaine de gisements appartenant à l'Hadjarien ont été reconnus dans la région.

Dans l'ensemble du néolithique de tradition capsienne, proprement dit, et dont les travaux récents ont depuis une dizaine d'années réduit considérablement le domaine, il est possible dans le Sahara septentrional de reconnaître, en plus du Hadjarien, plusieurs faciès plus ou moins bien définis et délimités. Le plus beau par la taille et la perfection des multiples armatures, pièces foliacées, scies, perçoirs, aiguillons... est surtout représenté au sud du grand Erg oriental, à l'ouest et au sud-ouest de la Hamada de Tinrhert : nous le nommerons Néolithique type El Bayed ; ce gisement, qui est très vaste a livré une industrie lithique remarquable qui se retrouve dans deux autres gisements récemment étudiés : oued Labied et Izimane. Ce faciès nous semble être parmi les plus anciens du Néolithique du Sahara septentrional (El Bayed 7.300 ± 200 B.P. soit 5.350 B.C., El Beida 7.100 ± 180 B.P. soit 5.150 B.C.). La céramique est rare mais comme dans toute la zone occupée par le N.T.C., elle est à fond conique ou appendiculé.

Un troisième faciès plus proche du N.T.C. de la région Capsienne du Maghreb se reconnaît dans le bas Sahara, jusque sur le rebord méridional du Tademait. Nous prendrons comme exemple trois gisements récemment étudiés : Ain Guettara au Tademait (Camp, 1974), La Touffe près d'Hassi Messaoud (Brazillon, Chavaillon, 1966) et Hassi Mouilah (Marmier, Trécoffe, 1971-1972). Ce Néolithique se reconnaît à la qualité de son débitage, l'abondance des microlithes géométriques, en particulier des trapèzes, un indice assez faible des lamelles à dos, toujours inférieur à 20 %. Les armatures de flèche sont en nombre variable, suivant les gisements et vraisemblablement suivant les secteurs où furent pratiquées fouilles et sondages dans un même gisement. La céramique est un peu plus abondante, toujours de fond conique et plus abondamment décorée que dans le N.T.C. de la région capsienne du Maghreb. Dans ce faciès type Ain Guettara, l'utilisation de la coquille d'œuf d'autruche atteint son maximum, non seulement les rondelles perforées sont très nombreuses ainsi que les fragments décorés mais plusieurs gisements ont conservé de véritables réserves de récipients formés de coquilles percées à un bout, ainsi le niveau néolithique d'Hassi Mouilah renfermait un amoncellement de onze bouteilles, celui de Bordj Melala sept également groupées. Très fréquemment l'abandon des bouteilles groupées par deux ou par trois permet de penser qu'elles étaient portées dans des sortes de besaces ou de filets placés de part et d'autre de l'épaule. Le plein épa-



Variété des armatures de flèche dans le néolithique de tradition capsienne d'El Bayed (Grand Erg oriental) (photo A. Bostom).

Gisement d'Ain Guettara (Tademait), Néolithique de tradition capsienne. Grand site qui fut occupé même après l'abandon par les néolithiques récents par la présence d'une importante source (photo G. Camp).



AU-DELA DES FRONTIÈRES - AU-DELA DES FRO

nouissement de ce N.T.C. type Ain Guettara se situe au IV^e millénaire B.C., comme le permettent de penser les datations par le radiocarbone effectuées sur sept échantillons provenant de gisements de la région.

Dans l'ouest du Sahara algérien et dans le sud marocain le Néolithique bien qu'ayant fait l'objet de quelques études récentes, reste cependant moins bien connu que plus à l'est, malheureusement les très nombreuses collections provenant de ces régions n'ont pas encore été publiées. Les caractères néolithiques y apparaissent aussi anciennement que dans le sud du grand Erg oriental puisque certains gisements sont datés du VI^e millénaire (Zmeilat Barka $7\,650 \pm 180$ B.P. soit 5 700 B.C. et $7\,200 \pm 180$ B.P. soit 5 250 B.C.). Dans la partie algérienne trois gisements ont fait l'objet d'études récentes : Hassi Menikel (Aumassip, Estorges, 1970), qui assure une double transition d'une part entre le Néolithique de l'Atlas saharien et celui du Sahara, d'autre part entre celui du Bas Sahara et celui du Sahara occidental. Les affinités capsiennes se reconnaissent dans le fort pourcentage des pièces à coche (21,4 %) et des microlithes géométriques (13,2 %) ; les pointes de flèche dites en Tour Eiffel qui caractérisent les gisements du grand Erg occidental font défaut ici. Elles sont fréquentes en revanche à Fom Seïada, près de Beni Abbès (Mateu, 1970) où fut effectuée une fouille régulière. Là aussi l'indice des microlithes géométriques est très fort : segments, triangles, trapèzes, scalènes perçoirs abondent comme à Abd el Adhim et Zmeilat Barka, et dans le troisième gisement ayant fait l'objet d'une monographie récente : Autruche V (Mateu, Pavergat, 1965). Ce dernier situé dans le Tanezrouft est déjà à la limite méridionale du N.T.C. S'il en présente encore les mêmes caractères dans l'industrie lithique, il possède en revanche une céramique différente et qui, par ses formes sphériques et son décor, appartient déjà au monde du Sahara central et méridional. C'est là un des rares gisements qui révèlent le contact entre deux ethnies.

Une céramique très différente et semblable à celle que l'on trouve dans l'Atlas saharien et sur les bords de l'océan fut mise au jour dans le gisement de l'oued Zegag : des fouilles encore inédites ont permis de recueillir 55 vases entiers et des fragments de plusieurs autres : une fouille de contrôle effectuée par G. Aumassip a donné un autre vase entier. Ces poteries sont toutes décorées au peigne et ont un fond appendiculaire : ce sont soit des gobelets soit des bouteilles à épaule-

ment très marqué et petit goulot. Ce gisement a été daté de $5\,320 \pm 150$ B.P. soit 3 370 B.C.

Dans le Sahara nord-occidental les coquilles d'œuf d'autruche gravées ne sont pas rares, il semble que les représentations animales y soient plus fréquentes qu'ailleurs, certaines sont très tardives (Grébanart, 1974).

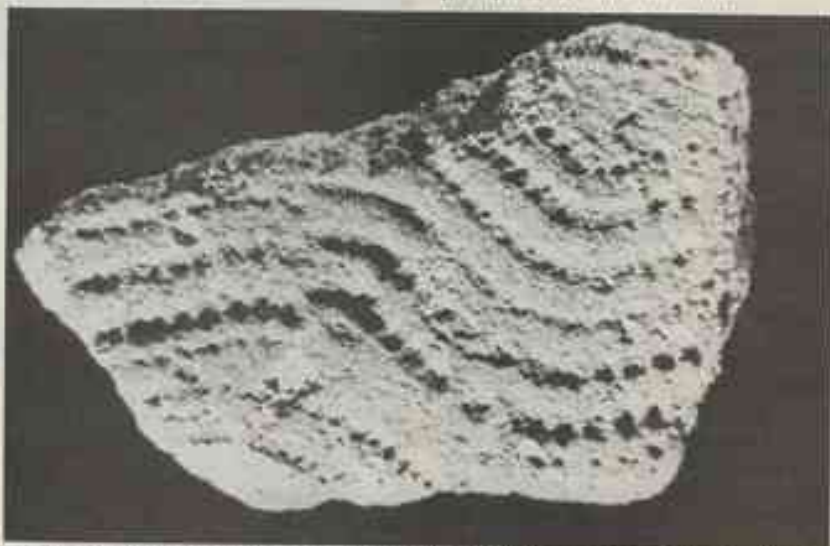
Certains auteurs (Roubet, 1971) tendraient à réduire encore plus que nous ne l'avons fait la zone d'expansion du N.T.C. : il importe de reconnaître cependant que, dans le nord du Sahara, si des différences sensibles apparaissent entre les gisements éloignés les uns des autres et connaissant des conditions topographiques, voire climatiques différentes, une grande unité subsiste qui apparaît dans l'outillage lithique dont le débitage lamellaire fait apparaître l'application systématique de la technique de pression (nucleus régulièrement cannelés à arêtes parallèles), dans la fréquence et la finesse des microlithes géométriques, l'abondance et la variété des pointes de flèche, la rareté relative des haches polies, dans la céramique de forme ovoïde et dont le fond est conique ou appendiculaire, dans le décor fait au peigne et limité à des motifs simples ignorant la ligne ondulée (wavy line), dans la faible importance des poteries, surtout à l'est, et, en revanche, l'usage systématique des coquilles d'œuf d'autruche comme récipients. Dans toute la zone couverte par le N.T.C., le décor sur coquille est bien connu, il disparaît brusquement vers le sud lorsque apparaissent justement d'autres caractères qui sont ceux d'un autre néolithique : le néolithique saharo-soudanais, (anciennement dit « de tradition soudanaise »).

L'âge des métaux

Les recherches sur les monuments protohistoriques dans le nord du Sahara n'ont pas été nombreuses au cours de la dernière décennie, les publications sont encore plus rares. Les fouilles effectuées dans l'importante nécropole de Djorf Torba, à l'ouest de Béchar, n'ont donné lieu à aucune publication ; elles ont pourtant permis de reconnaître que ces monuments appartenaient au type des tumulus à chapelle dont l'extension géographique est considérable dans le Sahara occidental. Dans les « chapelles », qui sont des niches profondes aménagées au flanc des monuments, étaient parfois déposées des stèles peintes ou gravées. Un monument du groupe des bazinas à avant-corps a été fouillé au Sahara espagnol (Balbin Belhman, 1973).

L'étude des chars gravés, si nombreux dans les représentations de l'Atlas saharien et des zones rocheuses du Sahara septentrional, est inséparable de celle de l'art rupestre bien qu'il s'agisse de manifestations plus protohistoriques que préhistoriques. La bibliographie qui leur fut consacrée est extrêmement abondante mais antérieure à 1965 ; signalons toutefois, en raison de la rareté des publications, concernant cette région, une étude récente de M. Almagro sur les chars gravés du Sahara espagnol (1971).

L'âge du cuivre mis en lumière en Mauritanie dans les régions d'Akjoujt est assez récent (Lambert, 1970-1971) mais l'origine africaine des pointes en cuivre trouvées dans le Sahara occidental ne peut plus être mise en doute.



Fragment de céramique décorée au peigne du motif de la ligne ondulée (dotted wavy line). Ce motif est caractéristique du néolithique saharo-soudanais. (photo J.-Ch. Rouvenault).

Le Sahara central et méridional

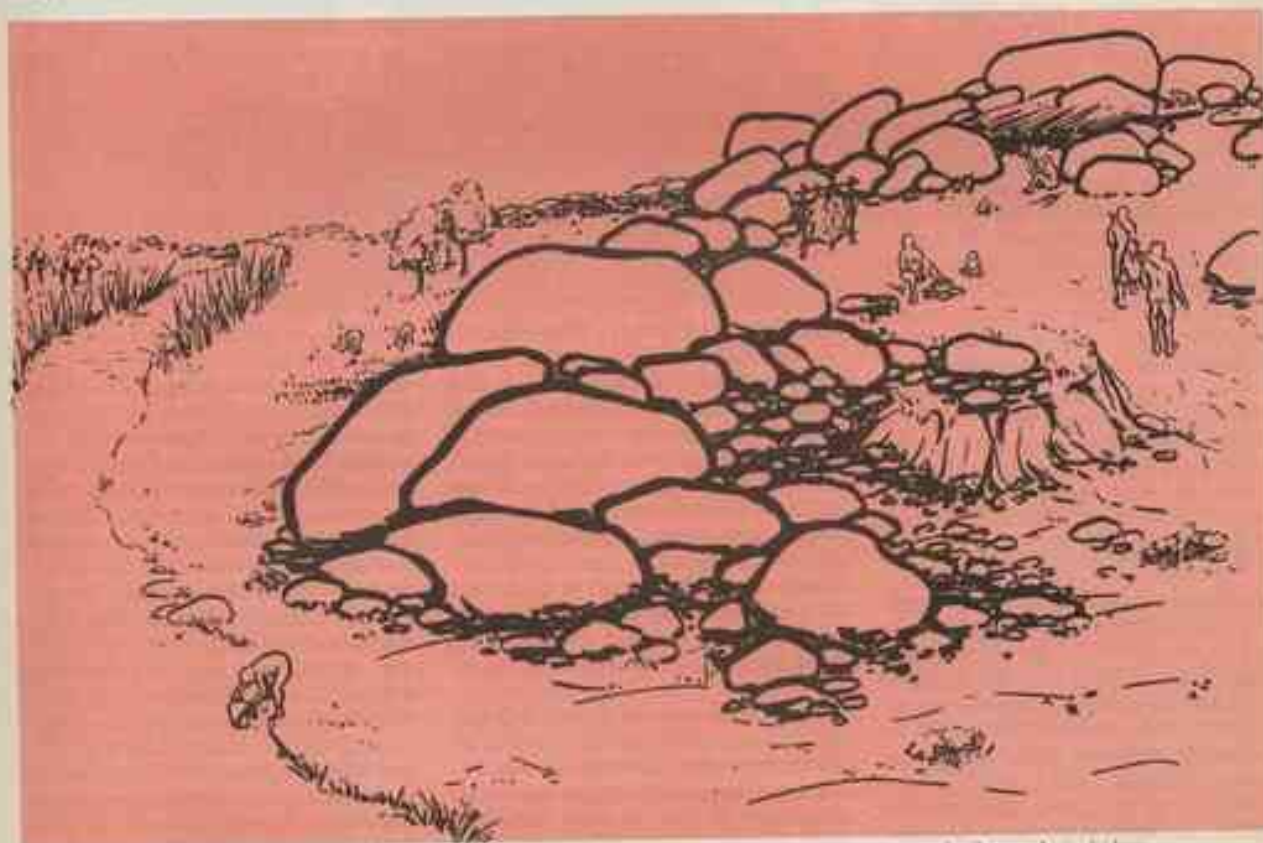
Sont regroupés ici l'ensemble des territoires situés dans le sud de la Mauritanie, le Tanezrouft, les massifs centraux (Hoggar, Tassili n'Ajjer, Adrar des Iforan, Air, Tibesti, Ennedi) et les vastes zones désolées situées entre eux et au sud jusqu'au Sénégal, Niger, lac Tchad et Bahr el Ghazal. Dans ces pays fort éloignés de toute base scientifique la recherche conserve encore de nos jours les caractères un peu romanesques des expéditions aventureuses, aussi les vrais châtiers de fouilles sont-ils extrêmement rares (Amekni, In Hanakaten, Tichitt).

dans la Tefedest (1971). Le Tassili n'Ajjer et l'Akakus libyen ont reçu de nombreuses missions françaises destinées à relever des peintures rupestres (cf. infra) et italiennes qui procédaient à des fouilles heureuses (Barich et Mori, 1970). Le massif de l'Air qui paraît plus pauvre en sites archéologiques, fait l'objet d'explorations analogues de la part de H. Lhote, de D. Grébanart et, dans la partie voisine du Ténéré de la Tefassasset, de J.P. Roset (1973).

L'expédition britannique dans le Ténéré a revu les sites précédemment signalés par les missions Berliet et en a découvert d'autres : la trouvaille la plus remarquable fut celle d'un squelette de bœuf domestique daté de 5 140 ± 300 B.P. soit

fit de nombreuses prospections dans l'intérieur du massif (Gabriel, 1970) et jusqu'au Fezzan (Ziegert, 1972), tandis que P. Huard et ses informateurs s'intéressaient surtout à l'art rupestre (1969) et que J.P. Roset fouillait des sépultures néolithiques et protohistoriques (1973). Dans le bas pays tchadien, le néolithique fut étudié par J. Courtin (1967, 1968, 1969) pendant que G. Bailloud travaillait en Ennedi où il explorait de nombreux sites, ce qui lui permit de proposer une succession des différentes phases fondée sur l'évolution de la céramique (1969).

Les industries paléolithiques attirèrent peu l'attention au cours de cette décennie ; mis à part quelques découvertes



Le site d'Amekni aux Villes et Villes antiques. La fouille et les études au laboratoire ont permis la reconstitution du cadre naturel et du genre de vie : les hommes (des agriculteurs) avaient aménagé des cultures arborées en jettant une ligne charpentée de Ténéré (Pirus aule/foit) entre les blocs de granite. Ils chassaient le zèbre (*Equus zebra*), le buffle antique (*Numidoceros antiquus*) le phacochère (*Phacocherus antiquus*) et le gazelle (*Gazella gazelle*). Sur les bords de l'eau (aujourd'hui sans de sable) ils capturaient des poissons de grosse taille (*Lates, Clarias*), peut-être dans des nasses en Typha. Dans la vallée où le sol était cultivé, poussaient des oliviers, des arbres de figuier et des coccoliers (*Cordia alliodora*). Au campement les femmes écrasaient les grains coriandres sur les blocs de granite dans des cuvettes de mortier. Aujourd'hui Amekni est un amoncellement de boules de granite dominant une plaine de sable (d'après Y. Assès).

Prospections et fouilles

En fait la prospection demeure l'activité essentielle. Au cours des dix dernières années l'effort principal a porté sur le Hoggar pour lequel J.P. Maître a pu dresser de nombreux inventaires archéologiques consécutifs à ses longues explorations dans l'Atakor et particulièrement

3 190 B.C. à l'Adrar Bous III mais le fait le plus important reste la reconnaissance d'une industrie épipaléolithique (D. Clark, 1973). Plus au nord, l'erg d'Admer fut également exploré particulièrement dans la région voisine du Tassili n'Ajjer, riche en sculptures en pierres dures (Camps-Fabrer, 1967). Au Tibesti la mission allemande de Bardai

isolées signalées avec plus ou moins de régularité, on ne peut que retenir les publications, généralement de récoltes de surface, intéressantes l'Aterien (Chavaillon et Fabre 1968; Guitat 1971) dont l'extension méridionale commence à être jalonnée.

Cette occupation doit être mise en relation avec l'extension des grands ensem-

AU-DELA DES FRONTIÈRES - AU-DELA DES FRO

bles lacustres dans tout les bas-fonds et cuvettes, en particulier le bassin du Tchad dont le lac avait une surface cinq fois plus grande qu'aujourd'hui pendant et après le dernier pluvial. Les formations lacustres, les bancs de diatomites ont fait l'objet de nombreuses études tant dans le Sahara occidental (Faure 1966, Chamard, Guirat, Thilmans 1970) que dans le Sahara oriental (Schneider 1967, Servant, Delibrias, Faure 1969, Servant 1970).

Le Néolithique si riche et abondant autour des massifs où s'établirent des peuples pêcheurs et chasseurs en bordure des lacs et des cours d'eau, n'est pas cependant absent du Hoggar (Maire 1965, 1966, 1968). La seule fouille importante ayant donné lieu à publication fut celle d'Amekni (Camps, 1968). Il s'agit d'un site assez étendu occupant une crête granitique; dès le VII^{ème} millénaire B.C. des négroïdes s'établirent entre les rochers et y enterrèrent leurs morts. La céramique est abondante dès cette époque ancienne, des traces d'agriculture (mil) sont décelables au V^{ème} millénaire mais aucun animal domestique n'a été reconnu dans la faune. La pêche et la cueillette assuraient l'essentiel de l'alimentation. Un autre site proche de Tamnassat livra deux squelettes de négroïdes de type soudanais (Maire, 1965). De nombreux autres gisements encore inédits révèlent l'extension de ces populations qui pratiquaient la pêche pour laquelle elles fabriquaient harpons et harpons en os que l'on trouve de la Mauritanie au Bahr el Ghazal et au Nil (Camps-Fabrer 1966, 1972, Gallay 1966).

Au Tassili n'Ajjer, l'important gisement d'In Hanakaten est fouillé par G. Au-massip depuis 1973; son intérêt réside essentiellement dans sa riche stratigraphie. Les niveaux néolithiques sont superposés à des niveaux renfermant de l'industrie atérienne. Deux autres gisements tassiliens (Tan Tartait et T-n-linen) ont été étudiés sur le plan palynologique et sédimentologique (Alimen, Beuchier, Chote, 1968).

Dans le Tanzezrouft, le gisement de l'Adrar Tiouyine était un village de pêcheurs et d'artisans spécialisés dans la fabrication des haches et anneaux en pierre (Camps 1974). Plus à l'ouest, deux autres villages néolithiques ont pu également être datés (Maury, Gausson 1968). Les agglomérations les plus importantes et les mieux conservées se situent le long de la grande falaise du Dhar Tichit, en Mauritanie; des prospections (Munson 1971) puis des fouilles se poursuivent (Hugot).

Caractères du néolithique Saharo-soudanais

Le néolithique saharo-soudanais (anciennement dit « de tradition soudanais ») est désormais bien distingué du néolithique de tradition capsienne: il n'utilise guère la coquille d'œuf d'autruche et ne la décore jamais. Sa céramique, bien plus abondante que celle du nord du Sahara, est de forme différente: ce sont de grands vases à fond hémisphérique généralement décorés sur toute leur surface. Dans l'industrie lithique, mis à part le Ténéré et certains faciès du Tlemsi et de Mauritanie, les vrais microlithes géométriques sont inconnus ainsi que la technique du microburin. Le néolithique saharo-soudanais comprend de nombreux faciès qu'il est encore difficile de définir complètement en raison de la rareté des fouilles méthodiques. D'ores et déjà une certaine différence apparaît, au cours de la phase ancienne, qui débute au VII^{ème} millénaire, entre les habitats de montagne et les villages de pêcheurs établis en bordure de lacs aujourd'hui asséchés ou de cours d'eau qui ne s'écoulent plus. Le Ténéré plus récent, occupe le Ténéré de la Tefassasset et l'erg d'Admir et fut en relation avec les pasteurs « Bovidiens » du Tassili n'Ajjer (Camps-Fabrer, 1967). Mais au Ténéré même, les hommes du néolithique ancien occupèrent les régions les plus basses antérieurement au développement de l'élevage (Roset, 1974). Dans l'Adrar des Iforas, la large vallée du Tlemsi a une originalité culturelle reconnue depuis longtemps (Gausson, 1965). Jusqu'à ce jour le beau néolithique mauritanien paraît, si on en croit les datations isotopiques, plus récent que les autres cultures, mais peut-être n'est-ce dû qu'au hasard des fouilles et des découvertes.

Cette diversité ne peut cacher cependant une unité indéniable du néolithique saharo-soudanais, et en particulier son unité anthropologique qui ne saurait être méconnue. A une ou deux exceptions près, d'origine et d'âge d'ailleurs incertaines, tous les restes humains recueillis dans les nombreux gisements du Sahara central et méridional sont négroïdes (Chamla, 1968), toutefois des influences méchoïdes sont décelables dans des nécropoles de Mauritanie occidentale (Petit-Maire, 1973) et des Méditerranéens sont parfois représentés dans les fresques du Tassili (Lhote, 1970). Notre connaissance du néolithique saharo-soudanais ne cesse donc de progresser mais il faudra de nombreuses missions et encore plusieurs années de réflexions pour saisir les aspects très di-

vers de cet ensemble culturel qui s'oppose nettement aux cultures néolithiques du Sahara septentrional et des pays de l'Atlas.

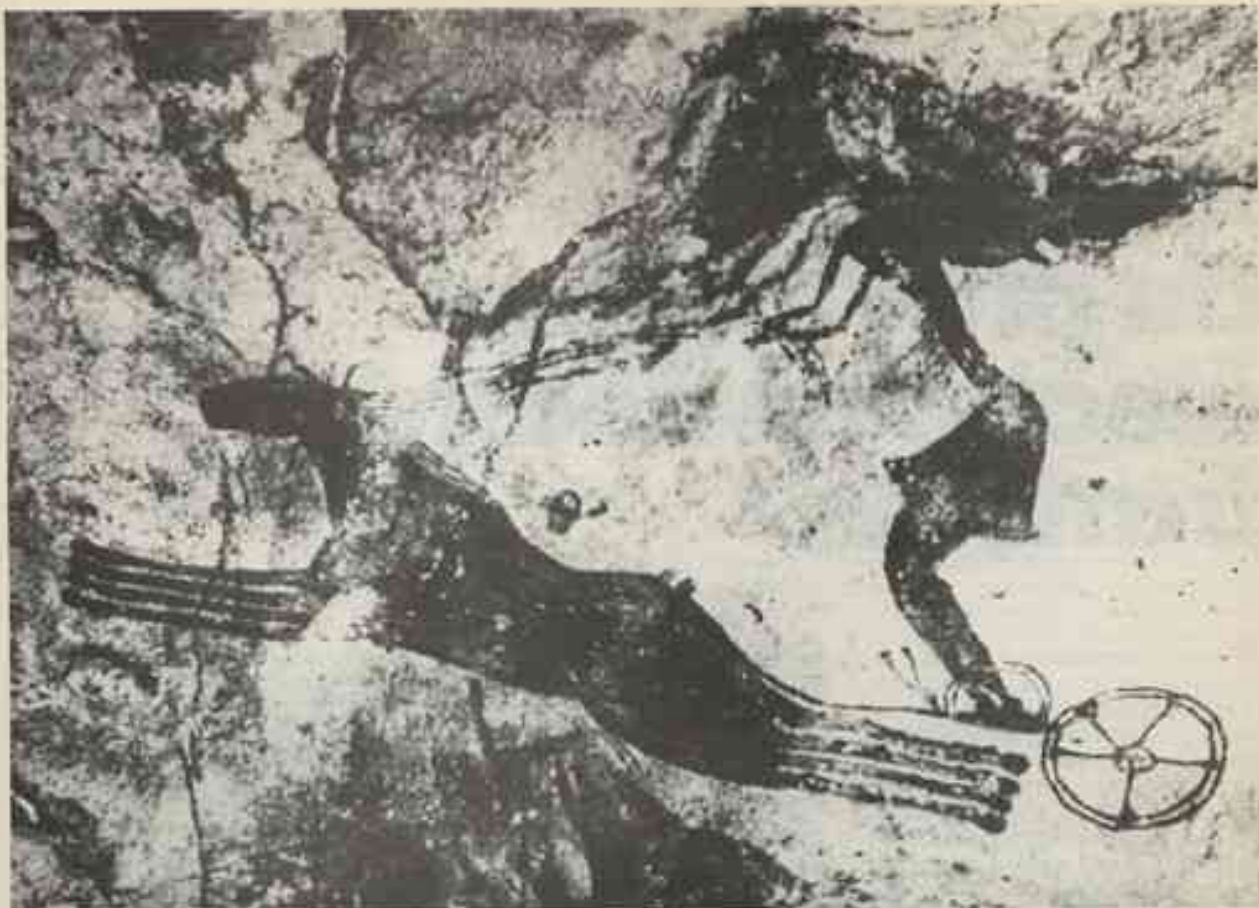
Les recherches sur les temps protohistoriques sont plus nombreuses dans la partie centrale du Sahara et dans la région orientale que dans le Sahara septentrional où d'ailleurs les monuments sont rares. Les grandes sépultures du Fadnoun ont fait l'objet d'une étude originale de J.P. Savary (1966), ce qui provoqua un renouveau d'intérêt pour ces monuments dont l'âge demeure imprécis.

C'est cependant dans le Sahara oriental et particulièrement au Tchad que les recherches protohistoriques sont les plus nombreuses, elles portent sur les monuments et les sépultures (Huard et Massip, 1967, Roset, 1974), aussi bien que sur les cultures proprement dites (Coppens, 1965, 1966). On doit à J.P. Lebeuf (1969) une carte archéologique du Tchad qui est un précieux inventaire.

L'art rupestre, l'art mobilier et la technologie

L'art rupestre, surtout sous la forme de gravures sur rochers isolés ou sur falaises est très largement représenté au Sahara et dans ses bordures. Deux zones privilégiées ont attiré très tôt l'attention, ce sont d'une part l'Atlas saharien sud-oranais et d'autre part le Tassili n'Ajjer. Le premier, très riche en gravures, le second en peintures, ne sont pas les seuls centres artistiques et si les gravures du sud oranais ont encore fait l'objet d'un nouveau recueil qui complète les précédents (Lhote, 1970), des découvertes dans le sud algérois (Lefebvre, 1975) et surtout dans le sud marocain (Simoneau, 1968-1972) permettent d'étendre considérablement la zone occupée par le grand art rupestre et les écoles dérivées.

Les études de détail et les monographies de station rupestre sont très nombreuses. Les études originales ou les synthèses seront seules retenues. Ainsi dans le Sahara occidental des figurations de hache ont attiré l'attention d'Almagro (1971). L'Adrar des Iforas (Lhote, Thomasson, 1972) et surtout l'Aïr (Lhote, 1972) ont été explorés et de nombreuses stations de gravures découvertes et publiées. Un article de synthèse de L. Balout compare les deux ensembles de l'Atlas et du Hoggar-Tassili (1968) tandis que H. Lhote multipliait les études faisant appel à sa connaissance incomparable de l'art rupestre saharien, tantôt sur la faune et l'évolution climatique (1965), sur la signification magique ou religieuse (1966)



Peinture de Tassili n'Ajjer (Cher à deux chèvres, style Aquilien (IXe millénaire avant J.C.) (6000-7000).

et sur de nouvelles stations de peintures du Tassili n'Ajjer (1960, 1970, 1972). Cette région est d'une telle richesse que d'autres auteurs peuvent également publier des stations nouvellement découvertes (Aumassip, 1973) ou connues mais étudiées insuffisamment. Proche du Tassili, dont il est le prolongement en territoire libyen, la Tadyart Acacus a été particulièrement étudiée par F. Mori (1965) qui en tira des observations sur la vie pastorale et des conclusions, qui ne sont pas partagées unanimement, sur l'âge préneolithique, voire pléistocène, de certaines gravures (1974).

Pour les régions situées plus à l'est, méritent d'être retenues les études de P. Huard consacrées aux gravures et peintures du Tibesti (1972) et plus généralement du Sahara oriental (1965, 1970), recherchant les caractères propres aux chasseurs, (Huard et Levant, 1973) et aux pasteurs sahariens (Huard, 1968). L'art mobilier saharien est représenté surtout par les coquilles d'œuf d'autruche gravées dans le Sahara septentrional (néolithique de tradition capsienne) et par les sculptures en pierres dures dans le Sahara central. L'ensemble fut étudié dans un important ouvrage de H. Camps-Fabrer (1966). Les sculptures peuvent être, dans l'état actuel des connaissances, attribuées aux pasteurs Bov-

diens du néolithique moyen, eux-mêmes en relation avec les Ténéréens (Camps-Fabrer, 1973). Le même auteur a développé une méthode d'étude de l'industrie de l'os (1968).

Quant à la céramique, un renouveau très marqué des études mérite d'être signalé, soit par l'établissement d'inventaire (Mauny, 1972), soit dans l'examen attentif des dégraisants (Aumassip, 1967) et surtout par l'analyse et la reconstitution technique des modes décoratifs (Camps-Fabrer, 1966).

La multiplication des recherches préhistoriques dans la zone saharienne rend nécessaire des études de synthèse qui fassent périodiquement le point des connaissances. Les plus récentes portent sur la chronologie.

Ainsi, depuis plusieurs années sont utilisés les résultats des analyses du C 14 (Camps, 1968, 1974) dont le regroupement apporte désormais une contribution essentielle à notre connaissance des cultures préhistoriques du Pléistocène récent et de l'Holocène.

