

Le courrier du CNRS 28

Auteur(s) : CNRS

Les folios

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

92 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 28, 1978-04

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

Consulté le 19/12/2025 sur la plate-forme EMAN :

<https://eman-archives.org/ComiteHistoireCNRS/items/show/119>

Présentation

Date(s)1978-04

Genrepériodique

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

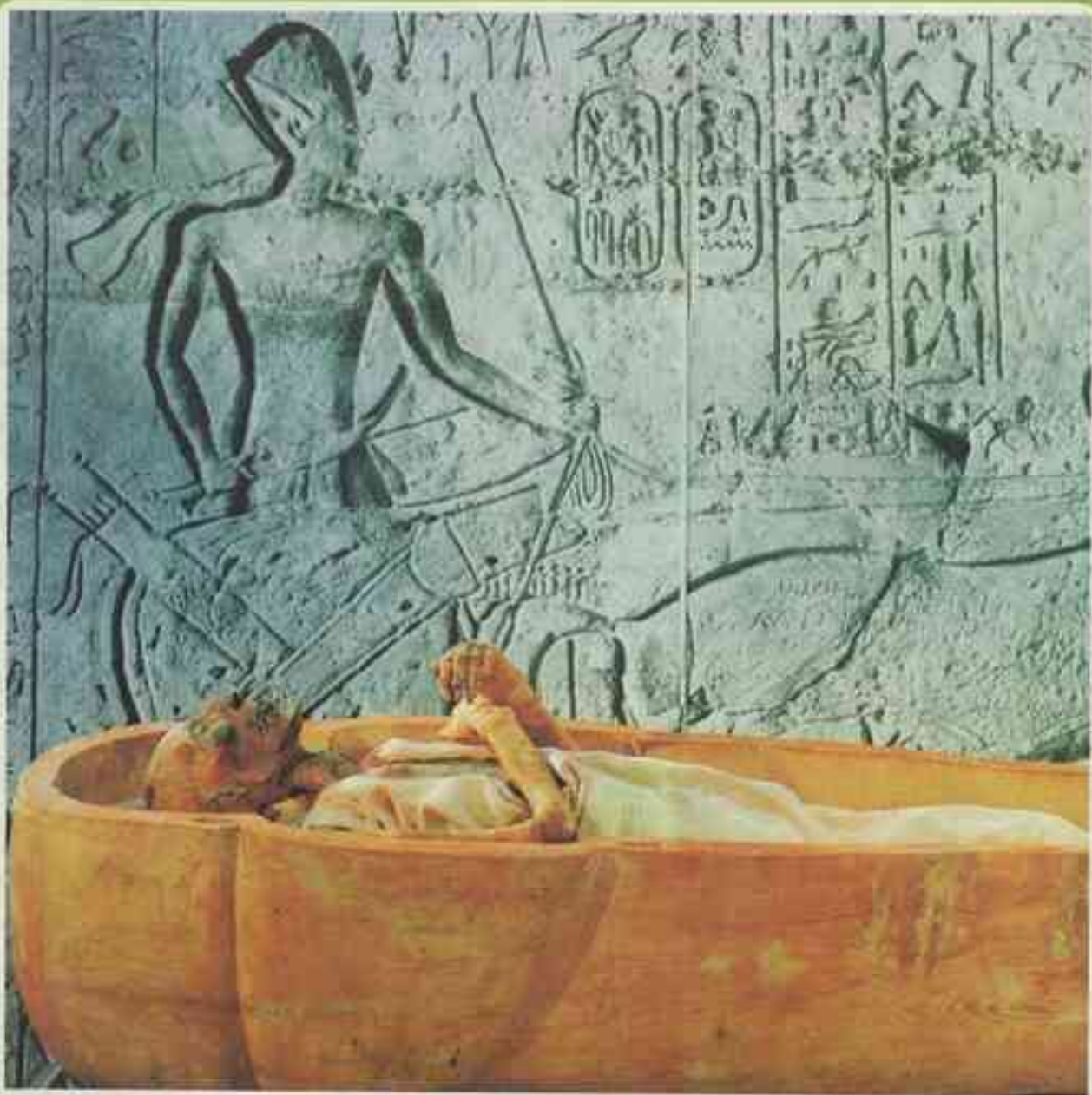
CollationA4

Description & Analyse

Nombre de pages 92

Notice créée par [Valérie Burgos](#) Notice créée le 18/09/2023 Dernière modification le 17/11/2023

LE COURRIER DU CNRS



N° 28 - AVRIL 1978 - 10 F

28

AVRIL

1978

Centre national de
la recherche scientifique
15, quai Anatole France
75700 PARIS
Tél. : 555.92.25

Directeur de la publication
René Audé

Rédacteur en chef
René Audé

Secrétaire de rédaction
Martine Chabrier - Elik

Comité de rédaction

Pierre Catala
Pierre Chaunu
Jean-Didier Dardel
Georges Duby
Francis Garnier
Daniel Gautier
Alain Giraud
Lucien Hartmann
James Hiéblot
Robert Klapisch
Geneviève Nélva
Henri Peronin
Pierre Potier
Yvonne Robeyrol
Jean Rouch

Entretiens
Monique Mounier

Photo 1 de couverture :
La momie de Ramsès II dans son sarcophage au Musée de l'Homme après restauration, avant inhumation. (Fiché J. Osterl).

Photo 4 de couverture :
Plante de Nouvelle Calédonie : *Persea*
rostrata (famille Myrtacées).

Abonnements et ventes au numéro
Le numéro 10 F
Abonnement annuel : 34 F
(Voir bulletin d'abonnement p. 57 et 58).
Editions du CNRS
15, quai Anatole France - 75700 Paris
C.C.P. Paris 9131-53

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

Nous remercions les auteurs et les organismes
qui ont participé à la rédaction de ce bulletin.
Les interviews ont été rédigées par le comité
de rédaction.

Les textes et illustrations peuvent être reproduits
sans même de l'autorisation du directeur
de la publication.

ISSN 2-222-98112-2

© Centre National de la Recherche Scientifique

LE COURRIER DU CNRS

PLEINS FEUX SUR
L'ACTION DU CNRS DANS LE
DOMAINE DE L'ENERGIE

Yves-André Rocher

2

LE POINT
HOLOGRAPHIE

Jean-Charles Vénier
Jacques Duvernoy
Jean-Pierre Goedgaboer



11

A LA RECHERCHE
HORLOGES BIOLOGIQUES

Orlando Queiroz

20

AU-DELA DES FRONTIERES
LA CAMPAGNE ANTIPROD I

Pour le groupe Mediproduct
Guy Jacques et Lucien Gambérini

30

A PROPOS
LA MOMIE DE RAMSES II
AU MUSEE DE L'HOMME

Lionel Balout

36

REFLEXIONS SUR
MECANISMES MOLECULAIRES DES
CONDUITES AGRESSIVES

Paul Mandel



43

A LA DECOUVERTE
LE LABORATOIRE DES PLANTES
MEDICINALES A NOUMEA

Thierry Sévénat
Pierre Potier

49

DU COTE DE L'ANVAR
LES NOUVELLES PROCEDURES DE
PROTECTIONS MULTINATIONALES
DES INVENTIONS



53

EPHEMERIDES

56

LA VIE DES LABORATOIRES

61

A L'AFFICHE

80

BIBLIOGRAPHIE

86



L'ACTION DU CNRS DANS LE DOMAINE DE L'ENERGIE

La crise de 1973 a entraîné en ce qui concerne le CNRS un développement très important des recherches dans le domaine de l'énergie qui s'est manifesté à la fois par la réorientation ou l'accélération d'actions existant déjà et par le lancement de nouveaux programmes mobilisateurs. L'ensemble de ces actions a été défini grâce aux travaux des groupes de réflexion et de prospective constitués en 1974 par le CNRS et auxquels avaient participé, à côté des chercheurs du CNRS, les représentants des organismes publics et des industries concernées par les problèmes de l'énergie :

- problèmes liés aux économies de l'énergie et au contrôle de sa consommation,
- problèmes liés à la modification de l'importance relative des différents secteurs énergétiques,
- problèmes liés aux nouvelles sources d'énergie.

Une caractéristique essentielle des objectifs de recherche liés à l'énergie est la diversité des disciplines sur lesquelles ils doivent s'appuyer : à micro-échelle, un même problème mêlera de secteurs scientifiques variés (physique du solide, physico-chimie, thermique, mécanique des fluides, chimie organique, etc.) ; à macro-échelle, il sera nécessaire de conduire une analyse faisant intervenir des aspects technico-économiques, structurels, sociaux, écologiques, etc. C'est précisément un grand atout du CNRS de disposer des moyens permettant de couvrir très complètement ces différents aspects.

Afin de conduire les recherches avec une bonne efficacité, le CNRS a pris un certain nombre de mesures structurelles dont les plus importantes sont les suivantes :

- regroupement au sein d'une même section du comité national de la recherche scientifique de l'ensemble des disciplines de mécanique et d'énergétique ;
- création du PIRDES, programme

interdisciplinaire de recherches pour le développement de l'énergie solaire, dont la gestion a été confiée à une direction de programme particulière qui s'appuie sur l'ensemble des grands secteurs scientifiques du CNRS :

- mise en place de structures de réflexion, de concertation et de coordination, dotées de moyens incitatifs spécifiques : RCP (recherches coopératives sur programme), ATP (actions thématiques programmées), GRECO (groupements de recherches coordonnées). C'est ainsi que dix-huit ATP intéressant les divers aspects de l'énergie ont été lancées.

Parmi les GRECO créées, il faut citer la GRECO « interaction laser-matière » qui regroupe une dizaine de laboratoires autour d'un programme de recherche fondamentale sur l'interaction laser-matière en vue de la fusion contrôlée par implosion laser et confinement inertiel.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, les grandes orientations des programmes en cours ont été définies en liaison avec les organismes assurant une responsabilité en matière d'énergie : Délégation générale à la recherche scientifique et technique ; Délégation à l'énergie ; Agence pour les économies d'énergie ; Electricité de France ; Commissariat à l'énergie atomique ; Centre national d'études spatiales ; Elf-Erap ; Institut français du pétrole ; Institut national de la recherche agro-nomique ; Office national d'études et recherches aérospatiales ; Société nationale d'études et de construction de moteur d'aviation.

De nombreux programmes ont ainsi été initiés depuis 1975, intéressant les secteurs scientifiques de la chimie, de la physique de base, des sciences physiques pour l'ingénieur, des sciences de la terre, des sciences de l'homme. Certains de ces programmes — c'est particulièrement le cas d'opérations relevant du PIRDES — sont conduits en collaboration avec le secteur industriel public et privé, alors que plusieurs ATP ont été lancées avec la coopération financière d'organismes publics. D'une manière gé-

rale, des représentants des industriels des secteurs public et privé participent à la gestion scientifique des ATP.

Enfin, un faisceau de relations a été établi avec différents pays : États-Unis (accord CNRS-ERDA), Royaume-Uni, Suède, Algérie, Brésil, Inde, Iran, Mexique, etc. Ces relations ont deux objectifs :

- d'une part définir des domaines de recherche pouvant être abordés en coopération. On peut citer à cet égard l'ATP « stockage chimique de l'énergie » lancée en commun avec la Suède, ou encore l'effort engagé avec le Royaume-Uni sur l'analyse des systèmes énergétiques ;

- d'autre part ouvrir la voie à des développements industriels et à des exportations. C'est notamment le sens des relations établies avec les pays en voie de développement cités plus haut.

Les moyens consacrés par le CNRS aux programmes qu'il conduit dans le domaine de l'énergie se situent pour l'essentiel dans le cadre du groupe sectoriel 11 « énergie » défini par la DGRST pour le VII^e Plan. A ces programmes, il faut ajouter des actions dont la finalité recouvre pour une bonne part le domaine de l'énergie et qui sont menées dans le cadre des groupes sectoriels 2a physique, 2b chimie, 4 matières premières et milieux naturels, 12 mécanique et industries de transformation.

Le tableau 1 indique pour les différents secteurs scientifiques du CNRS l'effort en personnel : personnel chercheur CNRS, ingénieurs, techniciens et administratifs (ITA), nombre total de chercheurs (CNRS, enseignants, chercheurs sous contrat et passagers) en équivalent temps plein. On voit que l'effort global se situe au niveau de mille cinq cents chercheurs équivalent temps plein* dont six cent cinquante chercheurs CNRS et neuf cents ITA-CNRS.

* Le nombre de chercheurs en équivalent temps plein est obtenu en tenant compte du temps moyen effectivement consacré à des activités de recherche. On admet ainsi que si un chercheur du CNRS consacre la totalité de son temps à la recherche, un chercheur de l'enseignement supérieur n'y consacre que les 2/3, un allocataire 1/3 etc.

Maquette de la centrale PERICLES (Production d'Énergie en Régions Isolées par Concentration Limitée d'Énergie Solaire) : capteur sphérique fixe avec chaudière mobile.

Tableau 1 - EFFECTIFS 1977

Ces données concernent les effectifs affectés aux opérations relevant du groupe sectoriel « énergie » et également ceux affectés à des opérations recouvrant la finalité énergie et relevant des groupes sectoriels « physique », « chimie », « matières premières et milieux naturels » et « mécanique et industries de transformation ».

	Chercheurs CNRS	Chercheurs équivalent temps plein (*)	ITA-CNRS
Physique nucléaire	5	-	4
Physique de base	120	270	65
Physique pour l'ingénieur	200	690	275
Chimie	290	680	305
Sciences de la terre	20	25	35
Sciences de l'homme	15	25	16
PIRDES (Effectifs propres)	-	-	20
Moyens indirects	-	-	180
TOTAL	650	1 690	900

Tableau 2 - ATP LANCÉES DANS LE DOMAINE DE L'ÉNERGIE EN 1977 ET 1978

	ATP relevant du secteur scientifique	ATP relevant PIRDES
Mathématiques - Physique de base	- Implosion laser et physique des plasmas thermonucléaires très denses (GRECO)	- Conversion photovoltaïque
Sciences physiques pour l'ingénieur	- Mécanique et thermodynamique - Combustion et turbulence - Implosion laser et physique des plasmas thermonucléaires très denses (GRECO) - Machines électriques à performances élevées (GRECO) - Utilisation physique et chimique de l'électricité	- Habitat solaire - Conversion photovoltaïque - Thermodynamique solaire - Technologie de conversion - Chimie et géo-chimie solaire
Chimie	- Stockage chimique de l'énergie - Utilisation physique et chimique de l'électricité - Énergies d'énergie et des matières premières dans les opérations industrielles - Catalyse hétérogène - Oxyde de carbone (GRECO)	- Chimie et géo-chimie solaire
Sciences de la terre	- Transfert de l'énergie thermique à l'intérieur de la croûte terrestre - Formation des gîtes minéraux	- Physique de l'atmosphère
Sciences de la vie		- Photosynthèse et bioconversion de l'énergie solaire
Sciences de l'homme	- Problèmes sociaux et économiques liés à l'énergie	- Habitat solaire

Le tableau 2 rassemble les vingt ATP intéressant le domaine de l'énergie et existant en 1977 et 1978. Ces ATP sont regroupées selon les secteurs scientifiques qui en assurent la gestion.

Le tableau 3 rassemble les données relatives aux moyens financiers mis à la disposition de cet effort en 1978 pour le groupe sectoriel 11 qui recouvre 90 % de l'effort global du CNRS dans le domaine de l'énergie. On y trouve :

- les crédits de gros équipement,
- les crédits d'ATP,
- les crédits de fonctionnement et de petit ou moyen équipement,
- le total des crédits directs, salaires exclus et inclus,
- les crédits indirects (gestion, infrastructure, centres de calcul et de documentation, etc.),
- le total des crédits, salaires exclus et inclus.

Ces données n'incluent ni les contrats extérieurs, ni la part des universités (crédits directs, indirects ou salaires). On constate que l'effort total du CNRS s'élève à 193 MF dont 36 MF mis directement à la disposition des chercheurs.

Une telle présentation ne permet pas d'évaluer l'effort consacré à un programme particulier. C'est notamment le cas du PIRDES. Le tableau 4 précise l'ensemble des éléments dans ce cas. On constate que pour 1977, en comptabilisant les moyens indirects correspondants (gestion, infrastructure, centres de calcul et de documentation, etc.) et les salaires (CNRS et enseignement supérieur), on parvient à un total de l'ordre de 44 MF, soit environ 50 % des crédits de l'enveloppe recherche consacrés à l'énergie solaire.

Les actions en cours

Les opérations scientifiques actuellement en cours au CNRS concernent aussi bien les ressources énergétiques naturelles que la production et le stockage de l'énergie et que l'utilisation et les économies d'énergie.

Dans chacun de ces domaines, on insiste tout particulièrement sur les actions incitatives du type ATP et sur les grands projets.

Les ressources énergétiques naturelles

La protection des gisements, qu'il s'agisse des gisements sources d'énergies nouvelles ou des gisements sources d'énergies traditionnelles, re-

Tableau 3 - CREDITS AFFECTES AU GROUPE SECTORIEL « ENERGIE » POUR 1978 (millions de francs)

	Fonction- nement	Equi- pement	Moyens de calcul	Opérations immobilières	ATP	Personnel	Total hors personnel	TOTAL
Physique nucléaire - CNRS - IN2P3	0,48					0,58 0,37	0,48	0,58 0,85
Mathématiques, physique de base	2,44	0,15				8,32	2,59	10,91
Sciences physiques pour l'ingénieur	7,58	1			1,7	43,91	10,28	54,19
Chimie	6,87				3,18	58,51	10,03	68,54
Sciences de l'homme	0,04					3,19	0,04	3,23
PIRDES	1	8,38			5,34	2,22	11,69	13,91
Total crédits affectés	18,41	9,5			10,2	117,1	35,11	182,21
Total crédits indirects	20,16		3,38	0,7	0,6	15,06	25,22	40,28
TOTAL	38,57	9,5	3,38	0,7	10,8	132,16	60,33	192,49

Tableau 4 - MOYENS DU PIRDES EN 1977
I - PERSONNEL *

108 chercheurs

115 ingénieurs, techniciens, administratifs (ITA) dont 50 ingénieurs

II - CREDITS :
a) Projet de base du PIRDES

• conversion thermodynamique	4 828 000
• habitat solaire	240 000
• conversion photovoltaïque	211 000
• thermochimie	140 000
• études économiques	225 000

5 642 000

b) Actions thématiques programmées

• habitat solaire	1 038 000
• conversion photovoltaïque	1 100 000
• biococonversion	800 000
• physique de l'atmosphère	600 000
• contribution aux ATP d'autres secteurs scientifiques	450 000
• allocations docteur-ingénieur	150 000

4 138 000

c) Fonctionnement de base des équipes contribuant au PIRDES (x)

1 306 000

11 086 000

d) Opération immobilière (Nice)

2 500 000

Crédit direct total CNRS

13 586 000

e) Contrats extérieurs

• thermodynamique	3 800 000
• conversion photovoltaïque	1 450 000

5 250 000

f) Estimation du crédit total, gestion et tous salaires CNRS et université inclus

44 000 000

(x) Complément des attributions des différentes directions scientifiques

* Il s'agit du personnel des laboratoires travaillant sur les programmes du PIRDES. En fait, seuls 20 techniciens sont réellement affectés au PIRDES.

pose sur une connaissance approfondie de leur formation. En ce qui concerne les ressources énergétiques terrestres, l'étude de la formation de gisements ou « gîtes » entre dans le cadre du groupe sectoriel 4 « connaissance et exploitation du milieu terrestre ».

Les recherches en cours portant sur les gisements d'hydrocarbures, les gisements d'uranium, le flux géothermique, et le gisement solaire.

À côté des études menées sur ces sujets dans le cadre des activités habituelles des équipes, le CNRS a lancé deux ATP dans le domaine des ressources énergétiques naturelles : l'ATP « formation des gîtes minéraux » et l'ATP « transfert de l'énergie thermique à l'intérieur de la croûte terrestre » (une vingtaine de laboratoires contribuent au programme de cette dernière ATP).

La production et le stockage de l'énergie

Au schéma traditionnel : ressources énergétiques – énergie thermique – énergie électrique, il est nécessaire, pour mieux utiliser les ressources, de trouver des modifications et des dérivations.

L'énergie solaire et l'énergie nucléaire empruntent le schéma traditionnel, mais se substituent aux ressources classiques. la conversion photovoltaïque court-circuite l'étape centrale, la bioconversion au contraire ajoute un maillon, les procédés de stockage thermique ou chimique sont en dérivation, et l'hydrogène joue le rôle de vecteur ou de matériau de stockage.

La conversion thermohélio-électrique

La conversion thermodynamique de l'énergie solaire apparaît comme la voie d'utilisation de l'énergie solaire la plus compétitive : elle utilise des techniques relativement bien connues dont l'emploi doit être optimisé. Les travaux sont orientés selon deux voies :

LES RESSOURCES ÉNERGETIQUES NATURELLES

• ATP « formation des gîtes minéraux » : gisements de métaux, de substances usuellement dénommées « utiles non métalliques » et les éléments radioactifs.

• ATP « transfert de l'énergie thermique à l'intérieur de la croûte terrestre » : exploration des potentialités géothermiques en France métropolitaine et d'outre-mer (mise au point des méthodes d'études des transferts thermiques et des explorations régionales visant à définir les champs d'application favorables à la prospection).



La centrale solaire expérimentale THEMIS (Thermo-Hélio-Électrique, Mégawatt 1) : vue artistique (par MM. Alexandroff et Marsier).

• les centrales à tour, dont le but est de produire de l'électricité susceptible d'être livrée par des réseaux de distribution classiques, ou plus tard par un vecteur chimique de l'énergie. Le programme en cours, baptisé THEM, a pour objectif la conception de centrales dont la taille optimale pour le Midi de la France se situe vers 20 MW. Ce programme comporte :

– d'une part l'étude et la réalisation d'un prototype représentatif d'une puissance de l'ordre de 1 MW électrique qui devrait être mis en service vers 1980. Ce projet Themis sera réalisé conjointement avec Electricité de France et avec la coopération du GIE CETHEL ;

– d'autre part des études de systèmes à haute température visant une deuxième génération de centrales à tour. Ces études sont conduites en liaison avec Electricité de France et

font l'objet d'une coopération avec le Commissariat à l'énergie atomique et l'Office national d'études et recherches aérospatiales (ONERA).

• les centrales à collecteurs distribués qui seront à la base de systèmes de petite taille, à « énergie totale », c'est-à-dire dont la rentabilité résultera de la production simultanée de plusieurs formes d'énergie (électricité, chaleur, froid, etc.). Les études portent sur deux filières de capteurs en vue d'élèver vers 300°C la température du fluide caloporteur :

– le capteur en forme de paraboloïde de révolution pointé vers le soleil (projet THEK) dont deux prototypes vont être expérimentés à Marseille. L'étude puis la réalisation d'un champ de plusieurs dizaines de ces capteurs sont prévues en 1978 à Odello ;

– le capteur sphérique fixe, avec chauffe mobile (projet PERICLES) ou

LA PRODUCTION ET LE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE

• ATP « mécanique et thermodynamique » : étude des transferts thermiques à haute température en vue de la conception des chaudières solaires et étude des dispositifs de stockage thermique adaptés à la conversion thermophotovoltaïque à haute température.

• ATP « conversion photovoltaïque » : abaissement du coût et amélioration des performances pour les systèmes fondés sur les matériaux monocristallins actuels (Si, GaAs) et le développement de nouvelles fibres fondées sur de nouveaux matériaux ou de nouveaux principes physiques.

• ATP « habitat solaire II » et « mécanique et thermodynamique » : matériaux permettant le stockage et leur comportement dans les conditions d'utilisation notamment lors des changements de phase : conception de dispositifs de stockage. L'ATP « habitat solaire » prend en compte ces sujets dans la gamme des températures peu supérieures à l'ambiante, l'ATP « mécanique et thermodynamique » pour des températures de plusieurs centaines de degrés centigrades.

• ATP « stockage chimique de l'énergie » : électrochimie, chimie de l'état solide, photochimie et stockage chimique de l'énergie (réactions réversibles utilisables à différents niveaux de températures).

• ATP « chimie et génie chimique solaires » : transfert et stockage chimiques de l'énergie, conversion de l'énergie solaire en vecteurs chimiques (hydrogène - fuels), utilisation de l'énergie solaire à des fins préparatives, réacteurs chimiques solaires.

• ATP « photosynthèse et bioconversion de l'énergie microbienne » : facteurs intrinsèques de rendement énergétique dans l'appareil photosynthétique, aspects structuraux et physiologiques dans la productivité photosynthétique, systèmes modèles membranaires, génie biologique photosynthétique et bioconversion microbienne.

BOL), dont un prototype de dix mètres de diamètre est en cours de réalisation à Marseille.

Parallèlement, le CNRS recense les applications possibles de systèmes à énergie totale soit en France, soit sur les marchés d'exportation. L'objectif est d'identifier deux projets pilotes, l'un dans le domaine agricole, l'autre dans le domaine industriel, susceptibles d'être réalisés d'ici à 1981.

Dans l'ensemble, ces projets animés par l'équipe technique de base du PIRDES concernent six grands laboratoires du CNRS. Il s'y ajoute l'ATP « mécanique et thermodynamique ».

La conversion photovoltaïque

Les générateurs d'électricité utilisant l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs sont utilisés depuis vingt ans pour l'alimentation autonome des satellites. On assiste aujourd'hui au développement de leurs applications terrestres. Celles-ci sont encore peu nombreuses et de puissance mo-



Laboratoire du phytotron (IGF-sur-Yvette) - Compartiment des super-verres.

deste : ballises pour la navigation, relais de télécommunications, alimentation de pompe à eau ou de téléviseurs. On utilise à l'heure actuelle des photopiles au silicium monocristallin. Les recherches effectuées dans les laboratoires du CNRS ont un double objet :

- contribuer à faire progresser la technologie actuelle des photopiles au silicium, soit en développant des prototypes originaux de générateurs photovoltaïques (par exemple sous concentration), soit en appuyant les efforts de l'industrie tendant à abaisser les coûts des photopiles ;

- développer de nouveaux matériaux et de nouvelles structures (Si polycristallin, Si amorphe, composés III-V, CdTe et Cu₂Si).

Si le coût des photopiles est actuellement d'environ 10 000 F/m², on espère atteindre en 1985 un coût de 1 000 F/m² qui permettrait une utilisation plus large des photopiles notamment pour l'irrigation dans le domaine des pompes solaires. Aux environs de 1990 elles pourraient servir aux stations autonomes produisant quelques dizaines voire quelques centaines de kilowatts. L'ATP « conversion photovoltaïque » lancée par le CNRS reflète ces objectifs. Une quinzaine d'équipes y participent.

La fusion et la fission nucléaires

Des deux possibilités de production d'énergie d'origine nucléaire, la fission et la fusion, c'est essentiellement la seconde qui requiert un effort particulier de la recherche fondamentale.

En effet, en ce qui concerne la fission, qui est passée dans le domaine de l'application, seuls quelques problèmes situés en amont (production de matériaux fissiles), au niveau (corrosion, échanges de chaleur...) et en aval (rejets) de la production d'énergie, peuvent bénéficier des connaissances acquises dans des disciplines comme la chimie et la physique du solide, la biologie, la thermique... À côté d'actions conduites en liaison directe avec le Commissariat à l'énergie atomique, l'ATP « mécanique et thermodynamique », lancée en coopération avec le Commissariat à l'énergie atomique, EDF et ELF-ERAP, a pour objectif l'étude des fluides diphasiques en vue de parvenir à une meilleure conception des échangeurs dans les réacteurs.

La fusion contrôlée, en revanche, constitue un travail de base important. Dans le domaine de la fusion par confinement magnétique, un certain nombre d'équipes de physique des plasmas du CNRS coopèrent directement avec les équipes du Commissariat à l'énergie atomique sur des sujets précis. Dans le domaine de la fusion par confinement inertiel, l'ATP « implosion laser et physique des plasmas thermonucléaires très denses » et la GRECO « interaction laser-matière » regroupent une dizaine d'équipes autour de moyens importants implantés à l'Ecole polytechnique de Palaiseau ont été constitués.

Des études pluridisciplinaires ont été entreprises : elles concernent les la-

sers de puissance, la physique des plasmas, la physique atomique des milieux collisionnels denses, les problèmes d'analyse numérique, l'optique non-linéaire, l'optoélectronique ultrarapide et les techniques de diagnostic par rayons X, par analyse des particules chargées et par spectroscopie du rayonnement laser et de ses harmoniques.

Le stockage thermique de l'énergie

Le problème du stockage thermique de l'énergie revêt une importance particulière avec l'avènement des centrales solaires (problèmes posés par le stockage nébulair et le stockage nocturne) et la mise en œuvre de diverses technologies basées sur l'utilisation de l'énergie solaire, notamment dans l'habitat. Dans les différents domaines de température impliqués par ces applications, les recherches menées au CNRS portent à la fois sur les matériaux permettant le stockage, sur leur comportement dans les conditions d'utilisation, notamment lors des changements de phase, sur la conception de dispositifs de stockage. Les ATP « habitat solaire » et « mécanique et thermodynamique » prennent en compte ces sujets. Plusieurs équipes travaillent sur ce thème.

Le stockage chimique de l'énergie

L'augmentation du rendement des piles à combustible, l'amélioration des accumulateurs électrochimiques, la production et le stockage de l'hydrogène sont les principales préoccupations qui recouvrent le thème stockage chimique de l'énergie. Les recherches, conduites dans une douzaine de laboratoires, se situent au niveau des phénomènes, des matériaux, des composants et des procédés ; elles sont soutenues en partie par l'ATP « stockage chimique de l'énergie » lancée par le CNRS en coopération avec la Suède. Elles portent principalement sur la production de l'hydrogène par électrolyse à haute et moyenne température ou par voie thermochimique sur le stockage de l'hydrogène par les hydrides métalliques, sur les matériaux et composants pour générateurs électrochimiques en particulier sur de nouveaux matériaux pour électrodes et sur les électrolytes solides, sur l'électrocatalyse et sur la photochimie.

La chimie et le génie chimique solaires

L'utilisation de la source solaire à des finalités énergétiques autres que la production d'électricité constitue un

axe de recherche nouveau que le CNRS entend promouvoir. Les études concernent trois orientations principales : d'une part des travaux prospectifs sur les cycles hybrides, thermoélectrochimiques ou photochimiques susceptibles de conduire à des procédés de conversion de l'énergie solaire en vecteurs chimiques ; d'autre part des recherches exploratoires sur la possibilité d'utilisation de l'énergie solaire pour des opérations chimiques préparatives faisant appel à des températures ne dépassant pas 1200°C ; enfin des études sur la conception de réacteurs chimiques solaires adaptés au type d'utilisation, photochimique ou thermochimique, envisagé. En appui de cette ligne de recherche, le CNRS a lancé récemment l'ATP chimie et génie chimique solaires.

La bioconversion

Les plantes, certains microorganismes, sont capables de se développer et de se reproduire en utilisant comme « nourriture » des matériaux de faible valeur économique. Ceci présente un double intérêt : une production de matière vivante (biomasse), et une synthèse de molécules élaborées qui correspond à une valorisation du carbone présent dans le substrat nutritionnel. Ces deux aspects peuvent être ou non réunis dans un même système vivant.

Ces matériaux sont soit des molécules simples, disponibles, comme le gaz carbonique atmosphérique, soit des résidus inexploités comme la paille, des débris animaux ou des fractions pétrolières pour n'en citer que quelques-uns. À partir de ces substrats, plantes, algues ou microorganismes pourront dans certains cas synthétiser des molécules à plus forte valeur énergétique : glucides, protéines, hydrocarbures, méthane, ammoniac... Divers mécanismes sont ainsi mis en jeu : la photosynthèse, la fermentation, les réactions chimiques auxquelles ils correspondent ne pouvant s'effectuer que grâce aux enzymes présents dans les cellules vivantes. Pour développer toutes les possibilités qu'offre la bioconversion, il est nécessaire de mieux connaître les phénomènes mis en jeu, d'être capable, par exemple, de modéliser les diverses phases de croissance et de multiplication cellulaire quand il s'agit de microorganismes, et d'augmenter le rendement photo-synthétique quand il s'agit de plantes.

Une ATP « photosynthèse et bioconversion de l'énergie microbienne » a

été lancée et concerne une quinzaine d'équipes.

L'utilisation et les économies de l'énergie

Les études regroupées sous ce thème ont pour objectif d'améliorer les rendements des techniques consommatrices d'énergie, de la combustion, des techniques industrielles en général. Elles ont également pour but de créer de nouvelles technologies basées sur l'utilisation de nouvelles sources d'énergie (énergie solaire, recyclage des déchets ou des fractions non utilisées du pétrole). La poursuite de ces objectifs s'appuie sur une meilleure connaissance des réactions (recherches physiques et chimiques) ; la modélisation de ces réactions et leur optimisation (recherches en automatique et en informatique) y concourent également.

Enfin, les études menées en sciences de l'homme, en économie notamment, en liaison avec l'informatique et l'automatique, permettent d'apprécier la

L'UTILISATION ET LES ÉCONOMIES DE L'ÉNERGIE

• ATP « combustion et turbulences » : analyse de l'efficacité et des particularités de réactions chimiques très exothermiques dans un milieu gazeux turbulent, donc à caractéristiques (températures, concentrations, ...) élastiques ; un aspect très important concerne la mise au point de méthodes de mesure adaptées.

• ATP « utilisation physique et chimique de l'électricité » : développement de l'énergie électrique dans ses applications industrielles, utilisation des possibilités propres à l'énergie électrique pour développer des usages hautement spécifiques : opérations électrochimiques minérales et organiques, photochimie, arc électrique et microondes. (ATP en collaboration avec EDF).

• ATP « épargne d'énergie dans les opérations industrielles » : connaissance et valorisation des matières premières carbonées, en particulier des coupes lourdes du pétrole ; amélioration des opérations chimiques et métallurgiques industrielles.

• ATP « bilan radiatif et thermique de l'atmosphère » : influence de la modification de l'environnement sur le rendement de l'unité de production électrique, telle que la modification de la nébulosité au-dessus d'une centrale solaire ; modification du climat et de microclimat autour d'une centrale ; influence des modifications climatiques sur l'agriculture et l'élevage.

• ATP « problèmes socio-économiques de l'énergie » : élaboration d'une méthode de comparaison des quantités d'énergie fixées dans les principales chaînes énergétiques ; énergie et espaces régionaux ; systèmes urbains et économies d'énergie ; caractéristiques et incidences socio-économiques d'un système énergétique centré sur l'énergie solaire pour une communauté isolément isolée.

Odeffe : maisons chauffées et ventilées par l'énergie solaire selon le procédé mis au point par MM. F. Trombe et J. Michel, breveté par l'Anvar.



consommation d'énergie et les interactions entre les diverses composantes du schéma énergétique national.

La combustion

L'optimisation des techniques consommatrices d'énergie, tant du point de vue de l'amélioration des rendements que de celui de la réduction de la pollution, repose sur la connaissance des mécanismes chimiques et physiques contrôlant les réactions de combustion. Cette recherche qui s'appuie sur la cinétique chimique et la mécanique des fluides constitue un exemple parfait de sciences de transfert, dans la mesure où les études conduites à un niveau éventuellement très fondamental au CNRS s'appliquent à des problèmes touchant le secteur industriel : foyers industriels et domestiques, turbomachines, transport de matière par déflagration et détonation, incendie...

Aux études purement cinétiques et mécaniques s'adjoignent des études d'automatique (modélisation et optimisation des réactions de combustion, modélisation des foyers) et des études sur les propriétés des matériaux (matériaux conducteurs ou réfractaires).

S'appuyant sur un potentiel d'une quinzaine d'équipes, le CNRS a lancé sur ce thème l'ATP « combustion et turbulence ».

L'habitat solaire

Le PIRDES, avec le plan construction, la Délégation aux énergies nouvelles et l'Industrie, participe au programme national visant à développer les utilisations de l'énergie solaire à basse température, dont plusieurs s'approchent du seuil de rentabilité. Les travaux propres du CNRS, qui concernent dix équipes, portent sur les points suivants :

- physiologie du confort,
- analyse de systèmes de chauffage solaire,
- perfectionnement de divers composants (capteurs et stockage),
- réfrigération solaire.

Par ailleurs, le CNRS poursuit la mise au point de systèmes simples de chauffage solaire notamment par chauffage d'air.

L'électrotechnique et l'utilisation de l'énergie électrique

L'électrotechnique est largement impliquée dans le domaine de l'énergie. Son évolution apparaît essentielle-

ment commandée par le maclément d'énergies de plus en plus élevées, avec une prise en compte des aspects de fiabilité, de rendement et de coût. Les recherches sur les matériaux ont été conduites en vue de résister à de forts champs électriques et de réaliser des champs magnétiques intenses. De nouveaux moyens de calcul et de simulation destinés notamment à optimiser les dimensions des machines, ont été largement développés. Les études concernant les alternateurs de grande puissance utilisant la supraconductivité, le développement des moteurs linéaires, la sustentation et le guidage magnétiques dans le domaine de la traction se poursuivent. En collaboration avec EDF, le CNRS a lancé une ATP mixte « utilisation physique et chimique de l'électricité ».

Les économies d'énergie dans les réactions chimiques, La pétrochimie

Economiser l'énergie au cours des réactions chimiques industrielles, c'est principalement améliorer le rendement de ces réactions. Ceci suppose la résolution de divers problèmes auxquels la recherche fondamentale ap-

porte son concours : emploi de catalyseurs appropriés, de réacteurs plus performants, de matériaux de meilleure qualité, plus résistants à la corrosion, ou plus conducteurs, ou plus isolants suivant le cas, automatisation de certains procédés.

Économiser de l'énergie, c'est aussi faire appel à des énergies de remplacement moins onéreuses (thermochimie solaire, utilisation des déchets agricoles par exemple).

L'ATP « épargne d'énergie dans les opérations industrielles » a été lancée dans ce but.

Parmi les réactions industrielles, la pétrochimie donne un bon exemple de ce que les recherches peuvent apporter à l'optimisation des processus. En effet, dans l'hypothèse du maintien de notre capacité de raffinage et d'un léger accroissement de la demande en carburant et fuel domestique, l'industrie du pétrole sera amenée à modifier l'éventail de sa production et en particulier à diversifier l'usage de produits lourds qui deviendront excédentaires. Leur transformation en produits plus légers peut être envisagée en faisant appel à des technologies existantes mais qui imposent une purification préalable due au fait que ces coupes renferment la majeure partie des composés sulfurés et que les macromolécules qu'elles contiennent (résines et asphaltènes) retiennent la quasi totalité des métaux présents dans les bruts. Une autre utilisation de ces produits lourds consistera à les valoriser par transformation chimique, soit directement pour certaines fractions mobiles, soit après traitement pour les autres fractions. Dans tous les cas, une meilleure connaissance de la structure de ces composés macromoléculaires présents dans les fractions lourdes est nécessaire pour permettre le développement des méthodes de purification et la découverte de nouvelles voies de valorisation.

D'autres ATP, à un moindre degré, participent en outre à cet objectif. Ce sont les ATP « chimie de coordination et ses applications », « catalyse homogène par dérivés de transition », « surfaces », « analyse de systèmes », « systèmes automatiques complexes », « robotique ».

Les effets secondaires de la consommation d'énergie

La pollution provoquée par l'usage à grande échelle de l'énergie pour la production industrielle et les quantités importantes de chaleur résultant de l'emploi des énergies nouvelles sont les conséquences secondaires de notre activité économique.

Ces nuisances font l'objet de nombreuses recherches.

L'ATP « bilan radiatif et thermique de l'atmosphère » en est un exemple.

En ce qui concerne la pollution, de nombreuses recherches sont conduites à la fois au plan d'une analyse générale des phénomènes et à celui de problèmes résultant d'une situation locale particulière associée à un type d'industrie ou à un microclimat.

Les études économiques

Les considérations économiques définissent moins un secteur particulier des recherches sur l'énergie qu'une dimension originale du problème dont il faut tenir compte dans l'ensemble des recherches. Ces études économiques ont été envisagées dans leur lien avec des disciplines dont la contribution est indispensable, telles que l'informatique, l'automatique et l'analyse des systèmes. Elles procèdent également à l'analyse des comportements, des modes de vie, des formes d'organisation sociale et des stratégies des principaux acteurs du système économique.

Une ATP « problèmes socio-économiques de l'énergie » a été lancée par le CNRS.

Le CNRS est maintenant engagé dans d'importants programmes pluridisciplinaires concernant les différents aspects du problème énergétique. Ce vaste effort auquel plus de deux mille personnes apportent leur coopération, et qui a représenté un budget supérieur à 200 MF pour 1977, est coordonné par les directions scientifiques des grands secteurs du CNRS.

Parmi les opérations les plus importantes, on peut rappeler :

- le programme interdisciplinaire de recherche pour le développement de l'énergie solaire, PIRDES, avec ses différents thèmes : conversion thermohéliosélectrique, conversion photovoltaïque, habitat solaire, bioconversion ;
- le programme « interaction laser-matière », qui vise à une compréhension des phénomènes mis en jeu dans l'implosion par laser en vue de la fusion thermonucléaire contrôlée par confinement inertiel ;
- le programme sur le stockage d'énergie par voies chimique, électrochimique ou thermique ;
- le programme sur l'épargne d'énergie ;
- le programme sur les aspects socio-économiques de l'énergie.

Cet effort est conduit en liaison avec les organismes publics responsables de la politique énergétique et en coopération avec les industries concernées. Il témoigne de l'insertion du CNRS dans la vie socio-économique du pays. A un autre plan, il constitue la démonstration de la possibilité d'une très grande mobilité thématique lorsque les chercheurs sont convaincus de l'intérêt du challenge qui leur est proposé.

Yves-André ROCHER

Chargé de mission auprès
du directeur scientifique des
sciences physiques pour l'ingénieur

LE POINT

HOLOGRAPHIE



Le processus holographique consiste en une mise en mémoire de l'information complète, en amplitude et en phase, permettant la description et la reconstitution des ondes émises par un objet. Fondamentalement, on s'affranchit des limitations du récepteur quadratique en codant les phrases relatives à travers un phénomène d'interférences. La visualisation - ou décodage - s'effectue par diffraction. Le traitement optique à partir de données saisies par des rayonnements de longueurs d'ondes très éloignées du visible (cm, ..., x, γ), voire de nature différente (acoustique), est un autre aspect fondamental de l'holographie, complété par les perspectives spatio-temporelles, permettant la mise en œuvre de bandes spectrales larges. Cet accroissement du débit, lié à la capacité élevée des mémoires holographiques, suggère des applications dans le domaine des communications, complétant celles, spectaculaires des premières générations d'hologrammes : photographie en relief, métrologie, contrôles non destructifs, médecine. En reconnaissance des formes, les hologrammes interviennent en tant que filtres complexes, composants qui trouvent leur place jusqu'en robotique.

Les catalogues de matériels pédagogiques commencent à faire figurer sur leurs listes des hologrammes décrits comme de véritables images tridimensionnelles, obtenues par séparation d'un faisceau laser en deux parties - l'une étant réfléchi par un miroir vers une plaque photographique, l'autre par le sujet vers la même plaque - l'interférence des deux faisceaux condui-

Fig. 1 - (a) montage d'enregistrement d'un hologramme de grandes dimensions (1,50 m x 1 m), adapté à la taille du sujet (2,18 m) - la Vénus de Milo, (aimablement mise à la disposition du LOBE par le musée du Louvre en 1976) ; (b) image restituée lorsque l'hologramme est disposé dans le faisceau d'un laser à argon. Cliché LOBE.



sant à une image aux surprenantes propriétés... Pour succinctor que puisse apparaître ce genre de rubrique, elle ne cerne pas si mal une réalité physique : après développement photographique classique, si l'on éclaire la plaque en lumière laser, on peut observer, comme à travers une fenêtre, une image 3 D sur un fond sombre. Cette image est photographiable comme l'eût été le sujet directement, présentant effets de parallaxe et de profondeur de champ. L'œil placé sous différents angles, en apprécie le profil de la droite ou la perspective de gauche, d'autant mieux que la lucarne est large, c'est-à-dire que le capteur holographique entoure plus amplement le sujet lors de l'enregistrement : la photographie de la Vénus de Milo (fig. 1 a et b) est celle d'une image restituée par un hologramme de grandes dimensions (1 m x 1,5 m), compatibles avec celles du sujet (2,18 m) placé environ quatre mètres en arrière. Tout se passe comme si l'on regardait la statue à travers une fenêtre identique à la plaque.

Un succès à retardement

Vers 1947, D. Gabor avait eu l'idée de repérer la phase des ondes diffractées et diffusées par l'objet dans un microscope électronique, en leur superposant un fond cohérent constitué par l'onde incidente elle-même. La restitution de l'image à partir de cette superposition enregistrée en milieu photographique, non seulement fournit en lumière visible une image correspondant aux distributions d'intensité et de phase, mais convenait à la correction de l'aberration sphérique importante en imagerie électronique, d'où une sensible amélioration de la résolution était attendue (l'effet amplificateur du fond continu permettra un peu plus tard de travailler avec 1/10 ou 1/50 de l'énergie nécessaire dans les conditions habituelles : il faut aussi se rappeler qu'à la même époque, Zernike montrait la possibilité de repérer optiquement des détails de phase correspondant à des variations de trajets d'un nanomètre environ par l'introduction d'un fond cohérent). Revenant au processus holographique, Gabor explique en avoir entrevu les possibilités dès 1949, mais réalisé en 1950 seulement que la manière de produire la lumière cohérente était l'émission stimulée, dont lui avait parlé Einstein lui-même en 1921 (Gabor suggéra alors comme sujet de thèse à l'un de ses élèves, qui ne le retint pas, de pomper

optiquement un cristal dopé au sarrarium et dont les faces terminales traitées, seraient de haut pouvoir réflecteur, l'émission devait être déclenchée par chauffage électronique). Ainsi fallut-il attendre le début des années 60, l'avènement du laser en tant que source cohérente intense, pour que se développent les méthodes holographiques. Une dernière date marque cette préhistoire : en 1962 Leith et Upatnieks proposent une séparation angulaire de l'onde de référence et des ondes transportant l'information : les différents termes apparaissent lors de la restitution (qui n'est autre qu'une démodulation au moyen d'une onde cohérente non nécessairement de même fréquence que celle d'enregistrement) sont séparés, et la qualité d'image s'en ressent d'autant que la mise en œuvre de l'éclairage diffus réduit le bruit en minimisant l'importance de la lumière parasite venant par exemple des rayures, des poussières sur l'émulsion, etc. S'ouvre enfin l'ère d'une holographie d'objets 3 D. On enregistre en France nos premiers hologrammes dans l'hiver 1963-64.

Quoi holographier ?

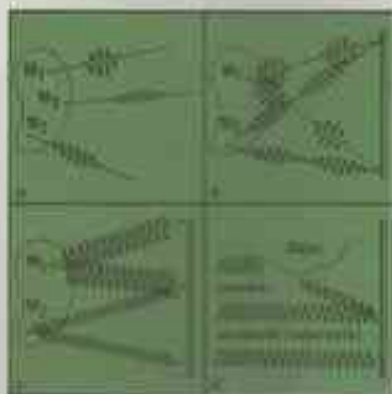
Cette première approche de l'holographie appelle immédiatement une double question : quel impact ? quelles retombées ? Sans chercher l'exposé didactique, il nous faudra montrer d'abord comment d'aussi élémentaires principes ont amené à la visualisation effective du relief. L'apparition quelque peu magique de l'image transposée d'entrée la technique au plan de l'art : des brevets ont été déposés depuis longtemps sur des dispositifs de cinéma 3 D, d'hologrammes panoramiques ; des musées et des expositions se multiplient, l'affichage holographique entre petit à petit dans le domaine public. On l'utilisera bientôt en signalisation routière ou dans le descriptif des structures architecturales. Cependant, l'intérêt actuel ou potentiel reste axé sur la capacité de mémorisation très élevée des hologrammes d'une part (10⁸ bits accessibles en moins de 1 μ s par exemple), composants privilégiés en matière de traitement de l'information (filtres complexes bi ou tridimensionnels, mémoires organisables, réseaux, éléments pour l'optique intégrée) et les communications, sur le développement du contrôle non destructif d'autre part, s'appuyant sur l'interférométrie holographique, optique et ultrasonore, et

débouchant soit en métrologie des déplacements, des vitesses, des déformations, soit dans l'évaluation des effets de contraintes, vibrations, etc., dans les contrôles de fabrication, en biologie ou en médecine (diagnostics, timographies, 7 graphies). Il ne s'agit pas d'introduire l'holographie par une liste exhaustive d'applications, mais peut-être de reprendre maintenant le mécanisme de fonctionnement, quitte à parcourir ensuite quelques allées déjà sûres, ou d'autres, plus prospectives, qui nous éloigneront parfois de la classique holographie optique, examinée dans ce qui suit.

Où il est question de cohérence, d'arrangement des trains d'ondes, de codage, de démodulation et de restitution

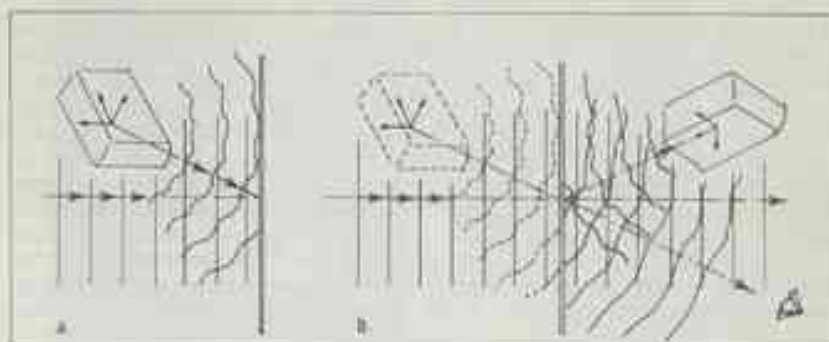
Ne nous arrêtons pas sur le mécanisme physiologique de la perception du relief. Réalisons seulement que les ondes transportant l'information de points - objets, par exemple décalés en profondeur, diffèrent en amplitude et en phase (fig. 2a). Mais les récepteurs de l'optique (œil, plaque photographique, tubes vidéotels) sont quadratiques, c'est-à-dire qu'ils enregistrent des intensités, perdant les termes de phase. De plus, l'arrangement nécessaire qui permettrait de conserver leur individualité à chacun des signaux de la figure 2a, implique ce que

Fig. 2 - Vars l'arrangement holographique, quelques étades intermédiaires : (a) l'objet, éclairé en lumière blanche naturelle, réfléchit des trains d'ondes de formes diverses, sans aucun synchronisme ; (b) une plaque photographique reçoit ces ondes de façon désordonnée : on ne peut guère attendre un phénomène d'interférences observable ; (c) un fond cohérent, spatialement (synchrone) et temporellement (monochromatique), l'arrangement des ondes conduit à des interférences qui se brouillent ; (d) un champ d'interférences moyen, observable, est produit par les trains d'ondes ordonnés arrivant directement sur la plaque, auxquels se superposent ceux ayant transité par l'objet.



On appelle des conditions de cohérence dont une approche au moins intuitive s'explique par la figure 2b. Les différents points de l'objet éclairé d'une manière ou d'une autre renvoient donc vers la récepteur — une plaque photographique par exemple — différents trains d'ondes qui n'ont, a priori, aucune raison de se combiner sur la plaque suivant un processus exploitable. Ceci est malheureusement vrai, non seulement pour les vibrations issues de points tels que M_1 , M_2 , M_3 , etc., mais tout aussi bien pour les trains d'ondes successifs issus d'un point particulier jouant le rôle de source individuelle. Par contre, si l'émission était synchrone, on pourrait s'attendre à la formation de systèmes de franges d'interférences. Un tel synchronisme entre toutes les émissions (ou ré-émissions) aux points M_1 , M_2 , M_3 , ..., exprime un haut degré de cohérence spatiale. Le résultat reste pourtant bien complexe : dès lors que l'on parle de trains d'ondes, on décèle implicitement le fait qu'ils sont constitués par la superposition de composantes monochromatiques dont le comportement sur le récepteur n'est évident que si la largeur de bande spectrale est extrêmement réduite. C'est la condition de cohérence temporelle (fig. 2b). Ces deux conditions de cohérence ainsi esquissées sont satisfaites dans le rayonnement laser : monochromaticité élevée, stationnarité de la phase au moins approchée en un point du faisceau, c'est-à-dire cohérence de phase entre les différentes régions de l'objet ainsi éclairé (qui deviennent dans le jargon des opticiens autant de sources secondaires synchrones).

A vrai dire, une telle situation, favorable à la formation de systèmes d'interférences entre les couples de vibrations maintenant bien définies, provenant de M_1 et M_2 , M_1 et M_3 , et M_2 , ... ne permettrait pas, en général, de « débrouiller » chacun de ces systèmes si l'un d'eux ne pourrait constituer un repère. Il revient au même de prendre comme repère l'une des sources individuelles dont la phase devient la référence (fig. 2c). Ainsi dans l'histoire déjà longue de l'holographie, voit-on apparaître d'abord la mise en œuvre d'un « fond continu » (Gabor), puis d'une référence latérale (Leith), ce qu'utilisent la plupart des holographistes travaillant en lumière cohérente, et enfin d'artifices de dédoublement tels que pour chaque couple de points homologues, l'un joue le rôle de source



de référence pour les vibrations issues de son jumeau. Ceci est assez général en imagerie incohérente et conduit, par exemple, dans le cadre de l'optique spatio-temporelle, à enregistrer des hologrammes d'objets étendus en lumière blanche sans source auxiliaire, donc dans une situation d'incohérence spatiale et temporelle.

Cette description, pour alambiquée qu'elle paraisse, serait la même dans n'importe quel domaine de longueur d'ondes du spectre électromagnétique et pour des rayonnements de nature différente, mécanique ou acoustique. Il est vrai que dans la région optique les conditions de cohérence sont extrêmement critiques, pires encore en rayonnement X que les techniques holographiques n'abordent encore qu'avec prudence. Mais les radioélectriciens ont évidemment retrouvé le codage classique, superposition des ondes constituant le message, à l'onde porteuse qui reste la référence. Ils savent aussi que la lecture de l'information — la démodulation — se fait grâce à ce que l'opticien appelle une onde de restitution, produite par l'oscillateur local. Le schéma optique (fig. 3) représente pratiquement la manipulation fournissant l'information image dans l'une des bandes latérales. Un calcul très élémentaire étayera le raisonnement. Si l'on appelle respectivement A_1 et A_2 les amplitudes complexes (incluant par conséquent des termes de phase, retards ou troisième dimension) de l'information à holographier et de l'onde de référence, l'énergie enregistrée sur la plaque holographique dans la configuration simple représentée en 3a est le carré de module de la somme $A_1 + A_2$, soit :

$$E = (A_1 + A_2)(A_1 + A_2)^* = |A_1|^2 + |A_2|^2 + A_1 A_2^* + A_2 A_1^* \quad (1)$$

où l'astérisque indique la quantité complexe conjuguée. Cet enregistrement est un hologramme. On suppo-

se que l'enregistrement classique, par adaptation angulaire des faisceaux transportant l'information et la référence, représenté en (a), suggère le mode de restitution (b) : le faisceau de démodulation conserve la même incidence, sur l'hologramme, que le faisceau de référence, les deux images sont observables dans les directions asymétriques indiquées par des flèches : l'image « directe » est virtuelle, on la regarde à travers la plaque ; l'image conjuguée est réelle, on a figure des petits triangles afin de représenter la « sortie » des images : dans la situation présente, l'image conjuguée apparaîtrait en creux, retournée comme un gant.

sera par la suite que le développement a été pratiqué de façon à ce que la transparence H de la plaque soit proportionnelle à l'énergie enregistrée E , ceci pour une gamme d'amplitude donnée des signaux holographiés (afin que le processus soit linéaire). Que transmettra cet hologramme lorsqu'on l'éclaire au moyen d'un faisceau identique à celui utilisé comme référence lors de l'enregistrement ? Evidemment, le produit $A_2 H$, soit :

$$A_2 H = A_2 (|A_1|^2 + |A_2|^2 + A_1 A_2^* + A_2 A_1^*) \quad (2)$$

Un observateur regardant à travers la plaque ne s'intéressera pas bien sûr à l'énergie transportée dans la direction de A_2 (que l'on désignera cette fois-ci par un faisceau de restitution) mais, de part et d'autre de cette direction, pourrait voir deux images, l'une constituée par les ondes conjuguées A_1^* , l'autre reconstruite à partir d'ondes A_2 , identiques à celles provenant de l'objet examiné directement. Ces deux directions correspondent aux bandes latérales du radioélectricien qui a l'habitude de ne considérer que celle identique à celle du message. En termes d'opticiens, le phénomène est tout aussi évident : le système étant linéaire, chaque couple $A_1 A_2^*$ donne lieu à des franges sinusoidales et l'hologramme se comporte comme un réseau, ou une superposition de réseaux élémentaires sinusoidaux. Par diffraction de l'onde de restitution au pas-

sage à travers ces réseaux; outre le terme central on observe les deux images, dans les directions symétriques des deux termes latéraux. On montre que l'image conjuguée est en général déformée et l'on ne retient habituellement que l'image directe (virtuelle dans notre cas de figure). Les positions et les grandissements des images varient avec la géométrie du système et les longueurs d'ondes d'enregistrement et de restitution.

Interférences entre des ondes non contemporaines (interférométrie holographique)

Lorsqu'un objet se déplace ou se déforme sous l'action de contraintes, des hologrammes de cet objet peuvent être enregistrés successivement aux instants t et t' , ceci sur la même plaque qui a ainsi recueilli, indépendamment, les distributions d'énergie E et E' dont les expressions sortent de la forme donnée par la relation (1), si tant est que l'onde de référence n'a pas changé entre les deux expositions. On procède alors au développement de la plaque sur laquelle la distribution d'énergie est maintenant $E + E'$. Puis on l'éclaire au moyen de l'onde d'amplitude A_r ; les transparences en amplitude étant encore supposées proportionnelles aux énergies, l'expression de l'amplitude émergente est de la même forme que (2) où, en particulier, l'onde A_r est remplacée par la somme des amplitudes complexes $[A_r + A_r']$, reconstruite dans une direction déterminée. Si a_r , module de A_r , reste stationnaire, l'intensité résultante, dans cette direction, est proportionnelle à $|A_r + A_r'|^2$, soit à $2a_r^2 [1 + \cos(\phi - \phi')]$, ϕ et ϕ' étant les phases relatives caractérisant les situations aux temps t et t' respectivement. Cette expression décrit le phénomène d'interférence entre les deux états non contemporains. L'exploitation des systèmes de franges est délicate dans le cas général, mais conduit à une métrologie fine des déplacements ou des déformations superficielles dès que l'on peut, par exemple en utilisant des modèles, effectuer une interprétation quantitative.

L'intérêt saisissant de l'interférométrie holographique réside sans doute dans les propriétés résumées suivantes: les mesures ne nécessitent aucun référentiel étalon comme en interférométrie classique; elles sont réalisables à partir de surfaces quelconques, diffusantes (poli optique inutile); elles ne demandent pas la pré-

sence simultanée des différents états pour permettre leur comparaison. Rien n'interdit d'enregistrer continuellement l'évolution de l'objet — ou plus exactement de son hologramme — réalisant une intégration temporelle, ou encore de comparer un hologramme au temps t_0 , utilisé comme situation repère, et recaler l'image restituée sur l'objet afin d'observer directement ses modifications en temps réel. De nombreuses techniques dérivées de ces principes (interférométrie en impulsion, vibrations, moirés, stroboscopie, etc.) débouchent sur un véritable « outillage » de contrôle. On illustrera la photoélastométrie holographique par la figure 4 en montrant seulement un résultat dans une méthode de séparation des contraintes principales pour une maquette plastique.

Matériaux holographiques

Si l'on réalise que le support holographique agit sur le faisceau lumineux de restitution comme un véritable modulateur spatial générant une image tri-dimensionnelle, on se rend compte que la qualité de l'image va dépendre non seulement des conditions d'enregistrement, mais aussi des caractéristiques de l'émulsion: sensibilité spectrale, résolution, linéarité, etc... Ainsi une résolution élevée qui permet l'enregistrement de microfranges serrées donnera un angle de champ important au niveau de l'image (1 000 franges/mm est un ordre de grandeur couramment rencontré, ce qui exclut les émulsions photographiques ordinaires). Un autre paramètre à prendre en compte dans la production d'une image est sa luminosité, surtout si l'on songe à utiliser les techniques holographiques à des fins d'affichage, d'exposition, de publicité. C'est alors l'épaisseur du matériau qu'il faut considérer (en fait le rapport épaisseur/interfrange): à un milieu « épais » correspondra un rendement de diffraction élevé qui peut atteindre, théoriquement, 100 % pour un « hologramme de phase » dans lequel les franges d'interférences sont enregistrées sous forme de variations d'épaisseur ou d'indice. Aussi ne faut-il pas s'étonner si la recherche d'un support holographique réunissant à la fois des qualités de résolution, de sensibilité et de rendement de diffraction satisfaisantes a suscité l'étude de toute une gamme de matériaux: émulsions argentiques, bichromatées, résines photosensibles (photo-résists), matériaux électro-optiques (thermoplastiques) et



Fig. 4 - Les biréfringences qui prennent naissance à l'intérieur d'une maquette plastique soumise à des forces, s'accompagnent de variations d'épaisseur. Une holographie de l'objet éclairé en lumière non polarisée permet l'enregistrement d'un hologramme « double », correspondant aux deux composantes perpendiculaires de la lumière incidente. On détermine ainsi les isochromes, caractérisant la différence des contraintes principales. Au même temps, sur la même plaque, suivant un autre plan d'incidence, on enregistre un hologramme en double exposition, le premier ayant été effectué avant la mise en charge. La restitution montre alors la superposition d'une deuxième famille de franges, les isoplethes, caractérisant la somme des contraintes principales. L'ensemble est difficilement exploitable (a). Cependant, si l'on élimine les isochromes suivant l'un des canaux, l'hologramme éclairé en lumière blanche restitue simultanément les isochromes et les isoplethes dans les deux directions choisies pour l'enregistrement, réalisant la séparation des contraintes principales: en (b) à gauche sont reproduites les isoplethes, à droite les isochromes. Cliquez LOGO.

magnéto-optiques (M-Si), etc... Il semble cependant que les émulsions argentiques restent pour l'instant les milieux holographiques les plus fiables.

