

Le courrier du CNRS 35

Auteur(s) : CNRS

Les folios

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

78 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 35, 1980-01

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

Consulté le 24/01/2026 sur la plate-forme EMAN :

<https://eman-archives.org/ComiteHistoireCNRS/items/show/126>

Copier

Présentation

Date(s)1980-01

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 78

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

LE COURRIER DU CNRS

Trimestriel, n° 35, Janvier 1980, 12 F.



le CNRS en quelques chiffres



au 1^{er} janvier 1980

Budget :

3 350 millions de francs

Personnel :

8 300 chercheurs

14 000 ingénieurs, techniciens
et administratifs

Modes d'actions :

146 laboratoires propres

3 missions permanentes

128 équipes de recherche

32 groupes de recherche

243 laboratoires associés

568 équipes de recherche associées

222 recherches coopératives

sur programmes

17 groupements de recherches coordonnées

6 groupements d'intérêts scientifiques

le courrier du CNRS

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

Directeur de la publication
Pierre Creyssal (par intérim)

Secrétaire de rédaction
Martine Chabrier-Elkik

La vie des laboratoires
Véronique Brossollet

Entretiens
Monique Mounier

Comité de rédaction
Pierre Chaunu
Michel Crozon, Jean-Didier Dardel,
Francis Garnier, Alain Giraud,
Lucien Hartmann, James Hiéblot,
Jacqueline Mirabel, Geneviève Niéva,
Henri Peronnin, Pierre Potier,
Jean-Claude Ribes, Lionel Salem

Direction artistique
Guy Clergirouet
Industrie Service

Numéro 35 - Janvier 1980

Page 1 de couverture :
Faisceau laser réfléchi sur un miroir-plan. Laboratoire de spectrochimie infra-rouge et Raman - Villeneuve d'Ascq.

Page 4 de couverture :
Photo 1 : Embarquement des étages du lanceur Ariane au port des Mureaux (photo CNES) - (voir article p. 4).
Photo 2 : Dislocation dans un Saguaro (voir article p. 9).
Photo 3 : Mise en place au banc d'essais de la Société européenne de propulsion (SEP) à Vernon (Eure), de la balle de propulsion du premier étage d'Ariane - photo SEP - (voir article p. 4).
Photo 4 : L'un des types de dislocations proposés par Volterra (voir article p. 12).

L'événement

Ariane et la science - Hubert Curien

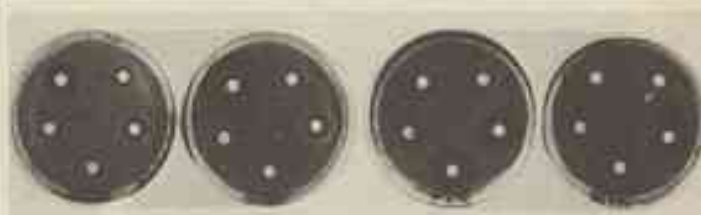
4



Réflexion

Les dislocations - Bernard Jouffrey

8



Le point

La résistance des bactéries aux antibiotiques - François Le Goffic

20

Expliquez-moi

Le laser - Georges Duraffourg

30

Au-delà des frontières

La microbiologie industrielle et la technologie enzymatique au Japon

32



Rencontres

Les quatrième rencontres de l'audio-visuel scientifique - Jean-Michel Arnold et Daniel Confland

38

La vie des laboratoires

42

Éphémérides

61

A l'affiche

68

Bibliographie

74

Abonnements et ventes au numéro, le numéro 12 F. Abonnement annuel : 40 F (voir bulletin p. 35-36). 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 intertitres et les chapitres introductifs ont été rédigés par le secrétariat de rédaction. Les textes et illustrations peuvent être reproduits sous réserve de l'autorisation du directeur de la publication - C.P.A.D. 303 - Réalisation ALLPRINT - 8, rue Antoine Chantoin, 75014 Paris - ISBN 2-222-02666-0 - © Centre national de la recherche scientifique.

Ariane et la science

Ariane et la science et non Ariane pour la science puisque Ariane a été essentiellement réalisée pour les applications. Hubert Curien nous rappelle que le développement de la fusée a été conduit selon les meilleures méthodes scientifiques et que les expériences qui sont prévues dans le programme de lancement seront d'une très haute qualité.

Hubert CURIEN

On pourrait attendre d'un article traitant d'Ariane et destiné au « Courrier du CNRS » qu'il porte un titre du genre « Ariane pour la science ». J'ai préféré, plus modestement, « Ariane et la science ». Ariane n'a pas été essentiellement développée pour la science, mais pour les applications. Parmi les vingt premières charges utiles, trois seront scientifiques, toutes les autres étant des satellites opérationnels ou préopérationnels d'applications, pour la plus grande part de télécommunications et de télévision. Et cependant les relations entre Ariane et la science peuvent être considérées comme exemplaires, à deux titres au moins : le développement de la fusée a été conduit selon les meilleures méthodes scientifiques, les expériences qui sont prévues dans le programme de lancements pour le proche futur sont de haute qualité. Mais avant de louer Ariane, un sentiment de reconnaissance naturelle me pousse à parler d'abord un peu de Diamant, dont Ariane ne doit pas éclipser les mérites passés.

L'éclat de Diamant

Avec Diamant, lanceur relativement modeste mais fort efficace, la France s'était placée au troisième rang des puissances spatiales, en lançant d'Hamaguir, le 26 novembre 1965, un satellite de 40 kg, nommé Astérix. C'était la première fois qu'un objet se trouvait placé en orbite par une fusée qui n'était ni américaine ni sovié-

tique. Les versions progressivement améliorées de Diamant ont été utilisées, entre 1966 et 1975, pour satelliser neuf engins scientifiques dont les masses sont allées en croissant de quelques dizaines à une centaine de kilogrammes. Ces satellites ont permis aux scientifiques français d'acquiescer une bonne, voire une très bonne position dans plusieurs domaines. Citons deux exemples, de profils très différents : Starlette et Castor.

Starlette aux soixante miroirs

Starlette est le plus simple des satellites : une sphère de métal tapissée de miroirs, plus précisément de « rétroreflecteurs », version noble de ce que les usagers du réseau routier appellent des cataphotes. Son orbite est légèrement elliptique (810-1 105 km), inclinée de 30° sur l'équateur. Attaqué par un éclair laser d'un joule concentré dans trois minutes d'arc, le satellite renvoie vers la Terre un faisceau dont un télescope de 1 000 cm² peut recevoir une centaine de photons. Starlette n'est d'ailleurs plus seule dans son genre : l'espace circumterrestre est maintenant sillonné par une flottille de tels satellites passifs ou de satellites de diverses natures qui comportent des réflecteurs optiques. Des rétroreflecteurs ont été aussi déposés sur la lune. Pourquoi cette minoterie spatiale ? D'abord pour déterminer dans le détail, le champ de gravité de la Terre, à partir d'une observation très précise des trajectoires des satellites, utilisés comme mouchards d'un nouveau genre, au service des géophysiciens, pour l'étude des irrégularités du potentiel de gravité de la Terre donc aussi de sa structure. La visée des satellites à partir de stations

réparties sur la surface du globe permet d'autre part de réaliser une géodésie nouvelle à la fois par son échelle intercontinentale et par son extraordinaire précision. Les satellites miroirs sont maintenant les outils communs des arpenteurs de continents. Des distances intercontinentales de plusieurs milliers de kilomètres peuvent être comparées au décimètre près, et la dérive des continents peut être aussi surveillée. Les mouvements globaux de la Terre sont espionnés eux aussi et les déplacements des pôles, dont l'amplitude est de l'ordre d'une vingtaine de mètres par an est scrutée avec une précision nouvelle. Le lancement de Starlette, satellite de tout petit prix et de très longue vie, premier au monde dans son genre, a permis aux géodésiens français qui en étaient les promoteurs de se faire une place de premier rang dans une discipline en plein renouveau.

Un Castor bien occupé

Castor, lancé de Kourou le 17 mai 1975 a évolué sur une orbite elliptique (270-1 270 km) inclinée à 30° sur l'équateur jusqu'au jour de sa mort, le 18 février 1979, mort par usure après une durée de service supérieure à celle qui avait été prévue. Le satellite comportait à son bord un capteur accélérométrique triaxial ultrasensible, produit par l'Office national d'études et de recherches aérospatiales et nommé CACTUS. Cet appareil est constitué par une bille métallique de 4 cm de diamètre placée à l'intérieur d'une cavité sphérique légèrement plus grande. Pour compenser l'accélération relative du satellite par rapport à la bille, des for-

□ Hubert Curien, directeur général honoraire du CNRS (1969-1973), est actuellement président du Centre national d'études spatiales.

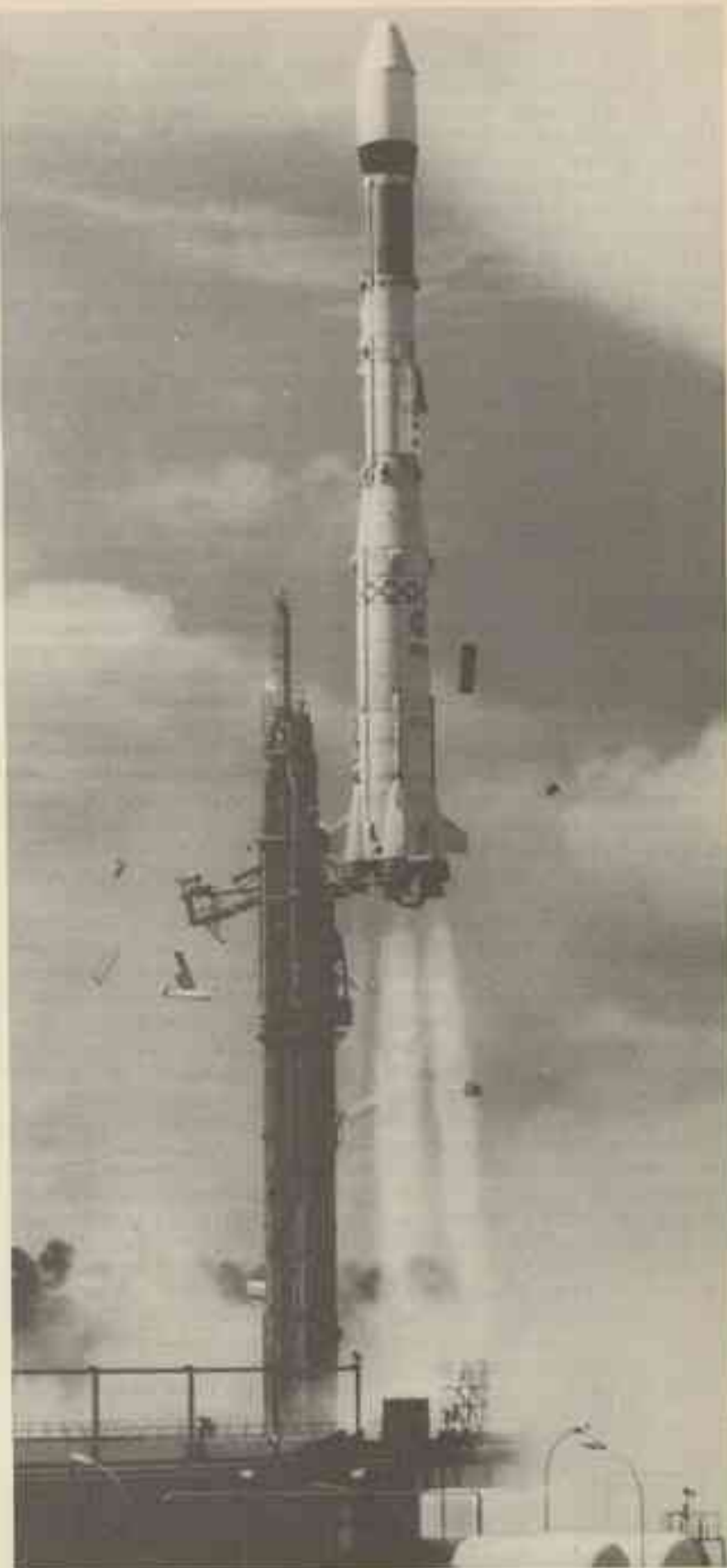
ces électrostatiques sont exercées sur elle à l'aide de trois paires d'électrodes disposées tri-orthogonalement. La mesure de ces forces donne la valeur des accélérations relatives et donc les actions de surface subies par le satellite : freinage atmosphérique ou pressions de radiation. Le seuil de sensibilité de cet appareillage, qui est inférieur à 10^{-10} g, s'est révélé dix fois meilleur que ce que l'on avait osé espérer. Ce record homologué n'est pas seulement sportif, il est utile puisqu'il permet de mesurer la densité de la très haute atmosphère sur laquelle frotte le satellite et qui est de l'ordre de 10^{-13} kg/m³ à 600 km d'altitude. Une connaissance précise de la densité atmosphérique à très haute altitude permet une meilleure prédiction des trajectoires de rentrée des satellites et un calcul plus exact des corrections d'orbite à faire subir aux engins en orbites basses. En rentrant lui-même dans l'atmosphère pour y brûler, Castor a bâti de la science : les satellites frotteurs sont utiles jusqu'au bout.

Lorsqu'il passait à son apogée, à quelque 1.200 km d'altitude, Castor, complètement libéré du frottement atmosphérique, était utilisé pour mesurer les pressions de radiation. Pression de radiation solaire d'abord (de l'ordre de 3×10^{-6} g) dont on a pu évaluer la variation avec la distance Terre-Soleil, due à l'excentricité de 1,7 % de l'orbite terrestre. À l'ombre du soleil, le satellite permettait aussi de mesurer la pression de radiation infra-rouge de la Terre (de l'ordre de 5×10^{-10} g) en constatant, par exemple, que cette pression est environ 10 % plus intense au-dessus des océans qu'au-dessus des continents, qu'elle est plus forte au-dessus des tropiques qu'au-dessus de l'équateur, toutes constatations fort utiles aux météorologistes. Enfin, il a été possible de mesurer la pression des radiations solaires rediffusées par la Terre. En combinant l'ensemble de ces données, un premier bilan radiatif de la Terre a été établi, résultat essentiel pour une science naissante : la climatologie.

Starlette et Castor : deux fleurons parmi d'autres insérés par Diamant dans la couronne de satellites dont l'homme fait présent à la Terre.

Un mieux qui n'est pas l'ennemi du bien

Mais la filière Diamant n'était, après dix ans de bons services, plus porteuse d'avenir. L'espace, d'abord lieu de découverte, est vite devenu aussi terrain d'exploitation. La



Lancement à partir du Centre spatial guyanais à Kourou le lundi 24 décembre 1979 à 17 heures 14 minutes et 38 secondes TU. (Document ESA-CNES - Photo CSG/« Optique »).

France, l'Europe ne pouvaient se satisfaire d'un lanceur qui ne leur permettait pas l'accès à la compétition commerciale et industrielle et ils ne pouvaient laisser s'installer un monopole de fait qui obligeait leurs fabricants de satellites à passer par les conditions d'un fournisseur de lanceurs dont les intérêts n'étaient pas nécessairement les leurs. Il fallait donc concevoir et réaliser un lanceur au moins vingt fois plus puissant que Diamant, capable de mettre plusieurs tonnes en orbite. Après les vicissitudes du programme Europa, dix pays européens ont accepté la proposition française de mettre sur pied, sur de nouvelles bases, le programme de fabrication d'un grand lanceur dont le maître d'ouvrage serait une agence européenne qui regrouperait les activités communes en matière de satellites et de fusées, et dont le maître d'œuvre serait le Centre national d'études spatiales français (CNES). Ce nouveau départ supposait, pour des raisons financières évidentes, l'arrêt de la filière Diamant. Nos scientifiques allaient donc se trouver privés, pour quelques temps, de moyens de lancement propres. Mais les collaborations avec les Etats-Unis et l'URSS leur assuraient de toute manière un programme intéressant.

Diamant, bon porteur de petites charges, mais inutilisable pour la mise en place de programmes opérationnels d'application, était un outil réservé de fait aux scientifiques. Ariane n'allait-elle pas se présenter pour eux comme un mieux ennemi du bien ? De tels regrets, outre qu'ils eussent été sans effet, auraient été mal placés. Car les satellites scientifiques eux-mêmes ont une tendance irrépressible à grossir au fil des années et les programmes actuellement conçus conduisent à des engins qui ne s'accommoderaient plus de Diamant. Pour la science aussi, le saut de puissance était nécessaire. Et, d'ailleurs, si la part relative des fusées Ariane affectée au transport de charges scientifiques est bien inférieure à celle des Diamant, la cadence de tir, qui est beaucoup plus élevée, fait la compensation. Au total, nous enverrons dans l'espace, bon an mal an, plus de kilos de science.

Des lanceurs qui vibrent

Le développement d'un objet de technologie avancée tel qu'un lanceur est l'occasion de mettre à l'épreuve et d'affiner des méthodes scientifiques nouvelles. Prenons comme exemple le champ de la mécanique des vibrations et des méthodes mathématiques, analytiques et numériques,

qui peuvent y être appliquées.

Pendant les quelques quinze minutes qui lui sont nécessaires pour faire sa livraison spatiale, le lanceur est soumis à un régime mécanique sévère et les vibrations dont il est le siège sont communiquées au satellite passager. Il est donc indispensable de s'assurer à l'avance que le niveau vibratoire, aux diverses fréquences, ne sera dommageable ni au satellite, ni au lanceur lui-même. L'origine des phénomènes vibratoires en basse fréquence est multiple. Les phases d'allumage et d'extinction des moteurs excitent longitudinalement et latéralement la structure, ainsi d'ailleurs que les rafales de vent pendant la traversée de l'atmosphère. Le couplage entre la structure, le comportement hydraulique des combustibles liquides et la propulsion créent ce qu'il est convenu de nommer l'effet Pogo qui a été fatal dans le passé à plus d'une fusée.

Il convient donc de connaître en détail le comportement mécanique du lanceur dont l'étude est compliquée par deux circonstances particulières : les deux cent dix tonnes d'Ariane comporte cent soixante quinze tonnes de combustibles et comburants qui sont des liquides et qui sont progressivement consommés au cours du vol. Le travail commence par une modélisation dans laquelle le lanceur est représenté par un système équivalent de masses et de ressorts traduisant les effets d'inertie et de rigidité de la coque et des liquides. Ce calcul rapide donne une première estimation des fréquences propres. Il est, bien entendu, insuffisant. Une modélisation plus poussée consiste à représenter les structures des sous-ensembles par éléments finis et à utiliser une loi de comportement approchée pour les liquides. Cependant, lorsque la participation des fluides dans les réservoirs devient le phénomène prépondérant, cette deuxième approximation est encore insuffisante. On effectue alors un traitement numérique par la méthode des éléments finis d'un principe variationnel équivalent aux systèmes d'équations différentielles et aux conditions aux limites qui régissent de façon exacte les vibrations des réservoirs des liquides. Les résultats de ces calculs sont ensuite validés dans toute la mesure du possible par des mesures directes sur le lanceur, sur une maquette de préférence en vraie grandeur. On lève ainsi le maximum d'incertitudes sur les bases des calculs et l'on définit la modélisation la plus représentative en s'attachant en particulier à l'étude des résonances et aux interférences entre modes différents de

fréquences identiques. Enfin, et c'est l'un des buts des vols expérimentaux, en truffant le lanceur de plus d'un millier de capteurs de mesure habilement répartis, on vérifie en vol le bien fondé des prédictions.

Le premier tir d'Ariane nous a montré que les méthodes nouvelles que nous avions introduites dans la solution de ce beau problème de mécanique étaient efficaces puisque les effets mesurés se plaçaient bien à l'intérieur des fourchettes calculées, et définies sans complaisance. Dans l'état actuel du dépouillement des mesures, on peut déjà dire que les modifications qui devront être apportées au lanceur pour l'améliorer de ce point de vue sont tout à fait mineures.

Ariane et les sciences humaines

Les problèmes posés par le développement d'une grande fusée ne sont pas cantonnés dans les seuls domaines des sciences physiques ou mécaniques. Ils relèvent aussi des sciences humaines. D'abord des sciences de gestion. Il s'agissait en effet de mener un programme étalé sur sept ans, dans une enveloppe financière définie ne comportant qu'une provision de 20 % pour les aléas, en regroupant les participations de plus de cinquante firmes grosses, moyennes et petites. Circonstance aggravante, le lanceur étant une entreprise plurinationale, il fallait respecter la règle dite du juste retour qui veut que les industriels de chacun des dix pays participants reçoivent des commandes pour un montant égal à la participation de leur gouvernement au programme. Cette règle n'est pas, comme on peut l'imaginer, un facteur d'économie ni d'émulation concurrentielle. Or le développement du lanceur a été réalisé dans les temps prévus, à cinq mois près, et dans la marge financière prévue (la dépense totale en francs courants cumulés est actuellement de 4,6 milliards de francs). Ce résultat n'a pu être atteint que par la mise en place d'un plan de gestion rigoureux et d'une organisation industrielle stricte. Le CNES, maître d'œuvre du programme avait placé cinq contrats directs auprès d'industriels français : l'Aérospatiale (SNIA), architecte industriel et étagiste, la Société européenne de propulsion (SEP) pour les ensembles propulseurs, l'Air Liquide pour les structures cryogéniques. La société Matra pour la case à équipements. En outre, un contrat direct était passé à la firme belge ETCA pour le banc de contrôle. Pour réduire les inconvénients de la règle du « juste re-

tour », un nombre important d'appels d'offres a été envoyé simultanément à travers l'Europe en s'attachant à ne faire apparaître a priori aucune répartition plus probable. La décomposition du système en tâches cohérentes suffisamment nombreuses a permis d'éviter les découpages politiques. Le spectre de la fusée malchanceuse Europa qui hantait les mémoires eut le mérite d'éloigner d'éventuelles velléités de complaisance pour les errements passés. Un organigramme technique a été dressé, instrument de codification unique et non ambigu, qui faisait apparaître la ventilation et l'organisation logique des travaux jusqu'aux détails fins.

Un système formel de contrôle du projet a été mis en place pour suivre la progression des travaux, tenir l'état des dépenses et prendre en temps utile toute mesure corrective nécessaire. Le système PERT a été utilisé pour planifier l'ensemble. La rigueur calendaire et budgétaire étant l'une des données de bases du programme, les responsables se sont aussi armés pour faire la chasse aux perfectionnements techniques plus séduisants qu'indispensables.

Les techniques économiques, sous leur aspect gestionnaire, ne sont pas les seules sciences humaines que le programme nous ait amenées à mettre en œuvre. La coopération de plus de cinquante partenaires, souvent concurrents entre eux sur d'autres marchés, de taille et de style très divers, pratiquant des méthodes et des langues différentes ne peut être efficacement organisée qu'avec une certaine pratique de la psychologie. Le maintien sur sept ans d'un élan commun à dix pays européens dont les impulsions au départ étaient d'intensités variables, a exigé aussi quelque science politique.

La mise en configuration réduite, après les tirs de Diamant et l'essai d'Europa, puis la réanimation de la base de Kourou, n'allaient pas non plus sans poser quelques problèmes, à la fois économiques, psychologiques et politiques. Le premier tir réussi d'Ariane a puissamment conforté l'intégration de Kourou dans son département. Kourou, une jolie petite ville spatiale qui compte maintenant plus de six mille habitants, et qui tourne résolument le dos au passé.

Feux d'artifice

Le premier exemplaire expérimental d'Ariane emportait sous sa coiffe un satellite simplement constitué par un ensemble d'appareils destinés d'une part à mesurer les paramètres d'am-

biance et, d'autre part, à émettre des signaux qui ont permis de vérifier les caractéristiques de l'orbite, le tout accompagné d'un lest de 1 400 kg.

Le second exemplaire, qui sera lancé à la fin du mois de mai de cette année, emportera une charge déjà beaucoup plus significative. Il s'agit d'un satellite scientifique nommé Firewheel. Le but est d'injecter à des distances de dix et sept rayons terrestres des plasmas de baryum et de lithium et d'en suivre l'évolution en les observant à l'aide de détecteurs qui sont d'une part placés sur le satellite lui-même et d'autre part sur des sous-satellites qui se sépareront du satellite principal et iront se placer à une centaine de kilomètres de celui-ci au moment de l'émission du plasma. Les ions émis à énergie faible et connue, de quelques électro-volts, sont accélérés par le champ ambiant, dont ils permettent donc l'étude précise. Les ions de lithium, légers, constitueront des sondes efficaces pour la caractérisation de la propagation d'ondes. Les ions de baryum, lourds, auront une forte interaction avec le champ magnétique et pourront déclencher une aurore boréale, qui doit être observée de la Terre. Cette aurore boréale artificielle aura, pour les chercheurs, une vertu essentielle. Contrairement aux phénomènes naturels couramment observés, les conditions initiales en seront parfaitement connues et l'interprétation pourra donc être concentrée sur le processus lui-même. Le promoteur principal de ce programme est l'Institut Max-Planck pour la physique extra-terrestre de Garching (RFA).

Le troisième vol expérimental d'Ariane emportera un second modèle du satellite Météosat dont le premier a été mis en orbite par un lanceur américain le 23 novembre 1977 et a parfaitement fonctionné jusqu'au 24 novembre 1979. Je pourrais, bien sûr, à ce propos m'étendre quelque peu sur ce programme qui est l'un des éléments importants du GARP (Global atmospheric research programme). Je préfère, pour me borner à un autre exemple d'utilisation scientifique toute proche d'Ariane, dire quelques mots de l'expérience Lasso.