Gabriel CAMPS
Professeur à l'université
d'Aix-Marseille I
Directeur du laboratoire
d'anthropologie et de préhistoire
des pays de la Méditerranée occidentale

Douze livres sur la préhistoire saharienne parus depuis 1965

- F. Mori - 1965. Tadyart Acacus. Arts rupestres du Sahara préhistorique. - Tunis, Einaudi.
- H. Camps-Fabrer - 1966. Matière et art mobilier dans la Préhistoire nord-africaine et saharienne. - Mém. du C.R.A.P.E., 5, Paris, A.M.G.
- J.P. Savary - 1966. Monuments en pierres sèches du Tassili n'Ajjer. - Mém. du C.R.A.P.E., 6, Paris, A.M.G.
- M.C. Choukri - 1968. Les populations anciennes du Sahara et des régions limitrophes, étude des restes osseux humains néolithiques et protohistoriques. - Mém. du C.R.A.P.E., Paris, A.M.G.
- G. Camps - 1968. Amchaf. Néolithique ancien du Hoggar. - Mém. du C.R.A.P.E., 10, Paris, A.M.G.
- B. Vauclay - 1969. Préhistoire de l'Afrique, 1, 2, du nord et à l'est de la Grande Fosse. - Tunis, Publ. de l'université.
- P. Beck et P. Huard - 1969. Tibesti. Cartulaire de la Préhistoire saharienne. - Paris, Albin.
- H. Lhote - Les gravures rupestres du sud-ouest. - Mém. du C.R.A.P.E., 16, Paris, A.M.G.
- J.P. Maurel - 1971. Contribution à la Préhistoire de l'Algérie. I. Ténésien central. - Mém. du C.R.A.P.E., 17, Paris, A.M.G.
- H. Lhote - 1972. Les gravures du nord-ouest de l'Afrique. - Paris, A.M.G.
- G. Aumassip - 1972. Le néolithique sans poterie de la région de l'Oued M'ys. - Mém. du C.R.A.P.E., 20, Alger, S.N.E.D.
- G. Camps - 1974. Les civilisations préhistoriques de l'Afrique du nord et du Sahara. - Paris, Delo.

A propos du programme électro-nucléaire français

Le conseil interministériel restreint du 15 avril 1976, réuni sous la présidence de Monsieur Giscard d'Estaing, a pris la décision d'autoriser Electricité de France à passer commande en 1978 de centrales nucléaires pour une capacité de production de 5 000 MW. En outre, afin de maintenir l'avance acquise dans les filières d'avenir, le même conseil restreint a décidé d'autoriser EDF à approuver l'engagement par la société Nersa du surgénéracteur dit Super-Phénix.

Nous nous proposons à cette occasion de préciser quelques points particuliers concernant l'insertion des centrales nucléaires dans le contexte du pays puisque cette controverse déjà ancienne a été récemment ranimée. Nos observations porteront tout spécialement sur la sûreté de Super-Phénix, sur la question du tritium et enfin sur les rejets thermiques. Mais avant d'aborder ces points particuliers, nous retracerons brièvement le développement du programme nucléaire français afin d'en montrer la continuité.

La décennie 1960-1970 a vu les premières centrales de la filière gaz-graphite, l'abandon de cette filière et, avec l'engagement de la centrale de Chooz en 1961 et de la centrale franco-belge de Tihange en 1968, les premiers engagements de centrales de la filière à eau ordinaire sous pression, dite PWR.

C'est, en 1970, avec le VIème plan, que le programme nucléaire français prend son essor : en effet, après l'engagement de Fessenheim I en 1970, le Gouvernement adopte au début de 1971 un programme de 8 000 MW dans le cadre du VIème plan.

Mais en octobre 1973 survenait la guerre du Kippour et la crise pétrolière consécutive conduisait à un quadruplement des prix pétroliers, ce qui signifiait



La centrale nucléaire de Bugey - (EDF)

un transfert de 4 % du PNB de 1973 vers les pays producteurs de pétrole. Un tel transfert, analogue à une dette de guerre qui aurait un caractère de pérennité, ne pouvait être allégé que par des changements profonds dans l'économie énergétique du pays. L'accélération du programme nucléaire contribue, pour

une part importante, à cet effort vers une relative indépendance énergétique du pays. Dès 1973, en effet, le programme du VIème plan est porté de 8 000 à 13 000 MW, et le 5 mars 1974 le Gouvernement décide l'engagement de 13 000 MW, au titre des années 1974-1975.

Le conseil central de planification recommande le 1er février 1975 un programme d'engagement de 12 000 MW pour 1976 et 1977, recommandation confirmée et précisée par les décisions gouvernementales du 6 août 1975 et du 15 avril 1976.

Le tableau de la page suivante décrit l'évolution du programme issu de ces différentes décisions.

L'effort d'investissement annuel le plus important se situera vers 1977-1978 et, à ce moment-là, représentera environ 4 % du PNB. Cette proportion reste très inférieure à l'effort d'investissement en centrales hydrauliques pendant les années 1948-1955. De plus, un tel effort n'a rien d'exceptionnel sur le plan mondial puisqu'il existe actuellement environ 170 centrales nucléaires à eau légère totalisant une puissance installée de 70 000 MW, autant en construction, qui totaliseront une puissance installée future de 150 000 MW, et un nombre un peu supérieur en commande, qui représenteront une puissance installée de 190 000 MW.

Cependant la récente décision du conseil restreint à réduit de six tranches à cinq tranches les engagements prévus pour 1978 pour tenir compte des conséquences de la crise économique. Mais il a été décidé également de préparer l'avenir en autorisant le lancement du surgénérateur Super-Phénix. Précisons que l'engagement de Super-Phénix est subordonné à l'accord des autres partenaires de la société Nersa, soit : l'ENEL (Italie) et la RWE (République Fédérale Allemande) qui participent respectivement pour 33 % et 16 %, EDF restant majoritaire avec 51 %. Comme il est normal, s'agissant d'une tête de file, des études de sûreté et de sécurité ont accompagné les études de faisabilité technologique.

Un effort important a été réalisé sur Super-Phénix, en ce qui concerne la prévention et la détection des accidents qui pourraient entraîner une fusion dans le cœur. On s'est attaché d'autre part à accroître tout particulièrement la fiabilité des systèmes d'arrêt du réacteur.

On a cependant fait l'hypothèse très pessimiste d'une défaillance systématique et totale de ces systèmes pour étudier des accidents types permettant d'analyser le système de confinement du réacteur. L'arrêt des pompes primaires sans chute des barres de sécurité, représente une enveloppe des accidents étudiés. On y tient compte des phénomènes d'ébullition du sodium, de fusion du combustible et d'interaction sodium/combustible fondu. Un tel accident conduit à une énergie mécanique dégagée de 550 MJ, en faisant des hypothèses pessimistes sur le déroulement de l'accident lui-même et en prenant des valeurs pessimistes pour les paramètres régissant les phénomènes étudiés.

On a cependant considéré une énergie de 800 MJ pour analyser la tenue du système de confinement. L'analyse faite dans ce cas a montré que l'intégrité de l'enceinte primaire constituée par la cuve de sécurité et le dôme métallique était conservée. On a de plus doté Super-Phénix d'une structure qui doit permettre de récupérer du combustible fondu : cette structure est disposée à l'intérieur de la cuve principale, sous le sommet supportant les assemblages du cœur.

L'étude des conséquences radiologiques a été effectuée. On a supposé que, par suite d'une perte d'étanchéité de la dalle du réacteur, 100 % des gaz rares contenus dans le cœur se retrouvaient dans le dôme en même temps que les produits actifs et le plutonium contenus dans 1 m³ de sodium primaire. Le dôme fuit, à raison de 1 % du volume par jour, dans l'enceinte secondaire, maintenue en dépression. L'air extrait de cette enceinte passe sur un système de filtration avant d'être rejeté par une cheminée. Les calculs effectués montrent que :

- l'irradiation externe par l'enceinte secondaire serait au maximum de 120 millirems à la limite du site pour un temps d'exposition très long (rayonnement des corps radio-actifs contenus dans l'enceinte secondaire) ;

- l'irradiation externe par le panache serait, pour une exposition de 12 heures égale à 1 rem à la limite du site, et 100 millirems à 2 000 m du réacteur ;

- les doses de contamination dues à l'inhalation par le panache restent faibles : à la limite du site les concentrations moyennes calculées (Pu, I 131, Sr 90, Cs 137) ne dépassent pas 1 % de la CMA (concentration maximale admissible) ;

- les dépôts de produits de fission et de plutonium véhiculés par le panache sont faibles et entraînent des doses d'irradiation de l'ordre du mrem entre 500 et 5 000 m du réacteur.

Ces conséquences relativement modérées, paraissent d'autant plus acceptables que l'accident pris en compte suppose un enchaînement d'événements pratiquement inconcevable.

Mais revenons aux centrales à eau légère et plus spécialement à la question du rejet des eaux légèrement tritiées provenant de fuites diverses, puisque certains ont proposé la rétention totale du tritium, isotope radio-actif de l'hydrogène qui a les mêmes propriétés chimiques que celui-ci et forme avec l'eau un composé HTO difficilement séparable.

La concentration maximale admissible - ou CMA - du tritium dans l'eau, soit $3 \cdot 10^3$ Ci/m³ pour les personnes du public, a été calculée dans l'hypothèse où cet isotope est absorbé sous forme d'eau tritiée, la période biologique étant alors supposée de 12 jours. Il est certain que, si le tritium est absorbé par des êtres vivants sous une forme liée à des metaboli-

tes comme les acides aminés, la période d'élimination correspondante peut être pour une part, beaucoup plus longue. Mais ce seul fait ne saurait conduire à diminuer la CMA, pour différentes raisons :

- la première raison est qu'en cas de contamination l'eau tritiée reste en pratique et de beaucoup, pour l'homme, la voie d'apport dominante.

- la seconde raison est que, même si le tritium est ingéré par un organisme supérieur uniquement sous forme de métabolite tritié, la plus grande part semble néanmoins être éliminée très rapidement. Le département de protection du CEA, à Fontenay-aux-Roses, a conduit une expérience de contamination radio-actives de rats par ingestion de thymidine tritiée, métabolite directement utilisable pour la synthèse des acides nucléiques (1) ; cette expérience a montré que 93 % du tritium était éliminé en 4 jours, 97 % en 10 à 12 jours et 98 % en 100 jours. Ceci confirme le caractère moyen et raisonnable de la période de 12 jours.

- la troisième raison fait appel à un tout autre mode de calcul possible pour la contamination, qui est valable sous la seule réserve que le métabolisme du tritium soit celui de l'hydrogène. Il consiste à raisonner à l'équilibre isotopique, c'est-à-dire dans des conditions extrêmes où le tritium a atteint son équilibre dans le cycle de l'hydrogène de la biosphère : le rapport tritium/hydrogène est alors uniformisé dans les eaux, les matières organiques et les êtres vivants : on peut ainsi calculer le taux limite de cet élément infligeant à une personne par irradiation interne une dose annuelle égale à la DMA, soit 0,5 rad/an sans utiliser la notion de période biologique.

Compte tenu de l'énergie moyenne de désintégration d'un atome de tritium (6 keV) cette concentration limite est (2) :

$$C_{\text{lim}} = \frac{0,5}{6 \cdot 10^3} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} = 2,7 \cdot 10^6 \text{ Ci/m}^3$$

soit $4,45 \cdot 10^3$ Ci/m³, valeur très proche de l'actuelle CMA « eau » pour le public. Ce n'est donc pas sur la base des périodes biologiques que l'on peut appuyer pour modifier la concentration maximale admissible du tritium. Rappelons d'ailleurs que, d'une manière générale, les installations nucléaires sont calculées pour que l'irradiation provoquée à la limite du site soit au maximum de 1/100 de la limite permise pour les populations. Cette valeur maximale ainsi admise à la limite des sites (soit 5 mrem/an) est très inférieure à la radio-activité naturelle qui varie de 100 à 500 mrem/an suivant les régions (et atteint

(1) Jeannette - Métabolisme de la thymidine tritiée chez le rat. Etude sous l'angle de la radioprotection. Rapport CEA R 4722.

(2) Dans ce calcul, $3,7 \cdot 10^{10}$ = nombre de désintégrations par seconde et par atome ; $3,16 \cdot 10^7$ = nombre de secondes dans l'année ; $1,6 \cdot 10^5$ = valeur de l'eV exprimée en joules ; 10^3 = nombre de rads dans 1 joule/kg ; on suppose que la densité de la matière vivante est celle de l'eau.

Tranches nucléaires à eau ordinaire sous pression (EOR) engagées jusqu'en 1972 et prévues pour 1976 et 1977

Année de programmation	Tranche	Site	Puissance nette (MW)	Date de démarrage au moins
1961 1968	Tignes Gest (France) 50%	Chaut (Autriche) Tignes (Belgique)	250 870 donc 435 pour le petit flanc	1966 Mars 1972
1970	Fessenheim 1	Fessenheim (Haut Rhin)	800	Début novembre 1976
1971	Raps 2	Saint-Vallier (Ain)	821	Avant novembre 1975
1972	Fessenheim 2 Raps 1	Fessenheim (Haut Rhin) Saint-Vallier (Ain)	890 821	Avant novembre 1976 Début novembre 1973
1973	Raps 4	" "	801	Fin novembre 1976
1974	Raps 3 Grandfont 1 Grandfont 2 Thionville 1 Thionville 2 Dampierre 1	" " Grandfont (Nord) " " Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme) " " Dampierre-en-Burly (Loiret)	801 801 821 821 821 801	Fin 1978 1979 1979 1979 1979 1979
1975	Grandfont 3 Dampierre 2 Thionville 3 Thionville 4 Dampierre 3 Raps 1	Grandfont (Nord) Dampierre-en-Burly (Loiret) Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme) " " Dampierre-en-Burly (Loiret) Briand en Saint-Louis (Gironde)	821 801 821 821 801 821	1980 1980 1980 1980 1980 1980
1976	Dampierre 4 Grandfont 4 Grandfont 5 Saint-Laurent 3 Saint-Laurent 4 Chaut 4 Palais 1	Dampierre-en-Burly (Loiret) Grandfont (Nord) Grandfont (Nord) Saint-Laurent-des-Forges (Loire et Cher) " " Avallon (Yonne et Loire) Palais (Deux-Meuse)	801 801 801 801 801 1100	1981 1981 1981 1981 1981 1982
1977	Raps 2 Fessenheim 3 Chaut 3 Chaut 1 Cattenom 1 Flamanville 1	Briand en Saint-Louis (Gironde) Fessenheim (Haut Rhin) Avallon (Yonne et Loire) Chaut (Autriche) Cattenom (Moselle) Flamanville (Manche)	801 801 801 801 821 1100	1981 1982 1982 1982 1982 1983

même 3 000 t/men/an pour une région de l'Inde.

Enfin le troisième point de ces réflexions concerne les rejets thermiques et revêt une portée très générale, puisqu'il n'est pas d'industrie sans dissipation d'énergie. On peut dire en manière de boutade que le propre d'une industrie – chimique, mécanique, énergétique ou autre – c'est de remplacer les équilibres par des cinétiques. Et les cinétiques créent des irréversibilités, c'est-à-dire des pertes.

Or, si les sciences fondamentales ont accumulé des trésors de connaissances sur les équilibres, elles se montrent par contre très discrètes sur les cinétiques et les traitent par des inégalités plus que par des relations d'égalité. C'est sans doute ce qui explique l'abus qui est fait actuellement du premier principe de la thermodynamique – ou principe d'équivalence entre les formes d'énergie – lorsque l'on exprime par une même unité énergétique :

- l'énergie électrique, directement utilisable,
- l'énergie potentielle des combustibles, utilisable avec pertes,
- l'énergie thermique des rejets de centrales, pratiquement inutilisable.

Les rejets thermiques sont peu utilisables mais leur volume global attire l'attention et la sollicitude des inventeurs. En effet dans les transformations thermodynamiques, chacun sait qu'à la perte fatale de Carnot s'ajoutent les pertes consenties par l'ingénieur à la suite d'une optimisation économique du dilemme rendement-investissement. Ce sont des pertes négociées avec la matière. Dans le cas d'une machine fonctionnant entre 600°K et 300°K – ce qui est à peu près le cas des centrales nucléaires actuelles – la perte de Carnot est

de 50 % et les pertes consenties par la technologie actuelle sont de 19 %, ce qui est très loin d'être négligeable. Une centrale comportant quatre tranches de 1 200 MW, par exemple, fournit par seconde 260 m³ d'eau à 10°C au-dessus de la température ambiante, ce qui, converti abusivement en pétrole, représenterait sept millions de tonnes par an !

On a proposé un peu naïvement de rendre ces rejets plus utilisables en remontant leur niveau thermique au moyen de pompes à chaleur qui pourraient être placées près du lieu d'utilisation. Une pompe à chaleur n'est pas autre chose qu'une machine thermomécanique de production d'électricité fonctionnant à l'envers : par apport d'énergie électrique, le flux thermique remonte de la source froide à la source chaude. La perte fatale de Carnot se transforme alors en un gain d'amplification. Par exemple, pour une élévation de 10 % du niveau thermique du rejet, il suffit en principe d'un kilowatt-heure électrique pour une élévation de niveau correspondant à dix kilowatts-heure thermiques. La pompe à chaleur reproduit à l'envers le dernier étage de la turbine génératrice en quelque sorte. Mais les pertes consenties par la technologie ne relèvent pas du même raisonnement et les pertes consenties propres à la pompe à chaleur viennent dans l'opération globale s'ajouter aux pertes consenties du dernier étage de la turbine, ce qui rend l'opération onéreuse en énergie. L'emploi de la pompe à chaleur ne peut se justifier que par des raisons de commodité ou par l'existence à pied d'œuvre d'une source de chaleur à niveau thermique légèrement insuffisant telle que la chaleur géothermique par exemple.

La chaleur en effet se transporte très

difficilement et l'utilisation de sources de chaleur nécessite une certaine proximité. C'est pourquoi EDF accepte de se porter vendeur de chaleur à la limite du territoire de ses usines. Encore convient-il de remarquer que la sûreté de service d'une telle fourniture impose au fournisseur de lourdes sujétions alors que – du fait de l'interconnexion – l'énergie électrique peut être fournie avec une qualité de service bien meilleure et obtenue à meilleur compte.

Ces quelques réflexions sont loin de traiter l'ensemble des problèmes touchant l'environnement nucléaire. C'est pourquoi EDF, soucieux d'assumer son rôle d'établissement public, a créé un service d'information nucléaire auquel le public peut s'adresser pour toutes informations disponibles, et nous souhaitons vivement que ceux qui se posent des questions inscrivent ce service parmi leurs sources d'information.

Il est certain que la densification de la vie industrielle pose des problèmes et que l'opinion publique a son mot à dire dans la gestion de l'éco-système. Mais il est non moins certain que le débat sur le nucléaire n'est souvent qu'un début à propos du nucléaire dont l'objet réel est le problème de société. Et le moins piquant n'est pas de constater que les méthodes d'analyse de l'éco-système s'appliquent également à l'analyse des systèmes d'idées et de voir des sociologues chevronnés mettre en évidence des « structures de représentations » où l'option sur le nucléaire n'est plus qu'une conséquence du système global de représentations propre à certains groupes d'individus.

Maurice MAGNIEN

Directeur des études et recherches
Electricité de France

Au jour le jour

1er mai et 12 juin - Paris

Réunions du comité chargé de la préparation du colloque international intitulé « science et décision », organisé par le Massachusetts Institute of Technology et le CNRS et qui se tiendra en France à l'automne 1977.

3 mai - Nice

Présentation à la presse du 9ème congrès de l'union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques qui doit se tenir à Nice en septembre prochain et à l'occasion duquel le CNRS présente une exposition intitulée « Le CNRS et la préhistoire sur les cinq continents, 3 millions d'années, l'aventure humaine ».

6 - 7 mai - Strasbourg

Réunion de la commission de coopération franco-soviétique en matière de brevets et licences à laquelle participe l'ANVAR. Cette commission, qui se réunit périodiquement, délibère sur les moyens que peuvent utiliser la France et l'U.R.S.S. pour faciliter les dépôts de brevets et les échanges de techniques entre les deux pays.

11 mai - Paris

Réunion du conseil d'administration de l'ANVAR.

11 - 12 mai - Paris

Première réunion du comité paritaire mixte CNRS - direction de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique de Tunisie pour étudier l'établissement d'un programme de recherche en commun.

12 mai - Paris

Dans le cadre du comité des relations industrielles (CRIN), première réunion du club « génie civil ».

18 - 21 mai - Pologne

Visite d'une délégation du CNRS à l'invitation de l'académie polonaise des sciences, pour mettre au point le programme d'action 1976-1977 entre les deux organismes.

21 mai - Grenoble

Réunion du comité de direction de l'institut Max Von Laue-Paul Langevin.

24 - 25 mai - Athènes

Réunion du conseil européen de la recherche scientifique (ESRC).

24 - 26 mai - Paris

Réunion de la commission mixte culturelle, scientifique et technique franco-israélienne.

2 juin - Paris

Réunion du conseil d'administration de l'IN2P3.

2 juin - Paris

Réunion du comité de direction de l'INAG.

2 juin - Paris

Réunion de concertation entre le CNRS, l'INSERM (institut national de la santé et de la recherche médicale), l'INRA (institut national de la recherche agronomique), l'institut Pasteur et l'ORSTOM (office de recherche scientifique et technique d'outre-mer), sur la coopération avec le Brésil dans le domaine de la médecine et l'agriculture tropicales.



Gravure rupestre de la vallée du Nil ou Nubie soudanaise, période pasturale III^e-II^e millénaires. (Photo: A. Vito)

8 juin - Paris

Réunion du comité directeur CNES-CNRS.

8 juin - Pointe à Pitre

Réunion de concertation avec les représentants des organismes de recherche implantés dans l'ensemble Antilles - Guyanne.

9 juin - Paris

Visite au CNRS du Prince Hassan de Jordanie, responsable au niveau gouvernemental des problèmes économiques et scientifiques.

10 juin - Paris

Visite au CNRS de M. Abdel Kader Naji, président de la fondation irakienne pour la recherche scientifique, afin d'étudier avec la direction du CNRS les possibilités de coopération entre les deux organismes.

14 juin - Gif-sur-Yvette

Signature d'un accord de coopération scientifique entre le CNRS et le science research council (SRC) de Grande-Bretagne.

15 juin - Strasbourg

Réunion du conseil exécutif de la fondation européenne de la science.

20 et 26 juin - Munich et Paris

Expertise internationale du projet franco-allemand de construction d'un

grand interféromètre millimétrique concernant le choix du site d'implantation de cet appareil et l'orientation de son programme scientifique. Une réunion de concertation a eu lieu à Munich le 20 juin et une réunion de synthèse s'est tenue à Paris le 26 juin.

22 juin - Paris

Réunion entre la direction du CNRS et les conseillers et attachés scientifiques prochainement nommés dans les ambassades de France à l'étranger.

24 - 25 juin - Paris

Réunion du conseil d'administration de la société du télescope Canada-France-Hawaii.

29 juin - Paris

Réunion du conseil d'administration de l'ANVAR.

30 juin - Stuttgart

Réunion entre le CNRS et la Max Planck Gesellschaft sur le projet de développement des investissements du service national des champs intenses de Grenoble.

2 - 10 juillet - Brésil

A la suite de la réunion de concertation sur la coopération avec le Brésil qui s'est tenue à Paris le 2 juin, visite d'une délégation conduite par le directeur scientifique pour les sciences de la vie pour étudier les possibilités de coopération entre le CNRS et le conseil national de développement scientifique et technique du Brésil (CNPQ).

8 - 9 juillet - Paris

Réunion du directoire du CNRS. A l'ordre du jour figurent notamment les points suivants :

- politique scientifique du CNRS.
- désignation des représentants du directoire au conseil d'administration et aux comités sectoriels et thématiques.
- examen de l'orientation et de l'activité de certains laboratoires.

ÉPHÉMÉRIDES - ÉPHÉMÉRIDES - ÉPHÉMÉRIDES - É

- promotions et nominations du personnel scientifique.
- médaille d'or.
- médailles d'argent.
- propositions de colloques pour 1976.

8 - 9 juillet - Londres

Réunion du comité administratif et financier de la société EISCAT (sondeur à diffusion incohérente).

13 juillet - Paris

Réunion du conseil d'administration du CNRS. A l'ordre du jour figurent notamment les points suivants :

- politique scientifique du CNRS.
- compte financier de l'exercice 1975 (CNRS et INAG).
- projet de décision modificative n° 2 du budget 1976 du CNRS.
- projet de décision modificative n° 1 du budget 1976 de l'INAG.
- création et suppression de laboratoires.
- médaille d'or.

13 - 21 juillet - Tbilissi (URSS)

Participation du directeur général du CNRS, président de l'union internationale de physique pure et appliquée à la 18ème conférence internationale sur la physique des hautes énergies.

21 - 29 juillet - Moscou

Visite d'une délégation du CNRS à l'invitation de l'académie des sciences d'URSS.

Distinctions et nominations

Ordre national du mérite :

Promis au grade d'Officier :

- M. Boris Imelik, directeur de recherche titulaire au CNRS, directeur de l'institut de recherche sur la catalyse du CNRS.

- M. François Juillet, directeur de recherche au CNRS, chargé de mission au cabinet du secrétaire d'état aux universités, chargé de mission auprès du Préfet de la région Rhône-Alpes.

Promu au grade de Commandeur :

- M. Jean Vivien, professeur à l'université de Strasbourg I, directeur du laboratoire de zoologie et d'embryologie expérimentale à l'université de Strasbourg I, directeur du laboratoire de physique comparée des régulations du CNRS.

Nommés au grade de Chevalier :

- M. Claude Cherki, chargé de recherche au CNRS, conseiller technique au cabinet du ministre de l'industrie et de la recherche.

- Mme Lise Cédard, née Willstaetter, maître de recherche au CNRS.

- M. Raymond Kern, professeur à l'université d'Aix-Marseille, directeur du laboratoire des mécanismes de la croissance cristalline du CNRS, directeur du laboratoire de minéralogie-cristallographie à l'université d'Aix-Marseille.

- Mme Mariane Lambert, née Kreczmer, professeur à l'université de Paris-Sud, directeur adjoint du laboratoire « Léon Brillouin » (CNRS-CEA)

- Mme Marie Beauvais, née Margueron, médecin aux services centraux du CNRS

Prix

- Grand prix du livre 1976 de la Fondation de France, décerné à M. Raymond Aron, directeur du centre européen de sociologie historique (LA n° 209), de Paris, pour son ouvrage « Penser la guerre : Clausewitz » publiée aux éditions Gallimard.

- Prix Claude Bernard de la ville de Paris décerné au professeur Philippe Meyer, responsable de l'équipe de physiologie et pathologie du muscle lisse (ERA n° 336), de Paris, pour l'ensemble de ses travaux qui ont apporté une série de données originales sur les mécanismes intimes de la régulation de la pression sanguine, contribuant ainsi à la lutte contre l'hypertension artérielle.

- Prix Salem 1976 décerné à M. Michael Robert Herman, attaché de recherche au CNRS, pour ses travaux sur les conjugaisons des transformations du cercle à des rotations (conjecture d'Arnold).

Nominations

- M. Louis Jauncu, directeur de recherche au CNRS, est nommé directeur adjoint scientifique de l'IN2P3 pour une période de cinq ans.

- M. Jean Auboin, directeur du laboratoire de géologie structurale (LA n° 215), de Paris et M. Paul Hagenmüller, directeur du laboratoire de chimie du solide, de Bordeaux, sont élus membres étrangers de l'académie des sciences soviétiques.

- Sont nommés membres du comité scientifique d'action concertée métallurgie :

• M. Etienne Bonnier, directeur du laboratoire de thermodynamique et physicochimie métallurgiques (LA n° 29), de Saint Martin d'Hères.

• Mme Françoise Cyrot, maître de recherche au CNRS.

• M. Michel Froment, responsable d'équipes dans le groupe de recherche de physique des liquides et électrochimie (GR n° 4), de Paris.

Jacques Monod

Jacques Monod, directeur général de l'Institut Pasteur, professeur honoraire au Collège de France, prix Nobel de physiologie ou médecine (1965) est décédé le 31 mai 1976.

Né en 1910, licencié ès Sciences naturelles en 1931, il commence son travail de recherche en 1932 au laboratoire d'évolution des êtres organisés. Assistant de zoologie à la faculté des sciences de Paris entre 1934 et 1945, il avait été boursier Rockefeller en 1936, au California Institute of Technology, dans le laboratoire de Thomas Hunt Morgan. En 1945, il entre comme chef de laboratoire à l'Institut Pasteur dans le service de physiologie microbienne, dirigé par André Lwoff. Chef de service en 1953, il est chargé en 1954 de créer et de diriger le service de biochimie cellulaire.

Ses activités à l'Institut Pasteur ne l'ont pas empêché d'enseigner à la faculté des sciences de Paris de 1959 à 1966, puis au Collège de France de 1967 à 1973, à la chaire de biologie moléculaire.

En avril 1971, il est nommé directeur de l'Institut Pasteur, fonction qu'il assumera jusqu'à sa mort.

Il avait abandonné son enseignement au Collège de France en 1973, pour se consacrer entièrement à sa nouvelle tâche.

L'œuvre scientifique de Jacques Monod est considérable. Elle a porté successivement sur la cinétique et la physiologie de la croissance bactérienne, sur la nature des phénomènes d'adaptation enzymatique, sur les facteurs spécifiques de perméation cellulaire, sur la génétique des enzymes bactériennes, sur la régulation au niveau génétique, et sur les interactions régulatrices dans le contrôle du métabolisme cellulaire. Tout au long de cette œuvre dont les maillons se suivent logiquement, Jacques Monod a exercé un rayonnement sans pareil et a attiré vers son laboratoire de nombreux chercheurs français et étrangers qui y ont trouvé l'atmosphère intellectuelle et amicale qui leur a permis de contribuer à faire de l'Institut Pasteur de Paris un des centres d'excellence de la biologie moléculaire.

G.N.C.

La vie les laboratoires

Matière et rayonnement

- Résultats de recherche

Laboratoire de chimie du solide - Talence

Le laboratoire a amélioré les conditions d'absorption et de désorption de l'hydrogène de magnésium par addition d'additifs (brevet ANVAR) en vue du stockage de l'hydrogène avec une forte capacité massique. Il a mis au point un nouveau procédé de fabrication de CrO_2 de hautes performances pour les bandes magnétiques (brevet ANVAR). Il a également amélioré les distorsions ferroélectriques des matériaux isolants par utilisation de l'effet Jahn-Teller. Il prépare actuellement et étudie des luminophores verts à haut rendement.

- Table ronde

Centre de recherches sur la chimie de la combustion et des hautes températures - Orléans

A l'initiative des responsables du PIRDES (programme interdisciplinaire de recherche et de développement sur l'énergie solaire) et avec le concours de la RCP « dépôts chimiques à partir de la phase vapeur », une table ronde s'est réunie le 21 mai à Orléans sur l'application des techniques de transport en phase vapeur aux photopiles solaires. 35 spécialistes des matériaux pour photopiles, et des techniques de transport et de dépôt chimique à partir de différents vecteurs gazeux (hydrures, halogénures, composés organométalliques) se sont ainsi réunis en vue de développer leurs échanges et de préparer la définition de programmes de recherche concertés entre physiciens et chimistes.

L'objectif économique de la conversion photovoltaïque a fait ressortir la nécessité de dépasser l'amélioration des générateurs actuels pour rechercher de nouveaux matériaux et des méthodes d'élaboration moins onéreuses. Différents exposés ont permis aux participants d'entrevoir leurs apports possibles en ce sens. Après une description des matériaux pour photopiles, de leur optimisation et de leur caractérisation, les techniques de dépôt à partir de la phase gazeuse ont été présentées et développées particulièrement dans leurs aspects thermodynamiques et aérothermochimiques (écoulements et échanges dans la phase gazeuse). Les possibilités particulières offertes par les dépôts à partir de composés organométalliques (métaux carbonylés, aryles, alkyles, alkoxydes, métallocènes, acétylacétates, métal 2-2' - dipyridine...) ont été décrites et leur

avantage de se former à basse température (300-800°C) mis en évidence.