Les hologrammes « épais » (émulsions de quelques dizaines de microns) auxquels il a été fait allusion mettent à profit non plus la surface, mais le volume sensible. Dès la fin du siècle dernier, Lippmann enregistrait ainsi des systèmes d'ondes stationnaires en illuminant simultanément la plaque, systèmes qui se traduisaient, après déve-

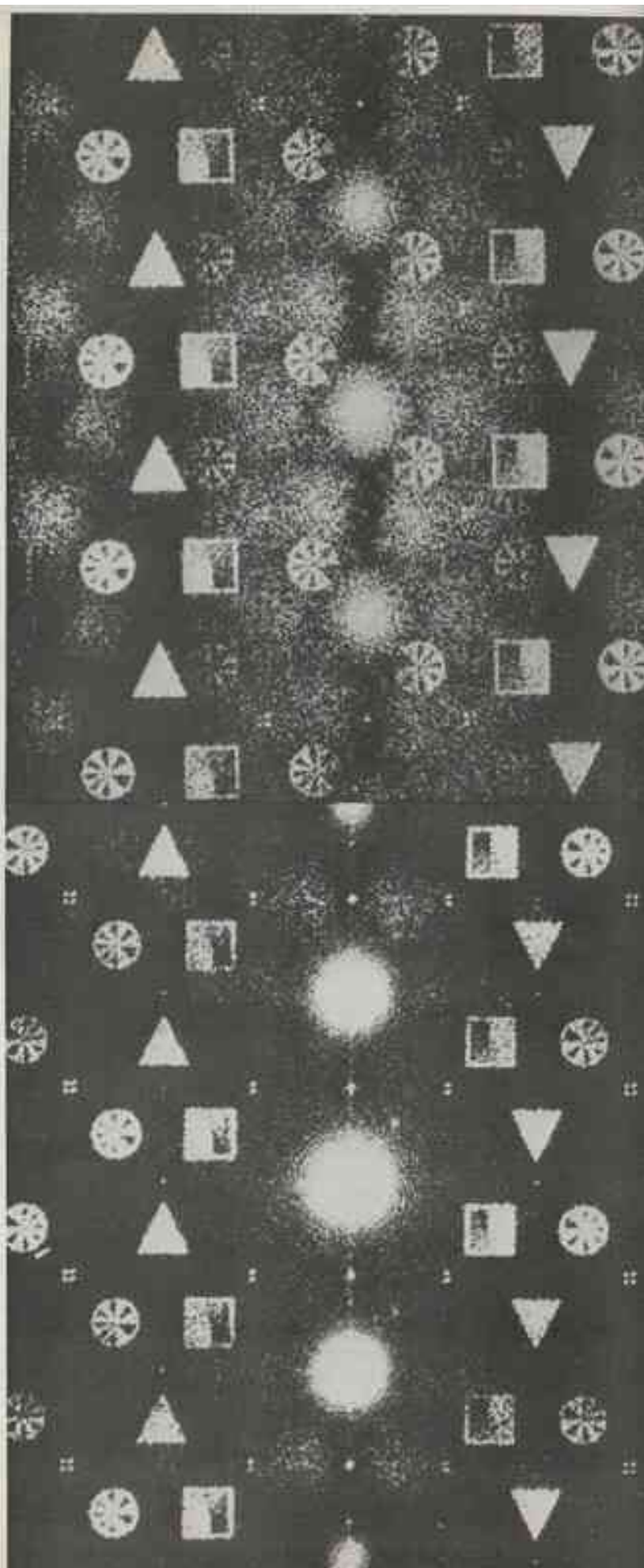
loppement, par des empilements de couches d'argent réduit, partiellement réfléchissantes, distantes de $\lambda/2$. La sélectivité chromatique de ces empilements, véritables filtres interférentiels, est d'autant meilleure que l'épaisseur augmente - à condition que le milieu reste homogène. En 1962, Denisyuk construisit les premiers hologrammes en volume suivant la même architecture, dans une gélatine bichromatée : l'objet, placé en arrière de la plaque, est éclairé à travers celle-ci en lumière monochromatique ; les ondes rétrodiffusées interfèrent avec l'onde incidente à l'intérieur de la gélatine et forment des strates sensiblement parallèles à la surface ; la restitution, en lumière blanche fournit une image monochromatique. Une extension du procédé consiste à mémoriser trois couleurs fondamentales dans trois stratifications qui s'empilent heureusement : la restitution en lumière blanche recrée le mélange des couleurs sur l'image. C'est l'holographie de Lippmann-Bragg : le rendu optimum correspond à la direction déterminée

Fig. 5 - Images restituées par un hologramme calculé sur ordinateur. Le bruit important, dû à une erreur sur le codage de la phase lorsqu'une seule pupille est placée dans chaque cellule d'échantillonnage (a), est considérablement réduit en utilisant trois pupilles par cellule (b). Collège Institut d'Optique d'Orsay.

par la loi de Bragg. Il existe quelques hologrammes d'une rare beauté, mais l'enthousiasme du praticien se heurte aux variations souvent irrégulières des strates dont l'épaisseur est affectée lors du développement photographique ; généralement la contraction de la gélatine déplace les tonalités vers les courtes longueurs d'ondes et l'on peut même parler de λ de coupure à la restitution.

Hologrammes digitaux et de synthèse

Les champs d'interférences constituent un moyen analogique bien adapté à la mise en mémoire du relief d'un objet lumineux dans une figure bidimensionnelle. La répartition d'amplitude lumineuse complexe est codée, dans le plan de la plaque holographique, par deux variables optiques : la période et la visibilité des franges. En ne se limitant plus aux grandeurs physiques, d'autres variables sont envisageables mathématiquement, qui réaliseraient un codage équivalent. Ainsi des hologrammes calculés et synthétisés par ordinateur ont-ils été introduits. Il y a dix ans par A.W. Loh-



mann. Ils permettent de reconstruire optiquement l'image d'un objet qui peut très bien ne pas avoir d'existence physique, dès lors que les propriétés mathématiques de sa diffraction sont connues. Cette méthode digitale impose un échantillonnage de l'onde que l'objet est censé diffracter. L'amplitude complexe $a_n \exp(i\phi_n)$ dans la même cellule d'échantillonnage est codée par les variations de surface et de position d'une pupille opaque. La largeur l_n et l'excentrement e_n de cette pupille sont respectivement liés à l'amplitude a_n et à la phase ϕ_n par :

$$a_n = l_n$$

$$\phi_n = 2\pi e_n$$

Cette répartition binaire, tracée sous contrôle de l'ordinateur, puis réduite photographiquement à une échelle convenable, est utilisable comme un hologramme habituel. On limite le bruit d'échantillonnage en jouant sur la structure de la pupille de codage (fig. 5). Outre son intérêt dans la construction de l'hologramme d'un objet, lorsque l'on connaît ses conditions d'enregistrement sans pouvoir les réaliser, cette méthode introduit sous forme optique des objets mathématiques tels que les opérateurs nécessaires à certains traitements d'images (pour la correction d'aberrations ou la lecture et le transcodage de signaux optiques).

Ouverture vers d'autres rayonnements de fréquence et de nature différentes

Le principe du codage d'informations 3 D sur des franges d'interférences ne se limite pas aux rayonnements optiques. Il s'applique à tout rayonnement dès lors que l'on dispose d'une source cohérente. Cependant deux problèmes doivent être résolus : trouver le capteur jouant le rôle de plaque photographique pour le champ d'interférences, puis restituer une image optique à partir de cet hologramme. Cette dernière condition remplie, on aboutit à la visualisation d'un objet opaque ou inaccessible à la lumière, ou encore à l'étude de sa structure interne. L'effet de grandissement par changement de longueur d'onde entre l'enregistrement et la restitution offre également la possibilité de microscopie sans lentille.

La faisabilité de l'holographie en rayons X a été démontrée par l'expérience suivante. Des hologrammes de Gabor ont été enregistrés en rayons X

($\lambda = 0,037 \text{ \AA}$) en utilisant comme source ponctuelle une pointe métallique soumise à un champ électrique intense. Le faisceau d'électrons illumine un échantillon d'oxyde de magnésium et une plaque photographique placée à la suite est impressionnée par les électrons diffractés. En lumière laser He-Ne ($\lambda = 6328 \text{ \AA}$) cet hologramme restitue directement une image agrandie dans le rapport $\lambda'/\lambda = 1,510^6$. La résolution de l'ordre de $50 \text{ \AA}$ peut être poussée jusqu'à l'angström : une telle valeur permettrait de « voir » les atomes ; les recherches se poursuivent dans ce sens. La visualisation par holographie acoustique concerne toutes les disciplines utilisant déjà la détection acoustique (médecine, géophysique,

logramme de phase lorsqu'elle est illuminée par un faisceau laser. Une image optique de l'objet acoustique est fournie en temps réel, localisée au-dessus de la surface dans un ordre de diffraction de cet hologramme (fig. 6). Lorsqu'il n'est pas possible d'immerger l'objet, le récepteur acoustique peut être simulé en balayant le champ d'interférences avec un microphone. L'hologramme est alors tracé point par point, photographié et lu optiquement. Ce dernier dispositif est également utilisé pour l'holographie en micro-ondes. L'hologramme, codé sous forme d'un signal électrique, peut être tracé en vue d'une lecture optique, ou démodulé électroniquement afin de reproduire l'image sur un écran de télévision. On peut dans ce cas s'affran-



Fig. 6 - Reconstruction optique, en temps réel, de l'image d'un objet acoustique (petit poisson) dont la structure interne est mise en évidence. Cliché LORE.

métallurgie). Voir à l'intérieur du tridimensionnel opaque entraîne vers des applications allant de la tomographie humaine à la détection de défauts internes des produits industriels, bruts ou usinés. Les sources acoustiques cohérentes existent (hauts-parleurs transducteurs) et il s'agit de déterminer le récepteur capable d'enregistrer les interférences acoustiques sur une surface suffisamment étendue par rapport à la longueur utilisée (quelques millimètres). Une solution consiste à immerger la source de référence et l'objet, « éclairé » par un faisceau acoustique. Les interférences acoustiques se traduisent par des variations de pression qui déforment la surface du liquide : celle-ci se modifie jusqu'à ce que la pesanteur et la tension superficielle équilibrent la pression en chaque point. Cette surface apparaît comme un champ de vagues-lettes qui se comporte comme un ho-

logramme de phase lorsqu'elle est illuminée par un faisceau laser. Une image optique de l'objet acoustique est fournie en temps réel, localisée au-dessus de la surface dans un ordre de diffraction de cet hologramme (fig. 6). Lorsqu'il n'est pas possible d'immerger l'objet, le récepteur acoustique peut être simulé en balayant le champ d'interférences avec un microphone. L'hologramme est alors tracé point par point, photographié et lu optiquement. Ce dernier dispositif est également utilisé pour l'holographie en micro-ondes. L'hologramme, codé sous forme d'un signal électrique, peut être tracé en vue d'une lecture optique, ou démodulé électroniquement afin de reproduire l'image sur un écran de télévision. On peut dans ce cas s'affran-

chir de la source de référence, l'onde de référence étant créée électroniquement à partir du signal d'excitation de la source d'éclairage. La simulation d'effets holographiques pour des rayonnements ? concerne actuellement le domaine médical, après avoir été utilisée en astronomie pour la séparation d'étoiles doubles. Elle consiste à associer à chaque point de l'objet émetteur du ? une figure d'interférences déterminée a priori. On sait qu'un réseau zoné de Fresnel est capable de reconstituer l'image d'un point (d'autres écrans de codage sont étudiés dans différents laboratoires). Chaque point projeté sur une surface réceptrice (plaque photographique ou caméra de Anger) l'ombrage d'un écran en plomb dans lequel est découpé le réseau de Fresnel. La diffraction n'in-

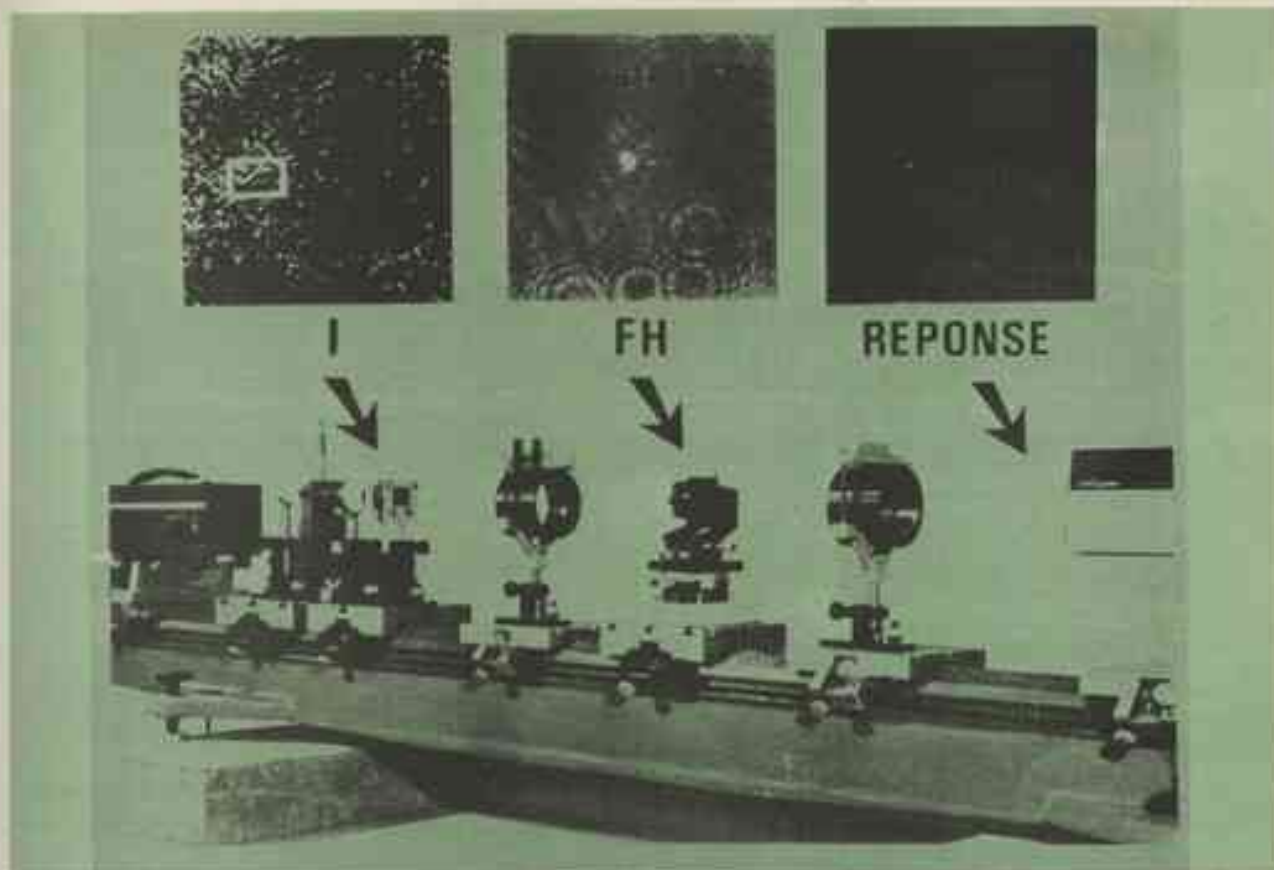


Fig. 7 - Reconnaissance des formes : détection d'un signal S dans une image I disposée à l'entrée d'un corrélateur optique dans lequel l'hologramme du signal - ou d'une information à comparer au signal - joue le rôle du filtre FH. Applicable à la lecture automatique, cette technique est illustrée ici dans le recensement des cartes valées. I représente par exemple l'image d'une région de territoire balayée par un radar embarqué. La partie encadrée, susceptible d'être survolée, a été mémorisée holographiquement et constitue l'un des repères défilant dans le plan de filtrage à des instants prévus de la trajectoire. La détermination du point de corrélation à la sortie du système permet une comparaison avec la trajectoire idéale définie par la succession des repères et, par suite, de corriger cette trajectoire automatiquement. Cliché LOBE.

tervient pas, mais la dimension et la position de l'ombre projetée codent respectivement la distance et l'excentrement du point. L'image optique de l'objet émissif (éventuellement un organe, foie ou thyroïde, marqué par un traceur radioactif) est reconstituée soit par laser, soit au moyen d'un ordinateur qui commande l'affichage.

L'hologramme sur le marché des composants

En tant que procédé d'enregistrement suivant trois dimensions l'holographie utilise beaucoup mieux la capacité intrinsèque du capteur que la photographie classique. Théoriquement, chaque cellule élémentaire de dimension compatible avec la longueur d'onde participe à l'organisation de la mémoire : la densité de l'information,

pour une émulsion de résolution $1\,000\text{ mm}^{-1}$ devrait atteindre 10^9 éléments d'information par mm^2 . Pratiquement, un hologramme de la dimension de cette page accepte de mémoriser 10^{10} à 10^{11} bits, soit l'équivalent de quelques centaines de kilomètres de bandes magnétiques. Un autre aspect tout aussi déterminant quant à l'utilisation de l'hologramme comme mémoire porte sur la qualité de l'image restituée. Celle-ci est pratiquement indépendante de toute dégradation locale de l'émulsion (rayures, poussières, défaut d'homogénéité, etc.), chaque élément d'information étant réparti sur l'ensemble de la plaque.

La tendance actuelle est la mise au point de mémoires de masse dans le domaine du téra-bit. La mémoire se présente comme une matrice de micro-hologrammes explorée par un faisceau laser défléchi au moyen d'un modulateur acousto-optique qui assure des temps d'accès dans le domaine de la microseconde. Une commercialisation effective de ce type de mémoire semble probable pour les années 80, en ce qui concerne tout au moins les mémoires mortes destinées à l'archivage de données. L'exploitation de mémoires vives semble exclue dans un avenir proche, en raison de l'absence de matériaux d'enregistre-

ment effaçables, réunissant simultanément des conditions de sensibilité, de rendement de diffraction et de durée de vie satisfaisantes.

Quelle est, finalement, l'utilité d'une telle capacité de mémoire ? Un fait récent en souligne l'actualité : la France va se doter de missiles de croisière : ces engins légers peuvent être guidés à partir d'un réseau de satellites - mais cela coûte cher - ou bien recalculent leur trajectoire en comparant l'image des régions survolées à une série de cartes répertoriées dans leur unité de contrôle. Le système de mémorisation et de reconnaissance de formes doit avoir un encombrement et un coût réduits, la charge tactique et le carburant représentant l'essentiel du volume utile. Encore une fois l'holographie est bien placée : en effet la possibilité de détecter un signal dans une image constitue l'un de ses apports au traitement de l'information. Dans le dispositif de la figure 7, appelé montage à double diffraction, l'image est placée à l'entrée et l'hologramme* du signal recherché est disposé dans le plan intermédiaire. Cet hologramme réalise un filtrage des éléments spectraux de l'image. Le résultat, corréla-

* Il s'agit d'un hologramme de Fourier : les ondes n'interfèrent pas dans l'espace objet, mais dans le domaine spectral : ce sont les ondes spectrales du signal et de la source de référence qui interfèrent.

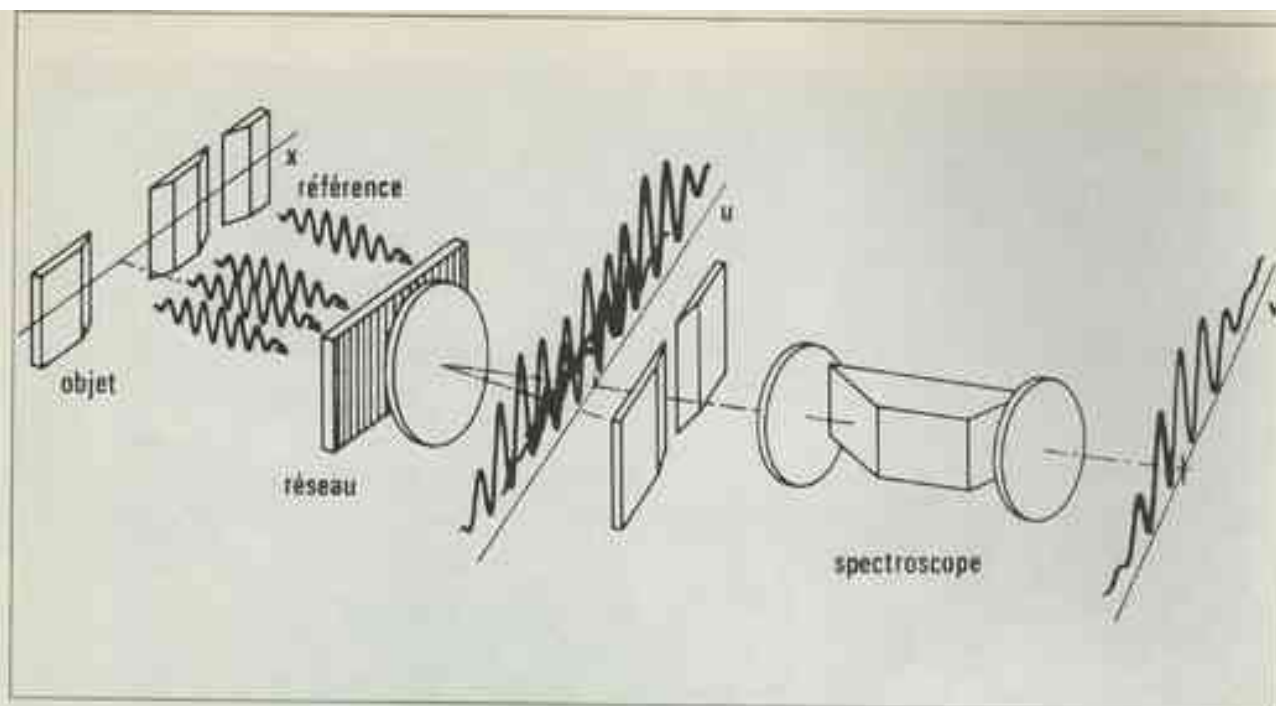


Fig. 8 - Enregistrement d'un hologramme temporel. Les trains d'ondes polychromatiques traversant l'objet subissent des modifications traduisant un filtrage des composantes temporelles, longitudinales, par la distribution spatiale, transversale suivant x . L'onde transmise par la fente latérale joue le rôle de référence. Le réseau agit en disperseur : dans un ordre donné, il effectue une discrimination des composantes chromatiques suivant l'axe u des fréquences spatiales. Le spectroscopie analyse la distribution que « voit » la fente d'entrée et affiche, dans son plan de sortie, une densité spectrale d'énergie, celle de la lumière incidente sur l'objet, modulée par l'hologramme spatial de ce dernier. Cette densité spectrale d'énergie, étirée suivant l'axe chromatique (fréquences temporelles λ) se comporte comme un hologramme temporel et relève des procédés classiques de restitution.

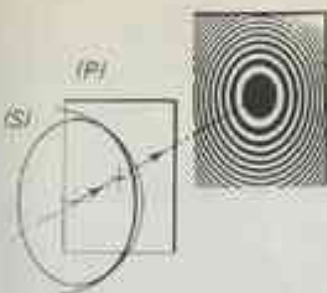
contrôle des formes : un corrélateur optique réalise de façon quasi instantanée des comparaisons entre des formes-étalons, cataloguées dans des hologrammes filtres. Le débit d'informations traitées ne dépend que de la vitesse à laquelle les images sont adressées et avec laquelle les différents filtres sont interchangés. Deux perspectives s'ouvrent pour intégrer un tel calculateur analogique dans un dispositif de contrôle de production : d'une part les tubes convertisseurs* qui mettent les images ordinaires sous forme cohérentes et permettent également la synthèse en temps réel des filtres à partir d'une bibliothèque d'hologrammes sur ordinateur, d'autre part

* Ceux-ci traduisent les variations d'éclairement d'une image optique cohérente ou non en variations de brillance directement exploitables. Les matériaux utilisés sont des cristaux type KDP ou des vitres liquides. De résolution faible (50 mm²), leur domaine d'application se réduit pour l'instant à l'affichage d'images en temps quasi-réel. Leur utilisation en tant que pupilles d'entrée dans les corrélateurs optiques devrait permettre une exploitation pratique effective des techniques de traitement optique, surtout si l'on pense à la possibilité pour être proche de les voir utiliser dans le plan de filtrage comme sélecteurs d'informations dès que leur résolution sera suffisante.

les techniques de filtrage en éclairage incohérent qui travaillent directement sur les images ordinaires.

Holographie spatio-temporelle

Les vibrations lumineuses monochromatiques issues d'une référence et celles ayant transité par l'objet interfèrent : cet hologramme classique est une distribution spatiale. L'information est codée suivant une fonction où les variables sont essentiellement des variables d'espace. Dans un autre type de codage constituant une extension de l'holographie à des ondes lumineuses polychromatiques, l'information est mise sous forme d'une fonction du temps - ce qui n'est pas sans rappeler immédiatement la transmission radioélectrique. Nous allons voir que cela n'est pas tout à fait aussi simple mais qu'un accroissement potentiel considérable (d'un facteur 10^6 pour la bande visible du spectre) du débit d'informations peut en être attendu, les différentes composantes spectrales se comportant comme autant de canaux indépendants. Considérons donc la figure 8. Supposons que l'information, à holographier soit délimitée par l'ouverture large dont la position géométrique est repérée par rapport à une fente fine. Pour simplifier le raisonnement, on suppose également l'éclairage en lumière blanche. Les vibrations diffractées par l'objet et la fente de référence cheminant suivant une direction moyenne, passent à travers un réseau linéaire intervenant comme disperser, puis à travers une lentille focalisant le résultat de la superposition de toutes ces vibrations à l'entrée d'un spectroscopie. Chacune des composantes spectrales occupe,



Soient A' et A'' deux dérivés, soit l l'ensemble par la suite de référence pour l'écrit en l . On en déduit les relations de conjugaison suivantes, où α et β sont les exposants de l'écrit et de l'écrit, respectivement, au centre l , et α' et β' celles de la suite de référence et l'écritement et à la restitution.

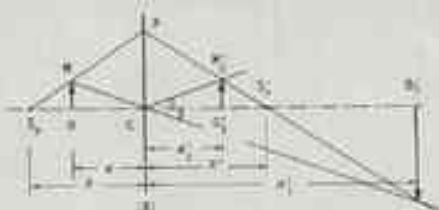
$$2000 = 2000 + 2000 = 2000 \quad [Energy\ 2000]$$

2027 = 2024 + 3.97 = 2028 Change 0.9%

Le subprogramme est donc équivalent à une liste d'items ou à une suite d'items. Il n'y a pas de différence entre les deux notions. De plus, d'après les deux définitions précédentes :

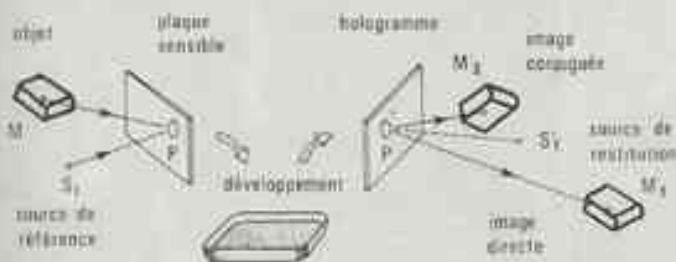
1998年 4月 22日 星期一

ne qu'il exprime la combinaison des deux.
L'ensemble des points obtenus de cette façon
est l'ensemble des réalisations qui réalisent
la loi de la longueur d'onde λ , différente
de celle d'approximation λ_0 , ce nombre que
les grandissements statistiques (sauf) il est
noté λ_{eff} et est donc appelé longueur effective.



J. A. Roberts *A. J. Valleron*

1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 26

[illegible]

dans le plan de la fente d'entrée du spectroscopie, une position déterminée par la loi de diffraction de la pupille transversale (ou géométrique) d'une part, et par l'effet dispersif du réseau d'autre part. En fait, les figures d'interférences, ici représentées pour trois longueurs d'ondes, ne sont rien d'autre encore que des hologrammes de Fourier classiques, chacun de ces hologrammes étant construit à partir d'une seule composante monochromatique. Le spectroscopie effectue l'analyse de l'ensemble des éléments spectraux que recueille sa fente d'entrée. Il en fournit la densité spectrale d'énergie, graduée en fréquences temporelles. Cette densité spectrale d'énergie est aussi le résultat d'une interférence, celle des spectres chromatiques décrits par les trains d'ondes qui sont arrivés à la suite les uns des autres, décalés longitudinalement (le simple fait d'introduire un réseau revient à observer l'objet sous incidence optique, et à jouer sur des retards optiques⁸, spécifiques des différents points objets et traduisant l'information transversale d'informations de la fonction objet est elle codée par la densité de fréquences temporelles. Et réciproquement. La conjugaison d'un

laire entrée-sortie du spectroscopie fait qu'il y a reconstitution polychromatique de la forme des hologrammes monochromatiques présents dans le plan de la fente d'entrée. Ceci est dû par la juxtaposition des éléments spectraux que cette fente voit superposés. Ainsi la densité spectrale d'énergie est donc un hologramme qui s'étire cette fois, suivant un axe de fréquences temporelles. C'est un hologramme de Fourier temporel. Placé dans les conditions habituelles de restitution cohérente, cet hologramme donne une image de l'information objet. La bande utile de fréquences spatiales de l'objet enregistrée dans l'hologramme est directement liée à la largeur spectrale de la source, ce qui n'est pas le cas en holographie classique.

* Des lors que s'imposait la notion de méthode optique, quelque soit leur forme d'expression, elle suggère une transposition des techniques instrumentales. Cette transposition a été très largement antérieure et bien qu'on ne puisse évaluer ci l'ensemble des applications en cours de développement au moyen d'ajuster le texte. Il est raisonnable de citer, au moins quelques études avancées, illustrant la méthode optique pour des différences de marche de l'ordre du centimètre, mise en œuvre des spectres canalisés en tant qu'hologrammes temporels, utilisation du concept de spectre temporel en spectroscopie des surfaces.

Outre l'augmentation de débit d'informations déjà souligné, un autre intérêt de ce type de codage porte sur la transmission d'hologrammes à grande distance. En photographie classique, tout comme d'ailleurs dans tous les phénomènes de diffraction, la quantité d'informations atteignant la plaque est proportionnelle à l'angle solide sous lequel on voit le récepteur depuis l'objet, et est donc d'autant plus faible que la plaque holographique est éloignée. Ici, du fait que l'information se présente sous forme temporelle, ou, ce qui revient au même, sous forme longitudinale, la quantité d'information reste toujours la même. Il s'en suit que ce procédé se prête à la transmission d'hologrammes à grande distance, sans perte d'information.

Lorsqu'on parle transmission d'images, on pense généralement à toute une technologie qui emprunte à l'électronique et dont le rôle est d'analyser l'image puis de véhiculer l'information ainsi recueillie. L'analyse de l'image est assurée en général par un double balayage x-y qui, en pratique, est lent : 1/25 s pour une image TV décomposée en 625 lignes de 830 points; ce qui implique une bande passante d'environ 6 MHz pour le canal de transmission. C'est l'ordre de grandeur de la bande de modulation dont disposent les électroniciens. Si l'on songe à la bande passante disponible dans le visible — près de 300 THz —, l'intérêt d'une transmission par ondes lumineuses apparaît appréciable en ce qui concerne le débit d'informations, surtout si l'on cherche à transmettre des hologrammes dont on a déjà souligné la densité d'informations particulièrement élevée. Aucun composant électronique ou mécanique ne doit alors intervenir dans la chaîne de transmission, en particulier au niveau de balayage en exploitant les effets de dispersion de la lumière d'un prisme ou d'un réseau optique et, d'autre part, à utiliser un faisceau de fibres optiques comme support de l'information à transmettre. Il s'agit bien entendu, encore d'expériences de laboratoire qui posent des problèmes technologiques ardues et coûteux mais qui laissent envisager des transmissions d'hologrammes de qualité par voie optique dans un avenir plus ou moins éloigné.

Jean-Charles VIÉNOT

JACQUES DIVERNOY

Jean-Pierre GÖDGERLER

Holographie et traitement optique
des signaux
Laboratoire d'optique de Besançon
(LOBE)



HORLOGES BIOLOGIQUES

La découverte de la mesure biologique du temps

L'extension et la diversification fort rapides que connaît actuellement la chronobiologie résultent de la constatation, continuellement renforcée par de nouvelles observations, du fait que les rythmes biologiques ne sont pas des phénomènes particuliers mais, au contraire, constituent une propriété générale de l'organisation physiologique des eucaryotes. Leur étude ouvrant d'importantes perspectives en physiologie végétale et animale comme en médecine. Un des aspects les plus remarquables de la recherche sur les rythmes biologiques est sa vocation interdisciplinaire : la connaissance de la véritable portée de leur rôle dans la coordination temporelle des processus physiologiques et dans l'adaptation au climat implique le développement d'une nouvelle approche biochimique et biophysique de la physiologie et, simultanément, suscite des recherches sur le langage mathématique apte à permettre une modélisation utile des données ainsi obtenues. Le présent article traitera essentiellement des aspects métaboliques des travaux récents.

L'origine de la chronobiologie est pourtant déjà ancienne et repose sur un phénomène remarquable, noté dès 1729 par le Moiré, qui observa que les mouvements journaliers de feuilles de plantes comme le mimosa se poursuivant même en obscurité continue et donc relèveraient d'un mécanisme autre que la simple réponse à la présence de lumière ou d'obscurité. Un siècle plus tard, de Candolle montra que le mouvement spontané de ces feuilles en lumière continue avait une période un peu inférieure à 24 heures, mais l'importance de cette remarque

n'apparut que beaucoup plus tard. Au cours du 19^e siècle, l'étude de ces rythmes spontanés attira l'attention de botanistes notoires comme Darwin, Sachs et Pfeffer. Mais les progrès furent lents tant que le phénomène a été considéré conceptuellement comme résultant d'une sorte de mémorisation de cycles jour/nuit reçus précédemment et tant qu'aucune « utilité » physiologique n'a été imaginée pour pouvoir comprendre son intégration dans des données plus vastes. Pourtant, dès 1905 Semon avait montré que des feuilles de plantes entraînées à suivre des rythmes de lumière/obscurité de périodes autres que vingt-quatre heures revenaient spontanément à une période proche de vingt-quatre heures dès qu'on les transportait en lumière continue : il conclut que ce rythme spontané ne dépendait pas d'une mémoire, mais avait une base génétique. Ce n'est qu'après 1936 que E. Sünning, dans son travail sur les mouvements des feuilles de haricot, eut la remarquable intuition que ce rythme spontané pourrait être la **manifestation d'une capacité intrinsèque de mesure du temps par l'organisme** et suggéra son intervention dans le phénomène du photopériodisme, découvert par Garner et Allard en 1923. En 1954, C.S. Pittendrigh proposa l'hypothèse selon laquelle les rythmes spontanés de période proche de vingt-quatre heures seraient à la base de la mesure du temps par les abeilles et les oiseaux, mise en évidence vers 1950 dans l'étude des phénomènes d'orientation par rapport au soleil. C'est ce concept de la mesure du temps par un mécanisme rythmique endogène, et dont le rôle serait fondamental dans l'organisation cellulaire et le fonctionnement physiologique, qui est le point de départ des recherches modernes. Ce mécanisme paraît exister uniquement dans les eucaryotes. Le « cold spring harbor symposium on quantitative biology » de 1960 a été consacré à ces « horloges biologiques » et le terme « circadien », proposé par F. Halberg, fut alors adopté pour définir la propriété, déjà observée par de Candolle, que possède toute

une classe de rythmes endogènes de montrer, en conditions constantes du milieu, une période proche (circa), mais toujours différente, de vingt-quatre heures. Ce léger écart de période, considéré longtemps comme une sorte de tolérance acceptable de la variabilité biologique, serait en fait un des éléments de base contribuant au rôle efficace joué par les rythmes endogènes dans l'adaptation au climat, ainsi qu'il ressort de résultats publiés récemment par Pittendrigh.

Rythmes biologiques endogènes - Le spectre des activités rythmiques continues montre une forte concentration en trois grands groupes qui semblent, comme le propose L. Bailly, avoir été privilégiés par la sélection naturelle aux dépens des autres périodicités : a) rythmes circadiens (période proche de 24 h) ; b) rythmes à fréquences élevées, pouvant être subdivisés en sous-groupes plus ou moins nettement délimités (périodes de quelques secondes ou fractions de secondes à quelques heures).

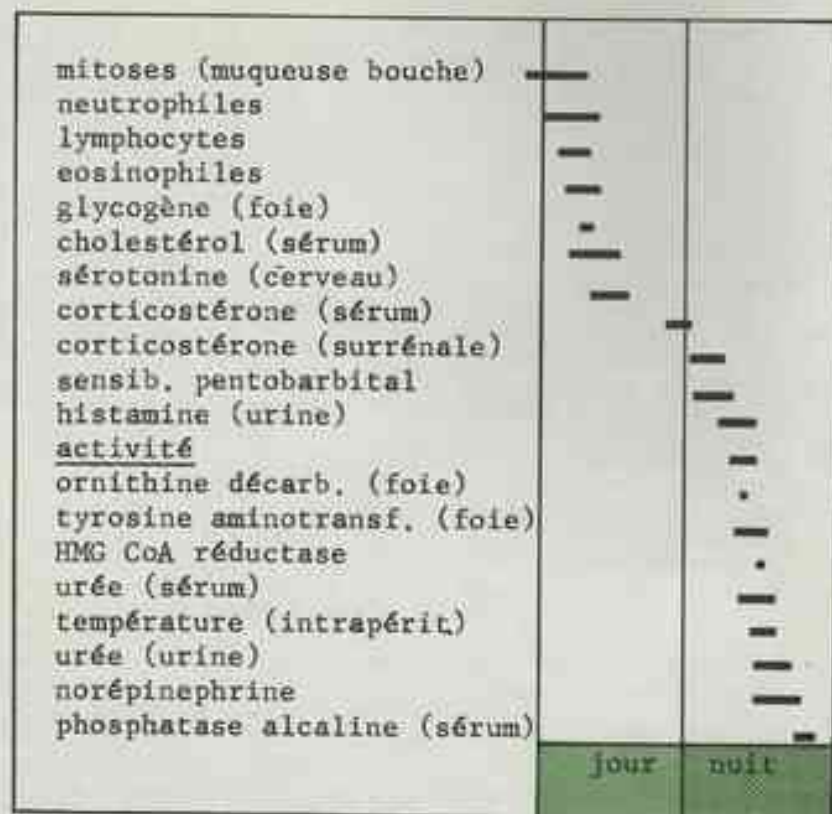
Un nombre extrêmement élevé de rythmes circadiens a été répertorié à ce jour, dans une grande diversité d'unicellulaires et de pluricellulaires, à tous les niveaux de l'organisation biologique, tant moléculaire, cellulaire et organique, que, par delà l'organisme individuel, au niveau de la population et de son comportement écologique et social. Ch. Ehret propose le terme « cybernétique circadienne » pour désigner l'ensemble des travaux de chronobiologie focalisés sur les rythmes endogènes de période proche de vingt-quatre heures : l'intérêt de cette dénomination est de souligner le double aspect théorique et pratique qu'implique la recherche de la structure de l'horloge et de la modélisation de son rôle dans le déterminisme temporel des réponses au climat et au milieu social. Le fait que les composantes moléculaires de l'horloge n'aient pas encore été définies directement ne signifie pas une absence de progrès dans l'analyse de ses propriétés : au contraire, des progrès importants ont été faits dans l'étude des relations entre l'horloge et la réponse physiologique aux actions du milieu, ainsi que dans la manipulation chimique et génétique des propriétés de l'horloge elle-même.

Fig. 1 - Le couplage entre la photopériode et les processus biologiques commandés par des horloges internes est à la base de modifications profondes du fonctionnement physiologique, au niveau morphogénétique comme au niveau moléculaire : ici, un changement de photopériode a induit, dans le *Salicornea baccata*, d'une part le floraison, et d'autre part le développement de systèmes enzymatiques rythmiques (voir fig. 3), typiques de l'adaptation à la sécheresse, et dont l'activité est accompagnée d'une croissance et d'une rigidité notables des feuilles (flèches).

Structure temporelle du métabolisme

L'approche chronobiologique, par son utilisation de durées expérimentales réellement significatives du fonctionnement physiologique, et surtout par la conceptualisation qui lui est propre, non seulement aborde directement des réponses temporellement cohérentes avec les variations naturelles de l'environnement auquel l'organisme est censé s'adapter, mais, en outre, permet de détecter des propriétés de l'organisation du métabolisme qui échappent à l'approche biochimique traditionnelle.

En effet, l'étude du réseau métabolique a porté traditionnellement beaucoup plus sur sa composition et sur sa structure formelle que sur sa structure temporelle. Ceci résulte en partie d'une attention plus grande donnée aux modalités de régulation de ses étapes enzymatiques plutôt qu'à leur flexibilité d'intervention, ainsi que de l'utilisation de méthodes analytiques employées de manière ponctuelle dans le temps, comme si les relations quantitatives et qualitatives entre composantes du métabolisme étaient constantes ou monotones. Or bien au contraire, les voies métaboliques ne sont pas toutes ouvertes en même temps ni de la même façon au cours des heures de jour, ni au cours des heures de nuit, ni au cours de l'année, cet aspect mouvant ayant des conséquences particulièrement importantes en physiologie, comme l'a souligné A. Reinberg dans un précédent Courrier du CNRS (1). En fait, le fonctionnement du réseau métabolique sur des durées physiologiquement significatives se traduit par des variations continues et complexes de pools d'enzymes et de pools de métabolites, avec la mise en place ou la levée temporaires de mécanismes de régulation, provoquant des modifications, voire des inversions, des balances quantitatives entre voies métaboliques selon l'heure du cycle journalier et selon les effets cumulatifs de l'action des contraintes externes. Il en résulte que, à partir de méthodes d'analyses ponctuelles, une description physiologiquement réaliste des relations entre fonctions métaboliques ne peut être obtenue que si ces analyses sont pratiquées itérativement en plusieurs points du cycle jour/nuit et du cycle annuel. Un véritable phénotype tem-



poriel (le chronotype) peut alors être dressé, permettant de retracer les variations effectives de l'activité de différents enzymes et voies métaboliques sous l'action des facteurs climatiques. La figure 2 montre, par exemple, le chronotype circadien du rat, animal à activité nocturne, soumis à un cycle jour/nuit de 12 h/12 h.

La concentration des recherches sur le chronotype d'un organe (comme c'est le cas pour l'étude des enzymes du foie) ou d'une fonction (comme c'est le cas pour la photosynthèse, combinant des études biochimiques et biophysiques) est une méthode de toute évidence prometteuse si on veut mieux comprendre le rôle physiologique de la rythmicité. Une carte de rythmes circadiens dans les chloroplastes d'*Acetabularia* a été établie par Th. Vanden Driessche, comprenant des rythmes de capacité de photosynthèse, de synthèse d'ARN, de teneur en ATP et en polysaccharides, et des rythmes de forme de l'organe, d'aspect et localisation des thylakoïdes et de densité du stroma. La manipulation de ces différentes composantes rythmiques par des effecteurs chimiques a permis de progresser dans la connaissance des relations entre les différents niveaux d'organisation con-

Fig. 2 - Chronotype du rat : distribution horaire du maximum de quelques fonctions sous une photopériode de 12 h/12 h (d'après C.F. Ehret).

cernés. De même une masse notable de données a été obtenue sur le chronotype enzymatique d'*Euglena*, en particulier grâce aux travaux menés par L.N. Edmunds : l'activité circadienne de nombreuses enzymes a été établie pendant le cycle de division mais aussi en cultures stationnaires, donc en absence de réplication périodique du génome : ces rythmes concernent en particulier des déshydrogénases (alanine, glucose-6-phosphate, lactate et glycéraldéhyde-3-phosphate, tant NAD que NADP-dépendantes, déshydrogénases) et des aminosidases de la sérine et de la thréonine, ainsi que l'incorporation d'acides aminés et la capacité photosynthétique. Il est à remarquer que dans ce dernier cas la rythmicité endogène intervient au niveau enzymatique (glycéraldéhyde-3-phosphate déshydrogénase) et non au niveau des photosystèmes I et II, apparemment dépourvus de rythmicité endogène.

Pourquoi une horloge ?

Il pourrait paraître plausible que la distribution des valeurs maximums et minimums des composantes du métabo-

(1) Nouvelles acceptions en chronobiologie humaine - A. Reinberg - Courrier du CNRS n°22 - octobre 1978.

seme par rapport au cycle jour/nuit soit le résultat, direct et indirect, d'un simple système du type stimulus-réponse : les variations de concentration de métabolites ou d'enzymes, et leur activité, dépendraient dans ce cas de la présence, de l'intensité et de la durée de la lumière, ou de son absence, ainsi que des interactions du réseau métabolique. En d'autres termes, la réponse à la photopériode et à ses changements saisonniers serait obtenue par des réajustements d'un système d'oscillations exogènes, c'est-à-dire des oscillations créées dans des systèmes passifs par la simple périodicité de la lumière. De tels systèmes existent évidemment dans le métabolisme, mais la principale objection à une interprétation des rythmes biologiques uniquement sur cette base est que de telles oscillations ne possèdent pas l'ensemble de propriétés observées dans le cas des rythmes dits endogènes : persistance du rythme en absence de tout stimulus, au moins pendant quelques cycles et dans certains cas pendant des semaines ; période très stable, restant pratiquement inchangée quelle que soit, dans une gamme très étendue, la température à laquelle l'organisme est soumis ; synchronisation par un stimulus périodique externe uniquement dans une certaine gamme de fréquences de ce stimulus : en dehors de cet intervalle, le rythme « ignore » le stimulus ; déphasage par un signal de lumière ou de température, l'importance et le sens (avance ou retard) de ce déphasage variant pour un même signal en fonction du moment du cycle où le signal est donné (courbe de réponse de phase spécifique). La rythmicité circadienne est donc basée sur un processus beaucoup plus complexe qu'un simple système stimulus-réponse.

Une propriété remarquable des rythmes endogènes est que l'effet de la photopériode peut être, dans certaines limites, obtenu en remplaçant le jour de n heures par deux signaux de lumière donnés à n heures d'intervalle à l'organisme maintenu à l'obscurité (on utilise alors ce que l'on nomme une « photopériode squelettique »). Cette méthode met nettement en évidence le phénomène de mesure endogène du temps. En effet, tout se passe comme si l'organisme « lisait » un des signaux comme signifiant « début de jour » et l'autre comme signifiant « fin de jour », car on constate que les rythmes vont se placer dans les cycles de vingt-quatre heures ainsi définis

RYTHMES ENDOGENES ET RYTHMES EXOGENES

● **Rythmes endogènes circadiens** - Classe de rythmes ubiquistes chez les eucaryotes, présents à tous les niveaux de l'organisation biologique et répondant aux caractéristiques suivantes :

1) persistance de la rythmicité, au moins pendant quelques cycles, même en absence de tout stimulus externe (largement en conditions constantes de lumière ou d'obscurité, température, environnement social) ; le rythme dans ces conditions est dit en « libre cours » ;

2) la période du rythme endogène circadien en libre cours est très stable (caractéristique homéostatique) ; peu différente de 24 h (on peut montrer que cet écart par rapport à 24 h a une signification fonctionnelle) ; indépendante, ou très peu dépendante, de la température (caractéristique homéostatique) ;

3) la phase du rythme (valeur de la variable oscillatoire au temps t) est susceptible d'être modifiée par des signaux externes (impulsions par la lumière ou l'obscurité, la température, des substances chimiques) ; un même signal peut produire soit une avance, soit un retard, soit pas de réponse de la phase selon le moment du cycle où il est appliqué (v. par ex. fig. 2) ; le signe et la valeur quantitative de cette réponse sont conformes à une « courbe de réponse de phase » caractéristique du rythme considéré ;

4) le rythme endogène peut être entraîné par un rythme externe (l'« synchroniseur » ou « Zeitgeber ») de lumière, température, etc., mais uniquement si la période de celui-ci est comprise dans un intervalle spécifique (selon le rythme endogène conserve sa période propre) ; - le Zeitgeber ne crée pas le rythme et n'est pas nécessaire à son maintien ; - dans la mesure, le principal Zeitgeber est la photopériode, agissant sur les rythmes circadiens (dans le cas de l'homme, le rythme activité-repos est un Zeitgeber important) ; - la photopériode entraîne les rythmes endogènes par l'action des signaux « début de jour » et « début de nuit » (v. fig. 2) ; on montre que, dans certaines limites, un jour de n heures peut être remplacé par 2 signaux lumineux donnés avec un intervalle de n heures (« photopériode squelettique »).

● **Rythmes exogènes** - Rythmes créés par des signaux externes périodiques agissant sur un système passif, dépourvu de rythmicité propre ; ces rythmes ne présentent pas les propriétés énoncées ci-dessus.

comme ils se seraient placés si le jour de n heures était normalement donné : ceci est vrai du moins jusqu'à un écart entre les signaux tel qu'une ambiguïté apparaisse. Ce fait est très nettement illustré par une expérience classique de Pittendrigh avec des drosophiles, utilisant des photopériodes squelettiques dissymétriques (une photopériode principale de quatre heures et une interruption de la nuit de quinze minutes) (fig. 3) : Les très élégantes expériences de W.S. Hillman concernant l'induction de la floraison chez *Lemna perpusilla* ont également apporté de forts arguments en faveur de la mesure du temps par un rythme endogène. Hillman utilise une photopériode squelettique avec deux

signaux de quinze minutes de lumière découpant deux tranches horaires de treize et de dix heures et demie d'obscurité par cycle de vingt-quatre heures, selon les schémas 13 obs/1/4 lum/ 10 1/2 obs/1/4 lum/ etc. ou 10 1/2 obs/1/4 lum/13 obs/1/4 lum/ etc. Le *Lemna* requérant des nuits d'au moins treize heures pour être induit à fleurir, les deux schémas semblent pouvoir remplir cette exigence. Or la floraison a été induite par le premier traitement, pas par le second malgré la présence de treize heures d'obscurité. L'interprétation a été la suivante : les plantes venaient d'une culture maintenue sous forte lumière continue ; on peut montrer que ces conditions rendent le *Lemna* arrhythmique, comme c'est le cas pour beaucoup de plantes, et alors la reprise du rythme endogène déclenchée par le premier passage à l'obscurité initie toujours une phase « nuit » (donc le premier signal lumineux de quinze minutes sera lu comme un « début de jour ») ; quand la « nuit » ainsi définie est assez longue (treize heures) la floraison est induite ; par contre la « nuit » de dix heures et demie du deuxième horaire est trop courte, et la période de treize heures d'obscurité suivante étant lue en fait comme « jour » ne peut pas induire la floraison.

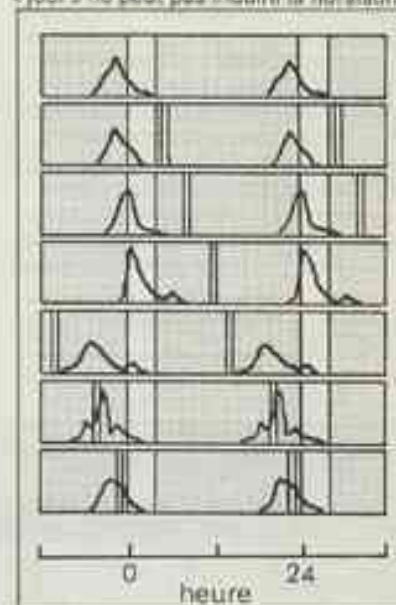


Fig. 3 - Entraînement du rythme d'éclosion de *Drosophila pseudoobscura* par une photopériode squelettique asymétrique : par rapport à l'organisme comme indiquant la fin du jour tant qu'elle est donnée dans la première partie de la nuit, puis « devient » début du jour suivant, le rythme d'éclosion se réajuste alors, par un saut de phase, selon ce nouveau sens attribué aux écarts entre signaux par l'organisme (redessiné d'après C.S. Pittendrigh).

Hillman a ultérieurement développé ce schéma utilisant une première période d'obscurité de longueur croissante jusqu'à cinquante-deux heures avant les photopériodes aquelettiques, et là aussi les résultats impliquent l'existence d'un rythme circadien endogène de sensibilité à l'obscurité, donnant à l'organisme un moyen de mesurer, et en quelque sorte d'interpréter, les intervalles entre signaux. Ces expériences fondamentales, ainsi qu'un nombre très élevé de résultats obtenus depuis, sur une grande diversité d'organismes, montrent que **la rythmicité endogène circadienne agit en fait comme une horloge interne.**

La mesure de l'heure et de la saison

Les bases conceptuelles des recherches actuelles sur le mécanisme, au niveau moléculaire, et le rôle des rythmes endogènes circadiens, ont été définies lors d'une réunion organisée en 1975 dans le cadre des conférences Dahlem, à Berlin. Certains points seront soulignés ici :

- Le mécanisme endogène qui « mesure » le temps commande un ou plusieurs rythmes circadiens, métaboliques ou morphogénétiques, assurant ainsi une coordination temporelle de leur fonctionnement. Ceci n'implique évidemment pas que ces rythmes soient synchronisés : par exemple, les différents rythmes observés dans *Gonyaulax polyedra* (division, photosynthèse, luminescence spontanée et luminescence stimulée) ont des maxima à différentes heures du cycle lumière/obscurité et cependant leurs réponses à divers traitements agissant sur la phase montrent qu'ils sont con-

trôlés par la même horloge. En d'autres termes, ces rythmes bien que placés différemment par rapport à la photopériode, appartiennent à un même programme temporel. Si plusieurs horloges sont présentes dans un organisme, il faut donc s'attendre à l'existence de plusieurs ensembles de fonctions rythmiques cohérentes, donc à la coexistence de plusieurs programmes. Ce point est discuté dans une autre section.

- La séparation entre l'horloge proprement dite et les différents rythmes qu'elle commande (« aiguilles de l'horloge »), conceptuellement nécessaire, a pu être établie expérimentalement : ainsi dans le cas des rythmes du *Gonyaulax*, il a été montré par J.W. Hastings que si on inhibe la photosynthèse avec un inhibiteur très spécifique comme la dichlorodiphényl méthyl urée (DCMU), l'arrêt de ce rythme ne modifie pas l'horloge, puisque les autres rythmes dépendant de cette horloge, cités plus haut, poursuivent leur course. Des résultats allant dans le même sens ont été obtenus par d'autres méthodes sur d'autres systèmes rythmiques. Il apparaît ainsi que non seulement l'horloge est distincte des rythmes qu'elle contrôle, mais aussi qu'il n'y a pas de rétroaction des rythmes sur l'horloge elle-même. Cette séparation permettrait à la sélection naturelle de réajuster l'horaire d'une fonction physiologique appartenant à un programme temporel tout en conservant les horaires d'autres fonctions liées au même programme. D'autre part, il est évidemment possible que certains des rythmes observés dans un organisme soient des composantes du mécanisme de l'horloge lui-même (et non seulement des « aiguilles ») : tel serait peut-être le cas de certaines propriétés rythmiques des membranes, ou de la synthèse rythmique d'enzymes.

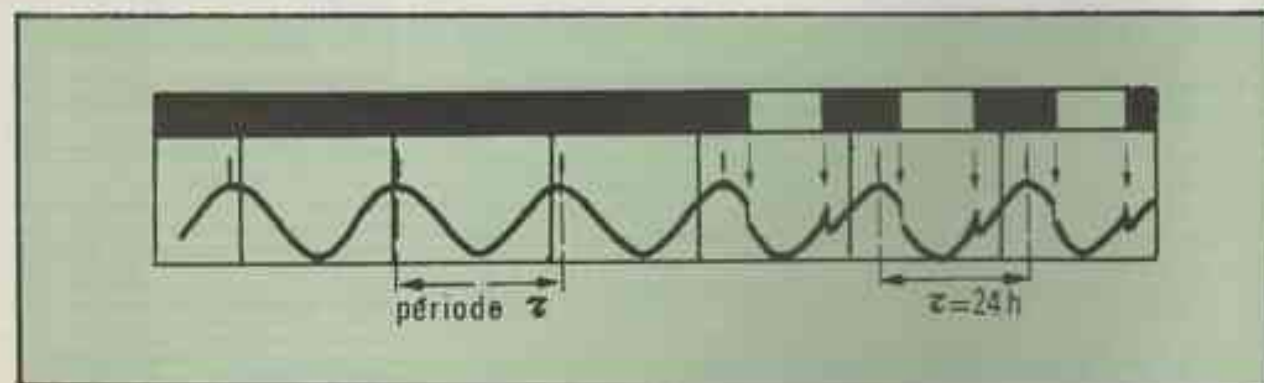
- La mesure du temps correspond à deux processus physiologiquement connexes et bien définis :

- (a) la mesure de l'intervalle de temps s'écoulant entre signaux externes ou internes,
 - (b) la mesure précise de l'heure locale, dans le cycle jour/nuit.
- Expérimentalement, il est possible de montrer séparément la capacité des organismes à réaliser (a) et (b) : du point de vue physiologique, c'est la combinaison de (a) et (b) qui permet la programmation adéquate d'une séquence d'événements métaboliques ou morphogénétiques, ou d'un changement de comportement, en réponse aux modifications des durées relatives de jour et de nuit (photopériodisme).

Horloge biologique - (a) la distinction entre l'horloge et les rythmes endogènes qu'elle contrôle a pu être établie dans nombreux cas ; (b) on montre qu'une horloge peut contrôler plusieurs rythmes, constituant un véritable « programme temporel », et qu'un organisme peut contenir plusieurs horloges ; (c) les propriétés des horloges nous sont accessibles par l'étude du comportement des rythmes qu'elles commandent ; (d) la structure de l'horloge n'est pas connue ; il est possible que des rythmes de propriétés des membranes et des rythmes de synthèse de protéines soient, dans certains cas au moins, des composantes de l'horloge proprement dite.

Parmi les propriétés générales identifiées dans les horloges circadiennes, la stabilité de la période permettrait d'assurer la réalisation de (a), alors que celle de (b) dépendrait, en plus de la stabilité de la période, de l'action de mécanismes tendant à maintenir constante la relation de phase entre l'horloge et la photopériode : il apparaît en effet (et les résultats obtenus avec des photopériodes « squelettiques » semblent le confirmer) que, dans les conditions naturelles d'alternance jour/nuit, l'action sur les horloges se ferait par les passages nuit-jour et jour-nuit, agissant comme de véri-

Fig. 2 - Schéma théorique d'un rythme circadien de période $\tau = 24$ h en obscurité continue et sous entrainement $I \tau = 24$ h par la photopériode (voir texte pour la discussion du mécanisme proposé pour l'entraînement).



pond à
vement
tempu
mes ou
ure lo-
ible de
ité des
(b); du
est le
rmet la
ne sé-
oliques
char-
éponse
relatives
diamé).

entre
qu'elle
staux
e peut
est un
qu'un
horlo-
e nous
portan-
ndent :
la con-
de pro-
nos de
certains
horloge

identifi-
ennes,
mettrait
), alors
plus de
l'action
maintenir
entre il
appa-
obtenus
pueletti-
r) que,
d'alter-
uit-jour
de véri-

La photopériode et sa variation an-
nuelle constituent, en raison de leur
prévisibilité très précise et dépourvue
de bruit de fond (contrairement aux
variations de température et d'humidi-
té), le Zeitgeber le plus approprié
pour servir de référence dans une me-
sure précise du temps. Et en effet, la
photopériode est le principal Zeitgeber
dans la nature pour les organismes vé-
gétaux et animaux (dans le cas de
l'homme, le cycle activité/repos est
devenu plus important que le cycle
jour/nuit) : pour de nombreux pro-
grammes, tels la reproduction des ani-
maux et des plantes, la migration, la
chrysoïse ou la dormance, une photo-
période appropriée est strictement dé-
limitée pour chaque espèce. La pres-
sion de sélection tendant à faire appa-
raître un mécanisme capable d'évaluer
l'avancement de la saison a conduit à
une évolution convergente puisque les
similitudes observées entre réponses

d'organismes différents correspondent
à l'existence des propriétés commu-
nes à tous les rythmes circadiens, bien
qu'il n'y ait pas nécessairement iden-
tité de composition des oscillateurs.