Des horloges accordées à la nanoseconde

Le cinquième exemplaire d'Ariane, qui sera le premier de la première série opérationnelle emportera en 1981, en compagnie d'un satellite de télécommunications maritimes (« Marecs ») un satellite de conception italienne « Sirio » qui sera lui-même por-

teur d'une expérience « Lasso » à forte participation française.

On sait que, depuis 1967, l'étalon de temps astronomique a été détrôné par un étalon atomique qui conduit à une précision bien meilleure. Mais il ne suffit pas d'avoir ici et là, à travers le monde, des horloges extraordinairement précises. Il est également souhaitable, au moins pour certaines applications (navigation ou géodésie de haute précision, télécommunications numériques à accès multiples, métrologie...), qu'elles soient synchronisées les unes par rapport aux autres avec une exactitude comparable à leur précision. L'objet de l'expérience Lasso est de permettre des comparaisons de temps, à l'échelle intercontinentale, à mieux d'une nanoseconde (10^{-9} seconde). Le principe adopté est simple. Des stations terrestres émettent des éclairs laser en direction du satellite qui, équipé de réflecteurs renvoie vers la station une partie de l'énergie reçue. La station mesure ainsi la durée du trajet aller et retour. Jusqu'ici rien de nouveau par rapport à Starlette. Mais le satellite est lui-même doté d'un dispositif de détection et de datation de l'arrivée des éclairs et communique par radio ces informations au sol. Considérons ainsi deux stations terrestres A et B. La station A émet un éclair à l'instant t_A repéré par son horloge H_A et mesure aussi le temps τ_A de propagation de l'éclair vers le satellite. De même pour la station B. En outre, le satellite mesure, grâce à son propre chronomètre, l'intervalle de temps R qui sépare l'arrivée des impulsions venant de A et de B. La correction d'horloge C qui permet de synchroniser l'horloge H_B sur l'horloge H_A est donc

$$C = (t_A + \tau_A + R) - (t_B + \tau_B)$$

Chaque expérience de synchronisation durera quelques minutes et pourra être répétée aussi souvent qu'il sera nécessaire, les conditions météorologiques étant le seul facteur limitatif car la transmission des éclairs laser exige un ciel clair.

Le fleuve Alphée

Voilà donc, rapidement esquissées et arbitrairement choisies quelques unes des recherches qui ont été faites pour Ariane, ou qu'elle permettra de réaliser. Ce n'est pas sans dessein que j'ai voulu mêler dans mes propos et mes exemples, l'aval et l'amont. La démarche scientifique doit avoir quelque parenté avec le fleuve Alphée, qui savait, à l'occasion inverser le sens de son cours.

Les dislocations

Les dislocations permettent d'expliquer l'essentiel des déformations plastiques et certaines propriétés de croissance des cristaux ou certains comportements électriques des semiconducteurs ou structures plus compliquées comme les diodes. Mais l'histoire de la connaissance de ces dislocations est une longue histoire....

Bernard JOUFFREY

L'importance des défauts pour l'explication d'un certain nombre de propriétés des matériaux est maintenant bien claire. Parmi ces défauts, les dislocations permettent d'expliquer l'essentiel des déformations plastiques et certaines propriétés de croissance des cristaux ou certains comportements électriques des semiconducteurs ou structures plus compliquées comme les diodes.

L'histoire des dislocations remonte essentiellement au début du siècle, mais des approches remontant plus loin dans le temps ont permis d'arriver à l'état de connaissance que nous avons maintenant sur ces défauts. Les premières approches dans ce domaine ont été faites à partir d'observations évidemment macroscopiques et il est curieux de voir par exemple que ces défauts qui existaient dans la nature à une échelle humaine n'aient pas soulevé une bien grande curiosité à l'origine. Il est cependant bien évident que ce type de réflexion pourrait être fait dans bien d'autres cas et qu'il est toujours beaucoup plus facile de faire ces remarques par la suite (fig. 1 et 2).

On trouve également des défauts moins directement visibles dans des coquillages, cristaux naturels et dans les cristaux liquides par exemple. C'est d'ailleurs à partir de ces cristaux que certains travaux ont été menés dès la fin du siècle dernier.

Rappelons, comme l'a souligné J. Friedel dans son introduction aux dislocations du livre de Nabarro « Dislo-

cations in solids » (1979), que les phases mésomorphes ont été observées par Lehman à la fin du siècle dernier et ont été répertoriées avant 1920 par G. Friedel, qui fit paraître en 1922 aux *Annales de physique*, son célèbre article « Les états mésomorphes de la matière » qui se distinguent des phases amorphes et cristallines habituelles de la matière. Dans cet article, il rappelle que c'est dès 1889 que Lehman, un chimiste allemand, montrait les propriétés particulières du benzoate de cholestérine. Ce corps avait été préparé par Reinitzer qui lui avait trouvé « deux points de fusion » à 145°5 et 178°5. Lehman devait ainsi découvrir de nombreux corps présentant des propriétés curieuses (corps smectiques et nématiques). Il publia essentiellement ses travaux dans deux ouvrages (*Flüssige Kristalle* paru à Leipzig en 1904, et *Die Neue Welt der Flüssigen Kristalle* qui date de 1911). Vorländer fit également connaître un grand nombre de ces substances (*Kristallinisch-flüssige Substanzen* paru à Stuttgart en 1908). Cependant si les allemands ont été à l'origine de ces substances nouvelles, c'est en France que la compréhension de leurs propriétés a fait de grands progrès. En particulier, l'étude de leurs défauts date de cette époque. C'est ainsi que G. Friedel a été le premier à décrire les structures à coniques focales. Il a montré par exemple que « les corps smectiques (arrangement de molécules au hasard dans des plans parallèles équidistants) ne contiennent aucune autre discontinuité de structure que les coniques focales ».

Ces lignes de discontinuité qui entraînent des arrangements moléculaires particuliers ont donc été les premiers défauts, à cette échelle, observés (au

microscope optique) et décrits. Elles sont dans la plupart des cas semblables aux dislocations de rotation de Volterra. Nous ne parlerons plus dans ce qui suit des cristaux liquides, ni des structures magnétiques, cet historique étant tourné vers les métaux et alliages. Mais il faut remarquer que la liaison entre ce qui se passe dans ces derniers matériaux et ce dont nous venons de parler, n'a été faite que beaucoup plus tard.

Il est à noter que le terme « dislocation » était utilisé (encyclopédie Flammarion du début de ce siècle) par les géologues pour décrire des effets tectoniques de cassures ou pour définir la séparation de deux parties de terrain par faille.

Dans les pages qui suivent, nous allons essayer de retracer les étapes principales qui ont amené à la connaissance actuelle des dislocations. Nous développerons essentiellement les étapes les plus anciennes. Les aspects plus récents demanderaient un livre complet. Il existe de plus, d'excellents ouvrages rappelant l'essentiel de l'histoire récente des dislocations à leur origine et le développement de leur utilisation (Read, *dislocations in crystals* 1953 ; Cottrell, *dislocations and plastic flow* 1953 ; Friedel, *les dislocations* 1956 et *dislocations* 1964 ; Nabarro, *theory of crystal dislocations* 1967).

Essais de déformation et approche macroscopique

Si la notion de l'atome remonte pratiquement aux grecs, elle ne fut décrite, semble-t-il, que par Lucrèce dans son « *De natura rerum* » qui traduisait la description des « atomes crochus » de son Maître Epicure et de Dé-

□ Bernard Jouffrey est directeur de recherche au CNRS. Il dirige le laboratoire d'optique électronique du CNRS à Toulouse.

inocrite. La notion alors n'était liée qu'au fait que dans la nature, le solide ne doit pas être indéfiniment sécable.

Avant que ce type de connaissance sur l'atome se précise (on le verra plus loin), beaucoup de travaux, et notamment théoriques, sur les matériaux avaient été menés dans des milieux continus ou non. La matière était au siècle dernier une sorte de milieu un peu analogue à l'éther des électromagnéticiens. On parlait de la structure de l'éther. En 1892, Burton disait qu'il existe des modifications de structures de la matière (éther de la matière) qui bougent lorsque la matière se déplace. Il appela ces régions de déformation « strain figures ». Il écrivit que ces figures de déformation ne pouvaient être stables que dans un milieu d'élasticité non linéaire et montra qu'elles devaient avoir une masse effective. La granularité (coarse-grainedness) du milieu était alors importante pour déterminer la taille des « figures de déformation ». Larmor en 1900 dans « éther et matière » a repris un modèle analogue.

Par ailleurs, des expériences de déformation avaient été réalisées depuis longtemps sans qu'elles reçoivent d'explication satisfaisante. On savait depuis la fin du Magdalénien que les métaux se déformaient. Dans la physique plus moderne, on pourrait noter dans les siècles derniers quelques expériences intéressantes en dehors de celles liées à la métallurgie courante. Le premier dessin de machine de traction est peut-être dû à Léonard de Vinci (1452-1519). Mariotte, en 1680, décrit des expériences de rupture qui furent quelques années plus tard critiquées par Musschenbroeck qui avait lui-même mis au point diverses machines pour des études de flexion et de compression (vers 1729-1739). Ceci est rappelé dans l'excellent historique rédigé par J.F. Bell en 1973 (1). Celui-ci signale que Musschenbroeck trouvait que dans les expériences de Mariotte, les pieds de l'expérimentateur étaient exposés à la chute de la charge lors de la rupture de l'éprouvette et qu'il pouvait ainsi être blessé. Galilée fit également en 1683 quelques expériences de rupture d'une poutre. C'est en 1690 que Leibniz rapporta une expérience dans laquelle un comportement non linéaire avait été remarqué. On voit, sur la figure 10, la courbe contrainte (force par unité de surface) en fonction de la déformation. Le début de la courbe est linéaire, puis s'écarte progressivement de cette linéarité. Quelques années plus tard, en 1695, Bernoulli proposa une loi $l = kF^m$ où l est l'allongement, et F la force appliquée (longitudinale). On



Fig. 1 - Défaut de croissance dans un saguaro du désert de l'Arizona. Cette figure peut rappeler une micrographie électronique prise à haute résolution avec des réflexions en ligne (systématiques).

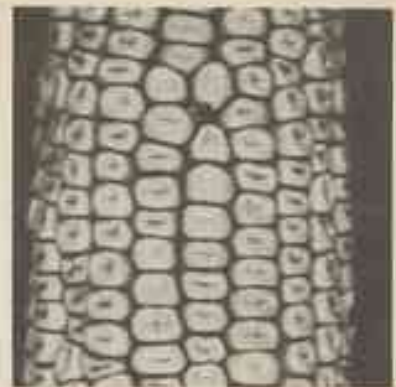


Fig. 2 - Défaut de croissance dans du maïs. Cette image rappelle celle qu'on observe maintenant en microscopie électronique à haute résolution en prenant des réflexions non alignées.

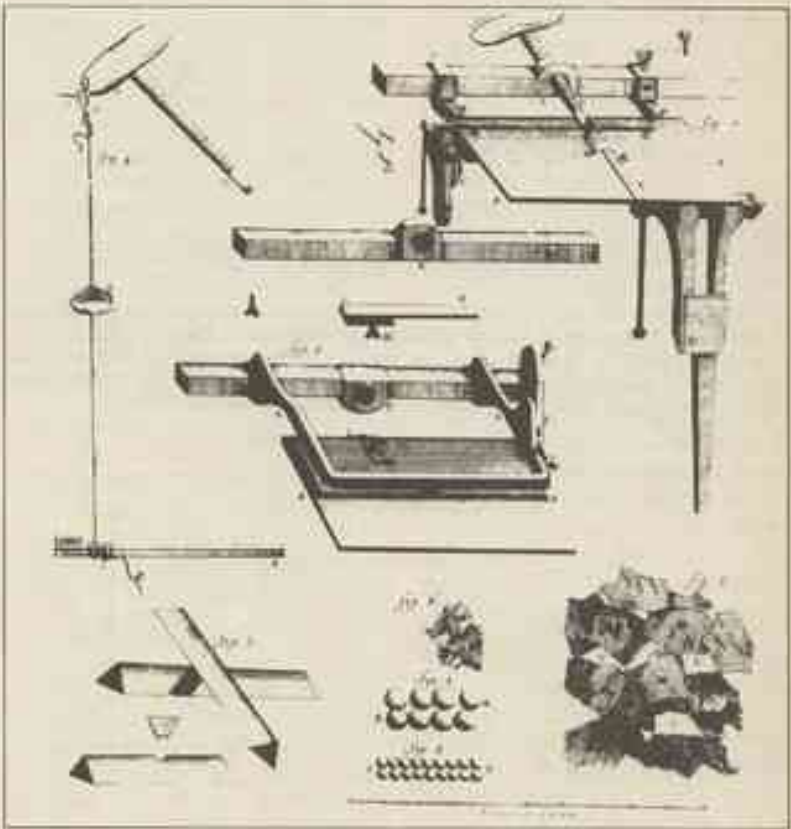


Fig. 3 - La machine de traction de Résumur utilisable pour déformer des fils. On note sur les parties repérées figures 7 et 8 que les grains sont représentés par des sphères dures. Il est vraisemblable que Burton ne connaissait pas le travail de Résumur sinon cette représentation par des sphères dures de « molécules » l'aurait vraisemblablement aidé dans ses travaux. « Sur la figure 4, « g, h, i » est un fil d'acier dont le bout supérieur est accroché en g. En h est une petite platine sur laquelle on met un ou deux charbons rouges pour le chauffer en cet endroit au point nécessaire pour lui faire prendre la trempe. k, l levier autour duquel est arrêté le bout inférieur du fil d'acier. La branche k est beaucoup plus longue que l'autre, on la fait aussi longue qu'on le trouve nécessaire. La branche l est arrêtée par quelques corps en l. On charge la branche k) pour casser le fil d'acier. La figure 5 représente un grain d'acier qu'on imagine prodigieusement grossi, sa grosseur naturelle était celle qui paraît en G.M., M, M sont les molécules dont ce grain est composé. V, V les vides qu'elles laissent entre elles. La figure 7 est composée de deux rangs RR de boules égales, qui ne se touchent pas toutes. La figure 8 est composée de deux rangs SS de boules plus petites que les précédentes qui se touchent toutes ».

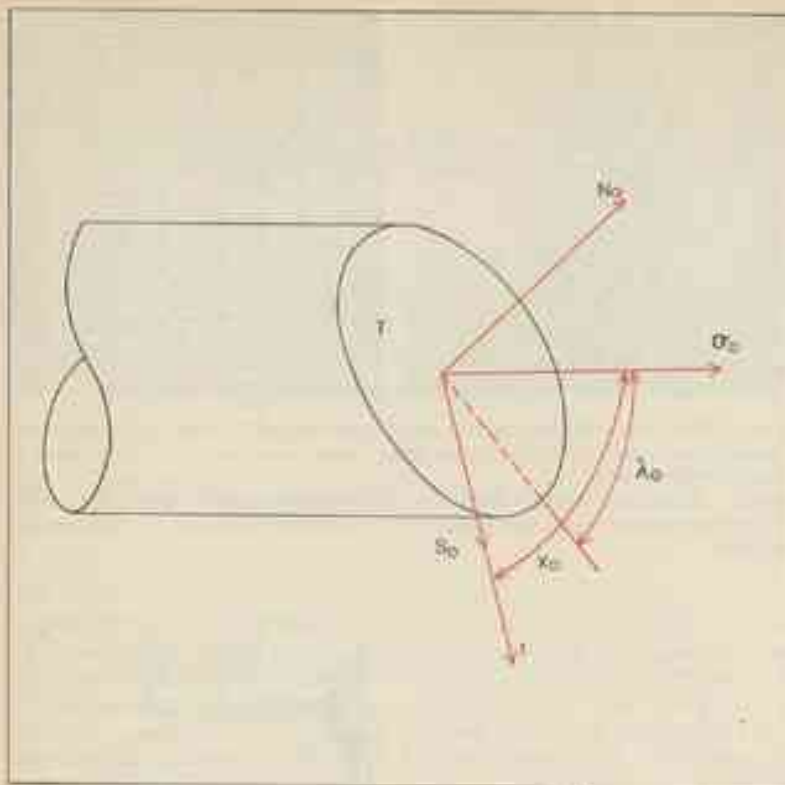


Fig. 4 - La contrainte de fracture est donnée par $\sigma_0 = \frac{N_0}{\sin^2 \chi_0}$

C'est en 1924 que la « Critical shear stress law » est obtenue. Dans les notations de Schmid et Boas, T est le plan de glissement (Translationen). Dans ce plan, le glissement se fait dans la direction t. χ_0 est l'angle entre la direction de traction et les directions du glissement t avant que celui-ci n'intervienne. λ_0 est l'angle avant déformation entre le plan de glissement et la direction de traction.

$S_0 = \sigma_0 \sin \chi_0 \cos \lambda_0$ N_0 est donné par la loi de Sohnecke.

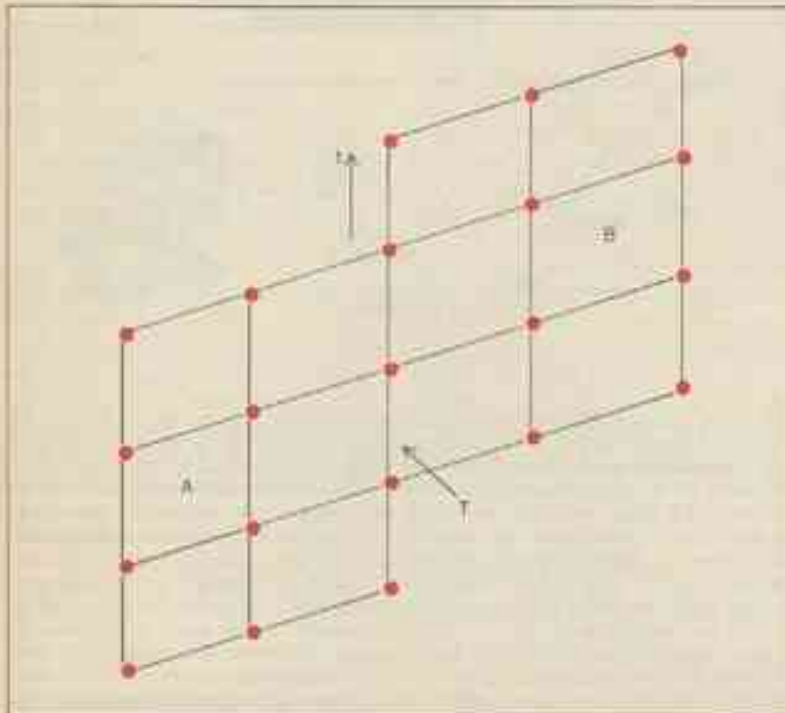


Fig. 5 - Glissement entre les parties A et B d'un cristal.

notera ensuite les travaux de Réaumur qui en 1722 fit paraître son ouvrage « L'art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu (fig. 3). Ce livre était issu de lectures données à l'Académie royale des sciences où il avait été élu en 1711.

Certains ont dit que c'était Réaumur qui inventa véritablement les essais mécaniques (dureté à l'aide d'une lime) et en particulier les essais de traction.

Après Réaumur, il faut rappeler dans les années 1773-1784, les expériences de Coulomb en tension, compression ou en cisaillement de pierres de taille dont les éprouvettes dans le premier cas rappellent déjà la forme de celles que nous utilisons maintenant. Celles de Mariotte étaient des sortes d'haltères. Ce fut aussi l'époque où Coulomb développa les études de torsion avec oscillations. Il rassembla ses résultats dans son mémoire « Recherches théoriques et expérimentales sur la force de torsion et sur l'élasticité des fils de métal » publié en 1784.

Un peu plus tard, en 1807, Young développa ses cours dans lesquels il parle de la détermination de la grandeur du module d'élasticité qui porte son nom. J.F. Bell remarque qu'en fait Young a surtout fait une mise au point de ce qui était connu et l'on en déduit que ce modèle devrait plutôt s'appeler module d'Euler, ce dernier ayant développé cette notion quatre-vingts ans plus tôt (1727). C'est également vers cette époque, de 1812 à 1820, que Duhamel, devant construire un pont dans le Sud-Ouest, étudia scientifiquement la résistance des matériaux qu'il voulait utiliser.

Plus tard, les études de la déformation de matériaux devaient s'affiner et c'est ainsi que l'on remarqua que des matériaux déformés présentaient une densité plus faible ($\sim 0,02$ à $0,2$) et qu'ils retrouvaient leur densité d'origine après recuit. Cette expérience rapportée en 1862 est due à O'Neill (2).

Une autre expérience importante avait été rapportée par Sohnecke (3) en 1869. Celle-ci menée sur des monocristaux de chlorure de sodium avait amené cet auteur à émettre la loi connue sous le nom de « la loi de contrainte normale » (normal stress law). Cette loi stipule que les cristaux subissent une fracture quand la contrainte normale au plan de charge atteint une certaine valeur (fig. 4). Ceci est un peu l'ancêtre de la loi du facteur de Schmid.

On retrouve ensuite un certain nombre d'expériences dans les années 1920. Notons par exemple l'article de Schmid (1924) sur la limite élastique des cris-

taux « Yield point of crystals. Critical shear stress law (4) ». Il est également remarquable qu'à cette époque la question de l'influence d'une pression hydrostatique ait déjà été abordée (5) (Polanyi and Schmid, 1923).

Schmid et Boas, dans leur livre « Plasticity of crystals with special reference to metals » (1935), donnent comme exemple de limite élastique celle du cadmium (1929). Ils disent « It is seen that the yield point of a metal crystal, unlike that of the polycrystalline materials, is not fixed by convention (0.2 per cent plastic extension), but is determined by the nature of the deformation process itself ». La question est donc déjà posée sur ce qui se passe avant la limite élastique et sur la différence entre les monocristaux et les polycristaux.

La loi du facteur de Schmid (fig. 4) confirmée expérimentalement par cet auteur n'a donc à l'origine aucune relation avec les dislocations. Ce n'est que plus tard que l'on précisera les forces sur les dislocations à la suite des travaux de Peach et Koehler (6). Notons cependant qu'auparavant un important résultat avait été obtenu par Colonetti en 1915 (7) connu sous le nom de théorème de Colonetti. L'expression obtenue donnait l'énergie de dislocations créées et pouvait permettre de calculer les forces sur les dislocations. A l'époque, la notion de plan de glissement était bien définie. Ceci est bien expliqué par G. Friedel dans son livre intitulé « Leçons de cristallographie » paru en 1926 après les travaux de Mark et Polanyi (1923) (8) sur l'étain et Polanyi et Schmid (1923) (9). Les relations d'orientation, la direction de glissement (le plus court vecteur de la structure) et le plan de glissement sont déterminés. L'article de base dans ces problèmes de glissement est celui de Mark, Polanyi et Schmid (10) de 1922, mais également ceux d'Andrade (11) en 1914 et de Benedicks (12) en 1916 sont importants ainsi que ceux de Mügge (13).

Il est de plus noté par G. Friedel que « l'angle que fait le plan de glissement avec l'axe du fil va sans cesse en diminuant au cours de l'étirement et tend vers zéro ou tout au moins vers de très petites valeurs ».

On sait également que suivant l'orientation du fil et de la contrainte, c'est tel ou tel plan de glissement qui sera actif. Weissenberg (14) avait par exemple déterminé que dans les métaux à structure cfc comme Cu, Ag, Al, Pt, les plans de glissement sont du type $\{111\}$ avec comme direction de glissement $\langle 110 \rangle$. Dans les matériaux à structure dodécédrale, c'est-à-dire cu-

bique centrée, les plans de glissement sont $\{110\}$ et leurs directions $\langle 111 \rangle$. Les problèmes de textures sont également abordés à cette époque (cf. G. Friedel, p. 517). En 1931 sort un article de Schmid et Wassermann (15) sur la détermination et la description des textures. Il est à noter qu'un an plus tard, on trouve un article sur la tectonique et l'enseignement de la déformation (16) dû à W. Schmidt (Tektonik und Verformungslehre). Les relations géologiques-spécialistes des déformations plastiques étaient actives dès l'origine de la plasticité moderne.

En fait, dès le début du siècle (avant 1930 environ), beaucoup d'observations fondamentales ont été faites sur les déformations plastiques en traction ou même en compression, mais les modèles permettant d'expliquer les résultats sont pratiquement inexistantes. Le maclage est cependant partiellement compris et on cherche à relier les glissements (Translationen, (Mügge), gliding or slip) au maclage ou aux fissures. G. Friedel souligne « qu'en général on admet pour évident (avec Mügge) qu'un tel glissement (fig. 5) consiste en un déplacement en masse des deux parties A et B du cristal, le long du plan réticulaire de glissement T parallèlement à la rangée t contenue dans ce plan et d'un nombre entier de paramètres de cette rangée t ; en sorte que le glissement réaliserait simplement l'une de ces translations-périodes qui ont pour caractère de ne rien changer dans le milieu périodique ». G. Friedel ajoute ensuite qu'il « n'est en fait nullement prouvé que le phénomène soit aussi simple ». Il fait sur ce point une remarque simple mais fondamentale que si rien n'était en fait changé dans le milieu, le mécanisme pourrait continuer indéfiniment, ce qui n'est pas.