D'ores et déjà, des contacts ont été établis entre physiciens et chimistes pour des collaborations précises dont on peut espérer un développement avec la mise en place de l'ATP « conversion photovoltaïque ».

- Oscillations de populations microbiennes

Centre de recherches Paul Pascal - Talence

Une équipe du centre Paul Pascal travaille depuis quelques années sur les structures chimiques dissipatives prévues par la thermodynamique des processus irréversibles (voir le Courrier du CNRS, octobre 1974, p. 36). Parallèlement à ces études, un autre groupe cherche à transposer ces recherches dans le domaine des êtres vivants, et d'abord en microbiologie. Il existe en effet une remarquable et totale similitude formelle entre d'une part, les schémas réactionnels et les équations différentielles conduisant aux réactions chimiques oscillantes et d'autre part, les modèles et les équations que l'on trouve en écologie dans l'étude des interactions proie-prédateur. Cette similitude fut d'ailleurs notée dès le début du siècle par Lotka et Volterra.

On s'est donc proposé de rechercher, dans les conditions de laboratoire, des oscillations de populations microbiennes dues à ce type d'interaction.

Afin de disposer d'un appareil capable de mesurer rapidement avec une excellente précision et une bonne reproductibilité ces populations, on a construit au laboratoire un « biophotomètre à laser » dont les performances sont exceptionnelles.

Le microprédateur choisi est « *Bdellovibrio bacteriovorus* » et les proies sont des colibacilles ; lorsque proies et prédateurs sont injectés simultanément dans un milieu (nutritif ou non-nutritif) quelconque, on observe au bout de quelques heures une baisse rapide de la densité optique, due à la lyse massive et quasi-totale des colibacilles par *Bdellovibrio*. Les populations microbiennes n'évoluent pratiquement plus ensuite. L'équipe du centre a pu obtenir, grâce à un milieu convenablement choisi (galactose + sels minéraux), des oscillations simultanées et en opposition de phase des populations de proies et de prédateurs. Le système étant fermé, ces oscillations sont amorties : on espère, en opérant en milieu ouvert, réaliser des oscillations entretenues.

Ces travaux ont accessoirement permis de montrer le rôle inhibiteur de certains

sucres sur l'interaction *Bdellovibrio-E. Coli*.

- Génie électrochimique

Laboratoire des sciences du génie chimique - Nancy

Le laboratoire a participé, en association avec l'école nationale supérieure des industries chimiques, à la foire internationale de Nancy du 3 au 14 juin en y présentant une cellule électrochimique de concentration de solutions diluées en ions métalliques, en fonctionnement.

Cette présentation a illustré les activités du laboratoire en matière de génie électrochimique dans les domaines particuliers de l'économie des matières premières et de la protection de l'environnement.

La photographie ci-dessous de la cellule fait apparaître la nature granulaire des deux compartiments cathodique (supérieur) et anodique (inférieur). Elle met en évidence la concentration d'une solution acide diluée en sulfate de cuivre : la solution à traiter est introduite en continu dans la partie médiane de la cellule, la solution appauvrie est évacuée à fort débit par la partie supérieure tandis que la solution concentrée sort à faible débit à la base de la cellule.



- Résultats de recherche

Centre de cinétique physique et chimique - Villers - Nancy

La possibilité d'obtenir des échantillons de surface homogène à partir de cristaux lamellaires (graphite, halogénures de métaux bivalents) fait de ceux-ci des adsorbants de choix pour l'étude des phases physisorbées.

ÉPHÉMÉRIDES - ÉPHÉMÉRIDES - ÉPHÉMÉRIDES - É

Jusqu'à présent, les adsorbats les plus systématiquement étudiés sur de tels solides ont été les gaz rares et le méthane. Ainsi ont été mises en évidence des transitions de phase du 1^{er} ordre à des températures inférieures à la moitié environ de la température critique du gaz. Une seule transition apparaît dans chaque couche sauf sur le graphite où il s'en produit deux en première couche. Une interprétation de ces résultats a été publiée dans le supplément n° 16 du *Courrier du CNRS* : « 1975 Images de la physique ». Récemment l'adsorption de monoxyde d'azote a permis de mettre en évidence un nouveau type de transition de phase successive. Toujours en première couche, deux transitions apparaissent, mais cette fois aussi bien sur les halogénures que sur le graphite ; néanmoins sur ce dernier, le domaine de température où le phénomène est observable reste nettement plus grand. Ces transitions sont interprétées comme un polymorphisme bidimensionnel plutôt que comme des changements d'état : « gaz-liquide » et « liquide-solide » ainsi qu'il a été fait dans le cas des gaz rares. Ce polymorphisme du film serait dû au redressement normalement à la surface des molécules adsorbées, d'abord « couches » aux plus faibles taux de recouvrement. Ces nouvelles phases bidimensionnelles ont déjà fait l'objet d'analyses thermodynamiques intéressantes. Elles pourraient maintenant être valablement étudiées par des techniques spectroscopiques susceptibles de donner des indications plus précises sur leur structure. Ces travaux ont été menés en collaboration avec le CEA (Saclay).

- Résultats de recherche

Laboratoire de magnétisme - Bellevue
Il a été précisé pendant ce trimestre le rôle joué par l'ion Fe^{2+} dans l'apparition des phénomènes de relaxation, au-dessus de la température ambiante, dans les ferrites de fer-manganèse. L'anisotropie induite formée au cours de traitements thermomagnétiques de 110 à 300°C a permis de déterminer l'énergie élémentaire de couplage de l'ion Fe^{2+} au réseau ($2 \text{ à } 3 \cdot 10^{-18} \text{ erg/ion}$).

Un modèle utilisant les recouvrements d'orbitales a permis de rendre compte de l'effet photomagnétique dans un ferrite de Ni-Zn dopé au cobalt.

En collaboration avec le groupe de transition de phase de Grenoble, il a été trouvé, dans les couches minces amorphes de FeGe, une relation aimantation-température en $T^{-0.2}$ jusqu'à 300K.

Les propriétés magnétiques et de transport du système $MnCr_{2-x}V_xS_4$ ont donné lieu à certains développements

notamment en ce qui concerne la transition de phase à basse température.

Enfin, au début du 4^{ème} trimestre, une balance magnétique de torsion, mise au point par M. Porte, pour la mesure des anisotropies magnétiques jusqu'à 4,2K, deviendra opérationnelle.

Publication : N. Boccaro « Symétries brisées - Théories des transitions avec paramètre d'ordre ».

- Projet de recherche

LAAS - Toulouse

Trois laboratoires toulousains : le laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes, le département en informatique du centre d'études et de recherches de Toulouse, et le laboratoire des systèmes informatiques (ERA n° 298) ont décidé de s'intéresser, en accord avec l'IRIA et le CNRS, à un projet de niveau national dans le domaine de la sûreté de fonctionnement des systèmes. Les principaux axes proposés dans ce projet sont les suivants : système logiciel ; test et vérification ; fonction maintenance ; modélisation et simulation (architecture, fonctions logicielles) ; méthodologie de la conception et de la programmation.

La réunion de concertation organisée par le SESORI (service de synthèse et d'orientation de la recherche en informatique) le 18 mars 1976 a permis de montrer tout l'intérêt que les constructeurs, les utilisateurs et les chercheurs accordaient à un tel domaine de recherches. Un mémoire de définition du projet est disponible ; toute personne intéressée peut se le procurer en écrivant au LAAS du CNRS, 7, avenue du Colonel Roche, 31400 Toulouse.

- Obtention d'une lectine monovalente

Centre de biophysique moléculaire - Orléans

La lectine du germe de blé (WGA) est connue pour agglutiner préférentiellement les cellules tumorales.

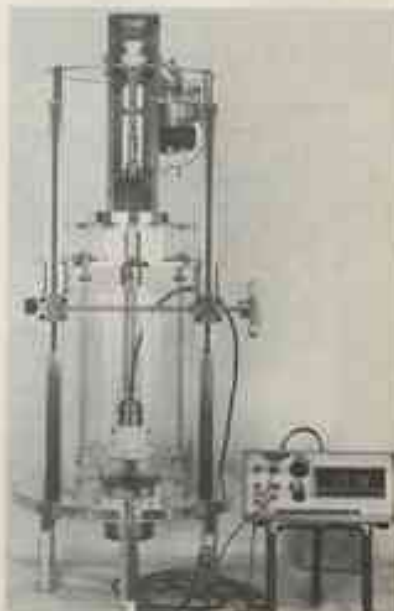
Cette lectine est un dimère à l'état natif et possède deux sites de fixation d'oligosaccharide par monomère. Par oxydation chimique d'un des trois résidus de tryptophane de chaque monomère, la lectine devient monomérique et perd sa capacité d'agglutiner les cellules et de précipiter les glycoconjugués. Cette lectine « monovalente » continue cependant de se fixer aux membranes cellulaires. Elle constitue ainsi un nouvel outil particulièrement intéressant pour étudier les propriétés des membranes, en particulier en ce qui concerne la mobilité des glycoconjugués membranaires et les modulations de l'activité des enzymes membranaires.

Par ailleurs, une réunion sur l'application des méthodes photochimiques à l'étude des interactions protéines-acides nucléiques a été organisée au centre le 14 mai. Elle a permis de faire le point sur les possibilités et les limites d'application des méthodes photochimiques et radiochimiques à l'étude des systèmes protéines-acides nucléiques.

- Mise au point d'un appareil de mesure

Laboratoire de mécanique et d'acoustique - Marseille

L'équipe ultrasons du laboratoire a mis au point un appareil permettant la mesure des pressions et des intensités acoustiques, rayonnées par les générateurs à ultrasons. L'émission peut être en régime d'impulsion ou continu. Une méthode de sommation augmente la sensibilité et un dispositif original compense les ondes stationnaires.



Appareil permettant la mesure des pressions et des intensités acoustiques, rayonnées par les générateurs à ultrasons. L'émission peut être en régime d'impulsion ou continu. Une méthode de sommation augmente la sensibilité et un dispositif original compense les ondes stationnaires.

- Constante diélectrique et viscosité de gaz fortement comprimés

Laboratoire des interactions moléculaires et des hautes pressions - Bellevue

Une partie importante des recherches poursuivies au laboratoire concerne l'étude des propriétés d'équilibre et de non-équilibre des fluides denses ; en particulier des gaz rares et de quelques gaz diatomiques. D'une part, on s'est attaché à déterminer l'influence de la densité sur leurs propriétés diélectriques, qui donne lieu, par exemple, à l'apparition d'un spectre infra-rouge induit par les colli-

PHÉMÉRIDES - ÉPHÉMÉRIDES - ÉPHÉMÉRIDES - É

sons dans un mélange de gaz rares, à celle de la dépolarisation du rayonnement Rayleigh diffusé par un gaz pur optiquement isotrope, ou encore à la variation de la constante diélectrique.

D'autre part, on a étudié quelques phénomènes liés au non-équilibre, tels que la conductibilité thermique et la viscosité des gaz comprimés. Parmi ces travaux on insistera plus particulièrement sur l'étude de la constante diélectrique et celle de la viscosité.

La constante diélectrique a fait l'objet de mesures très précises au moyen de la méthode du condensateur, dans un très large domaine de pressions pouvant atteindre 12 kilobar pour certains gaz (la densité obtenue dépasse alors celle du gaz solide à basse température). On peut ainsi étudier la dépendance avec la densité de la fonction de Clausius-Mossotti qui relie les grandeurs macroscopiques, constante diélectrique et densité du gaz, à la polarisabilité de la molécule isolée. Les écarts de cette fonction par rapport à sa valeur à faible densité fournissent donc des renseignements sur les modifications de la structure électronique subies par les particules au cours de leur interaction.

Dans le cas de gaz lourds (argon, krypton et xénon) on a localisé avec précision le domaine de densité dans lequel la fonction de Clausius-Mossotti passe par un maximum, pour atteindre à haute densité des valeurs bien inférieures à celles que l'on trouve pour le gaz dilué. Par contre, pour les gaz légers (hélium et néon), la fonction ne présente qu'une décroissance monotone. Qualitativement, ces variations peuvent être interprétées en tenant compte de deux effets contradictoires : les fluctuations du champ polarisant dont l'influence est importante aux grandes distances intermoléculaires, et la distorsion de la distribution électronique qui donne une très forte contribution aux courtes distances et qui devient alors prépondérante à haute densité.

A partir de ces résultats on a déterminé le second coefficient du viriel diélectrique qui dépend de l'interaction entre deux particules, et même dans certains cas le troisième coefficient dont l'origine provient des collisions à trois corps. Le calcul de ces grandeurs a pu être fait en tenant compte des valeurs de l'excès de polarisabilité d'un couple de particules obtenues numériquement par d'autres auteurs : l'accord est assez satisfaisant entre théorie et expérience.

En ce qui concerne les propriétés de non-équilibre, on citera plus particulièrement les mesures précises faites sur la viscosité de cisaillement des gaz rares, hélium, néon et argon, dans un large do-

maine de pression allant jusqu'à 6 kilobar, au moyen d'un viscosimètre à tube capillaire.

On observe un accroissement important de la viscosité avec la densité du gaz : on a comparé les valeurs expérimentales à celles que l'on peut calculer à partir de modèles statistiques pour les fluides denses, tels que le fluide de Lennard-Jones, de Van der Waals ou de sphères dures. Les écarts entre théorie et expérience vont en augmentant quand la densité croît, ce qui pourrait être attribué à une contribution provenant des interactions attractives à plusieurs corps, s'ajoutant aux effets classiques : transport purement cinétique et transport dû aux interactions répulsives à deux corps.

- Résultats de recherche

LURE - Orsay

Le laboratoire pour l'utilisation du rayonnement électromagnétique (LURE) a été créé en 1971 auprès de l'accélérateur linéaire d'Orsay, afin d'utiliser le rayonnement synchrotron émis par les électrons - ou les positrons - stockés dans les anneaux de collisions. De telles machines constituent en effet des sources continues depuis l'infrarouge lointain jusqu'aux rayons X mous, voire les rayons X durs si l'énergie des particules est suffisante. Ce rayonnement est, de plus, extrêmement intense, focalisé dans le plan de l'orbite des particules, polarisé, et de structure temporelle bien définie.

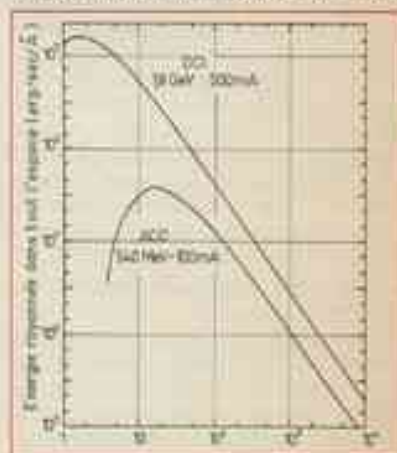
LURE dispose depuis 1973 d'une première ligne de lumière construite sur l'anneau de stockage ACO pour des expériences jusqu'à ~ 2 keV (6 Å), les caractéristiques de cette machine (énergie des particules $E = 0,54$ GeV, intensité $I = 0,15$ A, rayon de courbure magnétique $R = 1,1$ m) ne lui permettant pas de produire du rayonnement plus dur avec une intensité suffisante. Par contre le nouvel anneau DCI ($E_{\text{max}} = 1,8$ GeV, $I = 0,5$ A, $R = 4$ m) émet un rayonnement X intense (DCI est constitué en fait de deux anneaux superposés permettant des collisions à 4 faisceaux). L'anneau inférieur, dont la mise au point et la montée en énergie se poursuivent depuis juillet 75, peut stocker actuellement des particules à une énergie de 1,36 GeV avec une durée de vie de l'ordre d'une heure, la montée à 1,8 GeV devant s'effectuer progressivement. L'anneau supérieur est en fin d'assemblage. C'est pourquoi une ligne de lumière uniquement réservée aux rayons X vient d'être mise en service sur l'anneau inférieur de DCI, ainsi que l'infrastructure associée. Cette ligne comprend une section sous ultra-

vide, séparée par une fenêtre de beryllium ; elle distribue le rayonnement émis par 20 milliradians d'orbite à cinq sorties indépendantes où sont implantées des expériences pouvant fonctionner simultanément ; un système de protection anti-radiations a été évidemment mis en place (à pleine puissance, 300 watts de lumière, essentiellement des rayons X, pénétrant dans la ligne).

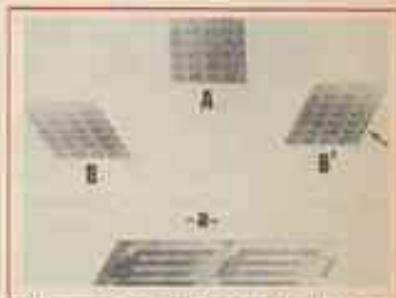
Les premiers essais ont été effectués le 14 mai 1976, au cours d'un « run propre » à LURE (par opposition, dans le jargon local, aux « runs parasites » où les utilisateurs principaux sont les physiciens des hautes énergies).

Le faisceau X a été observé dès l'ouverture du diaphragme terminal et ce, pour différentes orbites des électrons dans l'anneau : ceci laisse espérer une relative souplesse de fonctionnement et un parasitage possible dès que l'énergie des particules dépasse 1,5 GeV. L'alignement de la ligne a été parachevé en quelques heures et quelques tests ont été effectués sur les monochromateurs.

Ces monochromateurs, conçus à LURE, sont actuellement au nombre de quatre. Tous fonctionnent sous vide et sont à longueur d'onde variable (de 0,5 - 0,7 Å



Energie rayonnée dans tout l'espace par DCI et ACO dans les conditions optimales de fonctionnement.



a) Topographie simulée d'une plaque de silicium avec transistors : A - réflexion E11, $\lambda \sim 3,5$ Å ; B et B' - réflexions 412, $\lambda \sim 2,5$ Å, grandissement 1 ; - b) Aggrégation de la zone indiquée par la flèche montrant les distributions dans les régions fortement diffusées au point grandissement 8.

à 3 Å). Deux d'entre eux focalisent selon une direction par réflexion de Bragg sur une lame de germanium de courbure variable ; les deux autres, non focalisants, offrent un pouvoir de résolution élevé (≈ 2 eV à 8 KeV) grâce à une double réflexion sur un bloc monocristallin de germanium ou de silicium muni d'une gorge à faces parallèles (monochromateurs type « channel-cut »). Du point de vue des détecteurs (ces détecteurs sont réalisés en collaboration avec le CERN), des compteurs commerciaux à localisation seront largement utilisés ; un détecteur de localisation selon une dimension du type proportionnel, multifila, est en cours de réalisation pour des études cinétiques par diffusion X ; une chambre à fils pour la localisation rapide à deux dimensions est en cours de test et sera incorporée ultérieurement dans un diffractomètre multiréflexions pour la cristallographie des protéines.

La collection effective des données expérimentales commencera au mois d'octobre 1976 sur les montages suivants : topographie en faisceau blanc, diffusion inélastique (Compton et Raman), étude d'ionisations multiples en couches profondes dans des gaz rares, diffusion aux petits angles sur des composés minéraux et biologiques, diffraction X par des cristaux de protéines, structure fine d'absorption des X (EXAFS) en physique des solides et biologie. Pour ne citer qu'un seul exemple, un spectre EXAFS peut être enregistré en vingt minutes avec un rapport signal/bruit meilleur qu'un spectre enregistré avec un tube à rayons X en un mois.

- L'usure des matériaux industriels ER n° 78 - Meudon

Une réunion du groupe de recherche sur l'usure des matériaux industriels de l'OCDE a été organisée par l'équipe de recherche de mécanique des surfaces, du 12 au 15 avril. Dix pays étaient représentés. Les exposés ont mis en évidence de nombreux résultats expérimentaux nouveaux et les mécanismes d'usure ont pu être discutés dans le détail.

- Coopération franco-soviétique GR n° 12 - Thiais

Une collaboration est actuellement en cours entre le groupe de recherche sur la réactivité et les mécanismes en chimie organique et le laboratoire du professeur A. Chikov de l'institut de physique-chimie de l'académie des sciences de l'U.R.S.S. à Moscou. Cette collaboration fait partie de l'accord de coopération franco-soviétique signé en janvier 1975, dont le thème a été retenu et accepté par l'académie des sciences de l'U.R.S.S. : « catalyse homogène par les

métaux de transition et notamment activation de l'azote moléculaire ».

- Résultats de recherche LA n° 5 - Toulouse

Le groupe d'études sur les milieux poreux qui comprend des chercheurs de l'institut de mécanique des fluides de Toulouse et de l'institut français du pétrole vient de mettre au point une technique de réalisation de modèles de milieux poreux bidimensionnels transparents ; cette technique repose sur la mise en œuvre de procédés de photogravure et de moulage.

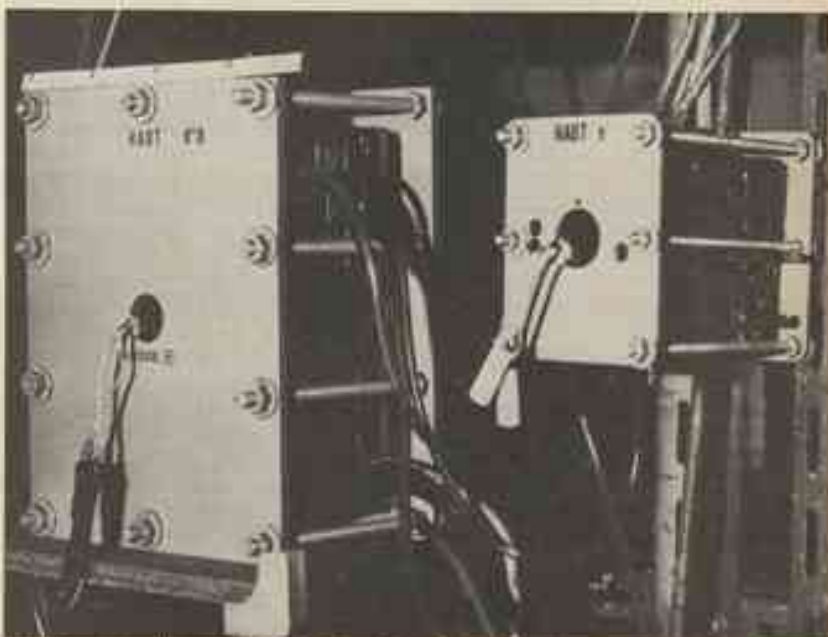
Elle permet notamment la reproduction des structures réelles à une échelle permettant une visualisation aisée des écoulements ; elle sera d'un très grand intérêt dans les études entreprises pour l'approfondissement des mécanismes fondamentaux des écoulements polyphasiques en milieux poreux.

- Séparation de protéines par électrophorèse collective LA n° 192 - Toulouse

Les protéines obtenues industriellement à partir du traitement de divers substrats sont utilisées comme aliment sous la forme brute du mélange d'extraction. Cependant, chaque protéine possédant des propriétés nutritionnelles ou pharmacodynamiques spécifiques, il semble intéressant de disposer d'une méthode de fractionnement des mélanges pouvant conduire à la production d'une protéine pure en importante quantité ou à l'enrichissement de mélanges d'extraction en

une protéine donnée. Les protéines étant des particules colloïdales possédant une charge électrique dont la nature et l'importance varient avec le pH du milieu, on songe naturellement à une méthode de séparation basée sur l'application d'un champ électrique. C'est ainsi que diverses techniques électrophorétiques, dont l'électrophorèse sur gel, sont couramment employées à des fins analytiques.

Mais les échantillons traités représentent très peu de matière et il faut faire appel à l'électrophorèse convective pour atteindre vraiment l'échelle préparative. Si divers prototypes de cellules d'électrophorèse convective ont déjà été construits en laboratoire, on s'aperçoit cependant que le génie chimique de cette opération de séparation reste encore à développer. On doit donc fournir à l'ingénieur les moyens de choisir entre divers dessins d'appareillage pour résoudre un problème donné. Il faut mettre au point les méthodes de calcul de l'installation permettant l'établissement des bilans de matière et d'énergie ; apprendre à combiner au mieux les cellules d'électrophorèse dans une cascade de séparation, et, par une étude méthodique sur modèle de laboratoire, dégager l'importance des divers paramètres régissant la séparation. C'est sur ce programme qu'une étude a été entreprise, il y a deux ans, au laboratoire de recherche et au développement en génie chimique. Les résultats obtenus à l'heure actuelle concernent principalement un type de cellules à deux flux

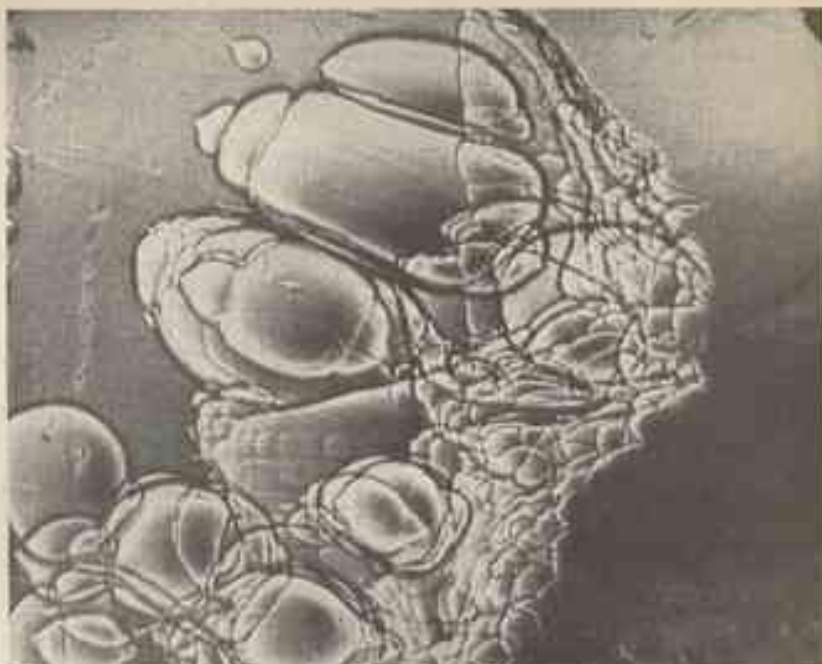


Vue de deux cellules d'électrophorèse. L'échelle est donnée par la règle graduée en cm, visible sur la plus grande cellule. Le montage du type « filtre pressé » des divers milieux assemblés en série est apparent sur les deux cellules.

fonctionnant en régime continu. Dans ce type de cellule, plusieurs motifs sont montés en série entre deux électrodes verticales suivant la technique adoptée dans les filtres-presses. Chaque motif est limité par deux membranes verticales imperméables aux ions colloïdaux mais perméables aux petits ions minéraux des solutions tampons. Chaque motif est divisé en deux compartiments par un diaphragme vertical perméable à tous les ions. Les deux flux entre lesquels s'effectue la migration des protéines circulent parallèlement au diaphragme dans chacun des deux compartiments.

Les effets de la différence de potentiel appliquée, de la vitesse de convection, de la température et du nombre de motifs ont été notamment étudiés pour la concentration d'une protéine en solution diluée et le fractionnement de mélanges de deux protéines. Une méthode de calcul de l'appareillage a été mise au point et sa validité a été éprouvée sur deux cellules de même type mais de dimensions différentes représentées côte à côte sur la photo. La plus petite cellule a une surface d'électrode de 28 cm², ce qui représente une aire de 23 cm² offerte au flux de migration des protéines à travers le diaphragme. La seconde cellule est à ce point de vue cinq fois plus importante (123 cm²). On peut traiter avec cette dernière, lorsque la d.d.p. appliquée est de 30 V, environ 11/h de solution renfermant des protéines à la concentration de 0,5 à 1 g/l. A titre indicatif, le passage de la solution dans un tel module de séparation s'accompagne du doublement de la concentration dans le cas de l'électrophorèse d'une seule protéine. Lors de l'électrophorèse d'un mélange de deux protéines, l'effet de ségrégation se traduit par le doublement du rapport des concentrations des protéines en présence.

L'étude se poursuit actuellement par le fractionnement de mélanges de quatre protéines et par l'examen de la mise en cascade des modules d'électrophorèse. Au même titre que l'électrodialyse, l'électrophorèse convective se prête donc à la réalisation de modules de séparation de dimensions importantes. Déjà très utilisée au laboratoire d'analyse, l'électrophorèse, ainsi transposée à plus grande échelle, peut être employée à l'extraction de substances naturelles intéressantes ou à la dépollution d'affluents aqueux. En jouant sur des différences de mobilité électrophorétique et en combinant convenablement en cascade les modules de séparation on peut également fractionner des mélanges d'ions colloïdaux et opérer ainsi une ségrégation entre divers constituants. Cette technique autorise, par exemple, le fractionnement



Microscopie de front d'une flamme se propageant dans un tube fermé, et montrant les surinflammations principales au sommet du front principal par de fines particules solides.

des protéines en solution diluée complexe et l'on peut envisager de la sorte la valorisation de solutions protéiques, sous-produits de l'industrie agro-alimentaire.

- **Etude de la propagation des détonations**

LA n° 193 - Poitiers

La mise au point d'une installation (construite avec la DRME) pour l'étude de la propagation des détonations dans des systèmes hétérogènes constitués par une suspension de particules fines (5-10 µm) métalliques dans des mélanges gazeux d'air et de vapeurs d'hydrocarbures a été achevée.

Cette installation comprend essentiellement un dispositif de préparation des suspensions de concentration connues et un tube de détonation de 6 m de longueur et de 70 mm de diamètre intérieur équipé de capteurs pour la mesure de la célérité de la pression de détonation.

- **Lasers submillimétriques optiquement pompés**

LA n° 249 - Villeneuve d'Ascq

Un laser submillimétrique pompé par un laser à CO₂ est actuellement opérationnel. En utilisant différentes molécules, il est possible d'obtenir des raies entre 2 000 µm et 40 µm. Entre 2 000 µm et 200 µm la détection du battiment entre les harmoniques d'une source millimétrique et les émissions du laser permet de mesurer celles-ci avec une incertitude de l'ordre de 0,5 MHz. En ce qui concerne les longueurs d'onde inférieures à

200 µm, l'utilisation d'un interféromètre « étalonne » à l'aide d'une source millimétrique devrait nous permettre d'atteindre également une très bonne précision de mesure. Ce travail qui fait l'objet d'un contrat d'ATP est actuellement orienté vers l'identification de ces lasers et notamment de ceux qui correspondent aux molécules du type toupie asymétrique.

- **Le « trans » cyclohexène**

ERA n° 167 - Talence

L'examen en photolyse éclair laser du phenylcyclohexène et du phenylcycloheptène a permis de mettre en évidence l'intermédiaire réactif de la photosolvatation de ces oléfines par les alcools en milieu acide (réaction de Markovnikov). L'évolution des propriétés de cet intermédiaire (spectre d'absorption, durée de vie, réactivité chimique...) lorsqu'on passe du phenylcyclohexène en phenylcycloheptène montre qu'il s'agit de la forme « trans » de ces molécules, c'est-à-dire une forme dans laquelle la double liaison intracyclique est tordue d'un angle compris entre 90 et 180°. C'est la première fois que l'on met en évidence l'existence d'une espèce aussi tendue dans un cycle à six chaînons.