La nature de l'horloge a été, et est tou-
jours au centre du problème. En bref,
plusieurs possibilités, dont certaines
seront détaillées ci-dessous, ont été
considérées, successivement ou si-
multanément : en opposition avec
l'hypothèse d'une horloge dépourvue
de rythmicité et agissant comme un
« sablier », l'hypothèse de Bünning,
élaborée dès les années trente, a été
la première faisant intervenir les ryth-
mes endogènes : vers les années
soixante, une hypothèse plus com-
plète, dite hypothèse de « coincidence
interne », a été développée indépen-
damment par Pittendrigh et par V.P.
Tyschenko. Une formulation encore
plus complexe de ce dernier modèle,
proposée dès 1974 par S.D. Beck, in-
corpore des composantes circadien-
nes et des composants non oscillatoi-
res (sablier). Finalement, la possibilité
que l'organisation circadienne ne joue
pas un rôle d'horloge (mesure du
temps) mais intervienne par sa ré-
sonance avec la périodicité externe a
été envisagée par Pittendrigh pour ex-
pliquer des résultats montrant que,
pour une durée de lumière constante,
l'induction photopériodique était
maximum pour des périodes externes
expérimentales de $T = \text{lumière} + \text{obs-}$
 $\text{curité} = 24, 48, 72 \text{ heures, etc.}$ et mi-
nimum pour $T = 12, 36, 60 \text{ heures,}$
etc. : de plus, un niveau donné d'induc-
tion peut être atteint avec différents T
en faisant varier convenablement les
durées de lumière et d'obscurité (cour-
bes d'isoinduction). Des résultats obte-
nus avec des insectes (*Ostrinia*) ou
des plantes (*Soya bilaxi*) entrent dans
ce schéma.

L'hypothèse du « sablier » découle
d'un certain nombre d'expériences
d'interruption de la nuit et de combi-
naison de différentes longueurs de
nuit et de jour, indépendamment
d'une périodicité de vingt-quatre heu-
res. Un rôle prédominant de la durée
de l'obscurité ressortit de ces expé-
riences et fut interprété comme impli-
quant que le début de l'obscurité dé-
clenche une cinétique de changement
de concentration d'un effecteur X , qui
doit atteindre un seuil pour que le pro-
cessus d'induction puisse démarrer ; si
certaines étapes de ce processus doi-
vent se dérouler obligatoirement à
l'obscurité, l'induction ne sera accom-
plie que si la nuit est assez longue

pour permettre la réalisation de ces
étapes : donc seules certaines saisons
permettraient l'induction. Il y eut plu-
sieurs variantes de ce schéma, en par-
ticulier celles qui, dans le cas de l'in-
duction de la floraison, faisaient appel
à un rôle de la cinétique de transfor-
mation du phytochrome à l'obscurité
(le phytochrome est une chromoprotéine
présentant deux formes différen-
tes, interconvertibles photochimique-
ment : cette propriété de la molécule
commande de nombreuses réponses
des plantes à la photopériode). Une
des difficultés de cette hypothèse est
son incapacité d'expliquer les effets
très faibles de la température sur la
durée critique de l'obscurité, constatés
dans de nombreuses expériences.

L'hypothèse de Bünning, dite de
« coincidence externe » fait intervenir
la rythmicité endogène : dans sa
forme originale, elle considérait l'exi-
gence dans l'organisme d'un rythme
interne qui ferait alterner une phase
sensible à la lumière et une phase non
sensible (ou peu sensible) à la lumière,
avec une période totale proche de
vingt-quatre heures lorsque l'orga-
nisme est maintenu en conditions
constantes : l'induction photopériodi-
que a, ou n'a pas, lieu selon le degré
de coincidence entre ces phases en-
dogènes et l'alternance lumière/obs-
curité du rythme externe. Cette hypo-
thèse a été à la base de la quasi-
totalité des interprétations et discus-
sions de résultats jusqu'aux années
soixante. Actuellement, elle semble
pouvoir expliquer un certain nombre
de réponses à la photopériode, par
exemple chez les oiseaux ou chez des
plantes comme *Glycine*, *Chenopodium*
ou *Lemna*.

L'hypothèse de coincidence interne a
permis d'interpréter des faits pour les-
quels les hypothèses précédentes
semblaient insuffisantes. Nombre de
résultats suggéraient la présence dans
un organisme de plusieurs oscillateurs
circadiens indépendants, en particulier
chez l'homme (travaux de J. Aschoff,
dès 1969) et différents mammifères,
ainsi que dans des plantes comme
Xanthium et *Pharbitis*. Ainsi dans ce
dernier cas, il fut montré dès 1964,
dans le laboratoire de K.C. Hamner,
que des oscillateurs différents exis-
taient et étaient entraînés respecti-
vement par le signal « début de jour » et
par le signal « fin de jour ». L'hypo-
thèse prévoyait que de tels oscillateurs
se trouveront, selon la durée de la
photopériode (donc selon l'intervalle
de temps séparant les deux signaux),

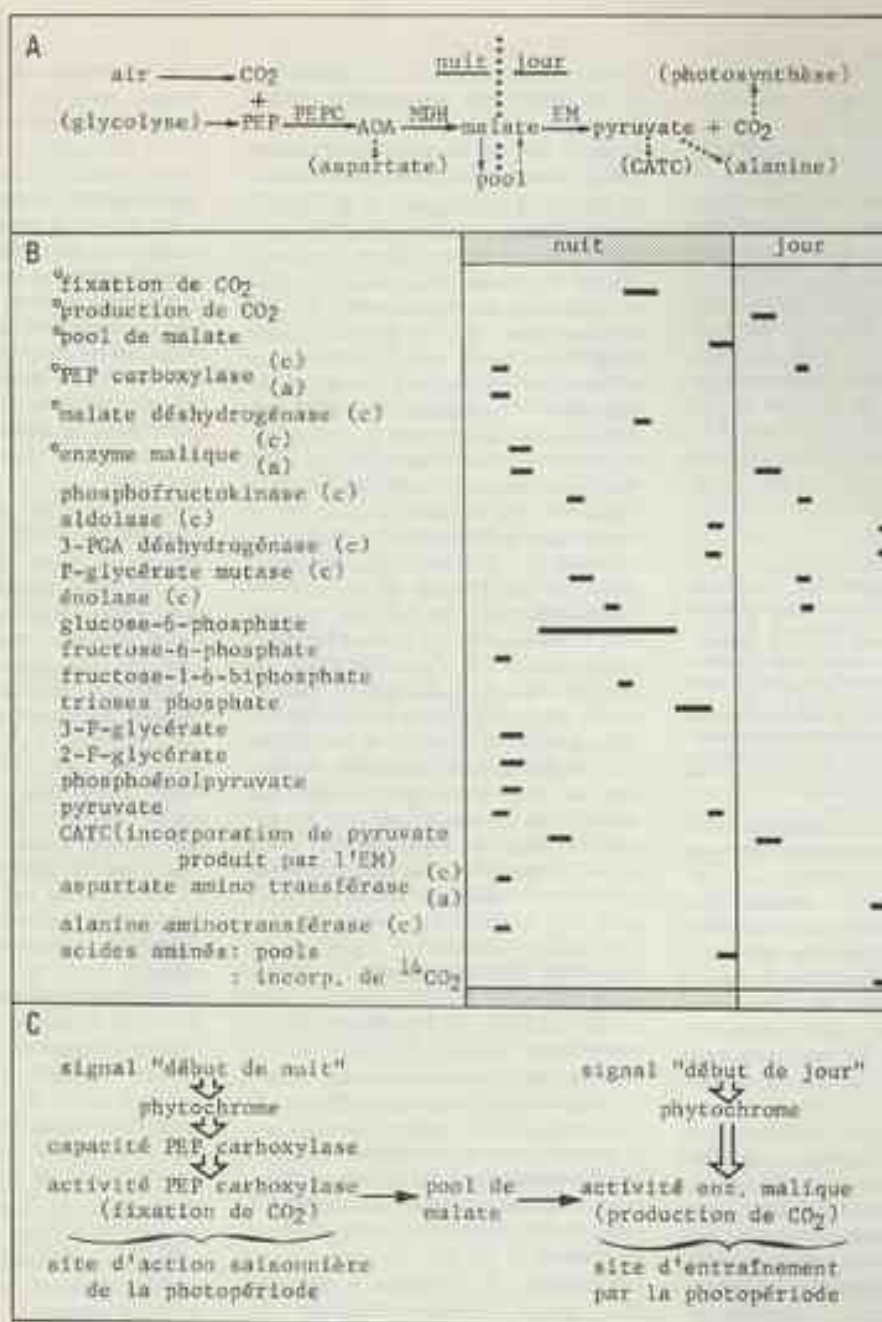


Fig. 5 - A. Voie métabolique CAM, caractéristique d'un type d'adaptation à la sécheresse chez des plantes de régions désertiques ou de bord de mer. Le compartimentation temporelle (rythme nuit/jour) est indiquée, ainsi que les voies latérales. PEP carboxylase : phosphoenolpyruvate carboxylase ; MDH : malate déshydrogénase ; EM : enzyme malique ; OAA : oxaloacétate ; CATC : cycle des acides tricarboxyliques. - B. Chronotype de la voie CAM et voies associées dans les feuilles jeunes de *Kalanchoe blossfeldiana*, après 30 jours courts. (*) persistance du rythme en conditions constantes vérifiées ; (c) rythmes d'activité enzymatique, mesurée par

incorporation de substrats marqués, permettant une évaluation des variations d'activité nette de voie ; (c) rythmes de capacité enzymatique, mesurée par l'activité totale maximum dans les extraits, permettant une évaluation des variations de potentialité du tissu à effectuer la réaction considérée. Le double pic montré pour la PEP carboxylase et pour les enzymes de la glycolyse (qui sont asynchrones) paraît résulter de la superposition de 2 rythmes circadiens pour chaque enzyme : les 2 pics répondent différemment au changement de photopériode (la variation des pics nocturnes est en bonne corrélation avec les variations du CAM en fonction

du nombre de jours courts) et des isozymes de la PEP carboxylase ont été séparées. Les rythmes synchrones d'acides aminés concernés : Asn, Asp, Ala, Arg, GABA, Glu, Gly, Ser. C. Relations entre CAM et photopériode : rôle fonctionnel différent des deux signaux qui définissent la photopériode est indiqué ; selon leur intervalle, la capacité PEP carboxylase est faible (jours longs) ou forte (jours courts), avec changement de la composition isoenzymique (v. texte) (travaux de C. Morel, J. Bruffert, J.N. Pien, O. Quéléux).

dans un rapport de phase permettant, ou ne permettant pas, le déclenchement des processus d'induction. Un point important, souligné par Pittendrigh dont les travaux ont fortement contribué à l'approfondissement de cette hypothèse, est que les signaux de lumière peuvent, en théorie, être remplacés par tout effecteur capable de produire le même changement de phase des oscillateurs : l'induction serait ainsi obtenue par des agents autres que la lumière, la température par exemple. Ceci a pu être vérifié pour la diapause de *Nasonia*, et il est possible que, dans certains cas du moins, l'action de la température dans l'induction de la floraison relève de ce mécanisme. Un autre exemple est celui d'oiseaux migrateurs, maintenus en lumière continue, auxquels on applique une injection de corticostérone suivie, après quatre, huit ou douze heures, d'une injection de prolactine : ils montreront respectivement une activité migratrice dirigée vers le sud, pas d'activité ou une activité dirigée vers le nord. Outre le fait de confirmer la prévision liée au mécanisme de « coincidence interne », ce résultat suggère des ciblés métaboliques différents pour les signaux photopériodiques.

Le métabolisme acide des Crassulacées (CAM) (2) présente, dans ce contexte, un intérêt particulier, du fait que l'on a pu déterminer dans ce cas les rythmes enzymatiques contrôlés par les signaux « début de jour » et « début de nuit », et du fait que ce système permet d'introduire concrètement la notion d'un rôle de l'entraînement par la photopériode en tant que mode de mesure de la saison permettant l'adaptation à d'autres facteurs du climat. La figure 5 A montre la compartimentation nuit/jour de la chaîne de réactions enzymatiques, qui est à la base de la valeur adaptative de ce système métabolique : en conditions constantes, on vérifie que chaque étape de cette chaîne métabolique obéit à un rythme endogène ; il faut souligner

que ces rythmes existent au niveau de la concentration en enzymes (la capacité enzymatique) ainsi qu'au niveau de leur activité. Le chronotype (fig. 5B) montre l'étendue de la coordination rythmique dans le fonctionnement du métabolisme intermédiaire des feuilles de ces plantes. La figure 5 C montre l'état actuel des connaissances sur l'entraînement photopériodique de ce système : les signaux « début de jour » et « fin de jour » agissent sur des rythmes endogènes différents et ont des rôles adaptatifs différents : le premier entraîne le système CAM sur une période de vingt-quatre heures quelle que soit la photopériode et assure ainsi une relation de phase fixe entre la production intracellulaire de CO_2 et la présence de lumière pour la photosynthèse ; la position relative du second, variant suivant la saison, induit, ou non, une forte activité CAM, ce changement s'accompagnant de modifications isozymiques de la PEP carboxylase (travaux de J. Brulfert), et permettrait ainsi le fonctionnement opportun du système d'adaptation à la sécheresse.

Un mécanisme universel pour la relation entre photopériode et horloge interne est certainement exclu. Les connaissances actuelles suggèrent que, d'une part, la sélection a abouti selon les espèces à différentes solutions pour obtenir les mêmes effets (c'est-à-dire, les propriétés communes à tous les rythmes endogènes circadiens) et, d'autre part, que différentes modalités (sabbier, coincidence interne ou externe) peuvent coexister dans un même organisme.

Structure de l'horloge : études biochimiques, biophysiques et génétiques

Une ou plusieurs horloges ?

On ne peut approcher le problème de la structure de l'horloge sans avoir présent à l'esprit la question suivante, inévitable dans l'état actuel des connaissances et particulièrement explicitée par A.T. Winfree : puisqu'un nombre croissant de résultats suggère l'existence de plusieurs horloges dans un organisme (donc l'existence de groupes de fonctions physiologiques dépendant de programmes temporels éventuellement différents), quelle est la cohérence de leur fonctionnement ? Des expériences sur des matériels aussi différents que des suspensions de cellules du foie, des cultures de tissus de cœur de mammifère ou de feuilles de plantes de type CAM, ainsi

que des études sur l'activité de la cellule nerveuse, l'activité d'un organe (mouvements de pétales) ou d'un organisme, ou sur les conséquences de vols transméridiens – suggèrent toutes que différentes parties de l'organisme, ou différentes parties de son métabolisme, peuvent montrer une relative indépendance de rythmicité, après un changement de Zeitgeber. Ce qui peut signifier qu'on assiste alors soit à un réajustement plus ou moins lent des différentes horloges se répercutant sur leur interaction, soit que le rythme global d'une fonction donnée est la résultante de plusieurs horloges exerçant indépendamment le contrôle de cette fonction (par exemple, il apparaît que le rythme d'éclosion de la *Drosophile* résulterait de la superposition de deux horloges, agissant du côté gauche et du côté droit du cerveau). Ces différentes possibilités doivent nécessairement être tranchées expérimentalement dans chaque cas : elles ne sont pas, en principe, exclusives.

Relation causale entre rythmes à fréquence élevée et rythmes circadiens : un faux problème ?

L'idée que les rythmes circadiens pourraient être produits dans l'organisme à partir de rythmes métaboliques à période très courte a reçu une très grande attention, depuis que des travaux, menés d'abord dans le laboratoire de B. Chance, montrèrent l'existence d'une rythmicité auto-entretenu, à période courte (quelques minutes) dans la glycolyse de la levure. L'étude de ces rythmes a été largement développée dans différentes directions, l'approfondissement des caractéristiques cinétiques et thermodynamiques du système en étant un des aspects remarquables (travaux de B. Hess, A. Betz, A. Goldbeter, entre autres). Un mécanisme de feedback, activant la phosphofructokinase par l'ADP qu'elle-même produit, est à la base du rythme et a donné naissance à plusieurs modèles mathématiques, comme celui de T. Pavlidis qui établit les conditions pour qu'un système basé sur ce type de rétroaction puisse osciller en cycle limite. Mais la proposition, souvent avancée, qu'un tel système puisse être à l'origine des rythmes circadiens se heurte au problème de l'écart entre les périodes. Différentes solutions théoriques ont été proposées pour la réduction du fréquence nécessaire (par exemple, par couplage entre oscillateurs). Cependant aucune de ces solutions ne semble être suffi-

(2) Défense d'abord chez des Crassulacées des dunes, le système CAM, présent en fait dans une quarantaine d'autres familles, est un des trois processus actuellement connus pour le fixation du CO_2 de l'air par les plantes (photosynthèse dite « en C » : photosynthèse dite « en C » et CAM) et constitue une forme très élaborée d'adaptation à la sécheresse : dans un milieu chaud et sec, impliquant la fermeture des stomates pendant la journée pour éviter la déshydratation de la plante, le CO_2 est fixé pendant la nuit par l'enzyme PEP carboxylase (fig. 4 A) stocké sous forme de malate jusqu'au début du jour suivant, et alors libéré dans la cellule par décarboxylation du malate, assurant ainsi un substrat pour la photosynthèse même pendant la fermeture des stomates.

limitent convaincante ni avoir une contrepartie physiologique identifiable. Dans tous les cas, la réduction de la fréquence aboutirait à des pertes de stabilité peu compatibles avec la stabilité élevée des rythmes circadiens. D'autre part, on peut penser que si un système donné permettait de transformer un rythme à haute fréquence, comme celui de la glycolyse, en rythme circadien, ce serait les propriétés du dit système qui mériteraient de l'intérêt dans l'étude de l'horloge circadienne, non celles du rythme initial. Il est peut-être plus raisonnable de considérer que les rythmes à haute fréquence et les rythmes circadiens correspondent à deux niveaux différents de l'organisation physiologique et remplissent deux fonctions différentes : les premiers permettraient l'optimisation du fonctionnement d'une étape enzymatique et de la voie qu'elle commande, comme cela paraît être le cas pour la glycolyse de la levure ; les seconds établiraient la cohérence entre le métabolisme et les stimuli externes de période de vingt-quatre heures. Les deux types de rythmicité peuvent se superposer sans que l'un découle de l'autre. Ils auraient tout simplement deux rôles distincts.

Modèles mathématiques et modèles phénoménologiques

La principale difficulté de l'utilisation des modèles mathématiques proposés jusqu'à présent vient de ce que ces modèles n'apportent pas de suggestion sur les mécanismes biologiques réellement en jeu dans la structure de l'horloge. Mais il est remarquable que ces tentatives de modélisation des rythmes circadiens ont amené, par contre, un approfondissement de certaines branches des mathématiques, liées au traitement de la thermodynamique des systèmes ouverts ou des populations d'oscillateurs, par exemple. Actuellement, le principal mérite des traitements mathématiques des rythmes circadiens est d'apporter un cadre formel précis à des modèles phénoménologiques précis (par exemple, l'application du modèle de T. Pavlidis à la glycolyse, ou de celui de A. Johnson et H.G. Karlsson aux mouvements de pétales étudiés par W. Engelmann).

L'intérêt des modèles phénoménologiques est de permettre une forme de compréhension qualitative d'un phénomène quantitativement mesuré, avec un certain potentiel de généralisation et d'ouverture sur de nouvelles expériences. Les exemples les plus

achevés de cette démarche sont donnés par l'emploi de modèles directement basés sur un paramètre fondamental des rythmes circadiens et capables d'apporter des prévisions de comportement valables pour des organismes, voire des phénomènes, différents : le meilleur exemple en est l'utilisation de la courbe de réponse de phase pour prédire l'action de la photopériode sur des systèmes circadiens. A un niveau plus spécifique, les modèles faisant intervenir des membranes comme composantes de l'horloge connaissent actuellement un grand essor : ceci est dû à la constatation que la phase de nombreux rythmes est modifiée par l'application de substances connues pour leur action sur les propriétés des membranes. Les deux modèles les plus élaborés, celui de B.M. Sweeney et celui de D. Njus, F.M. Sulzmann et J.W. Hastings, ont des points communs : un système de transport actif d'un effecteur X est déclenché par un seuil inférieur de la différence de concentration de X des deux côtés de la membrane : le gradient s'accroît alors jusqu'à un seuil supérieur, qui arrête le transport actif ; une baisse du gradient par diffusion fera redémarrer le cycle. La lumière ou des substances chimiques spécifiques peuvent produire des changements de phase. Le deuxième de ces modèles propose que X serait un ion, probablement K^+ , d'après des résultats expérimentaux. Les auteurs, de plus, intègrent au modèle la présence de photorécepteurs comme le phytochrome, permettant le couplage du système avec des signaux photopériodiques. Les points moins satisfaisants du modèle concernent la compensation des effets de la température au niveau des enzymes membranaires et la réalisation d'une période endogène circadienne en libre-cours. Il est intéressant de noter ici que, par ailleurs, R.L. Satter et A.W. Galston ont interprété les rythmes de folioles de *Samanea* et d'*Albizia* sur la base d'un modèle comprenant le contrôle par le phytochrome de changements de potentiels de membrane, dont dépendrait le flux d'ions K^+ dans le pulvinus. De façon générale, comme le note K. Brinkman, un des rôles des membranes dans l'oscillation circadienne pourrait être d'assurer la canalisation de l'entrée dans les compartiments cellulaires du flux d'information provenant du milieu extérieur. La probable localisation membranaire du phytochrome est en faveur de cette hypothèse.

Composantes génétiques et biochimiques

Le rôle joué dans la rythmicité endogène par le matériel génétique et par les différentes modalités de régulation enzymatique fait l'objet de nombreux travaux (voir le récent article de S. Jevrejev sur l'état actuel de la question). On ne sait pas actuellement si les gènes interviennent directement dans la composition de l'horloge. Des mutants de *Neurospora*, *Chlamydomonas* et *Drosophila* ont été obtenus, montrant des modifications de propriétés de l'horloge (la période, par exemple) mais pour le moment aucun auteur n'a pu établir la participation du matériel génétique dans la structure de l'horloge. La tendance actuelle est de considérer que son rôle est indirect, consistant en la production d'ARNm nécessaire à la synthèse de composantes de l'horloge et au mécanisme de synthèse de protéines, dont on pense qu'il pourrait être un constituant de l'horloge.

D'une manière générale, ni la réplication ni la transcription ne semblent être des composantes de l'horloge, et les rythmes de synthèse d'ADN et d'ARN observés semblent n'être que des conséquences du fonctionnement de l'horloge.

Par contre, la synthèse de protéines, en particulier d'enzymes, paraît être liée à la structure de l'horloge. Des rythmes circadiens d'incorporation d'acides aminés, de concentration en ribosomes, de teneur en protéines totales, de capacité et d'activité de nombreuses enzymes ont été étudiés. L'altération de propriétés de l'horloge après application d'inhibiteurs spécifiques suggère un rôle de la synthèse protéique au niveau des ribosomes. Cependant il n'est pas établi si la synthèse de protéines est une composante de l'horloge elle-même ou si des composantes de celle-ci dépendent de protéines dont la durée de vie implique leur synthèse périodique. Les rythmes circadiens de capacité enzymatique ont été observés dans nombreux organismes, tant en libre-cours que sous entraînement. Chez *Chenopodium rubrum*, E. Wagner a montré des rythmes en libre-cours d'adénylate kinase, de période trente heures, et de différentes déshydrogénases (glycéraldéhyde-3-P, malate, glutamate, glucose-6-P, gluconate-6-P), de périodes de douze à quinze heures : l'interprétation attribue un rôle régulateur au phytochrome et postule que le rythme de charge énergétique

t bio-

endo-
et par
ulation
rbreux
S. Je-
ques-
nent si
tement
pe. Des
mydo-
otens,
le pro-
fe, par
arcon-
tion du
aire de
est de
direct.
ARNm
ompo-
nisme
nt on
consti-

la ré-
se sem-
l'hor-
chèse
mbient
u fonc-

rémes.
il être
a. Des
oriation
on les
e nom-
rs. L'al-
torloge
spécifi-
thèse
omes.
la syn-
ompo-
i si des
tent de
impli-
e. Les
enzy-
s nom-
s-cours
Cher-
montré
adény-
teures.
énases
gluta-
-P), de
sures.
No ré-
sostule
jétique

l'opérade 21-24 h) aurait un rôle d'horloge, hypothèse qui, pour le moment, ne paraît pas clairement justifiée. Rappelons, d'autre part, la modification de composition isourmique de la PEP carboxylase observée dans les feuilles de *Kalanchoe blossfeldiana* après un changement de photopériode agissant sur les rythmes du système CAM (fig. 5 B).

L'étude de la participation du métabolisme carboné et azoté à la rythmicité endogène est rendue difficile en partie en raison de la complexité du réseau métabolique et peut-être aussi en raison des interactions de différents programmes rythmiques. Des progrès importants ont cependant été accomplis : c'est le cas du rôle joué par le métabolisme azoté, souligné par différents résultats : ainsi par exemple, la relation entre le substrat azoté et les modalités des rythmes de production de CO_2 sous contrôle du phytochrome, étudiés par Hillman chez le *Lemna*, ou la manipulation des caractéristiques (amplitude, période) des rythmes d'*Aspergillus* et *Leptosphaeria* obtenus par Jerebtoff en agissant sur la disponibilité en certains acides aminés de différentes longueurs de chaîne. Ces lignes de recherche semblent très prometteuses, en particulier par leurs possibles répercussions sur l'étude du rôle éventuel de la synthèse de protéines dans la composition de l'horloge.

Conclusions prospectives

L'étude moléculaire de la rythmicité endogène est nécessairement intégrée : au-delà de l'analyse de mécanismes considérés isolément, elle implique que soient directement abordées l'interaction entre systèmes et la hiérarchie des niveaux d'information. Ceci résulte de ce que le milieu externe est un ensemble de contraintes ayant différents degrés de variabilité, auquel répond, dans l'organisme, un ensemble de mécanismes physiologiques dont la cohérence assure la capacité homéostatique. Il est maintenant clair que la connaissance, en termes de mécanismes moléculaires, de la structure et du rôle coordonnateur des horloges biologiques, requiert que l'étude de ces mécanismes soit pratiquée sur des organismes soumis à des conditions du milieu bien définies, et qu'une approche interdisciplinaire soit développée afin de permettre une modélisation utile. Plus précisément, il faudrait combiner l'étude des composantes rythmiques protéiques et enzy-

matiques, tant au niveau de la concentration en enzymes (capacité enzymatique des cellules au temps) que de leurs caractéristiques : l'étude des propriétés membranaires à périodisme long ; et l'étude de méthodes de formalisation mathématique des systèmes biochimiques ouverts complexes. C'est la convergence de ces appro-

ches qui, appliquée à des problèmes ayant atteint un degré suffisant de maturité, devrait permettre un traitement moderne des problèmes que pose l'adaptation au climat.

Orlando QUEIROZ

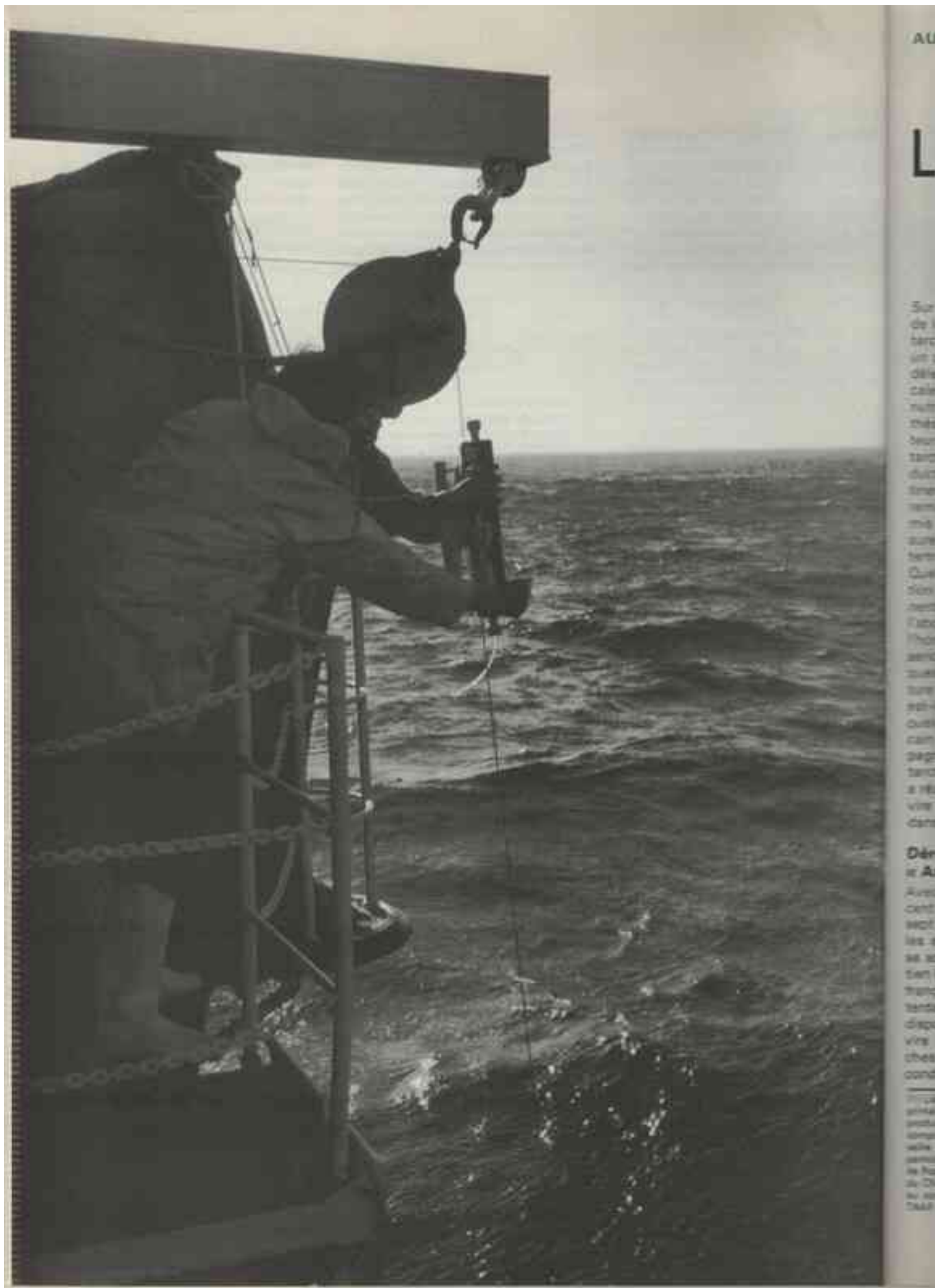
Directeur de recherche au CNRS
Laboratoire du phytotron

BIBLIOGRAPHIE

• Articles généraux

- L. Bailoud, 1971 - Les rythmes biologiques. Points de vue d'un botaniste sur quelques problèmes de biologie générale. *Experientia*, 27, 489-501.
- E. Bünning, 1966 - The physiological clock. New York, Springer-Verlag.
- Dahlem Workshop on the molecular basis of circadian rhythms. Eds J.W. Hastings et H.G. Schweigert, 1976 - Dahlem Konferenzen, Berlin, Akademie Verlagsgesellschaft, D1 - Berlin 45, Söbstr. 34.
- L.N. Edmond, 1974 - Temporal differentiation in *Euglena*: circadian phenomena in non-dividing populations and in synchronously dividing cells. In : les cycles cellulaires et leur biologie chez plusieurs protistes. Coll. INTER, n° 248, CNRS, Paris, 53-67.
- B. Hess et A. Balhaus, 1971 - Oscillatory phenomena in biochemistry. *Ann. Rev. Biochem.*, 40, 237-258.
- W.S. Hillman, 1972 - Light, time and the signal of the year. *Bioessence*, 23, 81-85.
- W.S. Hillman, 1976 - Biological rhythms and physiological timing. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 27, 159-173.
- E. Jerebtoff, 1977 - Bases moléculaires des rythmes circadiens et d'autres types de systèmes cellulaires périodiques. Bull. du groupe d'études des rythmes biologiques, 3, 3-18. Laboratoire de biologie végétale, 4 rue Ledru, F-63 Clermont-Ferrand.
- C.S. Pittendrigh, 1974 - Circadian oscillations in cells and the circadian organization of multicellular systems. In : the neurosciences, eds F.D. Schmitt et F.A. Warrlen, 437-458, MIT Press, Cambridge, Mass.
- O. Queiroz, 1974 - Circadian rhythms and metabolic patterns. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 25, 115-134.
- O. Queiroz, 1975 - CAM rhythms of enzyme capacity and activity as adaptive control mechanisms. In : photosynthesis, II, eds M. Gibbs et E. Larkins, encyclopedia of plant physiology (new series), Springer-Verlag (sous presse).
- A. Reinberg, 1976 - Nouvelles acquisitions en chronobiologie humaine. *Le Courrier du CNRS*, 22, 5-8.
- T. Van der Drift, 1975 - Circadian rhythms and molecular biology. *Bioessence*, 6, 188-201.
- Mécanismes et modèles
- S.D. Back, 1974 - Photoperiodic determination of insect development and diapause. I. Oscillators, hourglasses and a determination model. *J. comp. physiol.*, 90, 275-288.
- K. Brinkmann, 1974 - Circadian rhythms in the kinetics of acid denaturation of cell membranes of *Euglena gracilis*. *Planta*, 129, 221-227.

- J. Bruffert, O. Queiroz et O. Queiroz, 1975 - Photoperiodism and enzyme rhythms: kinetic characteristics of the photoperiodic induction of Crystallin Acid metabolism. *Planta*, 129, 33-44.
- C.F. Ehret, 1975 - The sense of time: evidence for its molecular basis in the eukaryotic gene-action system. *Adv. Biol. Med. Physiol.*, 15, 47-77.
- W. Engelmann, I. Eger, A. Jahnke et H.G. Karlson, 1974 - Effect of temperature pulses on the petal rhythm of *Kalanchoe*: an experimental and theoretical study. *Intern. J. Chronobiol.*, 2, 242-258.
- A.W. Galston et R.L. Sumner, 1976 - Light, clocks and ion flux: an analysis of leaf movement. In : Light and plant development, ed. H. Smith, Butterworths, London, 159-184.
- A. Jahnke et H.G. Karlson, 1972 - A feedback model for biological rhythms. I. Mathematical description and basic properties. *J. theor. Biol.*, 28, 163-174.
- C. Morel, 1976 - Rythmes circadiens : interactions entre voies métaboliques. In : études de biologie végétale. Hommage au professeur Pierre Chouard, ed. R. Jaccard, Paris, 457-488.
- D. Njus, F.M. Sweeney et J.W. Hastings, 1974 - Membrane model for the circadian clock. *Nature*, 248, 118-120.
- T. Pavlidis et W. Kautzman, 1968 - Toward a quantitative model for circadian rhythms. *Ann. Biochem. Biophys.*, 132, 335-348.
- C.S. Pittendrigh et S. Duen, 1976 - A functional analysis of circadian pacemakers in mutual isolation. IV. Entrainment: pacemaker as clock. *J. comp. Physiol.*, 100, 201-231.
- O. Queiroz, 1975 - Un modèle pour les relations entre photopériodisme, horloge biologique et régulation enzymatique. In : études de biologie végétale. Hommage au professeur Pierre Chouard, ed. R. Jaccard, Paris, 467-482.
- O. Richter, A. Balz et C. Gierach, 1975 - The response of oscillating glycolysis to perturbations in the NADH-NAD system: a comparison between experiments and a computer model. *Bioessence*, 7, 137-144.
- R.M. Sweeney, 1974 - A physiological model for circadian rhythms derived from the *Artemisia* rhythm paradoxes. *Int. J. Chronobiol.*, 2, 25-32.
- E. Wegner, 1976 - Kinetics in metabolic control of time measurement in photoperiodism. *J. Interdiscip. Cycle Res.*, 7, 313-332.
- A.T. Winfree, 1975 - Uncoordinated behavior of biological clocks. *Nature*, 253, 255-259.



AU

L

Sur
de l'
terro
un b
dèle
calle
muri
mies
Seu
tard
durt
Sine
sami
ma
sue
ferr
Que
dici
faut
l'abo
l'hor
seu
sue
est-
que
can
papr
tard
à ré
vire
dans

Dén
et A

Avec
cent
sect
les a
se so
sen l
franc
tente
dipe
vine
ches
cond
—
l'imp
géné
prou
comp
elle
sami
le Pa
du Ch
lu est
Chau

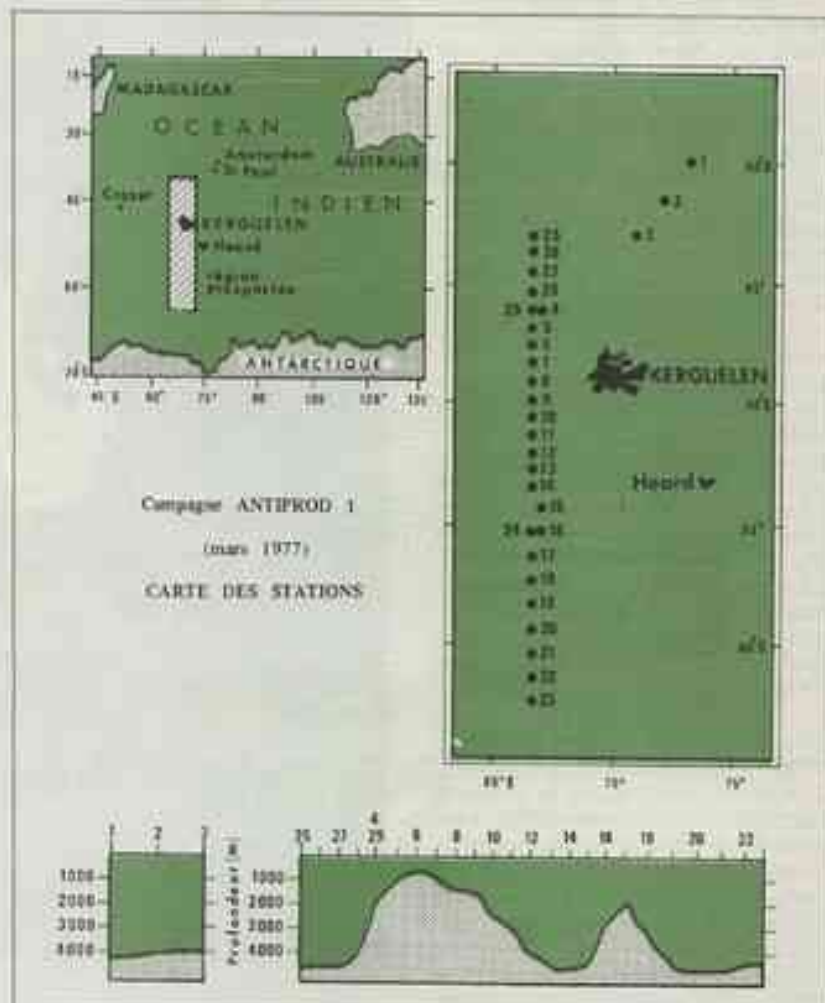
LA CAMPAGNE ANTIPROD I

Sur les cartes de répartition mondiale de la production primaire, l'océan Antarctique peut encore être figuré par un point d'interrogation. Prenant modèle sur les mers tempérées et tropicales où l'approvisionnement en sels nutritifs fixe le niveau de la photosynthèse du phytoplancton, certains auteurs ont hâtivement assimilé l'Antarctique à une région de haute production : en effet, au pourtour du continent, vers 65°S, les eaux profondes remontent vers la surface, le flux d'eau mis en jeu étant sans commune mesure avec les résurgences côtières intertropicales de surface très limitées. Quelques mesures directes de production effectuées très près des continents antarctique et sud-américain, l'abondance des baleines avant que l'homme ne les extermine et la présence d'essaims de crevettes pélagiques (krill) qui leur servaient de nourriture ont ancré cette hypothèse. Qu'en est-il exactement à la lumière des quelques campagnes du navire américain « Eitarin » et de la récente campagne « Antiprod I » (production antarctique) que le groupe Médiprod (1) a réalisée en mars 1977 à bord du navire ravitailleur « Marion Dufresne » dans l'océan indien austral ?

Déroulement de la campagne « Antiprod I »

Avec le « Marion-Dufresne », long de cent dix mètres et jaugeant six mille sept cents tonnes, les Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) se sont tout d'abord dotées d'un soutien logistique pour les bases australes françaises : Crozet, Kerguelen et Amsterdam. Elles ont également mis à la disposition des océanographes un navire bien équipé propice aux recherches dans des mers réputées pour des conditions de navigation difficiles.

(1) Lié par la RCP 247 « Dynamique de la production primaire pélagique », le groupe Médiprod (à l'origine : production méditerranéenne) est essentiellement composé de chercheurs de l'Institut de la Mer, de l'Université de Lille, de l'Université de Bordeaux-Mer, de l'Université de Nantes, de l'Université de Brest, de l'Université de La Rochelle et de l'Université de Brest. À côté de l'aide du CNRS, cette mission a été réalisée grâce au concours logistique, financier et scientifique des TAAF.



Spécialisé sur l'étude de la dynamique de la production planctonique des régions de remontée d'eau, le groupe Médiprod ne pouvait pas ne pas s'intéresser à la région antarctique d'ailleurs fort peu connue. Elle offre en effet un type d'écosystème opposé à ceux généralement étudiés : a priori en effet, les facteurs limitants à ces latitudes élevées ne sont pas les sels nutritifs, mais la température et du moins de façon saisonnière, la lumière. Première campagne de leur programme antarctique, « Antiprod I » devait avoir un but essentiellement descriptif, couvrir une aire étendue en

latitude et embrasser un champ scientifique assez large : hydrologie, optique, chimie, production et composition du phytoplancton, zooplancton. Partis le 23 février de l'île de La Réunion, les vingt chercheurs du groupe « Médiprod », qui effectuaient ainsi leur septième campagne depuis 1969 (trois en Méditerranée nord-occidentale et trois le long du littoral nord-ouest africain), y revenaient le 6 avril après avoir travaillé à l'ouest des îles Kerguelen entre le 1er et le 28 mars (fig. 1). Vingt-neuf stations furent ainsi effectuées entre 40°S et 62°S, au voisinage des icebergs en dérive.

Les conditions météorologiques furent bonnes : 90 % de vents inférieurs à trente nœuds, houle ne dépassant qu'exceptionnellement cinq mètres. Une telle campagne nécessite l'installation à bord d'un important matériel analytique. Tous les laboratoires du bord, le hangar hélicoptère et trois conteneurs installés sur la plage arrière permettant le montage du matériel de filtration, des chaînes d'analyse automatique, des microscopes, des incubateurs et du matériel électronique. Ceci permit une analyse immédiate des données et leur traitement sur ordinateur.

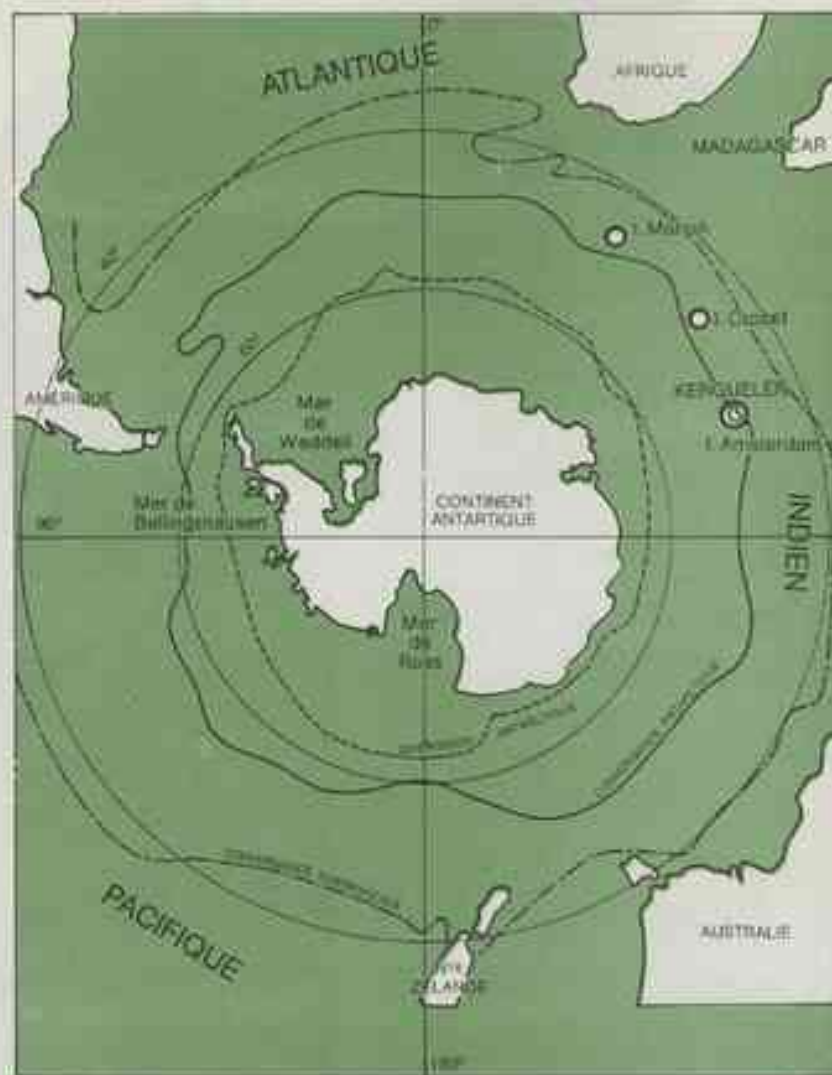
Toutes les stations comportaient une étude hydrologique complète de la surface au fond. A quatre d'entre elles, nous avons pu effectuer le mouillage de bouées pendant une demi-journée solaire, de façon à mesurer la production photosynthétique par la méthode au ^{14}C *in situ* qui consiste à réimmerger les échantillons à leur profondeur d'origine ; le temps aurait d'ailleurs permis, si cela avait été nécessaire, de tels mouillages pendant toute la mission. Durant ces stations de longue durée furent également réalisés des traits horizontaux avec des filets à plancton, de jour et de nuit, pour mettre en évidence d'éventuelles migrations nycthémerales du zooplancton et du krill très abondant à la position la plus méridionale de la radiale.

La distribution des masses d'eau

Rappelons tout d'abord la structure classique de l'océan antarctique, auquel la rareté des terres émergées confère une grande homogénéité. Ce vaste domaine comprend deux régions concentriques séparées par la convergence antarctique ou front polaire : au sud, la région antarctique et au nord la région subantarctique, zone de transition vers l'univers tropical (fig. 2).

Les vents sont commandés par le champ de pression : ceinture de basses pressions entre 60°S et 70°S, hautes pressions sur le plateau antarctique d'une part et en zone subtropicale d'autre part. Il en résulte un double système du continent et, plus au nord, vers 35°S, le régime permanent des vents d'ouest (quarantièmes rugissants des navigateurs). Le flux moyen d'eau dans la couche d'entraînement du vent est, en raison de la rotation terrestre et du gradient méridien de densité, orienté à 90° à gauche de la direction du vent. Les eaux

Fig. 2 - Le vaste domaine de l'océan antarctique comprend deux régions concentriques séparées par la convergence antarctique ou front polaire : au sud, la région antarctique et au nord la région subantarctique, zone de transition vers l'univers tropical.



superficielles proches du continent ont ainsi une composante dirigée vers le sud alors que c'est une dérive vers le nord qui affecte la plus grande partie des eaux antarctiques. A la limite de ces deux systèmes, les eaux de surface s'écartent provoquant un mouvement de remontée de l'eau profonde qui constitue la divergence antarctique.

Sur une coupe S-N à l'ouest des îles Kerguelen, on peut reconnaître dans la partie sud, les trois masses d'eau de la région antarctique (fig. 3 limitée à la distribution de la salinité).

• l'eau superficielle antarctique, caractérisée, en fin d'été, par un minimum thermique subsurface, surmontée par une couche homogène réchauffée de faible salinité ($S^{20}_{\sigma_t}$ 33,9). Epaisse de cent cinquante mètres au sud, cette masse d'eau est voisine de trois cents mètres au nord ; dans le même temps, la pellicule de surface passe d'une trentaine à une centaine de mètres. Le minimum thermique, reflet des conditions hivernales, passe de -1,5 à 2,1°C lors de sa dérive vers le nord, alors que la température de surface passe de 1,6 à 6,0°C.

• l'eau circumpolaire antarctique, caractérisée par un maximum de salinité que souligne l'isohaline 34,75[‰]. Située vers deux mille cinq cents à deux mille huit cents mètres au nord de la coupe, elle est affectée par le mouvement de divergence et atteint mille mètres au sud.

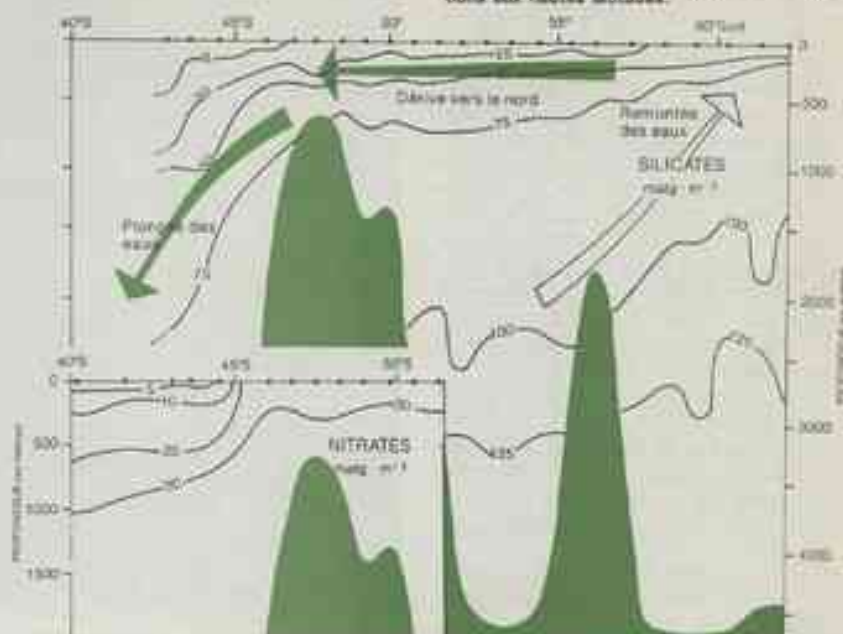
• l'eau de fond antarctique qui occupe le fond des bassins. C'est la plus dense de tout l'Océan mondial car elle résulte de la congélation près du continent antarctique (mer de Weddell). Sa salinité et sa température sont assez différentes de part et d'autre du plateau de Kerguelen : -0,3°C et 34,67[‰] au sud, 1,8°C et 34,65[‰] au nord. Ces valeurs se situent parfaitement sur la droite de mélange entre l'eau de fond type formée en mer de Weddell (-0,7°C, 34,65[‰]) et l'eau circumpolaire (1,9°C, 34,78[‰]).

La structure des fronts hydrologiques est par contre originale, confirmant certaines observations précédemment effectuées entre les Îles Crozet et Kerguelen. Analysant les données recueillies lors de l'expédition internationale de l'Océan Indien, WYRTKI (1971) situait les convergences antarctique et subtropicale respectivement à 48 et 41°S. Le long du 66°E, nos résultats montrent un passage beaucoup plus rapide de la région antarctique à la région subtropicale, ce qui « escamote » le domaine subantarctique normalement caractérisé dans l'Océan Indien par une eau superficielle subantarctique de faible salinité (31,7 à 34,0[‰]). Cette transition s'effectue en moins de 3° de latitude, entre les

stations 29 et 25. Une étude fine permet de montrer qu'il y a en fait accollement des deux fronts que l'on peut individualiser :

• la convergence antarctique qui correspond à la plongée des eaux superficielles (soulignée par l'isotherme 3°C), donnant naissance à l'eau antarctique intermédiaire repérable par son minimum de salinité (< 34,5[‰]). Située vers mille mètres à cette latitude, cette eau-type se retrouve très loin vers le nord dans tous les océans. Cette convergence est également marquée par la disparition du minimum thermique subsurface et un gradient en surface entre 8 et 10°C.

Fig. 4 - Distribution des sels nutritifs à l'ouest des Îles Kerguelen : pour les phosphates et les nitrates, le maximum se situe vers 1 000 m à 45°S et vers 200 m à 50°S ; pour les silicates, il faut remarquer l'augmentation graduelle des teneurs jusqu'au fond et les fortes concentrations aux hautes latitudes.



• la convergence subtropicale qui est aisément repérable en surface ou le fort gradient de salinité entre 34,8 et 35,4[‰] se double d'un deuxième front thermique entre 10 et 15°C. Les mesures du courant de surface (courantomètres à électrodes remorquées) montrent que le flux ouest-est est loin d'être régulier. La vitesse est élevée au niveau des fronts : en moyenne 25 cm s⁻¹, atteignant même 50 cm s⁻¹ (un nœud) entre les stations 25 et 26. Partout ailleurs, au contraire, les vitesses sont faibles : inférieures à 10 cm s⁻¹, le plus souvent même à la limite de détection.

La distribution des éléments minéraux et le comportement particulier des silicates

En profondeur, la distribution des sels nutritifs à l'ouest des Kerguelen est classique (fig. 4). Pour les phosphates et les nitrates, le maximum se situe vers mille mètres à 45°S et vers 200 m à 50°S : 2,4 mg m⁻³ pour P-PO₄, 35,0 mg m⁻³ pour N-NO₃. L'eau de fond, formée près du continent antarctique, est un peu plus riche que la couche inférieure de l'eau profonde, ce qui délimite, vers mille cinq cents à deux mille mètres, un minimum relatif : cette couche d'eau n'est pas affectée par la remontée des eaux. La répartition des silicates diffère

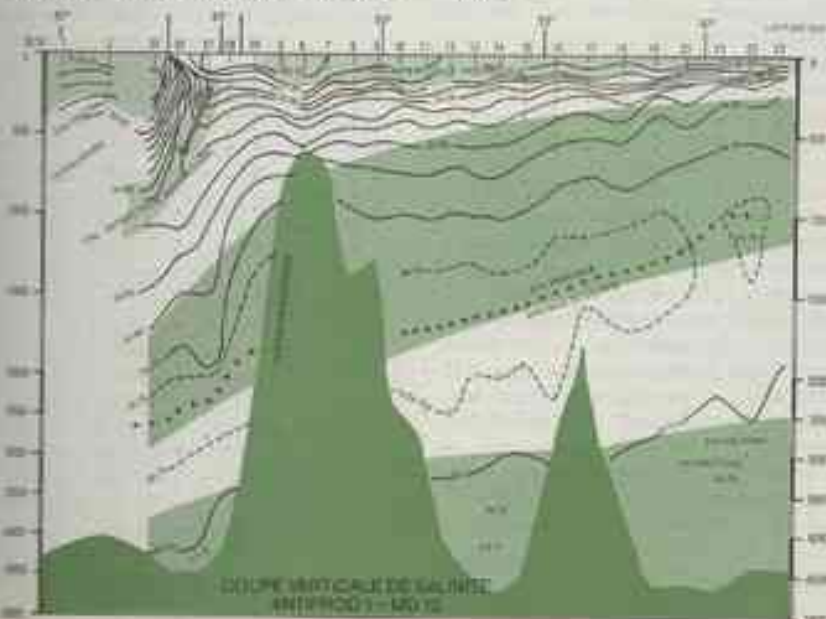


Fig. 3 - Coupe sud-nord à l'ouest des Îles Kerguelen illustrant la distribution de la salinité. On peut reconnaître dans la partie sud les trois masses d'eau de la région antarctique : l'eau superficielle antarctique, l'eau circumpolaire antarctique, l'eau de fond antarctique (EFA).

(dans tous les océans) de celle des nitrates et phosphates sur deux points : l'augmentation graduelle des teneurs jusqu'au fond et les fortes concentrations aux hautes latitudes. À l'ouest des Kerguelen, le phosphore et l'azote sont pratiquement stables au-delà de trois cents mètres, alors que la silice passe de moins de 30 matg.m^{-3} à ce niveau à plus de 140 matg.m^{-3} au fond. Cette distribution particulière peut s'expliquer par la lenteur de dissolution des squelettes siliceux, par la dominance des Diatomées et par l'enrichissement en silicates de l'eau de fond qui se forme près du continent antarctique. Les variations verticales du rapport N/Si tant dans les eaux subtropicales qu'antarctiques illustrent bien ces particularités (tableau 1).

Dans la couche euphotique, la distribution des sels nutritifs dépend tout d'abord des mouvements verticaux. Leur remontée dans la couche superficielle intensifie la production mais, en retour, l'activité biologique (consommation, excrétion, minéralisation) retient sur leur teneur. Rappelons, à ce sujet, que les facteurs de concentration des algues par rapport au milieu sont, en prenant égal à un celui du carbone, de trente pour l'azote, de quarante pour le phosphore et de deux cents à vingt pour la silice (selon qu'il s'agit ou non de Diatomées).

En fin d'été, à l'ouest des Kerguelen la convergence située entre 43°S et 45°S est, pour les phosphates et nitrates superficiels une barrière entre les eaux subtropicales chaudes et oligotrophes et les eaux antarctiques froides et fertiles : en quarante milles, la température diminue de 5°C alors que, dans le même temps, la teneur en P-PO_4 est multipliée par 3, la concentration en nitrates par 6. Vers le sud, les teneurs se modifient ensuite fort peu en raison de la faible production autotrophe et parce que la minéralisation rétablit partiellement le stock.

Quant aux silicates, leur distribution est très différente (tableau 1). À l'extrême sud, le rapport N/Si est inférieur à 1, puisqu'il s'agit des eaux profondes affectées par la remontée. Au fur et à mesure du déplacement de l'eau vers le nord, les silicates s'épuisent. Vers 46°S , juste au sud du front, le rapport N/Si est compris entre cinq et dix, valeur exceptionnelle qui traduit la carence en silice : les eaux d'origine divergente sont alors aussi pauvres en silice que les eaux subtropicales et aucun gradient n'est associé aux conver-

Tableau 1 - Teneurs moyennes en sels nutritifs (matg.m^{-3}) dans l'océan Indien austral

Latitude	Eaux de surface			Eaux de 1 500 m		
	NO_3	SiO_4	N/Si	NO_3	SiO_4	N/Si
43°S	2	3	0.8	54	58	0.6
Convergence	-----	-----	-----	-----	-----	-----
46°S	23	4	6.2	31	78	0.4
62°S	26	32	0.8	31	104	0.3

gences. Il faut également noter que la diminution des silicates n'est pas régulière : un gradient assez marqué apparaît entre 59°S et 57°S , les valeurs chutant de plus de 15 matg.m^{-3} . Rien dans la circulation des masses d'eau ne peut expliquer cette distribution qui est certainement liée à l'activité biologique, qui est maximale dans cette région. La modicité des valeurs de production rencontrées implique cependant d'attribuer aux Diatomées antarctiques une « demande » en silicates très supérieure au plancton d'autres océans, ce que confirme l'épaisseur de leur frustule siliceux. Notons également que les silicates sont minéralisés très lentement et le réapprovisionnement des niveaux superficiels implique un retour par l'upwelling.

Phytoplancton et production primaire

En dépit de l'énorme réservoir nutritif et des bonnes conditions d'éclairement en fin d'été (énergie en surface équivalente à celle du mois de mars en Méditerranée), la production phytoplanctonique est très basse. Les résultats de la campagne Antiprod I confirment ainsi les mesures effectuées lors des campagnes du navire américain « Eltanin » et celles des chercheurs japonais : les teneurs en chlorophylle sont le plus souvent comprises entre 0.2 et 0.5 mg.m^{-3} , la production primaire entre 0.1 et $0.5 \text{ gC.m}^{-2} \text{ j}^{-1}$.

Une illustration spectaculaire de la rareté du phytoplancton est fournie par la grande transparence des eaux.

En effet, dans des eaux non soumises aux apports terrigènes, les propriétés optiques dépendent de l'abondance du phytoplancton et des particules détritiques qui en dérivent plus ou moins directement. Parfois très basse près du continent antarctique, la transparence des eaux s'élève

dans les mers voisines et les eaux sont très limpides en région océanique : le 1 % d'énergie de surface se situe entre soixante-dix et cent mètres, valeurs à rapprocher de la Méditerranée. Très transparentes, ces eaux sont également parmi les plus pures optiquement parlant : le maximum de pénétration s'effectue dans la gamme de longueur d'onde $470-490 \text{ nm}$, domaine des « eaux bleues », ce qui surprend à de telles latitudes.

Dans la partie véritablement antarctique de la mission, la plus grande richesse en phytoplancton que nous avons signalée en parlant de la silice, au niveau de la station 18, est difficile à expliquer. Elle n'a pas été retrouvée lors du retour du navire sur ces mêmes lieux quelques jours plus tard : il s'agissait probablement d'une floraison modérée du phytoplancton profitant de quelques jours de mer calme et de fort ensoleillement. La reprise du vent aura aussitôt réparti les algues sur l'ensemble de la colonne d'eau. Les plus fortes productions se rencontrent régulièrement au voisinage des convergences. Localement, le phytoplancton bénéficie à la fois d'une fertilisation minérale liée aux eaux d'origine divergente et de conditions favorables de stabilité et de température associées aux eaux subtropicales. Cette particularité a été notée au niveau du front polaire dans les régions à double convergence et au nord du front à l'ouest des Kerguelen : production dépassant $0.5 \text{ gC.m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ à 43°S contre $0.2 \text{ gC.m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ à 45°S .