On peut donc dire qu'avant 1930, comme nous le précisons plus haut, beaucoup de points macroscopiques fondamentaux de la déformation plastique sont connus. On connaît l'allure générale des courbes contraintes en fonction des déformations. On sait dépouiller les résultats par rapport aux contraintes projetées sur les plans de glissement, en tenant compte des changements de section de l'échantillon durant la déformation. L'effet d'une pré-déformation a été partiellement étudié. Les glissements doubles (sur plusieurs plans de glissement) ont été mis en évidence. La recristallisation après déformation a été également étudiée et quelques tests de fluage ont été effectués (voir plus loin). Une excellente revue des connaissances de cette époque est donnée dans le livre de Schmid et Boas

qui date de 1935. En 1927, une mise au point par Desch (17) donne un bon éventail de questions sans réponses. Il manquerait uniquement le modèle de base pour expliquer ce qui était observé. Les dislocations dans les milieux cristallins sont en train d'apparaître à la suite du papier de Taylor (18) et de ceux d'Orowan (50) et Polanyi (53) parus en 1934. C'est à cette même époque que la notion d'énergie d'activation commence à être utilisée pour la recristallisation (Van Liempt) (19).

Structure atomique du cristal parfait et défauts plans

Nous avons rappelé plus haut que la notion d'atome provenait de l'antiquité. Cependant, la représentation d'un atome par une sphère dure remonte, semble-t-il, à Kepler (20) qui s'intéressa à l'origine de la forme des cristaux de neige (1611). Ceci a été rappelé par exemple par Nabarro. Il représente ces cristaux comme étant constitués de sphères arrangées d'une manière compacte. Huygens (21) également en étudiant le spath d'Islande émit l'hypothèse que ce cristal était arrangé « en petits corpuscules ronds non pas sphériques, mais sphéroïdes plats ». Cette approche est amusante de la part de Huygens qui proposait par ailleurs une théorie ondulatoire de la lumière tandis que Newton parlait d'une théorie corpusculaire. On considère cependant que Dalton (22) en 1808, fut le premier à introduire en chimie la notion d'atome pour expliquer la formation de corps à partir d'éléments. Puis Avogadro (23) en 1811 émit l'hypothèse que des volumes égaux de différents gaz, dans les mêmes conditions de température et pression contiennent le même nombre de molécules. Ampère précise ces points par la suite. Lavoisier joua également un rôle important dans ce domaine avant Dalton.

Rappelons cependant, que Hooke, en 1665, dans son « micrographia » paru à Londres avait auparavant montré que l'utilisation de « globules » permettait d'obtenir un tétraèdre régulier. Il avait été amené à ces considérations en cassant du silex et en regardant les formes triangulaires et hexagonales obtenues. Plus tard, Wollaston (24) en 1813 étudia des empilements du même type et remarqua que le même empilement pouvait donner des cristaux tétraédriques ou octaédriques. Il semble toutefois, que c'est Barlow en 1883 (25), qui décrivit le premier d'une manière détaillée ce qui pouvait être obtenu à partir de la disposition de sphères identiques. Il obtint la structure cu-

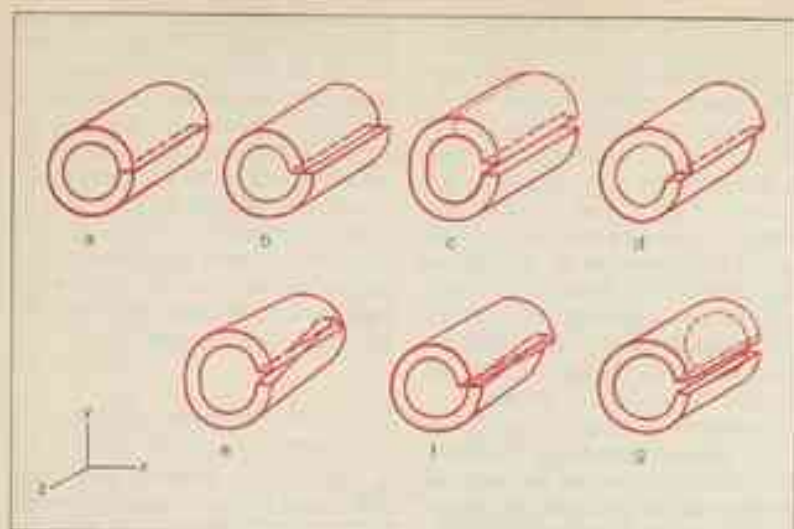


Fig. 6 et 7 - Les six types de dislocations (d'après Nabarro) et quatre situations données entre autres par Volterra. Giulio Weingarten en 1901 (36) avait remarqué que des corps peuvent se trouver dans un état non naturel sans que des forces leur soient appliquées et avoir un état de tension qui varie d'une manière continue et régulière d'un point à l'autre. Volterra posait alors la question non résolue par Weingarten : « En dehors des anneaux et des autres corps qui occupent des espaces multiplement connexes, peut-il exister des corps simplement connexes qui se trouvent dans les conditions précédentes ? ». Il imagina ainsi six types de dislocations définies dans ses calculs. Il y précisa la dislocation du type Weingarten et appela « distorsions » les défauts de ce type. Le nom « dislocation » ne vint que plus tard. Il fut proposé par Love dans son célèbre ouvrage paru en 1920 « Theory of elasticity », appendice to chapter VIII and IV, « Volterra's theory of dislocations ». « I have ventured to call them dislocations ». Weingarten avait en fait montré que si les déformations dans l'objet en déformation sont en tout point finies et deux fois différentiables, la surface de coupure à partir de laquelle est défini le défaut, donne après recollage des déplacements parfaitement définis. Volterra calcula le détail des déplacements pour les six types de défauts et fit des expériences avec des tubes de caoutchouc en liaison avec la firme Pirelli. L'accord entre l'expérience et la théorie était excellent.

bique à faces centrées et l'hexagonale compacte, mais également des empilements compacts plus compliqués. La loi d'Haüy (1784) (26) s'intéresse elle uniquement, aux structures extérieures des cristaux et est d'ailleurs toujours valable.

Beaucoup plus tard, ces défauts d'empilements qui interrompent un empilement régulier ont été utilisés par Hendricks en 1940 (27) pour expliquer des observations aux rayons X sur des silicates feuilletés. Ce type de modèle a été aussi utilisé par Edwards et Lipson (28) en 1942 dans le cas du cobalt pour rendre compte de leurs observations aux rayons X.

Ces dernières expériences sur l'arrangement des atomes n'ont cependant pu être faites que grâce aux travaux de pionniers de Laue, Friedrich et Knipping (29) qui en 1912 ont fait l'expérience fondamentale précisant la nature des rayons X et la structure du motif cristallin. L'idée était de se servir des cristaux comme réseaux de diffraction pour les rayons X. On suit le succès de cette expérience.

Un certain nombre d'essais de représentation des structures du lanthane, du praséodyme et du néodyme ont été effectués par Klemm et Brommer (30) en 1939 en utilisant les notations a,b,c pour les séquences d'empilement de plans. Les boules représentant les atomes se répartissent d'une manière compacte suivant un hexagone plan noté a. Le plan supplémentaire, hexagonal également, déposé sur a, se place en une position b. Le troisième plan hexagonal peut choisir entre deux positions, au-dessus des atomes de a, on a alors un empilement aba, ou non. Cette dernière position répétée donne la structure compacte cubique à faces centrées abcabc. La structure des métaux précédents peut être écrite ainsi abacabac en partant de a, mais on pourrait aussi bien partir de b ou de c.

Pour le samarium, Ellinger et Zäckarlasen (31) proposeront une structure qui est abcbacababcbcbacab. C'est Frank (1951) (32) qui introduisit la notation améliorée Δ, ∇ pour montrer que l'empilement suivait ou non la séquence de base abcabc... Ainsi la structure cubique est représentée $\Delta\Delta\Delta\Delta$, (macé $\nabla\nabla\nabla\nabla\Delta\Delta\Delta\Delta$). La structure hexagonale est écrite $\nabla\Delta\nabla$ et pour reprendre l'exemple précédent (praséodyme) $\Delta\nabla\nabla\Delta\Delta\nabla\nabla\Delta$. D'autres approches ont été faites en 1949 par Jagodzinski (33). Cette dernière revient à écrire $\Delta\Delta$ ou $\nabla\nabla$, C et $\Delta\nabla$ ou $\nabla\Delta$ par H. L'exemple ci-dessus est donc écrit HCHCHCH.

Traitement élastique dans les milieux continus

Dans les années 1900 et même auparavant, les mathématiciens ont été très actifs et c'est tout à fait indépendamment des physiciens qu'ils ont développé l'élasticité des milieux continus. Il n'est pas le but de cet article de refaire l'histoire de cette branche des mathématiques, mais il est bien connu que la loi de base de l'élasticité date de Hooke (34) dont nous avons déjà signalé une contribution plus haut. Dans la suite des lectures qu'il a données devant la « Royal Society on several occasions at Gresham College » publiées en 1678, il s'est intéressé en particulier à son ressort de montre et a cherché à expliquer « the power of springing bodies ». En fait, cette loi fut d'abord publiée en 1676 à la fin d'un article sur les « hélioscopes ». Se méfiant de ses collègues, il avait écrit cette loi sous forme d'un anagramme « cettinossattur », et c'est seulement en 1678, dans son « de potentia restitutiva » qu'il donnait la solution, « Ut tensio sic vis ». Notons que deux années plus tard et indépendamment Mariotte trouva la même loi et qu'en 1691, Huygens avait remarqué que cette loi n'était valable que pour de petites elongations.

On a vu plus haut que Leibniz fut le premier à rapporter une expérience à caractère non linéaire et qu'une loi fut proposée par Bernoulli. Quant aux dislocations qui allaient par la suite permettre de rendre compte de cet effet, elles furent tout d'abord introduites par les mathématiciens.

C'est en fait, essentiellement Volterra (35) qui, à la suite d'un article de Weingarten « Sulla superficie di discontinuità nella teoria della elasticità dei corpi solidi » fit un classement presque complet des dislocations (six types) (fig. 6 et 7).

Revenons un tout petit peu sur le problème posé par Volterra en ce qui concerne la question de la coupure et des valeurs des déplacements de part et d'autre de cette coupure. Le problème peut en effet être traité de deux manières (fig. 8).

La dislocation introduite par Weingarten est représentée sur la fig. 9.

Notons que c'est dans les années 1920 à la suite des travaux de Love que les notions d'incompatibilité de déformation furent introduites. La théorie élastique doit beaucoup également à E. Cosserat, directeur de l'Observatoire de Toulouse et à F. Cosserat, ingénieur en chef à la Cie des chemins de fer de l'Est qui publièrent leur livre sur la théorie des corps déformables en 1909.

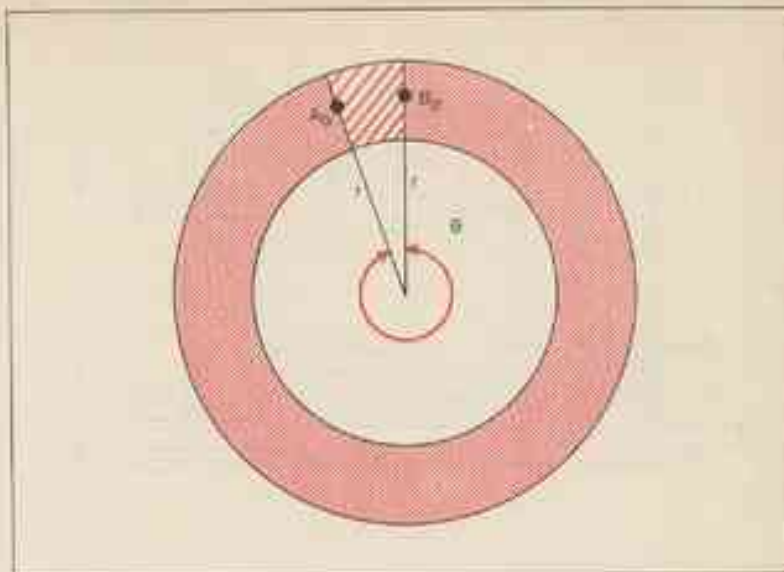


Fig. 8 - Soient deux points A_0 et B_0 juste sur les bords de la coupure (partie hachée). Quand on recolle les deux parties, les points A_0 et B_0 peuvent être traités, soit décrits par des fonctions à une seule valeur, c'est-à-dire avec les mêmes coordonnées (ce qui est normalement nécessaire avec la théorie élastique), et le déplacement est discontinu à la coupure, soit avec des fonctions à n valeurs ($\pm 0, \pm 2\pi 0, \pm 4\pi 0, \dots$) et le déplacement est continu (il n'y a plus de coupure). Ceci ne change rien à la physique, mais cette dernière représentation est cependant plus satisfaisante. Auparavant en 1905, Timpe (37) avait calculé le champ de contrainte autour d'une dislocation.

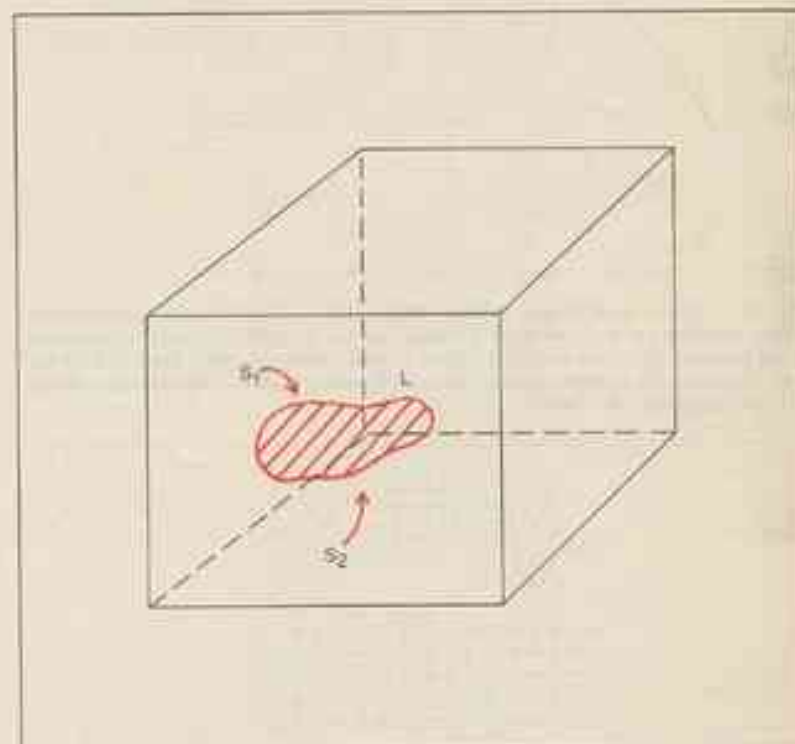


Fig. 9 - A l'intérieur du cube, on coupe une surface S limitée par une courbe L . Les surfaces S_1 et S_2 de chaque côté de la coupure sont écartées ou de la matière est retirée. On colle alors les deux surfaces S_1 et S_2 obtenues. Il y a donc suivant L une ligne dite de discontinuité.

Deux types de dislocations peuvent être obtenus :

- a) si S_1 et S_2 ne sont pas déformées avant d'être recollées, il s'agit d'une dislocation de type Weingarten-Volterra ;
- b) si S_1 et S_2 sont déformées dans le déplacement, on a une dislocation du type Somigliani. Cet auteur publia ce type de défaut en 1914 et 1915 dans ses deux notes intitulées « Sulla teoria della distorsioni elastiche ».

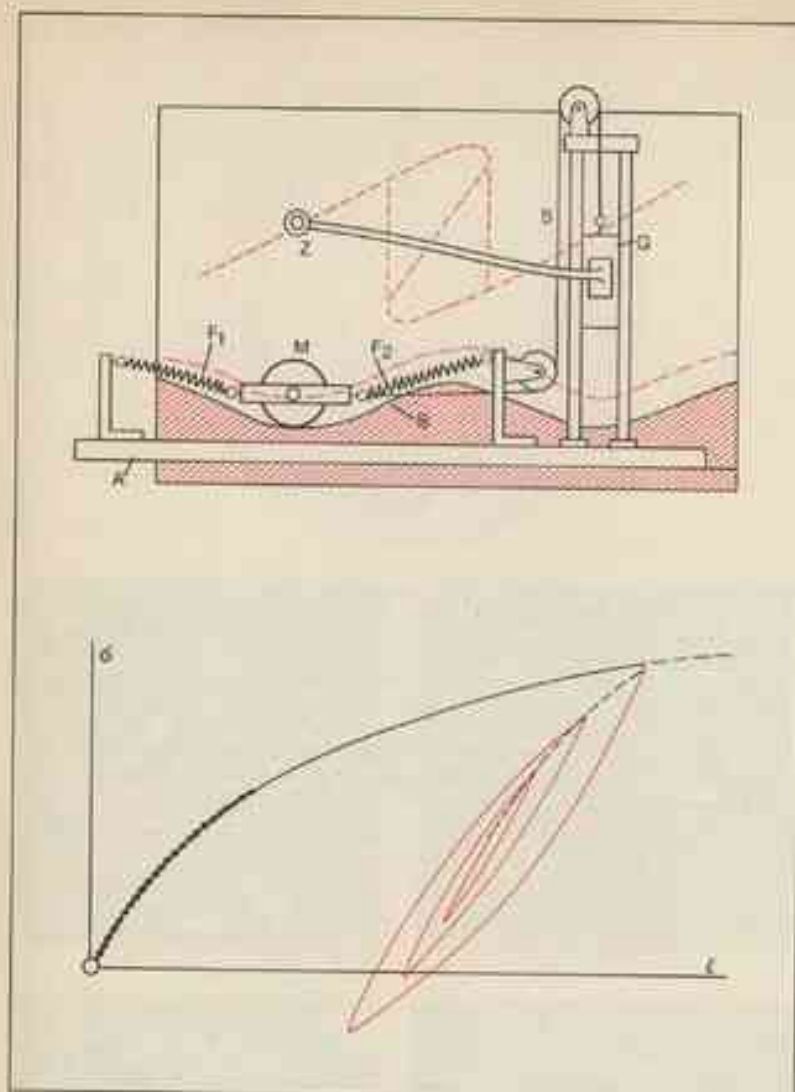


Fig. 10 - Orowan avait imaginé un dispositif expérimental où les forces interatomiques étaient simulées par des ressorts et le réseau par une sinusôïde. Il y avait déplacement d'une partie du cristal par rapport à l'autre. Chaque passage de vallée demandait un travail. Ce modèle fait cependant penser plus à des forces de Peierls sur les vallées atomiques elles-mêmes qu'aux dislocations.

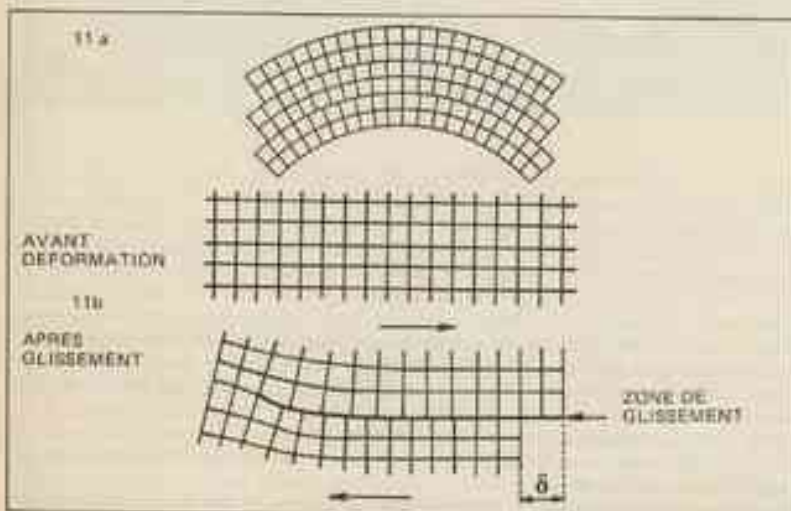


Fig. 11a - (d'après G. Masing et M. Polanyi).

Fig. 11b - (d'après K. Yamaguchi).

En pratique cependant, les calculs utilisés à l'heure actuelle pour les dislocations sont plutôt ceux de J.M. Burgers (38) et de Koehler (39).

Des calculs furent effectués sur les problèmes d'interaction de dislocations liés à la notion de mouvement. La première approche est due à Taylor (18). Cependant, c'est surtout à la suite des travaux de Mott et Nabarro (40), Esheby (41) et Cottrell, Blin (42) et Kröner (43), que cette notion fut bien comprise.

Rappelons également que dans son article intitulé « Uniformly moving dislocations » paru en 1949, Esheby précise que dans son mouvement, la dislocation vis subit une contraction comme l'avaient d'ailleurs trouvé en 1938 Frenkel et Kontorova (44). Cette contraction calculée également par Frank en 1949 (45) est égale à

$$\left[1 - \left(\frac{C^2}{C_s^2} \right) \right]^{1/2}$$

où C est la vitesse du mouvement de la dislocation et C_s la vitesse des ondes de cisaillement dans le milieu (vitesse limite de la dislocation). L'énergie de la dislocation était trouvée égale à

$$E = E_0 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$$

où E_0 est l'énergie au repos de la dislocation.

La théorie de l'élasticité des milieux continus a permis de comprendre un grand nombre de points concernant le comportement des dislocations, mais le fait essentiel concernant le rôle que pouvait jouer ce type de défauts dans la plasticité est lié à l'analyse atomique qui a permis une analyse très fine de ces défauts en fonction par exemple du système cristallin du matériau.

Traitement atomique des dislocations

La notion de milieu discontinu et sa relation avec des expériences de déformation plastique a été abordée pour la première fois, nous semble-t-il, par Prandtl en 1920 et améliorée en 1928 (46). Dans une revue historique sur les dislocations, Orowan (47) précise même que cette idée de Prandtl date de 1911 et qu'elle avait été présentée par Von Karman. Orowan dit qu'il « constructed a dislocation model of mechanical hysteresis ». Sans donner véritablement la notion de dislocation, il introduisait un modèle dans lequel les atomes passaient de vallée en vallée (fig. 10) pour expliquer l'hystérésis mécanique.

Ce type de modèle introduisait une idée moderne d'étude de la déformation

des cristaux. Ce sont cependant les travaux d'Orowan, Polanyi et Taylor qui en 1934 ont introduit la notion réelle de dislocation dans les métaux. Tout d'abord, Masing et Polanyi en 1923 ont introduit la notion de défaut dans les cristaux courbés (fig. 11a).

Ce défaut était lié par ces auteurs au « Biegegleitung » (glissement par pliage). En 1929, Dehlinger (48) introduisit un défaut qu'il appela « Verhakung », c'est-à-dire quelque chose comme « crochottage » (fig. 12). L'intérêt de ce travail a été de préciser l'idée de localisation de la déformation. Les défauts qu'il introduisit peuvent en fait être représentés comme l'a noté Nabarro par deux dislocations coin de type opposé. C'est à cette même époque que Yamaguchi a discuté (49) l'astérisme obtenu aux RX sur les taches de Laue obtenues à partir d'un cristal d'aluminium déformé. Il parlait d'une courbure élastique du cristal qui est nécessairement produite par le glissement d'une aire limitée sur le plan de glissement. Il proposa alors un schéma (fig. 11b) montrant l'extrémité interne au cristal d'un plan de glissement. Ce défaut localisé a d'ailleurs un vecteur de Burgers égal à une distance atomique mais entraîne la formation à la surface de l'échantillon d'une marche égale à deux distances atomiques. La dislocation existe presque, mais elle n'est pas mobile. Ajoutons que Yamaguchi proposait alors un modèle pour expliquer le blocage d'une bande de glissement (voir plus haut question de G. Friedel). Il remarquait dans cet esprit une interaction particulière des bandes de glissement voisines. En 1934, Orowan (50) introduisit un double défaut qui était en fait une boucle de dislocation, mais l'analyse portait sur les parties coin (fig. 13a). L'extension de ce défaut apportait une déformation du cristal. Dans cette série d'articles sur la Kristallplastizität, la partie III s'intéresse donc au mécanisme de glissement. Cette idée serait déjà dans l'appendice de la thèse d'Orowan en 1929. Notons que dans ce même article est discutée l'activation thermique localisée. Cette discussion vient après le papier original de Becker (Becker fut celui qui introduit Orowan dans le domaine de la plasticité), paru sur ce sujet en 1925 (51). La déformation commence localement dans un petit volume V, le volume d'activation, lorsque la contrainte atteint une valeur critique S. Sous une valeur plus faible de la contrainte s, le cristal peut se déformer à cause d'une énergie d'activation donnant une partie de l'énergie nécessaire à la déformation

$$U = V(S-s)^2 / 2\mu$$

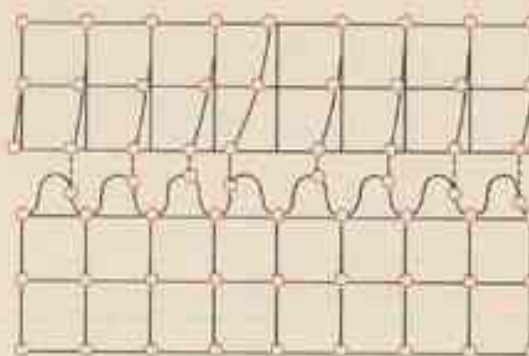


Fig. 12 - (d'après U. Dehlinger). Défaut de « crochottage ».