L'existence de ces formes « trans » et leur rôle d'intermédiaire réactif dans certaines réactions de photosolvatation, de photodimérisation et de photocycloaddition avaient déjà été proposées par de nombreux auteurs, mais ces intermédiaires n'ayant jamais été observés pour les dérivés du cyclohexène, certains

pensaient que la rigidité des cycles à six chaînons ne saurait permettre la torsion de la double liaison intra-cyclique au-delà de 90° et que l'intermédiaire réactif était l'état triplet.

- Acquisition d'appareil ERA n° 217 - Toulouse

L'équipe « décharges dans les gaz » a pu obtenir l'achat d'une caméra ultra rapide permettant d'effectuer des mesures précises sur des phénomènes transitoires extrêmement rapides, en particulier en ce qui concerne l'amorçage des décharges.

Cette caméra doit permettre d'augmenter considérablement le potentiel de travail de l'équipe. Elle sera également mise à la disposition du laboratoire de physique des plasmas de l'université de Paris-Sud ainsi que du laboratoire de génie électrique de l'université Paul Sabatier de Toulouse.

- Résultats de recherche ERA n° 370 - Paris

Outre les travaux effectués en hydrodynamique, le laboratoire de thermodynamique des milieux ioniques et biologiques a étudié les problèmes qui se posent aux confins de la biologie et de la physique et abouti à des résultats nouveaux très intéressants.

Il a été démontré que des enzymes réputées actives sur le transport ionique présentaient une efficacité de 3 à 10 fois plus importante (par rapport à celle qu'elles prennent en milieu homogène) lorsque ces enzymes étaient déposées sur un support inerte placé dans un gradient permanent de concentration ionique. Autre résultat : le système formé par la distribution de molécules d'enzymes dans le gradient constant présente au moins deux états stationnaires stables, repérés par deux régimes de flux transmembranaires, qui constituent les « pôles » d'évolution de ce système. Il semble qu'à côté de l'aspect moléculaire dont l'importance a été maintes fois soulignée, l'expérimentation menée depuis des années avec une extrême rigueur, a été à même de démontrer l'inévitable aspect coopératif des mécanismes de transport et par là la nécessité de tenir également compte de leur caractère macroscopique.

- Propriétés physiques et macromécaniques de la glace

ERA n° 463 - Lyon

Depuis quelques années, une équipe de chercheurs du groupe d'études de métallurgie physique et de physique des matériaux a orienté son activité de recherche vers l'étude des propriétés physiques et micromécaniques de la glace. L'application des techniques de mesure des pro-

priétés inélastiques à ce matériau a permis d'obtenir un ensemble de résultats intéressants et dont certains présentent un caractère tout à fait original. Cette étude a été développée dans trois directions.

• Des mesures de frottement intérieur faites à basse fréquence au pendule de torsion ont permis d'enrichir le spectre avec les données nouvelles suivantes :

- le phénomène de relaxation déjà connu et généralement attribué à la réorientation des molécules d'eau est repoussé vers les plus basses températures. Il en résulte une plus grande sensibilité au dopage : en effet, les impuretés substitutionnelles susceptibles de provoquer la formation d'un défaut rotationnel peuvent déterminer la valeur du temps de relaxation même pour des concentrations aussi faibles que 0,01 à 1 ppm. Cela peut expliquer l'existence de plusieurs composantes dans le pic de relaxation comme le montrent clairement les expériences à basse fréquence. D'autre part, cette sensibilité aux défauts rotationnels autres que ceux normalement en équilibre thermodynamique dans le cristal de glace, a conduit à suivre le vieillissement de cristaux de glace après élaboration ; ce vieillissement se traduit par une évolution du temps de relaxation pouvant être expliquée par l'apparition de nouveaux défauts rotationnels, probablement à partir des interfaces (surface, sous-joints...).

- un nouveau maximum de frottement intérieur est observé vers 260 K dans le cas des échantillons polycristallins. Ce phénomène est vraisemblablement associé au mouvement des joints de grains. Une voie d'étude sans doute riche est ouverte dans ce domaine car les joints de grains jouent un rôle très important dans le comportement (macroscopique) des glaciers tempérés.

- à haute température (255-272 K), 2 autres composantes du frottement intérieur apparaissent : l'une ne dépend que de la température alors que l'autre dépend à la fois de la température et de la contrainte. Ces 2 composantes peuvent être interprétées dans le cadre de la théorie des dislocations, la dissipation d'énergie étant la conséquence du mouvement à courte distance des défauts linéaires.

• Les caractéristiques de propagation des ultra-sons dans la glace (vitesse et atténuation) ont été mesurées dans le cas d'échantillon de glace mono ou polycristallins déformés plastiquement. Ces mesures, faites à la fréquence de 5 MHz et dans un domaine de température comprise entre 100 et 273 K, montrent que la déformation plastique entraîne une augmentation de l'atténuation et de la vi-

tesse. Un maintien à 271 K permet une restauration de ces caractéristiques. L'accroissement d'atténuation peut être attribué à l'augmentation de la densité de dislocations mais la présence de ces défauts linéaires devrait entraîner une diminution des constantes élastiques. On peut donc supposer que la déformation plastique outre les dislocations, produit une autre perturbation du cristal de glace responsable de l'augmentation des constantes élastiques (défauts interstitiels, modification de la distribution des protons...). Ce dernier effet pourrait être lié au problème du vieillissement de la glace.

Une nouvelle installation vient d'être mise au point et permet la détection des variations d'atténuation et de vitesse des ultra-sons pendant la déformation plastique (en compression ou en traction). Les premiers résultats confirment bien que l'augmentation d'atténuation est liée à l'augmentation de la densité de dislocation.

• L'interprétation de ces expériences fait appel aux propriétés des dislocations dans la glace. Le groupe a donc entrepris une étude de ces défauts en insistant tout particulièrement sur leur comportement dynamique. Ainsi, a-t-on d'une part développé un modèle théorique décrivant l'avancée des dislocations dans leur plan de glissement, en admettant que cette avancée est conditionnée par la rotation des molécules d'eau situées au cœur des défauts linéaires ; d'autre part des observations ont été effectuées en topographie aux rayons X. Ces observations ont pu être utilisées pour mesurer la vitesse des dislocations en fonction de la contrainte et de la température. L'analyse théorique rend compte de manière satisfaisante de la variation linéaire de cette vitesse avec la contrainte (au-dessous de 260 K).

Par contre, au-dessus de cette température, la vitesse des dislocations varie plus rapidement avec la contrainte et ce comportement n'est pas expliqué de façon convaincante par les modèles existants. Il est possible qu'à haute température et sous forte contrainte des processus plus complexes, mettant en jeu des mouvements coopératifs de molécules d'eau conditionnent l'avancée des dislocations.

L'ensemble de ces résultats représente une contribution à l'étude de la plasticité de la glace, complémentaire de l'approche plus rhéologique des glaciologues préoccupés du comportement macroscopique des glaciers. C'est à ce titre qu'une collaboration avec le laboratoire de glaciologie de Grenoble existe depuis plusieurs années.

PHÉMÉRIDES - ÉPHÉMÉRIDES - ÉPHÉMÉRIDES - É

Le développement de ce travail dans le cadre de l'ATP « plasticité », a entraîné des contacts avec de nombreux laboratoires français et étrangers ainsi que l'accueil dans le laboratoire de plusieurs spécialistes des sciences de la glace.

- Mise au point d'un imageur cardiaque à cadence ultra-rapide

ERA 593 - Valenciennes

Des chercheurs français du centre universitaire de Valenciennes, dans le Nord, viennent de mettre au point un imageur cardiaque à cadence ultra-rapide qui permettra, comme son nom l'indique, de voir une coupe de cœur et de filmer ses mouvements.

« Pour la première fois au monde » annoncent en effet ces chercheurs du laboratoire d'opto-acousto-électronique « on a réussi à obtenir une cadence de 1 000 images/seconde alors que les imageurs cardiaques actuels ne pouvaient pas dépasser 80 images/seconde. La technique d'exploration cardiaque par ultrasons n'est pas nouvelle certes mais les dispositifs actuels sont limités du point de vue définition et cadence d'images. Grâce à une méthode entièrement originale on a pu résoudre ces deux problèmes et réaliser un appareil permettant d'obtenir une cadence supérieure à 1 000 images/seconde et une définition de l'ordre de 2 mm. Cette cadence élevée est nécessaire pour l'observation au ralenti des valves mitrales dont la vitesse de déplacement est de l'ordre de 1 m/seconde si l'on veut une définition de l'ordre du « mm ».

Autres avantages de cet imageur : il est totalement inoffensif pour l'organisme humain (il ne sera plus nécessaire d'injecter des produits radio-actifs ou opacifiants), ne nécessite aucune préparation et permet de voir le cœur aussi souvent et aussi longtemps qu'il est nécessaire, ce qui est particulièrement intéressant dans les cas d'arythmie cardiaque, et plus généralement pour les traitements de longue durée.

Cet imageur pourra également s'appliquer, après de légères modifications, à d'autres organes et notamment il pourra être utilisé pour la surveillance prénatale.

Une des principales difficultés était de conserver la mise au point de l'image d'un objet exploré sur une distance qui varie continuellement de 1 à 15 cm en un temps de l'ordre de 200 microsecondes (1/5 000ème de seconde).

Ce problème a été résolu en transposant l'information sur un faisceau lumineux par l'intermédiaire d'un modulateur acousto-optique multivoies mis au point également au laboratoire. Le balayage

du faisceau optique devant une lentille conique réalise l'effet de zoom à grande vitesse.

L'information étant recrée sous forme lumineuse, il a été simple de visualiser à nouveau les images et de les stocker avec des caméras ou des systèmes de télévision.

Cette recherche financée par la direction générale de la recherche scientifique et technique (DGRST), a été effectuée en collaboration avec le groupe de recherche en cardiologie du CHU Henri Mondor de Créteil (université de Paris XII - Val de Marne).

Actuellement, un second prototype de cet imageur cardiaque à cadence ultra-rapide, est en cours de réalisation à Valenciennes. Il sera installé au CHU Henri Mondor pour être testé dans les conditions normales de fonctionnement. Cet imageur cardiaque ayant été mis au point au moment où de nombreux appareils ultrasonores apparaissent sur le marché, il devrait connaître un très gros succès. Cette seconde génération d'imageurs cardiaques, conçue à Valenciennes, va ouvrir de nouvelles voies dans le diagnostic des maladies cardiaques.

Publication

Laboratoire de physique corpusculaire IN2P3 - Clermont

Publication du rapport de prospective : « physique autour des accélérateurs dans

les domaines autres que nucléaires. Applications ».

Pour tous renseignements, s'adresser à M. Monnin, laboratoire de physique corpusculaire - Université de Clermont - B.P. 45 - 63170 Aubière.

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

- Les capteurs magnétiques

Centre de recherches géophysiques - Garchy

Le centre a organisé les 17 et 18 mars à Garchy une table ronde sur « les équipements de mesure des champs magnétiques et électriques ». La participation, volontairement limitée à la France, a été d'une cinquantaine de personnes représentant une quinzaine de laboratoires ou organismes constructeurs et utilisateurs. Dix-huit communications ont été présentées, ainsi qu'une quinzaine d'équipements d'observatoire ou de terrain, et de nombreux types de capteurs magnétométriques.

Dans le domaine des variomètres sensibles aux champs continus, les performances des dernières réalisations à aimant et à flux-gate ont été exposées, ainsi que les toutes premières mesures géophysiques françaises à l'aide de dispositifs supraconducteurs. Dans le domaine des variations rapides, ont été confirmés l'intérêt et l'emploi généralisé de la « contre-réaction de flux » appli-



Capteurs magnétiques. Centre de recherches géophysiques.

quée aux capteurs inductifs, méthode de stabilisation des caractéristiques née à Garchy il y a une douzaine d'années. Au cours des discussions, plusieurs exigences sont apparues pour progresser dans le domaine concerné :

- le rapprochement des méthodes de mesure ou des modes d'expression des caractéristiques, dont la diversité rend difficile la comparaison immédiate, détaillée et quantitative, des performances d'appareils de provenance différents,

- de nouveaux apports de la physico-chimie des surfaces dans le domaine, encore largement empirique, des mesures électriques.

En ce qui concerne l'acquisition des données, enfin, la similitude partielle des problèmes et la diversité des solutions sont apparues, encore que l'enregistrement numérique sur minicassette tende à se généraliser sur le terrain, mais avec des standards différents.

En conclusion, cette rencontre entre spécialistes de la recherche et de l'industrie, a permis des échanges d'expérience technique très fructueux, favorisés par les « temps libres » passés autour des matériels exposés.

- Résultats de recherche

Centre armoricain d'étude structurale des socles - Rennes

Les mécanismes globaux de formation de la chaîne hercynienne d'Europe font actuellement l'objet de vives controverses. Trois séries principales de modèles explicatifs sont avancées : « subduction » de type andin, collision de type himalayen et « doming » du type des orogènes primitifs. Le centre armoricain d'étude structurale des socles, dont la vocation est essentiellement géodynamique, teste ces divers modèles principalement sur l'exemple du massif armoricain, en étudiant en détail le rapport raccourcissement crustal/déformation gravitaire, l'origine des volcanites basiques paléozoïques, l'âge de la croûte continentale, les bilans de matière dans la croûte, etc...

Plusieurs études menées dans cette voie viennent d'aboutir à des résultats significatifs : l'étude des zones profondes de Bretagne méridionale conduit à montrer que la tectonique gravitaire (diapirs migmatitiques) a joué un rôle important dans ce segment hercynien interne.

L'analyse géochimique des volcanites spilitiques, d'âge paléozoïque inférieur d'Erquy, aboutit à leur attribuer une origine intraplaque sous l'influence d'un paléo-point chaud. Enfin, à l'occasion d'une importante synthèse géochronologique du massif Armoricaïn, il a été apporté des limites à l'âge de la croûte continentale en Armorique : celle-ci dans son ensemble, a été formée au cours de

l'orogénèse cadomienne. Un modèle semi-quantitatif, fondé sur la géochimie isotopique du strontium a permis de montrer qu'au cours de l'orogénèse hercynienne, le recyclage du matériel crustal l'a emporté largement sur l'addition de matériel juvénile d'origine mantellique.

Ces trois séries de résultats concordent avec le modèle intracratonique de la chaîne hercynienne. D'autres résultats, en cours d'élaboration, contredisent ce pendant ce modèle : existence probable de grands chevauchements plats en Bretagne méridionale, de volcanites océaniques dans le Silurien de St-Georges sur Loire, âge paléozoïque du métamorphisme à haute pression de l'île de Groix, mise en évidence d'une zonation géochimique des granitoïdes hercyniens d'origine profonde en péninsule Ibérique, affrontements de domaines paléogéographiques différents, etc...

La chaîne hercynienne d'Europe apparaît donc ainsi comme un objet orogénique particulièrement complexe par rapport à certains orogènes plus anciens et plus récents. On peut se demander aussi si les modèles simples proposés à ce jour pour expliquer la chaîne hercynienne ne traduisent pas en réalité des phénomènes localisés de deuxième ordre d'un processus géodynamique d'ordre supérieur dont la nature nous échappe actuellement.

- Mission sismologique dans le Frioul Institut de physique du globe (INAG) - Strasbourg

A la suite du séisme destructeur qui s'est produit le 6 mai 1976 à 20 h GMT dans le Frioul (Italie), une équipe de six chercheurs de l'institut s'est rendue dans la région épicentrale. Elle a procédé à l'installation d'un réseau de sept stations sismologiques à faible ouverture dans la zone la plus sinistrée, et ceci, dans le but de tirer tout le parti possible de la séquence de répliques. Ce séisme, de magnitude 6.5, est en effet la cause d'environ 1 500 morts et disparus, plusieurs milliers de blessés et des dégâts matériels considérables. Il a été très largement ressenti en Italie, en Autriche, en Yougoslavie, dans l'est de la France et vers le nord de l'Europe jusqu'en Hollande. En quatre jours de fonctionnement du réseau sismologique, du lundi matin 10 mai, c'est-à-dire 80 heures environ après la secousse principale, jusqu'au vendredi matin 14 mai, on a pu enregistrer 3 700 séismes. Ce temps de 80 heures était nécessaire au règlement de tous les problèmes administratifs et techniques : formalités de douane pour le transport du matériel, accord du géo-

logue du service national italien des calamités naturelles, autorisation préfectorale pour l'entrée dans la zone sinistrée, le voyage et enfin, la vaccination obligatoire contre le typhus.

Parmi les séismes enregistrés, l'un est de magnitude 5.5 : une dizaine de magnitudes comprises entre 3 et 4 ; le reste des secousses est de magnitude plus faible, mais elles sont suffisamment bien enregistrées pour être localisables. On en a même ressenti une trentaine et entendu les grondements qui les suivent. Pour comparaison, pendant cette même période, l'un des observatoires sismologiques permanents les plus proches, à 100 km de la région épicentrale, a détecté moins de 3 % du nombre total des séismes cités.

L'exploitation de tous les documents nécessite encore plusieurs mois de dépouillement. Cependant, la localisation de 300 séismes pris au hasard pendant ce court intervalle de temps permet déjà de voir que la zone intéressée par ces répliques correspond toujours à la région la plus sinistrée, c'est-à-dire qu'il n'y a pas eu de migration significative des foyers. La profondeur moyenne de ceux-ci est de l'ordre de 5 km. Ce qui explique sans doute l'absence d'escarpements de faille et de crevasse superficielle. On a observé cependant quelques fissures sur les chaussées, dues à des affaissements et des glissements de terrain. On note d'autre part que quatre jours après la secousse principale, le niveau de la sismicité s'élevait encore à 40 secousses par heure en moyenne et qu'il augmentait de façon sensible quelques heures avant chaque séisme important.

Cette mission entre dans le cadre de l'opération risque sismique de l'institut national d'astronomie et de géophysique. Cette opération s'inscrit dans un programme plus général de surveillance sismique du territoire national que l'INAG mène conjointement avec le laboratoire de détection géophysique du CEA et les instituts de physique du globe à l'égard desquels il exerce ses attributions.

Les problèmes posés par le risque sismique ont en effet pris une importance nouvelle et requièrent un effort particulier à entreprendre par la communauté scientifique et les pouvoirs publics. Ceci est dû à plusieurs raisons : une prise de conscience par les pouvoirs publics de l'urgence qu'il y a à mettre en œuvre des mesures préventives concernant la plupart des dangers naturels ; le développement de constructions et d'ouvrages tels que les centrales nucléaires dont la destruction serait désastreuse ; des activités humaines propres à augmenter le risque

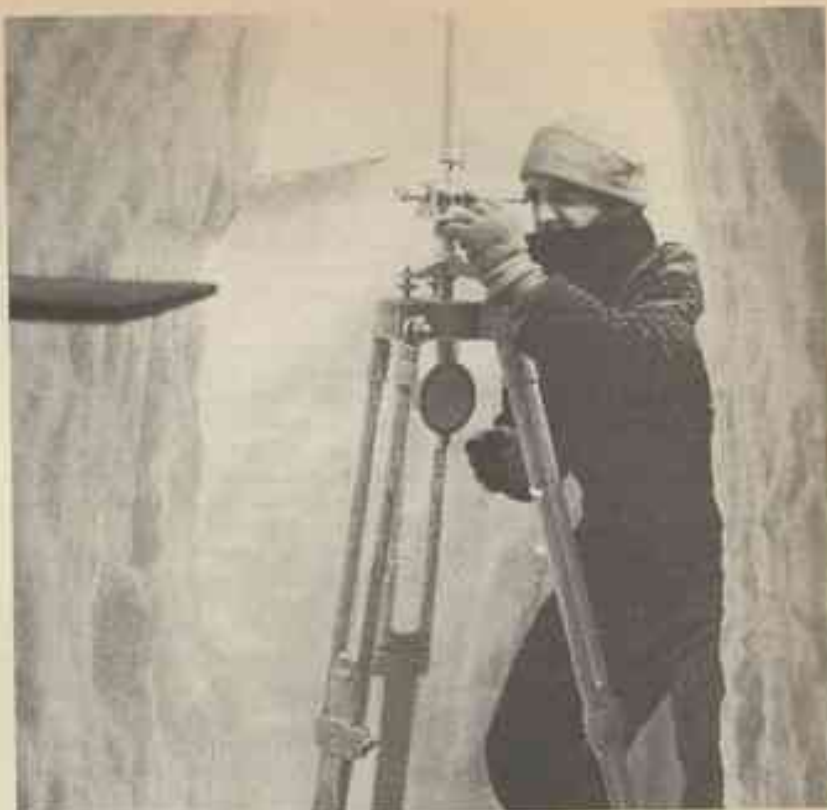
encouru (sismicité induite par le remplissage de grands barrages hydrauliques ou par l'injection de fluides dans le sous-sol), une prise de conscience par la communauté scientifique de la nécessité d'effort de recherche plus orientée vers des résultats pratiques. Ainsi, la surveillance instrumentale des séismes en France s'effectue grâce au réseau cohérent d'une vingtaine de stations du LDG et aux observatoires sismologiques des IPG. Pour des études ponctuelles, l'équipe de Strasbourg a installé trois réseaux à faible ouverture : quatre stations dans la cuvette de Sainte-Croix-du-Verdon (Alpes de Haute-Provence) pour le compte de l'EDF ; six stations à Lacq (Pyrénées Atlantiques) pour le compte de la SNPA, et plus récemment sept stations dans l'arrière pays de Nice (Alpes Maritimes).

— Campagnes océanographiques dans l'océan indien
ER n° 183 et RCP n° 212 — Saint-Maur des Fossés

Au cours du premier semestre 1976 le laboratoire de géophysique marine de l'Institut de physique du globe de Paris (ER n° 183) a participé à deux campagnes océanographiques dans l'océan indien occidental.

La première était placée sous la responsabilité scientifique du Massachusetts Institute of Technology et correspondait à la 6ème partie de la 93ème campagne du N.O. Atlantis II, organisée par la Woods Hole Oceanographic Institution. L'objectif scientifique était l'étude des mouvements relatifs récents des plaques indienne, africaine et antarctique. Cette campagne a donc consisté en un lever géophysique détaillé du « point triple » de Rodriguez, situé près de 23° S et 70° E, associé à des dragages d'échantillons de roches.

La deuxième campagne « Marion Dufrenoy 9 » est une opération à dominante géologique, placée sous la responsabilité scientifique du laboratoire de géologie du muséum national d'histoire naturelle et organisée dans le cadre des activités scientifiques du territoire des terres australes et antarctiques françaises. Elle a pour but la poursuite de l'étude de la géologie sédimentaire des bassins océaniques, entreprise depuis plusieurs années dans l'océan indien central et austral et vise plus particulièrement à préciser le rôle respectif des phénomènes typiquement océaniques comme, par exemple, la dissolution des carbonates, la subsidence des flancs de dorsales, le mouvement des grandes masses d'eaux dans la genèse des ensembles sédimentaires d'origine pélagique. En complément à ce programme, le laboratoire effectue le long des trajets suivis des mesures bathymétriques et magnétiques avec comme objectif la recherche d'anomalies magnétiques caractéristiques permettant de dater les bassins océaniques étudiés.



Mesure du champ magnétique terrestre

— Fichier bibliographique automatique
LA n° 11 — Villeurbanne

Le fichier bibliographique des bryozoaires a été mis sur ordinateur. L'équipe « bryozoologie » possède un fichier bibliographique de 6 000 références. Ces références ont été inscrites en langage clair in extenso dans le système informatique. En plus, dans un souci de rentabilité maximale un thésaurus adapté à cette bibliographie particulière a été élaboré : il est divisé en 4 rubriques autonomes : classification, matière, âge et géographie, chacune de ces rubriques étant divisée à son tour en plusieurs catégories dépendantes ou indépendantes.

Le fichier est géré par le système Mistral de la CII. Tout chercheur susceptible d'utiliser le réseau « Cyclade » peut consulter ce fichier.

Publication : « Bryozoa 1974 » hors série n° 3 des documents des laboratoires de géologie de l'université Claude Bernard de Lyon. Il s'agit du compte-rendu de la 3ème réunion internationale de l'IBA (International Bryozoology Association) qui s'est tenue à Lyon en septembre 1974 dans le cadre du centre de paléontologie stratigraphique.

— Hydrologie du quaternaire récent
LA n° 197 — Talence

Diverses méthodes paléontologiques utilisées pour étudier l'hydrologie du quaternaire récent sur la base des foraminifères planctoniques ont pour but de repérer de la manière la plus précise possible, d'une part, les variations de tempé-

rature du milieu (examen de l'association faunique totale, importance relative des espèces caractéristiques des divers domaines climatiques comme *Globigerina pachyderma*, estimation de la température des eaux de surface par la méthode de Lynx et Judd) ; d'autre part, les variations de la salinité des eaux (estimation de la salinité du milieu en fonction de l'association planctonique représentée, toujours sur la base de la méthode de Lynx et Judd).

La combinaison de ces deux paramètres physicochimiques, température et salinité, permet de reconnaître le long de sections verticales différents types de masses d'eau de surface. A l'échelle de l'Atlantique nord-oriental, cette reconnaissance a été faite sur un ensemble de carottes prélevées entre les îles Faeroe et les Açores, et couvrant approximativement les 125 000 dernières années. Les variations d'extension géographique de la dérive nord-atlantique et du front polaire océanique ont ainsi pu être suivies au cours de l'interglaciaire Riss-Würm, des divers stades de la glaciation du Würm et pendant l'Holocène.

— Structure spirale de notre galaxie
LA n° 237 — Marseille

La structure spirale de notre galaxie est dessinée par les nuages d'hydrogène ionisé et par les étoiles chaudes. Elle ne peut pas être déterminée par les seules observations optiques en raison des poussières interstellaires qui absorbent le rayonnement visible et limitent à 20 %

la fraction de notre galaxie observable optiquement. Elle ne peut pas être non plus déterminée par les seules observations radioastronomiques qui mesurent la vitesse radiale de ces régions HII, paramètre qui ne permet d'accéder à la distance que grâce à un modèle de rotation nécessairement établi avec une population de même âge et basé sur l'échelle des distances spectrophotométriques.

Des observations optiques (distances de 360 étoiles excitatrices et vitesses radiales de 268 régions HII) faites à l'observatoire de Marseille ont permis de connaître la cinématique du gaz ionisé et de définir un modèle de rotation détaillé de la population I. Une analyse critique des résultats radio en raies de recombinaison de l'hydrogène a pu être effectuée grâce à des observations optiques (morphologie et cinématique) en raie H faites à l'observatoire. Ainsi, une interprétation des résultats radio a pu être proposée et un schéma général de la structure spirale rendant compatible les actuels résultats optique et radio a pu être établi. Notre galaxie ne ressemblerait pas à la galaxie d'Andromède mais aurait une structure spirale à quatre bras plus inclinés et plus riches en gaz ; elle ressemblerait davantage à la galaxie Messier 101.

Par ailleurs, le laboratoire d'optique de l'observatoire de Marseille vient de mettre au point un nouveau type de spectrographe à pupille blanche et à haute luminosité. Un prototype ouvert à $f/1.8$ a été construit avec la participation de Jobin-Yvon. Il est constitué de trois éléments réflecteurs après la fente (collimateur - réseau - miroir de chambre) fournissant une bonne efficacité UV. Le champ angulaire supérieur à 15° est obtenu par un montage du type Schmidt par réflexion. La méthode d'asphéricisation par élasticité permet de corriger les aberrations au niveau du réseau.

Un spectrographe à réseau asphérique est également proposé par le laboratoire d'astronomie spatiale pour un satellite de l'ASE (domaine spectral 1200-2200 Å).

- Résultats de recherche ERA n° 211 - Montpellier

Dans le cadre d'études méthodologiques définies dès 1963, le centre d'études et de recherches géologiques et hydrologiques et l'équipe « hydrogéologie des roches fissurées et des terrains karstiques » ont entrepris depuis 1971 l'étude fine systématique des champs hydrochimiques et thermiques au sein des aquifères fissurés et karstiques de la source du Lex dans le but de chercher les corrélations qui peuvent lier les caractéristiques et l'évolution de ces champs aux caractéristiques du fonctionnement hydraulique des aquifères correspondants.

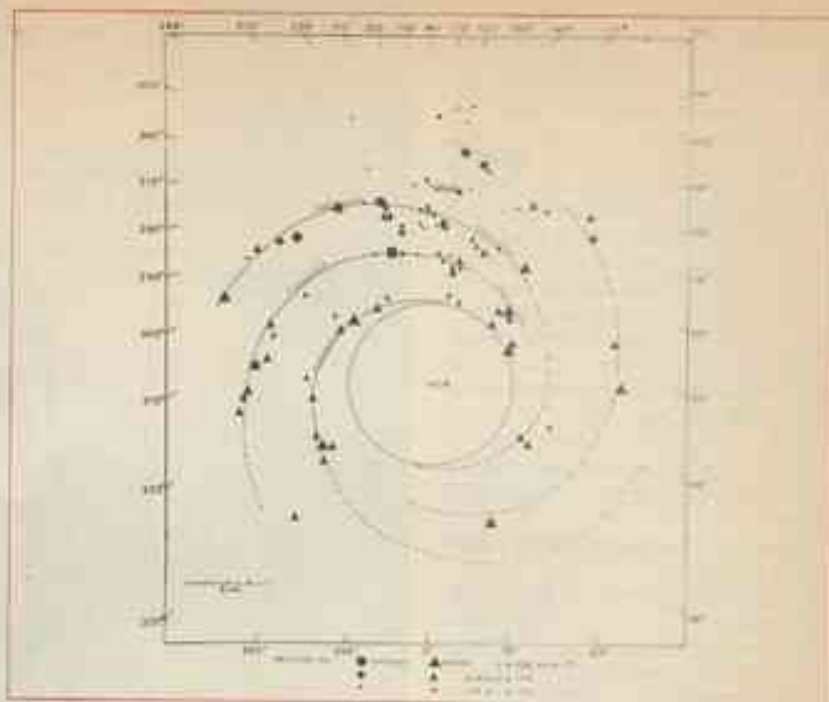


Schéma général de la structure spirale d'une galaxie.

Les résultats actuellement acquis montrent que dans certains cas notamment pour la détermination des différents réservoirs ou zones d'alimentation en jeu (réserves à cavernement intense, chevaux, réservoirs à fines fissures, différentes zones d'infiltration d'eau superficielles, etc...) la méthode s'avère très fructueuse.

Parmi les résultats qui ont fait l'objet de publications préliminaires et qui vont faire l'objet de publications plus importantes dans les « mémoires » du centre (Tome IX et X) en 1976, citons :

- La facilité de localisation des limites de l'épikarst et du karst profond ainsi que des grands axes de drainage.
- La détermination de la possibilité d'une approche, beaucoup plus précise que par le passé, des débits des eaux provenant des percolations immédiates et des taux de ruissellements sur tel ou tel terrain, à la suite d'une averse par rapport aux débits provenant des réserves de l'aquifère (zones noyées profondes ou zones à fines fissures).
- La possibilité d'utiliser la télédétection de l'émission infrarouge des roches carbonatées dans certaines conditions (en hiver et de nuit) pour localiser de façon plus intégrée et à plus grande échelle certaines zones d'absorption, de circulation ou d'accumulation d'eau.

Par ailleurs, dans le cadre de ses recherches sur l'application de l'hydrogéologie aux problèmes métallogéniques, une équipe du centre vient de mettre en évidence de façon précise un mécanisme de transferts d'ions métalliques



Particules orbitales (s) et (3) en suspension dans une eau de percolation chargée à l'uranium. Tête (Nécessaire)

en zone non saturée fonctionnant actuellement dans des couches gréseuses recouvrant un ancien pascoriel dans la « Montagne Noire » et donnant lieu à la formation d'accumulations gélifiques notamment de barytine. Un des résultats essentiels est l'importance prépondérante du transport particulaire par rapport au transport « en solution » lors de la percolation des eaux responsables du transfert. Ce résultat qui rejoint cer-

taines observations faites dans l'altération des roches ultrabasiques et les processus de la ferrallitisation, remet en question nombre de bilans (d'échange et de transport basés sur la seule considération des ions en solution et ouvre des perspectives nouvelles pour l'interprétation de la genèse de certains gîtes métallifères.