Dans toute la zone d'étude, à côté de nanoflagellés dont le rôle a jusqu'à maintenant été sous-estimé, le phytoplancton est dominé par des Diatomées à fort frustule siliceux comportant bon nombre d'espèces endémiques : 80 % ou plus du microphytoplancton est représenté par la Diatomée *Fragilariopsis kerguelensis* que d'autres auteurs ont également trouvé

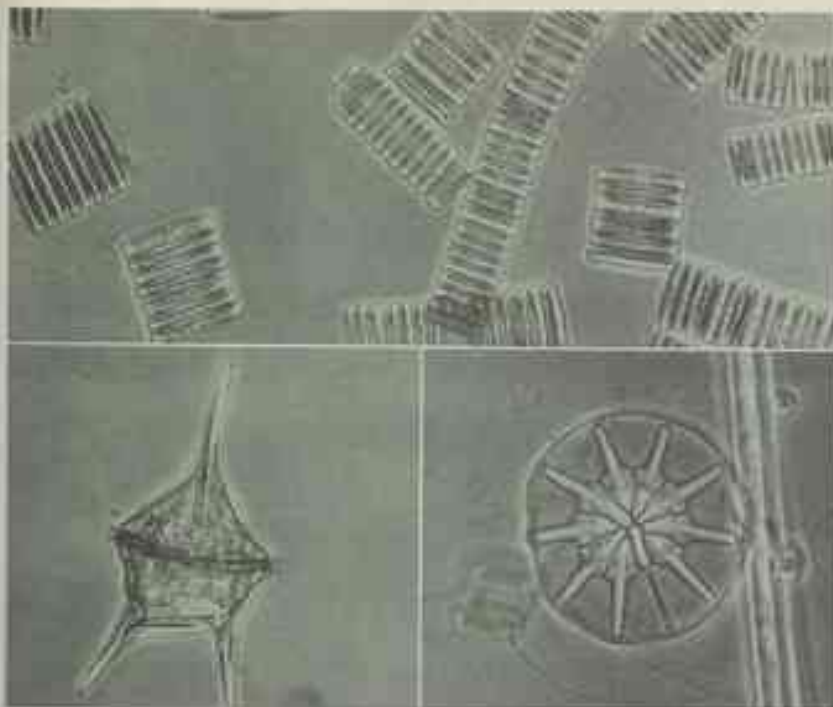


Photo-montage d'espèces phytoplanctoniques de l'Antarctique réalisées au microscope à contraste de phase (cf. Jean Lacombe, CNRS, Laboratoire Arago).

en abondance et qui constitue normalement la nourriture de base de *Euphausia superba*, espèce mésozoïque de cinquante à soixante millimètres de long qui forme le krill.

Problèmes posés par l'océan Antarctique. Stratégie pour les aborder

Potentiellement fertiles, les eaux antarctiques de la province océanique ont, même en été, une faible production. Quoique depuis une dizaine d'années, un nombre assez important de données s'accumule, notre compréhension de ce phénomène est encore incomplète. Quels facteurs limitant la production primaire en été ?

La température ?

Il est certain que la basse température des eaux du sud de la convergence antarctique (de 0 à 5°C) ne favorise pas la croissance des algues. Qu'elles se développent à basse température, n'implique pas, comme on l'a longtemps avancé, qu'elles aient un taux de croissance équivalent aux espèces poussant à des températures plus élevées. Les données de Holm-Hansen et al. (1974), Bunt et Lee (1970) montrent que le taux de croissance est souvent de 0,1 division par jour, atteignant au maximum 0,5 : ces valeurs sont inférieures à l'estimation de Eppley (1972) et n'accréditent pas l'hypothèse d'une bonne adaptation physiologique du phytoplancton antarctique.

En ce qui concerne la température, il

est donc aisé de conclure que, si elle ne permet guère une explosion planctonique impliquant plusieurs divisions quotidiennes, elle ne peut en aucun cas expliquer la très grande pauvreté du phytoplancton.

La lumière ?

Le problème de la lumière utilisable pour la photosynthèse revêt un double aspect : celui de l'énergie disponible et celui de l'importance relative de la couche de mélange par rapport à la zone euphotique. En effet, une forte énergie ne sert à rien si la turbulence verticale entraîne les algues à des niveaux très faiblement éclairés.

Durant l'été austral, en raison de la longueur du jour, l'énergie incidente peut dépasser celle des tropiques. Même en fin d'été par ciel couvert, l'énergie globale reçue à la surface de la mer est très importante : en moyenne $10 \cdot 10^8$ joules $m^{-2} \cdot j^{-1}$. Les conditions d'éclairement en surface, associées à la limpidité des eaux, constituent donc un facteur favorable à la photosynthèse.

Le gradient de densité est par contre très faible dans la couche euphotique où se produit un mélange actif dans les cent premiers mètres, une forte pycnocline se situant à ce niveau. Là encore, si cette turbulence s'oppose à tout développement massif, elle ne peut être responsable de productions si faibles, la couche de mélange étant inférieure à la profondeur critique.

Les sels nutritifs ?

Phosphates et nitrates sont incontes-

tablement en excès par rapport aux besoins métaboliques du phytoplancton dans les mers du sud. Les silicates s'épuisent par contre rapidement même si leur concentration à l'extrémité nord de la dérive des eaux de divergence peut encore supporter une floraison planctonique. Leur cinétique d'assimilation par les Diatomées antarctiques, leur vitesse de minéralisation dans des eaux froides mériteraient une étude particulière lors de futures campagnes.

Facteurs physiques, concentration des sels nutritifs majeurs, broutage par le zooplancton ne peuvent expliquer une si faible production. Il a déjà été démontré par les chercheurs américains que l'inclusion de facteurs biochimiques (vitamines, acide glutamique, activité enzymatique) améliorait l'adéquation de modèles de production antarctique. C'est incontestablement là une voie à explorer, ce qui permet de jeter les bases d'un prochain programme :

- exploration à plusieurs saisons de la région 40-55°S ;

- comparaison de la production à l'ouest et à l'est (effet de terre) des Kerguelen ;

- métabolisme des sels nutritifs entre la convergence et la divergence antarctiques, l'accent étant mis sur la silice ;

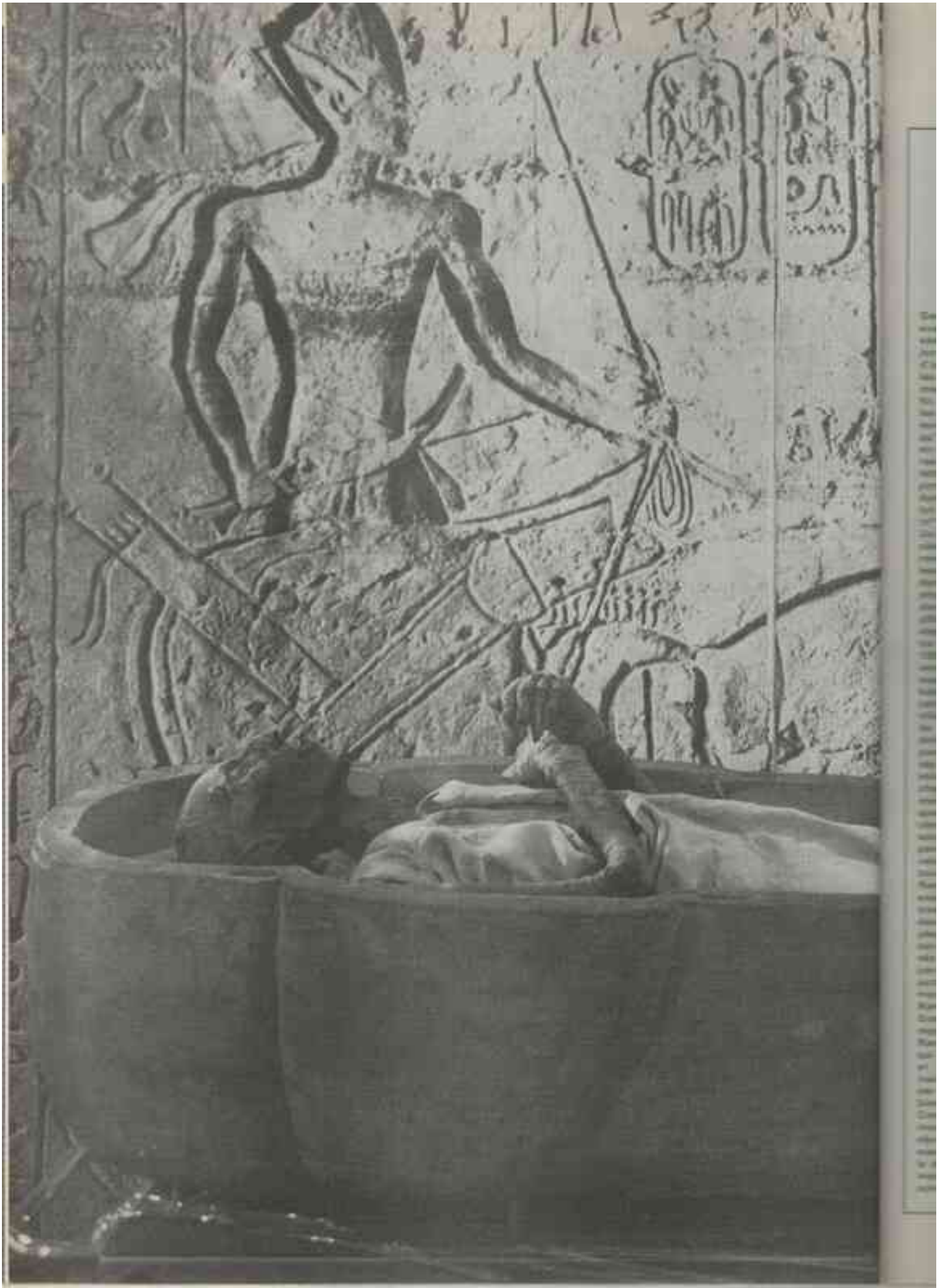
- recherches expérimentales sur les facteurs (notamment biochimiques) susceptibles de limiter la production estivale.

De telles campagnes sont d'autant plus nécessaires que les mécanismes en jeu intéressent une fraction notable de l'océan mondial qui recèle un énorme potentiel de production : elles devront également permettre d'expliquer les essais de krill que japonais et russes exploitent déjà commercialement : celles-ci supposent-elles que ces producteurs secondaires ont besoin, à un moment donné, d'une biomasse élevée en phytoplancton, ou peuvent-elles seulement s'expliquer par un simple phénomène de concentration active ? C'est de toutes façons un domaine scientifique d'une région où, grâce à l'appui des TAAF et au potentiel de recherches CNRS-université, la France apparaît bien placée dans la contexte international.

Pour le groupe Médiprod :

Guy JACQUES
Maître de recherches au CNRS
Laboratoire Arago (LA 117)

Lucien GAMBERONI
Maître-assistant
Laboratoire d'océanographie
physique du Muséum (LA 175)



L'ODYSSEE DU PHARAON

Deux siècles après son trépas, vers 1223 avant notre ère, le corps momifié de Ramsès, revêtu d'un nombre incalculable de bijoux funéraires, protégé par des couches d'or et de résine préservées, subit les outrages les plus destructeurs lors des bouleversements qui ruinèrent la nécropole royale à la fin du Nouvel Empire. Le tombeau égyptien, les murs en partie fracturés, les trésors pillés, la momie fut quasiment dépecée jusqu'à la dernière couche de bandeslettes pour en faire les bijoux renaissants d'or et de pierres fines qui devaient le protéger. Il ne resta plus à son son déshérité qu'un petit germe retenu par des papyrus de la XXI^e dynastie, dont on récupéra le fût, et qui fut intégré comme « chapitre du cheval » en 1061 dans le Livre des Morts.

Un jour ses prêtres, après les nombreux prières qui furent intentées contre les pillards, rassemblèrent les corps nus des pharaons, lesquels, comme celui de Ramsès, gisaient dans la nécropole, privés de leur réseau protecteur. Ils les enveloppèrent en deux lots dans un fût identifié dans le nom, déjà connu, d'Améphis II, et les firent partir d'un des sentiers ouverts de la Vallée des Rois. Vers l'est les ossements de cette sépulture en 1223. Mais avant cette intrusion une plus extraordinaire encore avait débordé la tombe et été dans des circonstances inimaginables ayant abouti au renvoi d'une momie ou, régulièrement semble-t-il, des villages habitant au pied de la nécropole de Thèbes étaient jadis des antiquités dans la fouille commenta Gaston Maspero, alors directeur du Service des Antiquités de l'Égypte, confié à ses inspecteurs le soin d'explorer, et la découverte de la momie qui contenait le plus important lot de momies royales fut officialisée en 1885, cinquante années après que les fouilles clandestines en aient déjà exploitée les richesses. Parmi les corps royaux ainsi saisis se trouvaient presque trois mille ans, figurant celui de Séth I^{er}, - le plus haut visage de tous les pharaons -, et celui de son fils, Ramsès le Grand. Ce dernier avait été réembaumé selon les rites de la momification par les prêtres d'Amon : un fût de lin rouge et des fleurs en sautoir et un bouquet remplissant l'édicule appariés funéraires d'anciens. Les égyptologues amateurs de Ramsès II avaient dû tous disparaître, mais pour ceux qui subsistèrent du pillage des autres momies, un des nouveaux momifiés avait permis à son réembaumement Ramsès ou son fils vers en 1885, le Grand. Ce visage remarquablement sculpté représentait le roi de Thèbes ou de Ramsès lui-même. Pourtant, le mouvement d'or qui plaquait le sarcophage, avait été arraché, et les égyptiens présents, dans dans les murs du roi, soixante, avaient été remplacés par un équipement de bois de pinier d'un bon premier état.

Comment se faisait-il que, dans le cinquième millénaire avant J.-C., dans la cinquième vallée de la Vallée des Rois, derrière la colline de Gourni, une momie rudimentaire, au fond d'un puits, ait pu recevoir la dépouille royale d'un si grand roi ? Les égyptologues néo-égyptiens, à l'instar même à l'arrière de celui et à hauteur des

causes du sarcophage, se renseignèrent par trois périodes vagues successives les égyptologues. Après les premières pillages des tombeaux royaux, la momie momifiée de Ramsès avait été dépecée, avec celles d'autres souverains, dans le majestueux sépulchre de Séth I^{er} au cœur de la Vallée des Rois, probablement en l'an 8 du règne de Ramsès XI, vers 1080 avant J.-C. Mais, peu de temps après, l'édifice avait été jugé à nouveau insuffisamment sûr, et en l'an 10, le 4ème mois de la saison de printemps, jour 17 du règne de Ramsès (vers 1080 av. J.-C.) on transporta, avec les autres momies royales voisines, la dépouille de Ramsès II dans une tombe considérée comme étant celle de la reine Inhotep, là où reposait déjà le corps d'Améphis II. Au bout de trois jours, le transfert était achevé. Les momies avaient quitté le chemin royaume pour gagner l'autre versant de la montagne le 25ème jour du même mois. Elles furent déposées dans la sépulture qui fut le premier jusqu'à la fin du règne XIX^e siècle.

Bientôt découvertes, les corps royaux furent transportés au Caire, par sécurité évidente, et leur étude fut confiée aux spécialistes du musée, dont naturellement le médecin anglais, le Dr. Elliot Smith, puis le professeur Derry. Il fut proposé de rétablir les momies dans un local approprié, mais rien ne put, à cette époque, être réalisé. Les directeurs se succédèrent et les dommages s'accumulèrent de ceux en saisis, d'une station dépendant dans le musée qui avait été prévu pour Sakh Zaphou, pour aboutir quelques mois après dans la maison du directeur des Antiquités de l'Égypte, avant d'être reliées à la suite de nous, dans une salle simple du musée.

Les égyptologues dépeçés subirent donc du dangereux déplacement. Et puis, un jour, il y eut plus de quinze ans, sous l'impulsion pressante d'un touriste américain, les momies des grands rois de l'Égypte, saisis de l'époque des pharaons, furent exposées dans une salle du premier étage du musée du Caire, sans laquelle on fut brutalement de visiteurs défilés.

Il n'y a pas d'égyptologie au monde qui n'ait été chagrinée par un tel spectacle dans un lieu si peu propice à l'ambiance de respect et de recueillement digne pour une telle vision. Mais qui dire aussi des conditions matérielles dans lesquelles ces malheureux corps ont été exposés avec des vitrines peu échantonnées et dans des lieux soumis à des variations climatiques importantes, humidité de l'air, humidité, puis chaleur extrême pendant l'été.

La désamiation de deux ministres de la Culture, égyptien et français, permit à Christiane Desroches Noblecourt, conservateur en chef du département des Antiquités égyptiennes du Musée du Louvre, à y avoir aidée, d'organiser l'exposition Ramsès le Grand qui eut lieu aux portes de Paris, en mai 1978 au Grand Palais. L'attention des travaux extraordinaires qui furent confiés était en grande partie fonction du traitement et des consolidations qu'il était possible de faire exécuter par les restaurateurs du Lou-

vre, au musée du Caire même, sur ces objets si délinants : l'expérience de l'exposition Toutankhamon et son Temps, en 1967, avait montré l'efficacité de ces nécessaires précautions.

Engagée dans une telle aventure, il lui semblait que le moment était venu de servir au mieux les religions du roi. Quelle autre grande figure du passé de l'Égypte pouvait être mieux exposée au-delà des millénaires par ses momies, ses écrits, l'image éternelle de ses proches jusqu'à celle de ses proches dépeçés, transférés au-delà des sites et bien intentionnellement en un admirable état de la culture du monde ? Or, cette dépeçée, volontairement préparée pour traverser les siècles et donner la lueur d'un instant de l'homme, montrait tous les symptômes d'un début de désintégration. Cette momie était naturellement partagée par nombre de visiteurs qualifiés du musée et portait sur l'ensemble des momies royales. Il lui fallait donc aborder les deux chapitres essentiels de la parfaite mise au jour de la momie de Ramsès :

- trouver les spécialistes, et
- trouver les moyens financiers.

Une fois eue l'accord des autorités égyptiennes indispensables, Christiane Desroches Noblecourt put obtenir les fonds nécessaires grâce au soutien de la société H. K. A. son initiative, une étroite collaboration entre la musée de l'homme, le musée national d'histoire naturelle, et le musée du Caire fut assurée. Il s'agissait d'un travail plus approfondi devant se faire en milieu professionnel scientifique : les difficultés d'un début les moyens sur place à cette époque les contraignant, sur les conseils de nos collègues égyptiens, à faire entièrement analyser et traiter le moment en France, puis à le doter d'un conditionnement permettant une exposition ultérieure au Caire. Ce déplacement, unique jusqu'à présent, ne pouvait être l'objet que d'un nouveau musée de Ramsès. Il fallut que Ch. Desroches Noblecourt fit appel à la communauté et l'appui du Président de la République Arabe d'Égypte et du Président de la République Française, pour atteindre à ce but. À Paris, le moyen Salust faisait arranger au musée de l'Homme les « appartements » de Ramsès, scientifiquement préparés pour la momie.

Le 28 septembre 1978 au Bourget, Ramsès fut reçu avec les honneurs militaires. Madame la Ministre Saoudi Galt, l'accompagnant au nom du Président Giscard d'Estaing.

Après les sept mois pendant lesquels il fut exposé des soins et des études scientifiques les plus soignées, Ramsès était prêt, dans un nouvel espace (pris en charge par le musée français des Universités) à regagner le musée du Caire où il devait repasser dans une salle spécialement aménagée. Il est reparti le 10 mai 1977, par la même voie aérienne, honoré de la même manière, vers le destin qui, maintenant, ses prêtres modernes ont pieusement remis entre ses mains, pour qu'il puisse achever son voyage vers l'éternité.

LA MOMIE DE RAMSÈS II AU MUSÉE DE L'HOMME

La momie de Ramsès II a une longue histoire qui s'insère dans trois grandes périodes :

- de la momification au vandalisme des pilliers de tombeaux, entraînant pour voler les bijoux, une destruction, dont nous ignorons l'étendue, des bandelettes et des linéols ;

- de la (ou des) restauration par les prêtres d'Amon jusqu'à la découverte de la cachette de Deir el-Bahari ;

- du transport au Caire jusqu'à 1976.

Je prendrai trois exemples : grâce, en particulier, aux endoscopies, nous avons pu retrouver des éléments indiscutables de l'embaumement du pharaon, dès après sa mort. En revanche, d'autres éléments comme les sables recueillis dans l'abdomen datent de la restauration effectuée par les prêtres de la région de Louxor. Enfin, certains insectes et les cryptogames sont des « maladies de musée ». Pour être en mesure de conserver Ramsès II, il fallait d'abord avoir conscience de cette donnée essentielle : sauver la momie consistait à la débarrasser moins des injures du temps que de celles des hommes.

Détailée à Paris, par ceux-là même qui l'avait emballée au Caire, Mlle Courcier et M. Richir, nous l'avions placée, toujours dans son cercueil rhodien, sur un chariot chirurgical. J'avais décidé au Caire, que s'il venait à Paris, il faudrait scier ce coffre de chêne, du côté des pieds, afin de ne pas courir le risque de soulever la momie. M. Richir accomplit ce travail, et nous sortîmes la momie en faisant glisser le tissu de lin sur lequel elle reposait sur une plaque d'altuglas découpée aux dimensions intérieures du cercueil. Cette toile fut alors carroyée de manière à être découpée en morceaux d'environ 10 cm x 10 cm, anatomiquement repérés, et dont chacun était jonché de débris tombés du corps. Scellés dans des sacs plastiques, ils allaient être répartis entre divers laboratoires. C'était le début du stade des prélèvements.

Compte tenu des premières indications recueillies en 1975, MM. Mouchacca et Steffan (laboratoires de cryptogamie et d'entomologie du muséum) furent parmi les tous premiers à emporter des échantillons, c'est-à-dire des fragments de tissus jonchés de débris macroscopiques et microscopiques tombés de la momie. En quelques jours, M. Mouchacca obtenait des cultures attestant l'activité fongique destructrice qui menaçait Ramsès II. Cela ruinait les allégations d'une certaine presse selon laquelle ces champignons dataient de l'époque de la momification. Les prélèvements sur ce qui servait de linéol seront suivis d'autres sur, sous et dans la momie, le tout effectué avec d'innombrables précautions. Sur la momie, il s'agissait essentiellement de poussières retenues par les bandelettes. Le dos de Ramsès était inabordable depuis le dépôt dans le coffre de chêne : là étaient les colonies de cryptogames. A l'intérieur, un bourrage de chiffons de lin d'époque indéterminée mais récente fut retiré et morcelé en échantillons, comme le linéol. Il fut alors possible de prélever un grand nombre de débris, généralement par aspiration. Les laboratoires de botanique y trouveront leur compte, et cela rendit possible les endoscopies.

Nous disposions déjà de radiographies remarquables obtenues par le Dr. Et Mégrig, qui vint d'ailleurs spécialement du Caire pour prendre contact avec son homologue français le Dr. Faure. Celui-ci a réalisé une couverture radiologique de qualité exceptionnelle, grâce au mécénat de la Compagnie générale de radiologie et de la société Kodak. Peu après, la société Rank Xerox me proposait de faire effectuer des Xéro-radiographies, ce dont se chargea avec le même désintéressement le Dr. Massare. Un spécialiste anglais, le physicien R. Davis, qui avait obtenu les premières xéro-radiographies sur une momie du British Museum, fut appelé à Paris pour la mise au point des réglages. Enfin, les Drs. Thuilliez et Lichtenberg, utilisant des films Dupont de Nemours,

obtenaient des chromo-densitographies dont l'exploitation est en cours. N'étant moi-même ni médecin, ni radiologue, il ne m'appartient pas d'exposer les observations auxquelles ces trois équipes sont parvenues. Elles auront leur place dans le volume en préparation sur l'ensemble des travaux de laboratoire consacré à la momie. Je n'en retiendrai donc que les faits les plus saillants et parfois inattendus. Ramsès II était devenu un grand vieillard. Une spondylarthrose ankylosante le rendait presque impotent, raide, la tête penchée en avant, marchant à petits pas. Une telle infirmité a peut-être aidé à la conservation de la momie, dont l'architecture est fondamentale : la colonne vertébrale est d'une invraisemblable solidité. Lors de la momification, on redressa la tête de qui rompit l'unité de la série cervicale des vertèbres. De là, cette courbure anormale du cou. La momification comportait l'ablation du cerveau et son remplacement, en partie, par une résine liquide. La voie habituelle était la lame criblée de l'ethmoïde, ce qui entraînait une certaine détérioration des ailes du nez. Les radiographies, en particulier les xéro-radios, révèlent la présence de nombreux corps étrangers, la presque totalité ayant la forme de perles ou de grains. Faute de pouvoir les extraire, nous ne savons rien de plus, pour l'instant, de ce fait absolument nouveau. Toutes les radiographies ont révélé la présence d'une forme opaque, haute dans la partie gauche de la cage thoracique, là où elle est inabordable à l'observation directe.

A nos hypothèses, les chromo-densitographies du Dr. Thuilliez ont apporté la confirmation attendue. Il s'agit bien du cœur et de la trousse de l'aorte. Il y aurait encore bien d'autres choses à dire. On avait observé, il y a bien longtemps, que les artères temporales de Ramsès II étaient calcifiées. Le Dr. Bucaille a signalé la calcification des parois de l'artère fémorale. Il faudra étendre ce diagnostic à l'ensemble des vaisseaux, atteints d'athérosclérose. Physiquement très diminué, Ramsès II devait l'être aussi

Fig. 1
a) profil droit de la tête (cf. J. Oster)



b) radiographie du même profil, faisant apparaître la présence de grains ou perles dans les narines, et au fond de la bouche.



intellectuellement : on ne sait presque rien des dernières années de son règne, au cours desquelles son treizième fils, qui allait lui succéder, Mineptah, paraît avoir joué un rôle de premier plan.

À la demande du Dr. Bucaille, son confrère de l'hôpital militaire du Caire, le Dr. Mustapha Mansalawig, avait pratiqué les premières endoscopies dans le thorax de Mineptah (1975). Il fit un trop rapide voyage à Paris pour appliquer la même méthode d'exploration à Ramsès II. La vingtaine de clichés qu'il obtint, grâce aux crédits que le Musée de l'Homme put mettre à sa disposition, présente l'intérêt majeur de nous permettre de voir l'embaumement au XIII^e siècle avant Jésus-Christ, les résines, les lins d'une finesse archaïsante, entrecroisant des fils bleus et jaunes.

Les radiographies ayant révélé de mul-

tiples lésions dentaires avec complications infectieuses, l'idée fut avancée que telle avait pu être la cause ultime de décès du Pharaon. Il a certainement beaucoup souffert mais, à près de quatre-vingt-dix ans, on peut mourir de tant de choses !

C'est le Dr. Fr. Roussières qui s'est penché sur ce problème. Il lui appartient d'exposer son étude dans le volume qui sera consacré à Ramsès II, mais je crois pouvoir écrire qu'en effet, une ostéite de la mandibule liée à une très grande lésion dentaire, ayant entraîné la formation d'un abcès, fragilisé le menton.

Le problème posé par les cheveux de Ramsès était si délicat et important qu'il justifiait une étude particulière. La momie a conservé beaucoup de cheveux très fins et fragiles, teintés de jaune, bouclés, dont on pouvait craindre qu'ils ne résisteraient pas au

traitement de radio-stérilisation. Quelques fragments étaient tombés sur le lincoeur, ils furent minutieusement recueillis. Mais les analyses ne suffisaient pas : l'implantation des bulbes était-elle assez solide ?

Ne risquons-nous pas de rapporter au Caire un Ramsès II chauve ? Quatre laboratoires firent, pour cette raison, une étude exhaustive des infimes documents dont nous disposions : l'identité judiciaire (professeur Ceccaldi - ingénieur biologiste J.-L. Clément), la société l'Oréal (M. Lévêque, chargé du laboratoire d'Aulnay-sous-Bois), la division de chimie analytique du Commissariat à l'énergie atomique de Grenoble (MM. Diebolt, Stefani, Eloy, ingénieurs), ainsi que l'Institut textile de France (MM. Hagège, Cornet, Gastaldi et Sossan).

Les résultats furent remarquables. Non seulement, ils nous rassurèrent

sur la solidité de la chevelure (au retour au Musée du Caire, aucun cheveu n'était tombé après irradiation et transport), mais ils nous apprirent des choses inattendues. Certes, le vieillard avait les cheveux blancs, comme les poils de moustache et de barbe qui ont continué à pousser *post mortem*, mais ils avaient été teints, sans doute au henné (mais cela n'a pu être démontré), lors de la momification, car on n'observe aucun cône blanc au ras du crâne. En second lieu, l'analyse des pigments permet de supposer que Ramsès II avait des cheveux blonds-roux, ce qui n'est pas sans signification anthropologique. Enfin, l'étude microscopique de leur structure démontre que le pharaon était un « leucoderme », c'est-à-dire un homme à peau blanche, ce qui concorde avec toutes les observations anthropologiques faites sur la momie.

Les destructions qui frappaient au premier regard étaient les fissures du bouclier résineux. On les observe déjà sur le cliché d'Elliot Smith (1912) ; elles se sont accrues depuis, comme le démontre à plusieurs reprises le Dr. Bucaille. Leur origine remonte peut-être au transfert de la momie dans un sarcophage qui n'était pas le sien. Le second transfert, dans le cercueil de chêne au Musée du Caire, n'a fait qu'aggraver cette situation comme la présentation de la momie, à ce qu'on m'a dit, en position verticale pendant un certain temps. Car, la cause n'est pas seulement la dessiccation des résines, mais surtout que la momie était en porte-à-faux depuis qu'on l'avait retirée de son premier sarcophage. Cherchant un nouvel équilibre, le squelette entraînait en conflit avec l'enveloppe momifiée, et celle-ci se brisa, en particulier dans la région du bassin et de l'articulation des membres inférieurs. Nous verrons plus loin comment nous avons colmaté, dans la mesure du possible, ces brèches.

L'odeur qu'exhalait Ramsès lorsque nous avons enlevé, au Musée du Caire, le couvercle de verre de son cercueil, laissait supposer la présence de foyers bactériens. J'avais supposé que ceux-ci pouvaient être localisés dans les tissus de lin, de diverses époques et très abîmés, qui recouvraient et même remplissaient la momie. Nos collègues égyptiens eurent l'excellente initiative d'en garder l'essentiel au Caire. Lorsque nous eûmes, au Musée de l'Homme, retiré le suaire sur lequel reposait le corps, ainsi que les bourrages placés dans l'abdomen, toute odeur de putréfaction disparut.



a) colonie de cryptogames sur le flanc de Ramsès II (cl. J. Oster)

Fig. 2 a et b - Les « champignons de Ramsès »

b) culture de *Dactylella blattaria* (cl. J. Mouchacca)



Fig. 3

a) banderoles d'une main avant restauration



b) après restauration (cf. J. Gauthier)



Maspero avait déjà reconnu que nombre des momies royales étaient attaquées par les insectes. On parla de mites et de villettes, dont certaines espèces s'attaquent à toutes les matières organiques sèches : les mites perforent rarement les tissus de lin, mais détruisent les momies, comme les oiseaux empalés. On savait aussi les dégâts des larves de dermestides dans tous les produits d'origine animale. Aussi avons-nous appelé au chevet de Ramsès II un spécialiste du laboratoire d'entomologie du Muséum, M. Steffan. Il fut rapidement en mesure de nous rassurer : il y avait bien des traces de dermestides et d'autres insectes, dont un fort inattendu, sur lequel nous reviendrons : mais il semble que les insecticides périodiquement placés au Musée du Caire, dans le cercueil du Pharaon, avaient eu raison des invasions qui avaient inquiété Maspero. Restait donc l'enquête botanique. Ce fut tout autre chose ! L'étude palynologique fut confiée à Madame A. Leloir-Gourhan (Musée de l'Homme). Elle dut se rendre à l'évidence : Ramsès II contenait des millions de pollens, généralement intacts, qui dominaient la Matricaria (Camomille). Une telle constatation ne semblait pas explicable, si ce n'est en imaginant

que lors de la momification ou de la restauration par les grands prêtres, on avait joint les régions internes de l'abdomen et du thorax abordables par le trou d'éviscération, d'onguents à base d'huiles essentielles, qui avaient peu à peu libéré les pollens. D'ailleurs, les végétaux identifiés étaient plutôt protecteurs de la momie : désinfectants, insecticides. Madame Lescot (laboratoire de phanérogamie du Muséum) devait faire dans le domaine de la découverte la plus inattendue, celle de *Nicotiana*, c'est-à-dire d'un « tabac ». Dès que la nouvelle s'en répandit, les objections fusèrent : c'était évidemment la cigarette d'un égyptologue ? Mieux informés que par une coupure de presse, les sceptiques auraient certainement réagi comme moi : nous devions présenter cette hypothèse car les quatre données positives et complémentaires dont nous disposions répondait aux exigences de l'hypothèse scientifique – détermination botanique hors de discussion – existence d'un alcaloïde, la nicotine, démontrée par le Professeur Paris, de la faculté de pharmacie – présence d'un coléoptère découvert par M. Steffan, et qui est un parasite de *Nicotiana* – lien intime entre les fragments de feuilles de

Nicotiana et les résines de momification, les échantillons ayant été prélevés dans le thorax, le plus loin possible de l'orifice ventral d'éviscération. Rien de tout cela, quelle qu'en soit l'importance scientifique, ne pouvait représenter un danger pour la momie, au contraire : *Nicotiana* est un insecticide. Restait la cryptogamie. Dès les premiers jours, j'ai accueilli M. Mouchacca, du laboratoire de cryptogamie du Muséum. Recueillis en boîtes de Pétri, les prélèvements effectués se révélèrent parfaitement vivants dans les jours qui suivirent. Aujourd'hui, près de 90 espèces ont été déterminées. Les « champignons de Ramsès » furent même exposés au Muséum, où ils continuent de proliférer. Ceci réduit à néant les calomnies d'une certaine presse étrangère accusant la France d'avoir prétexté une « maladie diplomatique » pour se faire confier la momie. Envahissant largement le dos, mais se répandant partout, les moisissures étaient bien l'agent destructeur essentiel, et c'est donc lui qu'il fallait éliminer. Le traitement par le froid, depuis longtemps utilisé pour la destruction des insectes, fut envisagé. Même en maintenant une certaine humidité, nous étions dans l'ignorance de la ré-

sistance mécanique de la momie, qui est avant tout un cadavre desséché, déjà profondément altéré par les fissures du manteau résineux, ce qu'une dessiccation plus accentuée ne pouvait qu'aggraver. Nous avons renoncé à tenter l'expérience. Un traitement à chaud était envisageable ; mais nous risquions une altération grave de certains composants de la momie, les résines par exemple. Le Musée de l'Homme est très bien équipé pour la désinfection au gaz.

Nous l'avons d'ailleurs utilisée pour le sarcophage de cèdre, lorsque le pharaon arriva enfin du Caire. Mais dans ce cas-là aussi, nous ne pouvions préjuger de la réaction de la momie à un produit chimique, dont l'utilisation n'avait d'ailleurs pas l'accord des autorités égyptiennes, représentées au Musée de l'Homme par le Dr. Nakhla. J'avais entre temps, reçu des propositions du Commissariat à l'énergie atomique, dans le cadre du projet Nucléaire de sauvetage des documents archéologiques. Il s'agissait d'une radio-stérilisation aux rayons γ (cobalt 60). Il fut décidé d'explorer cette méthode et cela se fit dans deux directions complémentaires. Outre l'ensemble des laboratoires qui avaient analysé des échantillons prélevés sur Ramsès II et le Commissariat à l'énergie atomique, nous avons fait appel à un laboratoire de coordination. Il ne pouvait être autre que le « centre de recherche sur la conservation des documents graphiques », dirigé par Mme F. Fliedler, au Muséum. Environ quatre cent cinquante échantillons furent ainsi réunis et testés. Il s'agissait d'être en mesure d'apprécier l'action des rayons sur les composants d'une momie et de déterminer l'intensité nécessaire pour définir les agents destructeurs, en particulier les cryptogames. D'autre part, et en liaison constante, MM. R. Cornuet, chef du service d'application de radioéléments et des rayonnements au CEA, et son collaborateur G. de Tasseligny, préparaient au centre d'études nucléaires de Grenoble, le traitement de Ramsès II. On testa, à Grenoble, une momie du Musée, un scalp à cause des cheveux, une autre à Saclay, prêtée par le Musée de l'Homme. Taux de l'irradiation et répartition uniforme dans la momie étaient les problèmes essentiels. Ils furent résolus : 9 heures d'irradiation en deux séances de 4 h 1/2 séparées par un retournement horizontal de la calase : 1,8 Mégarep. Les travaux de restauration et de con-

servation intéressent d'une part la momie, d'autre part la cuve du sarcophage. C'est à M. Richir (Institut de paléontologie du Muséum) qu'échut la responsabilité d'obtenir, dans toute la mesure du possible, les fissures des parties momifiées. La plus importante ne peut néanmoins être colmatée, la dénivellation entre les deux lèvres atteignant 37 mm.

Un problème encore plus délicat était la remise en ordre de ce qui subsistait des bandelettes. Je confiai ce travail à Mme Sachs (Musée de l'Homme) qui avait déjà merveilleusement restauré, au Musée du Caire, le carnage du lit plaqué d'or de Tout Ankh Amon. Interdiction, évidemment, d'utiliser colle, aiguilles ou épingles : uniquement des fils de lin. Le résultat fut remarquable, en particulier aux pieds et aux mains. Après bien des semaines d'attente, la cuve du sarcophage dans lequel la momie avait été trouvée à Deir el Bahari nous fut enfin envoyée. Après stérilisation dans l'étuve du Musée, il n'était que trop évident que ce coffre avait beaucoup souffert, était brisé en maints endroits et avait été maladroitement consolidé avec des... vis à bois. Un spécialiste, M. D. Normand (centre technique forestier tropical) voulut bien l'examiner avant toute restauration. Le coffre était en cèdre du Liban, assemblé à mortaises et queues d'aronde. Les goujons étaient en frêne. Une pièce de Tamaris avait été rapportée sur le rebord, derrière la tête. La cuve, utilisant des planches épaisses, avait pu être galbée intérieurement et extérieurement, ce qui en fait une œuvre de haute qualité artistique grâce à la discrète et évocatrice harmonie des formes. Ainsi guidée, Mlle Coursier, put effectuer une restauration exemplaire.

Grâce à M. Mariavy, nous pûmes obtenir une bûche d'un vieux cèdre qu'il avait fallu abattre dans le Limousin. Elle devait nous servir à la mise en place de la momie dans le sarcophage. Le fond du sarcophage n'était donc pas plan et il n'était pas question de réformer le couvercle sur la momie (couvercle qui fut exposé à Paris, en 1976). Tout au contraire, il fallait que celle-ci fût surélevée afin d'être bien visible des visiteurs du Musée du Caire. M. Richir réalisa un bâti en alu-glas sur lequel elle reposerait bien à plat, la tête et les bras émergents en partie du sarcophage. Entre la momie et la plaque d'alu-glas, Mme Sachs posa un petit matelas de sa fabrication, en toile de lin antique, rempli de

sciure de cèdre, ce qui permit de répartir les épaisseurs en fonction de l'équilibre de la momie : calage de la tête, des épaules, du bassin, etc. Il appartenait évidemment à Mme Desroches-Noblecourt de draper Ramsès II dans un tissu de lin royal de la XIX^e dynastie dégageant, outre la tête et le cou, les bras et les pieds. La conception et la réalisation de la nouvelle vitrine furent confiées à la société Celster, très liée au CEA en ce qui concerne l'utilisation des rayons γ . Cette vitrine étanche serait à air renouvelé par une ventilation électrique cachée dans le socle et munie de filtres antibactériens.

Le dernier problème à résoudre était celui du retour au Caire après la radio-stérilisation γ qui serait pratiquée à Saclay. Il fallait caler la momie dans la vitrine, donc pouvoir rouvrir celle-ci au Caire sans détruire les effets de l'irradiation. Pour cette raison, la vitrine avant sa mise en caisse fut placée dans une vaste bulle de plastique gonflable munie de doigts de gants permettant de travailler à l'intérieur grâce à l'outillage mis en place dans le socle. L'ouverture de la bulle et la mise en marche du moteur de ventilation eurent lieu, le 15 mai, vers midi. Mais l'opération Ramsès II n'est pas, pour nous français, achevée. En premier lieu, tous les laboratoires n'ont pas encore épuisé leur recherche : en palynologie, par exemple.

Il était évidemment impensable d'effectuer un moulage de Ramsès II par contact. L'Institut géographique national qui avait déjà travaillé avec grand succès en Egypte, me proposa de tenter un relevé photogrammétrique de Ramsès II qui permettrait de tirer un « moulage » au moins de la tête. Le résultat a dépassé toutes les espérances : un Ramsès II est resté à Paris. Si j'ajoute que la Monnaie de Paris frappe une médaille commémorative du séjour de Ramsès II à Paris, due au talent de P. Belmondo, j'aurai fait le point provisoire d'une extraordinaire opération scientifique multidisciplinaire, comme l'archéologie n'en a peut-être jamais réalisé en France.

Doyen Lionel BALOUT
Professeur au Muséum
national d'histoire naturelle
Responsable du laboratoire
« l'homme préhistorique : son
évolution, son milieu, ses
industries (LA n° 184)

MECANISMES MOLECULAIRES DES CONDUITES AGRESSIVES

Il ne se passe guère de jour sans que la radio, la télévision ou les journaux de nous révèlent des actes de violence. Les problèmes posés par ces comportements agressifs s'inscrivent parmi les plus préoccupants de notre société. Il convient cependant de rappeler que ces problèmes d'actualité ne sont pas particulièrement récents. La Bible se réfère déjà à un acte fratricide qui se situerait à l'aube de l'ère humaine. Plus près de nous, Thomas Hobbes définit la situation en termes lapidaires : *Homo homini lupus est*. A une réunion récente suscitée par le Gouvernement pour débattre de la violence, de la criminalité et de la délinquance, une attention particulière a été prêtée aux aspects psychologiques et biologiques de la violence. Un soutien prioritaire a été recommandé aux recherches médico-psychologiques fondées sur l'association pluridisciplinaire à pu être mise en œuvre au centre de neurochimie du CNRS de Strasbourg, tel qu'il fonctionne actuellement, et sera renforcée quand ce centre entrera dans le bâtiment en construction, grâce à une coopération de chimistes organiciens, théoriciens et de spécialistes des synthèses d'agents pharmacologiques.

L'acquisition d'une connaissance satisfaisante des conduites agressives est une tâche très difficile, voire plus ardue que l'atterrissage sur la lune ou la détection d'une vie sur la planète Mars. Mais c'est peut-être aussi un problème plus important. Il s'inscrit dans le cadre général des recherches sur les mécanismes moléculaires qui sous-tendent le comportement animal, y compris le comportement humain. Pour des raisons évidentes, on ne peut envisager l'analyse directe des mécanismes qui commandent ces comportements dans le cerveau humain. Il faut choisir une expérimentation animale adéquate. Il y a cependant de bonnes raisons d'espérer que certains enseignements tirés d'une telle expérimentation ouvriront la voie vers une compréhension de ce qui se passe chez l'homme, sans traumatisme et conformément aux règles éthiques de la recherche.

Pour explorer les phénomènes qui interviennent dans les conduites agressives, trois modèles expérimentaux ont été retenus au centre de neurochimie du CNRS à Strasbourg :

- le comportement d'agression interspécifique de rats envers des souris ;
- un type d'agressivité intraspécifique

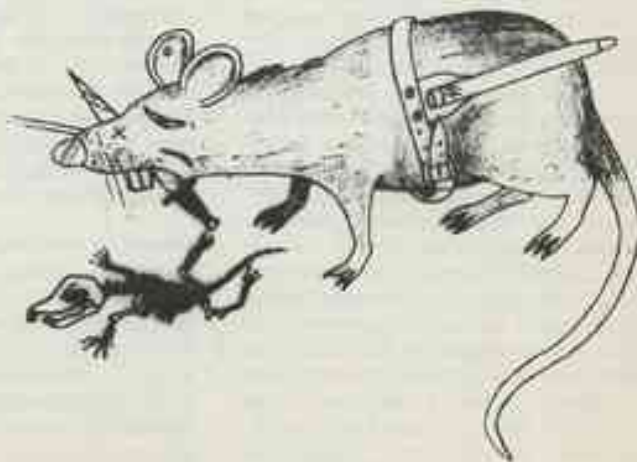
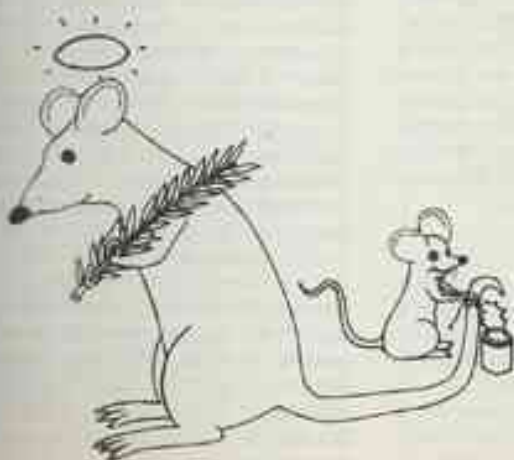
de souris femelles envers des souris lactantes ;

- un type d'agressivité intraspécifique de petits mammifères, qui intervient après un isolement prolongé des animaux.

Dans cet article seront rapportés seulement les résultats concernant le premier modèle expérimental. Nous rappellerons d'abord les données neurophysiologiques qui nous ont guidé dans le choix des voies d'approche biochimiques et pharmacologiques et dans l'analyse des mécanismes moléculaires.

Rappel neuropsychophysiologique

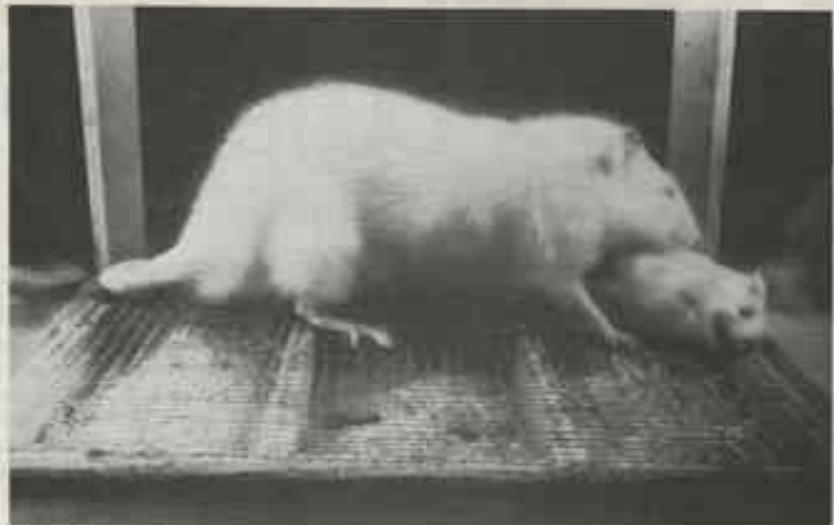
En 1956, P. Karli (1), qui dirige le département de neurophysiologie du centre de neurochimie, décrit le comportement d'agression de certains rats envers les souris, désigné couramment par le terme de « comportement tueur ». Selon les souches, un nombre plus ou moins élevé de rats de laboratoire attaque et tue dans un délai plus ou moins bref toute souris introduite dans leur cage, et ceci avec une faible réaction émotionnelle. Il en est ainsi pour la souche « Wistar » pour laquelle on compte environ 20 % de tueurs



parmi les mâles et pour la souche de rats « Norvégiens », parmi laquelle 30 % sont des tueurs, alors que dans la souche « Auguste », on en trouve seulement 5 %. La séquence comportementale « tueur » est parfaitement constante, du moins à l'âge adulte et dans des conditions d'environnement bien définies. Un rat tueur présente ce comportement de façon spontanée sans jamais avoir été en contact avec d'autres rats tueurs et inversement, un rat non tueur le demeure, même s'il vit en contact avec des rats tueurs. Ce comportement d'agression peut être induit, facilité ou inhibé par des stimulations, par des lésions au niveau de certaines régions du système nerveux central et par des agents pharmacologiques, mais aussi par des effets de l'environnement.

Parmi les lésions cérébrales susceptibles de faciliter le comportement muricide, il faut mentionner tout d'abord l'ablation bilatérale des bulbes olfactifs, ou plus généralement une désafférentation des connexions partant du bulbe olfactif. Un nombre important de rats non tueurs est transformé dans ces conditions en rats tueurs (60 %). Ceci a suggéré l'hypothèse que des afférences partant du bulbe olfactif exercent directement ou indirectement des effets inhibiteurs sur certaines structures qui interviennent dans la conduite d'agression. Il a été vérifié que ce n'est pas simplement la suppression sensorielle de l'olfaction qui en est la cause. De plus, et cela est un fait important, pour que la bulbectomie soit suivie par l'établissement de la conduite agressive, il faut que le rat soit isolé pendant un certain temps après la lésion. Si les animaux opérés sont maintenus dans un environnement « social » avec d'autres rats, il ne deviennent pas des tueurs.

Des lésions du septum, une structure située en profondeur au niveau de la portion la plus caudale de la face inter-hémisphérique du lobe frontal, provoquent une exagération des réactions émotionnelles, qui facilite l'établissement d'un comportement muricide. Rappelons que le septum est un centre de relais important, ayant des liaisons privilégiées avec certaines zones du système nerveux, l'hippocampe, le complexe amygdalien, des structures olfactives préoptico-hypothalamiques et épithalamiques. Il participe, de ce fait, à la mise en œuvre et à la régulation des fonctions végétatives, des processus de motivation et de cer-



tains comportements fondamentaux. Des lésions électrolytiques du noyau dorsal et médian du raphé, lieu de synthèse de la sérotonine, sont également susceptibles d'induire un comportement muricide chez le rat. Une facilitation du comportement d'agression est aussi obtenue par des lésions de certaines zones de l'hypothalamus ou de la substance grise centrale du mésencéphale. Enfin, le comportement agressif peut être provoqué par une stimulation électrique de l'hypothalamus latéral. À l'opposé, une destruction bilatérale par électrolyse d'une autre zone du cerveau, celle des noyaux amygdaliens, ou des lésions bilatérales de l'hypothalamus latéral, entraînent chez le rat adulte une abolition du comportement agressif rat-souris. Il apparaît cependant à la lumière de nombreux documents que parmi les différentes structures mises en cause dans le déclenchement ou freinage du comportement agressif, l'amygdale et le bulbe olfactif jouent un rôle essentiel. Par ces afférences venant du bulbe olfactif et ses afférences vers l'hypothalamus et le mésencéphale, l'amygdale intervient à la manière d'une plaque tournante dans les mécanismes de la conduite agressive interspécifique rat-souris (2).

Aspects moléculaires

L'effet de nombreux agents pharmacologiques a été testé sur ce modèle de conduite agressive qui représente le comportement muricide. Un apport supplémentaire de 5-hydroxytryptophane, précurseur de la sérotonine, exerce un effet inhibiteur, alors que la p-chlorophénylalanine, qui bloque la synthèse de sérotonine par

inhibition de l'enzyme-clé, la 5-hydroxytryptophane décarboxylase, facilite le déclenchement d'une conduite d'agression (3). À l'opposé, un effet inhibiteur de la conduite agressive a été observé sous l'effet d'anti-dépresseurs ou d'antihistaminiques variés (4). Il faut cependant reconnaître que malgré l'accumulation d'un grand nombre d'observations ou de données expérimentales, des preuves directes concernant les blocs chimiques et pharmacologiques d'un mécanisme moléculaire impliqué dans la conduite muricide, sa facilitation ou son inhibition, faisaient défaut.

Une indication précieuse de l'intervention d'un contexte moléculaire dans un comportement est la mise en évidence d'un déterminisme génétique (5). On ne saurait plus douter qu'à l'exception des virus à RNA, ce déterminisme est lié à l'acide désoxyribonucléique des noyaux cellulaires et son expression, donc à un mécanisme moléculaire. Les différences considérables entre la fréquence de rats muricides dans diverses souches consanguines maintenues dans des conditions d'environnement semblables sont évidemment en faveur de l'intervention de facteurs génétiques. Récemment, procédant à des croisements entre rats « tueurs » au sein de l'élevage du centre de neurochimie, un accroissement notable du pourcentage de muricides a été constaté, particulièrement significatif chez les femelles parmi lesquelles en trois croisements successifs, la proportion de « tueurs » est passée de 2,5 à 31 %. Ainsi, sans ignorer le rôle de modulation très important de l'environnement qui induit sans doute également un ensemble

d'événements moléculaires, il faut retenir l'importance des facteurs génétiques qui s'expriment en termes moléculaires. Il s'agit là d'indications précieuses, mais les mécanismes impliqués restent ignorés. Pour les clarifier, nous avons abordé une étude conjointe biochimique et pharmacologique.

Partant des observations concernant le rôle essentiel joué dans la conduite agressive :

- par le bulbe olfactif dont la suppression conduit dans une proportion considérable à un comportement tueur,
- par l'amygdale, dont la destruction bloque la conduite d'agression, nous

avons cherché au niveau de ces régions du cerveau, un mécanisme moléculaire majeur susceptible de réguler ou de moduler la conduite muricide.

L'hypothèse de base ou de départ était une notion biologique d'une porte générale : les mécanismes biologiques fondamentaux, tels la transcription du code génétique, le contrôle des activités enzymatiques, le contrôle des sécrétions de certaines glandes endocrines, sont régulés par un mécanisme d'inhibition. Il fallait chercher à identifier un tel mécanisme dans la conduite d'agression. Nous nous sommes basés sur les données neurophysiologiques qui ont conduit à l'hypothèse que les bulbes olfactifs, dont partent des afférences vers l'amygdale, exercent un effet inhibiteur sur la fonction facilitatrice de celle-ci. Nous nous sommes demandés si les neurotransmetteurs présumés inhibiteurs intervenaient dans ce phénomène (5). En fait, il est apparu que le taux de l'acide γ -aminobutyrique, appelé par abréviation GABA, neurotransmetteur inhibiteur, est réduit dans les bulbes olfactifs d'animaux tueurs. Pour des raisons évidentes, on a également exploré le métabolisme d'autres neurotransmetteurs : acétylcholine, noradrénaline et sérotonine et des enzymes qui les synthétisent et les dégradent au niveau d'autres sites impliqués dans la conduite d'agression. Une observation particulièrement importante a été faite au niveau du deuxième site important dans la conduite agressive : l'amygdale. Il s'est avéré que l'activité de la choline acétyltransférase, enzyme qui synthétise l'acétylcholine, est plus élevée dans l'amygdale des tueurs spontanés, alors que le renouvellement de la sérotonine est plutôt ralenti. De plus, il est apparu que si après l'ablation du bulbe olfactif, un rat devient tueur,

Fig. 1 - Présentation graphique de l'expérience d'injection du neurotransmetteur inhibiteur, l'acide γ -aminobutyrique (GABA) dans les bulbes olfactifs du rat tueur. Cette injection provoque une disparition du comportement tueur qui dure une demi-heure, après quoi les rats recommencent à tuer les souris mises dans leur cage. L'injection d'une solution saline est sans effet.

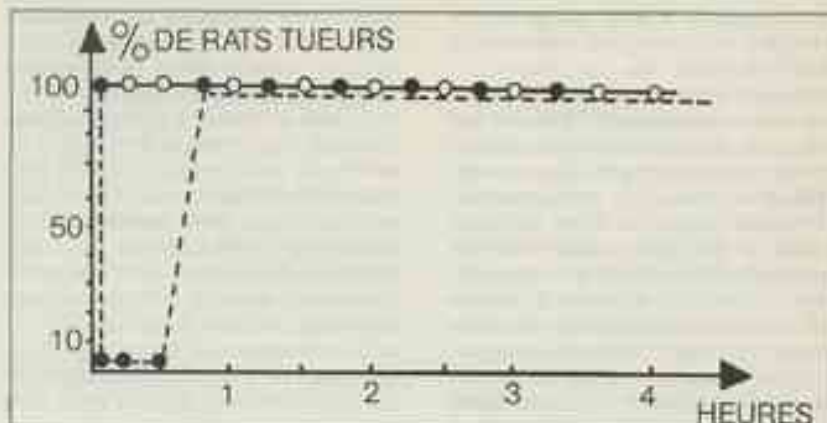
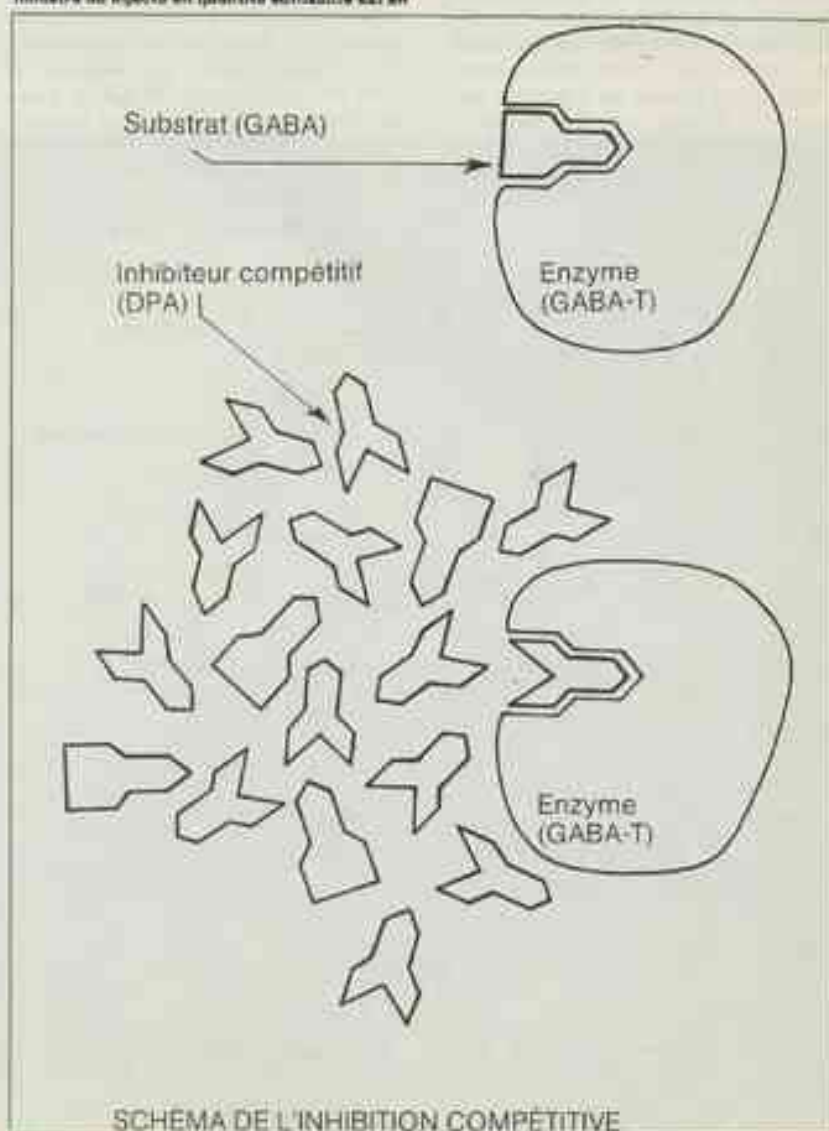


Fig. 2 - Présentation schématisée du mode d'action d'analogues structuraux. L'analogue structural ressemble au substrat et se place dans l'enzyme au niveau du site actif exactement comme celui-ci. L'analogue structural administré ou injecté en quantité suffisante est en

L'action du GABA est de brève durée, car il existe dans les bulbes olfactifs un enzyme qui le dégrade rapidement.