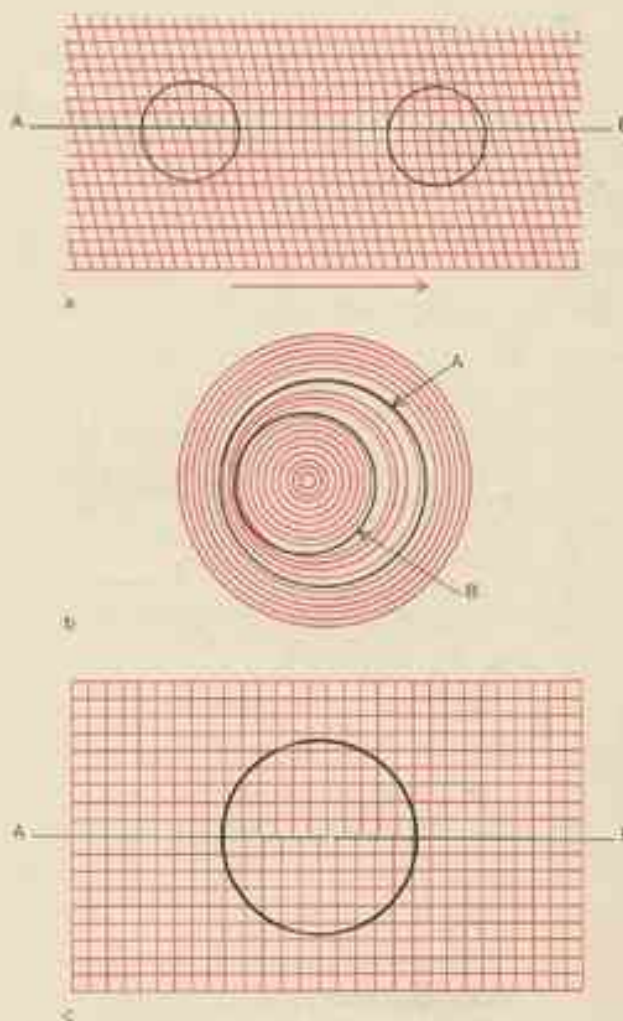


Fig. 13 - Schéma d'un glissement localisé (d'après E. Orowan). (a) coupe du plan de glissement ; (b) coupe perpendiculaire ; (c) schéma d'une dislocation de réseau (d'après M. Polanyi).

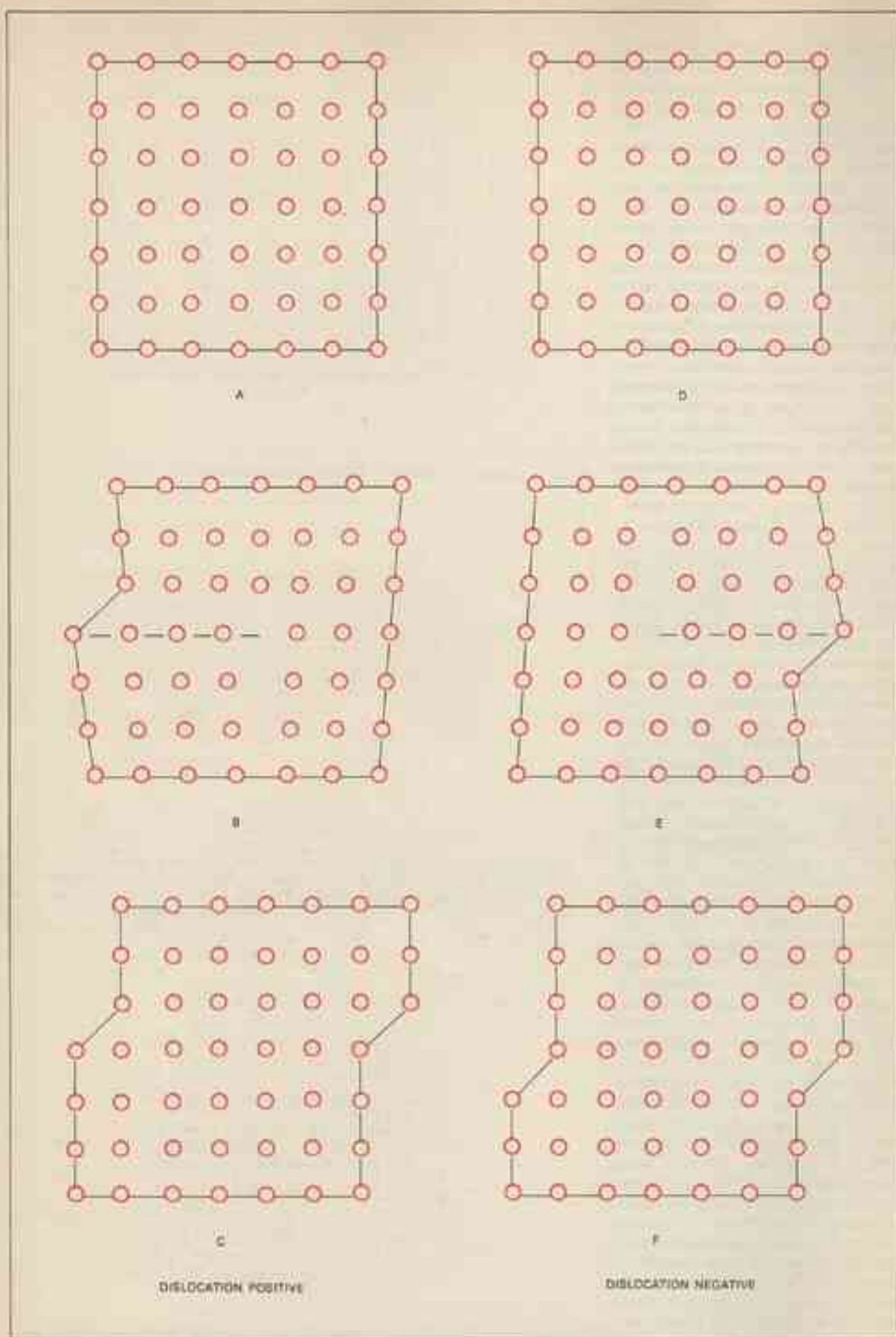


Fig. 14 - (d'après C.J. Taylor). Position des atomes durant le passage d'une dislocation.

avec μ , module élastique de cisaillement.

Becker obtenait alors la formule pour la vitesse de déplacement des dislocations :

$$u = C \exp \left[- \frac{V(S-s)^2}{2\mu kT} \right]$$

Pour le tungstène, la valeur de V était de l'ordre de $35,10^6 \text{ Å}^3$ et $S/s = 2,5$. C'est cette valeur de la contrainte très faible vis-à-vis de la limite théorique de cisaillement (de l'ordre de 1 000) qui poussa Orowan à trouver une voie de concentration de contrainte. Cette impossibilité mena Orowan à la notion de défaut localisé et de dislocation. Notons que c'est une dizaine d'années plus tard que Zener et Hollomon (52) eurent l'idée d'exprimer les courbes contrainte-déformation pour une température T et une vitesse de déformation donnée.

$$\sigma = \sigma_0 \sum \exp U/kT, \Sigma$$

Dans les mêmes moments, Polanyi (53) introduisit une « Gitterversetzung » « Dislocation de réseau » représentées sur la figure 13c. Il faut d'ailleurs noter qu'Orowan était en relation épistolaire avec Polanyi et qu'il lui avait, semble-t-il, proposé un article commun. Son article fut d'ailleurs publié dans le même numéro de Zeitschrift für Physik que celui d'Orowan.

Sans faire véritablement de calcul, il estime que si la dislocation s'étendait sur n distances atomiques, la contrainte de cisaillement devait être pratiquement $1/n$ de la contrainte de cisaillement du cristal parfait. Le facteur 1 000 obtenu est discutable. C'est Peierls en 1940 (54) qui donna une réponse correcte sur ce point. Ce dernier modèle fut ensuite amélioré par Nabarro en 1947 (55). C'est pourquoi ces forces de friction sont connues sous le nom de forces de Peierls-Nabarro.

L'article de Taylor en 1934 (18) parut très peu de temps après ceux d'Orowan et de Polanyi alors qu'il parvint plus tôt à l'éditeur. Très détaillé, il faisait suite à d'autres articles de cet auteur, par exemple « on the distortion of crystals of aluminium under compression » fait en 1926 avec Farren (56) et « the distortion of an aluminium crystal during a tensile test » en 1923 avec Miss Elam (57). Après avoir disserté sur la différence de la netteté des limites élastiques dans des matériaux comme le sel gemme et l'aluminium, l'or, le cuivre, Taylor propose son modèle atomique de la dislocation coin qu'il classe en deux types, la dislocation positive et celle négative (fig. 14).

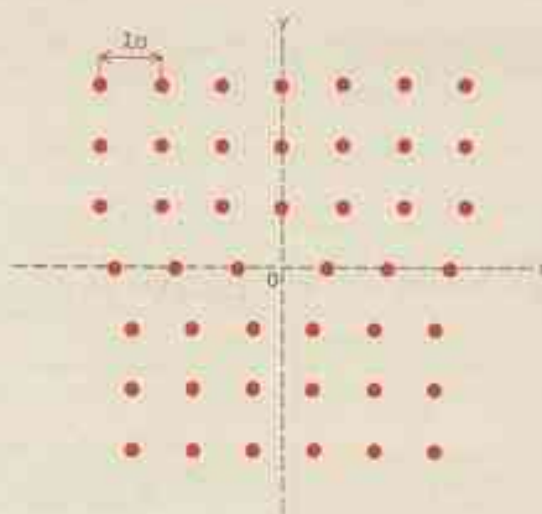


Fig. 12 - (d'après J.M. Burgers).

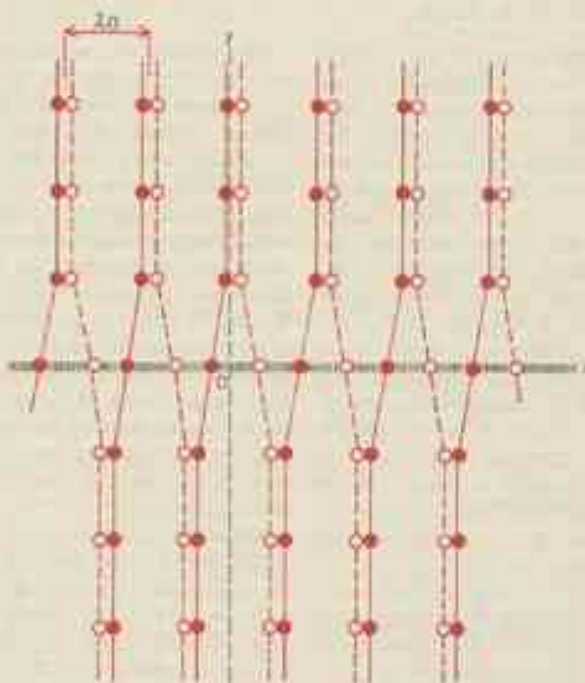


Fig. 16 - (d'après J.M. Burgers).

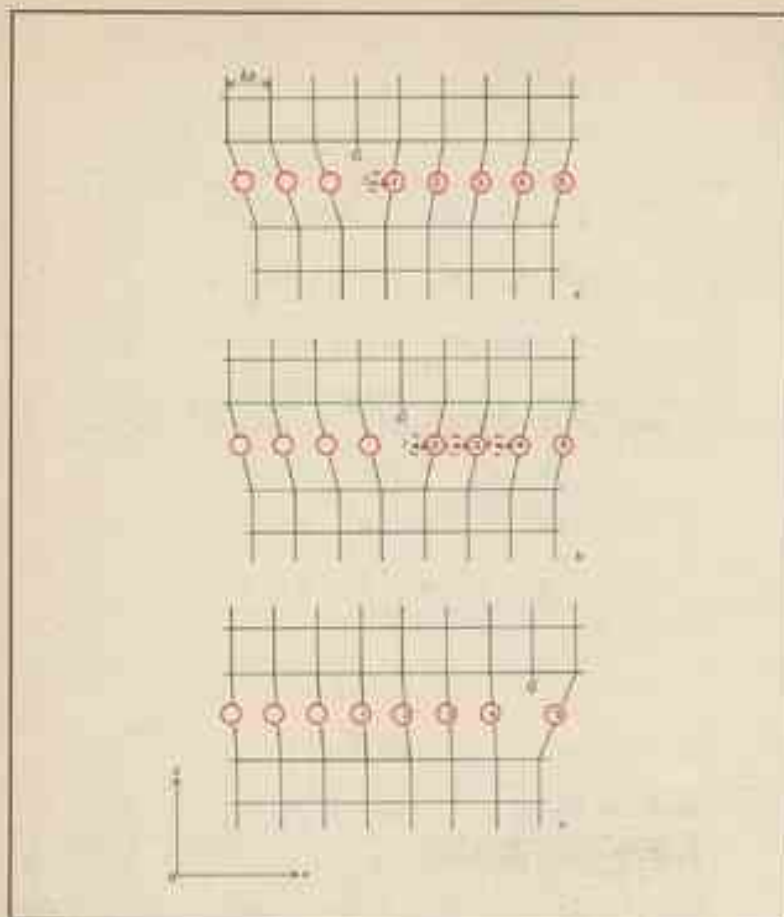


Fig. 17 - (d'après J.M. Burgers).

La dislocation est mobile pour une faible contrainte et la déformation plastique s'explique par cette mobilité. Taylor discutait le rôle de la température et s'appuyait sur les résultats de Volterra et les méthodes de calcul de Love des champs de déformation dus aux dislocations. Il est à remarquer que tout comme Orowan, Taylor doit beaucoup à la théorie de Griffith (58) sur les fissures et leur localisation. Le premier article très proche de la notion de dislocation que Taylor publia en 1928 s'intéressait à la multiplication des petites fissures par le développement d'une plus grande. Taylor avait eu d'ailleurs tout loisir de discuter de ces problèmes avec Griffith à la Royal Aircraft Factory où ils étaient tous les deux employés vers 1915.

En 1939, J.M. Burgers (38) précisait la notion de dislocation en donnant une manière de définir la dislocation par un vecteur du réseau (fig. 15).

Il introduisait de plus la dislocation de type vis (fig. 16) en s'appuyant sur les résultats de Volterra et donnait également le calcul correct des contraintes et déplacements. Il discutait de plus, dans le cas d'une dislocation coin, le mouvement des atomes (fig. 17).

On savait donc maintenant que la traversée d'un cristal par une dislocation donnait un cisaillement b où b est égal à un vecteur translation du réseau (en général le plus court). Bilby (59) introduisit alors une règle donnant le sens de ce cisaillement et Nabarro (60) montrait que si une dislocation ne traverse pas complètement un cristal, le cisaillement obtenu est qb où q est la fraction de plan traversé par rapport à la longueur du plan de glissement dans le cristal. De même, c'est à cette époque que le cylindre de glissement d'une dislocation fut défini. Ajoutons que dès 1941 un article général important avait été rédigé par Seitz et Read (61) sur les dislocations.

Maintenant, comment sont créées les dislocations ? Cette question ne reçut de réponse qu'après l'article de Frank et Read en 1950 (62). Rappelons qu'en 1929, Orowan avait imaginé que des défauts devaient se réfléchir en surface (47) et que leur multiplication devait se produire ainsi. Vers les années 50, Bilby (63) pensait alors que les sources coniques devaient être aussi fréquentes que les sources planes. C'est ce type de source conique qui a été étudié par Bardeen and Herring (64).

On s'aperçut assez vite que les dislocations étaient plus compliquées qu'il n'y paraissait a priori. C'est en 1948 que Schockley présenta ses « half-dislocations » (65) en collaboration également avec Heidenreich (dislocation glissile) (66). Frank en 1949 (67) introduisit la dislocation imparfaite de type coin qui porte son nom (dislocation sessile). En fait, dès 1939, il avait déjà été dit par Frenkel et Kontorova (68) que la limite d'un défaut d'empilement est une dislocation partielle.

La connaissance des dislocations s'accélérait. En 1948, Maddin, Matthewson et Hibbard introduisirent la notion de glissement dévié (69) ou « cross-slip ». Les dislocations pouvaient changer de plan de glissement durant la déformation. On connaissait alors l'essentiel des mouvements dits conservatifs, c'est-à-dire qui se font sans transport de matière.

La montée semble avoir été proposée la première fois par Nabarro en 1948 (70). Il signalait qu'il était possible d'absorber des lacunes près du cœur d'une dislocation coin. Rappelons à ce propos que le fluage avait été découvert pratiquement un siècle plus tôt par Corioli (1830) et Vicat (1834).

En 1949, Bardeen (71) considérait qu'il était possible à une dislocation coin d'émettre des lacunes et Friedel discutait longuement l'interaction des dislocations et défauts ponctuels ou impuretés dans son livre de 1956. On se référera aussi au travail de Cottrell (les nuages de Cottrell) décrit dans « strength of solids » paru en 1948. A ce propos, l'effet Portevin-Le Chatelier sur les effets de discontinuité de la déformation, expliqué à l'aide des interactions impuretés-dislocations date de 1927. Il faut toutefois signaler que près d'un siècle plus tôt, Savart en 1837 et Masson en 1841, avaient déjà découvert de telles déformations saccadées.

Plus tard, un certain nombre de modèles atomiques ont été proposés pour les matériaux à structure cubique centrée par les équipes de Hirsch, Friedel, Bazinski, Kroupa.

Observation des dislocations

Le problème majeur qui restait à ceux qui avaient proposé le modèle des dislocations était de les mettre en évidence.

L'expérience de Bragg en 1940 (72) sur les bulles de savon permit de montrer la vraisemblance des dislocations, ici à deux dimensions, et qu'elles pouvaient être mobiles. Ce n'était qu'un modèle expérimental, mais qui appor-

taient beaucoup de crédit aux idées de Taylor et Orowan en particulier. Ce n'était pas une preuve, mais un encouragement à persévérer dans le modèle des dislocations. Les figures de croissance de cristaux ont ensuite permis d'observer des marches dont la hauteur cadrerait bien avec le modèle des dislocations (Burton, Cabrera et Frank en 1949 (73), Griffin en 1950 (74), Amelinckx en 1958 (75)). En 1954 également, Jacquet (76) mit en évidence des figures d'attaques qui semblaient bien être des points d'émergence des dislocations. Il faut toutefois noter que quelques années plus tôt, en 1947, Lacombe et Beaujard avaient fait un joli travail sur la relation entre la déformation plastique d'un matériau (essentiellement de l'aluminium) et la densité et la répartition des figures d'attaque. Ils avaient pu également mettre en évidence des lignes de glissement et une structure mosaïque de petits blocs légèrement désorientés les uns par rapport aux autres. Rappelons de plus que les lignes de glissement observées depuis longtemps et leur hauteur au débouché du cristal étaient déjà en bon accord avec l'interprétation des dislocations.

Hodges et Mitchell (77) observèrent

dans du bromure d'argent transparent à la lumière des figures de décoration qui semblaient bien être la révélation de dislocations. Cette méthode avait été proposée par Seitz en 1950. Amelinckx avait observé le même type de défauts dans du chlorure de potassium.

Un faisceau de présomptions convergerait vers l'existence réelle des dislocations mais ce n'est qu'en 1956 que Bollman (78) dans l'acier inoxydable, et Hirsch (79) dans l'aluminium préparés par polissage électrolytique, observèrent réellement avec sûreté les premières dislocations. On connaît la suite de ces travaux et en particulier les interprétations fines qui furent trouvées par Hirsch et son équipe et l'importance que la microscopie électronique a pris dans l'étude des défauts. En 1949, Castaing et Guinier (80) avaient observé des zones et des précipités dans des alliages d'aluminium-cuivre préparés par polissage ionique. Ils observèrent en particulier « un aspect hétérogène de la précipitation présentant une étroite corrélation avec les défauts du réseau cristallin ». La distance moyenne (1 000 Å) des précipités (ici θ') le long des points de polyanisation permettait de « considérer

qu'ils révèlent des dislocations individuelles ». D'autres méthodes ont permis depuis lors de « voir » les dislocations. La méthode de Lang donna par exemple ses premiers résultats en 1957 (81).

Notons que dès leurs premières observations, Hirsch et Whelan s'aperçurent que les dislocations bougeaient comme il avait été prévu. C'est cependant essentiellement des études statiques de géométrie qui furent faites. Ce n'est qu'assez récemment (une dizaine d'années) que se sont développées réellement les études dynamiques, mais également des observations au microscope électronique à l'échelle de l'atome permettaient de voir les défauts comme les dislocations dissociées ou non, les macules, les parois d'amphipse !

« L'histoire narrative est inexacte par essence mais elle est encore, avec la poésie, la plus fidèle image que l'homme ait tracé de lui-même »

Anatole France
(Les torts de l'histoire)

Cet article est tiré de l'Ecole d'été « dislocations et déformation plastique » (Yrvalais, septembre 1979).

BIBLIOGRAPHIE

- (1) J.E. Bell. - In « *Handbuch der Physik* », vol. VI/2, Springer Verlag (1973).
- (2) C. O'Neill. - *Mem. Amer. Math. Soc.* 1, 243 (1962).
- (3) Seitz. - *Progress in Phys.* 17, 177 (1965).
- (4) E. Schmid. - *Proc. 1st. Congress Appl. Mech.*, Delft, p. 342 (1924).
- (5) M. Polanyi et E. Schmid. - *Z. Physik*, 10, 336 (1923).
- (6) M. Frauch et J.S. Koster. - *Phys. Rev.* 80, 426 (1950).
- (7) G. Colomatti. - *Ann. Acad. Sci. Univ. Turin* 241, 404 (1925).
- (8) R. Mark et M. Polanyi. - *Z. Phys.* 18, 73 (1922).
- (9) M. Polanyi et E. Schmid. - *Chim. Ind. (Milan)* 2, 177 (1923).
- (10) H. Mark, M. Polanyi et E. Schmid. - *Z. Physik* 12, 58 (1922).
- (11) C.E.N. De Andrade. - *Phil. Mag.* 27, 869 (1914).
- (12) C. Benard. - *Radicals*, 13, 35 (1913).
- (13) O. Mügge. - *Götting. Nachr.* 58 (1899).
- (14) Weissburg. - *Phil. Mag.* 1, 177 (1913).
- (15) E. Schmid et G. Wasserman. - *Handbuch der Physik* 1, 177 (1913).
- (16) W. Schmidt. - *Technik und Verfahrenstechnik*, Berlin, Göttingen (1922).
- (17) C.H. Dapch. - *Coherent and related problems*, held by the Faraday Society on 22nd November 1927, 24, 33 (1928).
- (18) G.L. Taylor. - *Proc. Roy. Soc. A* 145, 362 (1934).
- (19) J.A.M. Van Liemp. - *Z. anorg. chem.* 195, 366 (1931); *Rec. Trav. Chim.* 53, 94 (1934).
- (20) J. Kapler. - *Annales des Sciences Exactes, G. Tompach, Frankfurt (1811)* : voir par ailleurs, dans « *theory of crystal dislocations* ».
- (21) C. Huygens. - *Traktat de la lumière* (1690).
- (22) J. Dalton. - *New system of chemical philosophy* (1808).
- (23) Avogadro. - (1811).
- (24) W.H. Williams. - *Phil. Trans. R. Soc.* 100, 21 (1811).
- (25) W. Barlow. - *Nature, London*, 29, 186, 205 (1853).
- (26) Haly. - *Essai d'une théorie sur la structure des cristaux* (1784); *Traité de cristallographie* (1823).
- (27) S.B. Hendricks. - *Phys. Rev.* 57, 448 (1940).
- (28) O.S. Edwards et H. Lippman. - *Proc. Roy. Soc. A* 180, 288 (1942).
- (29) M. Von Laue. - *Zur math. phys. Klassik*, Basel, Akad. Wiss., 303 (1912).
- (30) W. Klemm et H. Brummert. - *Z. anorg. allg. Chem.* 241, 264 (1939).
- (31) F.H. Ellinger et W.H. Zachariasen. - *J. Am. Chem. Soc.* 75, 3459 (1953).
- (32) F.C. Frank. - *Phil. Mag.* 42, 1014 (1951).
- (33) H. Jagodzinski. - *Acta Crystallographica* 2, 291, 294 (1946).
- (34) R. Hooke. - *Collection of lectures, Physical Mechanic, Geographical and Astronomical, De Philosophia Naturalis* (1676).
- (35) V. Volterra. - *Ann. Ecole Norm. Sup.* (3), 3319, 461 (1907).
- (36) G. Weingarten. - *Ann. Académie Nationale des Sciences* 10, 37 (1903).
- (37) Topp. - *Z. Math. Phys.* 52, 148 (1903).
- (38) J.M. Burgers. - *E. Nol. Acad. Sci.* 42, 283 (1930).
- (39) J.S. Koster. - *Phys. Rev.* 80, 397 (1941).
- (40) N.F. Mott et F.R.N. Nabarro. - *Proc. Phys. Soc.* 52, 85 (1940).
- (41) J.D. Eshelby. - *Proc. Roy. Soc. A* 197, 356 (1947).
- (42) J. Blin. - *Acta Met.* 1, 199 (1953).
- (43) E. Kröner. - *Z. Phys.* 141, 386 (1955).
- (44) J. Friedel et T. Kossmat. - *Phys. Z. Sowjet. Un.* 13, 1 (1938).
- (45) P.C. Frank. - *Proc. Phys. Soc. A* 62, 131 (1949).
- (46) L. Prandtl. - *Z. Angew. Math. und Mech.* 3, 2, 85 (1923).
- (47) E. Orowan. - « *Dislocations in plasticity* », The Society centennial symposium on the history of metallurgy, Ed. Cyril Stanley Smith, M.I.T. Gordon and Breach, p. 219 (1953).
- (48) U. Dillig. - *Ann. Phys.* (2), 2, 349 (1929).
- (49) K. Yamaguchi. - *Sci. Papers of the Inst. of Phys. and Chem.* 20, 11, p. 131 (1929) et 20, 11, p. 123 (1929).
- (50) E. Orowan. - *Z. Physik* 89, 834 (1934).
- (51) R. Becker. - *Phys. Z.* 26, 919 (1923).
- (52) G. Zener et J.H. Hollomon. - *J. Appl. Phys.* 13, 22 (1944).
- (53) M. Polanyi. - *Z. Phys.* 38, 669 (1934).
- (54) R. Peierls. - *Proc. Phys. Soc.* 52, 34 (1940).
- (55) F.R.N. Nabarro. - *Proc. Phys. Soc.* 58, 256 (1947).
- (56) G.L. Taylor et W.B. Pallen. - *Proc. Soc.* 111, 229 (1928).
- (57) G.L. Taylor et C.F. Elam. - *Proc. Roy. Soc. A* vol. 102, 441 (1923).
- (58) A.A. Griffith. - *Phil. Trans. Roy. Soc. A* 221, 163 (1920).
- (59) R.A. Eddy. - *Research* 4, 387 (1952).
- (60) F.R.N. Nabarro. - *Stationary dislocations, Advances in Physics* 1, 255 (1952).
- (61) F. Seitz et W.T. Read. - *J. Appl. Physics* 12, 100, 170, 476, 538 (1941).
- (62) F.C. Frank et W.T. Read. - *Phys. Rev.* 79, 722 (1950).
- (63) R.A. Eddy. - *Defects in crystalline solids*, p. 224 (1954).
- (64) J. Bardeen et C. Herring. - *Imperfections in nearly perfect crystals*, 261 (1930).
- (65) W. Shockley. - *Phys. Rev.* 73, 122 (1948).
- (66) R.F. Hiddemoch et W. Shockley. - *Conference Brit. 1947, London, Strength of Solids, Physical Society*, p. 77 (1948).
- (67) F.C. Frank. - *Proc. Phys. Soc. Lond.* A62, 302 (1948).
- (68) J. Friedel et T. Kossmat. - *Pl. 23*, 1, 137 (1930).
- (69) R. Mott, C.H. Mathewson et W.R. Hildard. - *Trans. A.I.M.E.* 173, 86 (1948).
- (70) F.R.N. Nabarro. - *Strength of Solids*, p. 72 (1948).
- (71) J. Bardeen. - *Phys. Rev.* 76, 1403 (1940).
- (72) L. Bragg. - *Proc. Phys. Soc.* 52, 34 (1940) et *Symposium of Internal Strains, London* (1947).
- (73) W.K. Burton, N. Cabrera et F.C. Frank. - *Nature* 163, 298 (1949).
- (74) L.J. Griffin. - *Phil. Mag.* 41, 156 (1950).
- (75) S. Amelinckx. - *Acta Met.* 6, 34 (1958).
- (76) P.A. Jacquet. - *Acta Met.* 2, 722, 760 (1954).
- (77) J.M. Hodges et J.W. Mitchell. - *Phil. Mag.* 44, 223 (1951).
- (78) W. Bollman. - *Phys. Rev.* 103, 1348 (1956).
- (79) P.D. Hirsch, R.W. Hurn et M.J. Whelan. - *Phil. Mag.* 1, 467 (1956).
- (80) R. Castaing et A. Guinier. - *C.R. Ac. Sc.* 228, 2033 (1949).
- (81) A.R. Lang. - *Acta Cryst.* 10, 839 (1957).