Sciences de la vie

- Contrôle de la reproduction chez les insectes
ER n° 24 - Paris

Les recherches relatives à la régulation de plusieurs étapes de la reproduction ont abouti à des résultats nouveaux. Mitoses goniales et méiose : le contrôle du déclenchement des mitoses goniales et de la méiose n'a guère été étudié chez les insectes. Le problème a été abordé chez le triatomide, *Panstrongylus megistus*, qui comme tous les hémiptères hémato-phages, a une physiologie très régulière strictement dépendante du repas de sang. L'examen histophysique des cellules neurosécrétrices A et A' de la *pars intercerebralis* au cours du 5^{ème} stade larvaire fait apparaître pour chaque catégorie l'existence d'une période de décharge distincte : celle des cellules A précède la crise mitotique des ovogonies et des cellules mésodermiques, celles des cellules A' la période de la méiose. Des expériences variées confirment l'intervention des 2 catégories de cellules dans les contrôles respectifs des mitoses et de la méiose.

Une étude histophysique analogue réalisée sur une punaise non hémato-phage, *Rosellus elongatus*, a fait apparaître également l'existence d'une corrélation entre l'activité des cellules A' et la méiose. Ces cellules semblent, par ailleurs, responsables de l'élaboration de la « brain hormone » un facteur cérébral d'activation de la glande de mue.

Ponte et parturition : la ponte du Phasme, *Carausius morosus* a fait l'objet de nombreuses expériences. Il a été démontré qu'un facteur neurohormonal issu de l'ensemble du système nerveux central stimule le dépôt de l'œuf. Cependant le passage de celui-ci de l'oviducte dans la chambre génitale dépend d'un autre mécanisme, uniquement nerveux qui a été précisé récemment. Il fait intervenir des mécanorécepteurs situés dans la chambre de ponte et un dispositif musculaire particulier placé en avant de celle-ci.

Chez le Lépidoptère, *Galleria mellonella*, des recherches antérieures ont montré que la ponte est induite comme chez les Phasmes par des produits de neurosécrétion présents dans l'ensemble du système nerveux central.

L'équipe a pu récemment mettre en évidence la présence du facteur de ponte dans des organes neurosécréteurs associés à la chaîne nerveuse ventrale : les

organes péricaryotiques. C'est probablement à partir de ceux-ci qu'il est libéré dans l'hémolymphe. Une activité interspoudique a été observée.

Chez le Diptère vivipare, *Glossina fuscipes* quartzensis, la femelle incube son œuf et également sa larve qu'elle nourrit des sécrétions de ses glandes amères. L'examen des cellules neurosécrétrices au cours du cycle reproducteur femelle a révélé que les cellules A de la *pars intercerebralis* subissent une légère décharge au moment de l'oviposition et se vident très fortement lors du dépôt des larves qui est suivi par une nouvelle oviposition. Des expériences de cauterisation accompagnées ou non de réimplantations, effectuées à des étapes physiologiques différentes, sont faites afin de préciser le point d'impact de la neurosécrétion : celle-ci semble agir essentiellement sur l'activité des glandes lactées ; elle est sans action sur la vitellogénèse et ne semble influencer que faiblement l'ovulation et la larviposition.

- L'image de soi chez l'enfant

LA n° 104 - Paris

En mars 1976, s'est achevée l'expérience vidéo commencée en juin 1975, et constituant la seconde phase d'une recherche sur la construction de l'image de soi chez l'enfant. Dans la première phase de cette recherche (1973), on avait analysé comment l'enfant parvenait au cours de sa troisième année à se reconnaître dans le miroir : il prenait progressivement conscience que son mouvement propre commandait le mouvement de l'image spéculaire.

Qu'advient-il si l'on brise la solidarité de l'enfant avec son image ? C'est la question qu'on a tenté de résoudre en plaçant l'enfant devant son image anti-spéculaire (inversée) en direct ou en différé sur un écran de télévision.

Les premiers résultats sont tout à fait inattendus : entre 3 et 5 ans environ, l'enfant se reconnaît sans hésitation et ne prend même pas conscience de l'inversion spéculaire ; dans une période qui va de 5 ans et demi à 6 ans et demi, tous les enfants manifestent des doutes qui peuvent aller jusqu'à la négation et ils sont très conscients de l'inversion ; au-delà de 6 ans et demi, le doute disparaît : ils se reconnaissent en dépit de toutes les transformations spatiales et temporelles. L'expérience a été intégralement filmée (30 enfants de 3 à 7 ans) dans les buts d'analyse du phénomène et, secondairement, de montage d'un film.

Publication : Maria-José Garcia Werbe : « L'éducation sexuelle à l'école », P.U.F. Mars 1976.

- Mission en Guyane

LA n° 218 - Paris

Des chercheurs du laboratoire de taxonomie et écologie des flores tropicales ont effectué une mission en Guyane. Cette mission avait pour but d'effectuer des observations morphologiques, écologiques et biologiques dans la nature.

En outre, les chercheurs ont pu récolter d'importantes collections (plus de 600 numéros) en vue d'améliorer la connaissance floristique de la Guyane.

Les travaux originaux ont permis de rassembler de précieux documents en vue d'approfondir certains secteurs de recherche. Des observations morphologiques ont été faites in vivo sur différents groupes de plantes en cours d'étude au laboratoire de phanérogamie depuis plusieurs années : études architecturales chez certains arbres, études de morphologie florale dans d'autres groupes. La végétation, dans sa physionomie, sa structure et les relations qu'elle présente avec des facteurs écologiques du biotope, a été étudiée dans certains milieux



Expériences vidéo - Photo-Lapex (Bibliothèque CNRS)

de belle forêt primaire d'une part, dans les marais herbeux d'autre part. Des observations portant sur la biologie et la biologie florale de plantes spécialisées du sous-bois forestier ou des marais ont pu être faites.

Le 6 mai, une projection de photographies faite au Muséum a permis de présenter un certain nombre de résultats des travaux biologiques et écologiques réalisés au cours de cette mission.

Par ailleurs, une autre mission a été effectuée en coopération avec le laboratoire de chimie des substances naturelles de Gif-sur-Yvette, en Guyane française sur le fleuve Maroni afin de faire des collections botaniques et ethnobotaniques auprès des ethnies indiennes Wayana et Galibi et noires Boni et Bosch.

Dans le cadre d'une mission pluridisciplinaire du Muséum, des collections botaniques ont été constituées principalement sur les affleurements granitiques et les inselbergs du haut Oyapock, afin de compléter les connaissances biogéographiques de ces formations typiquement guyanaises et mal connues parce que difficiles d'accès (plusieurs jours de marche à pied dans la forêt sur terrain très accidenté). De plus, les chercheurs ont participé en collaboration avec l'ORSTOM au programme M.A.B. 1 auprès des indiens Wayampi du village de Trois Sauts.

Publications : Dr. F. Markgraf : « Flore de Madagascar - Apocynacées (167^e famille) » - Dr. H. Heine : « Flore de Nouvelle Calédonie », Vol. 7.

- Les fonctions des plaquettes sanguines ERA n° 335 - Paris

Le laboratoire d'hémostase et de thrombose expérimentale a organisé les 8 et 9 avril un séminaire technologique patronné par l'INSERM sur le thème : « Nouvelles techniques d'étude des plaquettes sanguines ». Ce séminaire devait être une étape dans la meilleure connaissance des fonctions des plaquettes sanguines et de leur interaction avec les structures vasculaires : en effet il a tenté de réunir :

- une nouvelle technique d'isolement des plaquettes sanguines permettant d'étudier leurs fonctions à partir de 5 ml de sang total
- la technique d'isolement des membranes plaquettaires et son application à l'étude des récepteurs de membrane
- le dosage de 2 activités de la molécule facteur VIII : dosage de l'antigène facteur Willebrand par la technique d'électroimmunodiffusion de Laurell et le dosage de l'activité facteur Willebrand en présence de ristocétine utilisée pour le

diagnostic de la maladie de Willebrand

• la technique d'adhésion des plaquettes au sous-endothélium utilisant une aorte abdominale de lapin désendothélialisée selon Baumgartner, évaluée par 2 méthodes : morphométrique et isotopique. Par ailleurs, deux publications importantes sont actuellement en cours de rédaction concernant l'action de deux anticorps synthétisés successivement chez 2 patients : l'un atteint de thrombasthénie de Glanzmann, l'autre atteint de dystrophie thrombocytaire ou syndrome de Bernard-Soulier.

L'étude de ces 2 IgG maintenant caractérisés est d'un grand intérêt puisqu'elle peut aider à identifier les récepteurs de membrane plaquettaire intervenant dans l'aggrégation des plaquettes à l'ADP et dans l'adhésion des plaquettes au sous-endothélium de la paroi du vaisseau et de mieux comprendre ainsi les toutes premières étapes de la thrombose.



Élevage de blattes.

- Mission à Trinidad ERA n° 489 - Rennes

Deux chercheurs de l'équipe de recherche sur les mécanismes épigénétiques du comportement des insectes, ont effectué une mission de six semaines à Trinidad (juillet-août 1975). Il s'agissait de poursuivre l'étude, dans un milieu naturel, de blattes du genre *Blaberus*, étude entreprise au cours d'un premier séjour effectué en décembre 72 - février 73 et de l'étendre à d'autres espèces (*Periplaneta*).

De nombreuses grottes de l'île sont colonisées par plusieurs espèces de blattes. Le choix de ce milieu est lié aux meilleures possibilités d'observations que celui-ci offre par rapport au milieu forestier également riche en espèces. Le marquage d'animaux, leur observation en lumière rouge a permis d'obtenir des renseignements sur :

- Le rythme d'activité : les blattes sont actives pendant les premières heures de la nuit. Dans certaines grottes ou portions de grottes la lumière ne pénètre pas, ceci pose le problème de la persistance du rythme et de la possibilité d'une synchronisation par l'activité des chauves-souris.

- Leur distribution : les jeunes larves de *Blaberus* (jusqu'au 7^{ème} stade) vivent enfouies dans le guano et la litière qui s'accumulent sur le plancher des grottes. Les larves âgées et les adultes vivent sur les parois ou certains sites : crevasses,

plates-formes, surplombs sont particulièrement attractifs.

- Leur organisation : dans les grottes à faible densité les mâles établissent et maintiennent des territoires. Lorsque la densité augmente, on note toujours un attachement à un site mais qui n'est plus défendu. Pour de très fortes densités les larves âgées, les adultes mâles et femelles se rassemblent en groupes.

- Le rôle des sensilles sur la distribution des mâles : les femelles gestantes (blattes ovipares du genre *Blaberus*) sont peu

ÉPHÉMÉRIDES - ÉPHÉMÉRIDES - ÉPHÉMÉRIDES - É

actives. Les femelles sexuellement réceptives se déplacent davantage et traversent les territoires des mâles, ce qui parfois entraîne une nouvelle répartition de ces derniers.

Alors que les blattes sont fort utilisées au laboratoire, peu ou pas de données existent sur leur comportement en milieu naturel, ce travail a donc permis de préciser comment des facteurs écologiques (abondance de nourriture, pression des prédateurs, structure du milieu) et des facteurs éthologiques (quantité et qualité des échanges, attraction par les phéromones) interviennent conjointement dans la différenciation de l'organisation sociale de ces insectes et permettent de lever d'apparentes contradictions entre grégairisme et territorialité.

- Mission en Amazonie RCP n° 316 - Paris

Créée en 1973, la RCP pluridisciplinaire « culture sur brûlis et évolution du milieu forestier en Amazonie du Nord-Ouest » effectue ses recherches dans la région amazonienne du Sud de la Colombie (près des frontières brésilienne et péruvienne) avec la coopération de chercheurs colombiens et péruviens.

Le résultat des missions est une importante accumulation de renseignements, d'objets indigènes, de spécimens botaniques et zoologiques, de photographies et de bandes enregistrées. Ceci a permis la réalisation de l'exposition « Amazonie du Nord-Ouest » au musée d'ethnographie de Neuchâtel qui s'est tenue de juin 1975 jusqu'au mois de février 1976. Quoique les recherches ainsi que le dépouillement de toutes les collections soient en cours, un colloque s'est tenu à l'institut d'ethnographie de Neuchâtel (6, 7, 8 novembre 1975) au cours duquel les chercheurs français, suisses, colombiens et péruviens ont présenté les problèmes et les résultats partiels de leurs recherches. La société suisse d'ethnologie vient de publier un fascicule consacré à ce colloque.

En outre, grâce aux recherches effectuées sur le terrain et au laboratoire et grâce aux enquêtes ethnologiques scientifiquement vérifiées, l'équipe a obtenu les résultats suivants : découverte de nombreux nouveaux taxa animaux et végétaux ; établissement des calendriers « witoto » et « secoya » ; constatation que l'équilibre chacra (= parcelle cultivée) - rastrojo (= chacra abandonnée) - forêt, maintenu par l'indigène qui ne défiche que le nécessaire pour sa subsistance, permet la reconstitution d'une forêt dans un siècle environ. Certes, la composition biologique de cette forêt par rapport à la forêt originale reste in-

connue. Il est évident que si des moyens mécaniques étaient utilisés et si la culture se pratiquait à grande échelle tout espoir de reconstitution de la forêt serait perdu.

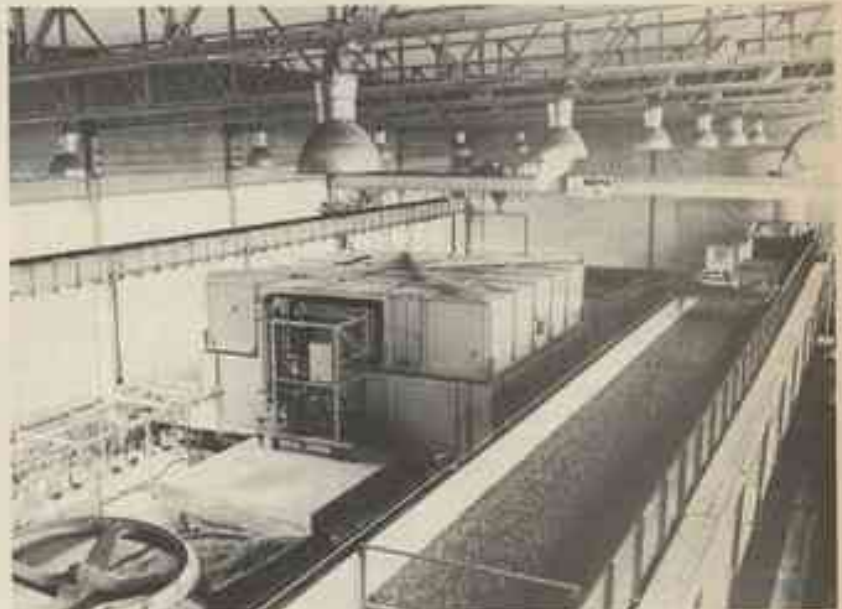
Sciences de l'homme

- Missions à l'étranger

Centre de géomorphologie - Caen

Les échanges avec le Brésil se sont poursuivis en 1975 et 1976 par des travaux de terrain effectués sur place, sous la direction d'une équipe de trois chercheurs de Caen.

En juin-juillet 1975, et depuis mars 1976, les travaux sur le terrain ont été consacrés au fossé du Paraíba et à sa bordure de gneiss, dans la région de Marília et celle de Belo Horizonte (en liaison avec l'URA n° 5).



Laboratoire d'expériences du centre de géomorphologie : à droite, le schéma hydrologique ; au centre, les sondes de sels gris ; à gauche, l'installation de thermocouples.

L'ensemble des travaux, et particulièrement les résultats des cartographies à diverses échelles doivent servir de base de discussion à un colloque franco-brésilien organisé en 1978 par l'université de São Paulo et le centre de géomorphologie sur le thème « Étude et cartographie des formations superficielles, leur application à la géomorphologie, la pédologie, la géologie, la préhistoire, l'aménagement, etc... ».

Par ailleurs, une mission a été effectuée en 1975 dans l'île de Banks, dans l'archipel canadien.

Les bulletins n° 20 et 21 du centre ont été publiés : le numéro 20 a été consacré à des « recherches géomorphologiques en Amazonie brésilienne » effectuées en 1973 et 1974. Il présente en particulier

un modèle de l'évolution des versants et sa signification paléoclimatique en zone forestière (versants à facettes) et au contact forêt savane.

Le numéro 21 présente un bilan de « dix ans de recherches au centre de géomorphologie » : aide apportée aux géomorphologues français (15 000 échantillons traités pour les thèses de 80 chercheurs et les recherches propres à 13 formations de recherche du CNRS et des universités), organisation de colloques nationaux et internationaux, accueil de chercheurs étrangers, travaux de terrain, publication de 118 articles et ouvrages, mais surtout bilan des expérimentations. Les expériences ont porté sur l'action du gel sur les sols, la cryoclastie, la thermoclastie, les altérations chimiques des roches, les encroûtements calcaires, l'hy-

draulique appliquée à la géomorphologie. Elles ont été menées soit directement par le centre sur des protocoles nouvellement discutés en commissions interdisciplinaires, soit en collaboration avec d'autres laboratoires (station de gel du laboratoire central des Ponts-et-Chaussées).

Le bulletin peut être adressé sur demande au centre de géomorphologie du CNRS, rue des Tilleuls, 14000 Caen.

- Installation à Sophia-Antipolis

CRA - Ivry-sur-Seine

Mis en chantier au printemps de 1975, le bâtiment destiné au centre de recherches archéologiques sur le campus de Sophia-Antipolis à Valbonne (Alpes Maritimes) est en bonne voie d'achèvement. Les locaux qui abriteront la direction, les ser-

VICES communs et les laboratoires, seront achevés en juillet 1976 ; les deux blocs où seront installées la bibliothèque et quelques unités de recherche archéologique (URA) seront livrés quelques semaines plus tard.

D'ores et déjà, ce laboratoire propre, créé en 1971 avec une structure assez originale, rassemble vingt trois équipes de recherche (URA) disséminées en France et à l'étranger et se prépare à en accueillir plusieurs autres. A ces chercheurs, il offrira d'importants moyens en fait de dessin et de topométrie, de photographie, de calcul, d'information bibliographique, mais aussi d'analyse et de datation en laboratoire.

Le CRA sera la première formation du CNRS implantée à Sophia-Antipolis ; d'autres suivront.

- Publication

Institut de recherche et d'histoire des textes - Paris

L'institut a publié une brochure intitulée : « Ecriture et civilisation ». Cette brochure s'ouvre sur des planches où les écritures hébraïques sont rapprochées des écritures en d'autres caractères, et ce rapprochement fait apparaître la ressemblance de forme qui existe entre elles. Après un essai de description objective des lettres, le mouvement de la main est décomposé, et il est montré comment, à deux formes d'écriture différentes, l'une composée essentiellement de traits droits et l'autre de courbes, correspond une attitude du corps et de la main caractéristique de deux civilisations différentes, utilisant des matériaux et des outils différents.

En dernier lieu, ces attitudes expliquent, semble-t-il, que les alphabets gréco-latins soient écrits de gauche à droite et les alphabets sémitiques de droite à gauche.

- Publication

Laboratoire d'informatique pour les sciences de l'homme - Marseille

Le laboratoire vient de publier les premiers numéros des « cahiers » du groupe de travail de l'APCET : analyse et expérimentation dans les sciences de l'homme par les méthodes informatiques.

Ces cahiers, qui tendent à refléter les préoccupations du groupe de travail à propos des problèmes posés par l'introduction des méthodes de l'informatique (formalisation et instrumentation) dans les sciences de l'homme, présentent des exposés de séminaires, des comptes rendus de réunions scientifiques, l'état des travaux en cours etc.

- La documentation dans les laboratoires

Centre de documentation scientifique et technique - Paris

Une enquête sur l'organisation de la documentation dans les laboratoires propres et associés du CNRS, menée par le

centre au cours du 1er trimestre 1976 a fait apparaître que :

- 38 % des laboratoires propres et 19 % des formations de recherche assurent facilement leurs tâches documentaires.

- 56 % des laboratoires propres et 44 % des formations de recherche sont satisfaits de l'information qui leur parvient.

- 75 % des laboratoires propres possèdent une cellule de documentation tandis que 56 % seulement des formations de recherche peuvent recourir à un tel service.

Une telle situation montre la nécessité d'une collaboration étroite entre le centre et les chercheurs du CNRS.

- Publication

ER n° 130 - Dijon

André Jacquemont : « L'émission des emprunts euro-obligataires. Pouvoir bancaire et souverainetés étatiques ». Cet ouvrage a été couronné par le centre français de droit comparé.

- La poétique

GR n° 10 - Paris

Le groupe de recherches esthétiques publie le résultat de ses recherches axées cette année, comme l'an dernier, sur la poétique : étendant à tous les arts un concept que Valéry limitait à la poésie, chaque chercheur s'efforce d'analyser, dans sa propre discipline, les démarches intellectuelles qui président à l'élaboration de l'œuvre d'art, de retracer les étapes du trajet entre genèse et structure ; si l'esthétique est la promotion philosophique des sciences de l'art qui se consomme, la poétique est la promotion philosophique des sciences de l'art qui se fait. Le premier volume, sous le titre « recherches poétiques I », avait paru aux éditions Klincksieck en 1973. Le deuxième volume, centré plus spécialement sur l'étude du matériau dans la création artistique, vient de paraître aux éditions Klincksieck : « recherches poétiques II, le matériau » juin 1976. Sont actuellement en préparation également aux éditions Klincksieck sous la direction de Mme Brion-Guerry, les premiers ouvrages d'une nouvelle collection, « l'esprit et les formes », qui publiera des textes esthétiques fondamentaux jusqu'ici peu connus du public français.

Le premier titre à paraître est une traduction de « Abstraktion und Einfühlung » de W. Worringer (présentation Emmanuel Martineau) ; le deuxième, « Historische Grammatik der bildenden Künste » d'Alois Riegl (préface du professeur Otto Pächt).

Autres ouvrages prévus : « Ecrits sur l'art » de Schelling (présentation X. Tillet) ; « Traité sur la peinture chinoise ancienne » (présentation Nicole Vandier-Nicolas) ; « Textes théoriques d'Igor Stravinsky » (présentation Jean-Yves Bosseur) ; « Lettres sur la peinture de paysage » de Carl-Gustav Carls (présentation Marcel Brion).

- Résultats de recherche

LA n° 151 - Aix-en-Provence

A Marseille, les travaux de construction en bordure du secteur sauvegardé du chantier de la Bourse, ont été l'objet d'une surveillance archéologique et d'un contrôle actif. Un puits ancien correspondant au « grand puits » du Moyen Age a été découvert et relevé ainsi que plusieurs éléments de canalisation antique en rapport avec ceux déjà connus dans la zone protégée.

Dans le cadre d'un programme photographique des collections archéologiques des musées et sites, plusieurs missions ont été effectuées en mars et avril 1976, notamment à Arles, Nîmes, Nîmes, Cimiez et Valson. Une autre mission est en cours à Fréjus.

En archéologie sous-marine, les techniciens du laboratoire ont relevé les restes visibles du port de l'ancienne colonie grecque d'Olibia, proche d'Hyères. A Fos sur Mer, ils ont apporté leur aide à la direction des recherches archéologiques sous-marines du service des fouilles et antiquités pour relever des restes de construction et les vestiges d'une nécropole aujourd'hui recouverts par la mer. Enfin l'institut d'archéologie méditerranéenne a fourni un architecte à la mission française d'Apollonia de Cyrénaique.

- Droit comparé

LA n° 166 - Paris

L'équipe « unification du droit et rapports Est-Ouest » a abordé deux nouveaux thèmes de recherche : dans le cadre de l'harmonisation du droit des affaires dans les pays du Marché commun, la forme et la preuve du contrat dans les pays du Marché commun et l'objet et la cause du contrat dans les pays du Marché commun.

D'autre part, diverses réunions du groupe droit de l'espace ont eu lieu sur les problèmes modernes de l'espace, notamment sur les satellites de télédétection et les satellites de télécommunication.

Cette équipe a actuellement des projets de travaux concernant : la transformation récente du droit atomique du fait d'une certaine privatisation, l'agence spatiale européenne, la protection du littoral maritime, la lutte contre la pollution : convention d'Helsinki de 1974 sur la Baltique, convention de Paris 1974 et pollution tellurique, convention de Barcelone 1976 sur la Méditerranée.

Publications : sous la direction de R. Rodière, « Les procédures collectives de liquidation ou de renflouement des entreprises », tome XXXV de la collection « Travaux et recherches de l'institut de droit comparé », ouvrage publié avec le concours du CNRS et de la chambre de commerce et d'industrie de Paris. Ed. Economica, 1976, 1 050 pages.

S. Courteix, « Télévision sans frontières » ouvrage publié avec le concours du

CNRS dans la série « Sciences juridiques, droit des relations internationales (Paris I). Paris. Ed. Economica, 1975, 342 pages.

Sous la direction et avec un avant-projet de loi commune commentée de R. Rodière, « La formation du contrat », collection « Harmonisation du droit des affaires dans les pays du Marché commun » (Institut de droit comparé de Paris), ouvrage publié avec le concours du CNRS, Paris, Pedone. Actes du colloque « Droit nucléaire et droit océanique » (Paris, 12-13 juin 1975).

- Publication

LA n° 184 - Paris

Michel Dauvois : « Précis de dessin dynamique et structural des industries lithiques préhistoriques ». Ed. Pierre Faulac, Périgueux (publié avec le concours du CNRS).

- Publication

ERA n° 98 - Caen

« Mentalités religieuses dans la France de l'Ouest aux XIX^e et XX^e siècles. Etudes d'histoire sérielle », ouvrage collectif préfacé par M. Pierre Chatain.

- Analyses de produits alimentaires

ERA n° 240 - Paris

L'équipe interdisciplinaire pour l'étude des populations de l'Afrique de l'Est a entrepris un programme d'analyses de produits alimentaires dont la première partie vient de se terminer. Six échantillons de farines et pâtes servant de base à l'alimentation dans différentes régions d'Ethiopie ont été analysés. Les résultats, qui seront publiés prochainement, font apparaître une absence totale d'acides aminés dans les pâtes ; des analyses complémentaires de la diète des populations en question s'imposent maintenant.

Publications :

Issa H. Khayr : « Le refus de l'école. Contribution à l'étude des problèmes de l'éducation chez les musulmans du Ouaddai (Tchad) ». Ed. Maisonneuve. Joseph et Marie-José Tubiana : « The Zaghawa from an ecological perspective ». Ed. Balkema (Rotterdam).

En septembre-octobre, le premier noyau constitutif du laboratoire Peirese - Centre de recherches sur l'Afrique orientale, s'installe sur le campus de Sophia-Antipolis à Valbonne.

- Journées juridiques

ERA n° 285 - Paris

Les 9^{èmes} journées juridiques franco-latino-américaines se sont tenues à Bayonne du 21 au 23 mai sur les thèmes : la protection des droits de l'homme en matière pénale et les garanties constitutionnelles des droits de l'homme.

Les 1^{ères} journées juridiques franco-autrichiennes qui ont eu lieu à Krems les 7 et 8 juin ont traité de la codification du droit international privé et du contrôle de la constitutionnalité des lois.

- Les cadastres dans le monde romain
ERA n° 520 - Besançon

Le centre de recherches d'histoire ancienne de Besançon a présenté dans le cadre de l'exposition consacrée à la communication, les résultats d'une étude entreprise avec la collaboration du laboratoire de physique générale et optique de Besançon. Il s'agissait de présenter au public le problème posé par l'existence, dans le monde romain, de structures organisant la vie économique, sociale, politique et administrative des régions conquises : les cadastres ou centuriations. Outil privilégié de l'impérialisme romain, puisqu'il détermine l'accès à la terre, fixe les conditions de l'impôt, régularise l'implantation des hommes, le cadastre s'est imprimé dans le sol, présentant un réseau géométrique de voies rurales, de fossés, ou de talus.

Ces empreintes ont pu subsister de manière très apparente (Italie, Yougoslavie, Tunisie) et continuent même dans certaines régions à structurer de manière privilégiée le paysage agricole : mais en France, les cadastres romains n'apparaissent que de manière diffuse et discontinuée sous forme de traces imperceptibles. C'est ce qui a amené les historiens à chercher le concours des physiciens pour décomposer l'information contenue dans une photographie aérienne, grâce au filtrage du cliché en lumière cohérente (laser). Il a été possible ainsi de montrer comment dans la région d'Orange et de Béziers subsistent les traces de cadastres différemment orientés, et faire apparaître leur juxtaposition ou leur superposition.

Le centre a également présenté les résultats de l'ATP « traitement des images » sur l'étude morphologique des structures de l'exploitation rurale dans les colonies romaines de la Gaule méridionale.

Publications : J. Kolendo, « Le colonat en Afrique sous le Haut-Empire » - 1976.

Actes du colloque 1973 sur l'esclavage - 1976.

Texte, politique, idéologie : Cicéron (pour une analyse du système esclavagiste : le fonctionnement du texte cicéronien), actes de la table ronde 1975, 1976.

Actes du colloque 1974 : terres et paysans dépendants.

Ces ouvrages sont publiés par les annales littéraires de l'université de Besançon aux éditions « Les belles lettres ».

- Fouilles

ERA n° 525 - Lyon

Dès le début de l'année 1976, l'équipe de recherches d'archéologie médiévale s'est occupée de quatre chantiers répartis sur Lyon et sur Vienne, deux chantiers commencés depuis 1972 et deux nouveaux chantiers de sauvetage.

A Lyon, dès le début du mois de janvier, l'équipe a dû procéder à des sondages dans la partie occidentale du chantier de Saint-Just pour vérifier qu'aucun vestige ne se trouvait à l'emplacement prévu d'une rampe d'accès aux garages voisins. De nombreux sondages destinés à mieux connaître le passage des constructions gallo-romaines à l'église paléochrétienne ont ensuite été effectués. Des plans ont été confectionnés pour chacune des périodes de construction du V^e au XIII^e siècles.

En ce qui concerne le groupe épiscopal, des sondages de vérification ont été effectués à l'emplacement des maisons détruites au nord de la cathédrale. Plusieurs structures appartenant au baptistère du V^e siècle ont été retrouvées. Le dégagement de l'ancien couloir de communication entre Saint-Jean et Saint-Etienne a permis d'effectuer un sondage en profondeur et de mettre à jour le mur nord de l'ancienne cathédrale à l'époque romane et à l'époque paléochrétienne. A Saint-Laurent, l'essentiel des efforts a porté sur l'église funéraire située au sud de Lyon, et partiellement fouillée en 1947. La découverte de l'abside construite en énormes blocs de choix de remploi permet une reconstitution d'ensemble du plan (abside orientale, transept très débordant, trois nefs et portiques). Les sépultures de toutes sortes retrouvées intactes au sud-ouest datent la dernière époque de construction du VII^e siècle, mais l'édifice le plus ancien pourrait remonter au V^e siècle par comparaison avec Saint-Jean.

A Vienne, l'ancienne église paroissiale Saint-Georges (annexe de Saint-Pierre), menacée de destruction, était conservée à l'intérieur de l'ancienne perception. Trois étages de construction, correspondant chaque fois à un agrandissement vers l'est, ont pu être déterminés par deux sondages importants à l'intérieur de l'édifice et par une étude du mur sud. Une sépulture du VII^e siècle date la première construction.