● animaux ayant reçu une injection intrabulbaire de GABA.
○ animaux ayant reçu une injection intrabulbaire de NaCl 7.

compétition pour ce site actif avec le substrat naturel et, comme il est plus abondant, il occupe ce site. Dans ces conditions, l'enzyme est passivement inactivé et le substrat n'est pas dégradé.



l'activité de la choline acétyltransférase dans son amygdale s'élève et le renouvellement de la sérotonine s'abaisse pour atteindre les niveaux des tueurs spontanés. Devant ces faits, une stratégie claire s'imposait : chercher à combler la déficience en inhibiteur au niveau du bulbe olfactif ; on devrait aussi abolir la conduite agressive, si l'interprétation donnée aux observations faites au niveau du bulbe olfactif, est en cause. Il convenait également de rechercher si, parallèlement à l'arrêt de la conduite agressive, on observe un retour de la choline acétyltransférase au niveau d'animaux non tueurs. C'est ainsi qu'on a procédé à un certain nombre d'essais de pharmacologie moléculaire. Il est apparu qu'après injection de 100 µg de GABA dans le bulbe olfactif, le rat cesse immédiatement de tuer (fig. 1). Mais l'effet ne dure que trente minutes. Vérification faite, nous avons trouvé que l'activité de l'enzyme qui dégrade le GABA, la GABA transami-

nase est extrêmement élevée dans le bulbe olfactif. Nous avons donc cherché à accroître le GABA dans le bulbe olfactif par un autre moyen. Nous avons montré il y a une dizaine d'années avec J. Mark et Y. Godin et confirmé récemment avec L. Ciecielski, M. Maitre et S. Simier que certains acides gras branchés parmi lesquels le dipropylacétate, sont des analogues structuraux du GABA et se comportent comme inhibiteurs compétitifs de la GABA transaminase, enzyme qui dégrade le GABA (fig. 2). La réduction de la dégradation du GABA par ces composés dans le tissu nerveux provoque évidemment l'accumulation de ce neurotransmetteur et potentialise un effet inhibiteur. On a de ce fait injecté du dipropylacétate dans les bulbes olfactifs et constaté qu'après un temps de latence de trente minutes, c'est-à-dire le délai nécessaire pour l'accumulation de GABA à la suite de l'inhibition de la GABA transaminase, les rats cessent de tuer les

souris que l'on met dans leur cage. Une étude parallèle de l'inhibition de la conduite agressive et de l'évolution du GABA dans le bulbe olfactif a permis de vérifier que la conduite d'agression était bloquée pendant le temps d'élévation du GABA et son retour à une valeur normale (fig. 3). La conduite agressive reprend quand le taux de GABA revient aux valeurs faibles retrouvées dans le bulbe olfactif à la suite de l'élimination du dipropylacétate qui, comme la plupart des drogues, au bout d'un certain temps quitte les tissus. Bénéficiant du fait que le dipropylacétate comme d'autres acides gras traversent la barrière hémoméningée et manifestent leur effet dans le cerveau et en particulier dans le bulbe olfactif, nous avons injecté le dipropylacétate par voie intrapéritonéale. Les résultats répondirent aux prévisions. On a observé l'inhibition de la conduite d'agression, dont l'intensité était proportionnelle à la dose injectée. On a évidemment vérifié qu'aux doses efficaces, le dipropylacétate n'exerce pas d'effet sédatif. L'hypothèse de travail étant que l'inhibition de la conduite meurtrière a pour point de départ le bulbe olfactif, il convenait de se demander si le dipropylacétate administré par voie générale, garde son efficacité après bulbectomie. En fait, l'injection intrapéritonéale du dipropylacétate à des tueurs privés du bulbe olfactif s'est avérée sans effet. Ceci indique clairement que l'action du dipropylacétate doit passer par la voie du bulbe olfactif.

Nous disposons de plusieurs acides gras branchés, analogues structuraux du GABA, grâce au concours d'une équipe d'organiciens de Grenoble dirigée par M. A. Boucherle. Tous ces composés inhibent à des degrés va-

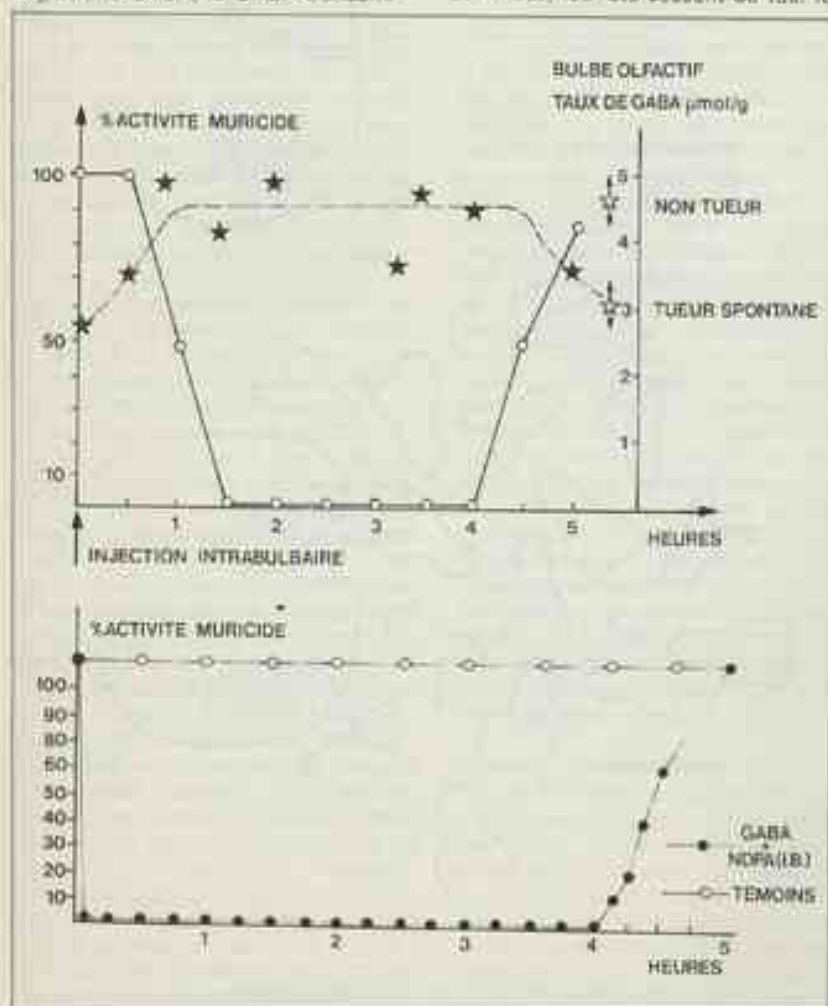


Fig. 3 - En haut : présentation graphique de l'effet d'une injection d'un analogue structural : le dipropylacétate dans les bulbes olfactifs. Après une demi-heure de temps de latence, les rats cessent de tuer les souris qu'on met dans leur cage et ne tuent pas de 1 h 30 à 4 h après l'injection. Au bout de ce temps, ils recommencent à tuer. Le trait discontinu montre l'évolution pendant cette période de concentration du neurotransmetteur inhibiteur : le GABA, dans les bulbes olfactifs. On note que portant d'un taux réduit, la valeur du GABA des bulbes olfactifs monte jusqu'à une valeur sensiblement normale qui se maintient pendant le temps que le rat ne manifeste pas de conduite agressive. Ensuite, parallèlement à la baisse du taux de GABA, la conduite agressive reprend. En bas : représentation graphique de l'effet d'une injection du neurotransmetteur : le GABA (100 µg) avec un inhibiteur de sa dégradation : le dipropylacétate. Le comportement tueur s'arrête immédiatement et cet effet est maintenu pendant 4 heures. La reprise de la conduite agressive est due à la diffusion des substances en dehors du bulbe olfactif.

riés, la GABA transaminase et ceci en fonction de leur affinité pour l'enzyme. On a donc injecté des acides gras à des animaux tueurs, et constaté que tous inhibaient l'activité muricide : l'efficacité de ces divers composés était proportionnelle à leur affinité pour la GABA transaminase, c'est-à-dire en fait à leur pouvoir de bloquer l'activité de l'enzyme qui métabolise le GABA et favorise l'accumulation du neurotransmetteur inhibiteur. Il en ressort un événement d'une grande portée : une relation directe entre la structure d'une molécule et son aptitude d'agir sur une séquence précise d'un phénomène comportemental complexe, telle la conduite agressive, a été établie. D'autres expériences ont encore été réalisées pour s'assurer du rôle de la déficience en GABA du bulbe olfactif dans la conduite d'agression. C'est

ainsi qu'on a injecté dans les bulbes olfactifs, des composés, telle la bicuculline, ou la picrotoxine, qui se fixent sur le récepteur du GABA, rendant ainsi son action impossible. Il s'en est suivi l'apparition d'une conduite muricide chez un grand nombre d'animaux. On pourrait se demander pourquoi dans ce cas, comme dans le cas de l'ablation du bulbe olfactif, le résultat attendu n'est pas de 100 %. L'explication la plus vraisemblable, dans le cas d'ablation des bulbes olfactifs (par aspiration), est soit la persistance d'un fragment postérieur du bulbe olfactif, soit l'existence de mécanismes compensateurs dus à la plasticité du cerveau de compenser dans certaines conditions les lésions. En ce qui concerne l'effet de la bicuculline ou de la picrotoxine, compte tenu de leur très grande toxicité, on est astreint à choisir des doses relativement faibles pour

s'éloigner de la dose toxique, voire mortelle, qui varie selon les individus.

De plus, la diffusion de ces antagonistes du GABA jusqu'au site récepteur pouvait être insuffisante. Aussi peut-on conclure de l'ensemble des résultats qu'une déficience de l'action du GABA soit à cause de sa réduction d'origine encore mal définie, soit à cause d'un blocage des récepteurs, soit par suite de la suppression radicale du bulbe olfactif, crée une facilitation des conduites agressives. Celles-ci peuvent être bloquées si l'on compense le déficit de GABA du bulbe olfactif, ou si l'on agit directement sur le relais facilitateur de l'amygdale.

Parmi les problèmes urgents qui restent à résoudre, citons celui du site cellulaire, voire synaptique, au niveau duquel le GABA du bulbe olfactif

Comportement muricide d'un rat « Wistar » femelle.



exerce son action. A cet égard rappellent les travaux électrophysiologiques de McLennan (5) et de Nicoll (6) qui ont montré que le GABA agit bien comme neurotransmetteur inhibiteur au niveau du bulbe olfactif.

Un aspect particulièrement intéressant de l'effet compensateur du GABA chez les animaux tueurs est celui fourni par l'étude des effets de l'augmentation du GABA à la suite d'injection de dipropylacétate sur la choline acétyltransférase de l'amygdale. Nous avons indiqué plus haut que chez les animaux tueurs, l'activité de la choline acétyltransférase est plus élevée que chez les animaux non tueurs. Nous avons constaté que quand l'élévation du taux de GABA bloque la conduite muricide, l'activité choline acétyltransférase de l'amygdale diminue pour atteindre les valeurs d'animaux non tueurs. De même, le métabolisme de la sérotonine de l'amygdale abaissé chez le « tueur » s'élève.

On se pose évidemment le problème de savoir dans quelle mesure l'expérimentation animale peut nous être utile pour connaître et infléchir l'agressivité chez l'homme. On ne saurait oublier que le comportement social humain diffère profondément du comportement animal, du fait des vastes moyens dont dispose l'organisme pour exprimer ses motivations et de l'existence de ce qu'on peut désigner comme système des valeurs humaines. Aussi la réponse à la question : dans quelle mesure les données exposées s'appliquent-elles à l'homme, doit être faite avec prudence. On en est soit à l'expression de convictions dans un sens positif ou négatif, soit à la formulation d'une hypothèse de travail en faveur de l'une des alternatives, suivie d'une vérification expérimentale : cela serait, à notre avis, l'attitude à adopter. Il n'en reste pas moins qu'avec le progrès de nos connaissances, un nombre croissant de processus neurophysiologiques et comportementaux paraît contrôlé par les mêmes mécanismes chez l'homme et chez d'autres mammifères.

Ainsi, le système limbique semble jouer un rôle semblable dans le contrôle nerveux des réactions émotionnelles et des conduites sociales chez l'homme et chez l'animal. Chez les deux également, les lésions de l'amygdale perturbent profondément les adaptations socio-psychologiques et atténuent l'agressivité.

Les médecins connaissent les cas

heureusement rares d'épileptiques violents. Nous n'avons pas connaissance de traitement de tels cas par le dipropylacétate ou d'autres acides gras branchés dont il était question plus haut. Nous savons cependant qu'une amélioration considérable du comportement social, et en particulier la réduction d'une certaine agressivité, a été obtenue chez des enfants épileptiques avec le dipropylacétate et qu'il n'en était pas de même avec d'autres drogues antiépileptiques.

Conclusions

Nous nous sommes attachés à l'analyse d'une séquence d'événements moléculaires qui sous-tendent la conduite muricide. Les résultats enregistrés ont conduit à des prévisions qui ont été confirmées par les effets d'agents pharmacologiques agissant sur des mécanismes neurochimiques précis. Un contrôle, voire la suppression, de la conduite d'agression, en renforçant des mécanismes inhibiteurs déficients chez le rat tueur, a pu être obtenu. Il est évident que nous ne saurions ignorer l'effet de l'environnement social sur la conduite muricide. C'est ainsi que l'habituation à la présence d'une souris dans la cage prévient l'apparition de la conduite muricide. Rappelons également la nécessité de l'isolement après l'ablation des bulbes olfactifs pour que la conduite agressive se manifeste. Mais on ne saurait ignorer que l'isolement, c'est-à-dire la soustraction aux stimuli venant de la présence d'autres animaux, produit des altérations biochimiques au niveau du métabolisme de la sérotonine, semblables à celles provoquées par des drogues ou des lésions anatomiques qui facilitent la conduite d'agression rat-souris. D'autres conditions d'environnement psychosocial conduisent à d'autres séquences moléculaires qui facilitent ou freinent le comportement agresseur.

Reste à examiner le problème de savoir si l'analyse faite, et non pas la réponse pharmacologique, est applicable ou transposable à l'homme, et utilisable dans les choix à faire face au comportement agressif humain. L'unité ou la similarité des mécanismes biologiques et neurophysiologiques fondamentaux nous incline à répondre d'une façon positive, du moins en première approximation. Il s'agit sans doute d'un niveau de complexité plus élevé, mais il serait surprenant que l'expérimentation animale ne nous ouvre pas le chemin vers des so-

lutions valables dans le domaine du comportement humain qui nous préoccupe.

Paul MANDEL

Directeur du centre de neurochimie de Strasbourg

ADDENDUM

Le travail exposé dans cet article est l'œuvre des chercheurs du centre de neurochimie du CNRS, engagés directement dans les études sur les bases moléculaires des conduites agressives : M. G. Macc, Mmes A. Elst, E. Kampf, G. Simler et M. G. Ayot, et de ceux engagés dans l'étude des acides gras branchés : MM. L. Ciesielski, M. Maitre, J. Mark et C. Cast. Il a pu être réalisé grâce aux acquisitions sur les bases neurophysiologiques de la conduite muricide apportées par M. P. Kari et ses collaborateurs du département de neurophysiologie : Mmes M. Vergnes et F. Ezlanche. Il a bénéficié du concours de nos collègues grenoblois qui ont synthétisé un certain nombre d'acides gras branchés et étudié leur propriétés physico-chimiques et physiques : MM. A. Boucherie, G. Taillandier et Mmes C. Cohen-Addad et M. Benoit-Guyod. Nous avons exposé ici seulement les résultats ayant trait à un des trois modèles de conduite agressive que nous étudions. Les résultats concernant les deux autres modèles seront rapportés ultérieurement.

BIBLIOGRAPHIE

1. - F. Kari - 1956 The Norway rat's killing response to the white mouse : an experimental analysis. *Behaviour* 10 : 81-103.
2. - F. Kari, M. Vergnes et F. Dillingergeron - 1965 Rat mouse interspecific aggressive behaviour and its modification by brain ablation and brain stimulation. In : *Aggressive behaviour* - Eds. S. Garattini et E.E. Sigg, excerpta medica, Amsterdam, pp. 47-55.
3. - J.A. Harvey - 1974, Physiological and pharmacological analysis of behavior. In : *The neurophysiology of aggression* - Ed. S. Whalen (advances in behavioral biology, vol. 12). Plenum press, New York, pp. 125-147.
4. - S. Garattini, S. et E.E. Sigg, Editeurs - 1965, *Aggressive behaviour*, excerpta medica, Amsterdam.
5. - P. Mandel, G. Macc, E. Kampf, A. Elst et E. Simler - 1977, Molecular aspects of a model of aggressive behaviour : neurotransmitter interactions. In : *Interactions between putative neurotransmitters in the brain* - Ed. S. Garattini, Raven Press, New York, 7.
6. - H. McLennan - 1971, The pharmacology of inhibition of neural cells in the olfactory bulb. *Brain Res.* 28 : 177-184.
7. - R.A. Nicoll - 1971, Pharmacological evidence for GABA as the transmitter of granule cell inhibition in the olfactory bulb. *Brain Res.* 25 : 137-148.

A LA DECOUVERTE

LE LABORATOIRE DES PLANTES MEDICINALES A NOUMEA

La chimie végétale connaît, depuis plusieurs années, un regain d'intérêt. Ceci est dû, en particulier, à la découverte de nouvelles molécules biologiquement actives*, éventuellement utilisables en thérapeutiques; d'autre part, la détermination des structures de certaines molécules complexes peut aider à la classification chimiotaxonomique des organismes vivants. Cette recherche, qui doit être menée dans toutes les parties du monde, suppose une action interdisciplinaire où se côtoient botanistes, chimistes, zoologistes, ethnologues, pharmacologues et chimistes.

L'ORSTOM (Office de la recherche scientifique et technique Outre-Mer) réalise déjà, depuis plusieurs années, un tel travail dans certains territoires d'Outre-Mer. Différentes missions ont également été organisées par le CNRS, en Asie du Sud-Est, Océanie, Afrique, Amérique du Sud, Antilles. Pour rendre ce type de recherche plus efficace, il est nécessaire de disposer localement d'antennes ou un minimum de moyens logistiques est rassemblé. Certaines de ces installations, dépendant par exemple de l'ORSTOM, ont existé ou existent encore. C'est avec ce même souci que le « Laboratoire des plantes médicinales du CNRS » fut créé en 1972 à Nouméa (Nouvelle-Calédonie).

Fonctionnant grâce à l'aide du CTFT (Centre technique forestier tropical), de l'ORSTOM et du Territoire (Chambre d'agriculture), ce laboratoire a permis de développer dans des conditions satisfaisantes, l'étude phytochimique et ethnopharmacologique de la flore de Nouvelle-Calédonie.

D'autre part, une vaste opération d'étude pharmacologique et chimique des substances naturelles d'origine marine, baptisée « Opération SNOU » (substances naturelles d'origine marin) a été lancée en 1976, conjointement avec l'ORSTOM et des laboratoires de pharmacologie du secteur privé (Rhône-Poulenc).

Ainsi la France, aidée par le territoire de Nouvelle-Calédonie, a-t-elle effectué un gros effort dans le Pacifique Sud pour parvenir à une meilleure connaissance chimique et pharmacologique des substances naturelles des règnes animal et végétal.

Historique des premières recherches phytochimiques

La flore de Nouvelle-Calédonie (territoire français d'Outre-Mer, situé au large de l'Australie, à 20 000 km de la France) est connue depuis longtemps puisque, dès 1774, les Forster père et fils, botanistes officiels de l'expédition Cook, récoltaient à Balade (Côte Nord-Est) les premiers échantillons d'herbier de la « Grande Terre ».

Depuis ce temps, de nombreux botanistes : Labillardière, Montrouzier, Ba-

lansa, et actuellement MM. Mc Kee (CNRS), Corbasson (CTFT), Schmid, Veillon et Morat (ORSTOM) ont soigneusement prospecté la végétation de l'île et des archipels voisins (Loyautés, Nouvelles-Hébrides...). Les importantes collections ainsi rassemblées, montrent l'intérêt de cette flore, dû tant à son endémisme (80 %) qu'à sa diversité : cette richesse est en grande partie reliée à l'histoire géologique mais aussi à la nature très particulière des terrains péridotiques de l'île d'où l'on extrait le nickel).

D'autre part, les données ethnologiques qui avaient pu être recueillies montraient une connaissance ancestrale des vertus curatives des plantes par les tribus autochtones de la Nouvelle-Calédonie.

Toutes ces données conduisirent les chimistes à s'intéresser à la flore de l'île, et, en 1964, à l'instigation du Professeur R. Heim, un colloque organisé par le CNRS eut lieu dans les locaux de la commission du Pacifique-Sud à Nouméa : « phytochimie et plantes médicinales des terres du Pacifique ». Des représentants de nombreux territoires du Pacifique, ainsi que des chercheurs français et étrangers, purent se rencontrer.

Il apparut hautement souhaitable, à cette occasion, que la France participe à la mise en valeur de la flore calédonienne.

Les premières recherches phytochim-

* A la prospectation des plantes médicinales : Comptes rendus du CNRS n° 14, p. 13 (1974).

ques furent tout d'abord effectuées par l'ORSTOM (A. Nethis - 1965-1967).

En 1968, une première mission CNRS fut organisée. En effet, la présence à la fois d'un centre ORSTOM doté d'une puissante infrastructure et d'un botaniste expérimenté (M. H.S. Mc Kean, maître de recherche au CNRS) permettait d'envisager cette action sous les meilleurs auspices. L'un de nous partit alors comme volontaire de l'aide technique pendant quatorze mois. Grâce à l'aide d'organismes locaux (service des eaux et forêts, CTFT, ORSTOM) près de cent-cinquante plantes furent récoltées. Les études chimiques et pharmacologiques de certaines d'entre-elles confirmèrent l'intérêt remarquable de cette flore et l'efficacité de la recherche entreprise. Une deuxième mission (J.P. Jeannon) permit, en 1970, d'approfondir et d'élargir ces premières recherches. L'importance indiscutable des premiers résultats obtenus conduisit à reconnaître la nécessité d'établir une antenne permanente de « dépistage chimique » à Nouméa.

L'étude des plantes médicinales en Nouvelle-Calédonie

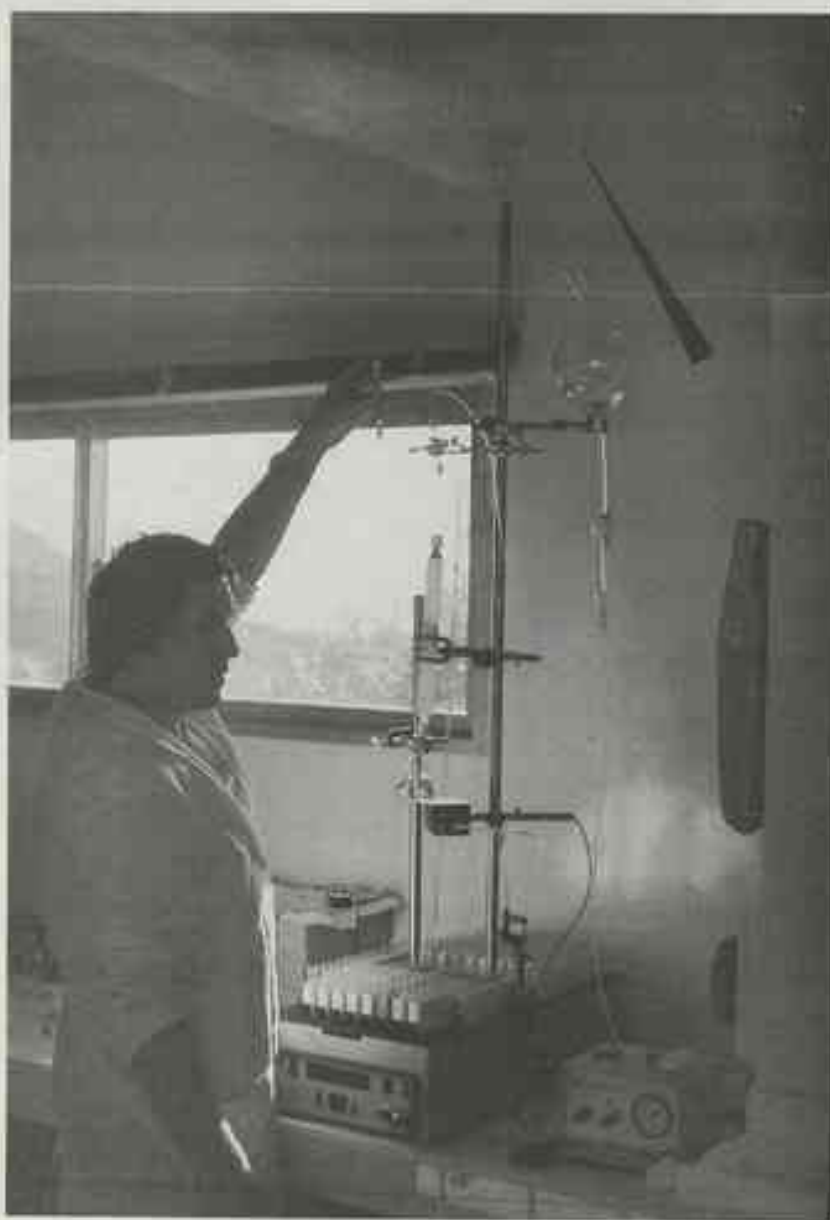
Le point de départ de cette étude peut se concevoir de deux façons différentes mais complémentaires : prospection phytochimique systématique et prospection ethnopharmacologique.

Prospection phytochimique

La flore de Nouvelle-Calédonie est maintenant relativement bien connue. D'autre part, dans les meilleurs cas, les phytochimistes savent, par expérience, que telle ou telle famille botanique doit en principe contenir tel type chimique de composé (alcaloïdes, hétéroïdes, flavones...) susceptible de posséder une action pharmacologique.

La prospection consiste donc à collecter les plantes sélectionnées en fonction de leur appartenance botanique. Puis des tests relativement simples effectués au laboratoire, sur place, permettent de « dépister » les substances recherchées. En fonction du résultat des tests préliminaires, les différentes parties de la plante (feuilles, écorces de tronc, écorces de racine, bois, fruits...) sont récoltées, séchées et broyées.

Une partie du matériel végétal sert à la préparation d'extraits lyophilisés qui sont expédiés en France pour être soumis aux évaluations pharmacologiques dans les laboratoires ayant sous-



La chromatographie sous moyenne pression.

ont un contrat de recherche ANVAR-CNRS.

L'autre partie du matériel est extraite par les solvants (agitation, percolation...). Les extraits sont ensuite soumis aux séparations chromatographiques et les produits purs expédiés en France aux fins de détermination de structure. Ainsi, en juillet 1977, treize alcaloïdes purs ont été isolés des feuilles et des écorces d'une Protéacée endémique de la Nouvelle-Calédonie.

Prospection ethnopharmacologique

Moins bien définie, elle consiste à recueillir des informations en milieu au-

tochtone. En Nouvelle-Calédonie, il faut souligner l'aide importante fournie dans ce domaine par deux chercheurs du CNRS appartenant à l'équipe du professeur Haudricourt : MM. Rivière et Bensa (RCP n° 59). D'autre part, une collaboration active a été établie avec Mme Bourret (ORSTOM).

En Nouvelle-Calédonie, à la différence de la plupart des autres îles du Pacifique, il n'existe pas de véritable « guérisseur ». Mais, chaque clan (cellule familiale élargie, composante de la tribu) possède le secret de quelques plantes susceptibles de guérir quel-

ques maladies. Lorsque quelqu'un est malade, il va consulter un « voyant » qui diagnostique la maladie, indique le clan auquel le patient doit s'adresser pour obtenir le remède à son mal. Pour l'autochtone de la Grande Terre, la maladie, en tant que désordre organique ou attaque infectieuse, n'existe pas ; pour en être arrivé là, le malade a dû commettre un acte répréhensible aux yeux d'un autre clan, qui l'a alors « puni » en lui envoyant le mal. Bien sûr, il se mêle là une part importante de « magie », mais, nous-mêmes, ne méfions-nous pas souvent beaucoup de superstitions à nos « médecines » ? En dehors de plantes banales, souvent introduites, des plantes « fortifiantes », antalgiques et autres, le Mélanésien possède, depuis longtemps, les « secrets » des plantes. Lorsqu'à la suite de ces enquêtes, des informations intéressantes peuvent être obtenues, un extrait lyophilisé total de la plante sélectionnée est préparé et soumis aux essais pharmacologiques dans les mêmes conditions que précédemment. L'équipement complet en matériel de laboratoire ainsi que l'affectation au laboratoire de deux nouveaux chercheurs CNRS et d'une technicienne, depuis quelques mois, ont permis de développer considérablement ces recherches.

Le laboratoire des plantes médicinales de Nouméa a pu réussir ces recherches grâce à la collaboration étroite de divers organismes (CTET, chambre d'agriculture, commission du Pacifique Sud, ORSTOM...) et l'appui bienveillant des autorités territoriales (haut-commissaire, secrétaire général, assemblée territoriale) avec lesquelles le CNRS est engagé contractuellement.

Enfin, depuis deux ans, à la suite de plusieurs missions en Australie, une collaboration active entre chimistes australiens et français est amorcée afin de compléter les études des uns et des autres, les flores de l'Australie et de Nouvelle-Calédonie présentant de grandes similitudes. Plusieurs chercheurs australiens ont été accueillis à Gil-sur-Yvette, pris en charge par le Gouvernement français.

Environ deux mille cinq cents tests de dosage chimique ont déjà été effectués sur les différentes plantes récoltées.

Plus de deux-cent cinquante plantes de Nouvelle-Calédonie ou des Nouvelles-Hébrides ont été expédiées en France. Plusieurs équipes de recherche, tant universitaires que de-



Une enquête chez un chef coutumier (M. Née Gallet) à Tegapais (Nord-Est de la Calédonie).



Incorporation in situ d'un précurseur marqué à de jeunes plants d'*Ochrosia sylvatica* pour l'étude de la biogénèse de l'elliptisine.

pendant du CNRS, procèdent à l'étude de ces plantes. Quelques chercheurs étrangers participent également à cette étude (Australie). Cinquante-cinq publications scientifiques, dix thèses d'université, de 3ème cycle ou d'Etat, sept conférences en congrès internationaux (Tahiti 1973, Dunedin 1976, Richmond 1977), attestent de l'effort entrepris.

A côté de ces études chimiques, un travail de révision botanique systématique est effectué en collaboration

avec le Muséum national d'histoire naturelle de Paris (Prof. Leroy ; P. Boiteau, L. Allorge).

Depuis l'installation, en 1973, d'un lyophilisateur au laboratoire, quelque deux cent cinquante extraits ont été envoyés en France aux fins d'analyse pharmacologique. Ces essais comprennent, le plus souvent mais pas exclusivement et sauf indications particulières recueillies sur le terrain, la recherche de l'activité cytostatique antibiotique, de l'action sur le système



Un Aplysiidae : ondre de costantaria (Octocorallaires) à huit tentacules, comprenant notamment l'œsophage et le cœur.

cardio-vasculaire et sur le système nerveux central. Ces analyses sont longues et on doit attendre encore un peu pour dresser un bilan des premiers résultats obtenus. Néanmoins, sur une trentaine d'extraits lyophilisés analysés, l'un a révélé une action anti-inflammatoire, trois une activité cytostatique, et plusieurs autres une activité intéressante sur la circulation périphérique. Il faut noter que le criblage pharmacologique des plantes de Nouvelle-Calédonie a été rendu possible grâce à l'appui important de laboratoires de recherche du secteur privé (Rhône-Poulenc, Roussel-Uclaf, Delalande, Roger-Bellon...) ayant souscrit aux accords ANVAR-CNRS.

L'opération SNOM

Depuis quelques années les substances naturelles d'origine marine sont l'objet d'études sérieuses dans de nombreux pays (États-Unis, Australie, Japon, Italie, Belgique...). Les invertébrés marins et les Algues contiennent en effet très souvent des molécules biologiquement actives susceptibles d'applications. Jusqu'alors, les études dans ce domaine étaient en France, rares et sporadiques, mais en 1976, une opération d'envergure portant sur l'étude des substances d'origine marine a été lancée avec l'appui financier de la DGRST, conjointement avec l'ORSTOM, responsable de l'opération en Nouvelle-Calédonie, et des laboratoires de recherche pharmacologique du secteur public ou privé.

Des océanographes-biologistes et des plongeurs de l'ORSTOM sont chargés de la récolte et de l'identification du matériel en milieu marin, des chimistes ORSTOM et CNRS assurent la préparation d'extraits lyophilisés fractionnés de chaque espèce pour l'analyse pharmacologique, ainsi que l'extraction et la séparation chromatographique des différentes substances. Les extraits ou produits partiellement purifiés sont alors envoyés en France à l'Institut de chimie des substances naturelles de Gif-sur-Yvette.

Cette opération, qui a démarré en 1976 a nécessité des moyens importants. C'est pourquoi la conjonction des efforts de plusieurs organismes de recherche a été décidée, cette union favorisant par sa complémentarité le succès de l'opération.

Bien que la Nouvelle-Calédonie soit un très petit territoire (16 000 km²), le travail à accomplir dans le domaine de la chimie des substances naturelles tant du règne animal que végétal, est très important.

La flore de l'île est exceptionnellement riche (seule l'endémisme de la flore malgache peut lui être comparée). Très peu d'études systématiques ont été entreprises sous ces latitudes. Le programme de recherche est ambitieux, mais les moyens maintenant mis en place doivent permettre de le réaliser à moyen terme. Cette rapidité est un facteur primordial : la destruction irréversible de vastes zones inté-

ressantes, tant par une exploitation minière intensive, que par les feux de brousse, jointe à l'évolution sociale des Mélanésiens qui les conduit à l'abandon progressif de leurs secrets coutumiers, imposent de raccourcir les délais.

D'un autre côté, la mise en place conjointe d'un programme de recherche sur les substances d'origine marine est un bel exemple d'intégration de chercheurs de diverses disciplines et de divers organismes, l'importance des moyens matériels mis en jeu et la conjonction des efforts des uns et des autres devant assurer la réussite de l'opération.

Ainsi, le territoire de la Nouvelle-Calédonie voit-il, malgré son éloignement de la métropole, un effort de recherche intensif sur son sol et dans ses eaux, dans une recherche de pointe : la chimie et la pharmacologie des substances naturelles.

Thierry SÉVENET

Chargé de recherche au CNRS
Responsable du laboratoire des
plantes médicinales du CNRS
à Nouméa

et

Pierre POTIER

Directeur de recherche au CNRS,
Institut de chimie des
substances naturelles
Gif-sur-Yvette

En vue de l'édification du laboratoire, des contacts furent pris, en 1970, avec l'administration du Territoire, (haut-commissaire, secrétaire général, assemblée territoriale, M. le Délégué Péllet, M. le Sénateur Lefebvre...) et diverses personnalités. Devant leur attitude bienveillante, un projet fut élaboré et soumis à la décision de l'Assemblée Territoriale au mois de 1971. Grâce à l'appui financier important de la chambre d'agriculture, le projet fut validé et les crédits débouqués (275 000 FF.).

Edifié sur un terrain domanial situé à Montreuil, le laboratoire fut achevé en 1972. Divers organismes territoriaux (chambre d'agriculture, Assemblée Territoriale, Commission du Pacifique-Sud) aidèrent ensuite par leurs subventions (160 000 FF.) à l'équipement de ce laboratoire.

La direction du CNRS décida en 1972, l'attribution d'un crédit complémentaire de 100 000 FF. permettant de parfaire l'équipement du laboratoire et de le faire fonctionner. Deux chercheurs, bientôt trois, et un technicien sont actuellement à pied d'œuvre, attachés de l'Institut de chimie des substances naturelles du CNRS à Gif-sur-Yvette.

D'une superficie de 100 m², ce laboratoire comprend une partie où sont regroupées les installations de séchage et de broyage des plantes ainsi que le matériel lourd d'extraction et une partie bureau-laboratoire, où sont effectuées des opérations plus fines (chromatographies, lyophilisations, etc.).

LES NOUVELLES PROCÉDURES DE PROTECTION MULTINATIONALE DES INVENTIONS

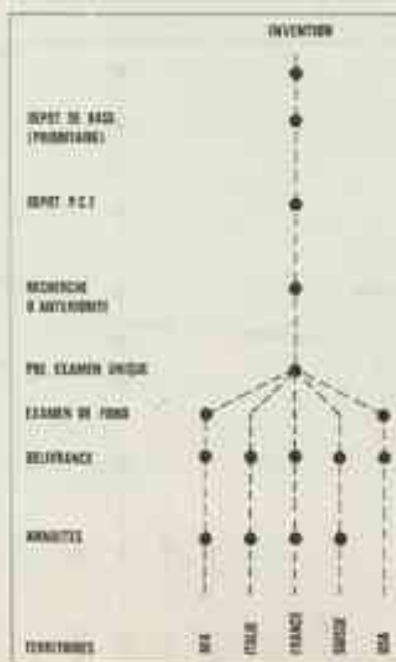
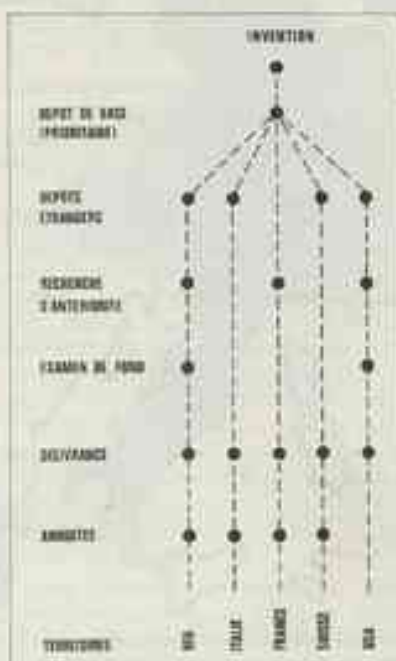
Le brevet d'invention est un mécanisme d'incitation au développement et à la diffusion de l'innovation. Pour donner naissance à un titre valable, une demande de brevet doit comporter une description complète de l'invention qui est destinée à être publiée. Alors que cette publication produit son effet de divulgation dans le monde entier, chaque État ne peut accorder que des droits limités à son propre territoire. Il s'est donc révélé nécessaire d'organiser la protection multinationale des inventions. Dès 1893, étant signée la Convention d'union (dite Convention de Paris), qui s'applique actuellement à quatre-vingt-sept pays. C'est cette convention qui institue notamment le droit de priorité selon lequel le déposant d'une demande de brevet dans l'un de ces quatre-vingt-sept pays dispose d'un délai d'un an pour étendre la protection de son in-

Fig. 1 - Organigramme de la protection d'une invention conformément aux dispositions de la convention d'union (dans cinq pays) : les textes récapitulent la validité et les effets des titres délivrés dans ces cinq pays, sont indépendants.

Fig. 2 - Organigramme de la protection d'une invention dans les cinq mêmes pays conformément à la convention PCT.

vention dans l'un quelconque des autres pays de l'union : la revendication de la priorité du premier dépôt met alors le second à l'abri des faits de divulgation intervenus entre temps. Les procédures de délivrance et les titres qui en résultent restent néanmoins totalement indépendants, comme le montre schématiquement la figure 1. Cela présente certains avantages, mais aussi certains inconvénients :

- les différentes procédures ou au moins certaines de leurs phases sont de même nature. Globalement cela permet une meilleure appréciation de la nouveauté d'une invention mais constitue une charge très importante tant pour les inventeurs et déposants que pour les offices de brevets.
- l'indépendance des titres peut être une source de conflit entre les droits



de brevets et certains accords internationaux (libre circulation des marchandises à l'intérieur de la communauté économique européenne).

Pour ces raisons, de nouveaux accords internationaux ont été élaborés. Ces accords ne remplacent pas les lois et conventions actuellement en vigueur, ils s'y superposent et ouvrent ainsi de nouvelles voies de protection.

Ces nouveaux accords sont au nombre de trois : le traité de coopération en matière de brevets dit PCT (patent cooperation treaty), la convention sur la délivrance des brevets européens dite convention de Munich et la convention relative au brevet européen pour le marché commun dite convention de Luxembourg.

L'entrée en vigueur des deux premiers de ces accords doit se faire progressivement (progression tant au plan géographique qu'au plan des domaines techniques concernés) à partir du mois de juin 1978, par contre, la date d'entrée en vigueur de la convention de Luxembourg est encore incertaine. (*)

Patent cooperation treaty (PCT)

Ce traité est ouvert aux quatre-vingt-sept pays de l'union de Paris.

Selon cet accord, une demande de brevet soumise à une seule recherche d'antériorité initiale et à un seul pré-examen, pourra donner naissance à plusieurs brevets indépendants protégeant l'invention dans les États signataires choisis par le déposant. Chaque État est cependant libre de prévoir un examen incluant éventuellement une nouvelle recherche d'antériorité de façon à adapter la demande de brevet à sa propre législation (fig. 2).

La convention de Munich (brevets européens)

Cette convention a été signée par quinze pays et est ouverte à cinq autres.

(*) Pour entrer en vigueur dans un pays donné, un accord international doit être signé puis ratifié par les instances compétentes de l'État concerné. Seuls les pays auxquels l'accord est ouvert peuvent engager leur procédure.

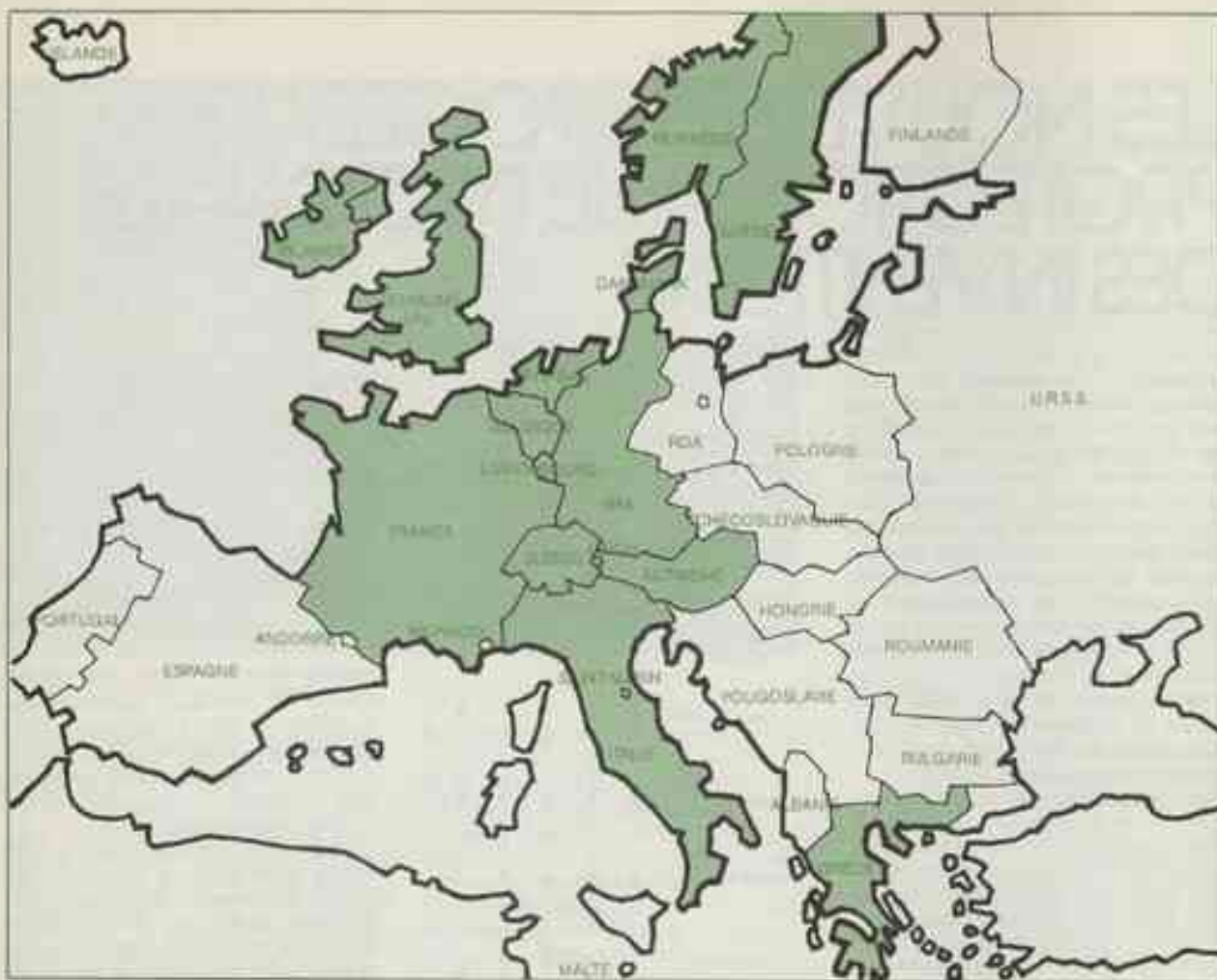
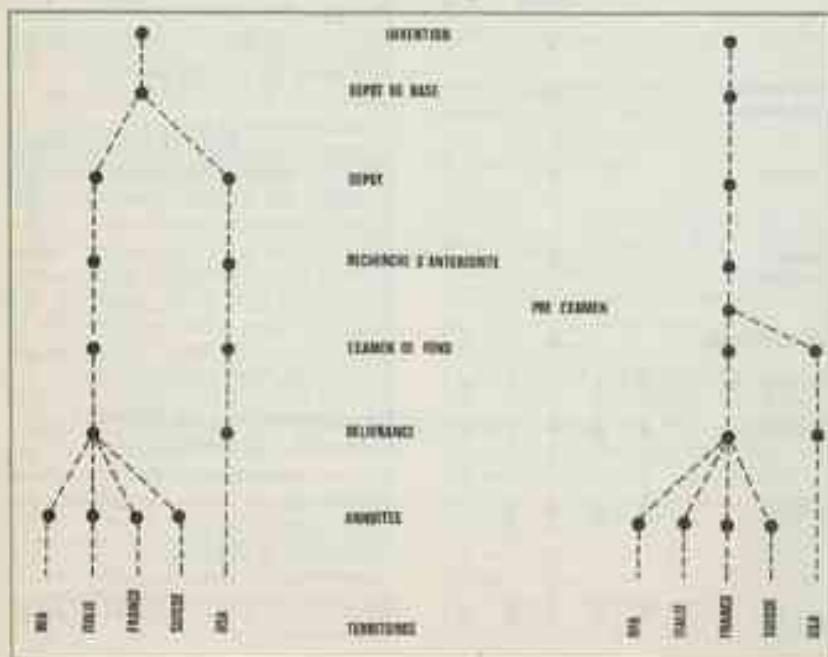


Fig. 3 - Organigramme de la protection d'une invention conformément à la convention de Munich indépendamment de la convention PCT.

Fig. 4 - Organigramme de la protection d'une invention conformément aux conventions de Munich et PCT appliquées simultanément.



PAYS SIGNATAIRES DE LA CONVENTION DE MUNICH

- BELGIQUE
- DANEMARK
- FRANCE
- REPUBLIQUE FEDERALE D'ALLEMAGNE
- GRÈCE
- IRLANDE
- ITALIE
- LIECHTENSTEIN
- LUXEMBOURG
- PAYS-BAS
- NORVEGE
- SUEDE
- SUISSE
- ROYAUME-UNI
- AUTRICHE

Pays auxquels la convention est ouverte :

- FINLANDE
- PORTUGAL
- ESPAGNE
- TURQUIE
- YOUGOSLAVIE

Les pays dont le nom est souligné ont déjà manifesté leur intérêt pour cette convention.

Selon cette convention, une demande de brevet soumise à une seule recherche d'antériorité et à un seul examen donne naissance à plusieurs brevets indépendants protégeant l'invention dans les états choisis par le déposant (fig. 3).

L'Office européen des brevets (OEB) dont le siège est à Munich procédera à l'examen des demandes qui lui seront soumises au titre de la convention de Munich.

Cet examen (non différé) est un examen de fond. Cela signifie que la mise au point du texte de la demande, principalement des revendications, est faite par le déposant en accord avec l'administration qui a le pouvoir de rejeter les demandes ne satisfaisant pas aux conditions exigées par la convention.

Sans entrer dans le détail ni des conditions de validité des brevets européens, ni de la procédure, nous allons, à titre indicatif, en mentionner quelques caractéristiques :

- les produits obtenus par des procédés microbiologiques (notamment les microorganismes), les produits chimiques et pharmaceutiques sont brevetables. Au contraire, les méthodes thérapeutiques, les méthodes de diagnostic ainsi que les programmes d'ordinateur sont explicitement exclus de la brevetabilité
- il n'est pas prévu de certificat d'addition
- dans un délai donné, tout tiers peut faire opposition à la délivrance d'un brevet
- toute la procédure a lieu en

Français, Anglais ou Allemand, selon le choix du déposant

- les demandes de brevet sont publiées dans la langue de la procédure : les revendications accordées après examen sont publiées dans les trois langues officielles

- la validité des brevets ainsi délivrés est régie par un texte unique. Toutefois, l'interprétation de ce texte est du ressort des tribunaux nationaux

- la protection d'une invention peut être obtenue selon les voies combinées PCT, brevet européen (fig. 4)

La convention de Luxembourg (brevet communautaire)

Cette convention a été signée par les neuf pays de la communauté économique européenne. Elle complète la convention de Munich.

Selon cette convention, un brevet unique étendant ses effets sur tout le territoire de la communauté européenne, est délivré par l'office européen des brevets selon la procédure de délivrance des brevets européens. (Le brevet communautaire sera donc l'un des brevets européens). La détermination de sa validité sera - en principe - du ressort des instances communautaires, mais l'appréciation des contre-façons restera du ressort des législations nationales.

Cette nouvelle organisation internationale de brevets est très ambitieuse. Pour cette raison, elle est nécessairement complexe et sa mise en route sera progressive.

De nouvelles possibilités de protection

seront ainsi proposées aux déposants. Leur choix devra résulter de l'appréciation de nombreux facteurs :

- les coûts comparés de ces procédures : il est probable que la voie européenne impliquera des dépenses équivalentes à celles engagées par la protection par les voies nationales dans les trois ou quatre pays.

- les chances de succès par les différentes voies : les exigences de la procédure européenne seront probablement sévères. Cela pourra inciter les déposants à se reposer sur les procédures nationales (indépendantes les unes des autres) pour des inventions techniques et économiquement importantes mais dont « le niveau d'originalité » n'est pas certainement élevé.

- enfin, l'évolution de la jurisprudence de la cour de justice des communautés européennes dans les années à venir pourrait être une incitation très forte à la protection des inventions systématiquement dans tous les pays de la communauté. La voie européenne s'imposerait alors très probablement. Toutefois cette évolution n'est pas du tout certaine.

Finalement, seule la pratique des années à venir permettra à chaque déposant de déterminer quelles sont les voies qui sont les mieux adaptées à ses objectifs.

N.B. La plupart des lois nationales des états concernés ont été ou vont être modifiées dans un avenir proche de façon à les harmoniser avec la convention de Munich et, en particulier, la modification de la loi française devrait être votée au cours de la prochaine session parlementaire (1976).

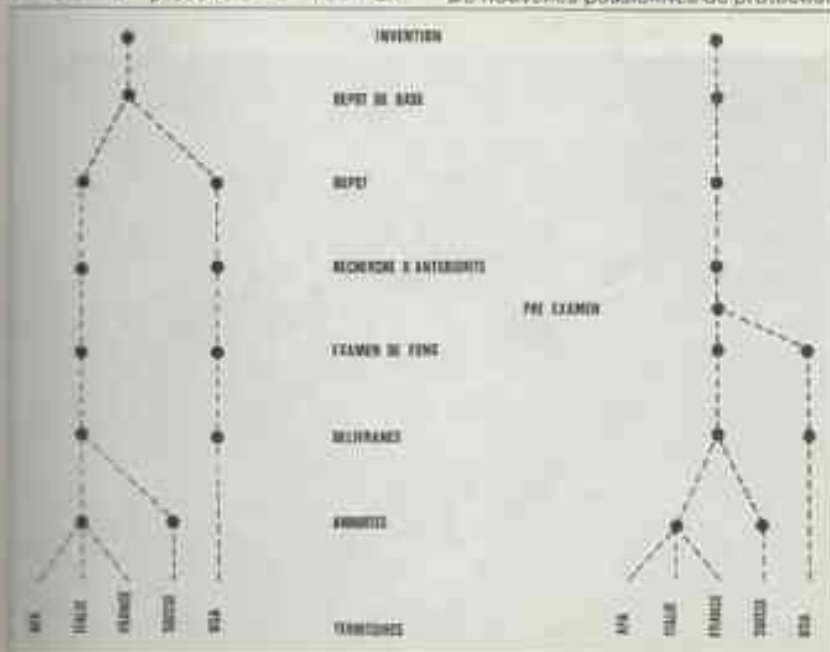


Fig. 5 - Organigramme de la protection d'une invention conformément aux conventions de Munich et de Luxembourg appliquées simultanément indépendamment de la convention PCT

Fig. 6 - Organigramme de la protection d'une invention conformément aux conventions de Munich et de Luxembourg et PCT appliquées simultanément.

Au jour le jour

26 janvier - 3 février - Paris

Visite en France d'une délégation soviétique intéressée par les problèmes d'énergie solaire.

2 février - Paris

Visite au CNRS d'une délégation du Consiglio Nazionale della Ricerca (conseil national de la recherche) d'Italie, conduite par son président, M. Quagliariello.

3 février - Paris

Réunion des présidents de section du comité national.

3 février - Paris

Rémise des médailles d'argent décernées par le CNRS pour l'année 1977.

7 février - Rouen

Participation du CNRS à la réunion des présidents des universités des régions du Nord, de Haute et de Basse-Normandie et de Picardie.

8 février - Pampelune (Espagne)

Visite d'une délégation de l'INAG pour rencontrer les chercheurs de l'Institut géographique et cadastral de Madrid.

8-16 février - Moscou

Séjour en URSS du directeur général du CNRS à l'invitation de l'Académie des sciences de Moscou.

9 février - Paris

Réunion du conseil d'administration provisoire du projet de radioastronomie millimétrique (IRAM).

10-18 février - Manaus (Brésil)

Visite d'une délégation du CNRS et de l'ORSTOM pour rencontrer les chercheurs de l'Institut national de recherches sur l'Amazonie (INPA) du Brésil afin de définir un programme de recherches sur l'écologie de la forêt amazonienne.

15 février - Paris

Réunion du groupe de coordination CNRS - Rhône-Poulenc.

16 février - Toulouse

Réunion d'information entre le service des relations industrielles du CNRS et la Chambre de commerce de Toulouse.

16 février - Paris

Participation du CNRS à la réunion de la commission informatique du Ministère des universités.

17 février - Paris

Réunion de la Fondation européenne de la science sur la mobilité des chercheurs.

18-22 février - Amman (Jordanie)

Participation du CNRS à la conférence sur la politique scientifique et technologique de la Jordanie.

20 février - Paris

Réunion entre le CNRS et le Centre national d'études spatiales (CNES) concernant le programme énergie solaire.

21 février - Rennes

Participation du CNRS à la réunion des présidents des universités des régions de

Bretagne, du Centre, du Limousin et des Pays de la Loire.

22 février - Paris

Réunion tripartite entre le CNRS, le Max Planck Gesellschaft et l'Institut géographique cadastral espagnol, concernant le projet de radioastronomie millimétrique.

23 février - Paris

Réunion du conseil d'administration du CNRS.

24 février - Londres

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

25 février - Paris

Réunion du directeur du CNRS.

27 février - 2 mars - Hawaii

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

7 mars - Paris

Réunion du conseil d'administration de l'Anvar.

7-11 mars - Toulouse

Participation du SERDDAV au 2^e festival du film scientifique de Toulouse.

15 mars - Paris

Réunion du comité des recherches marines (CNRS - Ministère des universités).

27 mars - 4 avril - Paris

Visite d'information de deux responsables de l'ONRS (organisme national de la recherche scientifique algérienne).

10-16 avril - Sao-Paulo (Brésil)

Participation du CNRS à la première exposition internationale de l'énergie intitulée « Energy 1978 ».

11 avril - Denver (Etats-Unis)

Participation du FERDES à la réunion de

l'association des utilisateurs de fours solaires.

14 avril - Munich

Réunion du conseil d'administration provisoire de l'Institut de radioastronomie millimétrique (IRAM).

19-27 avril - Hanovre (RFA)

Participation du CNRS à la foire de Hanovre dans le cadre du pavillon consacré à « recherche et technologie ».

21 avril - Londres

Réunion annuelle du comité mixte CNRS-Science research council de Grande-Bretagne.

25 avril - Paris (DGRST)

Réunion de la commission des allocations de recherche de troisième cycle.

28 avril - Paris

Réunion du conseil d'administration du CNRS.

27 avril - Bruxelles

Participation du CNRS à la réunion de la commission énergie de la Communauté économique européenne.

Distinctions et nominations

Distinctions

Ordre national de la Légion d'honneur

- Est promu au grade de commandeur :
- M. Jean-Pierre Bérard, directeur de l'Agence nationale de valorisation de la recherche.

- Est promu au grade d'officier :
- M. Claude Aron, professeur à l'université Louis Pasteur (Strasbourg II), responsable de l'équipe de recherche associée « Biologie des interactions cellulaires » (ERA n° 566).

Cérémonie organisée à l'occasion de la remise des médailles d'Argent du CNRS.





La rédaction du Courrier du CNRS fait réaliser un certain nombre de reliures en toile du Marais avec gardes en papier blanc, destinées à contenir huit numéros (deux années) de la revue. Les personnes intéressées sont priées de retourner le bon de commande ci-dessous à

la Société Balland
61-63, rue des Prairies
75020 Paris

accompagné d'un chèque postal ou bancaire du montant de leur commande (prix d'une reliure = 30 F).

M. Mlle M. Mlle
adresse
code postal ville

Spécifier la reliure : Reliure « Le Courrier du CNRS »
Avec les 16 numéros des années
1991-1992 □ 1993-1994 □ 1995-1996 □ 1997-1998 □ au prix de 30 F.

LE COURRIER DU CNRS

15, quai Anatole France
75700 Paris

• Sont nommés chevaliers :

– M. Costa de Beauregard, directeur de recherche à l'équipe de recherche associée « Gravitation et cosmologie relativiste » (ERA n° 533).

– M. Maurice Durochon, professeur à l'université des sciences et techniques de Lille I, directeur du laboratoire associé « Endocrinologie comparée des invertébrés » (LA n° 148).

– M. Paul Fraisse, professeur à l'université René Descartes (Paris V), directeur du laboratoire associé « Psychologie expérimentale et comparée » (LA n° 103).

– M. Raymond Maurel, professeur à l'université de Poitiers, directeur scientifique au CNRS pour le secteur de la chimie.

– M. André Page, professeur à l'université des sciences sociales de Grenoble II, responsable de l'équipe de recherche associée « Stratégie et processus d'innovation technologique dans l'entreprise » (ERA n° 512).

Médailles du CNES

À la suite du succès des expériences scientifiques du satellite astronomique D2B-AURA lancé de Kourou, Guyane, le 27 septembre 1978, le centre national d'études spatiales a décerné les médailles suivantes : médailles d'argent : M. Paul Cruveiller, sous-directeur du laboratoire d'astronomie spatiale (LAS), responsable scientifique des expériences D2B (nocturnes) et M. Bernard Autier, ingénieur principal au LAS, coordonnateur des expériences du satellite D2B ; médailles de bronze : Mme Martine Maucherat, attaché de recherche au LAS, responsable scientifique de l'expérience lumière zodiacale (ELZ), M. Jean Maucherat, attaché de recherche au LAS, responsable scientifique de l'expérience anti-solaire (EAS) et M. Antoine Liebaria, ingénieur au LAS, responsable scientifique de l'expérience repérage de champ (ERC).

Nominations

– M. Haroun Tazieff a été élu membre d'honneur de l'Accademia Gioenia di scienze naturali de Catania, Italie.

Prix

– M. F. Hagenmüller, directeur du laboratoire de chimie du solide, a reçu la médaille August-Wilhelm von Hofmann de la Société chimique allemande.

– Le prix Le Piez de l'Académie nationale de médecine a été décerné au Dr. R. Valencia, responsable de l'équipe de recherche « Nutrition et chimie cellulaires » (ER n° 197) pour son travail intitulé : « L'avitaminose B12 et ses effets macromoléculaires et cytologiques chez *Euglena gracilis*, modèle de mégakaryoblaste ».

– Le prix Paul-Louis Merin de la Fondation de France a été décerné à Mme Hous, maître de recherche au CNRS, conservateur en chef des musées nationaux, pour l'ensemble de ses travaux.

– M. Georges Mathé, professeur à l'université de Paris XI, directeur du laboratoire d'immunogénétique (LA n° 149), a reçu le prix scientifique du fonds Georg Johann Zimmernan 1977 Hanovre (RFA) ainsi que le « Heath memorial award » 1977, Houston (Etats-Unis).

– Dans le cadre du XX^e festival du son, le prix du président de la République « in honorem » le grand prix international de l'Académie Charles-Cros 1978, a été décerné à M. Senta Aron, chargé de recherche au CNRS, responsable de la section musicologie du laboratoire des langues et civilisations à tradition orale, pour son « Anthologie de la musique des Pygmées aka » (OCCRA, coffret de trois disques 558 526 à 558 528).

Rencontres

16 décembre – Paris

Journée d'études, en l'honneur du deuxième centenaire de la naissance d'Henri Ducrotay de Blainville, organisée par l'Institut d'histoire et philosophie des sciences (ERA n° 81).

Henri Ducrotay de Blainville est un personnage des plus controversés. Venant après Cuvier, Lamarck et Geoffroy Saint-Hilaire, il n'est pas en position de chef de file, et ne possède pas l'envergure spéculative de ses devanciers. On peut, en outre, lui reprocher des parti-pris qui l'ont conduit à prendre le contre-pied de Cuvier de manière presque systématique, puis à adopter ce qu'Auguste Comte désigne comme « les doctrines arriérées du parti catholique ». Par contre, personne ne peut douter de ses qualités scientifiques et pédagogiques qui lui ont assuré une position définitive dans l'histoire de la biologie européenne du milieu du XIX^e siècle, et qui lui ont permis de former en France un grand nombre des savants qui vont dominer la seconde partie du siècle. Il s'agissait donc, pour les conférenciers, de rendre justice à cette figure scientifique de première importance.