La résistance des bactéries aux antibiotiques

Il n'y a pas de miracle : très vite sont apparues des souches microbiennes résistantes aux antibiotiques. Pour vaincre cette résistance, il faut en connaître l'origine et connaître les mécanismes biochimiques complexes qui y conduisent. François Le Goffic nous rappelle que des résultats importants ont déjà été obtenus mais que le chemin à parcourir est encore long.

François LE GOFFIC

La découverte de la pénicilline par Fleming avait fait penser, dès 1940, que les problèmes des infections bactériennes étaient définitivement résolus. Cependant, il n'en était rien puisqu'apparaissent très rapidement des souches microbiennes résistantes à cet antibiotique.

La mise à la disposition du corps médical de nouveaux antibiotiques conduisit à des situations tout à fait analogues. Au bout d'un certain temps d'emploi, la cellule microbienne n'est plus sensible à l'action de l'antibiotique, et l'on a pu isoler, avec une période de latence plus ou moins longue, à partir d'infections diverses, des souches de microorganismes résistants à ces substances.

Nous tenterons dans cet article de dégager les points les plus importants concernant les phénomènes de la résistance des bactéries aux antibiotiques les plus largement utilisés en clinique.

Comment agissent les antibiotiques ?

Les antibiotiques sont définis comme étant des molécules produites par des microorganismes (*), susceptibles d'être préparés par synthèse chimique et capables d'empêcher la croissance (action bactériostatique) ou de tuer (action bactéricide) les bactéries.

Les antibiotiques sont de structures chimiques variées (tableau I), certains, dérivés des sucres, d'autres des poly-

peptides, d'autres des molécules carbonées cycliques. Ils peuvent intervenir à plusieurs niveaux de la vie bactérienne. Ils peuvent agir en empêchant le déroulement harmonieux des biosynthèses bactériennes : leur cible est très souvent le ribosome (voir encadré), mais ce peut être également des enzymes qui catalysent la formation des acides nucléiques impliqués dans ce processus : « RNA polymérase » ou « DNA gyrase ». D'autres antibiotiques ont pour cible la membrane bactérienne dont ils perturbent le fonctionnement. D'autres interfèrent directement avec des chaînes de réactions fondamentales de la bactérie.

L'origine de la résistance aux antibiotiques

Les propriétés de résistance aux antibiotiques sont dues à l'existence, dans les populations bactériennes concernées, de molécules supplémentaires dont la synthèse est gouvernée par des acides nucléiques particuliers.

Ces acides nucléiques sont en général des acides désoxyribonucléiques circulaires, qui ne font pas partie du matériel héréditaire du chromosome : on les intitule plasmides. Le premier argument dans le sens de la participation des plasmides à cette résistance est fourni par la corrélation étroite que l'on rencontre entre la résistance d'une bactérie aux antibiotiques et leur présence dans la bactérie. On trouve de même un parallélisme entre l'élimination des plasmides et la récupération de la sensibilité aux mêmes antibiotiques. Ces plasmides, qui peuvent être sous forme de plusieurs copies chez la bactérie, sont capables de passer d'une

bactérie à une autre par simple contact (bactéries gram -) ou transportés par un vecteur, un virus bactérien par exemple, qui, en infectant la cellule, injecte le plasmide en même temps que son propre matériel héréditaire (bactéries gram +).

Dans une minorité de cas cependant, on ne trouve pas de plasmides. Le gène, qui gouverne la synthèse des molécules, responsables du phénomène de résistance, est dans le chromosome lui-même : soit c'est un morceau d'ADN excédentaire qui a été intégré, soit c'est un ADN modifié par une mutation qui a des incidences très grandes sur l'interaction de l'antibiotique avec un élément cellulaire qui lui est indispensable pour manifester son activité.

Les plasmides de résistance sont généralement plus gros chez les bactéries gram (-) que les bactéries gram (+) et peuvent contenir plusieurs gènes (jusqu'à 100 ou plus). Les gènes qui ont été les mieux caractérisés jusqu'à présent sont ceux responsables de la résistance des microorganismes aux antibiotiques. Une bactérie peut héberger plusieurs gènes de résistance, ce qui lui confère la propriété d'être un microorganisme « super résistant », voire même résistant à tous les antibiotiques. On ne connaît pas la fonction de la plus grande partie du plasmide. On sait, cependant, qu'il est responsable de la biosynthèse de protéines autres que celles provoquant la résistance aux antibiotiques. Chez *Pseudomonas*, par exemple, le métabolisme de certaines molécules telles que le camphre, ou certains sucres, est dirigé par ces plasmides. Ces éléments extrachromosomiques d'acides nucléiques confèrent donc un certain avantage aux microorganismes qui

❑ François Le Goffic, docteur ès-sciences physiques, est professeur à l'université Pierre et Marie Curie de Paris, et dirige le Centre d'études et de recherches de chimie organique appliquée (CERCOA).

les hébergent par rapport à ceux qui ne les possèdent pas.

Plusieurs plasmides de résistance sont instables et éliminés spontanément si la pression de sélection des antibiotiques diminue ou disparaît, d'autres au contraire sont stables (*Pseudomonas*) et font partie intégrante de la machinerie biochimique des microorganismes.

On peut cependant les éliminer dans certains cas par des traitements appropriés à l'aide d'agents qui ont la propriété de s'insérer dans la double hélice de l'ADN, comme le bromure d'éthidium : la réplication, donc la multiplication du plasmide est ainsi perturbée.

Comment la résistance des bactéries s'exprime-t-elle en termes biochimiques ?

Les mécanismes biochimiques conduisant à la résistance des bactéries aux antibiotiques sont essentiellement de quatre types (1) :

- ils bloquent le transport du médicament de telle manière qu'il ne puisse accéder à son récepteur ;
- ils modifient la cible de l'antibiotique de façon à ce qu'il ne puisse s'y fixer ;
- ils mettent en place un chemin réactionnel parallèle à celui perturbé par l'antibiotique. Autrement dit quand l'antibiotique intervient en bloquant une chaîne de réactions à un endroit précis, il crée une chaîne de réactions parallèle, qui supplée la première ;
- ils modifient le médicament par voie enzymatique et réduisent son activité biologique.

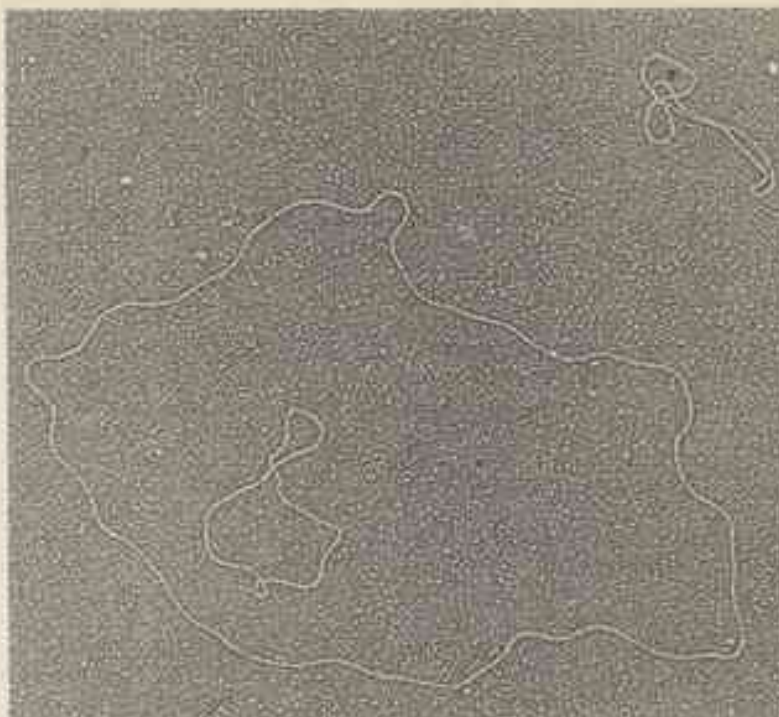
D'autres mécanismes biochimiques de résistance peuvent être imaginés comme, par exemple, l'augmentation du taux de biogénèse d'un récepteur, ce qui peut inverser le rapport des concentrations antibiotiques/récepteur dans la cellule ; la production de molécules antagonistes de l'antibiotique peut aussi être envisagée.

Blocage du transport du médicament

La plupart des agents antimicrobiens sont transportés à leur cible - que ce soit dans le sens d'un gradient de concentration ou contre ce sens - par des protéines transporteuses (**).

(*) Les antibiotiques peuvent également être isolés à partir d'algues ou de lichens.

(**) Il est pour le moins surprenant que les microorganismes n'aient mis au point des systèmes spécifiques capables de transporter des substances nocives qui leur sont souvent fatales. Il est vraisemblable que les systèmes de transport intracellulaires dans la plupart des cellules sont spécifiques de molécules utiles à la cellule, systèmes que le médicament peut empêcher. Il est vraisemblable par exemple que les antibiotiques aminoglycosidiques sont transportés par le ou les systèmes de transport des polyanions (groupement électrostatique négatif dans les ions Ca^{2+}).



Plasmides de résistance appelés « tet » et « ero » isolés de streptocoques et responsables de la résistance de ces microorganismes à la tétracycline et à l'érythromycine. A noter la taille différente de ces deux plasmides (P. Courvaillat et al. Mol. Gen. Genet. 132, 181-192) (1974).

Nous ne développerons ici que les aspects avec lesquels interfèrent les antibiotiques ; beaucoup de ces aspects sont d'ailleurs communs à toutes les cellules vivantes.

L'EXPRESSION DE L'INFORMATION GÉNÉTIQUE. Les informations héréditaires sont inscrites sur le chromosome sous forme de séquences de nucléotides (constitués d'une base, d'un sucre et d'un groupe phosphate) dans la molécule d'acide désoxyribonucléique (ADN). Cette information est recopiée dans une molécule d'acide ribonucléique (ARN), dit messager, grâce à une enzyme : la RNA polymérase. Les séquences de l'ARN sont ensuite traduites en séquences d'acides aminés constituant d'une protéine. Cette étape s'effectue sur des supports, les ribosomes, sur lesquels des molécules d'ARN adaptatrices disposent en bon ordre les acides aminés de la future protéine.

LES MODIFICATIONS GÉNÉTIQUES CHEZ LES BACTÉRIES. Chez les bactéries, le matériel génétique est souvent sujet à remaniement. L'ADN du chromosome, peut être modifié par des mutations ponctuelles, ou augmenté d'un morceau d'ADN exogène. D'autre part, l'existence de matériel héréditaire extra-chromosomique, les plasmides, dans le cytoplasme confère aux populations bactériennes une grande variabilité génétique ; en effet, cet ADN du plasmide peut être transféré de bactérie à bactérie, par simple contact, ou par l'intermédiaire des virus qui infectent couramment les bactéries.

LES ENVELOPPES DE LA BACTÉRIE. La bactérie est entourée de plusieurs enveloppes. La plus interne assure des fonctions diverses : perméabilité, formation des séparations lors de la division, activités enzymatiques multiples, fixation de diverses molécules par des récepteurs spécifiques.

Une paroi externe assure la rigidité de la bactérie. Elle est constituée entre autres de mucopeptides.

Les différences dans l'organisation de cette paroi permettent de classer les bactéries en deux groupes suivant qu'elle contient ou ne contient pas un constituant qui fixe un colorant : le violet de gentiane. Si elles fixent le colorant, elles sont dites gram (+) ; ce sont les *Staphylocoques*, les *Streptocoques*, les *Pneumocoques*... ; si elles ne le fixent pas, elles sont dites gram (-) ; ce sont les *Escherichia coli*, les *Klebsiellas*, les *Protéus*, les *Pseudomonas*...

LES MOLECULES INDISPENSABLES A LA CELLULE. Pour les réactions nécessaires à sa survie, sa croissance et sa reproduction, la bactérie a besoin d'un certain nombre de molécules qu'elle trouve dans le milieu environnant ou qu'elle synthétise. Certaines lui sont indispensables : ce sont les facteurs de croissance. Parmi ceux-ci se trouvent les dérivés de l'acide folique.

qui ont vraisemblablement une affinité relativement faible pour les molécules transportées. Ces récepteurs transitoires sont, sans doute, assistés dans leur fonction par l'effet d'« aspiration » provoqué par la vraie cible du médicament telle que le ribosome bactérien ou la RNA polymérase.

Une modification structurale de cette protéine (remplacement d'un aminoacide par un autre aminoacide) dirigée par un plasmide ou consécutive d'une mutation ponctuelle empêchera le médicament de pénétrer dans une bactérie à une concentration suffisante, pour déterminer une activité biologique.

Le système de transport d'antibiotiques le mieux étudié est celui de la tétracycline dont la modification par un plasmide conduirait à la résistance à ce produit. Le phénomène est en fait complexe et l'on a pu constater qu'il y avait une divergence très grande entre l'aptitude à accumuler la tétracycline et les concentrations d'antibiotiques nécessaires pour inhiber la croissance d'une bactérie sensible ou résistante.

Des expériences complémentaires ont été réalisées sur la structure des membranes de bactéries suivant qu'elles sont sensibles ou résistantes à cet antibiotique. Elles ont permis de montrer que les bactéries résistantes hébergent des protéines supplémentaires dont on ne connaît pas la fonction réelle. S. Lévy dans son laboratoire a récemment émis une hypothèse intéressante sur cette résistance. Au lieu d'être pompée dans la cellule, la tétracycline serait « refoulée » à l'extérieur, ce qui conduirait à une situation telle que la tétracycline n'accéderait pas en concentration suffisante dans le cytoplasme pour perturber la fonction du ribosome. Cette hypothèse n'a pour le moment aucun support expérimental.

Modification de la cible de l'antibiotique

La molécule d'antibiotique peut également être transportée convenablement jusqu'à sa cible, mais ne peut pas être reconnue par celle-ci à cause d'une perturbation dans sa structure. Il est clair, à l'appui de ce que nous venons de dire, que cette altération structurale aura vraisemblablement une certaine incidence sur le transport de la drogue puisque l'effet de « pompe aspirante » sera nul ou considérablement amoindri.

Cette modification structurale peut être provoquée par des mutations ponctuelles, essentiellement expérimentales, mais aussi par des plasmides de résistance.

Altérations structurales de la cible de l'antibiotique provoquées par mutations ponctuelles. Il existe de nombreux exemples de ce type, notamment avec les pénicillines et céphalosporines qui ont pour cible un grand nombre de protéines (les Penicillin Binding Proteins, PBP). On a pu isoler des microorganismes résistants à certains de ces antibiotiques dans lesquels la structure primaire des PBP est quelque peu altérée, ce qui les empêche de reconnaître ces médicaments.

Des mutants résistants à la streptomycine ont aussi été isolés et étudiés. Certains d'entre eux possèdent des ribosomes altérés. Or, le ribosome constitue la cible de la streptomycine. Chez certains de ces mutants, on a noté le remplacement d'un acide aminé par un autre dans une protéine constitutive des ribosomes. Chez des mutants résistants à l'érythromycine et la gentamicine, il a également été trouvé des altérations structurales au niveau du ribosome, qui constitue, dans les deux cas, la cible de l'antibiotique.

Altérations structurales de la cible de l'antibiotique dirigées par des plasmides. Les résistances que nous venons de signaler sont la conséquence d'une mutation ponctuelle au niveau du chromosome bactérien, ce qui est un phénomène rencontré peu fréquemment chez les microorganismes d'origine hospitalière. On connaît cependant une autre résistance à l'érythromycine qui est dirigée par un plasmide et dans laquelle le récepteur (ribosome) est altéré structuralement.

Les sulfamides utilisés depuis une quarantaine d'années exercent leur effet antibactérien en bloquant une enzyme qui catalyse une réaction aboutissant à la biosynthèse de l'acide folique (molécule indispensable à la vie), et dont ils empêchent de ce fait le fonctionnement. Si certains microorganismes sont résistants à cet antibiotique, à cause d'une altération du processus de transport de la drogue, d'autres tels des colibacilles, des citrobacter ou des *Klebsiella* possèdent un autre système de défense : ils sont capables de réaliser la biosynthèse d'une autre enzyme et qui peut conduire à la synthèse du même acide folique insensible à l'antibiotique. Le pouvoir inhibiteur du sulfamide est, en effet, mille fois inférieur vis-à-vis de l'enzyme du microorganisme résistant que du microorganisme sensible.

Mise en place d'un chemin parallèle à celui perturbé par l'antibiotique

L'introduction sur le marché et l'usage de plus en plus important de

l'association sulfamide-triméthoprime (bactrim) a conduit à la sélection de microorganismes résistants à cette combinaison.

Le triméthoprime a pour cible une enzyme responsable de la transformation de l'acide folique en acide tétrahydrofolique.

Chez les microorganismes résistants, on a pu isoler à côté de l'enzyme contrôlée par un gène chromosomique, une deuxième enzyme ayant la même fonction contrôlée par un plasmide, et non reconnue par l'antibiotique. Cette enzyme permet donc au microorganisme de synthétiser l'acide tétrahydrofolique nécessaire à son développement.

Modifications enzymatiques de l'antibiotique conduisant à son inactivation

Les antibiotiques aminoglycosidiques. La forme de résistance des bactéries à ce groupe d'antibiotiques la plus couramment rencontrée en milieu hospitalier consiste en une modification par voie enzymatique de cette catégorie de drogues.

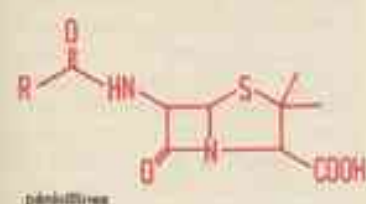
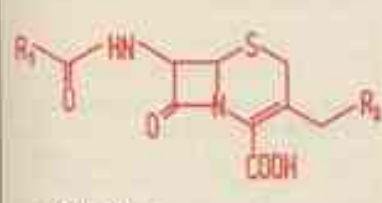
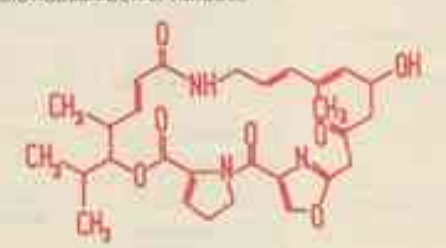
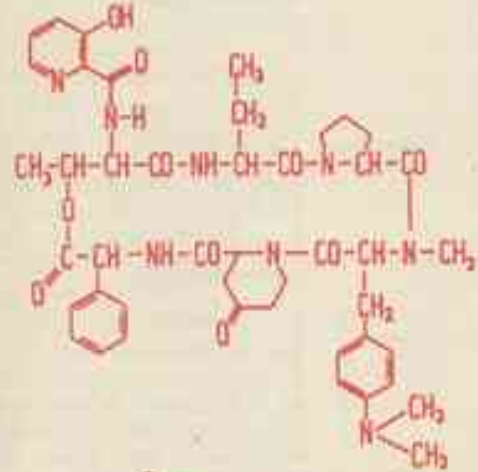
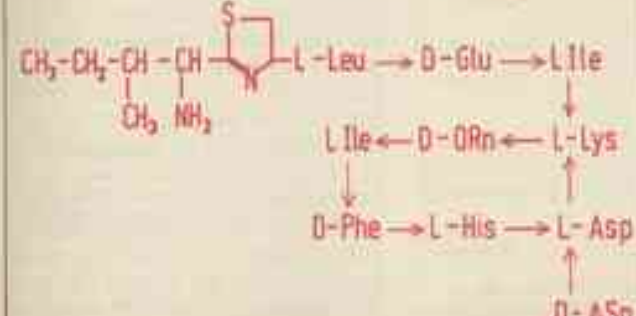
Les enzymes qui modifient l'antibiotique, catalysent trois types de réactions :

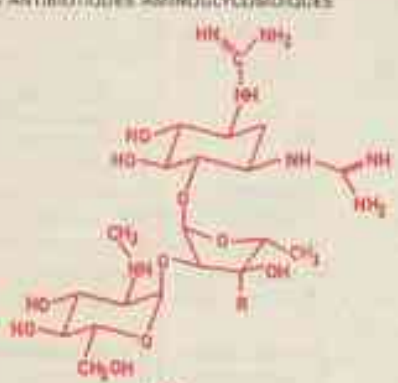
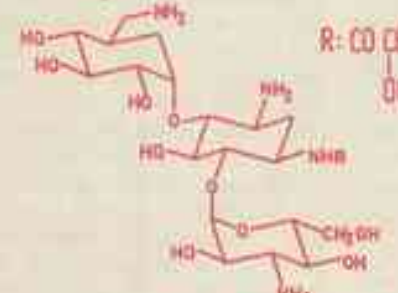
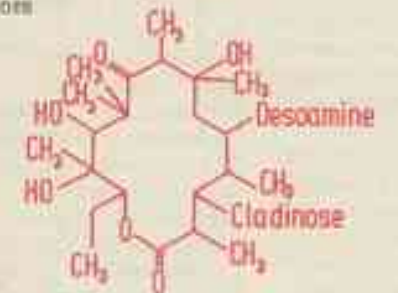
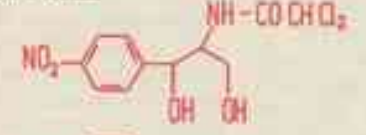
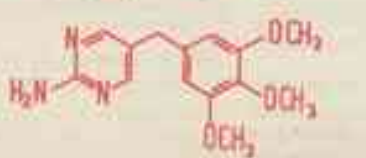
- des réactions de phosphorylation qui transforment les aminoglycosides en phosphates d'aminoglycosides ;
- des réactions de nucléotidylation qui donnent des phosphates de nucléotidyle et d'aminoglycosides ;
- des réactions d'acétylation qui conduisent à des aminoglycosides N-acétylés.

Toutes ces enzymes ont été purifiées par chromatographie d'affinité (3) et leurs propriétés catalytiques et physicochimiques déterminées.

La situation actuelle notifie, en 1979, pour les néomycines, l'attaque de 3 groupes NH_2 sur 4, et de 3 groupes OH sur 6. En fait, la situation est plus défavorable, puisque l'on constate, en fonction du temps, une évolution des propriétés catalytiques de ces enzymes vers une moindre spécificité, donc vers un plus grand nombre de molécules touchées (tableau II).