A côté de ce travail en extérieur, l'équipe a avancé le lavage, le numérotage et le recollage des tessons provenant de Saint-Etienne et du puits de Saint-Croix.

Le deuxième semestre verra la fin de la fouille du groupe épiscopal : il faut achever la fouille du puits de Saint-Croix et étudier sa liaison avec l'abside de l'église voisine, repérer sur la plus grande longueur possible l'enceinte présumée du cloître. L'église Saint-Laurent doit être mieux connue dans ses origines : il faut descendre les sondages sur la plus grande surface possible et en profondeur ; il faut également trouver les sépultures correspondant aux périodes antérieures.

De même à Saint-Georges, les sondages doivent être étendus à toute la surface de l'édifice, d'autres sondages sont prévus à

l'extérieur de l'abside de Saint-Pierre et dans l'annexe nord-est (prothèse ?). L'étude de la céramique doit être poursuivie. Des rapports ont été établis avec une nouvelle société d'anthropologie pour l'étude des sépultures.

Publication : Pierre Guichard « Al-Andalus, estructura antropologica de una sociedad islamica en Occidente » ; Barcelona, Barral Editores, février 1976.

— Evolution des structures familiales
ERA n° 579 — Lyon

L'institut de droit comparé qui poursuit des activités d'enseignement et de recherche, a entrepris une série d'études comparatives sur l'évolution des structures familiales en droit comparé.

En ce qui concerne la méthode, il est envisagé de publier, dans un premier temps, une série de fascicules décrivant l'évolution du droit de la famille dans divers pays, unis par un même degré de civilisation, mais représentant des traditions juridiques autonomes. Il est prévu, dans un second temps, de procéder à une étude comparative des données nationales concrètes ainsi obtenues afin de dégager les tendances caractéristiques de l'évolution contemporaine des structures familiales.

— Régime juridique des océans
RCP n° 258 — Nice

Les chercheurs de la RCP « régime juridique de l'espace océanique » poursuivent leurs travaux sur la position des États-Unis dans le cadre de la conférence des Nations Unies sur « Le droit de la mer » en vue d'une prochaine publication. Cette conférence vient de réunir sa 4ème session à New York de mars à mai 1976.

Les travaux du colloque sur les problèmes juridiques et économiques posés par l'exploration, l'exploitation et le transport du pétrole marin, réuni en mai 1974 à Nice, vont faire l'objet d'une publication aux Presses Universitaires de France sous le titre : « Le pétrole et la mer ».

— Publication

RCP n° 292 — Paris

Y. Coppens, F. Clark Howell, G. Isaac et R. Leakey : « Earliest man and environments in the lake Rudolf Basin », ouvrage de 615 pages publié à l'université de Chicago faisant le point des travaux de géologie, de paléontologie animale et humaine et de préhistoire de 4 missions (mission française de l'Omo, mission américaine de l'Omo, réunies sous le

nom d'expédition internationale de l'Omo en Ethiopie, expédition internationale de l'Est Rodolphe et expédition américaine du Turkana au Kenya) ; ces travaux entrepris dans le bassin du lac Rodolphe au Kenya et en Ethiopie depuis 10 ans, sont relatifs à la fin du tertiaire et au début du quaternaire, période privilégiée qui voit dans cette partie du monde apparaître l'homme et l'outil aménagé. Ces travaux sont les actes (mis à jour) d'un colloque, réuni à Nairobi en septembre 1973 auxquels la RCP « anthropologie des hommes fossiles et paléontologie des vertébrés du tertiaire et du quaternaire d'Afrique » a largement participé.

— L'origine des Kirdi Fali

RCP n° 395 — Cestas

Afin de vérifier la tradition orale faisant état de rapports existants entre la culture faliennne actuelle et la civilisation sâo qui s'est développée dans la périphérie tchadienne des XV^e au XVI^e siècles, au Nord, de nombreux sites ont été prospectés dans le département du Logone et Chari, site classique de Maroko aux environs de Kousséri, et surtout, au Sud, dans la région de Waza, les buttes sâo de Zigué, Kabé et Ngamé. A Kabé (site iné-



Kirdi Faliennne : le vent enveloppé de hautes côtes de coton et de linaires en peau de bœuf (Ngamé) (1974).

PHÉMÉRIDES - ÉPHÉMÉRIDES - ÉPHÉMÉRIDES - É

dit), une importante nécropole en doubles jarres a été dégagée et fouillée ainsi que plusieurs structures d'habitations, en particulier de forgerons. A Zigué (100 km au sud de Kousséri, 55 km de Waza), la fouille méthodique pratiquée sur une partie de la butte a permis d'établir une stratigraphie sur une puissance de 4,25 m. Cinq niveaux d'occupation du sol ont pu être mis en évidence qui doivent s'étager du XII^e au XIV^e siècles. Des éléments de datation (os et charbons) ont été recueillis qui viendront éclairer de valeurs chronologiques les différenciations typologiques établies.

La découverte d'une tombe de type falién dans une nécropole sâo, mais à un niveau supérieur, nettement apparente aux sépultures faliennes anciennes de la région de Ngoutchoumi (Benoué) et la découverte de fragments de statuettes anthropomorphes très comparables à celles qui se rencontrent dans les sites culturels anciens du pays fali, tout en accréditant les traditions orales, justifient l'orientation des recherches de la RCP qui permettront de mieux connaître l'histoire du peuplement du Nord-Cameroun. Plusieurs dépôts culturels, des sépultures en doubles jarres ont été fouillés qui ont livré un important matériel archéologique (céramiques, fragments métalliques : fer, cuivre, bronze, cupro-plomb).

Parallèlement à ces recherches archéologiques, les études ethnologiques ont été poursuivies en ce qui concerne la religion, son expression rituelle (cérémonies lignagères, claniques, tribales et inter-tribales), la vie sociale, surtout en ce qui concerne les ménages polygames (motivations, choix des épouses, hiérarchie formelle et relative, distribution des tâches, rapports avec le mari, relations internes, sources de conflits, règlements, incidences économiques, places des enfants, etc...). Enfin, dans le cadre plus vaste d'enquêtes anthropologiques sur les populations du Cameroun, des études ont été effectuées en collaboration avec l'équipe de l'hôpital de Garoua sur la détermination radiographique de l'âge osseux, l'expérimentation de la constance relative au sein d'une même population de l'indice pygéal, l'état sanitaire.

Les bases d'une étude d'anthropologie alimentaire ont également été jetées malgré les difficultés locales qu'elle présente en raison de la dispersion de l'habitat et des fluctuations incessantes de la population.

- Economie du travail

Les 1^{er} et 2^e mars s'est tenue à l'institut d'études de l'emploi de Toulouse la réunion annuelle des équipes de recherches

du CNRS en économie du travail. Lors de la première réunion en janvier 1973 au LEST (laboratoire d'économie et de sociologie du travail) d'Aix-en-Provence avait été admis le principe d'une table ronde annuelle permettant d'une part une information mutuelle entre les chercheurs et d'autre part quelques séances de travail sur des thèmes recoupant les préoccupations des diverses équipes. Cette année, la réunion a regroupé des chercheurs de 9 équipes, en dehors de celle de Toulouse : IREP (institut de recherche et de planification), (Grenoble) ; séminaire d'économie du travail (Paris I) ; travail et société (Dauphine) ; centre d'études sur le capitalisme (Vincennes) ; CEPREMAP (centre d'études prospectives d'économie mathématique appliquée à la planification), CNAM (conservatoire national des arts et métiers) (département de physiologie du travail), service d'études de l'activité économique (Paris) ; CRESM (centre de recherches et d'études sur les sociétés méditerranéennes) (Aix-en-Provence) ; LEST (Aix-en-Provence).

La première matinée a permis à chaque équipe de présenter brièvement les travaux récents ou en cours. L'après-midi du 1^{er} mars et la journée du 2 ont été consacrées à la présentation et à la discussion de six documents de travail, ordonnés autour de trois thèmes principaux : les processus de division du travail et les classifications d'emplois ; le fonctionnement du marché du travail et les relations emploi-formation.

Il a été par ailleurs décidé de resserrer les liens entre les équipes, notamment en envisageant la création d'un bulletin qui permettrait une information réciproque sur les études en cours, les thèses de 3^e cycle ou de doctorat.

Rendez-vous a été pris pour Grenoble l'année prochaine.

Pendant les périodes qui séparent deux réunions toute correspondance peut être adressée à F. Michon (séminaire d'économie du travail, Paris I, Tolbiac), et J.J. Silvestre (LEST, chemin du Coton-Rouge, Aix-en-Provence).

Mathématiques et informatique

- Journées mathématiques

RCP n° 365 - Aubière

La RCP « journées mathématiques » administre, en ce qui concerne la participation du CNRS, les journées mathématiques organisées conjointement par le CNRS, la société mathématique de France et les universités.

Les 5 et 6 février se sont tenues à Strasbourg des journées sur l'analyse multivariée. Les participants ont confronté les

divers types de problèmes mathématiques suscités par des questions d'analyse multivariée.

Des problèmes de décomposition, relatifs en particulier aux lois de Wishart, ont été présentés ou résolus à partir de la présentation des lois gamma sur les cônes homogènes. Certaines familles remarquables de variables aléatoires portées par des cônes ont été retrouvées à partir de solutions de l'équation des ondes. Les lois gamma décentrées ont été étudiées. Des méthodes permettant d'aborder les questions de dimension infinie ont été exposées. Les derniers résultats sur les α -décompositions des lois indéfiniment divisibles multivariées ainsi qu'une caractérisation de « loi gamma bivariée » par une propriété de régression nulle par rapport à une certaine statistique vectorielle ont été présentés. Par ailleurs, les journées d'analyse convexe, organisées à Murat-le-Quaire du 1^{er} au 5 mars, ont permis d'établir en analyse convexe des contacts entre chercheurs de province et de Paris, contacts qui se sont matérialisés par la formation de petits groupes de travail parallèlement aux conférences plénières. Un premier groupe s'est intéressé à la théorie de l'optimisation et a développé les fondements d'une théorie de la polarité relativement aux fonctionnelles quasi-convexes. Il s'est également intéressé à la dérivée de la performance d'un programme non convexe dans $\mathbb{R}^n$. Un algorithme général de type « échange » sans hypothèse de Haar ou d'itérativité pour résoudre minimiser une fonctionnelle convexe non différentiable sur une variété affine de $\mathbb{R}^n$ a été présentée.

Un second groupe s'est intéressé à l'analyse convexe stochastique. Des résultats nouveaux concernant la convergence de convexes dans les cas déterministe et stochastique et des résultats concernant les propriétés des mesures vectorielles à variation bornée ont été exposés. La génération monotone et en profil d'une multi-application borélienne à valeurs convexes dans $\mathbb{R}^n$ a fait l'objet d'un exposé.

Un troisième groupe a pu montrer comment l'analyse convexe est un outil puissant en mécanique et pour la résolution d'équations aux dérivées partielles. Ce groupe a mis en évidence des dualités des théorèmes statiques et cinématiques dans la théorie de l'adaptation aux milieux continus élastoplastiques.

Deux résultats d'existence (dont l'un constructif) pour des inéquations quasi-variationnelles abstraites ont été donnés et une application à un problème aux limites non linéaire, non standard, de la physique des plasmas a été traitée.



Festival international du livre - Nice.

Un théorème de trace en $t=0$ pour des fonctions de $L^2(0,T; H^1(\Omega))$, qui permet d'interpréter les sous-solutions d'un problème unilatéral d'évolution avec obstacle irrégulier a été présenté et une estimation sur la sous-solution maximum, qui conduit à des résultats de régularité a été obtenue.

Un quatrième groupe s'est occupé de l'économie mathématique. Il a donné un théorème de surjectivité pour la procédure de planification de Dreze, Malinvaud et de la Vallée Poussin. Il a présenté des conditions suffisantes d'existence de trajectoires monotones pour des macro-systèmes dynamiques. Des problèmes d'équilibre économique ont été étudiés.

Un cinquième groupe a traité d'applications diverses : il s'est occupé de la localisation du support d'un contrôle optimal. Il a donné les bases d'une nouvelle théorie des noyaux d'espace de Banach, et de nouveaux résultats généraux sur les opérateurs monotones dans les espaces de Banach.

Du 2 au 4 mars se sont tenues à l'université Claude Bernard de Lyon des journées « langage et structures ». Des conférences ont traité de la théorie des modèles, de la théorie des démonstrations, de la théorie des ensembles et de la philosophie des fondements. Ainsi s'est manifestée la vitalité de la contribution française aux recherches en logique. Les exposés paraîtront dans les publica-

tions du département de mathématiques de l'université de Lyon I.

Enfin, les 4 et 5 mars se sont tenues, à Strasbourg, deux séances du séminaire de probabilités. Plusieurs thèmes ont été développés : les processus gaussiens, la théorie des martingales, les processus de Markov, la théorie des flots. Quelques sujets de théorie générale des processus ont été exposés : balayage et changements de temps, processus ponctuel avec exclusion, limite faible et fonctions boréliennes et sa version probabiliste.

Enfin, une introduction à l'analyse fine a été faite, à savoir l'analyticité dans $\mathbb{R}^n$ liée à l'opérateur « laplacien itéré ». Ces différents exposés paraîtront, comme chaque année, dans un volume des « lectures notes », Springer.

Rencontres

Tables rondes

26 - 30 avril - Colloques

Conférence EUCHEM, chimie aux interfaces, sur l'état - la structuration en particulier - des liquides aux interfaces, organisée par l'équipe « couches monomoléculaires et membranes bimoléculaires » (ER n° 99), de Paris. Les thèmes suivants ont été abordés : structuration des paraffines normales liquides en contact avec la graphite ; structuration de l'eau près des électrodes métalliques ;

structuration des cristaux liquides en films minces et près de leur surface libre. Divers autres sujets où cette structuration pourrait intervenir, importants pour leur intérêt pratique, ont été traités : l'adhésion des polymères, la flottation, l'hétérocoagulation, la nucléation, la stabilité des interfaces et des films minces de solution de détergents.

Ainsi l'un des buts du programme était d'attirer l'attention sur un aspect - la structuration aux interfaces - qui est encore peu considéré dans les études des systèmes interfaciaux et colloïdaux.

21 - 23 mai - Strasbourg

Table ronde sur l'apport des médecines asiatiques à la médecine universelle, organisée par M. Guy Mazars, séminaire sur les sciences et les techniques en Asie et par M. Lun Bang et M. Guy Quirion, responsable de la RCP n° 344 « étude chimique de drogues extrême-orientales », de Strasbourg. Cette table ronde a réuni une vingtaine de participants représentant des disciplines très variées (médecine, pharmacologie, physiologie, philologie, chimie, biochimie, biophysique, psychiatrie).

Après un échange d'informations critiques sur les sources de documentation (notamment chinoises et indiennes), la discussion a surtout porté sur les pratiques originales des médecines asiatiques (acupuncture, phyto-thérapie, techniques respiratoires, yoga, etc.). Dans chaque cas, on a particulièrement cherché à définir correctement la technique étudiée dans son contexte historique, culturel et social et à préciser les problèmes de nomenclature médicale (identification des maladies), botanique (identification des plantes médicinales) et anatomique. Dans chaque cas également, les bases « rationnelles » de ces techniques ont été discutées, en faisant appel notamment aux expériences sur l'animal et aux connaissances de physiologie. Les participants à la table ronde ont d'autre part cherché à évaluer les perspectives offertes au développement en Europe de techniques fondées sur une tradition asiatique, notamment de l'acupuncture.

Dans ce dernier domaine, en particulier, les participants ont considéré qu'une évaluation clinique sérieuse, et des études scientifiques critiques, ne seront possibles que quand cette technique thérapeutique fera l'objet d'un enseignement expérimental officiel.

Exposition

1er - 6 mai - Nice

Participation du CNRS au festival international du livre.

Au jour le jour

1 - 2 septembre - Bulgarie

Visite du directeur général du CNRS à l'invitation de l'académie des sciences de Bulgarie.

7 - 9 septembre - Paris

Réunion entre le CNRS et le conseil national du développement scientifique et technique du Brésil (CNPQ) concernant la coopération entre ces deux organismes.

13 septembre - Nice

Inauguration du 9ème congrès de l'union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques à l'occasion duquel le CNRS présente une exposition intitulée : « Le CNRS et la préhistoire sur les cinq continents : 3 millions d'années, l'aventure humaine ».

13 septembre - Valbonne

Inauguration du centre de recherches archéologiques.

15 - 16 septembre - Paris

Visite de Sir Brian Flowers, président de la fondation européenne de la science et du docteur F. Schneider, secrétaire général, à l'invitation de la DGRST, du CNRS et de l'INSERM.

28 - 29 septembre - Tromsø (Norvège)

Réunion du conseil de la société EISCAT (sondeur à diffusion incohérente).

La vie des laboratoires

- Formation permanente

Centre de documentation scientifique et technique - Paris

Le centre organise un stage d'initiation et de perfectionnement en documentation à l'intention des chercheurs et documentalistes du CNRS.

Ce stage a un double objectif : il doit permettre aux chercheurs et aux documentalistes qui y participent de prendre connaissance des techniques modernes de documentation ce qui est pour le centre l'occasion de présenter les différents services qu'il est susceptible de leur offrir.

En retour, les discussions organisées en cours de stage ainsi qu'un questionnaire rempli par les stagiaires en fin de session, doivent contribuer à mieux faire connaître les difficultés et les besoins des chercheurs dans le domaine de la documentation.

Quatre sessions de trois jours chacune ont été prévues pour l'année 1976 : deux sessions se sont déroulées au mois d'avril et juin. Deux autres sessions auront lieu du 28 au 30 septembre et du 29 novembre au 1er décembre.

- Table ronde

ERA n° 328 - Tours

L'institut de biocénologie expérimentale des agrsystèmes organise le 18 septembre une table ronde sur « la liaison entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée dans l'étude expérimentale des biocénoses terrestres ».

- Journées d'études internationales ER n° 130 - Dijon

Le centre de recherche sur le droit des marchés et des investissements internationaux organise les 30 septembre, 1er et 2 octobre 1976 des journées d'études sur le thème « transferts de technologie et développement ». Pour tous renseignements s'adresser au secrétariat du centre. Université de Dijon - 4, bd Gabriel - 21000 Dijon - tél. 30.66.42

Séjour de longue durée de personnalités scientifiques étrangères

- Séjour au centre de sédimentologie et de géochimie de la surface de Strasbourg, du docteur Alena Gimbalnikova, chef du laboratoire des formations couvertes de l'institut de géologie de Prague, à partir du mois de septembre et de M. John D. Adshead, minéralogiste au Soil research institute d'Ottawa du mois de juin au mois d'octobre.

- Séjour au sein de l'ERA n° 323 « métabolisme des lipides dans la cellule végétale », de Paris, du professeur Mizuhiro Yamada de l'université de Tokyo, du mois d'octobre au mois de décembre et du docteur Boris Vartapetian de l'institut de physiologie végétale de l'académie de Moscou, pendant le mois d'octobre.

- Séjour au centre de mécanique ondulatoire appliquée, de Paris, de M. Elson Longo-Da Silva de l'université de Sao Carlos (Brésil) pendant trois ans pour travailler sur l'application de la mécanique ondulatoire en pharmacologie et du professeur Tapia de l'université d'Uppsala (Suède) pendant un an, pour travailler sur l'effet de l'environnement sur les propriétés moléculaires.

- Séjour pour un an au centre de recherches sur la synthèse et la chimie des minéraux, d'Orléans, du professeur W.S. MacKenzie, de l'université de Manchester.

- Séjour pour un an au centre de géomorphologie de Caen du professeur Yugo Ono, du centre de recherches sur l'environnement de l'université de Tsukuba, à partir du 1er juillet.

- Séjour au laboratoire de mycologie (LA n° 44), de Villeurbanne, du docteur Tadashi Kumagai de l'institute for agricultural research, Tohoku university, Sendai, Japon. Ce chercheur, engagé dans des recherches sur la photobiologie des champignons, souhaite contacter des

myco-physiologistes dont les travaux portent sur la photomorphogénèse des carpophores de Basidiomycètes.

- Séjour pour un an au laboratoire de magnétisme de Bellevue, du Dr. Eagles, chercheur théoricien australien dépendant du CSIRO, organisme public de recherche australien.

- Séjour pour un an à partir du mois de novembre au laboratoire d'hémostase et de thrombose expérimentale (ERA n° 335), de Paris, du docteur Pierre Castaldi, directeur du service d'hématologie, professeur associé du département de médecine de l'université de Melbourne.

- Séjour au laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes, de Toulouse, du professeur Michio Sugeno, du département of electrical and electronics engineering - Londres pour une durée de six mois à partir du 1er septembre et du professeur Madan Singh, de l'université d'engineering, department control engineering group - Cambridge, pour une durée de un an à partir du 1er octobre.

- Séjour au sein du groupe d'études de métallurgie physique et de physique des matériaux (ERA n° 463), de Lyon, du professeur A. Higashi de l'université de Hokkaido (Sapporo), spécialiste des sciences de la glace, à partir du mois de septembre.

- Séjour au laboratoire d'optique électronique, de Toulouse, du professeur G.R. Piercy de l'université McMaster d'Hamilton (Canada), spécialiste d'irradiation et de frottement interne, jusqu'au mois d'août ; du docteur D. Vesely de l'université de Liverpool, spécialiste des déformations plastiques des matériaux à structure cubique centrée et de polymères, jusqu'au mois d'août ; et du docteur E. Patil Butler de la Royal school of mines - Londres, spécialiste d'expérience « in situ » (transformation de phases) en microscopie électronique à haute tension, jusqu'au mois de septembre.

- Séjour au sein du groupe de recherche sur la régulation métabolique des voies de biosynthèse et ses aspects moléculaires (GR n° 30) de Paris, du professeur Emmett J. Johnson de Tulane University, New Orleans, Etats-Unis, jusqu'au 1er septembre et du docteur Oliver Smith de Marquette University, Milwaukee, Etats-Unis jusqu'au 1er octobre.

Colloques

16 - 20 août - Nice

Colloque sur les problèmes posés par la convection thermique dans les étoiles, parrainé par l'union astronomique internationale et organisé par l'observatoire de Nice (LA n° 128). Le but est de réunir

A L'AFFICHE - A L'AFFICHE - A L'AFFICHE - A L'A

des astrophysiciens et des spécialistes de la mécanique des fluides.

30 septembre - 1er-2 octobre - Dijon
Colloque sur les transferts de technologie et le développement, organisé par le centre de recherche sur le droit des marchés et des investissements internationaux (ER n° 130), de Dijon, en collaboration avec le centre de recherche sur l'URSS et les pays de l'Est, de Strasbourg, le CERC (centre d'étude et de recherche sur la coopération internationale), de Nice, et l'IREP (institut de recherche économique et de planification), de Grenoble.

5 - 6 octobre - Toulouse
Journées de formation sur la « commande et la gestion des systèmes complexes » organisées par le laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes, de Toulouse. Les recherches sur la maîtrise des systèmes complexes, notamment par introduction de structures de commande ou de gestion hiérarchisées ne sont pas nouvelles. Les premiers travaux apparaissent en effet dès 1964-1965 aux Etats-Unis et en Pologne surtout. Il faut attendre 1969, en France, pour voir se dessiner cette nouvelle orientation, mais depuis, grâce au support de la DGRST et du CNRS un important effort de recherche a été réalisé. On ne peut pourtant dire que les applications ont suivi cette évolution et ici, plus que partout ailleurs sans doute, le « gap » entre théorie et application est très important. L'objectif essentiel de ces journées d'étude est de précisément contribuer à la réduction de cet écart, non pas en présentant un certain nombre de résultats théoriques, ce qui a déjà été fait de nombreuses fois, mais en développant certaines applications effectives ou en réfléchissant sur des applications potentielles que nous souhaitons voir présenter par les représentants du monde industriel. Le programme comprend trois sessions portant sur : analyse, décomposition, agrégation ; commande hiérarchisée des systèmes complexes ; gestion des systèmes complexes.
Une table ronde sur le thème « Comment mieux développer les applications sur les systèmes complexes ? Quels problèmes nouveaux apparaissent ? » terminera les journées.

8 - 9 octobre - Chambéry
Colloque sur la communication périodique au XVIII^e siècle, organisé par le centre d'études du XVIII^e siècle (ERA n° 434), de Lyon, conjointement avec le centre d'étude des sensibilités de Grenoble. Ce colloque portera sur l'étude synchronique de l'année 1734 (produc-

tion imprimée, analyse quantitative des journaux, phénomènes culturels et sociaux), sur la typologie des périodiques, sur la notion de « journal ». Il vise à élucider le contenu, la structure, la fonction de la production périodique selon une coupe chronologique qui permette une enquête systématique.

28 octobre - Madrid
Colloque interdisciplinaire sur « la plaza Mayor » organisé par l'équipe « problèmes du Midi de l'Espagne » (ERA n° 360), de Madrid.

Rencontres

Colloques internationaux du CNRS

30 août - 1er septembre - Toulouse et Paris

« Anthropologie et biologie des populations andines », organisé par le professeur J. Rafflé, directeur du centre d'hémotypologie de Toulouse.

8 - 9 septembre - Paris
« Evolution des galaxies et leurs implications cosmologiques », organisé par le professeur Pecker, directeur de l'institut d'astrophysique de Paris.

8 - 11 septembre - Saint-Raphaël
« Utilisations présentes et potentielles des métaux de transition en synthèse organique », organisé par M. Hugh Felkin, directeur de recherche au CNRS, le professeur H. L.H. Green (Oxford), M. Mathieu, directeur des recherches prospectives de la société Roussel-Uclaf et M. Swierczewski, chargé de recherche au CNRS.

13 - 18 septembre - Tours
« Comportement des insectes et signaux issus du milieu trophique », organisé par le professeur V. Labeyrie, directeur du laboratoire d'écologie expérimentale (ERA n° 328) de Tours.

20 - 25 septembre - Toulouse
« Mécanismes de la rudimentation des organes chez les embryons de vertèbres », organisé par M. A. Raymond, directeur de recherche au CNRS.

15-20 octobre - Paris
« Armée et fiscalité dans l'Antiquité », colloque national organisé par M.A. Chastagnol, professeur à l'université de Paris IV, H.C. Nicolet, professeur à l'université de Paris I et le professeur Van Effenterre, directeur du centre Gustave Glotz.

2-5 novembre - Marseille
« Systèmes transporteurs d'électrons chez les micro-organismes », organisé par le professeur J. Senez, directeur du

laboratoire de chimie bactérienne, de Marseille.

18-20 novembre - Paris
« Le capital dans la fonction de production », organisé par le professeur J. de Bandt, directeur de l'institut de recherches en économie de la production (ER n° 128), de Nanterre.

7-10 décembre - Ivry
« Ecologie et géologie de l'Himalaya », organisé par M. C. Jost, maître de recherche au CNRS, responsable de la RCP n° 253, « recherches sur l'écologie et la géologie de l'Himalaya central », de Paris.

Colloques associés

Septembre - Toulouse
« Les comportements d'épargne et de consommation » colloque organisé en association avec l'UER de sciences économiques de Toulouse et l'association française de sciences économiques par le professeur J. de Bandt de l'université de Paris X.

6 - 10 septembre - Grenoble
« Congrès européen des statisticiens », organisé en association avec l'université de Grenoble par le professeur J.R. Barra de l'université scientifique et médicale de Grenoble.

6 - 10 septembre - Nice
« Bilan énergétique et hydrodynamique de la chromosphère et de la couronne », colloque organisé en association avec l'union astronomique internationale par M. R.M. Bonnet, maître de recherche au CNRS, directeur du laboratoire de physique stellaire et planétaire (GR n° 17) de Verrière-le-Buisson.

6 - 10 septembre - La Grande Motte
« 3^e conférence internationale IUPAC de chimie organique physique », organisée par le professeur G. Lamaty de l'université des sciences et techniques du Languedoc et le professeur P. Geste du laboratoire de chimie organique physique appliquée.

6 - 10 septembre - Tours
« 3^e congrès international d'études néo-latines », organisé en association avec l'université de Tours et l'association internationale d'études néo-latines par le professeur J.C. Margolin du centre d'études supérieures de la Renaissance de l'université de Tours.

7 - 9 septembre - Paris
« Lex novae », colloque organisé en liaison avec l'union astronomique internationale par M. M. Friedjung, chargé de recherche au CNRS.

7 - 8 octobre - Besançon
« Méthodes mathématiques appliquées à

FRICHE - A L'AFFICHE - A L'AFFICHE - A L'AFFICHE

la géographie », colloque organisé en association avec l'université de Besançon par M. J. Ph. Masson, maître de conférences à l'université de Besançon et M. J. C. Wieber, chargé d'enseignement.

4 - 5 novembre - Sévres

« La réplication du DNA dans les cellules eucaryotes », colloque organisé par Mme de Recondo, maître de recherche au CNRS.

Tables rondes du CNRS

Avril - Paris

« Explication théorique des nouvelles résonances (physique des particules fondamentales) », table ronde organisée par M. Ph. Meyer, directeur du laboratoire de physique théorique de l'école normale supérieure, M. Bouchiat, directeur de recherche au CNRS et M. Iliopoulos, maître de recherche au CNRS.

Septembre - Toulouse

« L'automatisme et les travailleurs industriels : étude optionnelle acier », table ronde organisée par Mme Y. Lucas, chargée de recherche au CNRS.

2 - 9 septembre - Paris

« 42ème congrès international des américanistes », organisé par M. Jacques Lafaye, professeur à l'université de Paris-Sorbonne.

6 - 9 septembre - Grignon

« L'approche structurale et cinétique des fonctions de la membrane du plasma », table ronde organisée par M. A. Paraf, directeur de recherche à l'INRA et le professeur Nicolai du Max Planck Institut - Mulheim.

10 - 12 septembre - Aix-en-Provence

« Représentations du monde et organisation sociale (Andes et Meso-Amérique) », table ronde organisée par M. P. Duviols, professeur à l'université de Provence (Aix-Marseille II).

13 - 15 septembre - Pont-à-Mousson

« Rôle des hyperbases dans les réactions d'élimination et la chimie carbanionique », conférence EUCHEM organisée par le professeur P. Caubère de l'université de Nancy I.

13 - 15 septembre - Paris

« Les divers états d'organisation des matériaux solides », réunion franco-polonaise organisée par le professeur R. Collongues de l'école nationale supérieure de chimie de Paris.

13 - 17 septembre - Chantilly

« 2ème symposium syriacus », organisé par M. A. Guillaumont, directeur d'études à l'école pratique des hautes études.

13 - 18 septembre - Nice

Dans le cadre du IXème congrès de

l'union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques, organisé par M. H. De Lumley, maître de recherche au CNRS, cinq tables rondes sont organisées sur les sujets suivants :

- « Datations absolues et analyses isotopiques en préhistoire : méthodes et limites » : responsable scientifique : M. Jacques Labeyrie, directeur du centre des faibles radioactivités de Gif-sur-Yvette et Mme Claude Lalou, sous-directeur de ce centre.

- « Les plus anciens hominidés » : responsable scientifique : M. Ph. V. Tobias de l'université de Witwatersrand - Johannesburg et M. Y. Coppens, responsable de la RCP n° 292 - « anthropologie des hommes fossiles et paléontologie des vertébrés du tertiaire et du quaternaire d'Afrique », de Paris.

- « Les structures d'habitat au paléolithique supérieur » : responsable scientifique : le professeur A. Leroi-Gourhan, responsable de l'ERA n° 52 - « ethnologie préhistorique », de Paris.

- « La préhistoire océanienne » : responsable scientifique : M. J. Garanger, maître de recherche au CNRS.