Lors de la première séance, on a essayé de montrer comment de Blainville, après avoir repris les concepts d'organisation et d'économie animale, courants au début du XIX^e siècle, a joué un rôle essentiel dans la vulgarisation du concept d'organisme, compris comme désignant une individualité biologique autonome, délimitée par une enveloppe et dotée d'une physiologie propre, et dans la promotion du concept complémentaire de milieu.

De Blainville fut ensuite situé dans l'histoire de la zoologie et de l'anatomie comparée, en insistant sur l'importance de son œuvre pour la systématique du règne animal (théorie de la classification, en soulignant, en particulier l'idée de zoomètre, dont l'espèce humaine fait fonction et concept de degré d'organisation).

On a abordé enfin la manière dont de Blainville a défini lui-même son œuvre zoologique en regard des problèmes géologiques. De Blainville est un tenant de l'unité de la Création, qui refuse l'idée

d'une succession de créations séparées par des catastrophes. Par là même, il se définit comme actualiste, après abandon d'un progressisme qu'il avait d'abord toléré. Mais cet actualisme est un actualisme régressif, une théorie de la décadence de l'Univers qui se rattache à des spéculations théologiques en voie de dépassement à une perspective temporelle trop étroite, et à la négation des forces internes du globe dont les géophysiciens sont en train de prendre conscience. La seconde séance a permis d'envisager les aspects philosophiques et historiques de l'œuvre de de Blainville. Les rapports biographiques, philosophiques et scientifiques entre de Blainville et Auguste Comte ont été précisés. De Blainville non seulement a fourni plusieurs des concepts fondamentaux de la philosophie positive, la distinction entre parties statiques et dynamiques de la science, a reconnu également l'idée d'une inséparabilité entre la science et son histoire, situant Aristote en position privilégiée pour la biologie, mais encore, a représenté pour Auguste Comte l'idée de système.

La manière dont de Blainville a compris l'histoire des sciences, à travers son « Histoire des sciences de l'organisation », rédigée par son élève, l'abbé Maupied, sans que l'on puisse distinguer la part de l'un et de l'autre a été ensuite abordée. Cette histoire traduit l'orientation systématiquement cicéronienne des deux collaborateurs. Elle se définit comme une histoire sériale, dont Aristote est la mesure, au même titre que l'homme est la mesure de la série zoologique, et enfin, si toute histoire des sciences est normative, celle-ci est d'origine, digne pendant du « Génie du christianisme ».

23-27 janvier – Forcalquier

Dans le cadre des accords de coopération scientifique, un colloque franco-soviétique s'est tenu à l'Observatoire de Haute-Provence dans la semaine du 23 au 27 janvier 1978 sur les sujets suivants : « Étoiles Ap – Champs magnétiques – Naines blanches – Formations des étoiles ».

30 janvier – 4 février – Toulouse

Semaine du travail manuel organisée par la Chambre des métiers de Toulouse et patronnée par divers ministères. Divers laboratoires du CNRS de Toulouse ont participé à cette manifestation : le laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes, le laboratoire d'optique électronique et le laboratoire de physique des solides de l'université Paul Sabatier et de l'INSA (LA n° 74).

Le stand CNRS intitulé « le savoir-faire manuel au service de la recherche » a présenté un certain nombre de pièces originales et complexes demandant un travail de haute précision dans les domaines de la cryogénie, de l'optique électronique et de la robotique en particulier, et a permis de faire découvrir aux visiteurs le rôle et l'importance des professions manuelles dans le cadre de la recherche scientifique.



21-23 février - Châtenay-Malabry

Congrès sur la reconnaissance des formes et le traitement des images, organisé par l'AFDET (Association française pour la cybernétique économique et technique) et l'IRIA (Institut de recherche d'information et automatique). Principaux thèmes abordés : la lecture automatique, la robotique, la télédétection, c'est-à-dire le traitement et l'analyse des images recueillies par les avions, et les satellites d'observation, la physiologie de la vision et de l'audition. Ce colloque en langue française, destiné à faire le point sur les études conduites en France en un domaine peu important, il y a dix ans, mais maintenant en plein essor, obtint un grand succès puisqu'il rassembla 370 participants. Une vingtaine de spécialistes venus de Belgique, Espagne, États-Unis, Grande-Bretagne, Hongrie, Italie, République fédérale d'Allemagne, Suisse, et URSS, assistèrent également à cette réunion.

22-24 février - Strasbourg

Premières rencontres européennes de chimie du solide organisées par l'équipe de recherche associée « propriétés magnétiques et mécaniques des vitrocéramiques et fibres » (ERA n° 679). Environ 250 chercheurs, professeurs et ingénieurs y

ont participé. Dix conférences plénières, par de grands spécialistes européens de l'état solide, 83 communications par posters sur quatre thèmes : propriétés optiques des matériaux, caractérisation physique des liaisons chimiques, méthodes nouvelles de synthèse chimique, ordre à courte et longue distance ont permis à un large éventail de chimistes et physiciens du solide de se rencontrer. Ils ont pu, à la fois, faire le point sur les sujets traités en conférence et discuter de problèmes en gestation ou en cours d'étude lors des communications.

Expositions

20 janvier - 6 février - Le Caire

Participation du CNRS à la foire internationale du livre qui a lieu chaque année au Caire. Cette participation avait pour but de promouvoir les publications de la recherche scientifique française au Proche-Orient. Les contacts positifs, l'intérêt des Egyptiens pour les ouvrages scientifiques français et la culture française permettent d'envisager favorablement une participation à la manifestation de 1979.

4-13 mars - Paris (CNIT)

Participation du CNRS au 47^e salon des

Stand du CNRS au salon des Arts Ménagers.

Arts Ménagers. Le stand du CNRS portait sur le thème général « la recherche d'aujourd'hui, la vie quotidienne de demain ». Cette année, les présentations au stand du CNRS s'articulent autour du thème général « La recherche d'aujourd'hui, la vie quotidienne de demain ». Elles portent notamment sur l'habitat soigné, l'influence de la température et du bruit sur l'homme, l'isolement acoustique, les applications des microondes et des microprocesseurs.

10-16 avril - Sao Paulo (Brésil)

Participation du CNRS à l'exposition « Énergie 1978 » organisée dans le cadre des expositions françaises à l'étranger. Le CNRS y présente les recherches effectuées principalement dans le domaine de l'énergie solaire.

19-27 avril - Hanovre (RFA)

Participation du CNRS à la foire de Hanovre. Le CNRS est présent sur le stand français du pavillon « recherche et technologie » où il présentera les recherches menées au CNRS dans le domaine de l'énergie et plus particulièrement dans le domaine de l'énergie solaire.

Physique nucléaire, physique des particules

Mission en Chine des physiciens nucléaires français IN2P3 - Paris

À l'invitation de l'Académie des sciences de Chine, une mission de physiciens nucléaires français, de retour de la conférence internationale de Tokyo, a été reçue par les laboratoires chinois du 12 au 22 septembre 1977. Cette mission était composée de sept physiciens de l'IN2P3 représentant les laboratoires d'Orsay, de Grenoble, de Lyon, et de Caen et de douze physiciens du CEA.

Au cours de ce séjour, trois laboratoires de recherche fondamentale ont été visités : l'Institut de recherches nucléaires de la région de Shanghai (la Cha-Ting), l'Institut de recherche physique et l'Institut de l'énergie atomique de l'Académie sinica à Pékin.

La délégation française a donné vingt-trois séminaires à Shanghai et Pékin devant des auditoires qui totalisaient environ deux-cent cinquante physiciens représentant les sept instituts suivants : Institut de recherches nucléaires et Université Fu-Tan de Shanghai ; Institut de l'énergie atomique ; Institut de physique moderne ; Institut de physique à haute énergie ; Ecole normale et Université de Pékin ; Institut de physique moderne de Lang-Chow.

Il nous est apparu, au cours de ce voyage, que la recherche fondamentale et le développement technologique figurent en bonne place dans la politique actuelle dite des « quatre modernisations ». La construction d'un certain nombre d'équipements nouveaux importants vient d'être décidée et un projet de grand cyclotron à ions lourds qui serait construit à Lang-Chow est en cours d'étude.

Par ailleurs, tant à l'occasion des questions posées au cours des exposés donnés par la délégation française, qu'au cours des visites de laboratoires, nos collègues chinois nous ont paru très au courant des dernières réalisations dans le domaine de la technologie des accélérateurs ainsi que dans le domaine de la recherche expérimentale et théorique, en particulier pour la physique des ions lourds et la physique nucléaire aux énergies intermédiaires.

Nous avons senti un très vif désir de la part de nos collègues chinois de nouer ou de renouer des relations scientifiques avec les laboratoires étrangers. La chaleur de l'accueil que nous avons reçu nous fait penser que les laboratoires français ont un rôle particulier à jouer dans le développement des échanges scientifiques entre nos deux pays.

Dégâts très importants au laboratoire de collisions atomiques ERA n° 598 - Toulouse

Dans la nuit du 19 au 20 novembre 1977, une forte charge de plastic a fortement endommagé le laboratoire de l'université

Mission en Chine des physiciens nucléaires
IN2P3-CEA au septembre 1977.



Un pilier de béton du bâtiment abritant l'équipe, a été défoncé. L'endroit creux est celui où a été posée la charge explosive (ERA 598).

Paul Sabatier (Toulouse) qui abrite l'ERA n° 598 « collisions atomiques ».

La signification de ce geste stupide échappe totalement : le bâtiment abrite des physiciens travaillant dans un domaine fondamental, qui n'a absolument aucun rapport avec l'énergie atomique ou avec quelque question conexe que ce soit. On se demande si ce n'est pas le signe « atomique », qui a orienté les auteurs de cet attentat sur une « fausse piste », l'ERA appartenant au centre de physique atomique de Toulouse.

Les dégâts sont très importants. Toute l'électronique de l'opération portant sur la spectrométrie des électrons éjectés dans les collisions He^+ , He et He^2+ a été dé-

truite. L'opération portant sur la spectrométrie des parties d'énergie dans les collisions He^+ - He a relativement moins souffert, mais tous les réglages sont à refaire, et plusieurs appareils d'électronique ont été totalement détruits. Quant au mobilier, il a subi des dégâts considérables. Les travaux et réfection du bâtiment dont un pilier de béton a été libéralement défoncé à sa base vont commencer. Compte non tenu du préjudice moral subi par l'équipe, le retard qui va en résulter pour la progression des recherches sera de l'ordre d'une année, si l'on peut remplacer rapidement tous les appareils d'électronique et de mesure qui ont été détruits.

Mathématiques - Physique de base

Spectrométrie Raman et luminescence

LA n° 74 - Toulouse

• L'ensemble de spectrométrie Raman du laboratoire de physique des solides est opérationnel depuis novembre 1975. Il comprend un triple monochromateur Coderg, un collimateur de photons Ortec associé à un photomultiplicateur RCA, un laser Spectra physics et un cristal optique à circulation d'hélium gazeux. Les études entreprises dans le domaine des phonons concernent deux classes de matériaux : les composés III-V et leurs alliages et les di- et trichalcogénures de métaux de transition.

La décomposition des spectres du second ordre dans les As a permis d'obtenir la densité d'états à un phonon dans ce composé pour lequel les courbes de dispersion des phonons n'ont pas été mesurées. On a calculé différents potentiels de déformation électron - deux phonons à partir des résonances mesurées sur les structures du second ordre. L'étude en cours des résonances de certaines structures du second ordre dans les alliages Ga_{1-x}Al_x, Al_xAs et Ga_{1-x}In_xP permet de préciser les concentrations critiques correspondant au passage d'un semi-conducteur à gap direct à un semi-conducteur à gap indirect.

Dans les dichalcogénures des métaux IV A (ZrS₂, ZrSe₂, HfS₂, HfSe₂) les spectres Raman du second ordre révèlent des structures prononcées dont les plus intenses sont associées aux harmoniques 2LO (1^{er}). Une étude de l'évolution en fonction de la température des spectres Raman dans le polytype 2H-TaS₂ est actuellement en cours dans le but de mettre en évidence la transition de phase observée dans ce composé vers 80 K par la mesure de la résistivité. La détermination des modes de vibration à $\Gamma = 0$ des trichalcogénures ZrS₂ et ZrSe₂ cristallins centrosymétriques du système monomérique constituée de chaînes de prismes trigonaux parallèles à l'axe c, fait clairement apparaître une distinction entre modes intermédiaires de basse fréquence et modes intrachaines de hautes fréquences.

• Les expériences de luminescence ont conduit à l'obtention de résultats nouveaux sur le phénomène de condensation des électrons et des trous dans les semi-conducteurs. Dans Si la coalescence des gouttes, explicable dans une hypothèse de nucléation homogène, a été mise en évidence, ainsi que l'effet d'hystérésis de la luminescence découvert préalablement par Thomas, Bernard, Feldman et Jeffin dans Ge. La première mesure d'énergie de surface, à notre connaissance, a été effectuée. Dans GaP, le phénomène de condensation en un liquide métallique a été découvert, la bande d'émission de ce liquide à 2,27 eV a été interprétée et les paramètres caractéristiques (densité criti-

que, énergie de condensation) en ont été déduits.

Radical hydroxyle

LA n° 245 - Villeneuve d'Ascq

Dans le cadre des études par spectroscopie micro-ondes des molécules d'intérêt astrophysique, les problèmes liés à la bonne connaissance des niveaux d'énergie du radical hydroxyle ont été maîtrisés au laboratoire de spectroscopie hertzienne.

Un modèle unique permettant le calcul des spectres électroniques $A^2\Sigma^+ - X^2\Sigma^+$, des spectres de doublement ainsi que des spectres de rotation pure et de rotation-vibration, a été élaboré. Les coefficients d'émission spontanée ont également été calculés, ce qui a permis d'obtenir, avec une bonne précision, les probabilités de transition radiative nécessaires à l'application des masers à OH dans le modèle simple du pompage par infra-rouge lointain.

Ecole d'été « colloïdes et interfaces » ERA n° 542 - Paris

L'organisation de cette école, à Auteuil du 13 au 23 septembre, soutenue par le comité d'action complémentaire coordonnée « récupération assistée du pétrole » et par la commission permanente de la RCP n° 411 « colloïdes et interfaces », a été assurée par le laboratoire de physique de la matière condensée (Collège de France). Elle a réuni, outre les conférenciers, nombreux participants venus d'horizons et de disciplines variées : physiciens, physico-chimistes et chimistes universitaires et industriels. Un des buts recherchés était en effet de faire se rencontrer des jeunes chercheurs qui travaillent sur un thème très multiforme et très dispersé, à la fois géographiquement et scientifiquement. Une série de conférences a permis de donner un enseignement de base soit sur des concepts fondamentaux (types d'interaction et stabilité des systèmes dispersés, organisation des amphiphiles, diagrammes de phases) soit sur des méthodes expérimentales dans leurs applications spécifiques à la physico-chimie des colloïdes (diffusion de la lumière, des neutrons, RMN...). Les cours ont été complétés par des séminaires plus spécialisés, qui ont également permis de développer le point de vue des chercheurs travaillant dans l'industrie, et notamment sur le problème de la récupération assistée.

Le bilan de l'école a témoigné d'un très vif besoin de discussions et d'informations mutuelles ; et il a mis en relief une activité actuellement assez remarquable, dans différents laboratoires français de physique et de chimie, pour l'étude des systèmes colloïdaux et particulièrement des microémulsions.

Résultats de recherche

GRECO n° 4 - Ecole polytechnique - Palaiseau

Parmi les quelques résultats scientifiques récents obtenus par le GRECO « interaction laser matière » on peut noter :

• au plan théorique, la mise au point d'un code particulier bidimensionnel, en collaboration avec Umeil, a permis de mettre en évidence la rétrodiffusion Brillouin lors du dépôt d'énergie laser. On a abordé l'étude de la génération de champs magnétiques liés à l'absorption résonante, la modification du profil de densité de la pression de radiation, la simulation d'expériences d'implosion et la comparaison avec les résultats de KMS, lors du séjour de F. Hammering à Palaiseau, en incluant les effets dus aux instabilités EM et en tenant compte des flux limites dans les conducteurs thermiques ; la prise en compte des électrons multigroupe (électrons suprathermiques).

• au plan expérimental, l'année a été dominée par la mise en place du système expérimental, comme prévu. Cependant, de premiers résultats très prometteurs ont été obtenus depuis octobre 1977 : mise en évidence de l'influence de la pré-impulsion laser sur la production d'électrons suprathermiques (mesurée par leur rayonnement X), et sur la formation d'ions rapides ; ces résultats indiquent que la modification du gradient liée à la pré-impulsion semble réduire la propagation d'électrons suprathermiques vers l'arrière de la cible. Enfin, l'effet de la pré-impulsion sur la rétrodiffusion de la lumière laser a été étudié spectroscopiquement, et semblerait confirmer la présence d'une rétrodiffusion Brillouin, telle qu'elle est prévue par la théorie.

Sciences physiques pour l'ingénieur

Diodes électroluminescentes Laboratoire d'analyse et d'automatique de systèmes - Toulouse

Les recherches effectuées conjointement par le laboratoire de physique des solides de Bellevue et le laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes, dans le cadre de l'ATP « physique des dispositifs électroniques » ont conduit à la réalisation de diodes électroluminescentes élaborées à partir de GaInP. Sur la base de cette étude de faisabilité, les recherches en cours ont pour but d'optimiser les performances de ces dispositifs qui émettent une radiation rouge dans la zone de meilleure sensibilité de l'œil.

A l'occasion du voyage au Brésil de D. Estève, directeur adjoint du LAAS, un projet d'accord de coopération entre le laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes du CNRS et le laboratoire de microélectronique de l'école polytechnique de l'université de São Paulo (LEM - directeur : M. le professeur Carlos Américo Morato de Andrade) a été signé. Par ailleurs, une opération commune IC001 a été mise en place avec le laboratoire d'électronique et des dispositifs de l'université de Campinas (professeur Carlos Z. Mamana).

Un laser ultraviolet de grande puissance à écoulement supersonique LA n° 3 - Marseille

Pour la première fois, semble-t-il, une émission laser ultraviolette de puissance relativement élevée, en régime d'impulsion longue dans un écoulement supersonique vient d'être obtenue par une équipe de l'Institut de mécanique des fluides de Marseille.

L'émission laser, d'une durée de 0,5 μ s et d'une puissance de plusieurs kilowatts, a été obtenue sur plusieurs longueurs d'onde, au voisinage de 3 500 Å, à la suite d'une inversion de population entre deux états électroniques de la molécule XeF. Le dispositif réalisé par cette équipe est essentiellement constitué par une soufflerie à tube de Lufwieg, alimentant une chambre d'expériences où un mélange de gaz en écoulement supersonique à une température de 120 K et une pression de 0,5 atmosphère est excité par un faisceau d'électrons énergétiques (300 kV, 12 A cm⁻², 0,5 μ s).

Ce résultat a été obtenu dans le cadre de recherches sur les possibilités de réaliser des systèmes laser UV et visible de grande puissance moyenne et de rendement élevé, en faisant appel à la mécanique des fluides pour le refroidissement et le renouvellement du milieu actif.

Cette première démonstration expérimentale d'une émission laser quasi continue ultraviolette de puissance élevée, dans un écoulement supersonique, ouvre des perspectives importantes pour cette classe de lasers dont les applications potentielles sont nombreuses, notamment dans le domaine de l'énergétique.

Recherches pluridisciplinaires

LA n° 5 - Toulouse

Depuis le début de l'année universitaire, des rapprochements importants ont lieu entre les laboratoires des quatre écoles de l'Institut national polytechnique de Toulouse (Ecole nationale supérieure d'agronomie de Toulouse (ENSAT), Ecole nationale supérieure de chimie de Toulouse (ENSECT), Institut du génie chimique (IGC), Ecole nationale supérieure d'électrotechnique, d'électronique, d'informatique et d'hydraulique (ENSEEHT), en vue de mettre en place des actions de recherche à caractère pluridisciplinaire d'intérêt national ou régional. Dans ces quatre écoles, existent deux laboratoires associés (LA n° 5 et LA n° 192) ainsi que deux équipes de recherche associées (ERA n° 536 et n° 263).

Dans ces opérations, l'Institut de mécanique des fluides est particulièrement concerné puisqu'il intervient dans deux des quatre actions qui ont été retenues pour l'année 1978. Il s'agit des deux problèmes importants suivants :

- la récupération assistée du pétrole. Cette opération, en liaison avec l'ENSECT et l'IGC, permet d'étudier le processus de récupération par utilisation des polymères ou des micro-émulsions.

- la pollution des eaux. L'introduction de paramètres abiotiques dans un modèle mathématique d'écoulement de pollution permet la représentation réelle de l'écosystème d'une rivière. Des mesures *in situ*, effectuées sur une partie de la rivière le Lot, corroborent parfaitement les résultats théoriques obtenus.

Cette action lie le laboratoire à deux équipes de l'ENSAT. D'autres actions sont actuellement en projet : études des phénomènes de colmatage ; dégradation mécanique des solutions de polymères en milieu poreux ; applications des études de fluides non newtoniens à des problèmes d'hémodynamiques.

Le projet CONsensus LANGUAGE LA n° 7 - Grenoble

En septembre 1973, à l'initiative de Jack Lipovski, professeur à l'université de Floride, eut lieu la première conférence sur les langages de description des machines digitales. A l'issue de cette conférence un comité exécutif présidé par le professeur Lipovski fut nommé pour coordonner les efforts de tous ceux qui désiraient participer à un projet international de standardisation des langages de description. Un groupe de travail s'est constitué (deux européens et quatre américains) et a fixé les objectifs du projet.

CONLAN doit permettre de décrire des systèmes logiques à différents niveaux de détail : réseaux de portes, circuits séquentiels et combinatoires, microprogrammes, processeurs complets, systèmes multiprocesseurs. Il doit être possible, pour tout système, de décrire sa structure et son comportement.

La syntaxe et la sémantique de CONLAN doivent permettre des descriptions non ambiguës, permettre une segmentation des descriptions, servir de base à un système de conception assistée par ordinateur : détections d'erreurs, simulation de fonctionnement, simulation de pannes, documentation, schémas de câblage, etc. ; être raisonnablement uniformes pour tous les niveaux de description.

Il a été choisi de définir une famille de langages, chacun des éléments étant plus particulièrement adapté à un niveau de description, à partir de notions primitives, d'une syntaxe commune, et d'un procédé uniforme d'extension. Ainsi, tous les langages sont définis formellement à partir d'un langage de base, appelé BASE CONLAN. L'ensemble de l'édifice repose donc sur un nombre limité de primitives, et sur des mécanismes constructifs qui doivent être judicieusement choisis et puissants.

La définition de BASE CONLAN devrait être achevée fin 1978. Les autres niveaux de langage seront élaborés, et testés sur des exemples au cours de l'année 1979. On peut espérer qu'un compilateur de BASE CONLAN sera disponible en 1980 ou 1981, probablement réalisé à Darnat par l'équipe du professeur Piloy. Par ailleurs, chacun des membres du

groupe de travail possède dans son laboratoire un ou plusieurs langages de description des systèmes logiques, et les programmes de traitement associés. Ainsi, l'équipe « méthodologie de la conception assistée par ordinateur » du laboratoire « informatique et mathématiques appliquées de Grenoble - IMAG » (LA n° 7) a conçu les langages CASSANDRE, LASCAR, et LASSO dont l'ensemble couvre à peu près tous les niveaux de description envisagés pour la famille de langages de CONLAN. Le compilateur et le simulateur de CASSANDRE et de LASCAR sont opérationnels depuis plusieurs années, ceux de LASSO sont en cours d'écriture. Il devrait être possible de transcrire certains langages de la famille CONLAN, par une simple traduction syntaxique, en un de nos langages, afin de récupérer les programmes existants.

Cinétique des transferts d'excitation LA n° 22 - Orsay

L'étude de la cinétique des transferts d'excitation lors de collisions aux énergies thermiques a été poursuivie par le groupe d'électronique dans les gaz de l'Institut d'électronique fondamentale. Dans une récente série d'expériences, les transferts entre niveaux très excités de l'hélium induits par collisions avec des électrons et avec des atomes neutres ont été mis en évidence par l'intermédiaire de la fluorescence induite par une impulsion laser très brève. Un laser doublé en fréquence produit, vers 2 700 Å, une énergie suffisante pour porter une partie de la population d'atomes métastables présents dans une post-décharge d'hélium ultra-pur sur un niveau très excité (niveau de Rydberg) de l'hélium. La fluorescence des niveaux de Rydberg voisins est suivie à l'aide d'un compteur de photons spécialement mis au point (72 canaux de 3,5 ns chacun).

Les transferts induits par collisions avec les électrons sont en bon accord, sur une large gamme de densités et de températures électroniques, avec une théorie semi-classique récente, alors qu'ils sont en désaccord avec le traitement quantique habituel qui ne retient que les interactions dipolaires. Les transferts induits par collisions avec les neutres, par contre, se comportent de façon assez différente de ce que prévoient les théories actuelles. L'étude théorique de ces questions est en cours, par une méthode de potentiel modèle.

Ces phénomènes sont intéressants, non seulement du point de vue fondamental ou par leurs applications à l'astrophysique, mais aussi pour des raisons pratiques : ils pourraient par exemple conduire à la réalisation de certains types de convertisseurs d'image infrarouge ayant une bonne résolution spatiale et temporelle (quelques microns et quelques dizaines à quelques centaines de nanosecondes). De plus, ils permettent de clarifier de nombreux mécanismes qui régissent le comportement des plasmas de laboratoire.

Génie des réacteurs LA n° 192

Le laboratoire « génie des réacteurs et énergétique des procédés » intégré au laboratoire de recherche et développement en génie chimique depuis janvier 1977 exerce ses activités dans les domaines suivants :

- **modélisation de réacteurs gaz solide à lit fixe** : l'acquisition de données est effectuée à deux échelles : microréacteur (cinétique et diffusion interne) et réacteur pilote (paramètres caractéristiques des transferts, dispersion axiale et radiale, coefficients de transfert à la paroi, preuve de l'adéquation du modèle) ;

- **les réacteurs électrochimiques et à effluves** : les thèmes de recherche en sont la récupération des métaux en solutions diluées et la synthèse de l'ozone ;

- **la pompe à chaleur à absorption à 1 et 2 étages** pour la valorisation d'énergie à bas niveau ou la production de froid. En parallèle sont menés un certain nombre de travaux sur la modélisation des contacteurs diphasiques (plateaux) en absorption.

Résultats de recherche

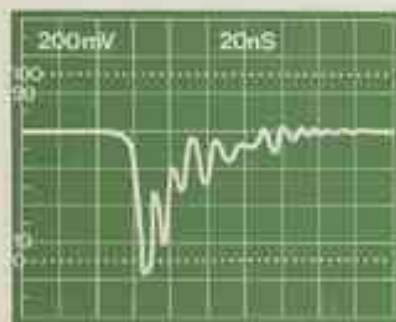
LA n° 230 - Rouen

Anémométrie Doppler - laser dans les plasmas

La détermination du champ aérodynamique d'un plasma en écoulement est un problème difficile. Si, depuis plusieurs années, au laboratoire « phénomènes de transport dans les milieux en réaction » comme dans d'autres laboratoires, nous avons pu réaliser la mesure des vitesses par déplacement Doppler des raies d'émission, les mesures n'ont pu être effectuées qu'à haute vitesse (correspondant à des déplacements spectraux d'environ $5 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}$).

Or, dans un grand nombre de cas, l'écoulement est relativement lent. C'est pourquoi nous pensons utile de signaler à des utilisateurs éventuels (en particulier ceux étudiant la chimie des plasmas) qu'il est possible désormais (de mesurer des vitesses moyennes et leurs fluctuations, dans des conditions assez sévères (par exemple : plasma HF à la pression atmosphérique) grâce à l'utilisation de l'anémométrie Doppler-laser (ADL).

Exemple de signal de fluorescence pour un anémomètre LA 230 - Rouen.



L'ADL est une méthode d'apparition relativement récente pour la mesure de champs cinématiques, en particulier dans le cas des fluides. Elle présente un intérêt considérable en permettant l'acquisition de données expérimentales dans des situations où l'anémométrie à fil chaud est impuissante (ex : fluides corrosifs, ou gaz à hautes températures).

Cette méthode a été adaptée à Rouen au cas d'un plasma d'argon et d'hélium haute fréquence. La mesure de vitesses moyennes et de fluctuations de vitesse a été réalisée par ADL interférentielle haute-puissance. Un certain nombre de difficultés spécifiques a dû être résolu, en particulier : présence de champs haute-fréquence, importante quantité de lumière parasite émise par le plasma et les particules diffusantes portées à hautes températures, mais surtout problème de l'ensemencement du plasma en particules diffusantes.

Ce dernier problème est particulièrement délicat à résoudre, à cause d'exigences contradictoires : le diamètre des particules diffusantes doit être suffisant pour engendrer des signaux à bon RSB, mais il ne doit pas dépasser une certaine limite au-delà de laquelle les champs cinématiques du plasma et des particules seraient différents. Ce diamètre doit donc être contrôlé au niveau du champ d'interférences en tenant compte de l'évaporation subie par des particules qui transitent entre les spirales dans un milieu où la température atomique atteint sensiblement 10 000 K.

Mesure locale et instantanée de concentrations d'espèces radicalaires dans les flammes par fluorescence

L'influence de la turbulence sur la combustion n'est pas un sujet de recherches récent. Par contre actuellement, des efforts sont faits pour modéliser cette interaction. Quelles que soient les méthodes d'approche, les auteurs sont amenés, devant la complexité du problème, à faire des hypothèses simplificatrices, faute de données expérimentales. C'est pour remédier à cet état de fait, qu'une méthode de mesure locale et instantanée de la concentration des espèces radicalaires dans les flammes est mise au point au laboratoire. Cette méthode repose sur l'analyse de la fluorescence induite par impulsion laser, qui d'après un article « prospectif » de J.W. Daily devrait permettre d'atteindre des concentrations beaucoup plus faibles que celles obtenues grâce à la technique Raman-laser maintenant bien connue. Les radicaux OH dans les flammes étant déjà étudiés au laboratoire par spectroscopie d'absorption et par spectrométrie de masse, c'est sur ces radicaux que la méthode de fluorescence avec une flamme plate laminaire en vue de l'appliquer aux flammes turbulentes est mise au point. A la température de la flamme, 2 000 K, l'absorption la plus importante a lieu dans la transition $2^2 \text{ IV} \leftarrow \text{O}^1 \text{ II} \leftarrow 2^2 \text{ IV} \leftarrow \text{O}^1 \text{ II}$; le

laser est donc accordé sur une raie de cette bande, la raie Q^1_2 à 308,9734 nm. Ces impulsions laser très brèves (4 ns) accumulent une grande énergie ($\sim 1 \mu\text{J}$) dans un intervalle spectral étroit de $2 \cdot 10^{-3} \text{ nm}$ voisin de la largeur Doppler de la raie visée, sur une tache de focalisation de 10^{-3} m^2 . Après l'impulsion, la relaxation des OH excités sur le niveau électronique supérieur se fait soit par émission du rayonnement de fluorescence autour de la même longueur d'onde, soit par choc. Ce dernier processus, très important à haute pression, ayant pour effet de réduire fortement la constante de temps de l'exponentielle de fluorescence, nous avons choisi de travailler avec une flamme sous basse pression (18 torri) de façon à obtenir des durées de fluorescence mesurables. L'étude du signal de fluorescence analysé par un boxcar moyennant 100 tirs avec une résolution de 1 ns a permis de déduire une section efficace moyenne de collision dans la flamme, et d'établir un profil de concentration des radicaux OH à travers le front de flamme.

Analyse du processus de formation de barrière or-silicium

ERA n° 659 - Grenoble

Dans le cadre de l'étude des structures MIS en tant qu'éléments de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire (voir le Courrier du CNRS n° 24, avril 1977) l'équipe de physique des composants électroniques (ENSERG) a analysé la formation et l'évolution temporelle de la barrière de structures or-silicium monocristallin de type N. Cette étude qui a été réalisée en collaboration étroite avec le groupe de physique du Centre de recherches nucléaires de Strasbourg a permis de cerner le mécanisme de formation de la barrière or-silicium, grâce à la conjonction d'un ensemble de résultats expérimentaux obtenus à Strasbourg et une simulation sur ordinateur des propriétés de transport des cellules MIS effectuée à l'ENSERG. Ces résultats expérimentaux ont été obtenus à l'aide du relevé des caractéristiques courant-tension en obscurité ou sous illumination de la mesure de la barrière métal-semiconducteur par des méthodes optiques ou électriques et de l'évaluation de l'oxygène accumulé à l'interface métal-semiconducteur par spectroscopie de masse d'ions secondaires et par la réaction nucléaire $^{18}\text{O}(\alpha, \alpha') \text{O}^{16}$. Ainsi il a été montré que la diffusion de l'oxygène de l'atmosphère à travers la couche métallique (dont l'épaisseur varie entre 100 Å et 700 Å) entraîne la neutralisation de charges positives situées à l'interface semiconducteur-isolant par un mécanisme de piégeage pour les électrons du semiconducteur et fait apparaître avec le temps des propriétés photovoltaïques optimales qui n'apparaissent pas si la structure, qui est réalisée sous vide, n'est pas mise à l'air.

Ce même mécanisme explique aussi le détérioration des performances photovoltaï-

ale de 34 nm. nal ac- (1 μ J) it de ller de sation nique on du r de la os. Ce haute for- onen- choi base e des alysé avec dure lision fil de ars le

nde

tures sion air le 377) ants for- bar- stal- ré- c le her- s de e la tion aux tion port (G. ste- ues lu- ital pti- de tal- de ré- de la rie li- in- un ic- tre si- si le, e- g-

ques observées très longtemps (10⁵ minutes) après la mise à l'air de la structure. Il semble que la mise au point d'une autre série de mesures de la capacité et des pertes dynamiques (en fonction de la tension de polarisation et de la fréquence) d'une structure MIS permettra de mieux analyser le comportement de l'oxygène en piège pour les électrons du semiconducteur et caractériser ainsi l'interface isolant-semiconducteur.

Méthode ferrographique ERA n° 665 - Lyon

Le 10 mars 1978 s'est tenu à l'Institut national supérieur appliquée de Lyon, sous l'égide du Club français de tribologie, une journée sur la ferrographie. La méthode ferrographique a été utilisée principalement en Grande-Bretagne et aux États-Unis pour analyser les particules d'usure qui se forment dans un contact lubrifié. Cette analyse est basée à la fois sur le type et sur le nombre de particules formées. Cette technique est très largement utilisée dans les mécanismes lubrifiés pour détecter les incidents de fonctionnement (usure, fatigue...) et pour éventuellement stopper l'appareil dans lequel se trouve le composant défaillant.

Chimie

Nouvelle cellule d'électrolyse Laboratoire des sciences du génie chimique - Nancy

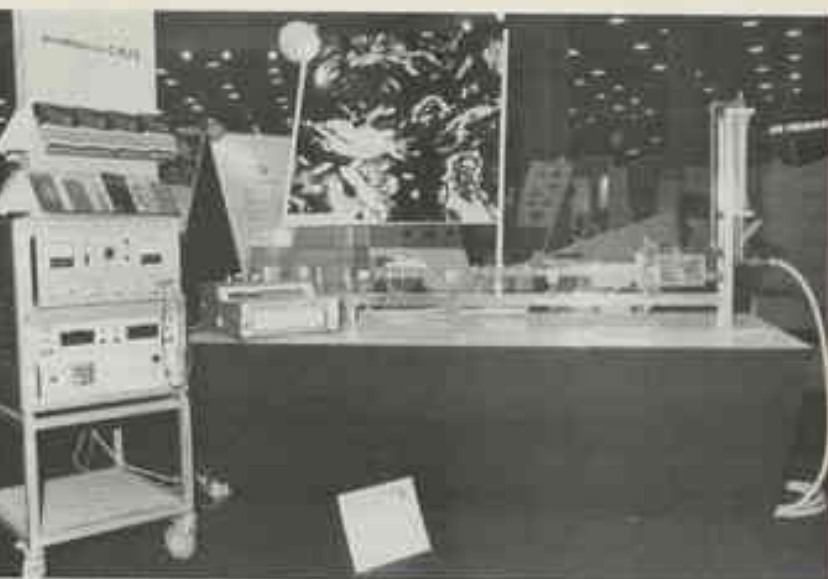
Dans le cadre du salon « Interchimie » (Paris 5 au 10 décembre 1977), le laboratoire des sciences du génie chimique a présenté une nouvelle cellule d'électrolyse permettant d'accroître les densités de courant limite, qui correspondent à la vitesse maximale à laquelle un procédé électrochimique peut être réalisé dans des conditions hydrodynamiques fixées.

Dans l'appareillage présenté, ce moyen consiste à disposer au voisinage de l'électrode de travail des obstacles cylindriques ou sphériques destinés à accroître l'agitation et la turbulence locale du fluide et donc à diminuer la polarisation de concentration sur l'électrode.

Une technique originale (utilisation de microélectrodes circulaires de très faible diamètre) permet de mesurer les valeurs locales des densités de courant limite et de les relier à la densité d'énergie mécanique dégradée localement.

Des expériences ont montré que la présence d'une monocouche d'obstacles au voisinage de l'électrode de travail permet de multiplier la densité de courant limite par un facteur de l'ordre de 3 à 4 suivant la disposition géométrique de ces obstacles.

Ces recherches permettent, grâce à la technique de mesure à l'échelle locale, de rechercher les conditions optimales d'ob-



Nouvelle cellule d'électrolyse permettant d'accroître les densités de courant limite (laboratoire des sciences du génie chimique - Nancy)

tention d'une meilleure uniformité et d'une augmentation des densités de courant limite et de relier cette augmentation à l'énergie supplémentaire consommée dans la cellule.

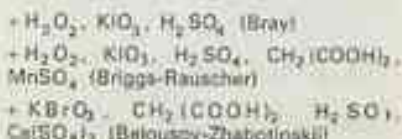
Par ailleurs, ce type d'étude pourrait être généralisé à toute opération mettant en jeu le transfert de matière entre un liquide et une paroi, et se trouvant limitée en pratique par des phénomènes diffusifs : c'est le cas en particulier, de la récupération électrolytique des métaux contenus dans les solutions diluées, l'électrodialyse dont les cellules sont limitées en productivité par la polarisation de concentration au niveau des membranes, l'ultrafiltration et l'osmose inverse.

Structures dissipatives et microémulsions

Centre de recherches de chimie structurale « Paul Pascal » - Talence

• Structures dissipatives

Depuis plusieurs années des recherches sur les structures dissipatives apparaissant dans des systèmes physico-chimiques sont poursuivies activement. Sur le plan expérimental trois réactions sont étudiées :



Le développement et la mise au point d'un réacteur continu ont permis de mettre en évidence, puis d'étudier les phénomènes singuliers que l'on rencontre loin de l'équilibre : oscillation temporelle, multistabilité,

hystérèse chimique, excitabilité, régulation inverse. Un compte-rendu des principaux résultats ainsi obtenus est publié dans *Images de la chimie 1977*.

Grâce à la mise en œuvre d'un ordinateur pilotant en temps réel le réacteur continu, une analyse approfondie des réactions chimiques oscillantes a pu être entreprise. L'identification de plusieurs espèces intermédiaires, la détermination des variations de leur concentration au cours du temps, apportent de nombreux éléments sur lesquels fonder la recherche de l'origine des oscillations. En outre, la preuve vient d'être faite que celles-ci ne sont pas de nature thermique, confirmation nécessaire d'une hypothèse implicitement admise jusqu'ici. Aussi est-il dorénavant légitime de recourir à ces réactions comme modèle expérimental de phénomènes similaires observés dans le monde vivant.

Le résultat le plus récent est la mise en évidence effective de l'existence simultanée de trois états stables (deux stationnaires, un oscillant) pour un ensemble de conditions données. Attendue depuis longtemps, cette découverte illustre une fois de plus l'intérêt de l'analyse thermodynamique des processus irréversibles consacrée par le prix Nobel de chimie 1977 attribué au professeur Prigogine. Quelques éléments de cette analyse et les phénomènes qu'elle permet de décrire, y compris les différents types de structures dissipatives connus, sont présentés dans un film couleur 16 mm de trente minutes intitulé « Loin de l'équilibre ». Ce film a été réalisé avec le concours du SERDDAY qui en assure la diffusion.

• Microémulsions

Les microémulsions sont des systèmes li-

physiques thermodynamiquement stables, constitués d'eau, d'hydrocarbure fluide, d'un tensioactif et d'un cotensioactif généralement un alcool : si à des masses égales d'eau et d'huile on ajoute un tensioactif on obtient une émulsion ; si à cette émulsion on ajoute une quantité suffisante d'un cotensioactif, on obtient une solution limpide. Ces systèmes ont été appelés microémulsions parce qu'il a été montré que la tension interfaciale entre les deux phases de l'émulsion était progressivement diminuée par l'introduction du cotensioactif, permettant ainsi une suspension de gouttelettes submicroscopiques. Dans les systèmes très riches en eau ou très riches en huile, il s'agit en fait de micelles d'une certaine à quelques centaines d'ångström de diamètre. On connaît encore peu de choses sur les microémulsions plus concentrées en eau ou en huile, ce qui explique l'intérêt porté à ces systèmes, intérêt du reste stimulé par les applications pratiques dans les domaines des cosmétiques, des peintures et surtout de la récupération tertiaire du pétrole.

Le laboratoire a surtout étudié le système eau-toluène-dodecylsulfate de sodium (SDS) - butanol et a d'abord déterminé le diagramme de phase - en représentation pseudoternaire - pour différentes valeurs du rapport SDS-butanol et en fonction de la salinité. Le domaine d'existence de la microémulsion est particulièrement vaste lorsque le rapport SDS-butanol est voisin de 2. Puis, le domaine monophasique d'observations physiques - essentiellement centrifugation, cryodépouillage, RMN haute résolution, relaxation magnétique nucléaire, viscosité - a été quadrillé afin de déceler et analyser des « objets micellaires » éventuels à durée de vie longue par rapport aux durées d'une trempe à l'aspect liquide ou d'une centrifugation et d'étudier les mouvements moléculaires des différentes espèces.

Les clichés de microscopie électronique obtenus sur des répliques de surface d'échantillons trempés (technique du cryodépouillage) montrent effectivement des « objets » sphériques dans les régions riches en eau ou riches en huile. Les tailles sont de l'ordre de quelques centaines d'ångström : dans les régions riches en mélange actif, on observe des zones à objets globulaires, d'autres à aspect lamellaire.

Des expériences de sédimentation par centrifugation ont été entreprises sur des systèmes riches en eau et des systèmes riches en huile à la limite de la démixtion qui apparaît lorsque on diminue la concentration en mélange actif. Il est remarquable que les microémulsions riches en eau ne sédimentent pas alors qu'elles sédimentent lorsqu'elles sont riches en huile. Dans la région riche en eau, les interactions ioniques répulsives inter-micellaires empêchant toute sédimentation.

La résonance magnétique nucléaire de ces systèmes fournit des spectres bien ré-

solés. Les déplacements chimiques varient peu en fonction des concentrations sauf celui des protons OH - en aucun cas, on observe la superposition de deux spectres l'un des micelles, l'autre celui de la phase intermicellaire. Il y a donc échange rapide des espèces en particulier du butanol entre les différents sites. En présence de sel (8% de NaCl par rapport à l'eau) une microémulsion riche en toluène présente un élargissement du pic (CH_2)₂ du butanol traduisant un ralentissement de l'échange, c'est-à-dire une rigidification de la « membrane » micellaire.

Les temps de relaxation nucléaire, T_1 , des divers types de protons des constituants ont été mesurés dans tout le domaine de stabilité de la microémulsion protons de l'eau, β et γ du butanol, méthyliques du toluène (CH_3) 3 à 11 du SDS. On n'observe aucune variation rapide des temps de relaxation des différentes espèces, les variations de structure se font donc de façon continue. En termes de mobilité, celle de l'eau diminue régulièrement lorsque la concentration en mélange actif ou en toluène augmente indiquant un piégeage progressif des molécules d'eau. Celle du toluène diminue lorsque sa concentration diminue, indiquant un piégeage progressif. La mobilité du butanol est minimum dans la région riche en mélange actif, augmente progressivement et est pratiquement constante sur le cône de démixtion, comme si le butanol « échangeait » rapidement entre le milieu intermicellaire et les micelles étant indifférent à la courbure de celles-ci. Le SDS présente une mobilité maximum dans la région riche en toluène.

Ces phénomènes de relaxation qui révèlent la microviscosité sont éclairés par les résultats des mesures de viscosité de cisaillement. La surface représentative de la viscosité dans le diagramme ternaire présente deux minimums dans les régions riches en eau et riches en toluène, un maximum dans la région riche en mélange actif et un second maximum qui situe la zone d'inversion micellaire « huile dans l'eau » - « eau dans l'huile ». De cette zone vers la région riche en mélange actif, l'augmentation de la concentration en butanol « lubrifie » les structures, puis les interactions butanol-butanol et butanol-SDS augmentant, la viscosité augmente à nouveau.

De cette étude émerge, encore assez imprécise, une certaine vision de cette microémulsion : les systèmes riches en eau ou en toluène sont vraisemblablement constitués de micelles sphériques piégeant le toluène ou l'eau respectivement. À faible concentration en mélange actif et à quantité à peu près égales d'eau et de toluène, les interactions entre micelles sont suffisamment fortes pour déformer les micelles et conduire à leur inversion. À forte concentration en mélange actif, il s'agit vraisemblablement d'agréats à géométrie rapidement variable dont certains sont peut-être lamellaires. Dans tous

les cas, le tensioactif est le composant structurant et les mouvements moléculaires de réorientation et de diffusion sont rapides. Dans un large domaine de concentration, on est en présence d'un état analogue à un état critique dans lequel les fluctuations sont importantes.

Progression des recherches et publication **Laboratoire de chimie du solide - Talence**

- Les travaux du laboratoire se poursuivent dans plusieurs directions :
 - mise au point d'une nouvelle méthode d'hydruration facilitant l'absorption de l'hydrogène sur le magnésium métallique pour le stockage de l'énergie ;
 - mise au point de nouveaux composés carbone-carbone à hautes performances mécaniques ;
 - obtention de nouveaux électrolytes solides vitreux à base de lithium et à haute conductivité ionique ;
 - étude structurale et physique de nouveaux verres fluoro-aluminiques.

- Publication de « Boron and refractory borides » ouvrage à contributions internationales, Springer.

Publication **GR n° 20 - Paris**

« Absolute configuration of 6 000 selected compounds with one asymmetric carbon atom » configuration absolue d'une sélection de 6 000 composés possédant du carbone asymétrique de M. J. Jacques, directeur de recherche, Mme Claude Gros et Simone Bourcier avec la collaboration de Mme J. Brienne, chargée de recherche et M. Jean Toullec, maître de recherche, parus aux Editions Georg Thieme Stuttgart (1977).

Publication **GR n° 28 - Montpellier**

Préparation d'un ouvrage d'ensemble sur « les propriétés électriques des interfaces chargées » coordonné par D. Schumann, Messon et Cie, 324 p. (avril 1978). Cet ouvrage a été préparé à la suite d'une école d'été organisée par le laboratoire en septembre 1975 sur « les interfaces chargées » dont les participants venaient de secteurs très divers des sciences exactes et techniques.

Partant des études sur la double couche à l'interface métal-électrolyte, on aboutit à montrer comment les notions qui sont devenues se généralisent aux autres interfaces et combien des propriétés peuvent intervenir dans de très multiples applications : corrosion, pollution, peintures, mouillabilité, catalyse, stabilité des émulsions et des colloïdes, propriétés biophysiques des membranes, flottation.

Cet ouvrage, dont la publication a été subventionnée par le CNRS, permettra aux chercheurs de disposer d'un ouvrage en français, parfaitement à la page, à la pré-paration duquel ont participé les chercheurs francophones les plus en vue dans ce domaine.

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

- Variations très rapides de l'émission d'une étoile en voie de formation Observatoire de Haute-Provence - St-Michel l'observatoire

Un récepteur de lumière à combrage de photons mis au point par A. Labeyrie a été adapté à un spectrographe nébulaire monté au foyer Cassegrain du télescope de 193 cm.

Le détecteur est un amplificateur de brillance à galettes de microcanaux couplé par fibres optiques, à un tube récepteur de télévision « Nocticon » : l'ensemble est fabriqué par la société Thomson CSF. Le gain interne important obtenu par l'emploi de ce détecteur permet d'observer chaque photo-électron émis par la première photo-cathode.

Le développement de cette technique a été mené à bien grâce à une collaboration organisée par l'INAG, entre les différents laboratoires (observatoires de Haute-Provence et de Marseille, laboratoire d'astronomie spatiale de Marseille). Ces techniques doivent être utilisées sur le télescope de 3,6 m actuellement en construction et qui sera installé dès cette année sur le Mauna Kea à Hawaï (télescope Canada-France-Hawaï).

Les spectres obtenus sont analysés au moyen d'un système d'acquisition et de prétraitement des données : « Multiphot », construit à l'observatoire de Haute-Provence. Avec cet instrument on peut observer directement sur un écran de visualisation le spectre obtenu qui est aussi stocké dans les mémoires d'un ordinateur. Le gain de pose par rapport à la plaque photographique est considérable : on peut observer un spectre de bonne résolution d'une étoile de diamètre grandeur en trois minutes alors qu'il fallait une pose de cinq à six heures avec les méthodes anciennes. Cette technique peut aussi être utilisée pour l'étude des sources faibles avec de longues poses.

Grâce à ce dispositif, Yvette Andillat et Charles Fehrenbach ont mis en évidence le 2 mars 1978 entre 20 h 12 mn et 20 h 41 mn, des changements très importants et très rapides en quelques minutes dans la contour de la raie H α de l'étoile T-Tau.

Cet astre a donné son nom à une catégorie d'étoiles, considérées actuellement comme des étoiles jeunes, de masse voisine de celle du Soleil, qui, en pleine formation, sont encore dans une phase de contraction gravitationnelle. Leurs spectres montrent, superposés à un spectre d'étoiles de type avancé, G à M, des raies d'émission, notamment de l'hydrogène et du calcium ionisé. Le profil de ces raies est complexe : il comporte une raie d'émission large due à une enveloppe en expansion (ou peut être en contraction). À cette

raie se superpose une absorption assez large due à une enveloppe absorbante. Une raie d'émission fine mais très intense, centrée très sensiblement sur l'ensemble a été mise en évidence. Elle est très probablement produite dans la chromosphère de l'étoile.

Quatorze spectres de l'étoile T-Tau, espacés d'environ 6 à 7 minutes ont été obtenus. Le temps d'enregistrement d'un spectre était de 200 secondes environ. La dispersion était de 17 Å mn⁻¹ et la résolution de l'ordre de 5.000. Des changements spectaculaires du spectre dont l'aspect variait d'un enregistrement à l'autre se sont alors produits. Ainsi à 20 h 12 mn, la raie centrale est très nette mais elle ne dépasse guère le creux de l'absorption centrale, elle augmente ensuite et entre 20 h 40 mn et 20 h 49 mn, cette raie est la structure dominante du spectre, elle baisse ensuite en intensité avec des fluctuations pour disparaître complètement à 21 h 30 mn : elle réapparaît légèrement à la fin de nos observations interrompues par le coucher de l'étoile. À ce moment l'absorption est très intense.

Des variations aussi spectaculaires ont aussi été observées le 18 mars, ce qui confirme complètement nos premières observations. Le 19 mars au contraire la raie fine est plus intense que le 2 mars, elle a subi un certain nombre de fluctuations mais en restant toujours très intense. Grâce à une amélioration de nos techniques, l'observation a été pratiquement continue au cours de ces dernières nuits seulement dix à quinze secondes étaient nécessaires pour passer d'un spectre au suivant.

Il s'agit d'une observation importante car T-Tau est une étoile de diamètre comparable à celui du soleil de l'ordre de un à deux millions de kilomètres et des changements si rapides ne peuvent pas être facilement expliqués. Cette émission est peut-être localisée dans une partie seulement de la chromosphère. On sait que sur le soleil on n'observe des variations si rapides que dans les petites tourbillons qui sont les « grains de riz ». On observe aussi des protubérances qui émettent la raie H α . Elles varient avec des pseudo-périodes de quelques heures, mais elles sont si faibles qu'on ne peut les observer que dans le cas du soleil. Dans le cas de T-Tau il s'agit d'un phénomène cataclysmique.

Signalons que cette étoile est entourée d'une nébuleuse très raréfiée qui se manifeste par les raies, dites interdites, caractéristiques des nébuleuses et dues à l'excitation ionisée, ces raies sans doute varient aussi en intensité. De nombreux théoriciens s'intéressent à ces étoiles et les fluctuations si rapides, mises en évidence pour la première fois, permettraient peut-être de faire avancer la théorie de ces étoiles en formation. Le mécanisme de chauffage de la chromosphère, notamment n'est pas encore élucidé.

- Programme interdisciplinaire de recherche sur la prévision et la surveillance des éruptions volcaniques INAG - Paris

Un programme interdisciplinaire de recherche sur la prévision et la surveillance des éruptions volcaniques (PIRSEV) a été mis en place par le CNRS. Son action guidée par des préoccupations strictes de recherche fondamentale est centrée essentiellement sur l'étude des mécanismes et de la dynamique des phénomènes éruptifs et sur la mise au point de méthodes d'observation et de modélisation.

Le comité scientifique de ce programme a retenu les principaux thèmes suivants :

• Etudes phénoménologiques. Expérimentation sur volcans actifs

Les travaux doivent être orientés vers la mise au point et la confrontation sur le terrain de méthodes d'observation et de mesures permettant de repérer, de caractériser et de suivre les différents stades d'évolution des phénomènes éruptifs et d'établir des corrélations entre événements ou paramètres associés.

• Histoire des volcans et reconstitution des événements éruptifs

Les travaux doivent être axés sur la mise au point de méthodes et de critères permettant l'identification des études chronologiques fines et la détermination des relations séquentielles des différents produits émis par les volcans ainsi que la reconstitution de l'histoire tectonique et de ses relations avec les phénomènes magmatiques.

• Etudes théoriques et expérimentales. Elaboration des concepts et des méthodes physiques et chimiques de base

La compréhension des mécanismes et la modélisation des phénomènes éruptifs reposent sur les progrès de la magmatologie et de la tectonophysique.

En magmatologie, l'accent sera mis sur l'étude des propriétés structurales des silicates fondus, des solubilités des gaz, et des réactions d'échanges entre la phase gazeuse et les bains silicatés.

En tectonophysique, l'analyse des déformations superficielles et des processus tectoniques doit faire appel à un renforcement de nos connaissances des relations entre mécanique des roches, tectonique et magmatisme.

Les personnes désirant obtenir des informations complémentaires ou qui souhaitent apporter leur concours au développement de ce programme sont priées de s'adresser à M. Treuil, délégué du PIRSEV, INAG, 77 avenue Denfert-Rochereau, 75014 Paris. Tél. 329.21.12.

- Opération : « Craton Ouest Africain »

Centre de recherche géophysiques - Gerchy

Le centre de recherches géophysiques (CRG) réalise actuellement avec l'aide financière de l'INAG un équipement de

sondage magnétique différentiel destiné à l'étude des anomalies de conductivité. L'une des applications possibles de cet appareil est la détermination de la distribution de la résistivité électrique au voisinage de la bordure du craton ouest africain afin d'apporter des informations supplémentaires aux géologues du centre de recherches géologiques et géophysiques de Montpellier (CGGM) qui étudient les rapports de ce craton avec les terrains beaucoup plus jeunes qui le bordent à l'est et à l'ouest. Prévue initialement au Mali, dans l'Adrar des Iforas, pour étudier la limite est du craton, la campagne de mesures s'est finalement effectuée au Sénégal en travers de la bordure ouest. Outre le CRG, participaient à cette expédition des chercheurs et des techniciens du CGGM et de l'Office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer (ORSTOM) dans le cadre d'une opération tripartite partiellement financée par l'INAG.

Un premier profil de 200 kilomètres entre Tambacounda et Kedougou comptant sept stations de mesures, a été achevé le 15 février. Un second est en cours d'installation plus au nord. L'équipement scientifique est constitué essentiellement par les cinq premières stations magnétiques dotées du système d'acquisition numérique synchrone, réalisées en 1977 par le CRG. Après une brève campagne en Italie destinée à parfaire leur mise au point sur le terrain, celles-ci subissent à cette occasion leur premier test réellement opérationnel. Jusqu'à présent, elles ont fonctionné de façon entièrement satisfaisante et les premières cassettes numériques sont en cours de traitement au laboratoire de géomagnétisme à Paris. Les résultats complets de la campagne seront connus avant l'été 1978.

- Publications

Centre de sédimentologie et de géochimie de la surface - Strasbourg

- « Etude géochimique comparative de quelques gisements supergènes de fer » par Yves Bessus, sciences géologiques, mémoire 47, 1977, 146 p.

- « Lithostratigraphie et tectonique des schistes lustrés dans les Alpes cottiennes septentrionales et en Corse Orientale » par Jean-Michel Carron, sciences géologiques, mémoire 48, 1977, 326 p.

(Les commandes sont à adresser à la bibliothèque de l'institut de géologie, 1, rue Blessig, 67084 Strasbourg Cedex).

- Traitement des images télévision Laboratoire d'astronomie spatiale - Marseille

Dans le cadre de l'ATP « traitement des images », le LAS a mis en place une unité d'acquisition, de visualisation et de traitement en temps réel des images de 256 x 256 pixels provenant de détecteurs optoélectroniques bidimensionnels du type télévision. Cette unité se compose d'une mémoire MOS de 64 kilo-mots, d'un microprocesseur, d'un moniteur cou-

leur, d'un clavier de contrôle et d'un enregistreur à disque souple. Des traitements standard permettent de choisir le mode de visualisation et de choisir les couleurs, de déplacer et d'agrandir les images, de tracer des profils et des histogrammes, de calculer l'intégrale à l'intérieur d'un contour tracé manuellement à l'aide d'un marqueur. Cette unité sert essentiellement pour la télévision par comptage de photons et la télévision analogique mais elle peut aussi se connecter à un mini-ordinateur et assure alors la visualisation d'images après traitement.

Le système de télévision analogique utilise une caméra standard (25 images/seconde). Son électronique comporte un convertisseur analogique digital qui numérise l'image sur 8 bits au rythme d'une colonne par trame, soit en 20,5 secondes. De plus, il est possible de couper le faisceau de lecture afin de laisser la cible intégrer les signaux faibles.

La partie « traitement » de l'unité permet de corriger les images des effets de non-linéarité et de non-homogénéité de la photocathode grâce au stockage préalable de huit images étalonnées et compressées au format 32 x 28 pixels. Pour la télévision par comptage de photons, le clavier permet d'afficher le temps de pose et de lancer l'intégration ; la constitution de l'image est visualisée en temps réel sur le moniteur.

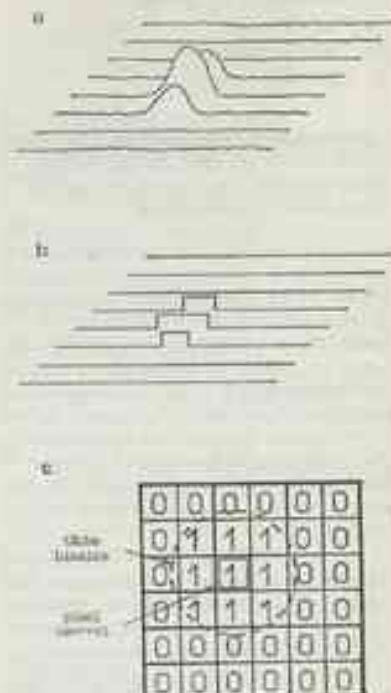
Premiers essais d'un détecteur bidimensionnel à comptage de photons

Deux laboratoires propres du CNRS : l'Observatoire de Haute-Provence et le laboratoire d'astronomie spatiale, ainsi qu'un laboratoire associé au CNRS, l'Observatoire de Marseille, ont mis en commun, dans le cadre de l'INAG, leurs efforts et leurs compétences complémentaires pour mettre au point un détecteur bidimensionnel à haute sensibilité.

Les dispositifs de télévision donnent depuis peu de temps à l'astronomie une nouvelle classe de détecteurs. Le principe de ces instruments est de « lire » avec un tube de télévision l'image fournie par un amplificateur de brillance à haut gain. Les progrès importants réalisés dans la technologie des détecteurs d'images rendent possible la détection individuelle des événements (scintillations) associés aux photons incidents, donc, finalement au comptage de photons, au rendement près de l'amplificateur.

Cette méthode appliquée pour la première fois par Boksenberg en Angleterre et par Labeyrie en France a permis la réalisation, par l'Observatoire de Haute-Provence, du dispositif Multiphot destiné à l'enregistrement unidimensionnel des spectres stellaires.

De son côté, le laboratoire d'astronomie spatiale travaillait à ces problèmes dans le contexte des grands instruments spatiaux. En particulier, une étude de phase B de l'optique de la « Faint object camera » du



La centration des événements photoniques : le signal vidéo résultant d'un photoélectron (a), après discrimination (b) ; l'image binaire du photoélectron dont le centre de gravité fournit l'adresse (c), (laboratoire d'astronomie spatiale).