Jusqu'à présent, cependant, on n'a pas tenté de rechercher de corrélations structurales entre ces différents sous-groupes d'enzymes qui apparaissent progressivement. On a pu montrer également que si une fonction hydroxylée des aminoglycosides était initialement touchée par nucléotidylation (ce qui requiert la consommation d'une molécule de nucléotidyltriphosphate par molécule inactivée). Cette nucléotidylation était remplacée ultérieurement par une réaction de phosphorylation qui coûte

TYPE STRUCTURAL	Nom de l'antibiotique	Spécificité d'utilisation	Cible
DERIVES DES AMINO-ACIDES • β-LACTAMES  penicillines R_1:  R_1:  R_1:  penicilline G ampicilline carbenicilline tactéries gram(+) tactéries gram(+) et (-) tactéries gram(+) et (-) bactéries pyocyaniques biosynthèse de peptidoglycane  céphalosporines R_1:  R_2: $O-COCH_3$ R_1:  R_2:  céphalexine céphazoline large spectre antibactérien penicilline binding proteins (PBP) • ANTIBIOTIQUES POLYPEPTIDIQUES  ristamycine II A #Doseure bactérien  ristamycine I tactéries gram(+)  colimycine A large spectre antibactérien membranes bactériennes			

TYPE STRUCTURAL	Nom de l'antibiotique	Spécificité d'utilisation	Cible
DERIVES DES GLUCIDES			
• ANTIBIOTIQUES AMINOGLYCOSIDIQUES			
 $R_1: -CHO$ $R_2: -CH_2OH$	streptomycine dihydro streptomycine	bactérie tuberculeuse	ribosome bactérien
 $R: CO-CH(OH)-CH_2-CH_2-NH_2$	amikacine	bactéries gram(-) et (-)	
 $R: H$	kanamycine A		
• MACROIDES			
 Desoamine Cladinose	érythromycine	bactéries gram(-) (staphylocoques, streptocoques, pneumocoques...)	ribosome bactérien
• DERIVES DU NAPHTACENE OU CYCLINES			
	tétracycline oxytétracycline	bactérie tuberculeuse	RNA polymérase (biosynthèse des ARN)
	doxycycline	infection pulmonaire et CHL	ribosome bactérien
• ANTIBIOTIQUES DIVERS			
	chloramphénicol	bactérie typhique bactérie paratyphique	ribosome bactérien
	sulfamide		biosynthèse de l'acide tétrahydrofolique (coenzyme folique par les bactéries)
	triméthoprime sulfamide = triméthoprime = bactrim acide néphélogène	infection urinaires	DNA gyrase (biosynthèse de l'ADN)

incontestablement moins cher d'un point de vue énergétique. (Un groupement phosphate par molécule inactivée).

Récemment enfin, on a découvert (4) un système enzymatique bifonctionnel dont l'efficacité est incomparablement supérieure à celle des enzymes isolées auparavant. Il peut, en effet, inactiver tous les antibiotiques aminoglycosidiques soit par acétylation des groupements NH_2 soit par phosphorylation des groupements OH, le type de réaction mis en œuvre étant vraisemblablement fonction de la nature d'un fragment de l'antibiotique inactivé.

La résistance aux synergistines

Les synergistines sont une association synergique de deux molécules antibiotiques, très largement utilisées pour traiter les infections provoquées par des bactéries gram (+). Elles étaient épargnées jusqu'à présent par ces processus d'inactivation. La recherche systématique de staphylocoques résistants à différents antibiotiques nous a récemment conduit à sélectionner deux groupes de souches bactériennes résistantes à ces produits :

- des microorganismes chez lesquels la résistance aux pristinamycines est associée à la résistance à la kanamycine et la tobramycine ;
- des microorganismes chez lesquels la résistance aux synergistines est associée à la résistance à la kanamycine, la tobramycine, la gentamicine.

Les causes biochimiques de cette résistance ont été élucidées et ont permis de montrer que la pristinamycine IIA est inactivée par une réaction d'acétylation d'un groupement OH alors que la pristinamycine IIB est inactivée par une simple réaction d'hydrolyse.

La résistance aux β -lactamines

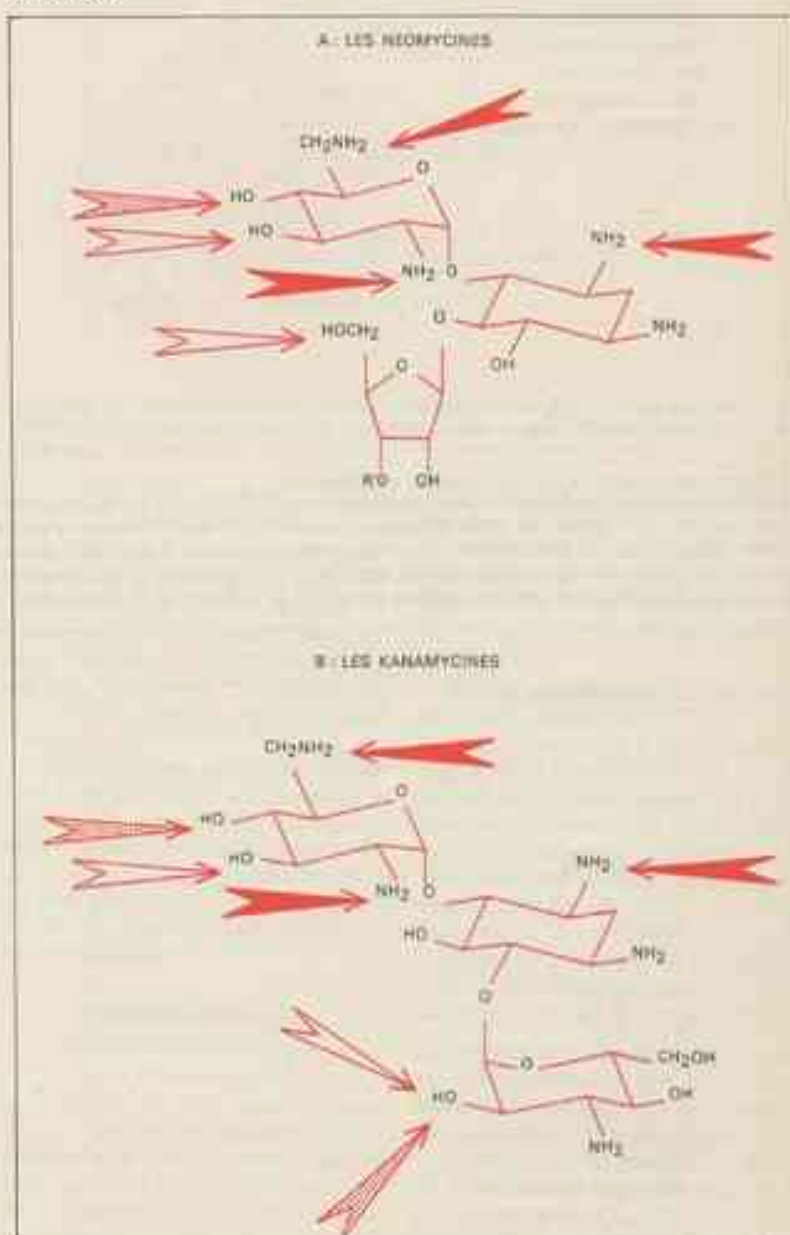
La résistance des bactéries aux β -lactamines, groupe d'antibiotique comprenant les pénicillines et les céphalosporines, a été et est toujours beaucoup étudiée aussi bien chez les bactéries gram (+) que gram (-).

Cette résistance s'explique essentiellement par la présence d'enzymes hydrolytiques appelées β -lactamases. Ces enzymes peuvent être d'origine chromosomique ou plasmidique et ont la propriété de couper le cycle β -lactame des pénicillines et céphalosporines pour conduire respectivement aux acides pénicilloïques et céphalosporoïques. En somme, elles constituent un processus de détoxication de ces médicaments.

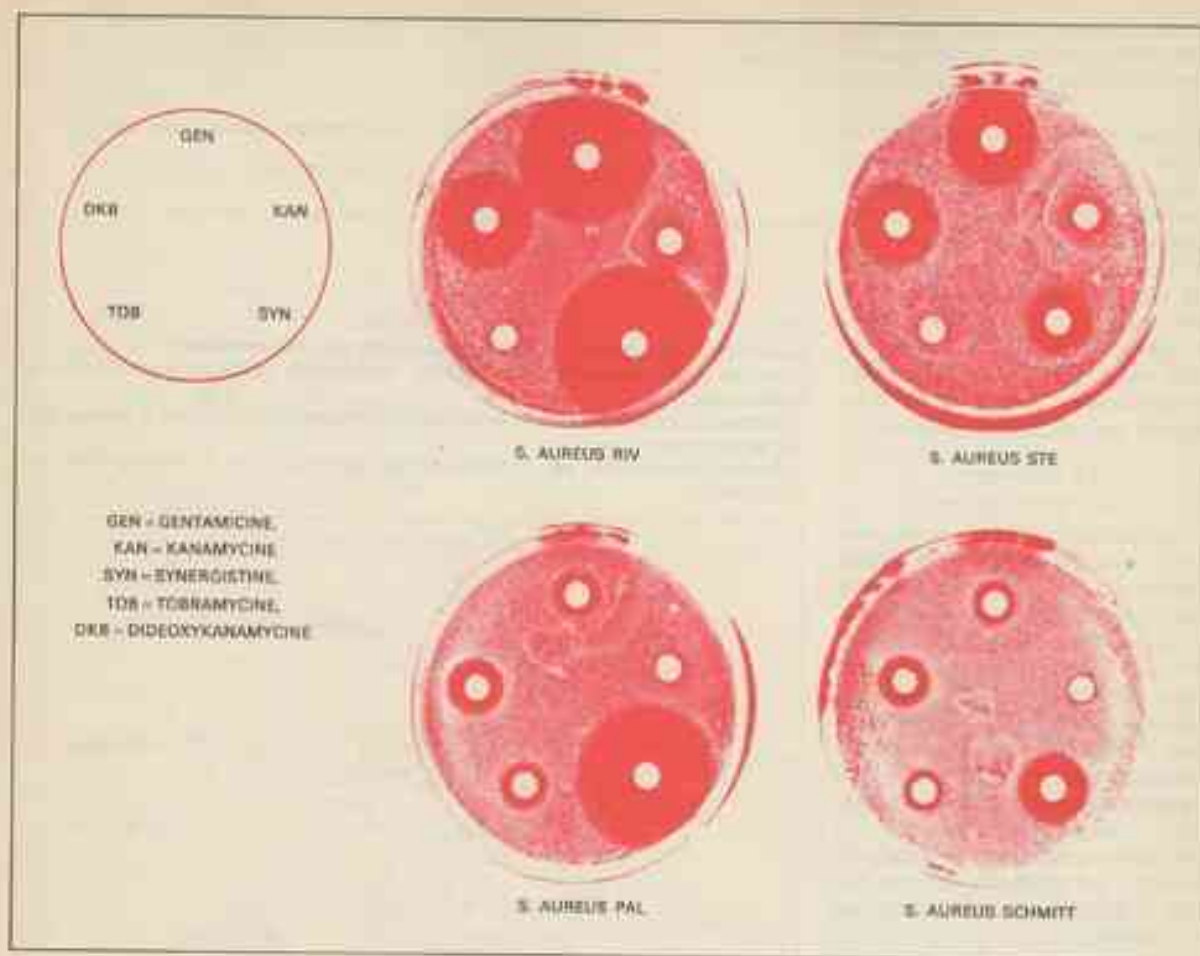


Modification des antibiotiques aminoglycosidiques par voie enzymatique :

- réaction de phosphorylation par l'adénosine triphosphate (ATP) sur le groupe OH de l'antibiotique ;
- réaction de nucléotidylation par le nucléotidyde triphosphate (NTP) sur le groupe OH de l'antibiotique ;
- réaction d'acétylation par l'acétylcoenzyme A (AcCoA) sur le groupe NH_2 de l'antibiotique.



Différentes cibles des enzymes d'inactivation des antibiotiques aminoglycosidiques (situation en 1979) : acétylation, phosphorylation, nucléotidylation.

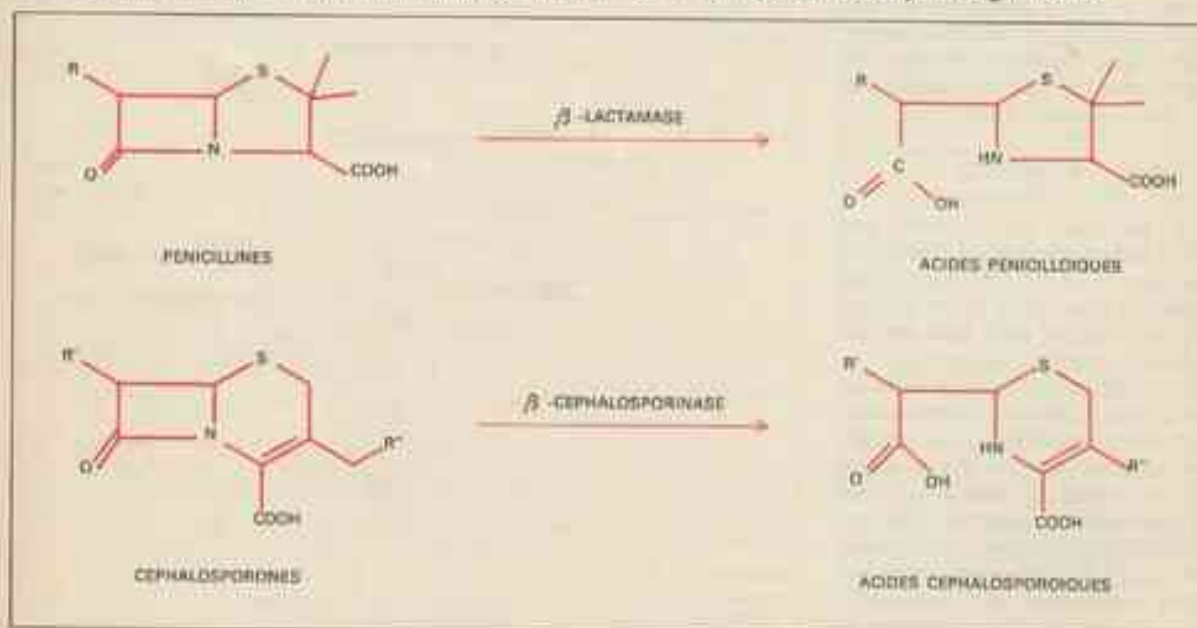


Antibiogrammes obtenus sur trois souches microbiennes.

La technique de l'antibiogramme consiste à couler dans une boîte de pétri, un milieu nutritif ensemencé par le germe à étudier, sur lequel on dépose des petits disques de papier absorbant contenant une dose déterminée d'antibiotique. L'importance de la plage noire rend compte de l'inhibition de la croissance du germe bactérien, donc de la sensibilité aux antibiotiques testés.

Souche STE : résistance aux pristinamycines associée à la résistance à la kanamycine et la tobramycine.

Souche Schmitt : résistance aux synergistines associée à la résistance à la kanamycine, la tobramycine, la gentamicine.



Inactivation par hydrolyse des lactamines par les β -lactamases. La résistance des bactéries aux antibiotiques de la série des β -lactamines s'explique par l'intervention d'enzymes spécifiques : les β -lactamases, qui coupent le cycle β -lactame.

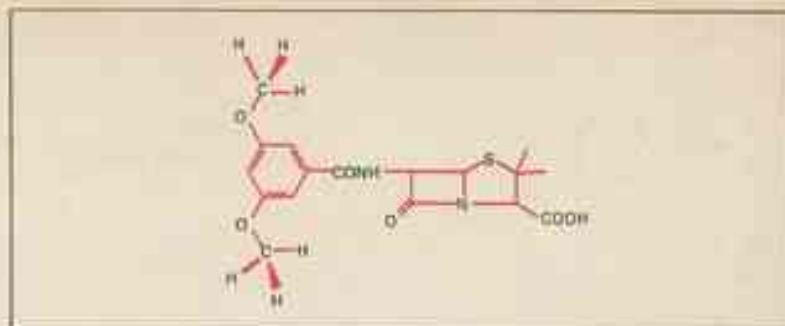
Plusieurs méthodes d'étude cinétique de ces enzymes ont été décrites. La plus fiable et la moins lourde est sans nul doute celle décrite par Labia (5). Elle consiste en une titration microcinétique des acides pénicilloïques et céphalosporoïques formés, en fonction du temps dans la réaction enzymatique, les données cinétiques étant traitées directement sur ordinateur.

La purification de ces enzymes a été réalisée par plusieurs méthodes parmi lesquelles la chromatographie d'affinité (6) a joué un grand rôle. Ceci a permis d'étudier d'une façon plus sûre leurs propriétés catalytiques et physicochimiques et de les utiliser pour produire des anticorps, anti β -lactamases (7) fort utiles dans des études épidémiologiques par exemple (8).

La β -lactamase la plus largement répandue est l'enzyme intitulée R-TEM. Le plasmide possédant le gène responsable de la biosynthèse de cette enzyme est particulièrement adapté pour passer d'une bactérie à une autre.

De nombreuses enzymes hydrolysant les β -lactamines existent. Leurs propriétés physicochimiques et catalytiques variées ne permettent pas cependant d'expliquer toutes les propriétés de résistance des bactéries qui les hébergent. D'autres facteurs doivent, sans aucun doute, être pris en compte telles que les modifications de perméabilité des parois bactériennes à l'antibiotique des relations existant entre l'aptitude de l'antibiotique à être hydrolysé, et cette perméabilité.

D'autres microorganismes d'origine hospitalière résistent aux pénicillines sans que l'on puisse expliquer cette résistance par une activité hydrolytique quelconque. Le cas le plus frappant est celui de la résistance des staphylocoques dorés à la méthicilline. Cette molécule possède, en effet, par rapport à la pénicilline deux groupements ($-OCH_3$), localisés sur le noyau aromatique, qui empêchent les β -lactamases d'accéder au cycle β -lactame à couper ; la résistance ne peut donc s'expliquer par l'acquisition par la bactérie d'une activité enzymatique hydrolytique spécifique de l'antibiotique. La résistance à la méthicilline s'accompagne très souvent d'une modification morphologique du microorganisme. Connaissant l'existence de corrélations entre modifications morphologiques et modifications d'une protéine fixant la pénicilline (Penicillin Binding Protein n° 2), on peut se demander quel rôle cette protéine – dont l'existence est liée à celle d'une mutation ponctuelle du chromosome – peut jouer dans le phénomène de résistance.



Structure de la méthicilline. Les groupements OCH_3 , fixés sur le noyau aromatique, qui distinguent la méthicilline de la pénicilline, empêchent les enzymes d'inactivation de couper le cycle β -lactame.

ANNEE	ANTIBIOTIQUE TOUCHÉ PAR LE PHÉNOMÈNE DE RÉSISTANCE
1974	GENTAMICINE
1976	GENTAMICINE, TOBRAMYCINE, KANAMYCINE
1978	TOUS LES ANTIBIOTIQUES AMINOGLYCOSIDIQUES POSSEDANT UNE FONCTION NH_2 EN 3

Evolution en fonction du temps des propriétés catalytiques des enzymes inactivant les antibiotiques aminoglycosidiques par modification des groupes NH_2 en position 3 de la molécule.

La résistance au chloramphénicol

La résistance des bactéries gram (+) et gram (-) au chloramphénicol, est le résultat d'une acétylation de cet antibiotique par action d'une enzyme spécifique : une chloramphénicol acétyltransférase qui catalyse en fait, la formation de deux produits d'inactivation.

Plusieurs formes de la chloramphénicol acétyltransférase ont été isolées et étudiées. On a pu montrer qu'il existe entre les enzymes des bactéries gram (+) ou gram (-) des relations d'homologie mais aucune relation structurale entre les enzymes des deux groupes de microorganismes.

Comment combattre les bactéries résistantes aux antibiotiques ?

Il ressort de la récente étude que l'analyse des enzymes d'inactivation n'est pas un critère suffisant pour décrire la résistance des bactéries aux antibiotiques. On doit, en effet, considérer non seulement les enzymes qui modifient l'antibiotique lui-même, mais aussi le récepteur normal de l'an-

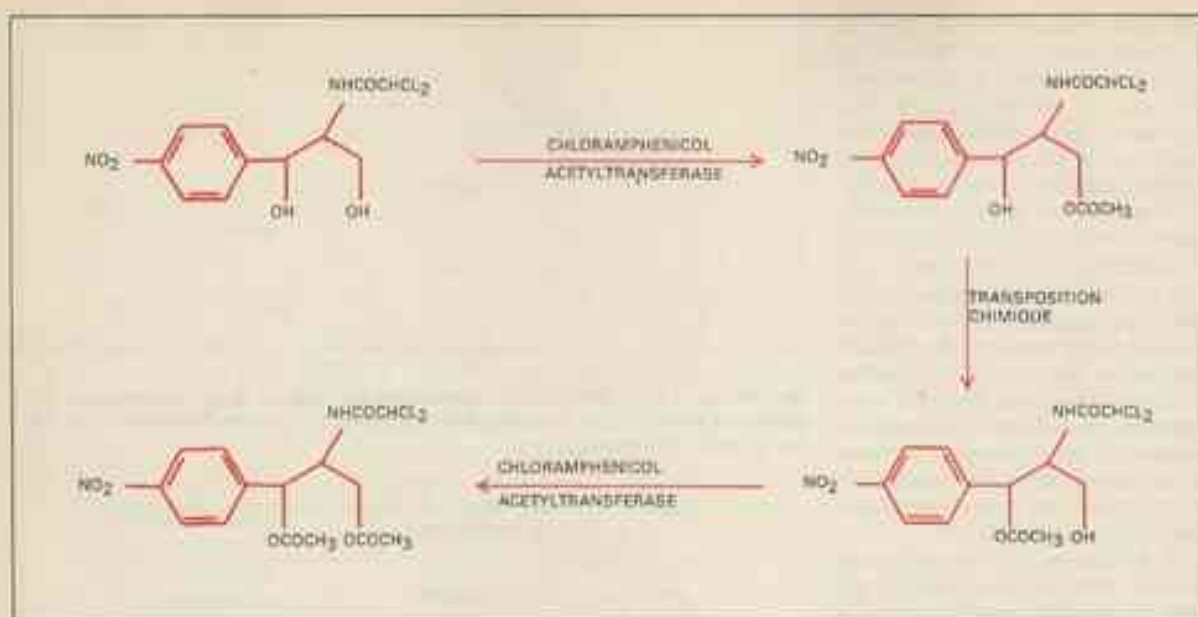
tibiotique ainsi que son système de transport. On peut, cependant, à l'appui des données fragmentaires obtenues dans l'étude d'un paramètre ou d'un autre envisager des moyens rationnels pour combattre ces bactéries résistantes.

Utilisation plus rationnelle et plus judicieuse des antibiotiques

Nous avons indiqué précédemment que certains plasmides de résistance peuvent être éliminés lorsque les antibiotiques n'interviennent plus comme facteur de sélection. Une utilisation plus judicieuse de ces médicaments merveilleux devrait donc permettre l'élimination de nombreux plasmides gouvernant la résistance et par conséquent conduire de nombreux microorganismes à recouvrer leur sensibilité.

Recherche de nouveaux antibiotiques par criblage systématique de souches microbiennes productrices de substances secondaires du métabolisme

La découverte de molécules nouvelles possédant des structures originales et l'alternance dans l'utilisation de ces médicaments permettrait aussi de faire diminuer considérablement le pourcentage de bactéries résistantes aux anti-



Inactivation du chloramphénicol par la chloramphénicol acétyltransférase.

biotiques. Dans ce but, des structures nouvelles sont recherchées chez des microorganismes, produisant beaucoup de métabolites secondaires^(***). C'est ainsi qu'on a pu isoler récemment des structures originales telles que celles des nocardicines, des thienamycines, des fortimicines qui ne sont pas reconnues par les enzymes d'inactivation. Ces nouvelles structures peuvent être soit utilisées telles quelles, soit constituer des têtes de files pour le développement de substances aux propriétés optimisées.

Modification de la cible de l'enzyme d'inactivation

Il est clair que s'il est possible de modifier la cible de l'enzyme d'inactivation par des moyens chimiques sans que la nouvelle molécule synthétisée perde son activité antibiotique, on aura une structure nouvelle active sur les bactéries résistantes.

Une telle approche a été et est toujours utilisée et a permis l'obtention de molécules relativement intéressantes. Ainsi, pour répondre à l'inactivation de la kanamycine B par phosphorylation de l'hydroxyle en 3' et par nucléotidylation de l'hydroxyle en 4' une molécule de didéoxy-3', 4' kanamycine B a été synthétisée : cette molécule est active sur les souches microbiennes possédant soit des phosphorylases spécifiques de l'hydroxyle en 3', soit des nucléotidytransférases capables de reconnaître la fonction hydroxylée en 4'. Cette molécule, cependant, à cause d'analogies structurales évidentes avec les gentamicines est reconnue par d'autres enzymes telles que des acétylases

ou des nucléotidytransférases, qui peuvent alors être responsables de l'inactivation.

La modification d'une cible enzymatique ne peut, par conséquent, répondre que partiellement à la question posée.