- « Les mouvements celtiques à partir du Vème siècle avant notre ère » : responsables scientifiques : M. P. M. Duval, professeur au collège de France et M. V. Kruta de l'école pratique des hautes études.

18 - 22 septembre - Chantilly

« Les stoïciens et leur logique », table ronde organisée par M. Brunschwig, chargé d'enseignement à l'université de Picardie-Amiens.

20 - 24 septembre - Villeurbanne

« 3ème colloque franco-soviétique sur la catalyse », organisé par M. P. Ch. Gravelle, sous-directeur de l'institut de recherches sur la catalyse de Villeurbanne.

20 - 30 septembre - Tokyo

3 colloques franco-japonais sont organisés :

- « Physique nucléaire » : responsables scientifiques : Mme Faraggi, chef de département de physique nucléaire au C.E.A. et M. Sakai, directeur de l'institut de recherche nucléaire de l'université de Tokyo.

- « Mathématique » : responsables scientifiques : M. Lions, professeur au collège de France et M. Fujita, professeur à l'université de Tokyo.

- « Géographie : urbanisme » : responsables scientifiques : M. Pinchemel, professeur à l'université de Paris I et M. Kobori, professeur à l'université de Tokyo.

21 - 24 septembre - Toulouse

« 2ème conférence européenne sur les circuits à l'état solide », organisée par

M. H. Martinot, directeur adjoint du LAAS de Toulouse.

21 - 26 septembre - Montpellier

« Les faunes de mammifères du paléogène d'Eurasie », table ronde organisée par M. J. L. Hartenberger, chargé de recherche au CNRS.

30 septembre - 2 octobre - Dijon

« Transferts de technologie et développement », table ronde organisée par M. Ph. Kahn, directeur du centre de recherche sur le droit des marchés et des investissements internationaux (ER n° 130) de Dijon.

11 - 15 octobre - Québec

« Congrès francophone international d'immunologie (sous les auspices conjointes des sociétés française et canadienne d'immunologie), organisé par le docteur G. A. Voisin de l'INSERM.

14 - 16 octobre - Strasbourg

« La chimie théorique : aspects conceptuels et applications », table ronde organisée par M. G. Berthier, directeur de recherche au CNRS et M. P. Verneulin, assistant.

Octobre - Lille

« Le langage, les langues et les conditions d'une linguistique générale », table ronde organisée par M. A. Joly, directeur du centre interdisciplinaire de recherche en linguistique de Lille.

3 - 5 novembre - Carry le Rouet

« Décolonisation et développement au Maghreb », table ronde organisée par M. Flory, directeur du centre de recherches et d'études sur les sociétés méditerranéennes (LA n° 150), d'Aix en Provence.

22 - 26 novembre - Gif-sur-Yvette

« Modèles macro-économiques », colloque bilatéral franco-américain organisé par M. Courbis, professeur à l'université de Paris X.

26 - 28 novembre - Paris

« Jaurès et la classe ouvrière », table ronde organisée par Mme Reberlioux, vice-présidente de la société d'études jaurésiennes.

Expositions

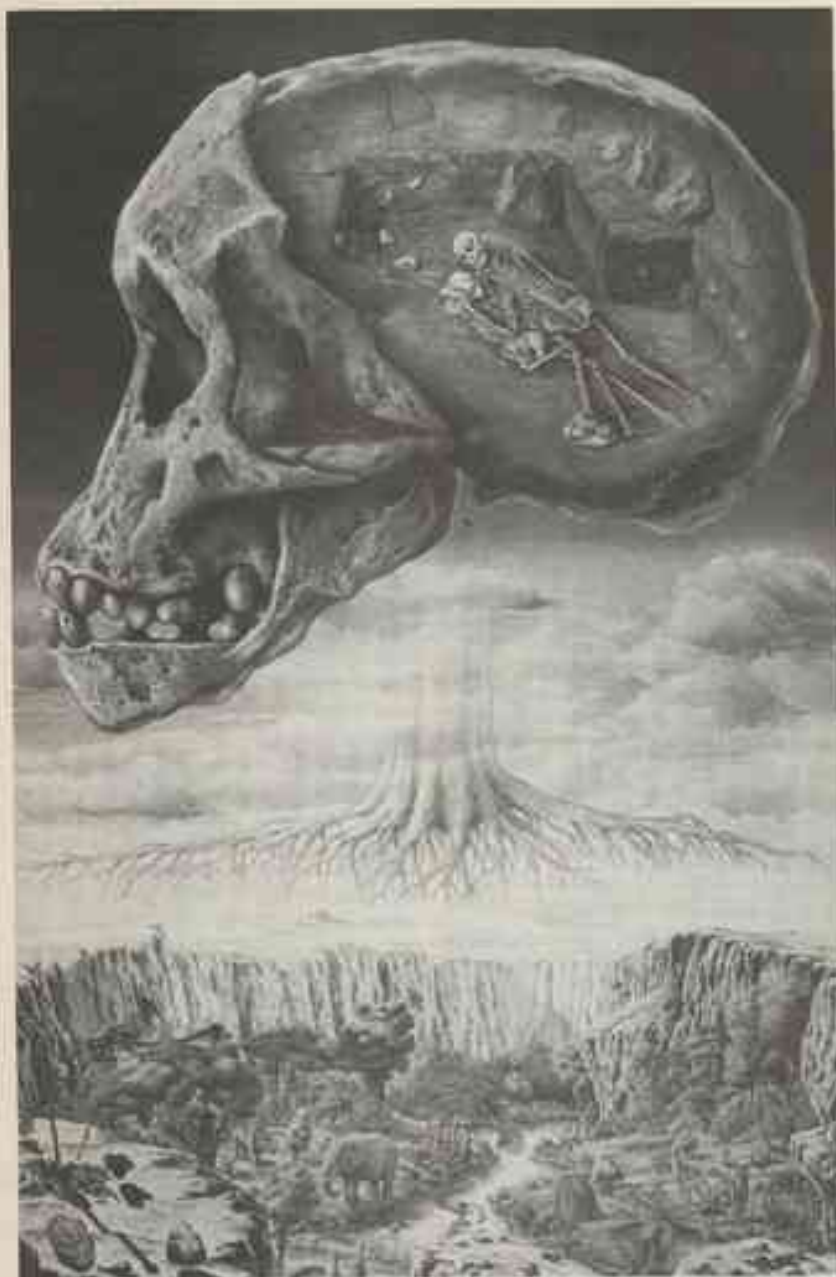
15 juillet - 31 août - Paris

Participation du CNRS à l'exposition sur « la guerre au Moyen Age », organisée par M. Jean Glenisson, directeur de l'institut de recherche et d'histoire des textes, de Paris.

23 août - 2 septembre - Grenoble

Participation du CNRS à la XVII^e assemblée générale de l'union astronomique internationale.

A L'AFFICHE - A L'AFFICHE - A L'AFFICHE - A L'A



Exposition intitulée : « Le CNRS et la préhistoire sur les cinq continents, 3 millions d'années, l'aventure humaine ».

1er - 30 septembre - Paris (Hall du CNRS)

Participation du CNRS à l'exposition organisée à l'occasion du colloque international sur l'anthropologie et la biologie des populations andines.

12 - 26 septembre - Nice

Exposition intitulée : « Le CNRS et la préhistoire sur les cinq continents, 3 millions d'années, l'aventure humaine », organisée à l'occasion du 9ème congrès de l'union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques.

24 septembre - 10 octobre - Paris

Participation du CNRS à l'exposition intitulée « La France des quatre coins du monde », organisée par le ministère de l'industrie et de la recherche et le secrétariat d'état aux DOM-TOM.

Novembre 1976 - Paris

Exposition sur « l'origine de l'homme », organisée par le laboratoire d'anthropologie et de préhistoire du muséum national d'histoire naturelle avec la participation de plusieurs formations de recherche du CNRS. Cette exposition retrace

l'histoire des cinquante derniers millions d'années qui ont vues émerger l'homme

20 novembre 1976 - 17 avril 1977 - Paris

Participation du CNRS à l'exposition intitulée « 100 ans d'astrophysique », organisée à l'occasion du centenaire de l'observatoire de Meudon.

Novembre 1976 - Paris

Exposition sur « l'origine de l'homme », organisée par le laboratoire d'anthropologie et de préhistoire du muséum national d'histoire naturelle avec la participation de plusieurs formations de recherche du CNRS. Cette exposition retrace l'histoire des cinquante derniers millions d'années qui ont vues émerger l'homme.

6 - 10 décembre - Paris

Participation du CNRS à la 66ème exposition de physique.

Manifestations scientifiques

1er - 6 août - Abbaye de Senanque

VII^e symposium international du club « Attention and Performance », organisé sous la responsabilité de M. J. Requin, maître de recherche au CNRS. Ce symposium réunira des psychologues expérimentaux et des psychophysiciens, européens et américains, spécialistes des problèmes touchant aux processus de traitement des informations sensorimotrices.

20 août - 3 septembre - Darmstadt

8ème congrès international d'esthétique consacré à l'esthétique dans la vie quotidienne et les arts. Thèmes du congrès : époque du Jugendstil (art nouveau) ; objet esthétique comme problème ; expérience esthétique - la société et l'individu ; la portée mondiale des différentes cultures ; esthétique, nature, art de vivre.

20 septembre - Bordeaux

Colloque des ferroélectriciens, organisé par M. Ravez, maître de recherche au CNRS.

20 - 24 septembre - Bonas (Gers)

Journées d'informatique sur le thème « questionnaires et reconnaissance ». Pour tous renseignements, s'adresser à M. Terrenoire U.E.R. de mathématiques, université de Lyon 1, 43 boulevard du 11 novembre 1918 - 69621 Villeurbanne.

21 - 24 septembre - Toulouse

2ème conférence européenne sur les circuits à l'état solide (ESSCIRC 1976), organisée conjointement par le laboratoire d'électronique et de technologie de l'informatique, de Grenoble et le laboratoire d'automatique et d'analyse des sys-

thèmes de Toulouse, sous le patronage de la convention des sociétés nationales d'électriciens de l'Europe occidentale (EUREL) et de la société européenne de physique (EPS). Thèmes de la conférence : circuits intégrés logiques et analogiques ; mémoires ; évolution des technologies conventionnelles et nouvelles technologies ; conception et test de circuits intégrés ; conception assistée par ordinateur ; domaines d'application des circuits intégrés à grande échelle.

27 septembre - 2 octobre - Ile de Céphalonie (Grèce)

Congrès de philosophie de l'art, organisé par la société hellénique des études philosophiques. Thèmes du congrès : les valeurs artistiques ; l'œuvre d'art comme création ; les structures de la création artistique ; philosophie de l'art et structuralisme ; historicisme et phénoménologie en philosophie de l'art ; histoire des doctrines artistiques ; engagement artistique et engagement de l'artiste.

13 - 15 octobre - Bordeaux

Colloque franco-suédois sur l'énergie, organisé par M. Hagemmüller, directeur du laboratoire de chimie du solide, de Talence et M. Jousset-Dubien, responsable de l'ERA n° 167 « photochimie et photophysique moléculaires » de Talence.

Octobre - Paris

Symposium sur l'analyse des manuscrits organisé par le centre d'histoire et d'analyse des manuscrits modernes (CAM). Thèmes du symposium : l'analyse du papier dans l'étude des manuscrits littéraires ; l'analyse optique des écritures cursives ; les problèmes d'analyse textuelle (inventaire de contenu). Pour tous renseignements, s'adresser au CAM, 45, rue d'Ulm - 75230 Paris Cédex 05.

14 - 17 novembre - Chantilly

Symposium sur « Leibniz à Paris » organisé par la Gottfried - Wilhem - Leibniz - Gesellschaft avec, notamment, le concours du CNRS. Pour tous renseignements, s'adresser à M. Robinet, centre d'histoire des sciences et des doctrines, 156, avenue Parmentier - 75010 Paris - Tél. 203.06.35.

18 novembre - Paris

Réunion sur le thème « température et combustion » organisée par la section française de l'institut de combustion. Cette réunion a pour but de préciser la notion de « température dans les milieux en réaction » sur le plan théorique et expérimental. Pour tous renseignements, s'adresser soit à M. N. Manson, ENSMA Poitiers, tél. 41.37.11 ou 41.37.12, soit à M. Delbourgo, centre de recherches sur la chimie de la combustion et des hautes températures d'Orléans, tél. 63.06.17.

25 - 27 novembre - Padoue

Colloque du groupe international de

recherches sur l'esclavage antique (GIREA) organisé par le centre de recherches d'histoire ancienne de l'université de Padoue, en Italie (Bressanone/Brixen).

8 - 10 décembre - Lyon

Journées d'étude sur la caractérisation de solides non cristallins organisées par l'école centrale de Lyon et l'institut de physique nucléaire et placées sous l'égide de la société chimique de France, de la société française de physique, du CEA (DAM) et de la DGRST. Le but de cette réunion est de provoquer la rencontre de scientifiques d'horizons très divers (spécialistes de verres à oxydes, verres semi-conducteurs...) mais travaillant sur les problèmes de caractérisation de solides non cristallins.

Thèmes de ces journées : méthodes thermiques et mécaniques ; méthodes optiques et acoustiques ; méthodes électriques. Pour tous renseignements, s'adresser à M. J.M. Mackowski, laboratoire de chimie nucléaire, institut de physique nucléaire - université Claude Bernard - 43, boulevard du 11 novembre 1918 - 69621 Villeurbanne et M. C. Martelet, laboratoire de chimie, école centrale de Lyon - B.P. 163 - 36, route de Dardilly - 69130 Ecully.

25 - 29 juillet 1977 - Université du Colorado - Boulder

6ème conférence internationale sur les hautes pressions, organisée par l'association internationale pour l'avancement de la recherche et de la technologie aux hautes pressions (AIRAPT). Pour tous renseignements, s'adresser à M. B. Vodar, secrétariat général de l'AIRAPT, L.I.M.H.P., CNRS Bellevue - 92190 Meudon.

5 - 9 septembre 1977 - Montpellier

5ème congrès international de physique dans l'ultraviolet à vide. Pour tous renseignements, s'adresser à Mme N. Pouey, secrétaire du comité d'organisation, L.I.M.H.P. CNRS, 1, place Aristide Briand - 92190 Meudon Bellevue - tél. 027.75.50 p. 20.37.

Automne 1977 - Rabat

Premier congrès international sur les composés phosphorés organisé par l'institut mondial du phosphate sur le thème : « les composés phosphorés et leurs applications autres que les engrais ». Pour tous renseignements, s'adresser à M. Kabbaj, directeur des recherches techniques, institut mondial du phosphate, 8, rue de Penthievre - 75008 Paris.

Divers

- Offre d'emploi

La société du télescope Canada-France-Hawaii recherche un technicien électronique pour le montage, la mise en ser-

vice, l'exploitation et l'entretien des équipements électroniques du télescope.

Expérience professionnelle : 5 ans minimum en électronique générale et matériel/logiciel pour système à mini-ordinateur. Anglais technique indispensable.

Lieu de travail : 1 an en France puis à l'observatoire de Hawaii (4 200 m) 4 jours et nuits consécutifs par semaine. Les candidatures doivent être adressées avec C.V. au bureau de projet télescope C.F.H., 5, place Janssen, 92190 Meudon.

Prix

- Prix Georges Pernoud destiné à récompenser trois des meilleurs auteurs de thèses de pédagogie, psychologie, psychiatrie, pédiatrie, médecine, sociologie, soutenues en France.

Ce prix sera décerné pour la première fois en janvier 1977. Les candidats devront faire parvenir leur thèse avant le 15 octobre, au secrétariat du prix Georges Pernoud - 14, rue de l'Ancienne Comédie - 75006 Paris.

Le nouveau journal de chimie

En janvier 1977, la communauté scientifique française et mondiale disposera d'un nouvel instrument de travail : le nouveau journal de chimie. Copublié par le CNRS et Gauthier-Villars, cette revue sera le premier journal français interdisciplinaire de chimie. Les articles de haut niveau pouvant intéresser plus d'un domaine de la chimie auront une priorité marquée pour la publication. Les textes seront rédigés en anglais, français ou allemand. Un effort particulier portera sur les délais de publication. La revue comprendra des articles, des communications ainsi qu'un courrier traitant de problèmes concernant l'ensemble de la communauté chimique.

Un comité de lecture groupant soixante chimistes du monde entier (dont cinq prix Nobel) garantira la haute qualité de cette publication. Il veillera en particulier à la sévérité de l'arbitrage auquel sera soumis tout article. Le comité de rédaction comprend J.M. Conia, O. Kahn, L. Salem et J. Cantacuzène. Les articles peuvent être soumis à l'adresse suivante : secrétariat de rédaction, Bât. 490, université de Paris Sud - 91405 Orsay.

Dernière heure

Monsieur Bernard P. Grégory, directeur général du Centre National de la Recherche Scientifique depuis septembre 1973, est nommé Délégué général à la recherche scientifique et technique à compter du 9 juillet 1976.

Le point à la fin du 6^e plan

Au moment où sont mises au point les grandes orientations du 7^{ème} Plan, il paraît utile de dresser un rapide bilan des activités de l'Anvar au cours des cinq années du Plan précédent.

Un doublement des activités

La lecture de divers indicateurs situant l'action de l'Agence vis-à-vis des chercheurs d'une part, des entreprises d'autre part, permet de dire que le volume des activités a sensiblement doublé de 1971 à 1975 :

- 2 007 inventions déposées à l'Anvar en 1975 contre 1 059 en 1971
- 116 nouveaux accords d'exploitation des inventions en 1975 contre 66 en 1971
- 12,4 millions de francs de revenus d'exploitation en 1975 contre 4,5 en 1971.

Le portefeuille d'inventions

Chaque année, de nouvelles inventions, sélectionnées sur le triple plan de l'intérêt scientifique et technique, de la valeur des droits attachés à l'invention, et des perspectives d'exploitation industrielle, viennent s'ajouter à celles qui figuraient déjà dans le portefeuille de l'Anvar : 222 en 1971, 464 en 1972, 328 en 1973, 336 en 1974, 437 en 1975. Actuellement, l'Anvar a en charge quelque 1 910 inventions ; près de 1 300 ont franchi les stades préliminaires du traitement et comptent véritablement dans le portefeuille des inventions susceptibles d'être offertes aux entreprises bien que leur état de maturité soit très variable d'un cas à l'autre.

Tout ce travail de sélection doit être constamment remis en cause, que ce soit

pour obsolescence de la technique, antériorisation des résultats ou indifférence manifeste des entreprises. Chaque année, l'Anvar procède aussi à un réexamen au terme duquel elle renonce à traiter les inventions sur lesquelles elle ne peut plus fonder d'espoir suffisant de réussite. Le portefeuille qu'elle entretient se renouvelle donc continuellement, même s'il comprend encore des inventions retenues avant 1969 par le service des brevets et des inventions du CNRS.

Le portefeuille de brevets

La protection des inventions par dépôt d'une demande de brevet est une opération fréquente. Au 31 décembre dernier, 1 039 inventions étaient protégées par 4 545 brevets français ou étrangers. Ce n'est toutefois pas la seule manière de préserver les droits de l'inventeur sur ses résultats. Une part croissante d'inventions (254 inventions en 1975) correspond à des dossiers techniques non brevetés, mais susceptibles de donner lieu à des licences d'exploitation.

Le portefeuille de licences

Les 601 licences qui font partie au 31 décembre 1975 du portefeuille de licences de l'Anvar correspondent à 592 inventions. Si 422 inventions sont protégées par des brevets, 170 inventions sont protégées uniquement par des accords de secret, soit presque une sur trois. C'est ainsi que sont exploités des résultats en informatique (produits logiciels) dont la loi ne prévoit pas qu'ils puissent être protégés par un brevet.

Le taux de commercialisation des inventions défini comme le rapport du nombre d'inventions commercialisées par au moins une licence au nombre total d'inventions du portefeuille de l'Anvar,

s'établit à 46 %. Il est en progrès régulier d'une année sur l'autre : 31 % en 1971, 36 % en 1972, 40 % en 1973 et 44 % en 1974. On peut penser que ce taux est actuellement proche du maximum admissible, au-delà duquel le long terme serait sacrifié de façon abusive au court terme. Le taux de commercialisation des seules inventions brevetées s'établit à 41 % en 1975, contre 37 % en 1974, 33 % en 1973, 30 % en 1972 et 24 % en 1971. La différence entre les deux taux s'explique par le fait que l'Anvar renonce plus rapidement à conserver une invention non brevetée qui ne trouve pas preneur dans l'industrie.

Le taux d'exploitation des licences est défini comme le rapport entre le nombre de licences actuellement en vigueur et ayant rapporté au moins une fois un revenu et le nombre total de licences concédées. Au 31 décembre 1975, 346 licences avaient produit un revenu et le taux d'exploitation de licences s'établissait à 57,6 %.

La clientèle des licenciés s'élargit chaque année : 431 entreprises françaises détiennent une licence de l'Anvar, parmi lesquelles 362 sont des entreprises de moins de 500 salariés. En 1972, les entreprises françaises licenciées étaient 298. Les progrès ont donc été notables en cinq ans. Il sont dus en particulier à l'effort de diffusion des techniques disponibles, entrepris sous la forme d'une revue trimestrielle « le marché de l'innovation » : 550 brèves analyses technico-économiques ont ainsi été publiées en 1975 ; elles ont provoqué 2 723 marques d'intérêt, soit directement soit à travers des « republications » dans des revues professionnelles. En outre un service personnalisé le « Sicanvar » a fait 1 493 offres de licences aux entreprises.

L'effort ne se limite pas à la France : les introductions dans les pays étrangers se sont multipliées. Au cours de ses sept années d'existence, l'Anvar s'est créé un réseau international de 61 représentants et correspondants appartenant aux milieux scientifiques (académies des sciences, centres de recherches, instituts, laboratoires...) ou aux milieux industriels et commerciaux (organismes de développement économique, banques, entreprises, centrales de commerce d'Etat...).

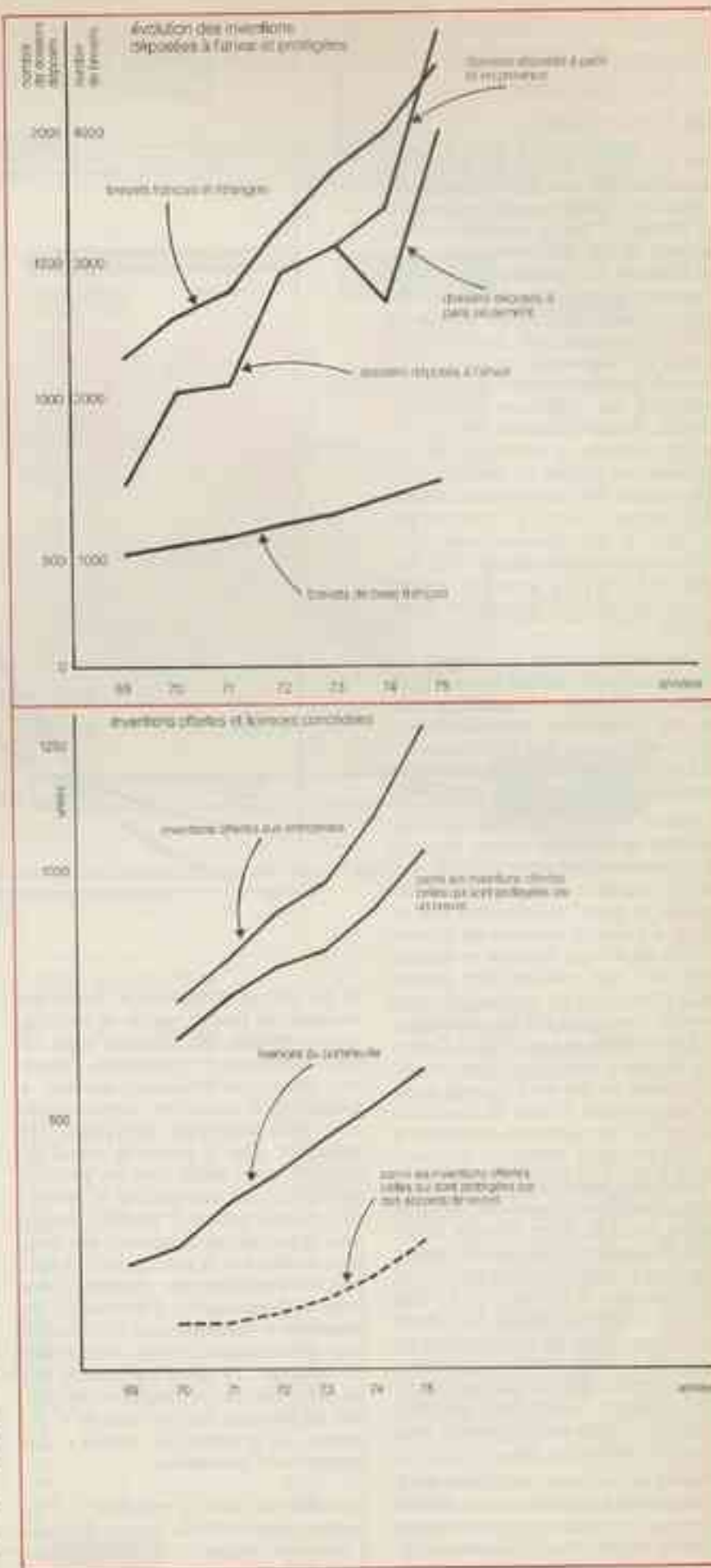
Actuellement, 58 sociétés étrangères différentes appartenant à onze pays différents (Autriche, Canada, Danemark, Espagne, Etats-Unis d'Amérique, Grande-Bretagne, Hollande, Italie, Japon, République Fédérale Allemande, Suisse) sont licenciées de l'Anvar, ainsi se trouve complétée à l'échelon mondial une exploitation des inventions françaises que les entreprises de notre pays ne pouvaient pas assurer.

Le financement des activités

Au cours de la période du 6ème Plan, l'Anvar a dû faire un large appel aux fonds publics. En effet, ce n'est que très progressivement que l'exploitation des inventions se met en place. Les délais de traitement pour arriver à un état de maturité de l'invention suffisant pour déclencher une marque d'intérêt de l'entreprise sont plus longs que souvent on l'imagine ou l'espère. L'entreprise elle-même doit souvent procéder à des travaux de développement qui demandent du temps avant d'entrer dans une phase d'exploitation. D'un autre côté, l'Anvar engage une partie de ses moyens dans la prospection des laboratoires et dans un examen systématique de toutes les inventions déposées chez elles tant par les chercheurs du secteur public que par les inventeurs du secteur privé. Elle supporte ainsi une charge lourde et difficile à rentabiliser, mais qui correspond à sa vocation de service public.

L'Anvar est dotée d'un capital et reçoit une subvention de fonctionnement. En 1975, la dotation en capital a été relevée de 10,7 millions de francs et portée à 46,7 millions de francs tandis qu'une subvention de fonctionnement de 9,7 millions de francs était versée.

Le recours aux fonds publics ne doit pas masquer les progrès qui ont été enregistrés par l'Anvar dans les recettes que lui ont procuré ses activités. Un graphique illustre la progression depuis la première année de fonctionnement de l'Agence. Les revenus d'exploitation étaient de 4,5 millions de francs en 1971. Ils ont atteint 12,4 millions de francs en 1975, soit presque le triple.



La signification des résultats obtenus et de l'action de l'agence

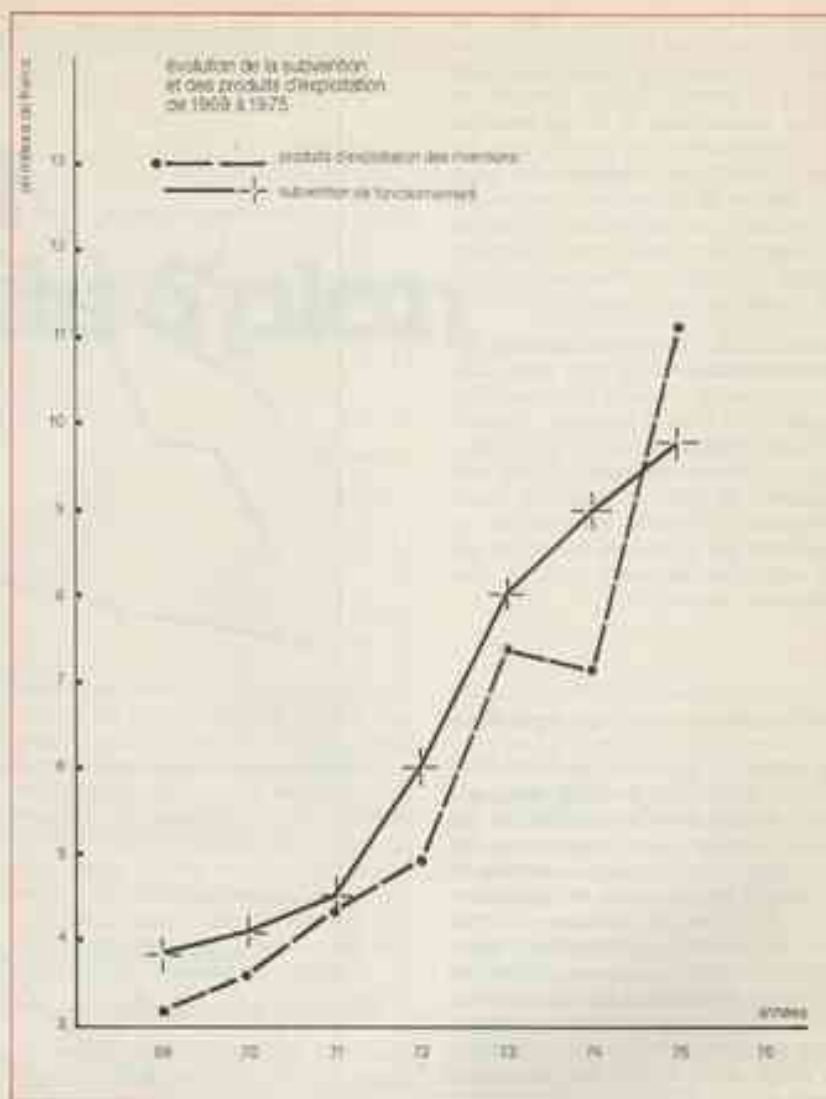
Tous les chiffres qui ont été donnés ci-dessus montrent une activité croissante, et illustrent la place occupée aujourd'hui par l'Anvar. C'est la considération simultanée de ces différentes données, et non l'examen d'un indicateur particulier (le nombre de dossiers ou le montant des revenus d'exploitation) qui permet de définir le caractère très particulier de l'apport de l'Agence à l'action générale entreprise par les pouvoirs publics pour intensifier les relations recherche-industrie. Ainsi, l'Anvar ne resterait pas dans le cadre de sa mission si elle oubliait dans ses critères de choix la rentabilité espérée des opérations auxquelles elle s'intéresse. Elle ne s'y tiendrait pas non plus si elle concevait ses interventions dans la seule optique de la rentabilité financière aux dépens du nombre de contacts nés entre laboratoires et entreprises.

Les critères quantitatifs ne suffisent pas à eux seuls pour dessiner la totalité de l'action de l'Agence. La qualité, le contenu des coopérations instaurées importent en effet autant que leur nombre. Deux points en particulier ont fait l'objet d'une réflexion attentive en 1975.

Le premier concerne les conditions dans lesquelles les résultats obtenus dans les organismes de recherche doivent être mis par l'Agence à la disposition des entreprises. Il paraît essentiel que ces résultats, à partir du moment où ils proviennent de travaux financés en tout ou partie par l'Etat, puissent être accessibles à l'ensemble du secteur industriel concerné. Dans bien des cas, une exclusivité temporaire sera accordée à l'entreprise décidée à courir les risques du développement (et qui aura souvent participé au préalable à ceux de la recherche) ; mais il est nécessaire de prévoir le cas où l'entreprise renonce à exploiter.