Space telescope de 2,40 mètres de la NASA avait été confiée au LAS par l'ESA et nécessitait un dispositif bidimensionnel capable de traiter les images de la Faint object camera dont la qualité ne doit être limitée que par la diffraction.

Enfin, l'Observatoire de Marseille possède un tube de télévision attribué par l'INAG pour le perfectionnement des méthodes interférentielles Fabry-Perot et monté sur un réducteur focal qui transforme le rapport d'ouverture F/15 du télescope de 193 cm de l'Observatoire de Haute-Provence en un rapport F/3. L'éclairage du détecteur est, par cet artifice, 25 fois plus grand.

Dans le dispositif mis au point par le LAS, chaque événement détecté par le tube de télévision se traduit par une impulsion du signal vidéo qu'un discriminateur filtre et transforme en un signal tout ou rien, image binaire du photoélectron. Une électronique de centrage très performante réalise un traitement en temps réel de cette image : reconnaissance de sa forme, réjection des parasites et calcul de son centre de gravité. L'élément d'image ou pixel d'où provient le photoélectron étant ainsi identifié, l'électronique envoie une adresse à la mémoire de l'unité d'acquisition - d'une dynamique de 16 bits - et le mot correspondant est incrémenté.

Les observations effectuées en 1977 à l'Observatoire de Haute-Provence ont montré que cette méthode permet, à résolution spatiale égale, d'obtenir un gain

d'un facteur 10 par rapport aux tubes images couplés aux émulsions photographiques et un gain d'un facteur 50 par rapport aux plaques photographiques. Elle permet de plus, d'obtenir, en temps réel, des évaluations quantitatives, offrant la possibilité d'une appréciation rapide et approfondie de la qualité des observations réalisées.

- Géomorphologie historique et climatique des régions méditerranéennes

LA n° 141 - Paris

Dans le cadre de la réorganisation du laboratoire de géographie physique, intervenue en 1976, quatorze chercheurs se sont regroupés au sein d'une nouvelle équipe dont les objectifs ont été définis comme suit : travailler en priorité sur le thème de l'évolution des paysages des régions méditerranéennes depuis la dernière période froide, poursuivre les études de géomorphologie régionale indispensables pour maintenir une vision assez large des interactions entre les oscillations climatiques et les déformations tectoniques, envisager d'autres thèmes de recherche précis susceptibles d'autoriser un travail efficace dans le cadre de projets extérieurs au laboratoire (ATP, GRECO, actions DGRST) projets en cours ou à venir.

Les chercheurs de l'équipe ont acquis au cours de la dernière décennie une connaissance approfondie de la plupart des « milieux » de la rive nord-méditerranéenne : de l'Espagne, aux Pyrénées orientales, au Midi de la France et à la Corse, à l'Italie du Sud, la Sicile, la Grèce et à Chypre. Un certain nombre d'entre eux ont pu, déjà, en 1977, effectuer des missions centrées sur le thème de l'évolution des paysages depuis la fin de la dernière période froide. Des résultats très encourageants ont été obtenus en Lucanie, en Macédoine, à Chypre et en Haute-Provence.

En 1978, le travail se poursuivra sur ces terrains en mettant l'accent sur les datations absolues et sur l'interprétation des paléosols. Une extension du travail d'équipe est prévue en Provence. Sur les autres terrains, des recherches préliminaires seront engagées pour préparer une participation des chercheurs au colloque prévu à Paris au printemps 1979 (sous l'égide de l'Association de géographes français, Paris).

Depuis quelques années, un intérêt grandissant est porté à l'étude des modifications récentes des paysages, à celle des oscillations climatiques relativement mineures du post-glaciaire, aux dégradations du milieu liées à l'intervention grandissante de l'homme. Les rives septentrionales de la Méditerranée offrent un terrain très favorable dans cette perspective. Des sociétés d'agriculteurs-éleveurs s'y sont implantées très tôt et les restes archéologiques, les documents historiques fournissent des informations abondantes. Mais en outre, les régions basses, notamment littorales, ont été le siège d'une très im-

portante sédimentation qui a été un enregistreur fidèle de l'évolution intervenue sur les versants. Il s'agit d'un remblaiement réalisé en plusieurs épisodes, épais de quelques mètres à plus d'une quinzaine de mètres, et qui a été souvent qualifié - à tort - d'« historique ». Dans certaines circonstances favorables, ce remblaiement a été entaillé par des cours d'eau et placé dans la position d'une basse terrasse. Des coupes verticales du remblaiement sont alors exposées au-dessus des lits majeurs : elles montrent des alternances de niveaux détritiques plus ou moins grossiers et de niveaux riches en argiles et matières organiques qui, à première vue, peuvent être interprétés comme des paléosols. Dans un premier temps, l'équipe de géomorphologie historique et climatique a centré son effort sur l'inventaire des paléosols, la recherche des vestiges archéologiques en liaison avec historiens et préhistoriens, enfin l'obtention d'âges absolus par la méthode C14.

Premiers résultats des missions :

- En Lucanie (golfe de Tarente, vallée du Bradano) l'épaisseur des remblaiements, qui reposent directement sur les marnes calabroises, peut atteindre 20 m. L'accumulation comporte deux séquences, séparées par un épisode intermédiaire de recroisement, localement très profond. La séquence inférieure recèle 4 épisodes pédologiques. Les deux épisodes les plus anciens ont été datés de 3 910 BP et 5 800-6 000 BP. Cette séquence s'achève par un sol qui a été fossilisé par les dépôts de la séquence supérieure, après l'épisode de recroisement (coupe de Ponte Santa Lucia, figure ci-dessous).

Sur d'autres coupes, un âge plus ancien (7 250 BP) a été obtenu pour la base du remblaiement, un âge très récent (150 BP) pour un épisode ultime de para-chèvement de la surface sommitale. Une

autre datation obtenue sur du charbon de bois situé à la base d'un paléosol de la séquence ancienne donne 3 760 BP. Les restes archéologiques connus antérieurement (tessons de la Grande Grèce), se situent dans un niveau plus élevé. Au cours de la plus récente mission (septembre 1977) on a découvert dans le remblaiement de la vallée voisine du Cavone, les restes d'une ferme de la première partie du IV^e siècle av. J.C., éparpillés lors d'une inondation catastrophique. Les difficultés du drainage, qui ont résulté de la tendance au remblaiement dans les fonds de vallées, peuvent avoir contribué au déclin de Métaponte, une des colonies de la Grande Grèce dont le site initial situé à l'embouchure du Bradano fut alors abandonné.

- En Macédoine (plaine située à quelques kilomètres au NE de Katerini), l'ouverture d'une carrière a mis à jour au printemps dernier la coupe ci-dessous. Dans un site proche de la mer se sont succédés les principaux épisodes suivants : installation d'un peuplement et foyers datés de 7 500 BP, au-dessus d'un sol brun-rouge épais ; remblaiement limoneux interrompu par deux brefs épisodes de pédogenèse ; creusement d'une fosse pour une tombe macédonienne à demi enfouie (380-360 av. J.C.) ; reprise du remblaiement ; élaboration d'un paléosol épais incluant des débris de poteries et du charbon (780 BP) ; reprise du remblaiement sur 2 à 3 m.

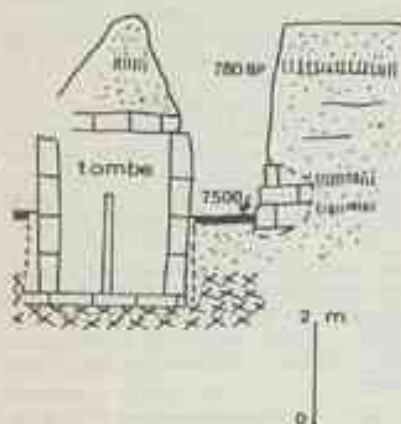
- A Chypre, une carte géomorphologique détaillée (échelle 1/5 000) du site antique d'Agnathonte (côte méridionale) a été réalisée. Les relevés ont permis de suivre les fluctuations du niveau marin, d'identifier un remblaiement de 3 m d'épaisseur postérieur au I^{er} siècle av. J.C., d'évaluer les effets propres à chaque grand type d'organisation sociale (époches géométrique, ar-



Coupe de la basse terrasse du Bradano (Ponte Santa Lucia)



Coupe de la basse terrasse du Bradano (Lucanie). Alternance des paléosols sombres et de dépôts alluviaux.



Coupe de la nouvelle carrière des briquettes de Katarrin.

chaïque, classique, hellénistique, romaine, byzantine). Le bilan de l'érosion anthropique est ainsi modulé au cours du temps, et mis en parallèle avec une évolution climatique à l'échelle historique qui a conduit d'un type méditerranéen encore humide à un type plus sec. Les effets d'une catastrophe sismique ont été également analysés.

• En Haute-Provence, on a distingué en altitude quatre stades glaciaires post-würmiens. Les deux stades les plus anciens sont d'âge Dryas I (d'après les analyses de pollens et les datations C14). Les deux stades ultérieurs appartiennent au Dryas récent et probablement au Pré-Boréal inférieur. Ces conclusions valident considérablement les récurrences froides post-würmiennes, par rapport à la chronologie admise à ce jour pour les Alpes du Sud. Dans les massifs les plus élevés seulement, il est possible d'identifier deux phases de progression glaciaire plus récentes (la plus proche étant le « petit âge glaciaire »). Les premières datations C14 de sols et paléosols forestiers du bassin de Barcelonnette révèlent l'importance de la pédogénèse atlantique jusqu'à plus de 2 000 m d'altitude.

- Analyse bathymétrique des dunes hydrauliques dans l'embouchure de la Gironde

LA n° 197 - Talence

Le centre de recherches sur l'environnement sédimentaire et structural des domaines marins poursuit l'analyse de cartes bathymétriques de l'embouchure, à l'échelle du 1/2 000ème, qui révèle l'existence de dunes hydrauliques. Ces dunes, appelées ridins, sont situées entre -20 et -30 m de profondeur dans le chenal de navigation. Hautes de 5 à 6 m et espacées de 60 à 120 m, elles ont été mises en place par l'action résiduelle des courants



Systèmes d'égouts (chegues maximal de Metaponte (Lucerne). Ruines de la Grande Grèce

de fond. La déformation de ces dunes se marque par des variations de pente et de sinuosité analysables à partir de la bathymétrie et des bandes de sonde. Les résultats obtenus et la visualisation de ces ridins par blocs-diagrammes suggèrent l'existence de variations de courants résiduelles à l'intérieur même du chenal et à l'échelle kilométrique. Une carte bathymétrique dressée un mois et demi après la première campagne (17/02/76) et sur la même zone montre l'absence de déplacement visible des lignes de crête. Par contre, on observe sur deux profils de son-

submergées par les débordements du Roudou (IV^e siècle avant J.-C.).

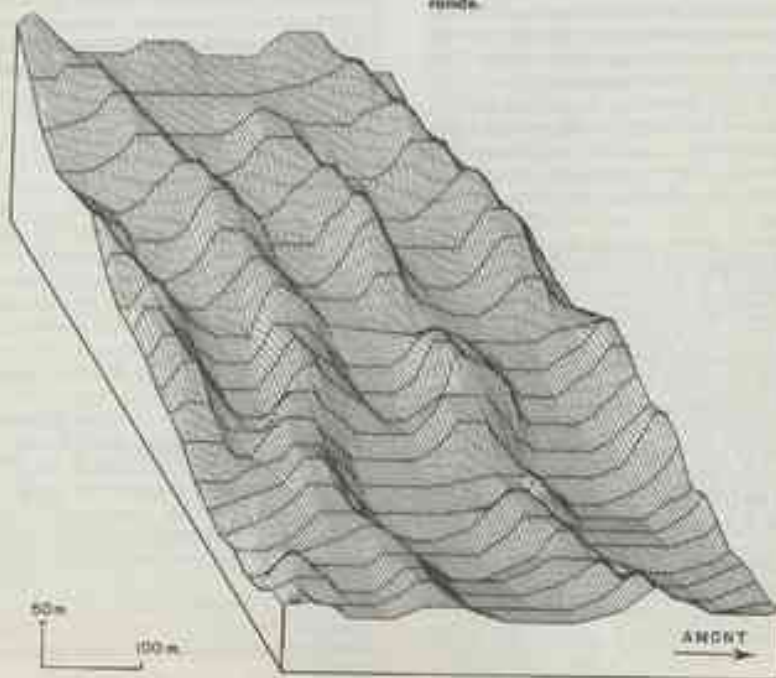
dage effectués en mai 1977, un déplacement de ridins par rapport aux données précédentes.

Des études complémentaires de bathymétrie et de sédimentologie sont en cours afin de mieux cerner l'évolution des phénomènes hydrodynamiques et sédimentologiques de cette région.

- Campagne océanographique en Méditerranée orientale ERA n° 605 - Paris - Villefranche-sur-Mer

Du 5 novembre au 6 décembre 1977 le

Ridins dans le chenal de navigation de la Gironde.



navire océanographique le « Suroît » mis à la disposition du groupe d'étude de la marge continentale (ERA n° 605) et du département de géologie structurale de l'université Paris VI par le CNEOX a effectué une campagne de géologie marine en Méditerranée orientale. La campagne « Ariane » qui constituait la deuxième étape d'une étude structurale et géologique de l'arc épiroclastique s'est essentiellement déroulée dans le Sud Cnétos. Ces principaux objectifs étaient de compléter les relevés géophysiques déjà acquis au niveau de la fosse dite de Matapan (dans le Sud-Ouest de l'île d'Antiochthère) d'acquies un levé détaillé de la fosse individualisée dans le sud de l'île de Gavdos et de compléter les données déjà acquies au niveau de la marge crétacée et des fosses dites de Plin et de Strabon. D'autre part, bénéficiant d'un navire bien équipé pour ces manœuvres, de nombreux dragages ont été implantés dans l'ensemble de la zone où les pentes très fortes sont favorables à de telles tentatives. Le N/O Le Suroît a quitté Nice le 5 novembre pour réaliser les travaux dans le sud-ouest de la Crète et a fait escale à Heraklion le 19 novembre. La deuxième partie de la campagne a débuté le 22 novembre et s'est terminée à Nice le 6 décembre 1977. 6 300 km de profils bathymétriques et magnétiques ont été acquis et les profils sismique-réflexion totalisent 2 700 km. Ces profils réalisés à l'aide de plusieurs canons à air et de la chaîne sismique de la station de géodynamique de Villefranche ont été enregistrés simultanément sur trois enregistreurs graphiques (avec des balayages et des filtres différentiels) et sur bande magnétique (pour rejeu ultérieur). Vingt et un dragages ont été tentés, treize ont permis de recueillir un grand nombre d'échantillons rocheux dont la plupart sont manifestement arrachés à la paroi. L'ensemble des données de routine (navigation, bathymétrie, magnétisme) est actuellement en cours de

traitement informatique tandis que l'analyse plus détaillée des échantillons est entreprise (micropaléontologie, lames minces etc.). Les profils sismiques implantés au niveau de la fosse de Matapan indiquent par opposition aux profils implantés dans le sud de Gavdos un remplissage sédimentaire récent assez important. Cette différence s'explique en partie par la présence de bassins sous-marins néogènes existant sur la marge dans le sud de la Crète et précipitant les produits provenant de l'érosion de la Crète. Il est également possible qu'un transport sédimentaire assez intense existe au niveau du détroit de Cythère séparant la Crète du Péloponnèse. Des profils permettant ainsi de pouvoir mieux préciser l'emplacement de futures plongées scientifiques qui doivent être réalisées dans l'avenir dans ces deux zones.

Au total, seize personnes, dont huit du groupe d'étude de la marge continentale et cinq du département de géologie structurale ont participé à la campagne Ariane 77 durant laquelle était également embarqué un observateur grec de l'Institut des mines d'Athènes.

- La campagne de plongées « cyalligura » dans les canyons sous-marins méditerranéens

ERA n° 605 - Villefranche-sur-Mer
La campagne de plongées en submersibles « cyalligura » attribuée par le CNEOX au CNRS s'est déroulée entre le 18 septembre et le 24 octobre 1977. C'était une campagne de géologie sous-marine utilisant le N/O « Le Suroît » et la soucoupe « Cyana », qui avait pour but de compléter les résultats obtenus pendant la campagne « Estocade 76 » dans les canyons provençaux, avec pour objectif principal la reconnaissance et le prélèvement des formations d'âge miocène, pliocène et quaternaire de reconnaître la structure des canyons sous-marins corses avec pour ob-

jectif principal la mise en évidence et la datation des phénomènes tectoniques en association avec le volcanisme ; d'établir une comparaison entre canyons provençaux et corses dans le cadre général des différentes hypothèses émises sur la formation et l'évolution du bassin nord-occidental de la Méditerranée.

La météo rencontrée pendant cette campagne a été de façon générale assez médiocre. Les périodes de mauvais temps ont été mises à profit pour préciser l'environnement topographique des différents secteurs de plongée choisis : c'est ainsi qu'environ 1 000 kilomètres de coupes bathymétriques au sondeur à pinceau large ont été levés. Le positionnement relatif du navire était assuré à quelques mètres près grâce à la navigation par balises acoustiques mouillées dans des champs dont la position dans l'absolu était définie avec une très bonne précision soit par le système de radionavigation Motorola soit par la combinaison des données fournies par le Lorain C, les satellites et le radar. Le dépouillement des données bathymétriques était effectué au fur et à mesure et les cartes en courbes de niveau, dessinées à bord.

La navigation de la capsule Cyana se faisait à l'intérieur des champs de balises ainsi définies : c'est ainsi que quatorze balises ont été mouillées représentant quatre champs d'exploration distincts. Dix-sept plongées ont été réalisées pendant cette campagne, représentant 60 heures passées sur le fond et une distance parcourue de 51 200 mètres. Vingt-cinq échantillons de roches ont été prélevés. Le traitement des échantillons de roches sédimentaires a été effectué directement à bord après chaque plongée et le résultat des analyses micropaléontologiques a permis d'orienter les plongées suivantes. Quatre dragages géologiques ont complété les données fournies par les plongées.

L'équipe scientifique embarquée était composée de chercheurs français appartenant à divers organismes tels le CNRS, les universités de Paris, Nice et Montpellier, la société nationale Elf-Aquitaine (production) et le centre océanologique de Bretagne.

Entre le 15 et le 18 octobre le « Suroît » et « Cyana » ont participé à l'opération « Janus » pendant laquelle le ministre de l'Industrie a été informé des objectifs et des principaux résultats de la campagne Cyalligura.

Ces principaux résultats tels qu'ils ont pu être dégagés immédiatement à l'issue de la campagne peuvent se résumer brièvement de la façon suivante : l'absence sur la marge continentale provençale de sédiments d'âge miocène, seulement supposée à la suite de la campagne Estocade, est directement confirmée. Cette absence est probablement liée aux phénomènes d'érosion qui ont prévalu pendant la période d'assèchement du bassin méditerranéen, c'est-à-dire le Messinien, il y a de cela environ 6 millions d'années.

Campagne océanographique en Méditerranée orientale (ERA 605 - Paris - Villefranche-sur-Mer).



Aspect du bord du Canyon de Pimelcone photographié à bord de la nacelle « Cyane » par 1 500 mètres de profondeur (campagne « Cyallure »).



Il a également été démontré dans ces canyons la réduction extrême des séries pliocènes contrastant avec l'importance des séries quaternaires sous la forme inattendue de puissantes séries néoténiques comportant des formations conglomératiques de douze mètres d'épaisseur.

Une des impressions dégoûtées est que ces canyons sous-marins, initialement creusés au Messinien, ont été par la suite colmatés et recrus pendant le Quaternaire. L'importance de cette érosion quaternaire est également bien visible dans les canyons du Sud de la Corse dans lesquels en outre ont été mis en évidence, par plus de 1 000 m de profondeur, des phénomènes tectoniques ainsi que de puissantes formations volcaniques sous forme notamment d'orgues « basaltiques », en cours de datation.

Sciences de la vie

Physiologie vestibulaire Laboratoire de physiologie du travail - Paris

Le laboratoire de physiologie du travail du CNRS, département de physiologie neuro-sensorielle, effectue des recherches dans le domaine de la physiologie vestibulaire et de la contribution du système visuel à l'orientation spatiale. Un chariot à moteurs linéaires permettant d'imposer à des sujets humains ou à l'animal des accélérations de 0 à 2 m/sec² a été construit avec l'aide de l'école nationale supérieure d'arts et métiers à Paris (ENSAM). Ce chariot, actuellement implanté à l'ENSAM, est un stimulateur unique en France qui

n'a que peu d'équivalents, même aux Etats-Unis.

Les thèmes de recherche qui sont abordés grâce à cet appareil sont :

- le contrôle otolithique du mouvement des yeux ;

- le rôle des informations vestibulaires dans la perception du mouvement du corps ou dans la poursuite oculaire de cibles visuelles ;

- l'étude chez l'animal des activités neuroniques induites par les récepteurs vestibulaires otolithiques.



Publications

Institut de neurophysiologie et psychophysiologie - Marseille

Les comptes-rendus des deux réunions organisées par l'institut en 1976 : « Les coordinations visuo-motrices » (journées thématiques « Espace ») et « The transformation group model for perceptual and cognitive psychology » (séminaire d'étude « ETG/NP »), viennent de paraître dans les « Cahiers de psychologie », numéros spéciaux 3-4, vol. 19, et 2-3, vol. 20.

Enzymologie pathologique

LA n° 85 - Paris

Les deux pôles de la vie ont été cette année les principaux objets d'étude du groupe d'enzymologie qui fait partie du laboratoire de pathologie et biologie cellulaire et moléculaire (CHU Cochin). Le diagnostic prénatal de plusieurs enzymopathies (maladies de Tay Sachs, de Sandhoff, de Pompe, de Fabry, fucosidoses, et d'autres déficits d'enzymes lysosomiaux, galactosémies) a été pratiqué avec succès, et on a pu en définir avec plus de rigueur les conditions et risques d'erreur. Parallèlement des progrès ont été faits dans la connaissance de la lésion moléculaire de plusieurs de ces enzymopathies ; et aussi de la méthémoglobinémie par déficit en NADH-cytochrome b₅ réductase ; et de l'intolérance héréditaire au fructose.

Par ailleurs, les mécanismes moléculaires du vieillissement enzymatique ont été étudiés. Plusieurs enzymes du globule rouge et du centre du cristallin, tissus où la biosynthèse protéique a cessé, sont à l'étude. Un « matériel à réaction croisée » pour plusieurs enzymes ; des modifications de charge électrique, dues le plus souvent à une désamidation, et surtout pour la glucose-6-phosphate déshydrogénase du globule rouge, une protéolyse limitée de l'extrémité C-terminale de l'enzyme a été

Cheriot à moteurs linéaires permettant d'imposer à des sujets humains ou à l'animal des accélérations de 0 à 2 m/sec². (Laboratoire de physiologie du travail).

provenant de ces résultats montrent l'importance des modifications post-transcriptionnelles. Ils sont à comparer avec les résultats sur les tissus où la synthèse protéique continue, où le laboratoire montre l'absence de matériel à réaction croisée pour plusieurs enzymes (dans les fibroblastes humains en phase III, dans le foie de très vieux animaux, et surtout dans les polynucléaires de grands vieillards, où le renouvellement cellulaire est très rapide). L'ensemble de ces travaux met en question la théorie de « l'erreur catastrophique » comme explication de la sénescence.

Déficiences en α -neuraminidase : les sialidoses

LA n° 217 - Villeneuve d'Ascq

Des travaux réalisés en collaboration avec des services de pédiatrie de Lille, Paris, Gènes et Mayence, ainsi qu'avec la clinique neurologique de Naples ont permis de décrire un nouveau type d'enzymopathie : la sialidose.

De fait, la sialidose regroupe, du point de vue clinique, cinq maladies différentes, dont certaines sont provisoirement désignées par les initiales du patient, que l'étude biochimique a permis de classer en sialidose de type A et en sialidose de type B (tableau 1).

Toutes ces affections sont caractérisées par l'accumulation, dans les tissus et dans les urines, de sialyloglycosaccharides et les structures du double d'entre eux ont été établies, chez les dix-sept patients étudiés jusqu'à ce jour. Le rapport des liaisons sialyle α -12 $\rightarrow$ 6/ α -12 $\rightarrow$ 3 pour ce matériel accumulé est de 1 dans le cas de la sialidose de type A et de 8-130 dans le cas de la sialidose de type B. Cette observation confirme les résultats des dosages enzymatiques qui ont apporté la preuve d'une spécificité étroite des différentes formes « iso-enzymatiques » de l' α -neuraminidase vis-à-vis de substrats naturels. Aussi l'hypothèse suivante a-t-elle été proposée, selon laquelle l'activité α -12 $\rightarrow$ 3 neuraminidase serait portée par une forme polymérique α , tandis que l'activité α -12 $\rightarrow$ 6 neuraminidase correspondrait à un hétéropolymère α - β . Les sialidoses de type A et B correspondraient donc respectivement à une mutation soit de l'isomère α , soit de l'isomère β .

Enfin, il est particulièrement intéressant de constater que, dans la sialidose de type A, un déficit des 2 activités neuraminidasiques conduit à une hypersécrétion des enzymes lysosomiales dans les liquides extracellulaires, fait qui n'est observé que de façon très discrète dans le cas de la sialidose de type B. Cette hypersécrétion d'enzymes, par ailleurs hypersialylés (Vladin et Rattazzi), s'accompagne d'une inhibition de leur endocytose par divers types de cellules en culture (Neufeld et al.). L'ensemble de ces observations permet de mettre l'accent sur l'existence d'un marqueur glycolipidique (ici masqué par l'acide sialique) associé à ces enzymes et

Tableau 1

Sialidose	Forme clinique	Activités (en %) des neuraminidasases	
		α -12 $\rightarrow$ 3	α -12 $\rightarrow$ 6
Type A	Forme sévère : Mucopolysaccharidose II	0 $\pm$ 10 %	0 $\pm$ 10 %
	Forme atténuée : Mucopolysaccharidose III	10 $\pm$ 30 %	10 $\pm$ 30 %
Type B	Forme sévère : Mucopolysaccharidose I et mucopolysaccharidose VI	100 %	0 %
	Forme atténuée : Mucopolysaccharidose IV et N	100 %	0 $\pm$ 10 %

qui joue un rôle fondamental dans les phénomènes d'endocytose et d'emballage (packaging) des hydrolyases par les lysosomes.

Ecto-sialyltransférase du lymphocyte

Une équipe du laboratoire a démontré l'existence d'ecto-sialyltransférases à la surface des lymphocytes. L'étude des propriétés de ces ectoenzymes montre qu'elles se distinguent de la sialyltransférase intracellulaire par son incapacité à sialyler des accepteurs exogènes macromoléculaires alors qu'elle sialyle efficacement des accepteurs micromoléculaires et ses propres accepteurs membranaires. Ces résultats suggèrent que cette enzyme est profondément enfoncée dans la membrane contrairement à ce qui avait été précédemment observé pour l'ectogalactosyltransférase.

D'autre part, l'observation que l'activité sialyltransférase d'un homogenat était plus faible que celle des cellules entières, a conduit à mettre en évidence un inhibiteur cytosolique de la sialyltransférase intracellulaire. Ce composé est thermolabile et de faible masse moléculaire. Cette découverte permet de proposer l'hypothèse suivante sur la régulation de la sialyltransférase : inhibée dans la cellule, l'enzyme ne deviendrait fonctionnelle qu'à la fin du « membrane flip » quand, devenue ectoenzyme libérée de l'inhibiteur, elle pourrait sialyler les glycoprotéines membranaires par un processus de « co-glycosylation ».

Publications

LA n° 218 - Paris

Le laboratoire de taxonomie et écologie des flores tropicales a fait paraître :

« Les Orchidées de la Nouvelle-Calédonie » de N. Hallé, 566 p., 172 cartes, 215 planches n.t.

« Adansonia » 17, fascicules 3 et 4,

1977, association de botanique tropicale, 16, rue Buffon, 75005 Paris.

« Flore du Gabon n° 24 (chrysobalanacées, scytopétalacées).

« Flore du Cameroun n° 20 (chrysobalanacées, scytopétalacées, rosacées).

Les régulations d'origine membranaires

RCP n° 390 - Brest

Du 28 novembre au 4 décembre 1977, s'est tenu à la station biologique de Roscoff un colloque international ayant pour thème : « Les régulations d'origine membranaires ».

Depuis ces dernières années, notre connaissance de l'organisation dynamique de la surface de la cellule a considérablement progressé. La surface membranaire n'est pas considérée comme un médiateur plus ou moins perméable entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule, mais la membrane possède un rôle clef dans les processus de reconnaissance cellulaire et les transferts de cellules à cellules.

Ces études sont très importantes dans les problèmes de développement et d'évolution des organismes, la fécondation, l'évolution des systèmes immunitaires et le cancer.

Ce colloque était interdisciplinaire, différentes approches ont été abordées, depuis l'étude théorique et thermodynamique des propriétés membranaires jusqu'aux régulations membranaires dans l'embryogenèse précoce.

Une longue session a été consacrée à la réinitiation mitotique. C'est dans ce système que le rôle de la membrane plasmique comme transducteur du signal peut être le mieux analysé.

Il a été souligné l'importance de l'ion calcium et de l'AMP cyclique.



Les plaques gravées du musée de Salto (mission de sauvetage archéologique de Salto Grande) - URA 5 et 25 - centre de géomorphologie.

Sciences de l'homme

- Recherches géomorphologiques, archéologiques et cartographiques URA n° 5 et 25 - Paris

Centre de géomorphologie - Caen
Une mission UNESCO de sauvetage archéologique dont la responsabilité revient aux URA n° 5 « Préhistoire de l'Amérique du Sud » et 25 « Préhistoire de la région andine » a débuté fin 1976 dans la région de Salto en Uruguay avant la mise en eau d'un barrage prévue pour la fin de 1978 et qui doit inonder la vallée sur 130 km de long. Quelques sites connus avaient fourni des collections de galets décorés, céramiques, pointes de flèches aux amateurs de Salto : les pièces les plus remarquables étaient constituées par des plaques gravées déposées au musée de Salto. Cependant la zone était archéologiquement inconnue, aucune succession ni définition de cultures n'ayant été établies. La richesse archéologique soupçonnée et la position de la zone comme point de contact entre les cultures méridionales des pampas et les cultures de l'intérieur brésilien, décidèrent donc Mme Laming-Emperaire à demander des crédits de mission à l'UNESCO et aux gouvernements uruguayens et français.

La phase de prospection qui a préparé le travail aux équipes d'archéologie, a été conduite en équipe interdisciplinaire par trois chercheurs appartenant à trois laboratoires CNRS.

Effectuant une prospection aérienne, fluviale et terrestre, ils ont dressé deux cartes archéologiques (120 sites localisés sur la seule rive uruguayenne et une première typologie établie) et géomorphologique (bases de la stratigraphie du Quaternaire, spécialement du Quaternaire récent, définition des problèmes spécifiques aux fouilles à effectuer dans un domaine flu-

viatile géomorphologiquement dynamique...). Les résultats obtenus ont permis à trois équipes françaises, canadienne et uruguayenne d'entreprendre des fouilles durant plusieurs mois en 1977, tandis que des équipes de huit pays sont attendues en 1978.

Dans le cadre des accords entre le Centre de géomorphologie du CNRS et l'université de São Paulo, des échanges de chercheurs et d'enseignants se sont effectués de 1971 à 1977, ils ont donné lieu à des travaux sur le terrain dans l'état de São Paulo et récemment dans l'état du Minas Gerais (en collaboration avec l'université fédérale UFMG). Les techniques cartographiques ont permis à des équipes formées par les soins de chercheurs du centre de géomorphologie de lever quatre cartes des formations superficielles à différentes échelles : 1/25 000, 1/50 000 et 1/100 000 : elles sont complétées par des cartes géomorphologiques et une carte des sites archéologiques liés aux abris sous roches et aux phénomènes karstiques dans les environs de Lagoa Santa (MG). Un colloque de deux semaines clôturera ces travaux, permettant d'apprécier l'intérêt de ces études dans les domaines aussi variés que la géologie, la pédologie, l'utilisation du sol, l'archéologie et l'environnement. 50 personnes se sont inscrites, dont une forte participation française. Colloque et visites de terrain auront lieu du 27 août au 9 septembre, à partir de São Paulo et Belo Horizonte.

- Découverte de fragments crâniens URA n° 14 - Valbonne

Parmi les toutes récentes et les plus importantes découvertes archéologiques des chercheurs de l'URA « préhistoire des hauts plateaux éthiopiens » et de leurs débords : ont mis au jour des fragments

crâniens au niveau de l'Olduvien ancien, soit quelque 250 000 ans BP. Ceci une fois de plus atteste l'extraordinaire importance des gisements éthiopiens de Melku Kunturé.

- Nouvelles installations

Centre d'histoire et d'analyse des manuscrits modernes - Paris

Le centre d'histoire et d'analyse des manuscrits modernes (CAM) du CNRS, dont les chercheurs travaillent à l'Ecole normale supérieure de la rue d'Ulm, vient d'inaugurer de nouveaux locaux au n° 81 de la rue de Richelieu. Un étage de ce bâtiment a été aménagé conjointement par le CNRS et la bibliothèque nationale en vue d'assurer la protection de documents précieux pendant la durée de leur exploitation scientifique. En même temps, l'appareillage pour l'analyse de tels documents est progressivement mis en place, en collaboration avec les services techniques et le personnel scientifique de la bibliothèque nationale.

La première collection à en bénéficier sera celle des manuscrits de Louis Aragon et Elsa Triolet qui ont été donnés au CNRS l'année dernière. Un autre programme, assuré en commun par les autorités scientifiques françaises et canadiennes, porte sur l'étude et l'édition critique des manuscrits d'Emile Zola. Les spécialistes français et étrangers trouveront rue de Richelieu des installations d'accueil pour leur permettre la consultation des documents et pour faciliter leurs recherches.

L'inauguration des nouvelles installations a été marquée par une séance de travail placée sous la présidence de MM. Georges Le Rider, administrateur général de la Bibliothèque nationale, Jean Pouilloux, directeur scientifique du CNRS et Jean Bousquet, directeur de l'ENS. Cette réunion a permis d'examiner la vocation du CAM et ses échanges avec la recherche universitaire d'une part, les grands établissements de conservation et de recherche de l'autre.

- Fonctionnement et activité

Centre d'études et réalisation cartographiques géographiques - Paris

Créé en février 1976, en même temps que le laboratoire Intergéo, par scission du service de documentation et de cartographie géographique (SDCG) en deux laboratoires distincts, le centre d'études et réalisations cartographiques géographiques (CERCG) poursuit les activités de la section cartographique de l'ancien service, auxquelles il en a ajouté quelques autres. Il est utile d'informer la communauté des géographes, ainsi que les autres chercheurs travaillant sur l'espace géographique, sur le fonctionnement du centre, ses activités en 1977, et sur les moyens techniques qu'il peut mettre à leur disposition. Le fonctionnement du centre se partage entre deux groupes d'activités :

• **Travaux propres du centre.** Il s'agit de travaux entrepris à l'initiative du centre lui-même, dans le cadre de sa vocation de

recherche scientifique et technique telle qu'elle est définie par ses statuts et par les recommandations du comité national et de la direction du CNRS.

Parmi ces travaux propres figurent notamment : la réalisation et la publication des coupures et notices de la carte géomorphologique détaillée de la France au 1:50 000 ; des analyses détaillées de géographie historique, physique, écologique, sociale ou économique ; des recherches sur le traitement, l'interprétation et l'exploitation des documents de télédétection, en collaboration avec d'autres organismes : EHESS, ENS - Montrouge, IGN, ORSTOM.

On peut adjoindre à ces activités les interventions du centre comme conseiller technique ou scientifique, dans la formation professionnelle (stages, formation permanente) ainsi que l'aide aux étudiants de 3^e cycle des universités.

Travaux sur commandes extérieures. Il s'agit d'activités du centre exercées à titre onéreux. Ce sont des travaux pour chercheurs, laboratoires du CNRS ou autres organismes scientifiques ou universitaires. Ce sont aussi, éventuellement, des travaux d'intérêt collectif approuvés ou demandés par les diverses commissions du comité national, ou entreprises sur convention d'assistance définie par la direction du CNRS. Ce sont enfin des travaux sur contrats ou devis, à la demande d'autres organismes publics nationaux (ministères, DGRST) ou internationaux (ONU, UNESCO, FAO), ou même organismes privés.

Ces travaux peuvent porter sur une réalisation complète depuis la recherche documentaire et le traitement de l'information, les études de conception graphique, les propositions de maquettes et la fabrication des originaux cartographiques jusqu'à la clicherie et à l'impression. Dans certains cas, cependant, il ne s'agit que d'interventions partielles au niveau du dessin, de la photographie ou de l'imprimerie.

La liste suivante énumère, à titre d'exemple, les travaux les plus récents réalisés ou en cours de réalisation.

Cartographie géomorphologique : carte de France au 1 : 50 000 : Chartres, Evreux, Courville-sur-Eure, Saugues, Saint-Chély-d'Apcher, Castellane, Saint-Giron ; carte de France au 1 : 25 000 : Dieulefit 1-2 ; carte de Tunisie au 1 : 50 000 : La Goulette.

Cartographie thématique : plan de Paris au XIV^e siècle ; cartographie des ressorts administratifs en France à la fin de l'Ancien Régime (1789) ; cartographie du recensement de 1806 ; cartographie des activités industrielles (1806-1810) ; analyse des unités CNRS des sciences de l'homme ; planisphère au 1 : 25 000 000 de la répartition mondiale des régions arides (pour l'ONU) ; atlas des « langues du monde ancien et moderne ».

Travaux de télédétection : recherches méthodologiques sur le traitement photographique et informatique des données numériques multispectrales des satellites LANDSAT sur la région d'Oursi (Haute Volta), en collaboration avec l'ENS de Montrouge (laboratoire Verger) et l'ORSTOM ; études méthodologiques dans le domaine de l'occupation du sol dans les Bouches-du-Rhône, en collaboration avec le laboratoire de télanalyse de l'EHESS (laboratoire Glig) ; traitement en couleurs composites des images LANDSAT sur le Luit (Iran), le Mali, le Tchad, la France.

Etudes et analyses : études météorologiques, climatologiques et topographiques sur les sites de centrales solaires en France du Sud (projet THEMIS du PIRDES - CNRS) ; recherches sur les problèmes de désertification pour le programme des Nations-Unies pour l'environnement (UNEP) ; analyse des données d'évapo-transpiration potentielle de 1 600 stations mondiales ; analyse des points d'eau et états de surface dans une région type du Niger ; planisphère des probabilités et des indices de sécheresse ; études en cours pour une série de cartes démographiques et économiques des états de la communauté économique européenne (CEE) ; recherches en vue de la réalisation de l'Atlas national de Tunisie, sur convention de coopération entre le CNRS et le CERES de Tunis ; projets à l'étude d'un Atlas français de l'informatique (industries et équipements) pour le ministère de l'Industrie.

Travaux divers : ils concernent des recherches et des réalisations complètes pour thèses de doctorat, des travaux de dessin, de photographie ou d'impression exécutés pour des demandeurs extérieurs au centre, notamment pour les laboratoires associés des universités, pour la photothèque Intergeo, pour des chercheurs, enseignants ou laboratoires du CNRS ou de l'université, pour diverses publications géographiques, etc.

En dehors des travaux sur conventions ou sur contrats, le CERCG peut prendre en charge la réalisation de travaux pour le compte de chercheurs individuels ou d'organismes du CNRS ou de l'université. A cet effet, le CERCG met à leur disposition, à titre onéreux, les services de ses différents secteurs : conception et méthodologie cartographiques, cellule de télédétection, ateliers de dessin de photographie et d'imprimerie.

Avant toute demande de travaux, il est nécessaire de faire établir un devis par le centre. Les tarifs pratiqués sont fixés par la direction du CNRS. Les chercheurs et enseignants du CNRS et de l'université bénéficient de la catégorie la plus favorisée. Les devis sont établis à la fois en valeur (heures de travail, fournitures) et en délais. Ils font foi de l'acceptation du travail par le CERCG.

Les demandeurs doivent ensuite présenter ce devis à un organisme habilité à leur accorder une subvention (section du comité national du CNRS, par exemple, ou universitaires), ou s'assurer d'un moyen personnel de financement. Une fois les crédits obtenus, les demandeurs doivent prendre contact avec le CERCG pour la mise en route de leurs travaux.

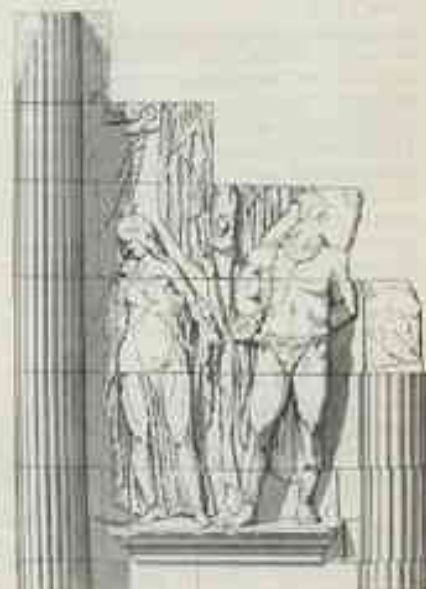
Les publications des travaux propres du CERCG sont diffusées par le CNRS. Les bons de commande doivent être adressés au centre d'études et de réalisations cartographiques géographiques, 191 rue St-Jacques, 75005 Paris. Le centre peut fournir sur demande une liste à jour de ses publications. La diffusion de la carte géomorphologique détaillée de la France au 1 : 50 000 est également assurée par le service des ventes du BRGM, BP 6009, 45018 Orléans Cedex.

Le CERCG est prêt, enfin, à étudier avec tout laboratoire du CNRS ou de l'université opérant en cartographie ou en télédétection, la formulation de conventions non administratives d'association qui assurent entre les partenaires une coopération déterminée sous la forme d'échanges de services, de mise en commun de moyens ou de compétences dispersées, de préparation et de diffusion de publications.

- Publications

Service d'architecture antique - Aix-en-Provence

- « Le temple de Bel à Palmyre » de H.



Prisonniers génois enchaînés à un trophée, relief de l'arc de Gémus (J. Bruchet) - Service d'architecture antique - bureau d'Aix-en-Provence.

Seyrig, R. Amy, E. Will, 2 vol. bibliothèque archéologique et historique de l'Institut français d'archéologie de Beyrouth, T. LXXXIII.

— « L'art de Glanum » par H. Rolland, relevés J. Bruchat : XXXI^e supplément à Gallia.

— Informatique et publication

Centre de documentation scientifique et technique — Paris

Après la physique-chimie, la physique, l'informatique, l'électricité, les sciences de la terre, l'énergie, la métallurgie, les sciences de l'ingénieur, les nuisances, c'est aussi la chimie pure et appliquée qui est accessible « en ligne » grâce à PASCALINE via le réseau français de téléinformatique Cyclades, qui permet à toute personne intéressée d'interroger à tout moment la base de données PASCAL d'informascience, implantée à Frascati (Italie) sur l'ordinateur de l'ASE (Agence spatiale européenne).

— Publications

Informascience, le centre de documentation scientifique et technique du CNRS (26, rue Boyer, 75971 Paris Cedex 20) a publié :

— 2 catalogues des périodiques reçus à la bibliothèque

— 3 nouveaux thésaurus et 8 lexiques.

— Publications

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

« Archéologie et calcul ». Textes recueillis par Mario Bonillo (LISH-Marseille) : Union générale d'Édition, coll. 10/18, Paris, mars 1978.

Ce recueil est consacré aux composantes les plus abstraites des méthodes et des objectifs de l'archéologie moderne, aux problèmes sémiologiques et linguistiques, mathématiques et logiques, que le recours à l'ordinateur ne pas introduit — ils sont aussi anciens que la démarche scientifique elle-même — mais révélés et imposés, dans le même temps qu'il ouvrait une voie concrète vers leur résolution. C'est précisément cet aspect désormais opératoire de l'abstraction que les textes réunis ici veulent souligner, en laissant aux archéologues et plus généralement aux chercheurs des sciences de l'homme le soin d'en tirer les conséquences pratiques, théoriques et épistémologiques propres à leurs disciplines.

— Publications

LA n° 51 — Paris

Le service d'édition de la revue l'Homme, publiée par le laboratoire d'anthropologie sociale sous la direction de J. Pouillon (chargé de conférences à l'EHESS), fera paraître en juin 1978 un numéro spécial (numéro double regroupant les n° 1-2 janvier-juin 1978) consacré au thème « Caste, lignage, territoire et pouvoir en Asie du Sud ».

Dans le cours de l'année 1978, signalons

également la publication de deux « Cahiers de l'homme », édités par l'EHESS. Le premier sera consacré à « L'anthropologie de France » (et regroupera une série d'articles édités par Claudine de France), et le second de M.L. Reiniche, sera intitulé : « Les dieux et les hommes. Étude sur les cultes d'un village du Tarn-et-Garonne ».

— Cartes électorales de l'Allemagne

LA n° 108 — Strasbourg

Les recherches effectuées dans le cadre de l'ATP « internationale 1977 » se poursuivent régulièrement. Toutes les cartes électorales de l'Allemagne de 1971 à 1976 sont maintenant terminées. Les commentaires sont en voie d'élaboration au centre d'études germaniques et au centre d'études contemporaines de l'université de Göttingen sous la direction conjointe des professeurs F.G. Dreyfus et Rudolf Von Thadden.

— Informatique et publications

LA n° 150 — Aix-en-Provence

Le centre de recherches et d'études sur les sociétés méditerranéennes (CRESM) est en train de faire passer un ordinateur sa documentation en sciences sociales sur l'Afrique du Nord. Le projet prévoit, dans un premier temps, l'entrée annuelle de 2 500 documents, traités par le logiciel « Mistral » implanté sur l'ordinateur CII IRIS 80 du centre de calcul du Pharo à Marseille.

Publications

— « L'évolution du droit des investissements étrangers au Maroc » de Jean Le-modère, collection les cahiers du CRESM, Marseille, CNRS 1977, 175 p. Vont paraître :

— Georges Murin : « La Mitidja, Décolonisation et espace géographique. Copublication du CNRS-Paris, Office des publications universitaires, Alger.

— Les tables décennales. Annuaire de l'Afrique du Nord 1962-1972 — Paris, CNRS.

— Publications

LA n° 166 — Paris

L'Institut de droit comparé a fait paraître : — « Revue de science criminelle et de droit pénal comparé », Sirey, trimestrielle.

— « Les vices du consentement dans le contrat dans les pays du Marché Commun », collection « Harmonisation du droit des affaires dans les pays du Marché Commun », sous la direction et avec un avant-projet de loi commentée de M. R. Rodière, ouvrage publié avec le concours du CNRS et de la commission des communautés européennes, Paris, Pedone, 1977.

— « Le transport de marchandises terrestres et aérien dans les pays du Marché Commun », collection « Harmonisation du droit des affaires dans les pays du Marché Commun », sous la direction et avec un avant-projet de loi commentée de M. R. Rodière, ouvrage publié avec le concours du CNRS, Paris, Pedone, 1977.

— Publication

ERA n° 285 — Paris

« La cour judiciaire suprême. Enquête comparative », sous la direction de MM. André Tunc, professeur à l'université de Paris, Pierre Bellet, premier président de la cour de cassation et Adolphe Touffait, procureur général honoraire près la cour de cassation, numéro spécial de la « Revue internationale de droit comparé » (1978).

L'ordinateur au service du Braille

ERA n° 298 — Toulouse

Le centre de transcription par ordinateur du Braille intégral et abrégé (TOBIA), créé et animé par une équipe de professeurs et de chercheurs de l'université Paul Sabatier de Toulouse travaille depuis 1970 à la rationalisation de l'un des moyens d'expression dont disposent les non-voyants. Aujourd'hui le centre est opérationnel. Il est à la disposition de tous ceux qui voudraient utiliser ce mode de transcription à la pointe du progrès.

Le centre Tobia ne cherche surtout pas à se substituer aux imprimeries Braille qui effectuent un travail remarquable. Son rôle se situe en amont et tend à remplacer une transcription manuelle, lente et parfois élastique, par une transcription automatique. Le processus comprend trois phases :

• l'entrée des données. L'assimilation du texte noir dans Tobia, à l'entrée de l'ordinateur, s'effectue par cartes perforées, directement sur un terminal avec écran de visualisation, par cassettes, bandes perforées ou bandes magnétiques de photo-compositeuses.

• la transcription des données. Le programme « Braille intégral », mise en page comprise, est compatible avec tous les types d'ordinateurs, même les mini. Le Braille abrégé* est opérationnel sur Iris 80.

• la sortie du texte en Braille. Elle s'opère par l'intermédiaire d'une imprimante braille TEM 8 BF que la Sagem a construite avec l'aide de la Dieli, selon les indications fournies. Le texte tombe sur du papier de 90 à 180 g à la vitesse de quinze caractères par seconde. De même, la restitution peut également s'opérer sur cassettes compatibles avec le système de lecture digicassettes, sur bandes perforées ou magnétiques prêtes pour la duplication dans une imprimerie spécialisée. On voit donc tout le parti que celles-ci peuvent tirer de cette invention.

La transcription abrégée de l'espagnol est en cours de tests. Celle des mathématiques se poursuit, ainsi que celle de la musique. On pense maintenant à la physique et à la chimie qui rendront service aux élèves.

Les champs d'application sont vastes et vont révolutionner l'usage du Braille.

(*) selon les normes du manuel « abrégé orthographique étendu » édité par l'association Valentin Haüy en 1964.



Grand bâtiment « à poids » - Urbanisation
estlandaise (Tarifa) - ERA 360 - Madrid

• Dans l'enseignement, par exemple : jusque-là, la production de livres pédagogiques n'arrivait pas à suivre les différentes réformes de l'enseignement. Grâce à Tobia, les temps de fabrication vont être considérablement réduits.

• Dans l'accès à la littérature : si les bibliothèques offrent d'imposants rayons, souvent les succès de librairie ne sont à la disposition des non-voyants que plusieurs mois plus tard, au moment où leur actualité n'est plus aussi vive.

• Dans le domaine de l'information : les revues en Braille sont nombreuses et donnent des nouvelles concernant les associations, la législation, etc. Mais il n'existe rien dans le domaine des médias. Pourquoi les non-voyants ne pourraient-ils, eux aussi « lire le journal » avoir à leur disposition un condensé des grands organes d'information, quotidiens ou hebdomadaires ? Demain, cela est possible.

• Enfin, dans la vie courante : ne serait-il pas plus simple de pouvoir disposer soi-même de ses relevés bancaires ou postaux, de contrôler ses quittances EDF, de vérifier son bulletin de salaire ou ses versements de la sécurité sociale édités en Braille. Cela aussi est possible demain. L'équipe de conception de systèmes informatiques n'est pas la seule à s'être penchée sur la question.

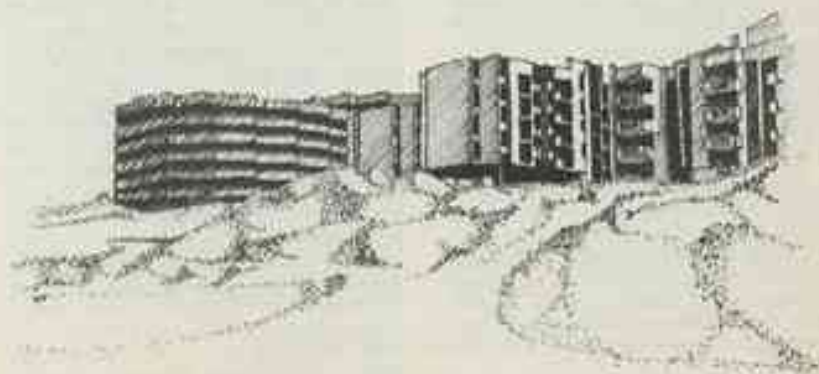
En France même, le Conservatoire national des arts-et-métiers, avec l'Institut universitaire de technologie de Clermont-Ferrand travaillent à une transcription en APL.

A l'étranger, l'avancement des travaux varie selon les pays. Le Danemark a mis en place un système de transcription automatique qui a nécessité une révision de l'abrévié. Comme à l'université de Münster en République fédérale d'Allemagne. A Heidelberg, il existe un centre de réadaptation qui produit les livres qui lui sont nécessaires.

En Angleterre, l'université de Warwick édite des cartes en relief et des relevés bancaires en collaboration avec la Lloyds Bank. En Hollande, Philips a financé une partie des recherches et des ingénieurs ont automatisé des machines Perkins permettant à la Dutch library for the blind de produire huit livres simultanément. L'algorithme de l'équipe a été utilisé par le professeur Fortier, au Canada qui, grâce à des subventions gouvernementales, conçoit actuellement un programme abrégé en Français.

C'est évidemment aux Etats-Unis que les plus grands moyens sont consacrés et, par voie de conséquence, les meilleurs résultats obtenus. Dans le Kentucky, trois mille personnes travaillent à la Printing house for the blind avec un programme mis au point par le Massachusetts institut of technology. A Cincinnati, soixante-dix millions de pages ont été « brailées » à la main en 1976, surtout pour des magazines et des livres d'art... La transcription par ordinateur est en cours. A Boston, la Howe Press s'est spécialisée dans la pro-

Grand immeuble au bord de mer - Urbanisation
malagaise - ERA 360 - Madrid



OUVRAGES EDITES

En huit mois de travail effectif, le centre Tobia a produit 12 000 pages de Braille. Autant que le système institutionnel en trois ans.

Pour les ouvrages demandés :

• Dictionnaire français - V. Glacé

d'Estérel, intégral 3 vol. Abrégé 2 vol.

• Montaigne, Laperle et Michard, classe de

3ème, abrégé 2 vol.

• Test de grammaire - Institut national

d'orientation professionnelle, classe de

3ème, abrégé 1 vol.

• 3ème une grammaire - collection Ballo,

classe de 3ème, intégral 3 vol.

• Extraits de livres d'espagnol

- Par el mundo hispanico - Hattier, classe de

3ème, intégral 1 vol.

• Poésies - Marlier, A. Colla, classe de

3ème, intégral 1 vol.

• Livres d'allemand

- Reproduction tir Ausländer Schule mit

privatbuch (manuel pédagogique de l'écriture

continue) intégral 3 vol.

• Extraits d'ouvrages ou d'articles de Jean

Rochard, Les Kéris, Laurence Wythe,

Adin... etc. abrégé 1 vol.

• La Jeune Perle, Paul Valéry, abrégé 1

vol.

• Mathématiques en prose, Alphonse Gastel,

intégral et abrégé 1 vol.

• Cours de psychologie, 1ère année de

licence, abrégé 3 vol.

• Un conte pour enfant, de J.M. Fabre,

intégral 1 vol.

• Textes de loi de janvier 1975 : « de la

mobilité », « gestion des entreprises »,

etc... intégral 1 vol.

• Extraits de « Qu'en savons-nous »

encyclopédie pour enfants, intégral 1 vol.

• Documents personnels, notes

d'examen, dossiers scolaires, etc...

1/2 an.

duction pour enfants. Dans la plupart des cas, les programmes sont opérationnels.

- Du loisir traditionnel au tourisme de masse

ERA n° 360 - Madrid

L'équipe de recherche sur « les problèmes du midi de l'Espagne » est sur le point de terminer son enquête sur le loisir dans les quatre provinces de Malaga, Cadix, Séville et Huelva. Cette recherche pluridisciplinaire a été conduite par douze chercheurs : deux historiens, un économiste, un sociologue, un ethnologue, un agro-



Khor (Qatar). Fouille préhistorique : à mi-pente, séchage dans la zone d'habitat ; au sommet : information. Néolithique (RCP 476)



Khor. Vue aérienne de fumées sur une butte isolée (RCP 476)

nomie, trois géographes, deux écologues et un architecte. Les résultats en paraîtront dans un volume qui sera le quatrième de la série « recherches en sciences sociales » des publications de la Casa de Velasquez. Ils montreront comment une certaine image de l'Andalousie « exotique » a été forgée en Europe occidentale au XIX^e siècle. Celle-ci a préparé le terrain au boom touristique des années 1960 dont les auteurs analysent les effets à travers des cas concrets (Costa del Sol, zone de Chipiona, zone de Punta Umbria, Matagorda), ce qui leur permet de dresser un bilan nuancé quant à l'apport du tourisme dans l'économie des secteurs étudiés et aux répercussions sur l'économie.

L'équipe consacre désormais ses recherches au problème de la formation et de l'utilisation des ressources humaines en Andalousie en s'appliquant au cadre de la famille. Une grande enquête portant sur 2 500 familles est projetée. Elle comprendrait une soixantaine de questions sur la formation des divers membres de la famille, leur vie professionnelle, leurs revenus, les composantes du patrimoine familial, la structure familiale et les antécédents familiaux. Si ce projet aboutit, il serait le premier réalisé en Espagne. Deux colloques ayant eu un lien avec le travail de l'équipe auront prochainement lieu à la Casa de Velasquez. Du 2 au 5 mai, un premier « colloque et littoral » réunira des spécialistes français, espagnols, anglais,

hollandais et italiens. Il sera complété par une exposition. Le second « la famille dans l'espace et dans le temps » se tiendra les 22 et 23 mai. Ce colloque interdisciplinaire aura une dominante ethnohistorique et concernera les pays de la Méditerranée occidentale.

Publication

Le troisième volume émanant de l'équipe « classes dominantes et société rurale en Basse-Andalousie » a paru aux éditions de Boccard en novembre 1977.

- Travaux et recherches en cours

ERA n° 630 - Strasbourg

Le centre de sociologie du protestantisme poursuit ses recherches dans plusieurs directions :

• **Enquête « Jeunesse » :** l'animation jeunesse assurée par les paroisses protestantes d'Alsace et de Moselle ; sociographie des groupes, activités, objectifs poursuivis, difficultés rencontrées ; analyse du discours des pasteurs et des responsables de groupes sur l'animation jeunesse.

• **Observation du changement social et culturel dans le domaine religieux en Alsace :** (Participation à l'ATP du CNRS). Cette observation s'articule autour de trois axes privilégiés : - structures traditionnelles et formes novatrices ; - comportement religieux et comportement socio-politique ; - les relations inter-religieuses. Ces lieux privilégiés d'observation sont le secteur de l'Outre-forêt (Oberseebach-Sarbourg-Hohwiller), Guebwiller et Strasbourg-Canardière.

• **Enquête sur le corps pastoral français :** origine sociale des pasteurs, profil socio-démographique de la famille pastorale, situations matérielle et professionnelle du pasteur. Importance de l'engagement dans différents types d'activités - rapport au métier. Orientations politiques et éthiques (morale sexuelle et familiale). Relations entre collègues, représentations de l'avenir et stratégies d'adaptation au présent. Cette vaste enquête va d'abord se dérouler en Alsace-Moselle (400 pasteurs) avant de se poursuivre dans d'autres régions de France (région parisienne, Cévennes-Languedoc-Roussillon...).

• **Recherches sur l'hétéro-image du protestantisme en France de 1850 à nos jours.** Dégager au travers des témoignages littéraires (romans, théâtre, essais, journaux) les principales images suscitées en France par la minorité protestante, étudier l'évolution de ces images dans le long temps, situer l'origine sociale de ces images, tel est l'objectif de cette enquête collective, poursuivie depuis plusieurs années et qui arrive maintenant au stade de la synthèse.

- Publications

ERA n° 648 - Aix-en-Provence

Le groupe de recherches et d'études sur le Proche-Orient a publié : « Palais et maisons du Caire », tome II, par J. Revault et

été par
le dans
sdr les
inter-
ethno-
de la

B. Maury, publications de l'Institut français d'archéologie orientale, Le Caire, 1977.

« L'Égypte d'aujourd'hui : permanence et changements, 1805-1975 », ouvrage collectif du GREPO, éditions du CNRS, Paris, 1978.

- Publications

ERA n° 708 - Limoges

Au cours de l'année 1977, l'activité du centre de recherche en droit économique et urbanisme s'est manifestée notamment par la publication de deux ouvrages aux Presses universitaires de France (collection de la faculté de droit de Limoges).

- « La liberté d'association en droit public français » par Jean Morange (274 p.).

- « Le processus de décision dans les communautés européennes » par Christoph Sasse (trad. française, 215 p.).

- Recherches méthodologiques en art rupestre

RCP n° 394 - Paris

Après le décès accidentel de A. Laming-Emperaire, survenu alors qu'elle était en mission au Brésil, les membres de son équipe ont pris à cœur de continuer le travail entrepris depuis plusieurs années sous sa direction.

Une mission de 3 mois (juin-septembre 1977) dans l'état de Minas Gerais (Brésil) s'est effectuée comme prévu, en collaboration avec l'université fédérale de cet état. La mission avait pour objectifs la poursuite des recherches méthodologiques d'enregistrement des données en matières d'art rupestre : techniques de relevé, fiches de sites, de panneaux, de figures, études des superpositions, photographie, et la formation, dans cette discipline, d'étudiants brésiliens.