Empêcher la formation du complexe enzyme-cible

Toute réaction enzymatique nécessite la formation préalable d'un complexe entre l'enzyme et sa cible par l'établissement de liaisons chimiques plus ou moins fortes. S'il est possible, par une modification chimique judicieuse, d'obtenir une substance ne permettant pas la formation de ce complexe, on aura une molécule qui ne pourra être modifiée enzymatiquement. Une telle approche peut être réalisée de trois manières différentes :

- en créant un encombrement stérique au voisinage de la fonction touchée par l'enzyme : l'enzyme ne peut alors prendre la configuration adéquate. La méthicilline, par exemple qui possède deux groupements méthoxylés sur le noyau aromatique, n'est pas modifiée structuralement par les β -lactamases de staphylocoques.

- en bloquant la fonction de la molécule impliquée dans la formation du complexe entre l'enzyme et sa cible.

La formation transitoire de ce complexe nécessite la mise en jeu de certaines fonctions de la molécule d'antibiotique et de l'enzyme qui vont former transitoirement des liaisons chimiques plus ou moins stables. On soupçonnait depuis longtemps que dans le groupe des antibiotiques aminoglycosidiques, la fonction aminée sur le carbone 1

avait une telle propriété. Un blocage judicieux de ce groupement fonctionnel permettait donc d'espérer la découverte d'une molécule d'antibiotique nouvelle aux propriétés optimisées. C'est ainsi qu'est née l'amikacine, un dérivé de la kanamycine A dans lequel un groupement fonctionnel particulier le protège de toute inactivation enzymatique. Ce produit demeure aujourd'hui la molécule d'antibiotique aminoglycosidique la plus active sur les bactéries résistantes à ce groupe de médicaments.

- en supprimant la fonction de l'antibiotique impliquée dans la formation de ce complexe.

La découverte d'inhibiteurs spécifiques des enzymes d'inactivation

Dans tous les cas de figure où une modification enzymatique est responsable de la résistance, on doit pouvoir trouver un inhibiteur susceptible de bloquer cette transformation.

L'association d'un tel inhibiteur avec un antibiotique devrait, par conséquent, pouvoir posséder des propriétés biologiques intéressantes.

De tels inhibiteurs ont été découverts dans la nature. L'exemple le plus intéressant est, sans aucun doute, celui de l'acide clavulanique, un antibiotique à activité médiocre, certes, mais un puissant inhibiteur des β -lactamases.

(***) Ces molécules sont dites secondaires par rapport à celles qui interviennent dans les voies métaboliques importantes de après des transformations chimiques de la cellule.

Fabriquer des antibiotiques par la voie des manipulations génétiques

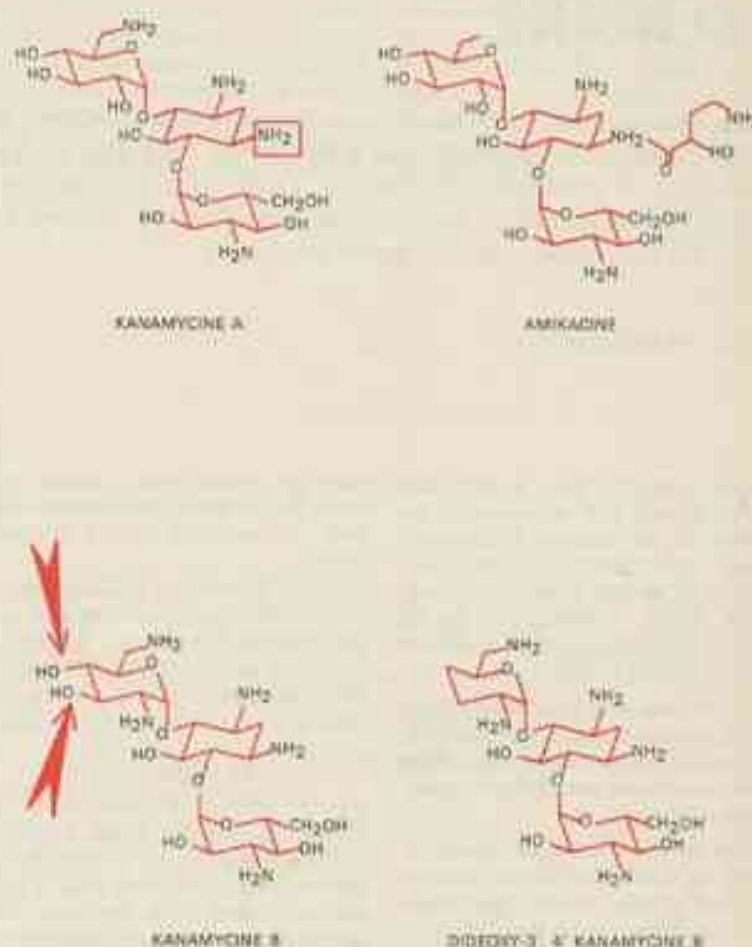
Certaines structures d'antibiotiques sont difficiles à obtenir par voie chimique ; il n'est pas utopique de penser que les méthodes du génie génétique permettront d'y accéder de façon plus aisée. En effet il est possible de modifier le patrimoine héréditaire des microorganismes - par insertion grâce à un plasmide ou un virus d'une séquence d'ADN bien choisie - de façon à faire fabriquer par le microorganisme l'antibiotique désiré.

La résistance des bactéries aux antibiotiques est, sans aucun doute, un problème important et préoccupant. Il y a donc lieu de poursuivre d'une manière soutenue des recherches microbiologiques, génétiques, biochimiques et chimiques dans ce domaine. Ceci permettra de suivre l'épidémiologie de cette résistance, de mieux connaître les plasmides, leur origine, leur répllication, leur transfert d'une bactérie à une autre. Ces recherches permettront aussi de mieux appréhender les propriétés des enzymes d'inactivation, de mieux comprendre les perturbations fonctionnelles qu'elles provoquent au niveau des systèmes transporteurs et de nombreux autres récepteurs.

Il ne fait aucun doute que le chemin à parcourir est encore long avant que nous puissions tout comprendre sur ces bactéries résistantes aux antibiotiques et demandera une collaboration étroite entre microbiologistes, généticiens, biochimistes et chimistes.

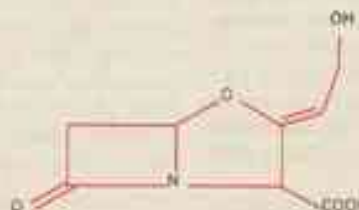
BIBLIOGRAPHIE

- (1) J. Davies and D.L. Smith (1978). - Plasmid determined resistance to antimicrobial agents. *Ann. Rev. Microbiol.* 32, 489-518.
- (2) J.V. Hiltz (1978). - *Singapore* *via an inducible polyaniline transport system in Escherichia coli*. *Eur. J. Biochem.* 88, 543-551.
- (3) F. Le Goffic and N. Moreau (1973). - Purification by affinity chromatography of an enzyme involved in gentamicin inactivation. *FEDS Letters* 29, 289-291.
- (4) F. Le Goffic, N. Moreau et M. Chevreton (1973). - Purification par chromatographie d'affinité d'une acétyltransférase et d'une phosphatase inactivant les antibiotiques aminoglycosidiques. *Biochimie* 53, 1181-1186.
- (5) F. Le Goffic, B. Marne et M. Masson (1977). - *Are some aminoglycoside antibiotics inactivating enzymes polyfunctional?* *Ann. Microbiol. (Paris)* 128, 463-469.
- (6) R. Labis, J. Andellon and F. Le Goffic (1973). - Computerized microspectrometric determination of β -lactamase. *Michaelis-Menten constant*. *FEDS Letters* 33, 42-44.
- (7) F. Le Goffic, R. Labis and J. Andellon (1973). - Affinity chromatography of β -lactamase. *Biochim. Biophys. Acta* 33, 439-442.
- (8) F. Le Goffic, J. Andellon et R. Le Tarric (1973). - Purification des β -lactamases par chromatographie d'affinité. *Biochimie* 53, 29-31.
- (9) F. Le Goffic, J. Andellon and R. Le Tarric (1974). - Immunological study of anti- β -lactamase antibodies by immunochemical methods. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 6, 650-654.
- (10) F. Le Goffic, J. Andellon et R. Le Tarric (1976). - Les inhibiteurs immunitaires : un outil possible pour l'étude épidémiologique des bactéries résistantes aux antibiotiques. *Biochimie* 56, 521-523.



La kanamycine A et son dérivé modifié pour empêcher la formation de complexe entre l'enzyme d'inactivation et sa cible. L'enzyme d'inactivation forme avec l'antibiotique un complexe par l'établissement d'une liaison avec la fonction NH_2 en 1 de la molécule. La fixation d'un radical (hydroxyaminoobutyrates) en position 1 empêche l'enzyme de jouer son rôle.

La kanamycine B et son dérivé modifié pour empêcher l'action des enzymes d'inactivation. La kanamycine B antibiotique de la série des aminoglycosides, est inactivée par phosphorylation en 3' (---) et nucléotidylation en 4' (---). Les enzymes d'inactivation de la kanamycine B sont sans action sur la dideoxy - 3', 4' kanamycine B.



L'acide clavulanique : cette molécule est un inhibiteur des β -lactamases.

Le laser

Dans quelques mois, le laser aura 20 ans. Mais dès 1917, Einstein en avait découvert le principe. Ses applications sont déjà multiples dans la recherche, la chirurgie et l'industrie. Dans les prochaines années, avec les télécommunications optiques, un nouvel avenir s'ouvre à lui. Mais au fait, savez-vous ce qu'est un laser ?

Georges DURAFFOURG

Dans quelques mois, le laser aura vingt ans. Dès sa naissance, les médias ont fait connaître au grand public cet enfant prodige qui, par les services qu'il rendait, pénétrait de nombreux milieux scientifiques et techniques. Le Petit Larousse lui a accordé droit de cité et le définit ainsi :

LASER : *l.a.m.* (mot angl.) Source lumineuse pouvant produire des éclairs très intenses de lumière cohérente, utilisée dans le domaine des télécommunications, en biologie, etc.

Aujourd'hui, il existe une grande diversité de lasers. Tous fonctionnent sur le même principe général, que le premier d'entre eux permet bien d'illustrer.

Le premier laser, celui que T.H. Maiman fit fonctionner en juillet 1960, était constitué d'un barreau de rubis de quelques centimètres de longueur dont les extrémités avaient été rendues parfaitement planes et parallèles ; on avait même disposé sur ses faces un dépôt métallique réfléchissant. Autour de ce barreau, enroulé en hélice, un tube rempli d'un gaz, le xénon, et muni d'électrodes aux extrémités, comme une forte lampe de projection. Un dispositif électro-technique avec des condensateurs déclenchait une brève mais gigantesque décharge électrique dans le tube qui émettait aussitôt un tout aussi gigantesque flash de lumière blanche inondant le barreau de rubis. Lorsque la décharge électrique dépassait un certain seuil de puissance, on constatait que pendant le flash, le barreau émettait par ses extrémités un violent fais-

ceau de lumière rouge, faisant une tache de quelques centimètres de diamètre sur un écran placé à quelques mètres.

C'était la première émission laser.

Cette description peut être généralisée, idéalisée, en soulignant la fonction de chacun des trois éléments constitutifs indispensables d'un laser : le corps actif, la source de pompage, la cavité.

Le corps actif

Pour qu'il y ait effet laser, il faut qu'un milieu puisse amplifier la lumière, tout au moins certaines radiations lumineuses. Pour cela, il faut que les atomes d'une substance (les atomes de chrome dans le rubis) soient plus nombreux dans un état énergétiquement élevé que dans un état moins élevé : il se produit alors une amplification de la lumière à la longueur d'onde correspondant à la différence d'énergie entre ces deux états énergétiques. On réalise ce qu'on appelle une « inversion de population » entre les deux états de l'atome. Toutes les substances ne sont pas également douées et il s'agit de sélectionner celles qui présentent le plus de facilités pour réaliser l'amplification. Une bonne connaissance des propriétés spectroscopiques permet une présélection des candidats. Le corps actif peut être solide (les atomes de chrome dans le rubis, les atomes de néodyme dans le grenat, des semi-conducteurs comme l'arséniure de gallium), gazeux (neutre comme le néon, ou ionisé comme l'argon) ou liquide (des colorants organiques).

Le pompage

C'est le mot employé pour exprimer l'action de réaliser l'inversion de population et plus généralement de

mettre une substance dans un état énergétiquement supérieur. Le terme évoque, à juste titre, l'idée de remplissage d'un réservoir qu'on peut ensuite vider brusquement. Il faut bien se rendre compte que le pompage demande beaucoup d'énergie, car pour être amplificateur, le corps actif doit être dans un état très éloigné de son état d'équilibre thermodynamique. Pour le rubis, on utilise la lampe flash. Ce moyen appelé « pompage optique » est bien adapté aux solides et aux liquides qui, le plus souvent, sont pompés par un autre laser. Pour des gaz, l'excitation électrique est plus appropriée (comme pour des tubes fluorescents). Pour les semi-conducteurs, il est souvent plus commode de réaliser une diode et d'y faire passer un fort courant électrique.

La cavité

Avoir un milieu amplificateur par inversion de population est nécessaire mais pas suffisant. Il faut emprisonner la lumière dans une cavité, lui faire en quelque sorte une caisse de résonance, où elle peut prendre de l'ampleur. A l'intérieur, la densité d'énergie lumineuse est énorme ; on n'en voit que ce que les imperfections de la cavité laissent passer à l'extérieur, les pertes dues à une réflectivité imparfaite. C'est la cavité qui permet de concentrer toute l'énergie lumineuse sur un faisceau très étroit. La cavité est formée de simples miroirs qui demandent beaucoup de soins pour leur qualité réfléchissante et pour leur alignement (mise en parallélisme parfait). Pour les solides, les miroirs peuvent être les surfaces mêmes de la substance active, convenablement traitées. C'était le cas du laser à rubis.

□ Georges Duraffourg, physicien du solide, ingénieur en chef des télécommunications au CNET. Sa thèse de doctorat d'Etat a porté sur les lasers à semi-conducteurs.

Le rayonnement laser présente les propriétés générales suivantes :

- il est très monochromatique, c'est-à-dire qu'il est émis sur une longueur d'onde (une « couleur ») bien définie, dont les fluctuations sont bien inférieures à celles de l'émission naturelle de la substance active (la couleur du rubis par exemple) ;
- il est directif. Le faisceau émis est quasiment parallèle, sa divergence est très faible ;
- il a une grande brillance. On sait construire des lasers de toute puissance, de la fraction de milliwatt au millier de mégawatts selon l'usage qu'on veut en faire (bien sûr, les dispositifs correspondants sont de dimensions totalement différentes), mais tous sont plus brillants que n'importe quelle autre source naturelle de lumière ;
- enfin, il est cohérent. Cette notion de cohérence, un peu complexe, peut s'expliquer par l'image suivante. L'onde lumineuse progresse comme des vagues bien régulières. Contrairement à ce qui se passe en mer, il n'y a pas, de temps en temps, une vague plus petite ou plus grande que les autres, et leur espacement est strictement régulier. On peut de plus façonner la forme de l'onde (des « vagues ») en jouant sur la cavité. Cette propriété a son importance pour certaines applications.

Le succès du laser pour ses applications tient aux propriétés de son rayonnement. La directivité rend son emploi facile et en fait un instrument commode pour des alignements sur certains chantiers. La monochromaticité, avec une longueur d'onde ajustable sur certains types de lasers, fait le bonheur des spectroscopistes de la chimie et de la physique. La puissance qui, par les autres propriétés, peut être concentrée dans un volume très petit (de l'ordre du micron de diamètre), trouve des applications diverses : en chirurgie (pour le recollement de la rétine) ou en biologie (pour détruire ou modifier certaines cellules ou noyaux de cellules), en métallurgie pour l'usinage, ou pour des expériences de fusion thermonucléaire (le « combustible » étant enfermé dans des microbilles de verre).

Ainsi le laser est rapidement devenu un outil de choix pour la recherche et même quelquefois pour l'industrie. A sa naissance, on misait beaucoup sur lui pour les télécommunications, mais les expériences significatives n'ont émergé dans ce domaine que récemment. Entre réaliser un instrument de laboratoire, même compliqué, basé sur le laser, et faire un système de télécommunication optique utilisant les la-

sets, il y a une différence énorme de taille et d'enjeux économiques. On doit entre autre s'assurer d'un prix de revient compétitif pour une sûreté de fonctionnement comparable. Le laser n'est qu'un des éléments de la chaîne, l'émetteur. La transmission se fait sur un support, le câble optique. Il a fallu un immense effort technologique pour améliorer les fibres optiques, pour qu'elles n'affaiblissent pas trop le

rayonnement laser (dans l'infrarouge). Maintenant tout cela est passé au stade du développement industriel.

Dans les prochaines années, avec les télécommunications optiques, le micro-laser associé à la fibre optique deviendra peut-être un objet vraiment banal, présent dans de nombreux bureaux et foyers, et il justifiera pleinement la définition qu'en donne le dictionnaire pour ses applications.

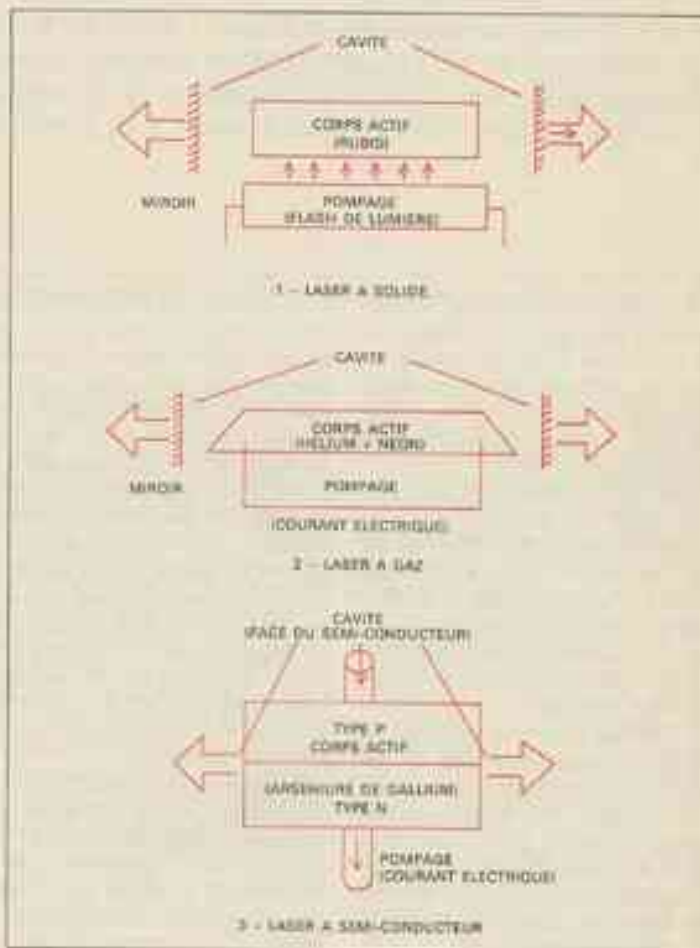


Schéma symbolisant les trois éléments constitutifs du laser : le corps actif, la source de pompage et la cavité pour les trois types les plus courants.

IDENTITE - Avant d'être un nom commun, le laser était un acronyme d'origine anglaise : LASER pour « Light Amplifier by Stimulated Emission of Radiation », c'est-à-dire, amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement.

PERES - La communauté scientifique accorde la paternité du laser aux lauréats 1964 du Prix Nobel de physique : Ch. H. Townes, N.G. Basov, A.M. Prokhorov. En 1958, ils avaient publié, indépendamment, des articles montrant la possibilité de réaliser un laser et décrivant les propriétés attendues.

GRAND-PERE - A. Einstein peut être considéré comme le grand-père du laser. En effet, en 1917, il a établi la distinction entre l'émission spontanée et l'émission stimulée (appelée aussi induite). L'effet laser repose sur la propriété amplificatrice que peut avoir l'émission stimulée dans certai-

nes conditions (inversion de population).

ONCLE - L'inversion de population par « pompage optique » a été mise au point au début des années 50 au Laboratoire de physique de l'Ecole normale supérieure par l'équipe du Professeur A. Kastler (lauréat du Prix Nobel de physique en 1966). Ces expériences de caractère très fondamental familiarisèrent les physiciens avec les propriétés de l'émission stimulée et contribuèrent à l'étude du maser (le frère aîné du laser et son équivalent pour les microondes électromagnétiques).

ACCOUCHEURS - T.H. Maiman obtint le premier, en juillet 1960, l'effet laser avec du rubis. Quelques mois plus tard, A. Javan et ses collaborateurs réalisaient un laser émettant continuellement dans le proche infra-rouge avec un mélange d'hélium et de néon excité par un champ électrique à haute fréquence.

La microbiologie industrielle et la technologie enzymatique au Japon

Le rapport récent sur « biologie et société » a mis en lumière toutes les possibilités de la bio-industrie. L'effort entrepris au Japon dans le domaine de la microbiologie industrielle et de la technologie enzymatique montre à cet égard un exemple utile à méditer.

Une mission d'industriels et de chercheurs s'est rendue au Japon du 7 au 21 octobre 1978 pour étudier les réalisations effectuées en microbiologie industrielle et les perspectives qu'apportent les recherches scientifiques et technologiques en cours.

L'idée de cette mission est née de réunions entre chercheurs et responsables des secteurs publics et privés qui se sont retrouvés à partir de 1974 dans le cadre de l'action concertée de la Délégation générale à la recherche scientifique et technique « I.A.M.O.V.-INDUSTRIE » (Interaction molécules organismes vivants).

La mise au point des antibiotiques au Japon avait été alors citée comme exemple d'une bonne coopération université/industrie. De cette discussion était apparu l'intérêt d'une étude sur la position du Japon dans le domaine de l'innovation pharmaceutique et, tout particulièrement, dans celui de la microbiologie industrielle.

L'exploitation des microorganismes et des enzymes

Pendant le séjour il aura été ainsi possible de visiter de nombreux départements de trois grandes universités, de plusieurs instituts de recherche officiels ou privés et de dix grandes sociétés, fortement engagées les uns et les autres dans le secteur de la microbiologie et l'enzymologie appliquées.

* Extrait du rapport de la délégation. La totalité du rapport peut être consultée à la bibliothèque du CPERCO à Dijon.

□ La délégation française était composée de MM. L. Bobichon, G. Goma, J.F. Miquel, L. Niant, L. Penasse, P. Raynaud, D. Thomas.

Il apparaît en premier lieu que la prééminence du Japon dans la microbiologie industrielle et la technologie enzymatique, telle qu'elle peut se déduire de la lecture d'études économiques ou financières ou du suivi journalier de la littérature scientifique et technique, n'est pas une vue de l'esprit. Les nombreux organismes visités en deux semaines, tous mondialement connus, en sont la preuve la plus tangible ; ils ne représentent, pourtant, qu'une part modeste de l'ensemble du pays. Même en tenant compte du nombre d'habitants, un européen et surtout un français ne peut être qu'étonné devant une telle richesse et se poser des questions sur son origine.

Pour commencer par l'industrie qui est, comme partout ailleurs, le moteur de la prospérité économique, il faut d'abord noter le nombre élevé de grandes sociétés engagées dans l'exploitation des microorganismes et des enzymes sous leurs formes les plus diverses : il dépasse la soixantaine et même en éliminant les fabricants exclusifs de boissons alcoolisées ou d'aliments fermentés, il se maintient à la trentaine. En fait, ces nombreuses sociétés sont venues d'horizons assez différents et ce n'est qu'à la fin de la seconde guerre mondiale que, par un souci de diversification et d'exploitation rationnelle de leur potentiel, elles se sont retrouvées engagées dans la même voie.

Il y a celles du secteur agro-alimentaire qui exploitaient par vocation les phénomènes fermentaires et qui ont simplement cherché à étendre leur action dans un domaine qui leur était familier. Le saké, le miso, le shoyu et la bière sont fabriqués depuis longtemps au Japon par l'industrie, alors qu'en France et malgré des regroupements

récents, le vin, les alcools, les fromages, le pain sont encore souvent préparés à une échelle artisanale peu propice à la diversification.

Il y a celles du secteur pharmaceutique qui, comme ailleurs, pour fournir au pays les médicaments les plus récents et rester compétitives, ont dû faire porter leurs efforts de recherche vers les produits d'origine microbienne.

Enfin, plusieurs grandes sociétés à vocation multiple, entre autres chimiques, non engagées auparavant dans le domaine biochimique en ont compris tout l'intérêt et se sont lancées hardiment dans l'aventure.

Il existait donc au Japon de nombreuses entreprises se prêtant à une certaine mobilité et disposant, parfois simultanément, d'un capital scientifique, technique ou financier propice à une étude et à une exploitation rapides des procédés microbiologiques et enzymatiques.

Au fil des ans, un effort gigantesque a donc été entrepris pour créer de nouveaux laboratoires de recherche et de développement et de nouveaux ateliers de fabrication. Aujourd'hui, les nombreuses sociétés concernées sont dotées de toutes les installations nécessaires à la découverte de nouvelles molécules d'origine biologique et à leur mise ultérieure sur le marché. Partout les équipements, très souvent construits dans le pays, sont abondants et de qualité, ils sont néanmoins classiques et toute idée de modernisme à tout prix, de publicité et de luxe semble avoir été bannie au moment de leur choix.