La possibilité doit être alors laissée aux autres entreprises nationales appartenant ou non à la même branche industrielle, d'examiner si elles veulent tenter à leur tour le développement abandonné par la première. Il faut de plus qu'elles soient en mesure d'exercer leur choix dans les conditions les plus propices au succès de ce développement : communication complète des résultats acquis, situation nette sur le plan de la propriété industrielle, collaboration possible avec l'équipe de recherche, etc.

Le second point vise les conditions de la coopération entre une équipe de recherche et une entreprise dès le stade de la recherche, avant même l'obtention de résultats exploitables. Les collaborations



de ce type se multiplient à l'heure actuelle, et l'on peut en espérer un enrichissement sensible des échanges entre les deux catégories de partenaires. Toutefois, celles-ci ne trouveront avantage à poursuivre et intensifier ce mouvement que si sont définies les règles du jeu non seulement pour la phase de travail en commun, mais aussi pour les périodes ultérieures. Les conventions de recherche doivent traiter, si possible simplement et en tout cas clairement, des questions de secret et de publication ; de propriété industrielle ; de répartition des fruits de l'exploitation. Bien entendu, les situations à envisager sont trop variées pour qu'une rédaction-type puisse toutes les recouvrir : l'Agence a cependant mis au point des cadres largement adaptables en fonction des priorités de la recherche, de la nature des travaux et des objectifs des partenaires.

Les relations entre la recherche et l'industrie prennent forme dans un dialogue à plusieurs niveaux : la définition des programmes, l'exécution des travaux,

l'exploitation des résultats. La création de l'Anvar a constitué une étape importante dans une action d'ouverture des laboratoires de recherche vers l'extérieur, c'est-à-dire sur le monde qui nous entoure et qui se révèle propice à l'éclosion des idées.

Comme le souligne M. Grégory, directeur général du CNRS et président du conseil d'administration de l'Anvar dans la préface du rapport d'activité de l'Anvar, l'année 1975 est très encourageante. « Le nombre de dossiers d'invention issus des laboratoires publics de recherche s'est accru d'un tiers par rapport à l'année précédente. Bien plus, ce taux d'accroissement concerne aussi bien les formations de recherche fondamentale, notamment au CNRS et dans les universités, que les laboratoires plus particulièrement tournés vers les recherches appliquées. Ces résultats sont significatifs, si l'on considère que l'Anvar s'est jusqu'à présent intéressée en priorité aux résultats obtenus à l'issue des travaux de recherche ; or, la durée nécessaire à

DU CÔTÉ DE L'ANVAR - DU CÔTÉ DE L'ANVAR

NOMBRE DE DOSSIERS DÉPOSÉS EN 1975 A PARIS ET EN PROVINCE PAR L'ENSEMBLE DES CHERCHEURS ET DES INVENTEURS EN VUE D'UNE VALORISATION PAR L'ANVAR.



(1) Y compris les dossiers déposés auprès des correspondants régionaux de l'ANVAR et rejetés par eux après une étude préalable ou en cours d'instruction.

(2) Moyennes et Petites Industries.

RÉPARTITION PAR BREVETS DÉPOSÉS OU DÉLIVRÉS À L'ÉTRANGER

PAYS	1975	%	% cumulé *	Nombre cumulé
1 ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE	576	18		576
2 ALLEMAGNE FÉDÉRALE	479	15		1055
3 GRANDE-BRETAGNE	335	11		1390
4 JAPON	245	8	52%	1635
5 ITALIE	164	5		1799
6 CANADA	163	5		1962
7 PAYS-BAS	154	5		2116
8 SUISSE	151	5		2267
9 BELGIQUE	145	5		2412
10 ESPAGNE	98	3	55%	2500
11 SUÈDE	81	3		2581
12 U.R.S.S.	49	2		2630
13 DANEMARK	40	1		2670
14 AUSTRALIE	37	1		2707
15 AUTRICHE	34	1		2741
16 AFRIQUE DU SUD	31	1		2772
17 LUXEMBOURG	29	1		2801
18 ISRAËL	25	1	90%	2826
19 BRÉSIL	24	1		2850
20 UNION AFRICAINE ET MALGACHE	24	1		2874
21 HONGRIE	21	1		2895
autres pays	242			
TOTAL		100%		3137

On trouve sur liste en plus dans les quatre pays suivants : États-Unis d'Amérique, Allemagne Fédérale, Grande-Bretagne, Japon.

(*) % du portefeuille total (en valeurs arrondies).

l'exécution des programmes impose un délai de plusieurs années entre le choix de nouvelles orientations et un changement dans la nature des résultats qui en proviendront ».

« Les chances de succès d'une recherche qui souhaite trouver des applications industrielles croissent naturellement si cette préoccupation peut se manifester pendant la conduite des travaux, et non pas seulement après qu'ils soient terminés. C'est dans cette optique que le CNRS et l'Anvar ont créé en 1972 un fonds d'intervention permettant de soutenir certaines recherches complémentaires, lorsque de premiers résultats permettent d'entrevoir la possibilité d'applications. L'Anvar s'efforce actuellement de nourrir la réflexion des chercheurs désireux de coopérer avec un partenaire industriel, en les amenant à considérer dès le stade de la conduite des recherches les conditions techniques et économiques d'une éventuelle exploitation ultérieure ».

BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHIE

Périodiques du CNRS : mars - mai 1976

Annales de géophysique
Protistologia
Revue d'études comparatives
est-ouest
Economie de l'énergie

Tome 31 / fasc. 4/1975
Tome 30 / fasc. 4/1975
fasc. 1/1976
Vol. 8 / fasc. 4/1975
Vol. 7 / fasc. 1/1976
fasc. 1/1976

Annales de spéléologie
Revue Française de sociologie
Archives de zoologie expérimentale et générale
Annales de laboratoire
Revue de l'Art

Tome 30 / fasc. 4/1975
Tome 18 / fasc. 4-5/1975
Vol. 117 / fasc. 1/1976
Tome 30 / fasc. 1/1976
N° 31/1976

Ouvrages parus aux Editions du CNRS : mars - mai 1976



Mathématiques
Informatique
Astronomie et environnement
planétaire
Thermodynamique et cinétique
chimique
Physique des solides
Géologie et paléontologie
Biochimie
Psychologie

- Œuvres de Paul Painlevé - Tome III
- L'indexation automatique des sources documentaires anciennes par Lucie Fossier et Jean-Pierre Zanti (collection de F.R.H.T.)
- Physique des mouvements dans les atmosphères stellaires (colloque international n° 250)
- Applications chimiques de l'énergie solaire dans le domaine de la recherche et de l'industrie (colloque international n° 251) - réimpression
- Les joints intergranulaires dans les métaux (colloque international n° 247) - publié dans le Journal de Physique
- Etude psychologique du psittacisme du sud de l'Angleterre par C. Gruen - Cavignette (Annales de psychologie n° 1, 1976)
- L'eau et les systèmes biologiques (colloque international n° 248)
- Les aptitudes rythmiques par S. Hirshkowitz et P. Pevsner (monographie française de psychologie n° 14) - réimpression
- L'acquisition de la notion d'inclusion, rôle de certains facteurs perceptifs, verbaux et oraux par Jacqueline Bidaut (monographie française de psychologie n° 34)
- Etude génétique de la construction d'une propriété relationnelle, la relation de passage par Gilberte Flaud-Bonnet et Karl Van Meter (monographie française de psychologie n° 30)
- Mémoire sémanique et mémoire à long terme par Michel Rocard (monographie française de psychologie n° 36)



Sociologie
Biologie végétale
Biologie animale
Anthropologie - Préhistoire

- Transformation de l'environnement des espèces et des valeurs (collection sociologie sociale et psychosociologie)
- Enfant en jeu par M. J. Chambard-de-Luyve, Ph. Benoit, M. Maveau, M. Parrot, M. de la Soudière
- Flore méditerranéenne. La flore du bassin méditerranéen - essai de systématique synthétique (colloque international n° 235)
- Actualités sur les hormones d'invertébrés (colloque international n° 251)
- Code pour l'analyse des films ethnographiques par Marie-Salomé Lagrange
- La faune du site gallo-romain et paléochrétien de la Bourne (Marseille) par Lucien Jourdan
- Gallie-préhistoire - Tome 18 - 1975 - fascicule 2
- Les nécropoles de la civilisation des champs d'urnes dans la région des marais de Saint-Gond (Marseille) par Bernard Charlier (VIII^e supplément à Gallie-préhistoire)



Sociologie et démographie
Géographie
Sciences économiques
Sciences juridiques et politiques
Linguistique générale
Études linguistiques et littéraires françaises
Antiquités nationales et histoire médiévale

- Les aspects économiques de la croissance démographique (colloque international n° 250)
- Transport et croissance urbaine dans les pays tropicaux - N° 23 (collection « travaux et documents de géographie tropicale »)
- La canne à sucre, les industries du sucre et du rhum à la Martinique 1950-1974 - N° 2 (collection « travaux et documents de géographie tropicale »)
- Handicap de santé et peuplement (A.T.F. sciences humaines n° 7)
- Bibliographie d'économie des transports - Tome V - Supplément 1975
- Cahiers du séminaire d'économétrie n° 17
- Les stratégies des matières premières au Maghreb (extraits de l'annuaire de l'Afrique du Nord 1974)
- Essais littéraires et prophétiques de Madame de Krüdener 1795-1807
- Atlas linguistique et ethnographique du Lyonnais - Tome V - Commentaires et index analytique par Mgr P. Gaudette
- Gallie - Tome 33 - 1975 - fascicule 2
- Gallie de Puy-laurien - Chronique 1203-1275 par Jean Guiverny (collection sources d'histoire médiévale de F.R.H.T.)
- Corpus des inscriptions de la France médiévale. 1 - Fiches-Charmes. 2 - Département de la Vienne (sauf la ville de Poitiers) par R. Fauriol, J. Michaut, E.R. Labande (collection de F.R.H.T.)
- Paris, genèse de la ville, la rue droite des origines à 1223 par Anne Lambert-Jourdan (collection de F.R.H.T.)

Ouvrages parus avec le concours du CNRS : mars - mai 1976

Editeurs	Auteurs	Titres des ouvrages
Mathématiques et modèles mathématiques Vuibert	Pierre Dugac	Richard Dedekind et les fondements des mathématiques
Informatique - Automatique Analyse des systèmes Hermann	Silvio Baccare	Symétries brisées - Théorie des transitions avec paramètre d'ordre
Psychologie Vuibert	Jean Chateau	Psychologie des attitudes intellectuelles
Masset	P. Rindermann M. Carlier	Génétique et comportement
Anthropologie, préhistoire ethnologie Centre d'études de l'Inde et de l'Asie du Sud École des hautes études en sciences sociales		Purusarthi - Recherches de sciences sociales sur (Asie du Sud seconde partie)
Institut supérieur de recherches en sciences humaines - Nanterre	Pierre Donnet	Les cadres géographiques à travers les langues du Niger - Contribution à la préhistoire de l'étude du milieu - Étude Nigérienne n° 37
Société préhistorique française - Paris	Claude Burnet	Mémoires de la S.P.F. - Tome 12 - Le néolithique et le chalcolithique dans le Centre-Ouest de la France
Armand Colin	Introduit et édité par Pierre Smith	La réité populere du Rwanda
Pierre Fayard	Michel Dauvois	Précis de dessin dynamique et structural des industries lithiques préhistoriques
Géographie Mouton	Inter-Nord	Revue internationale d'études arctiques et nordiques n° 13 14 (décembre 1974)
Sciences économiques Éditions médicales et universitaires - Paris	Marvée Gettrou	La certification hospitalière collection économie et santé
Sciences juridiques et politiques Economica	Travaux de recherches de l'institut de droit comparé de Paris - sous la direction de René Rodière	Les procédures collectives de liquidation ou de redressement des entreprises en droit comparé
Librairie générale de droit et de jurisprudence	A.C. Papachristos	La réception des droits privés étrangers comme phénomène de sociologie juridique
	Georges Dole	Les Accidents sociaux et la sécurité sociale en droit comparé - Intégration des tiers dans le ché
	Leon Pilschker	Droit français et droit allemand en matière de brevets concernant la protection de différentes inventions dans le domaine de la chimie
	Raymond J. Krimmenacker	Les Nations-Unies et l'assurance-réassurance l'assurance-réassurance de droit privé dans les relations entre pays développés et pays en voie de développement et l'action des organisations internationales
Linguistique générale Dunod	Zsuzsa Guenther DESCLES	Présentation critique du modèle applicatif de S.K. Seuren
Institut d'études slaves	Établie par Amy Sarda	Bibliographie des auteurs de Zénobie Hippolyte
Dunod	Maurice Goyaud et Marie-Claude Paris	Nouvelles questions de grammaire chinoise
Sesel - Masset	Gabriel Menezes	Les langues Oï-Volta
	Gaston Caru	La langue Mo - ri - dialecte de Ouagadougou (Haute-Volta)
Études linguistiques et littéraires françaises Marcel Didier	Édition critique établie par R. Gadenne	Jean-Pierre de Florian - Nouvelles

BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPH

Sizet	Coën Evans	Taine - Essai de biographie intérieure
Picard		« Recherches » sur la musique française classique XV. 1975
Humann	Maurice Grés	Méthodes en gymnase
Hugot et Cie	Collection de musique ancienne publiée sous la direction de François Lesure	Jean-Henry d'Anglebert - Pièces de clavecin - Edition par Kenneth Gilbert
Oden - Créteil	Descamps, Gagnin, Gautier, Lehmann, Olivier, Selomé	Dictionnaire contextuel de français pour la géologie
Langues et civilisations classiques		
Du Cerf	Introduction, texte, traduction et notes par Eric Junot	Origène - Philocala 21-27 - Sur la libre arbitre
Du Cerf	Texte et traduction par Serge Lancel	Actes de la conférence de Carthage en 411 - Tome III
Institut Coeurbe - Lyon	Marquente Yot	Manuel de sémantique chypriote I - problèmes historiques, vocabulaire, méthode
Les Belles Lettres	Annales littéraires de l'université de Besançon	Actes du colloque 1973 sur l'esclavage - Centre de recherches d'histoire ancienne - Volume 18
Les Belles Lettres	P. Chiron-Bistagne	Recherches sur les acteurs dans la Grèce Antique
Langues et civilisations orientales		
Du Cerf	Introduction, traduction et notes de Marie-Joseph Beux	Hymnes et prières aux dieux de Babylone et d'Assyrie
Brépols - Belgique	F. Baffin	Patriologie Orientale - Tome XXXVIII - fasc. 1 n° 174 - Jacques de Saroug - Homélies contre les Juifs - Traduction française par Micheline Albert
Institut français de Damas	Régis Blachère	Analecta
Mouton	David Cohen	Le parler arabe des Juifs de Turin - Tome II - Etude linguistique
Klincksieck	Gérard Troupeau	Lexique-index du Kitab de Sibawayhi
L'Asie Adrien Maisonneuve	Sous la direction de Louis Hamble	Mission Paul Pelliot XV - Bannières et peintures de Touen-Houang conservées au Musée Guimet
E.J. Brill - Leiden Paris	Mémoires de la délégation archéologique en Iran	Tome XLV - Mission de Susiane sous la direction de R. Ghirshman - Temples sacrés de Bard-e Néchandeh et Masjd-i Sulaiman - Volume I - Texte
Antiquités nationales et histoire médiévale		
Du Cerf	Introduction, texte critique, notes par Pierre Riche Traduction par B. de Vragille et C. Mondesert	Chusda - Manuel pour mes fins
Les Belles Lettres	Texte établi et traduit par Francis Vian	Normes de Pampolle - Les dionysiaques - Tome I - Chants I-II
	Texte établi et traduit par Pierre Chuvp	Normes de Pampolle - Les dionysiaques - Tome II - Chants III-V
	Actes des colloques de Royaumont et de Paris 21-27 mai 1970	Septième centenaire de la mort de Saint-Louis
Mouton	Luigi Aurigemma	Le signe indicatif du scorpion dans les traditions occidentales de l'antiquité gréco-latine à la renaissance
Picard	Abbé Greber Bibliomèque des centres archéologiques	Sculptures byzantines du Moyen Age II (DI) - XVI siècles
Histoire moderne et contemporaine		
Éditions Orléans - Paris	Michel Hén	La croissance économique de la Champagne de 1810 à 1960
François Maspero Presses universitaires de Grenoble	Jean-Baptiste Dumay Introduction et notes par Pierre Pénod	Mémoires d'un militant ouvrier du Creusot
Klincksieck	Jacques Seibert	Les ateliers de retailleurs ouverts aux XVII ^e et XVIII ^e siècles : étude historique et artistique

IE - BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRA

Institut historique de Provence	Lettres présentées et annotées par Maurice Fas	Lettres familières d'Auguste Brenguier et du docteur Louis Watteau
A. Péron	Roland Mouster	La stratification sociale à Paris aux XVII ^e et XVIII ^e siècles
	Madeleine Fieul	Mémoires du Président Alexandre Bigot de Molville Le parlement de Rouen : 1640-1643
Cahiers des annales de Normandie - Caen	Cahier des Annales de Normandie n° 8	Membres religieux dans la France de l'ouest aux XIX ^e et XX ^e siècles - Études d'histoire ecclésiastique
Desclée de Briouay	Selon le catalogue raisonné établi par Michel Fauriol	Jean de la Croix - iconographie générale
Fédération des sociétés académiques et savantes Languedoc-Pyrénées-Gascogne	Actes du XXVIII ^e Congrès de la Fédération tenu à Auch les 17-19 mai 1973	Peuplement et communautés d'habitants en Gascogne Gersoise
Ukraine Droz - Genève	Jacques Aman	Les officiers breux dans la marine française au XVIII ^e siècle
Institut d'études slaves	Colloque organisé par le laboratoire de Slavistique	La guerre polono-soviétique de 1919-1920
Philosophie, épistémologie, histoire des sciences Éditions de l'université de Provence	Pierre Thibaud	La logique de Charles Sanders Peirce - de l'algèbre aux graphes

Liste des périodiques subventionnés par le CNRS : mars-mai 1976

Sections	Éditeurs
Hors-section Académie des sciences	Gauthier Villars
Mathématiques et informatique Annales de l'Institut Fourier Annales de l'Institut Henri Poincaré - Série II Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure Revue algébrique Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle Revue mathématiques et sciences humaines Revue publications mathématiques	Annales de l'Institut Fourier Éditions Gauthier Villars Gauthier Villars Société mathématique de France Dunod/Bordas/Gauthier Villars E.P.H.E./Gauthier Villars Presses universitaires de France
Physique théorique Annales de l'Institut Henri Poincaré - Série A	Gauthier Villars
Mécanique générale Journal de mécanique	Gauthier Villars
Thermodynamique Journal de microscopie et de spectroscopie électronique	Société française de microscopie
Optique Annales de physique Journal de physique Nouvelle revue d'optique	Masson Journal de physique Masson
Minéralogie et cristallographie Société française de minéralogie et de cristallographie	Société française de minéralogie
Astronomie et astrophysique	
Géologie Annales de paléontologie Bulletin sciences géologiques Revue Géobios Revue de géographie physique et de géologie dynamique Revue sciences de la Terre Bulletin géologique de France	Masson Institut de géologie de Strasbourg Département des sciences de la Terre (Grenoble) Masson Fondation sc. de la géologie et de ses applications (Nancy) Société géologique de France
Océanographie Revue océanologique	
Chimie minérale Annales de chimie Index thermochimique Journal de chimie physique Revue internationale des hautes températures	Masson Centre d'information de thermodynamique chimique minérale Société de chimie physique Masson

BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPH

Chimie organique

Revue de chimie thérapeutique

Elsevier

Biochimie

Revue Biochimie

Masson

Biologie cellulaire

Annales d'immunologie
Annales de microbiologie
Journal de microbiologie

Masson

Masson

Société française de microscopie électronique

Biologie végétale

Revue algébrique
Revue bryologique et lichénologique
Revue de mycologie
Revue de mycologie plantarum
Revue de physiologie végétale
Revue pollen et spores
Société botanique de France

Laboratoire de phanérogamie

Laboratoire de cryptogamie

Laboratoire de cryptogamie

Gauthier Villars

Gauthier Villars

Laboratoire de palynologie

Société botanique de France

Biologie animale

Annales de parasitologie
Annales de sciences naturelles (zoologie)
Annales Zoologiques
Association des anatomistes
Revue Anatomie
Revue Anatomie
Revue Anatomie
Revue Anatomie
Société d'écologie
Société entomologique de France
Société zoologique de France

Masson

Masson

La revue

L'association

La revue

Association d'écologie

Masson

Muséum national d'histoire naturelle

Professeur Delamare Debuttraville

Masson

Société zoologique de France

Physiologie

Archives d'anatomie microscopique
et de morphologie expérimentale
Journal de physiologie

Masson

Masson

Psychologie

L'année psychologique
Journal de psychologie
Revue de biologie du comportement
Revue enfance
Revue l'orientation scolaire et professionnelle
Revue psychopathologie africaine
Revue sciences de l'art
Revue le travail humain

Presses universitaires de France

Presses universitaires de France

Masson

Laboratoire de psychologie de l'enfant

Delachaux et Niestlé

Société de psychopathologie et d'hygiène

Kincksieck

Presses universitaires de France

Pathologie expérimentale

Annales de génétique
Annales de physiologie biologique et médicale
Journal de physiologie pathologique respiratoire
Journal de biologie humaine
Revue européenne d'études cliniques et
biologiques « l'homéostasie »
Revue pathologie biologique
Revue néphrologie

Expansion scientifique française

Gauthier Villars

UER physiologie pathologique respiratoire

Société nouvelle de publications

Masson et Cie

Expansion scientifique française

Sordas

Anthropologie

Société d'anthropologie et de biologie
« Études africaines »
Cahiers d'anthropologie et d'écologie humaine
Centre d'analyse et de recherche documentaires pour
l'Afrique noire
Revue l'anthropologie
Revue Asie du Sud-Est et monde insulindien
Revue l'ethnographie
Revue d'études tropicales
Revue française d'anthropologie l'homme
Revue du Musée de l'Homme objets et mondes
Revue du monde objet et rhodien
Société des africanistes
Société des américanistes
Société d'anthropologie de Paris
Société des océanistes
Société anthropologique française

Centre d'études africaines

Masson et Cie

Centre d'études africaines : Centre

Masson et Cie

Université de la Nouvelle Faculté

Gesellschaft

Kincksieck

Mouton et Cie

Association objets et mondes

Société des africanistes

Société des américanistes

Dois

Société des océanistes

La Société

Sociologie

L'année sociologique
Archives néo-scholastiques de sociologie
Cahiers d'études africaines
Cahiers internationaux de sociologie
Communautés : archives internationales de
sociologie de la coopération
Revue autopsie et socialisme
Revue ethnologie française
Revue des sciences sociales de la France de l'Est
Revue sociologie du travail

Presses universitaires de France

Librairie Plon

Masson et Cie

Presses universitaires de France

Bureau d'études coopératives et communautaires

Éditions anthropos

Maingueneau et Larmer

C.N.R.S.

La Seuil

E - BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRA

Géographie

Annales de géographie
Association française pour l'étude du quaternaire
Association des géographes français
Cahiers des Amériques latines
Revue des cahiers d'Outre-Mer
Revue l'Esprit géographique
Revue de géographie alpine
Revue de géographie de Lyon
Revue géographique de l'Ouest « Forêt »
Revue géographique des pays méditerranéens « Méditerranée »
Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest
Revue de géomorphologie dynamique
Revue hommes et terres du Nord
Revue géographique de l'Est

Sciences économiques

Annales économiques
Bulletin de conjoncture régionale
Cahiers économiques et sociaux (I.S.E.A.)
Revue d'économie économique
Revue économie appliquée (I.S.E.A.)
Revue économie du Centre-Est
Revue économie méditerranéenne
Revue d'économie régionale et urbaine
Revue économique
Revue économique du Sud-Ouest
Revue Mondes en développement
Revue les cahiers de l'analyse des données
Revue de sciences financières
Société de statistique de Paris

Sciences juridiques

Annuaire de l'UNESCO et des pays socialistes européens
Archives de philosophie du droit
Bulletin analytique de documentation politique, économique et sociale contemporaine
Revue de l'arbitrage
Revue de la coopération internationale culturelle, scientifique et technique
Revue de droit canonique
Revue des droits de l'homme
Revue de droit public et de la science politique
Revue française de science politique
Revue générale de droit international public
Revue historique de droit français et étranger
Revue internationale de droit comparé

Linguistique générale

Bulletin hispanique
Bulletin Thomas More « Moriana »
Cahiers du monde hispanique et Luso-Brazilien
« Caravelle »
Revue des études anglaises
Revue des études belges
Revue des études franco-ougriennes
Revue des études germaniques
Revue des études italiennes
Revue de l'ethnologie
Revue de littérature comparée
Revue de recherches germaniques
Revue T.A. Informations
Société d'études linguistiques et anthropologiques de France
Société de linguistique de Paris

Etudes littéraires

Association internationale des études françaises
Cahiers Saint-Simon
Revue du XVIII^e siècle
Revue la France moderne
Revue d'histoire littéraire de la France
Revue internationale d'océanologie
Revue de musicologie
Revue Rumanie
Revue de sciences humaines

Civilisations classiques

Annales de géographie
Revue archéologique
Revue des études anciennes
Revue des études augustiniennes
Revue des études grecques
Revue des études latines
Revue de philologie

Civilisations orientales

Journal asiatique
Journal de l'histoire économique et sociale de l'Orient
Revue Arabica

Armand Colin
APED Université Paris VI
L'association
Institut des hautes études de l'Amérique Latine

Don
Institut de géographie alpine
Association des amis de la revue
Université de l'Ouest
Association des amis de la revue
Université de Toulouse Le Mirail
I.S.E.S.
Institut de géographie
Ass. Géog.

Éditions Gajon

C.R.E.F.E.
I.S.M.E.A.
I.N.S.E.E.
Imprimerie Droz
Institut d'économie régionale Bourgogne-Franche-Comté
Centre régional de la productivité et des études économiques - Montpellier

Armand Colin

Éditions techniques et économiques
Librairie générale de droit et de jurisprudence
Société de statistique de Paris

I.S.T.N.A.

Éditions Sirey

Fédération nationale des sciences politiques
Librairie techniques

Université de Nice - Faculté de droit

A. Pedone

Librairie générale de droit et de jurisprudence
Fédération nationale des sciences politiques
A. Pedone
Éditions Sirey
Librairie générale de droit et de jurisprudence

Éditions Bière

Le bulletin

Université Toulouse Le Mirail

Didier

Les Belles Lettres

E.D.E.F.O.

Didier

Didier

La revue

Didier

A.S.P.S.H. - Strasbourg

A.T.A.L.A. - Grenoble

I.S.E.A.F.

Kincksack

L'Association

Société Saint-Simon
Éditions Garnier Frères
Éditions d'Arthey
La Société
Édition d'Arthey
La Société
Société des amis de Romania
Université de Lille III

Presses universitaires de France
Presses universitaires de France
Les Belles Lettres
Institut des études augustiniennes
L'Association
Les Belles Lettres
Kincksack

Société asiatique

Brill

Brill

BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHIE

Revue « Antiqua »
Revue Archéologique
Revue d'Égyptologie
Revue d'Égyptologie
Revue des études islamiques (Mémorial)
Revue des études juives
Revue de l'histoire des religions
Revue Hittite et Assyriologique
Revue de l'Orient Musulman et de la Méditerranée
Revue Périodique
Revue Summa
Revue Summa francica
Revue Summa Islamica
Revue T'oung Pao
Revue Tuluca

Antiquités nationales

Annales du midi
Bibliothèque de l'École des Chartes
Bulletin de littérature médiévale
Bulletin monumental
Cahiers alsaciens d'art et d'histoire
Cahiers d'archéologie autochtone
Cahiers de civilisation médiévale
Cahiers de Valenciennes
École Française de Rome
Revue archéologique du Centre de la France
Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est
Revue archéologique méditerranéenne
Revue des études byzantines
Revue du Moyen Âge
Revue archéologique de Narbonne
Revue numismatique
Groupement archéologique de Senneville-Mer
Société archéologique du midi de la France
Société nationale des antiquaires de France

Histoire moderne

Annales de Bourgogne
Annales de Bretagne
Annales économiques, sociales, culturelles
Annales de l'Est
Annales Historiques de la Révolution Française
Annales de Normandie
Cahiers d'Histoire
Cahiers du monde russe et soviétique
Fédération des sociétés historiques et archéologiques de France et de l'Étranger
Revue d'Allemagne
Institut Napoléon
Revue des études russes
Revue française d'histoire d'Orient-Midi
Revue d'histoire économique et sociale
Revue de l'histoire de l'Église de France
Revue d'histoire moderne et contemporaine
Revue d'histoire et de philosophie religieuses
Revue historique
Revue l'information de l'histoire de l'Art
Revue le mouvement social
Revue du Nord
Revue Provençale Historique
Revue de l'histoire de l'Art Français
Société de l'histoire du protestantisme français

Philosophie

Archives d'histoire doctrinale et littéraire du Moyen Âge
Archives de philosophie
Bibliographie de la philosophie
Revue d'esthétique
Revue des études philosophiques
Revue des études théologiques et religieuses
Revue de l'histoire des sciences
Revue latine
Revue de métaphysique et de morale
Revue philosophique
Revue de recherches de sciences religieuses
Revue de sciences philosophiques et théologiques
Revue des sciences religieuses
Revue de synthèses
Revue thomiste
Société française de philosophie

S.E.C.M.I.
École française d'Extrême-Orient
Presses universitaires
Klincksieck
Librairie orientale
École pratique des hautes études
Presses universitaires
Klincksieck
Association pour l'étude des sciences humaines en Afrique du Nord - Université de Provence
Association Paléorient
Maisonneuve
Association pour l'avancement des études iraniennes
Maisonneuve
Bailly
Études turques

Privat et Cie
Société de l'École des Chartes
Institut catholique de Toulouse
Société française d'archéologie
Société pour la conservation des monuments historiques d'Alsace

Centre d'études supérieures de civilisation médiévale
Éditions E. de Boccard
École française de Rome
Castel Fleury Vichy
La Revue

Institut des études byzantines
La Renaissance
Diffusion de Boccard
Les Belles Lettres
Groupement archéologique
La Société
La Société

La Société
Association pour la publication des annales
Association H. Bloch
Université Nancy II
Société des études Rouennaises
Annales de Normandie
Jobert
Mouton et Cie

La Société
Imprimerie savennaise et centre d'études germaniques
Champion
Mouton et Cie
La société
Rivière et Cie
Société épistémologique de France
Armand Colin
Presses universitaires de France
Presses universitaires de France
J.B. Sallière
Les éditions quinières
Revue du Nord

La Société
La Société

Librairie J. Vrin
Beauchêne
Librairie J. Vrin
Union générale d'éditions
Presses universitaires de France
Faculté de théologie protestante
Presses universitaires de France
J.B. Sallière
Librairie Armand Colin
Presses universitaires de France
S.A. Les Études
Librairie J. Vrin
Faculté de théologie catholique
Aldo Michel
Éditions Desclée du Brouwer
Librairie Armand Colin

LE COURRIER DU CNRS N° 21 - JUILLET 1976 - Directeur de Publication : René Audé
C.P.A.D. 303 - Réimpression ALLPRINT - B, rue Antoine Chantre - 75014 Paris