Les travaux se sont déroulés, en premier temps, dans la région de Lagoa Santa, de nouveaux sites ayant été découverts depuis la campagne de 1975.

Puis, dans la région de Montalvania, où pour la première fois en Amérique du Sud, le relevé complet, sur papier, des peintures, grandeur nature et en couleurs, d'un site choisi a été réalisé. Ceci représente un ensemble de plusieurs centaines de figures couvrant plus de 80 m² qui complété par la couverture photographique et la mise sur fiches des différentes données, plans, etc., constitue une documentation complète qui permettra une étude en laboratoire plus approfondie que ne le permettait le simple relevé sur calque, généralement pratiqué. Parallèlement à ce travail, l'équipe archéologique de l'université de Minas Gerais entreprenait une fouille au pied des peintures.

Par ailleurs, la proximité d'un autre site, essentiellement orné de gravures, a permis à l'équipe de réaliser le moulage, au latex, d'un panneau gravé de 40 m² qui

sera étudié en collaboration avec l'équipe brésilienne.

- Mission au Qatar (golfe arabo-persique)

RCP n° 478 - Paris

Dans le cadre des recherches anthropologiques au Proche et Moyen-Orient, la deuxième mission archéologique française dans l'Emirat du Qatar a eu lieu du 15 novembre 1977 au 30 janvier 1978.

Les moyens mis à la disposition de la mission par les autorités qatari ont permis d'étendre le champ des recherches et de doubler le nombre des participants. 11 personnes ont travaillé à la connaissance du passé qatari en géologie, archéologie préhistorique, protohistorique, islamique, anthropologie sociale. Ces cinq orientations ont été menées en interdisciplinarité. La fouille de 20 m² d'un campement de plein air du 5^e millénaire près de la ville de Khor (Courrier du CNRS n° 24, avril 1977, p. 75) a mis au jour des agencements correspondant à des activités spécifiques localisées : amas de coquillages par genre, zones de témoins de combustion, amas de pierres, atelier de taille du silex. La poterie de type « Obeid », faisant partie intégrante de l'occupation du site pose le problème des relations entre les gens d'Obeid et la population locale. Une fosse contenant un squelette de la même époque a été découverte à quelques mètres des agencements : c'est le premier homme fossile des Emirats.

Deux petits tumulus de petites dimensions ont été fouillés. L'un d'eux a donné la preuve d'une inhumation postérieure à la construction. Si elle peut être datée, ce sera le premier indice précis pour ce type de monument, souvent fouillé du Qatar, mais jusqu'à présent sans succès.

Ce sondage mené dans l'ancienne capitale du Qatar, Huwailah, est le premier concernant la période historique pour cet émirat. Il a permis de préciser l'architecture d'un des forts de cette ville et d'établir une stratigraphie montrant deux niveaux d'occupation, l'un du 18^e siècle (en accord avec les textes connus), l'autre plus ancien, dont la relation avec la céramique du 14^e siècle découverte reste encore à prouver. Parallèlement un inventaire des sites et monuments (avec plans et dossiers photographiques) a été entrepris pour douze localités de la côte ou de l'intérieur. Un accent tout particulier a été mis sur les monuments menacés par les plans d'urbanisation accélérée et sur les mosquées.

L'étude de la sédentarisation des nomades (qui se poursuit jusqu'au mois d'avril) comprend aussi la recherche des techniques artisanales en voie de disparition rapide et surtout des techniques d'élevage à continué. Elle apportera à la connaissance de l'identité culturelle bédouine. Ces populations autrefois uniquement d'éleveurs

et pêcheurs de perles, étaient caractérisées par un cycle annuel de déplacement comprenant deux mouvements saisonniers articulés sur cette double stratégie économique.

Dans ces quatre cas, l'aide de la malacologie a été extrêmement précieuse. Elle a permis, en s'appuyant sur des prélèvements et des déterminations de coquilles marines actuelles, de connaître une partie de l'alimentation (50 espèces reconnues à Huwailah, 30 dans le site de Khor) historique et préhistorique et, grâce au biotope de chaque genre rencontré, d'émettre des hypothèses sur les techniques de récolte.

C'est sur des coquilles de « vénus » qu'a été obtenue la date de 14 C du glissement préhistorique de Khor, fouillé durant cette campagne : 5 420 ± 100 BP (MC - 2021).

La prochaine campagne est prévue de novembre 1978 à janvier 1979.

- Analyse métallique des monnayages antiques et médiévaux

RCP n° 483 - Rome (Italie)

Sous la direction de M.O. Vallet (école française de Rome), assisté de M. J.N. Barrandon (service du cyclotron d'Orléans), la RCP « structure métallique des monnayages antiques et médiévaux » a été créée au 1^{er} janvier 1977 pour, d'une part, étudier l'origine des métaux monnayés et déterminer, d'autre part, les transformations des alois.

A ce jour, on a pu observer, à propos des drachmes de Marseille, un changement datable dans les sources d'approvisionnement : de même on a constaté qu'en Thrace le numéraire utilisé se différencie de celui de l'Eubée : enfin, pour une époque plus récente, les espèces bourguignonnes du X^e au XV^e siècle ont, dans leur composition, révélé des ruptures explicables par une variation des provenances. En parallèle, la valeur intrinsèque de la monnaie, par altération ou plus rarement, enrichissement du titre, a été précisée dans d'importantes séries : réforme d'Auguste et d'Uranus Antonin, dévaluation de l'antoninianus de Victorien et de Claude II ou des frappes constantiniennes. Pour ces centaines d'expériences, on a eu recours à l'analyse par activation, soit par le californium 252, soit par des protons de moyenne énergie, accélérés au cyclotron. Mais il est prévu de faire appel à la fluorescence, notamment en ce qui concerne l'or arabe.

L'équipe, qui bénéficie du concours actif du cabinet des médailles de la bibliothèque nationale, couvre trois champs historiques : monnaies grecques, monnaies romaines et monnaies médiévales.

équipe
ale en
nos de

re

isme
rs di-

sation
otas-

ogre-
pour-
du
ables

ocial

ieux
du

jour
tré-

ment
nter-

forêt

oral

ture,
nille

des
en-

ités
sibi-

mi-
en-

to-
va

elle
ivre

fon-

co-

du

7 à
ol-
tis,
les
tu-
ng
ta-
di-
es
la

le
ti-
et

Au jour le jour

9 mai - 24 juin - Rennes

Exposition « 3 millions d'années, l'évolution humaine. Le CNRS et la préhistoire sur les cinq continents. La préhistoire de la Bretagne ».

11-12 mai - Helsinki (Finlande)

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

12 mai - Paris

Réunion du comité des relations industrielles.

17 mai - septembre - Paris

Participation du CNRS à l'exposition « le quartz dans le monde des minéraux » organisée au Palais de la découverte par la Société française de minéralogie à l'occasion de son centième anniversaire.

18-19 mai - Bréail

Visite de la direction du CNRS au CNPq pour définir le programme de recherche scientifique entre le CNRS et le CNPq (Conselho nacional de desenvolvimento científico e tecnológico).

22-23 mai - Madrid

Participation du CNRS à un séminaire sur l'organisation de la recherche organisé dans le cadre de la commission mixte franco-espagnole.

23-27 mai - Marseille

Participation du CNRS au deuxième salon de l'énergie solaire et des énergies nouvelles.

24 mai - Paris

Réunion du conseil scientifique de l'IN2P3.

26 mai - Grenoble

Réunion du comité de direction de l'Institut Laue-Langevin.

31 mai - Paris

Réunion du conseil d'administration de l'IN2P3.

Fin mai - Paris

Rencontre CNRS - National science foundation.

31 mai - 17 juin - Valbonne

Participation du CNRS aux rencontres sociales internationales organisées à Sophia Antipolis.

1-2 juin - Québec

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

5 juin - 15 juillet - Lyon

Participation du CNRS à l'exposition organisée par la société astronomique de France à l'occasion du congrès « Espace et civilisation ».

La vie des laboratoires

Séjours de longue durée de personnalités scientifiques étrangères

- Séjour au laboratoire d'oélographie

et écologie méditerranéennes (LA n° 117) du docteur Kripath de Bochum (RFA) jusqu'en octobre 1978 pour travailler sur les espèces des Didemnidae.

- Séjour au laboratoire de psychologie (LA n° 274) du professeur T.G.R. Bower de l'université d'Edimbourg, en qualité de directeur d'études associé à l'EHESS pour le premier semestre 1978 et du professeur Virginia M. Holmes, lecturer in psychology à l'université de Melbourne, pour une année sabbatique.

- Séjour au groupe de recherches et d'études sur le Proche-Orient, ERA n° 648) des professeurs Albert Hourani de l'université d'Oxford et Parash Shinar de l'université de Jérusalem, spécialistes de l'Islam et des pays arabes, jusqu'en juillet 1978.

- Séjour au laboratoire de chimie du solide de Talence des professeurs Lundström de l'université d'Uppsala et Kasaya de l'université de Spodis, jusqu'en juillet.

- Séjour au laboratoire des propriétés mécaniques et thermodynamiques des matériaux du professeur Haasen de l'université de Göttingen aux mois de mai et juin.

- Séjour d'un an du professeur Ernest Gellner du département de sociologie de la London school of economics and political science, et auteur de nombreux ouvrages de théorie politique et d'études sur le Maghreb, au centre de recherches et d'études sur les sociétés méditerranéennes (LA n° 150).

- Séjour de M. W.K. Nowacki, maître de recherches à l'Institut des problèmes fondamentaux de la technologie à Varsovie, dans le groupe de mécanique des milieux continus et des sols de l'Institut de mécanique de Grenoble (LA n° 6), pour une durée de six mois. Sa spécialité concerne les problèmes dynamiques en plasticité.

- Séjour jusqu'au mois de juin de M. C.W. Gear, professeur au département of computer science, university of Illinois at Urbana-Champaign, au laboratoire associé « Jean-Alexandre Dieudonné » (LA n° 168). Ses recherches actuelles portent sur les problèmes raides et sur les intégrales oscillantes dans les équations différentielles ordinaires.

- Séjour de M. R.M. Hochstrasser, professeur de chimie à l'université de Pennsylvanie à Philadelphie au sein du groupe de physique des solides de l'école normale supérieure (LA n° 17) pendant les mois de juin et juillet.

- Séjour du professeur Nathan Rynn de l'université de Californie à Irvine au sein du laboratoire de physique des milieux ionisés (GR n° 25) du mois d'avril à fin juin. Pendant son séjour le professeur Rynn participera à un programme de recherche sur la physique des faisceaux intenses d'électrons relativistes à l'école polytechnique.

- Séjour d'un an de M. Hermann Weirich de l'université de Göttingen, dans le cadre de l'ATP « internationale 1977 ». M. Weirich est affecté au centre d'études germaniques (LA n° 108) et a pour mis-

sion essentielle de préparer les données nécessaires à la rédaction des commentaires des cartes électorales de l'Allemagne de 1871 à 1976.

- Séjour du professeur A. Avizienis, de l'université de Californie, Los Angeles qui travaillera dans l'équipe « Automatismes numériques » du laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes durant les mois de mai, juin et juillet 1978. Son séjour s'effectue dans le cadre d'une ATP du CNRS.

Brevets

Liste des brevets déposés auprès de l'Anvar, issus de laboratoires du CNRS, publiés au cours des mois de décembre 1977, janvier et février 1978 dans le bulletin officiel de la propriété industrielle (BOP).

2.344.619 (FR 08034) - 19 mars 1976

C 09 K 11/38 ; G 09 K. - Matériau électrochrome et photochrome, son procédé de fabrication et dispositif d'affichage mettant en œuvre ledit matériau (Invention : Christian Bianchin, Alain Deneuille et Philippe Gérard). - Groupe des transitions de phase du laboratoire du magnétisme de Grenoble.

2.345.518 (FR 08955) - 26 mars 1976

C 12 K 1/00 ; A 61 K 31/43, 31/445. - Procédé pour déterminer la résistance des tactiques aux antibiotiques et matériel pour sa mise en œuvre (Invention : Roger Latis, Michel Barthélémy et François La Gaffie). - Centre d'études et de recherches de chimie organique appliquée de Thiais.

2.345.155 (FR 08971) - 26 mars 1976

A 61 K 35/06, 31/23, 37/02, C 08 B 37/00. - Agents mitogènes, provenant notamment de peptidoglycanes, bactériens (Invention : Rita Cobanu, Constantin Boca, Louis Chefid, Edgar Ledoux et Jean-François Petit). - Institut de chimie des substances naturelles de Gif-sur-Yvette.

2.348.710 (FR 08792) - 20 mars 1976

G 01 K 17/04 ; G 01 N 35/02, 35/00. - Procédé de calibration isotherme et calorimétrie pour la mise en œuvre de ce procédé (Invention : Léon Ter-Mossadjan). - Laboratoire de chimie physique de l'université de Paris VI.

2.348.718 (FR 09296) - 21 mars 1976

G 01 N 33/18 ; A 61 B 10/00 ; G 01 N 19/00, 27/00. - Flancemètre automatique pour la détermination de la Sierre du muscle cervical chez les mammifères (Invention : François Charles Chérel, Bernard Dzieda et Boris Vspolinski). - Laboratoire de physiologie de la reproduction de Bières (ER n° 202).

2.347.021 (FR 09294) - 5 avril 1976

A 61 F 1/24. - Valve artificielle implantable, et procédé pour sa fabrication (Invention : Pierre Res, Jacqueline Leandri de Cesar et Clément Albedol). - Centre d'études des techniques chirurgicales de Paris.

2.347.663 (FR 10454) - 5 avril 1976

G 01 K 7/22 ; H 01 L 37/00. - Perfectionnement aux capteurs de température et à leur procédés de fabrication (Invention : Joseph Balazs et Paul Andri). - Laboratoire de génie électrique des universités de Paris VI et Paris XI (LA n° 127).

2.348.593 (FR 11161) - 15 avril 1976

H 02 K 37/00 ; U 06 41/02. - Moteur hybride tournant-batant (Invention : Michel Kanti). - Laboratoire de génie électrique des universités de Paris VI et Paris XI (LA n° 127).

2.347.87

G 01 J 1/1

capteur

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

solaire

lonnées
mental-
sinagie

niz, de
ries qui
ismes
tomati-
ent les
ion sé-
ATP du

e l'An-
S. pu-
embre
le bul-
strie

tone et
Sapou-
les fin-
et Phi-
sue du

modèle
et anti-
Juvénis-
sies la
chimie

DO -
pepti-
disme,
ref. et
auto-

de de
mise
Tat-
et de

9/00,
enc-
nam-
Santé
de l'EF

pre-
Jac-
et -
l' de

ment
s. de
Zu-
tre-

de
pre-
l'vi

2.347.973 (76 11363) - 18 avril 1976
H 01 2 17 00; C 08 K 11 00 - Produits de pré-
paration de microcristaux d'oxyfluorure, microcristal-
line ainsi obtenus et leur application (Invention) : Henry
Makram, Jean Gaboriau et Mahmoud Fadil - Laboratoire de
recherche sur les terres rares de Moulon.

2.348.111 (76 11855) - 22 avril 1976
F 25 D 3 10 - Cryostat portatif à helium 3 (Inven-
tion) : Gérard Chénier et Jean-Pierre Threl - Service
d'astrophysique de l'Observatoire de Strasbourg.

2.350.758 (76 12876) - 3 mai 1976
H 04 R 17 10 - Capteurs piézoélectriques et appa-
reils équipés de ces capteurs pour évaluer des gé-
nérateurs d'ondes acoustiques (Invention) : Jean-Louis
Ardaud, Jean-Louis Gerner, Raymond Holzer et Marcel
Quadrat - Laboratoire de mécanique et d'acoustique de
Marseille.

2.360.748 (76 13887) - 7 mai 1976
H 04 N 3 02; A 81 B 10 00; C 01 R 9 04; G 01 N
23 16 - Appareil d'analyse physicochimique d'imagerie
(Invention) : Gérard Bougel, Jean-Marc Chassagny,
Raymond Bouteau et Pierre Dubert - Laboratoire
d'informatic et mathématiques appliquées de Str-
asbourg (LA n° 7).

2.362.406 (76 14685) - 28 novembre 1975
H 01 L 39 00; A 81 B 8 00; G 01 T 1 167 - Dis-
positif de détection et d'enregistrement de rayonne-
ments électromagnétiques ou électrostatiques dans
un milieu un objet supraconducteur (Invention) : André
Kamir Drouot, Claude Welter et Georges
Wassermann - Laboratoire de physique des solides
d'Orsay (LA n° 2).

2.363.428 (76 14739) - 3 juin 1976
G 01 B 11 00 - Dispositif simple de contrôle de
bord circulaire mesurant le poids d'échantillon (Inven-
tion) : François Yvonnie Allen, Hugues Selly
Valmire et Jacques Claude Guimard - Institut
national métrologique et appliqué d'Orsay (LA n° 14).

2.364.003 (76 17156) - 4 juin 1976
H 04 B 3 04; H 04 L 22 00 - Perfectionnements
aux systèmes de transmission de données (Inven-
tion) : Odile Marchi, Michel Levy et César Michel -
Laboratoire des signaux et systèmes de Gif-sur-
Yvette.

2.364.351 (76 17560) - 10 juin 1976
C 06 F 220 56; H 01 G 19 00; C 07 B 13 00 -
Procédé de séparation des données optiques par
chromatographie (Invention) : Claude Guivron, Ro-
land Audibert et Bernard Luthy - Laboratoire de
physico-chimie expérimentale de Paris (LA n° 24).

2.364.566 (76 18186) - 11 juin 1976
G 01 T 1 00 - Dispositif détecteur de particules ato-
miques et de rayonnements ionisants (Invention) :
Georges Mallet et Christian Fihel - Laboratoire de
physique atomique et structurale de Nice
(ERA n° 383).

2.364.988 (76 17781) - 11 juin 1976
G 09 C 7 48 - Calculateur analogique de prescrip-
tion (Invention) : Lucien Maréchal, Jean Sarrail, Pierre
Mars, Le Phuoc Loi et Michel Bessol - Laboratoire
d'informatic pour le génie et les sciences de
l'ingénieur.

2.364.872 (76 17877) - 11 juin 1976
H 04 N 9 30; G 01 J 5 00 - Procédé et dispositif d'enre-
gistrement de phénomènes optiques brifs et décon-
stants, répartis à intervalles larges (Invention) : Eric
Delétrange - Laboratoire de spectroscopie et d'opti-
que du corps solide de Strasbourg (LA n° 232).

2.364.810 (76 17957) - 14 juin 1976
B 01 J 17 00; C 01 J 5 00 - Couches minérales
liées, procédés de fabrication de telles couches et
structures comportant une couche minérale (Inven-
tion) : Armand Hachet - Laboratoire d'hydro-
géologie de Nancy (ERA n° 14).

2.354.977 (76 18878) - 16 juin 1976
G 03 C 3 18 - Composants de verres flous (Inven-
tion) : Jacques Lucas, Michel Poulet et Marcel
Pujol - Laboratoire de chimie minérale D de Nan-
cy (ERA n° 138).

2.355.260 (76 18548) - 18 juin 1976
G 01 J 23 42; G 02 B 5 18 - Dispositif pour former
des franges, applicable en particulier à la spectro-
photométrie interférentielle à modulation sélective
(Invention) : Jacques Sabajon - Institut d'optique
théorique et appliquée d'Orsay (LA n° 14).

Rencontres

Manifestations scientifiques du CNRS

• Sous l'égide du CNRS

9-13 mai - Varna (Bulgarie)

Colloque franco-bulgarie sur « la chroma-
line » organisé par M. Chambon, profes-
seur à l'Institut de chimie biologique de
l'université de Strasbourg et M. Tsanov,
professeur à l'Institut de biochimie de
l'université de Sofia.

11-12 mai - Ivry

Table ronde internationale sur l'histoire de
la ponctuation organisée par le professeur
J. Petit, directeur du groupement de re-
cherche sur les textes modernes et Mme
N. Catach, responsable de l'équipe « his-
toire et structure de l'orthographe ».
Sur le plan technique, l'histoire des signes,
leur introduction dans les ateliers, leur co-
dification progressive et parfois contradictoi-
re, mérite d'être faite avec beaucoup de
soin, à travers les manuels (grammaires et
codes d'imprimerie) mais surtout dans les
textes eux-mêmes, manuscrits et imprimés.

Jusqu'ici, la ponctuation ancienne a été
impitoyablement modernisée, abou-
dée, gâchée qu'incompréhensible. Les études faites sur
différents auteurs de ces derniers siècles
confirment cependant combien cette par-
tie de la langue et du style est porteur
d'information.

Le traitement de la ponctuation dans les
manuscrits exige un effort de normalisa-
tion et une entente qui sont loin d'être ac-
complis.

La table ronde regroupera des spécialistes
de différents pays travaillant essentielle-
ment sur le français (Australie, Union So-
viétique, Angleterre, etc.).

Les actes et discussions feront l'objet
d'une publication commune. Une partie
des rapports a été réunie en brochure en
vue de la préparation des débats et sera
diffusée parmi les participants et les per-
sonnes intéressées.

11-12 mai - Grenoble

Table ronde franco-britannique sur « l'éva-
luation économique des technologies so-
ciales », organisée par MM. J.M. Martin et
Crimé de l'Institut économique et juridique
de l'énergie de l'université de Grenoble et
M. le professeur Chapman de l'open uni-
versity Milton Keynes, dans le cadre des
rencontres CNRS-PIROES - Science re-
search council en matière d'énergie so-
ciale.

17-19 mai - Pont-à-Mousson

Table ronde intitulée « Carbanions 1976 »
organisée par MM. J.F. Biellmann, G.
Bram, J. Cornet, E. Franta, Nguyen Trong
Anh et F. Schue. Pour tous renseigne-
ments, s'adresser à M. G. Bram, groupe
de recherche « réactivité et mécanismes
en chimie organique » (GR n° 12), CNRS -
B.P. n° 28 - 54320 Thiaucourt.

23-25 mai - Strasbourg

Table ronde sur « Mécanismes de ré-
duction de frottement » organisée par M.
Schweizer, chargé de recherche à l'Institut
de mécanique de fluides de Strasbourg.

24-27 mai - Aix-en-Provence

Table ronde franco-allemande de sociolo-
gie industrielle, organisée par M. Rou-
tang, directeur du laboratoire d'économie
et de sociologie du travail et l'Institut für
Sozialwissenschaftliche Forschung de
Munich dans le cadre des relations entre
le CNRS et la Deutsch Forschung Gesell-
schaft.

5-7 juin - Ivry

Table ronde sur l'administration comparée
en Europe de l'est et de l'ouest organisée
par le service de recherches juridiques
comparatives (SRJC), qui réunira 38 spé-
cialistes représentant 13 pays d'Europe
occidentale et orientale.

Les deux thèmes abordés, contrôle de
l'administration et fonction publique, cor-
respondent à un programme de recherche
sur l'administration comparée dû à l'initia-
tive du SRJC.

La table ronde sera consacrée à l'étude
des problèmes méthodologiques de la
comparaison est-ouest et à l'organisation
des travaux du groupe qui devront aboutir
à la publication, en 1979 et 1980, de
deux ouvrages rédigés par les spécialistes
des différents pays participant à la table
ronde.

5-9 juin - Marseille

Table ronde sur « la physique hadronique à
haute énergie » organisée par MM. Bour-
rely, Dash et Soffer du centre de physique
théorique de Marseille.

27-30 juin - Bordeaux - Lac

Colloque sur la « physicochimie des com-
posés amphiphiles ». Principaux thèmes
abordés : structure des phases, interfaces,
nouveaux agents de surface, amphiphiles
naturels, systèmes dispersés, applications
récentes.

Pour tous renseignements, s'adresser à M.
R. Perron, groupe de recherche n° 35 « Or-
ganisation moléculaire et macromolécu-
laire » - 2, rue Henri Dunant - 94320
Thiais - tél. 725.08.40 (poste 383).

28-30 juin - Nice

Table ronde sur « Rousseau et Voltaire en
1776-78. Regards en 1978 sur les occu-
pations et préoccupations de l'homme en
retraite », organisée par Mlle Cotoné,
maître-assistant à l'université de Nice.

3-6 juillet - Paris

Table ronde sur « Voltaire et Rousseau en
1778 et 1978 » et « le monde des lumie-
res en 1778 » organisée par MM. Poi-
meu, professeur à l'université de Paris-

Se bonnie et Verloot, directeur de recherche au CNRS, dans le cadre du colloque international à l'occasion du bicentenaire de la mort de Voltaire et Rousseau.

10-29 juillet - Cargèse (Corse)

Institut d'été sur « les développements récents dans la théorie de la gravitation » organisé par le professeur M. Lévy, directeur de l'institut d'études scientifiques de Cargèse.

27-28 juillet - Toulouse

Deux tables rondes « hématologie et évolution humaine » organisée par M. Ruffié, professeur au Collège de France, et « hématologie et anthropologie » organisée par M. Larrouy, professeur à l'université Paul Sabatier de Toulouse.

20-22 septembre - Grenoble

Table ronde sur « la recherche dans les écoles d'ingénieurs » organisée à l'Ecole nationale supérieure d'électrotechnique et de génie physique de l'institut national polytechnique de Grenoble. Principaux thèmes : quelle recherche ? comment la faire ? interaction recherche-enseignement ? recrutement et carrière des chercheurs, évaluation des résultats, publication des résultats et propriété industrielle, dialogue recherche-industrie. Pour tous renseignements, s'adresser directement à l'Ecole nationale supérieure d'électrotechnique et de génie physique - Domaine universitaire - B.P. 15, centre de tri - 38040 Saint-Martin d'Hères - tél. (76) 44.82.45.

• Avec la participation du CNRS

21-23 juin - Toulouse

8ème congrès international sur « la sûreté de fonctionnement des systèmes informatiques » organisé par M. J.C. Laprie du laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes.

1er-5 juillet - Bordeaux

7ème congrès international sur « les cristaux liquides » organisé par MM. de Gennes, professeur au Collège de France et Gasparoux, professeur à l'université de Bordeaux I.

2-8 juillet - Montpellier

8ème symposium international spécialisé sur « la vieure - métabolisme et régulation des processus cellulaires », organisé par l'Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier. Pour tous renseignements, s'adresser à M. Gatz, ENSA, chaire de génétique et microbiologie, place Viala - 34060 Montpellier Cedex - tél. (67) 63.02.02.

3-6 juillet - Paris

Colloque international sur « l'acoustique non linéaire » organisé par M. Zarembovitch et M. Ajaie, professeurs à l'université de Paris VI.

17-21 juillet - Paris

Conférence internationale sur « la luminescence » organisée par MM. les profes-

seurs Curie et Mattler du laboratoire de luminescence de l'université Pierre et Marie Curie.

Autres manifestations scientifiques

5-7 mai - Banyuls-sur-Mer

11ème réunion des acarologues de langue française organisée au laboratoire Arago (LA n° 117) à Banyuls-sur-Mer. Ce colloque rassemblera des spécialistes européens en acarologie qui exposeront leurs derniers travaux. Plusieurs thèmes de réflexion seront abordés : la systématique, la morphologie, l'écologie (tiques), la parasitologie et l'écologie des Acariens.

8-9 mai - Orsay

Deux colloques organisés par la société de chimie biologique à l'université de Paris Sud, centre d'Orsay :

- « aspects moléculaires de la motilité cellulaire » dont les principaux thèmes seront : détecteurs, propriétés et rôle des protéines impliquées dans les processus de motilité ; transports intracellulaires ; sécrétion, phagocytose.

- « aspects moléculaires de la bioluminescence » dont les principaux thèmes seront : structures cellulaires et régulation de la bioluminescence ; utilisation des techniques de bioluminescence et de chimio-luminescence en biochimie.

Pour tous renseignements, s'adresser à Mme J. Jallot, institut de biochimie - université Paris-Sud, bât. 432 - Orsay Cedex.

19-20 mai - Carry-le-Rouet

Première rencontre du groupe thématique « phosphorylation des protéines » organisée conjointement par le laboratoire associé « structure et interaction des protéines dans les superstructures » et la société de chimie biologique.

Pour tous renseignements, s'adresser à M. J. Marvaldi, institut de chimie biologique, université d'Aix-Marseille, place Victor-Hugo, 13331 Marseille Cedex 3 - tél. (91) 95.80.71 poste 523.

25-26 mai - Toulouse

Deux journées de bilan des recherches effectuées dans le cadre de l'ATP « Physique des dispositifs électroniques » sur les matériaux semiconducteurs et diélectriques, les circuits intégrés et les dispositifs optoelectroniques auront lieu au laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes organisée par M. H. Martnot, directeur de recherche.

30-31 mai - Marseille

Journées d'études sur la propagation acoustique organisées par le laboratoire de mécanique et d'acoustique ; principaux thèmes :

- acoustique non linéaire des fluides (applications à l'émission et à la réception paramétriques).

- théorie de la propagation acoustique (propagation en milieux dispersifs, acoustique sous-marine, équation des ondes).

- problèmes inverses et identification (identification de milieux, caractérisation des surfaces, reconnaissance de formes).

12-13 juin - Toulouse

Deux journées de rencontre sur les électrodes spécifiques à enzymes, organisées par l'université Paul Sabatier. Elles sont placées sous l'égide de la division de chimie analytique de la Société chimique de France, de la Société française de microbiologie (section de microbiologie industrielle) et de la section locale de la Société chimique de France de Toulouse.

Ces journées commenceront par une conférence plénière du professeur B. Trémillon sur les électrodes spécifiques à membrane, se poursuivront par des séances de communications et des tables rondes destinées à établir des contacts entre les utilisateurs éventuels de ces instruments de mesure (médecins, pharmaciens, industriels, analystes) et les personnes intéressées par la mise au point de ces capteurs. Les exposés feront état de la mise au point de la méthode analytique elle-même tant au point de vue enzymatique qu'au point de vue électrochimique, mais l'accent sera mis tout autant sur l'élaboration d'un outil de mesure fiable, précis et robuste, autorisant les mesures de routine dans les ateliers industriels, dans les laboratoires d'analyse, dans les cliniques ou dans les salles d'opération. Plusieurs communications relateront ainsi quelques expériences interdisciplinaires où biologistes, électrochimistes, médecins, électroniciens ont mis en commun leurs connaissances. C'est que le chemin est tout aussi long entre la découverte d'une technique analytique et la mise au point du capteur opérationnel correspondant, qu'entre le développement d'un procédé de fabrication et la naissance d'un nouveau mode de préparation en laboratoire. L'instrumentation apparaît bien comme une science de transfert dont la démarche s'apparente en de nombreux points aux méthodes du génie chimique.

Le champ d'application le plus vaste offert aux électrodes spécifiques à enzymes est le domaine médical : dosages cliniques, répétitifs de divers substrats, dosages continus en cours d'opérations chirurgicales ou de traitements. Il convient toutefois de ne pas négliger les possibilités offertes par certaines électrodes dans le contrôle et la régulation de certains processus industriels et notamment les fermentations. Enfin, une exposition de matériels et une séance de démonstration compléteront le programme de ces journées.

13-15 juin - Ecullly

Journées de printemps du groupement pour l'avancement de la mécanique industrielle organisées à l'Ecole centrale de Lyon ; thèmes retenus :

- calcul des structures avec ou sans amortissement, synthèse modale, cas non linéaires, simulation.

- action
équipes
travaux
et de
- choc
iques d
- surv
diagno
Pour i
secrét
Hainai

15-17
10ème
ralism
opérat
mas à
- droit
du cor
mobili
CNRS
- droit
boute
- droit
tière

21-22
8ème
de for
linvies
sex de
Comp
nège
dont
music
traine
tion -
tats,
luation
techn
mises
non -
compr
du te
Pour
comité
taire
sime
Roch

27-3
Collé
cilles
d'art
soient
max
écolo
des
méso
calle
non
les r

30 ju
Collé
sion d
d'état
l'anti
Pour
CERI
journé
18.3
(20)

- action des séismes sur les machines et équipements, notamment ceux des centrales électriques, dispositifs de protection et de sécurité.

- choc, simulation, propriétés dynamiques des matériaux amortisseurs, surveillance vibratoire des machines, diagnostic pronostic cas concrets.

Pour tous renseignements, s'adresser au secrétariat du GAMI - 3, rue Ferdinand Hainaut - 93407 Saint-Ouen Cedex.

15-17 juin - Venise

10èmes journées juridiques franco-italiennes sur le thème : « le contrôle des opérations de bourse » - principaux thèmes étudiés :

- droit public : « fondements et modalités du contrôle public du marché des valeurs mobilières. Rôle de la COB et de la CONSOB ».

- droit pénal : « le droit pénal et la bourse ».

- droit civil : « le rôle des banques en matière de bourse ».

21-23 juin - Toulouse

8ème congrès international sur la sûreté de fonctionnement des systèmes informatiques organisé par le « Technical Committee on Fault Tolerant Computing of IEEE Computer Society » et placé sous le patronage de nombreux organismes français dont le CNRS. Les cinquante-trois communications retenues sont réparties en treize sessions : - conception - évaluation - évaluation du test - génération des tests - test compact - conception et évaluation - test hors ligne - test en ligne - techniques de conception - systèmes distribués - influence des LSI sur la conception et l'évaluation - vérification de la conception - conception tenant compte du test.

Pour tous renseignements, contacter le comité d'organisation du FTCS-8, laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes du CNRS - 7, avenue du Colonel Roche - 31400 Toulouse.

27-30 juin - Paris

Colloque international sur « les chasseurs collecteurs » organisé par le laboratoire d'anthropologie sociale à la Maison des sciences de l'homme : quatre grands thèmes de réflexion : poids des contraintes écologiques et économiques ; diversité des structures de parenté ; rapports hommes - femmes et formes d'inégalité sociale ; situation actuelle politique et économique des chasseurs collecteurs dans les nations en voie de développement.

30 juin - 2 juillet - Lille

Colloque sur le thème « l'Irlande à la croisée des chemins » organisé par le centre d'études et de recherches irlandaises de l'université de Lille III (ERA n° 710). Pour tous renseignements, s'adresser au CERIL, domaine universitaire littéraire et juridique de Villeneuve d'Ascq, sac postal 18, 59650 Villeneuve d'Ascq Cedex - tél. (20) 56 13 00.

5-7 septembre - Toulouse

« XVèmes journées de l'hydraulique » de la société hydrotechnique de France organisées par l'Institut de mécanique des fluides de Toulouse (LA n° 5) : thèmes principaux : amélioration des ressources en eau ; amélioration des écoulements des eaux de surface ; protection des eaux souterraines contre la pollution ; hydraulique agricole ; aménagements du cours d'eau et du littoral ; aménagements hydrauliques pour la protection d'énergie et des besoins industriels.

Les séances de travail seront poursuivies par deux voyages d'études organisés l'un en Montagne Noire - Languedoc, l'autre en Guyenne - Gascogne.

Pour tous renseignements, s'adresser à l'Institut de mécanique des fluides - 2, rue Camichel, 31071 Toulouse Cedex - tél. 62 54 20.

5-10 septembre - Toulouse

10ème colloque de l'Association internationale des sociologues de langue française organisé par le centre de recherches sociologiques (LA n° 245) sur le thème : mouvements régionaux, minorités ethnoculturelles, nations.

Pour tous renseignements, s'adresser à Mme Y. Bux, AISLF, centre d'études africaines, MSH, bureau 510 - 54, boulevard Raspail - 75006 Paris.

6-8 septembre - 11-14 septembre - Grenoble

Deux colloques EUROMECH organisés par l'Institut de mécanique de Grenoble (LA n° 6) :

- « Turbulence bidimensionnelle et quasi-bidimensionnelle » du 6 au 8 septembre 1978. (Organisateurs : U. Frisch et M. Lesieur) : ce colloque groupera des théoriciens, numériciens et expérimentateurs en dynamique des fluides, géophysique et physique des métaux liquides s'intéressant à la turbulence et à la mathéohydrodynamique bidimensionnelles.

- « Instabilité et convection dans les couches fluides » du 11 au 14 septembre 1978. (Organisateurs : P. Atten et E. Hopfinger) : ce colloque s'adresse à des scientifiques de différentes branches travaillant sur des problèmes de convection tels que convection Rayleigh-Bénard, électroconvection dans les liquides diélectriques et les cristaux liquides, la bioconvection ou écoulement de carotte circulaire.

25-29 septembre - Paris

Réunion internationale « comportement non linéaire des molécules, atomes et ions dans les champs électriques, magnétiques ou électromagnétiques » organisée par la société de chimie physique conjointement avec les autres sociétés européennes de chimie physique.

Pour tous renseignements, s'adresser à M. C. Troyanowsky, société de chimie physique - 10, rue Vauquelin - 75005 Paris.

28-29 septembre - Ecully

Colloque sur le thème « frottement, usure, lubrification dans l'industrie », patronné par la DGRST et organisé par le laboratoire de technologie des surfaces (ERA n° 886).

Pour tous renseignements, s'adresser à M. Georges du Mée-Letuvé, Ecole centrale de Lyon - 36, route de Dardilly, B.P. 163, 69130 Ecully - tél. (78) 33 27 00.

2-4 juillet 1979 - Londres

Symposium sur les écoulements turbulents cisailés organisé à l'Imperial College - Exhibition Road, London SW 7 - principaux thèmes abordés : fondements théoriques ; modélisation, nouveaux développements sur les fermetures en un point et en deux points ; transports scalaires (chaleur, particules, combustion ; méthodes numériques ; applications aux systèmes industriels).

Les résumés (au moins 1 000 mots en double interligne en cinq exemplaires) doivent être envoyés au professeur F.W. Schmidt : department of mechanical engineering, the Pennsylvania state university, university Park, Penn. 16802, USA ; avant le 31 août 1978.

20-24 août 1979 - Cambridge (Grande-Bretagne)

Troisième conférence internationale sur le comportement mécanique des matériaux. Le but de cette conférence est d'apporter à la fois aux ingénieurs et aux chercheurs des méthodes d'analyse des problèmes courants d'ingénierie en matériaux.

La date limite d'envoi des textes des exposés est fixée au 1er juillet 1978. Ces textes doivent être envoyés au docteur Peter W.R. Beaumont, conférence secretariat (CM3, department of engineering, university of Cambridge, Trumpington street, Cambridge CB2 - 1PZ - United Kingdom).

Publications de la direction des relations extérieures et de l'information :

- « Images de la physique 1976 » Supplément au n° 26 du Courrier du CNRS (prix : 12 F).

- Annuaire des « Laboratoires, services propres et formations de recherche » du CNRS - juin 1977.

- La centrale solaire expérimentale THEMIS (CNRS-EDF) - (prix : 10 F).

- La centrale solaire PERICLES (Production d'Énergie en Régions Isolées par Concentration Limitée d'Énergie Solaire). Versions française et anglaise.

- CNRS 1978 : brochure d'informations générales sur le CNRS. Versions française, anglaise et portugaise.

- CNRS Research n° 6, version anglaise du Courrier du CNRS.

- Les solutions nutritives pour fleurs coupées, tiré à part du Courrier du CNRS n° 27 - janvier 1978.

- L'Institut Laue-Langevin, tiré à part du Courrier du CNRS n° 27 - janvier 1978.



Expositions

3 mai - 17 juin - Paris

Une exposition sur le thème « Himalaya, terrain privilégié de recherche » et présentant des ouvrages parus aux Éditions du CNRS, des photographies et divers documents, aura lieu du 3 mai au 17 juin. Cette exposition organisée par le GRECO « Himalaya Karakorum », le Club alpin français (CAF) et la Fédération française de la montagne (FFM) se tiendra dans les salons du CAF - 7, rue de la Société, 75008 Paris.

8 mai - 24 juin - Rennes (Maison de la culture)

Exposition « 3 millions d'années l'aventure humaine. Le CNRS et la préhistoire sur les 5 continents. La préhistoire de la Bretagne ». Le CNRS avait déjà présenté cette exposition à Nice, en septembre 1976, dans le cadre du IX^{ème} congrès de l'Union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques.

12-17 mai - Nice

Participation des Éditions du CNRS au festival international du livre.

Mai - juillet - Collioure

Août - septembre - Antibes

Octobre - janvier 1979 - Marseille

Exposition itinérante d'ex-voto de Méditerranée organisée par le laboratoire d'histoire maritime (LA n°211) avec le concours du Musée de la marine et l'Association d'étude et de sauvegarde des ex-voto marins et fluviaux.

Divers

- Groupe français des pesticides

Plusieurs laboratoires de l'INRA et de l'université de Perpignan ont créé le « groupe français des pesticides » association-type loi 1901. Le groupe s'est fixé comme objectif d'établir et de maintenir une large concertation sur tous les aspects scientifiques et techniques relatifs à la synthèse, à la réactivité, au mode d'action et au comportement dans le milieu naturel de molécules à propriétés pesticides.

Les réalisations prévues par les membres de l'association concernent le lancement de programmes de recherches communes entre laboratoires appartenant au groupe ou en association avec des laboratoires et la collaboration avec des organismes scientifiques publics ou privés, l'organisation bi-annuelle de séminaires inter-laboratoires avec l'invitation de conférenciers, la création de nouveaux thèmes de recherches et l'incitation pour le démarrage de nouvelles équipes.

Pour tous renseignements, s'adresser à l'université de Perpignan, chemin de la Pissie Vella - 66025 Perpignan Cedex - tél. (68) 50.15.56

Stade américain de Sainte-Anne à Trégastel (Côtes du Nord) - Ulrich P.R. Gier, exposition « 3 millions d'années l'aventure humaine » et « la préhistoire de la Bretagne ».

- Prix

Ce prix est en une colonne à médecine. Les catégorisés reçoivent le 1^{er} prix de 14 000 francs.

- La bi

Depuis du Centre local, les questions de la biologie sont les acides des

- Prix Artois-Baillet Latour de la santé

Ce prix qui sera décerné, pour la première fois en 1979, sera destiné à couronner une contribution d'importance exceptionnelle à la thérapeutique, dans le domaine médical, chirurgical ou physique. Les candidatures doivent parvenir au secrétaire général du Fonds national de la recherche scientifique belge - 5, rue d'Egmont - 1050 Bruxelles (Belgique), avant le 1er juillet 1978. D'autre part, la personnalité qui introduit la candidature doit accompagner celle-ci d'un mémoire, rédigé en anglais, d'au moins trois pages, sur les mérites du candidat.

Pour la période 1978-1979, le prix s'élèvera à quatre millions de francs belges (4 000 000 FB) et sera attribué au printemps 1979.

- La bibliothèque du centre « géohistoire »

Depuis le début de 1978, la bibliothèque du Centre géohistoire est ouverte dans les locaux de la maison des sciences historiques et juridiques de l'université de Paris I - 9, rue Maitier, 75004 Paris.

La bibliothèque possède plus de 1 000 volumes et périodiques dans les domaines de la géographie historique, de l'histoire de la géographie, de l'épistémologie de la géographie. Les fonds sont constitués par les achats effectués (depuis sa fondation en 1967) par le Centre inter-universitaire (Paris I et Paris IV) d'histoire de la géographie et de géographie historique et par des dons et dépôts (notamment dépôts de

la bibliothèque du centre de géographie de la rue Saint-Jacques).

Le transfert de la bibliothèque a entraîné une réorganisation du classement en cours en février 1978 et du fichier ce qui explique que seule la consultation sur place soit possible jusqu'à la rentrée universitaire de 1978.

La bibliothèque offrira dans un proche avenir un fichier bibliographique d'histoire et épistémologie de la géographie. Dans la même pièce se trouve la bibliothèque du Centre d'histoire des sciences et des mouvements d'idées (université de Paris I).

- Setar

Techniques d'étude de la production primaire et des sciences connexes (9 octobre - 4 novembre 1978).

Ce stage, donné en langue française, est ouvert aux chercheurs et ingénieurs français et étrangers désirant acquérir la maîtrise des techniques de base concernant la production primaire et les sciences qui y sont liées. Il est ouvert à vingt stagiaires répartis par groupe de cinq. Chaque groupe pratique chaque semaine une technique différente. Les stagiaires suivront ainsi quatre ateliers dont deux obligatoires, les deux autres étant à choisir parmi cinq options.

Ateliers obligatoires :

- biomasse phytoplanctonique (mesure de la chlorophylle) ;
- production primaire (méthode au ^{14}C) ;

Options :

- travail à la mer, hydrologie ;
- sels nutritifs ;
- numération et systématique du phytoplancton ;
- culture d'algues ;
- métabolisme du zooplancton.

- sels nutritifs ;

- numération et systématique du phytoplancton ;

- culture d'algues ;

- métabolisme du zooplancton.

En parallèle, sera donné un enseignement théorique sur l'écologie du phytoplancton (20 h) et une série de conférences par les meilleurs spécialistes français de ce secteur de recherches.

Pour tous renseignements, s'adresser au SETAR - 27, rue Paul Bert - 94200 Ivry.

Rectificatif :

Dans le précédent numéro In° 27 - janvier 1978) page 25, une erreur s'est glissée : dans l'article « les ATP en sciences de la terre, océan, atmosphère, espace » le sigle SNEA signifie bien évidemment « Société nationale d'encouragement à l'agriculture ».

« 1977 : Images de la physique », page 15. A la suite d'une faute d'impression, les laboratoires ayant participé à la direction de cet article ne figurent pas en bas de page. Il s'agit de l'Institut de physique nucléaire d'Orsay, du « Laboratoire René Bernas du centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse » et du « Laboratoire de physique des solides d'Orsay ».

Dernière heure

Une cérémonie de commémoration en l'honneur de M. B.P. Grégory, disparu le 24 décembre 1977, aura lieu le mardi 23 mai à 9 h 30 à l'Ecole polytechnique de Palaiseau (Amphithéâtre Poincaré), sous la présidence de M. Louis Leprince-Ringuet. Des allocutions seront prononcées par MM. H. Curien, directeur général du Centre national d'études spatiales ; A. Astier, professeur à l'université de Paris VI ; J. Solomon, professeur à l'Ecole polytechnique ; X. de Nazelle, directeur général adjoint des relations culturelles aux affaires étrangères. L'Ecole polytechnique, le Centre national de la recherche scientifique, l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules, le Centre européen de recherches nucléaires, le Commissariat à l'énergie atomique, la Société française de physique et le Ministère des Affaires étrangères s'associent à cet hommage.

Périodiques du CNRS : décembre 1977 - mars 1978

Archives de la nutrition et de l'alimentation
Revue d'écologie comparative et d'écosystèmes
Revue française de sociologie
Archives de sciences sociales des religions
Economie de l'énergie

Fasc. 4-5-6/1977
Fasc. 4/1977
Fasc. 3/1977
N° 34/1-3/1977
N° 12/1977
N° 1-2/1978

Revue de l'Art
Annales de l'éthnologie

N° 35/1977
N° 12/1977
N° 1-2/1978
N° 2/1977

Archives de zoologie expérimentale et générale

Ouvrages parus aux Editions du CNRS : décembre 1977 - mars 1978



Mathématiques

Physique théorique

Physique des solides

Géologie

Physiologie

Psychologie

Biologie végétale

Anthropologie - Préhistoire



Sociologie et démographie

Sciences économiques

Sciences juridiques et politiques



Linguistique générale

Etudes littéraires françaises

Œuvres d'André Malraux

- Problèmes théoriques des arts nouveaux porteurs d'unique national n° 937 - physique théorique du CNRS

- De la thermodynamique à la géophysique (ouvrages de Yves Ricard)

- Plaines tertiaires et quaternaires de l'Amérique latine n° 279 - publiés dans le journal de physique

- Contribution à l'étude des formations du Murien du bassin de Paris (livres de géomorphologie n° 4/1977) par Y. Guichard

- Lesques stratigraphiques internationales - Vol. IV - Amérique latine - 2^e édition - fasc. 4 n° 1 - Éditions

- La chaîne verticale d'écologie moyenne et occidentale - progrès récents et problèmes de corrélation biologique internationale n° 243

- La restauration en collectivité - rapport de la commission du CNRS

- Étude psychologique du geste de vie (monographie française de psychologie n° 41) par Mme C. Lévy-Lévy

- Imagerie des gestes et représentation graphique du corps (des enfants) par Michel Delcroix (monographie française de psychologie n° 42)

- Échanges biologiques biogéochimiques chez les végétaux (édition CNRS/Rouen - biologie internationale n° 256)

- Paléoenvironnement de l'homme fossile - 2. Les modifications de l'environnement du Würmien récent au postglaciaire en Languedoc, par J.L. Brochier

- L'évolution en milieux marins occidentaux (actes du colloque international de l'Institut de recherches méditerranéennes)

- La détermination des sites de (fossiles) par Michel Brédier (4^{ème} supplément à Gallia Préhistoire) - Éditions

- Méthodologie appliquée à l'histoire de l'art préhistorique (biologie internationale n° 258)

- Les représentations anthropomorphes figurées de la région méditerranéenne (n° 1) au 1^{er} millénaire par Jean-Marie Le Goff - URA n° 7 - Villeneuve

- L'analyse morphologique et les applications (biologie internationale n° 254)

- Chez du courant et polymère génétique

- Pour une politique de la pédagogie par L.M. Raymond

- Éléments de la - Les comportements des enfants durant leur temps libre et fonction des types d'environnement, par Marie-Josée Chabert de Launay

- Tables de séquences d'économie n° 19

- Les législations contractuelles dans le droit français des XIX^e et XX^e siècles d'après la jurisprudence du Parlement - tome II par Pierre Tisserand

- L'égalité d'accès à l'éducation - performance et changements - 1966-1976 (groupe de recherches et d'études sur le Proche-Orient)

- Inégalités sociales - situation, mécanismes, actions correctrices

- Annuaire de l'Afrique du Nord - tome III - année 1984 (réimpression)

- Annuaire de l'Afrique du Nord - tome V - année 1986 (réimpression)

- Annuaire de l'Afrique du Nord - tome VI - année 1987 (réimpression)

- Annuaire de l'Afrique du Nord - tome VII - année 1988 (réimpression)

- Annuaire de l'Afrique du Nord - tome VIII - année 1989 (réimpression)

- Annuaire de l'Afrique du Nord - tome IX - année 1990 (réimpression)

- Musée à l'échelle - Thomas Mann - tome I (collection « Le choix des choses »)

- Les sites de la création médiévale - tome V (livres de la création des musées)

- Bibliographie des œuvres de Maffei publiées au XIX^e siècle par A.J. Gilbert (éditions)

- L'histoire de Saint-Domingue de l'insurrection

- Atlas linguistique de la Lorraine germanophone - tome I par Mlle M. Philipp

Langues et civilisations
classiques

Civilisations orientales

Antiquités nationales et
histoire médiévaleHistoire moderne et
contemporainePhilosophie
Histoire des sciences

- *Années et Société dans le monde antique* colloque national n°336
- *Antiquités africaines* - tome XI
- *Le protohistorien archéologue de la vallée du Rhin au sud de la cathédrale de Del - fasc 8 : le dialecte d'Albare Lar par André Vign*
- *Le plateau romain et l'Als centuriée des origines à la conquête germanique, leurs relations à la lumière des documents archéologiques* (colloque international n°367)
- *Felsenfest* - III - 1976/1978/1977
- *Levin de Glimm XXXIX* assemblée à Gailai par Henri Riffard
- *Thèmes de recherches sur les villes antiques* (colloque international n°342)
- *Enlène et civilisation* par Odetta Sisti (Mémoires)
- *L'Apex de Font-Vendres II et le commerce de la Sète à l'époque de Claude* - Archéologia 1
- *Peuples* - Lignes à Mithras (comptes rendus)
- *Centenaire des communes et communes de France - Alsace* - par André Vign
- *Grands notables du premier empire* - 1. Vaucluse, par Alain Maureac - Ardèche, par Dominique Peyron-Monagnon
- *Grands notables du premier empire* - 2. Mont-Blass, Larnac par André Fajuel-Guillard
- *Systèmes symboliques* - science et philosophie (table ronde)

Ouvrages parus avec le concours du CNRS : déc. 1977 - mars 1978

Editeurs	Auteurs	Titres des ouvrages
Géologie sédimentaire et paléontologie GEBBIO - Université Claude-Bernard - Villeurbanne	Colloque International CNRS-Marseille 1978	<i>Feuilles de manuscrits du paléogène d'Europe - mémoire 1 spécial</i>
Université Louis Pasteur	Tyee Searles	<i>Mémoire n° 47 - sciences géologiques. Etude géochimique comparative de quelques gisements supergènes de fer</i>
Biologie animale Librairie René Thomas	Charles F. Eakin	<i>Feuilles de Manuscrits - 45 - Reptiles américains modernes</i>
Biologie végétale Muséum national d'histoire naturelle - Laboratoire de phanérozoologie	J.P. Noorboom et J.E. Veld	<i>Plans du Cameroun du Laos, et du Viet Nam. 16 - Symboles</i>
	Nicolas Hanc	<i>Plans de la Nouvelle Calédonie et dépendances 8 - Océanides</i>
Mécanique - Energétique Masson	H.O. Sul	<i>Mécanique de la rupture fragile</i>
Psychologie Masson	H. Helsen M. Jeannerod	<i>De l'activité motrice à l'organisation du geste</i>
Anthropologie, préhistorie, ethnologie Gallérie	Six Démographie de Paris	<i>L'anthropologie - numéro spécial - Voyages Chamaniques</i>
André Proux	André Proux	<i>Cerres d'archéologie d'Amérique du Sud 8. Les sculptures amérindiennes du sud Brésil et de l'Uruguay</i>
Laboratoire d'ethnologie Nantes	M. Gaboriau	<i>Musée national de la région nantaise du Nord</i>
Laboratoire d'ethnologie et de sociologie comparative - Université de Paris X - Nanterre	Lachena Orlévy	<i>Colloque 2 - Chemises bouillies - études romaines et ablatiennes</i>
Société préhistorique française Commission du bronze	J.P. Soudant et Gilles Gauthier	<i>Typologie des objets de l'âge du bronze en France</i>
Berger-Levrault	Henri Rault	<i>L'architecture rurale française - Savoie</i> <i>L'architecture rurale française - Dauphiné</i>

Sociologie et démographie

Antropologie
Éditions mensuelles et
informationnelles - Tange

Jean-Loup Amelle

Les négociants de la Savane

Paul Pescon

Le Hameau de Marbach - tome I

Paul Pescon

Le Hameau de Marbach - tome II

Antropologie

Marie Elou

La formation de la colonisation nationale en République populaire du Congo

Éditions de la Guinée

Madeline Guilbert
Nicole Lenoir
Marie-Hélène
Zylberg-Henriquet

Travail et condition féminine

Géographie

Éditions Cahiers

CHRS (section
géographique)

Carte climatologique détaillée de la France - Tome I

Université scientifique
et industrielle de Grenoble
(CNRS - SH n° 30)

Huguette Vivien

Alpes - Averses extérieures et chutes concomitantes dans l'Arc Alpin

Institut de géographie
d'Alsace-Provence

Jean Naud

Carte phytogéographique des Massifs du Bassin d'Annecy
(Département de l'Isère)

ICP 21 - Cartes
géomorphologiques

Raymond
J. Tillet

Glaciers n° 1-2

Sciences économiques

Économie

Philippe Cazenave
Christian Maréchal

Justice et redistribution

Sciences juridiques et politiques

A. Pélissier

Institut de droit
comparé de Paris
Laboratoire associé
au CNRS
Sous la direction et
avec un avant-projet
de loi commune
présentée par
René Rodière

Les vices du consentement dans le contrat

Presses universitaires
de France

Albert Rigaudière

Le contrat de transport de marchandises terrestres et aérien

Faculté de droit
et science politique
de Saint-Maur

Marguerite
Boulet-Saunier
Gérard Saunier
André Vandenberghe

Bibliographie en langue française d'histoire du droit concernant
l'année 1972 - tome XV

Études linguistiques et littéraires françaises

Éditions Zéro

Édition critique
avec introduction
et notes par
Alexandre Micha

Lancelotti, romans en prose du XIV^e siècle - tome I

Société de linguistique
Picante

Lucie-Fernand
Paturel

Du moyen Picard au Picard moderne

Scholar

Louise Godard
de Donville

Signification de la mode sous Louis XIII

Librairie Armand Colin

Pierre Rancourt

Bibliographie de la littérature française du Moyen-Âge à nos jours - 1975

Abbaye Saint-Pierre
de Solesmes

-

Bibliographie de la littérature française du Moyen-Âge à nos jours - 1976

Langues et civilisations classiques

Les Latins lettrés

Texte établi
et traduit par
Raymond Weil avec
la collaboration
de Claude Nicolet

Pythie - Héraclite - Lucrèce VI

Les Latins lettrés

André le Breton

Les Latins lettrés - Femmes et de civilisations

De Carl

Traduction par
Pierre Hostein
et Pierre Naudin

Origine - Héraclite sur Jéhovah

F. de Biard	France - Musée du Louvre par Robert Duros, sous la direction de Pierre Derenne	Certius Vespasii Atticismus
Langues et civilisations orientales Institut N. Lonn Université Lyon II	Constantine Huxson	L'offrande du mort dans les temples égyptiens de l'époque gréco-romaine
Editeur: Maison de L'Orient Diffuseur: De Boccard	Sous la direction d'Olivier Aurenche	Dictionnaire illustré multilingue de l'architecture du Proche-Orient ancien
Kimuladok	Livre écrit et écrit en grec ancien, texte critique introduction, introduction et commentaires avec des notes linguistiques et grammaticales par Muhammad Moïse	La grande Assemblée des Fidèles de Vité au tribunal sur le Mont Zagros en Iran
Les belles lettres	P. la Combe	Ido - Mythe et réalités
Librairie Droz	Dominique Urvoy	Le monde des Umayyades andalous du VIII ^e au X ^e siècle
A. et J. Ploard	J. Vandier	Manuel d'archéologie égyptienne - tome VI - Bas-reliefs et peintures - Scènes de la vie agricole
Presses universitaires de France	Paul Hachmeyer et Françoise Aubert	Un code des Yukt - Indes - tome troisième
Institut des hautes études orientales - Collège de France	Guy Gagnon	SH - Conventions combinées du Shuang et du Shuang Shuang - Tome I
Éditions de l'université de Provence	Pierre Rolland	Tome II
E. et J. Ploard	V. Vassilievsky	Commentaires au droit corinthien antique. Le Vandalisme antique
Antiquités nationales, histoire médiévale Éditions Flammarion	Auteurs de l'université, Jean Mouton	La construction de l'écriture chez Philon d'Alexandrie
Université de Poitiers	Centre d'études supérieures de civilisation médiévale	Actes du IV ^e colloque international sur les sciences antiques (17-21 mai 1976)
Institut français d'études byzantines	J. Demonce	Catalogue des inscriptions de la France médiévale. 1 - Poitou-Orientale - 2 - Orléans-Orientale, Orléans-Maritime, Deux-Sèvres
Librairie Droz	Wolfgang Vieland-Raschberg	Les registres des écoles du Patriarcat de Constantinople - Vol. I des écoles des Patriarches - Fasc. V - Les registres de 1310 à 1376
Publication de la Sorbonne	Renaud Guénel	Les papyrus du dossier de la monnaie de Bourges
A. et J. Ploard	Bureau de Manuscrits-Franciscan Dernière Général-Charité	Le maître d'honneur au Moyen-Âge - Études sur l'héraldique médiévale
Collège S. Benigne		Le maître de Saint-Denis
École française de Rome	Lettres romaines antiques d'après les registres des d'Augustin et du Vatican par François Avril, Pierre Bodinier, Jean René Gaborit et Danielle Gaborit sous la direction de Michel Israel	Semaines Communales - Saint Benigne
Histoire moderne et contemporaine Cahiers des archives de Normandie	Gabriel Débat	Urbain V (1362-1370) - Tome III (Rec. II)
		Les archives Naupliotes

Mouton	Jean Meusnier	Le problème des substances à l'époque Louis XIV - La production des cardes dans la France du XVII ^e et du XVIII ^e siècle - Tome I (texte)
		Tome I (notes)
Seal	Correspondance recueillie et éditée avec introduction et notes par J.V. Pothet	Julius Flug - Tome II : l'épiscopat 1940-1953
Pedone	Pierre Gillon	Les papiers de Richelieu - Tome 3 (1627)
Presses universitaires de France	Revue d'histoire de la deuxième guerre mondiale	Table systématique des numéros 1 à 100
Chastelain	Texte établi et publié par Pierre Dupont	Procès en nullité de la condamnation de Jeanne d'Arc
Philosophie, épistémologie, histoire des sciences Martinus Nijhoff - La Haye	Traduction selon le texte cartésien et annotation par Jean-Luc Marion avec des notes méthaphysiques de Pierre Costablie	René Descartes - Règles utiles et saines pour la direction de l'esprit en la recherche de la vérité
Presses universitaires de France	Les études bergsonniennes	Volume XI
Picot	Gilbert Ryle	La notion d'esprit - Pour une critique des concepts mentaux
Vuib	Traduction par M. Pedemonte	Les débuts des mathématiques grecques Arpad Szabo
Littératures José Corti	Michel Guichard	Imaginaire et utopie - Etudes berliziennes et wagnériennes - L'Wagner

Rectificatif : dans la rubrique « Ouvrages perdus avec le concours du CNRS » une erreur s'est glissée dans plusieurs numéros : au lieu de « Sôlaf-Marseille » il fallait lire « Sôlaf - 5, rue de Marseille - 75010 Paris ».