Ce développement explosif a pu se produire grâce à la place éminente accordée à la microbiologie dans l'enseignement supérieur qui a ainsi fourni au pays un grand nombre de spécialistes

ENZYMES ET CELLULES	PRODUIT	METHODE D'IMMOBILISATION	SOCIETE
PSUDOMONAS PUTIDA (L-ARGININE DEIMINASE)	L-CITRULLINE	INCLUSION DANS UN GEL	TANABE
ACHROMOBACTER LIQUIDUM (L-HISTIDINE AMMONIOLYASE)	ACIDE UROCANIQUE	INCLUSION DANS UN GEL	TANABE
E. COLI (PENICILLINE AMIDASE)	6-APA	INCLUSION DANS UN GEL	TANABE
GLUCOSE ISOMERASE (STREPTOMYCES PHAEODROMOGENES)	FRUCTOSE	ADSORPTION	MITSUBISHI
5'-PHOSPHODIESTERASE (PENICILLIUM SP.)	5'-MONONUCLEOTIDES	LIAISON COVALENTE SUR CERAMIQUE POREUSE	KYOWA HAKKO
5'-AMP DEAMINASE (ASPERGILLUS ORYZAE)	5'-IMP	LIAISON COVALENTE SUR CERAMIQUE POREUSE	KYOWA HAKKO
BREVIBACTERIUM AMMONIACUM (NAD KINASE)	NADP	INCLUSION	ORIENTAL YEAST

A la fois pour le nombre des brevets et les réalisations industrielles actuelles, le Japon est le pays le plus avancé dans le domaine de l'utilisation des enzymes et cellules immobilisées. Plusieurs procédés basés sur les biocatalyseurs immobilisés sont actuellement mis en route.

hautement qualifiés et bien décidés à exploiter leur savoir faire. Il résulte aussi de la présence dans les statuts-majors des grandes sociétés de brillants chercheurs, biochimistes et microbiologistes issus de l'université ou de l'industrie elle-même, qui ont su avec talent faire valoir les mérites de leur discipline et orienter vers les choix décisifs. On doit aussi noter que les postes de direction et les présidences dans l'industrie sont fréquemment confiés aux spécialistes. Les Japonais insistent sur le rôle des chercheurs dans les conseils d'administration. Le résultat tangible de cet effort est qu'en 1975, le volume économique de l'industrie des fermentations (boissons et aliments fermentés, produits chimiques) représentait environ 40 milliards de francs, soit 2 à 3 % du produit national brut. Cette même industrie réalisait alors environ 4 % du chiffre d'affaires total de l'industrie japonaise, alors que l'industrie chimique proprement dite en prenait à peine 8 %.

A l'heure actuelle, le Japon a acquis une position dominante dans la fabrication, par des voies microbiologiques, des enzymes, des acides aminés et des condiments artificiels, qui trouvent d'ailleurs leurs principaux débouchés en Extrême-Orient, mais il vient également immédiatement après les Etats-Unis pour la fabrication des antibiotiques et autres produits destinés à la pharmacie humaine ou vétérinaire, à l'aide des micro-organismes.

Depuis le début du siècle, les universitaires japonais ont été confrontés à des problèmes de microbiologie appliquée, nés de l'industrialisation progres-

sive de la préparation des aliments et boissons fermentés traditionnels et du souci concomitant des fabricants de maîtriser leurs procédés pour améliorer et normaliser la qualité des denrées. Bien avant la seconde guerre mondiale s'étaient constituées des équipes dynamiques et renommées de chercheurs et d'enseignants. L'étude des flores microbiennes et des transformations qu'elles font subir aux aliments fit prendre à ces équipes une conscience rigoureuse de l'aptitude des microorganismes à effectuer la synthèse de produits industriels, notamment solvants et acides organiques, très demandés. C'était ainsi reprendre le flambeau de Pasteur et d'autres pionniers de la biochimie microbienne passablement délaissée en Europe au profit de la microbiologie médicale.

Le développement des études de technologie alimentaire, d'enzymologie et de microbiologie appliquées

A la fin de la seconde guerre mondiale, les grandes universités japonaises disposaient donc des structures et des connaissances qui ont permis, sous l'impulsion du gouvernement, la création rapide de nouveaux laboratoires et instituts chargés de promouvoir les études de technologie alimentaire, d'enzymologie et de microbiologie appliquées et de soutenir l'effort des industriels pour produire des aliments ou des médicaments d'origine naturelle.

Pour suivre la croissance vertigineuse des connaissances et de l'économie, l'enseignement et la recherche se sont diversifiés progressivement avec une séparation assez nette entre les études fondamentales de microbiologie et d'enzymologie, prises en charge par les départements scientifiques et la technologie proprement dite traitée par les départements d'ingénierie.

La multiplicité des chaires de microbiologie dans les départements les plus divers est une source d'étonnement pour un français habitué à un cloisonnement rigoureux des disciplines. Elle montre à quel point les sciences biologiques et les sciences exactes s'interpénètrent au Japon. Il n'est pas difficile d'imaginer les avantages d'une telle situation sur le plan de l'innovation et de l'échange des idées, même si elle conduit à une certaine dispersion des efforts. En tout cas, il n'existe pas, comme on serait tenté de le croire, un enseignement centralisé de microbiologie appliquée et de biotechnologie, à part l'Institut des fermentations d'Osaka qui est probablement l'un des seuls de son espèce.

Il paraît, en tout cas, important de souligner que la quasi-totalité des universitaires japonais ayant acquis une réputation internationale dans les disciplines évoquées ont débuté leur carrière dans des conditions matérielles difficiles et sur des sujets de recherche appliquée. Le problème de l'articulation recherche de base - recherche appliquée n'est donc pas abordé comme ailleurs selon des critères de valeur relative. Ces deux activités s'intègrent dans un

effort national collectif auquel s'associent sur le même plan université et industrie et dont chacun perçoit la nécessité.

De nombreux laboratoires de microbiologie et d'enzymologie sont implantés dans les grandes universités nationales (Tokyo, Kyoto, Osaka), mais beaucoup d'entre eux appartiennent aussi, soit à des universités de préfecture et de cité, soit à des facultés privées. Tous ces établissements assurent à la fois l'enseignement des étudiants et la recherche. La sélection à l'entrée des universités nationales, dont les études sont gratuites, est d'ailleurs très sévère.

Des instituts pluridisciplinaires créés par les universités ou par divers ministères (santé, agriculture, commerce extérieur) pour traiter des sujets d'intérêt national et dotés d'un personnel nombreux et d'un excellent matériel, complètent très efficacement l'effort de recherche et d'enseignement des universités proprement dites. Leurs laboratoires sont très souvent dirigés par des professeurs d'université et ils accueillent des étudiants de 3ème cycle pour la préparation de leur doctorat. Du fait des options prises à l'échelon national, microbiologie et biochimie sont des disciplines de pointe au sein de ces institutions. L'Institut de microbiologie appliquée de l'université de Tokyo et l'Institut national de la santé, dont le département des antibiotiques comprend plus de cinq cent personnes, sont parmi d'autres tout à fait représentatifs de ce genre d'établissements.

Finalement, il est impressionnant de constater que, sans prendre en compte les facultés de médecine, cinq cents à six cents professeurs titulaires d'une chaire et autant de professeurs assistants assurent, journellement dans les facultés des sciences et d'ingénierie et dans les instituts spécialisés, la progression et la diffusion des connaissances pour les seuls domaines de la microbiologie, de la biochimie microbienne et de l'enzymologie.

Pour ce motif, le Japon peut se flatter de compter plus de quatre mille microbiologistes hautement qualifiés, dont les 3/4 travaillent pour l'industrie et le restant dans les universités et les instituts. Trois cents étudiants acquièrent chaque année leur doctorat, mais ils rencontrent maintenant une certaine difficulté à trouver un emploi du fait du ralentissement de l'expansion.

Il est bien évident qu'une telle activité suppose un effort financier très important de la part du gouvernement. A cet égard, les solutions adoptées par le Japon sont classiques : le ministère de l'éducation nationale prend en charge

les frais de fonctionnement et d'équipement des universités ainsi que le traitement des professeurs.

Des contrats de recherche sont établis également entre les laboratoires universitaires et divers ministères ou agences officielles pour des actions thématiques programmées et des actions concertées auxquelles participent souvent des industriels. Enfin, les industriels commanditent un certain nombre de projets.

Les échanges internationaux

Du fait de sa maturité, l'enseignement supérieur de la microbiologie pourrait vivre sur lui-même au Japon. Or, il existe un grand souci d'ouverture vers l'étranger qui se manifeste de plusieurs manières. Il y a d'abord l'envoi de nombreux stagiaires de haut niveau dans les laboratoires étrangers, notamment aux Etats-Unis et en Allemagne et à un degré bien moindre en France et en Angleterre. Il y a ensuite l'organisation de colloques bilatéraux entre le Japon et un autre pays (Etats-Unis, Allemagne, URSS, France) sur un thème précis. Enfin, l'université japonaise accueille volontiers en son sein des stagiaires étrangers, en accordant une préférence marquée aux pays du Sud-Est asiatique et à la Chine. Pour toutes les disciplines, quatre mille étudiants chinois sont prévus en 1979 et il existe sous l'égide de l'UNESCO un cours international annuel de microbiologie pour quinze chercheurs qualifiés des pays d'Extrême-Orient. Malgré le caractère formateur sur bien des points d'un séjour au Japon, le nombre des stagiaires français pour des disciplines biologiques se limite à un ou deux. Une sérieuse propagande mériterait d'être faite en France pour développer ce mode de relation.

Les relations recherche-industrie

Il n'est donc pas exagéré de dire que la microbiologie et la biochimie sont considérées depuis longtemps comme des disciplines majeures au Japon et que la réussite qu'ont connue leurs applications industrielles doit beaucoup à la qualité de l'enseignement et de la recherche pratiqués dans les universités.

Le succès du Japon dans le domaine de la microbiologie et de l'enzymologie appliquées tient aussi, pour une part, aux relations étroites et confiantes qu'entretiennent sous des formes multiples universitaires et industriels.

En premier lieu, les universités, par leur nombre et leur diversité, offrent aux industriels un large éventail de consultants et de chercheurs. Les sociétés exploitent volontiers cette ressource et elles font souvent appel à d'éminents professeurs, en activité ou à l'honoraire, qui ne se contentent pas de visites épisodiques mais qui participent activement à l'élaboration des programmes de travail et au suivi détaillé des essais.

Il existe ensuite au Japon un double courant d'échanges. D'une part, de nombreux universitaires travaillent sous contrat avec l'industrie et effectuent pour elle des recherches de base dont l'application pratique est souvent perceptible. D'autre part, quand un universitaire découvre des faits originaux concernant des produits ou des procédés, il en fait rapidement part aux industriels. Ceux-ci, suivant la nature de la découverte, prennent immédiatement le relais dans leurs propres laboratoires ou détachent à l'université pendant tout le temps nécessaire, parfois pendant plusieurs années, des chercheurs de haut niveau pour participer à la poursuite des travaux et acquérir la maîtrise du sujet. Cette inter-pénétration poussée permet une connaissance des problèmes réciproques ainsi qu'une diffusion et une exploitation rapides de toute idée originale ou de tout phénomène nouveau. Les problèmes de propriété industrielle se règlent cas par cas et ils ne paraissent pas présenter d'obstacles insurmontables. D'autre part, des colloques fréquents et des revues spécialisées, faisant les uns et les autres usages de la langue nationale renforcent une circulation déjà très rapide et, dans une certaine mesure, préférentielle de l'information.

Par rapport à ceux d'autres pays, les chercheurs du secteur privé bénéficient au Japon d'une situation privilégiée. Ils peuvent, en effet, soutenir une thèse de doctorat en utilisant les travaux effectués dans leur propre société et sans accord préalable des universitaires sur le choix du sujet. Cette reconnaissance implicite de la qualité de la recherche industrielle ne peut que favoriser les bonnes relations. Elle est en même temps très stimulante pour les chercheurs eux-mêmes qui trouvent la récompense d'un travail efficace dans l'obtention d'un grade universitaire. Une telle situation pourrait ailleurs déclencher une mobilité exagérée du personnel ainsi promu : il n'en est rien au Japon où la fidélité à l'employeur reste une règle de conduite. En tout cas, l'expérience mériterait d'être tenue en France.

procédés, que, cas, les enzymes des formes coorganismes. e son objet, la : a trouvé un n. Des efforts és à ce sujet : grande valeur is son champ se que lente-

tr ni l'ingénierie ses promesses au Japon un aire ni la créa-e (hydrogène, emières pour ide de procé-e lesquels se laboratoires. mes plus ou he pas la re-licielle de res-ditionnelles et considerable puelles sub-ant et de nou-pes, soit pour istants, afin e rang du Ja-mondiale.

il intéresse di-rit également lement, le Ja-

pon doit son succès, dans une certaine mesure, à sa position défavorable d'importateur de matières premières agricoles et notamment de substances protéiques. Il a été ainsi spontanément incité, pour améliorer sa balance commerciale, à choisir les produits les plus appropriés à ses besoins et à les valoriser au maximum. D'où le choix délibéré à l'échelon national de transformer par des voies biochimiques les substances hydrocarbonées agricoles ou pétrochimiques. Il est regrettable, à cet égard, que la France, abondamment pourvue, n'utilise pas mieux ses propres matières premières agricoles ou leurs déchets et ne suive pas mieux l'exemple du Japon. Ces produits présentent évidemment quelques inconvénients au niveau de la collecte et du stockage ; en contrepartie, ils peuvent donner naissance, souvent avec des consommations d'énergie relativement faibles, soit à des produits alimentaires variés : acides aminés, protéines, glucides, condiments artificiels, boissons, soit à des dérivés chimiques de grande consommation ou à forte valeur ajoutée : acides organiques, solvants, polysaccharides, enzymes, antibiotiques, vitamines.

Quelques recommandations

En ce qui concerne les problèmes de l'industrie et de la recherche en France, la délégation qui réunissait pour la première fois, dans ce domaine, des spécialistes du secteur public et du secteur privé, a pu travailler et réfléchir aux problèmes qui se posent chez nous pour élargir le champ des activités en cours dont le développement apparaît de plus en plus nécessaire.

La délégation recommande sur ce plan :

- le développement d'un enseignement de haut niveau de la microbiologie appliquée, en évitant une trop grande dispersion géographique ;
- la création d'un secteur chargé de promouvoir l'ensemble des biotechnologies et de financer notamment des opérations de recherche et développement en microbiologie industrielle et technologie enzymatique ;
- toute action tendant à promouvoir la coopération entre les secteurs universitaires et industriels : en créant, par exemple, des occasions de rencontres informelles sur des thèmes d'intérêt commun et également, en renouvelant des missions d'études sur le modèle de celle-ci dont un des intérêts a été de permettre une découverte réciproque entre les membres, des impératifs, des besoins et des méthodes propres aux secteurs universitaires et industriels.



BULLETIN D'ABONNEMENT AU COURRIER OU CIRS

M. Mmes, Mlle (nom et prénom)

adresse complète

code postal, ville, pays

profession

désire s'abonner au Courrier du CNRS portant 1 an au prix de 40 F (20 F pour les étudiants - photocopie de la carte). Tarifs au 1er janvier 1980 (tarifs doubles à l'ordre de C.D.R. Gued-Guichard-Villiers)

Les suppléments au Courrier du CNRS ne sont pas compris dans l'abonnement. Les abonnements partent du 1er janvier et en cours d'année sont rétroactifs.

les frais de li-
ment des uni-
ment des pri-
Des contri-
bis - égaleme-
universitaires
agences offi-
matiques pri-
concertées a-
vent des ind-
triels comme
de projets.

effort national collectif auquel s'asso-
cient sur le même plan université et in-
dustrie et dont chacun perçoit la néces-
sité.

De nombreux laboratoires de micro-
biologie et d'enzymologie sont implan-
tés dans les grandes universités natio-
nales (Tokyo, Kyoto, Osaka), mais
beaucoup d'entre eux appartiennent
aussi, soit à des universités de pré-
fecture et de cité, soit à des facultés pri-
vées. Tous ces établissements assurent
à la fois l'enseignement des étudiants et
la recherche. La sélection à l'entrée des
universités nationales, dont les études
sont gratuites, est d'ailleurs très sévère.

Des instituts pluridisciplinaires créés
par les universités ou par divers mini-
stères (santé, agriculture, commerce ex-
térieur) pour traiter des sujets d'intérêt
national et dotés d'un personnel nom-
breux et d'un excellent matériel, com-
plètent très efficacement l'effort de re-
cherche et d'enseignement des universi-
tés proprement dites. Leurs laboratoi-
res sont très souvent dirigés par des
professeurs d'université et ils accueil-
lent des étudiants de 3ème cycle pour
la préparation de leur doctorat. Du fait
des options prises à l'échelon national,
microbiologie et biochimie sont des
disciplines de pointe au sein de ces in-
stitutions. L'Institut de microbiologie
appliquée de l'université de Tokyo et
l'Institut national de la santé, dont le
département des antibiotiques com-
prend plus de cinq cent personnes, sont
parmi d'autres tout à fait représentatifs
de ce genre d'établissements.

Finalement, il est impressionnant de
constater que, sans prendre en compte
les facultés de médecine, cinq cents à
six cents professeurs titulaires d'une
chaire et autant de professeurs assis-
tants assurent, journellement dans les
facultés des sciences et d'ingénierie et
dans les instituts spécialisés, la pro-
gression et la diffusion des connais-
sances pour les seuls domaines de la mi-
crobiologie, de la biochimie micro-
bienne et de l'enzymologie.

Pour ce motif, le Japon peut se flat-
ter de compter plus de quatre mille mi-
crobiologistes hautement qualifiés,
dont les 3/4 travaillent pour l'industrie
et le restant dans les universités et les
instituts. Trois cents étudiants acquiè-
rent chaque année leur doctorat, mais
ils rencontrent maintenant une certaine
difficulté à trouver un emploi du fait du
ralentissement de l'expansion.

Il est bien évident qu'une telle acti-
vité suppose un effort financier très im-
portant de la part du gouvernement. A
cet égard, les solutions adoptées par le
Japon sont classiques : le ministère de
l'éducation nationale prend en charge

Du fait d'
ment en
gie pourrait
pon. Or, il e
verture vers
de plusieurs
l'envoi de no
niveau dans
notamment i
magne et à
France et en
l'organisation
entre le Jap
Unis, Allem
un thème pe
ponaise accu
des stagiaire
une préférer
Sud-Est asia
toutes les di
diants chino
existe sous
cours intern
biologie poi
lifiés des pa
gré le caract
points d'un
des stagiaire
plines biolo
deux. Une s
rait d'être f
lopper ce m

rec
I n'est d
que la n
mie sont co
comme des
pon et que
leurs appli
beaucoup à
ment et de l
les universi

Le succès
de la microl
appliquées
aux relati
qu'entretien
ples univer

DEMANDE DE DOCUMENTATION

M. Mmes, Mlle (nom et prénom)

adresse complète

code postal, ville, pays

profession

demande votre documentation
☐ références exactes et résumés
☐ références bibliographiques

☐ titres de la langue française
☐ revue de l'art

Conclusion

En définitive, par ses structures universitaires et industrielles, fruits d'une longue tradition, le Japon possède tous les éléments favorables à un développement permanent des activités liées à la microbiologie et à l'enzymologie. Pour emprunter une image se rapportant à ces domaines, on peut assimiler l'ensemble à un excellent bouillon de culture où chaque germe novateur ou créateur peut à tout moment croître et porter ses fruits.

On ne sait pas si des tendances réellement nouvelles voient actuellement le jour au Japon dans les domaines concernés. Mais il est certain que ce pays tire un parti remarquable des connaissances acquises et qu'il se trouve dans un contexte favorable pour engendrer ou assimiler de nouvelles techniques et les rendre exploitables. A cet égard, des exemples récents peuvent être cités : préparation d'alkaloides par culture de tissus végétaux, confection de capteurs enzymatiques pour des analyses en continu, récupération de déchets agricoles, industriels et urbains, épuration des eaux.

Pendant longtemps la biochimie industrielle s'est fondée sur l'emploi direct des microorganismes. Cependant il était normal, devant l'évolution des connaissances et le souci de maîtriser

plus complètement les procédés, que, au moins dans certains cas, les enzymes viennent prendre sous des formes variées le relais de microorganismes. Du fait de sa nature et de son objet, la technologie enzymatique a trouvé un terrain propice au Japon. Des efforts importants sont consacrés à ce sujet : plusieurs réalisations de grande valeur ont déjà vu le jour mais son champ d'application ne progresse que lentement.

Enfin, il ne faut oublier ni l'ingénierie génétique, avec toute ses promesses et qui devrait connaître au Japon un développement spectaculaire ni la création de sources d'énergie (hydrogène, méthane) et de matières premières pour l'industrie chimique à l'aide de procédés microbiologiques sur lesquels se penchent de nombreux laboratoires. L'attaque de ces problèmes plus ou moins futuristes n'empêche pas la recherche tant privée qu'officielle de rester sur des pistes plus traditionnelles et d'accomplir un travail considérable soit pour découvrir de nouvelles substances d'origine microbienne et de nouveaux procédés biochimiques, soit pour améliorer les procédés existants, afin de maintenir bien haut le rang du Japon dans la compétition mondiale.

Un point particulier qui intéresse directement la France doit également être mentionné. Paradoxalement, le Ja-

pon doit son succès, dans une certaine mesure, à sa position défavorable d'importateur de matières premières agricoles et notamment de substances protéiques. Il a été ainsi spontanément incité, pour améliorer sa balance commerciale, à choisir les produits les plus appropriés à ses besoins et à les valoriser au maximum. D'où le choix délibéré à l'échelon national de transformer par des voies biochimiques les substances hydrocarbonées agricoles ou pétrochimiques. Il est regrettable, à cet égard, que la France, abondamment pourvue, n'utilise pas mieux ses propres matières premières agricoles ou leurs déchets et ne suive pas mieux l'exemple du Japon. Ces produits présentent évidemment quelques inconvénients au niveau de la collecte et du stockage ; en contrepartie, ils peuvent donner naissance, souvent avec des consommations d'énergie relativement faibles, soit à des produits alimentaires variés : acides aminés, protéines, glucides, condiments artificiels, boissons, soit à des dérivés chimiques de grande consommation ou à forte valeur ajoutée : acides organiques, solvants, polysaccharides, enzymes, antibiotiques, vitamines.

Quelques recommandations

En ce qui concerne les problèmes de l'industrie et de la recherche en France, la délégation qui réunissait pour la première fois, dans ce domaine, des spécialistes du secteur public et du secteur privé, a pu travailler et réfléchir aux problèmes qui se posent chez nous pour élargir le champ des activités en cours dont le développement apparaît de plus en plus nécessaire.

La délégation recommande sur ce plan :

- le développement d'un enseignement de haut niveau de la microbiologie appliquée, en évitant une trop grande dispersion géographique ;
- la création d'un secteur chargé de promouvoir l'ensemble des biotechnologies et de financer notamment des opérations de recherche et développement en microbiologie industrielle et technologie enzymatique ;
- toute action tendant à promouvoir la coopération entre les secteurs universitaires et industriels : en créant, par exemple, des occasions de rencontres informelles sur des thèmes d'intérêt commun et également, en renouvelant des missions d'études sur le modèle de celle-ci dont un des intérêts a été de permettre une découverte réciproque entre les membres, des impératifs, des besoins et des méthodes propres aux secteurs universitaires et industriels.



Visite des laboratoires Shionogi.

Les quatrièmes rencontres de l'audio-visuel scientifique

L'image est une technique de recherche de plus en plus utile. Mais elle est aussi un moyen privilégié d'illustration, d'information et de culture scientifiques. Aux quatrièmes rencontres de l'audio-visuel scientifique, 1 500 participants français et étrangers ont réfléchi et regardé ensemble.

Jean-Michel ARNOLD, Daniel CONFLAND

Les rencontres audio-visuelles organisées par le Service d'étude, de réalisation et de diffusion de documents audio-visuels (SERDDAV) du CNRS sont chaque année l'occasion d'une réflexion approfondie et critique sur l'image, considérée comme objet d'étude, comme instrument d'investigation et comme moyen privilégié d'illustration, d'information et de culture scientifiques.

Cette manifestation, qui n'a pas d'équivalent en France, s'est également imposée au plan international.

Quelques 1 500 participants français et étrangers : chercheurs de toutes disciplines, praticiens de l'image et du son, professionnels de la communication s'y sont donnés rendez-vous en 1979.

Comme à l'accoutumée, ces rencontres comportaient deux grands volets : des festivals et cycles de projection présentant au public et aux participants un large panorama de la production audio-visuelle scientifique, ainsi que des journées d'études sur différents thèmes.

Le quatrième festival international de l'émission scientifique de télévision

Cette manifestation, dont le succès va croissant, s'est ouverte en 1979 à de nouveaux pays : Hongrie, Yougoslavie, Mexique. Au total, dix-

□ J.M. Arnold est directeur du Service d'étude, de réalisation et de diffusion de documents audio-visuels (SERDDAV) et secrétaire général des rencontres.

□ D. Confland est responsable des programmes et réalisations audio-visuels du CNRS et secrétaire général des rencontres.

huit nations participaient cette année et présentaient dix-huit heures de programmes de vulgarisation scientifique télévisée, soit le plus large panorama qui ait été présenté depuis la création du festival. Le Grand Prix alla de nouveau à la télévision britannique qui l'emporte pour la seconde année consécutive, ce qui témoigne de la qualité d'ensemble de la production scientifique de la BBC, où, bien des sociétés de télévision de par le monde viennent d'ailleurs, à juste titre, prendre modèles.

D'autre part, la création, cette année, d'une « télébanque » au sein du festival, qui permettait de visionner, à la demande, dans des cabines de consultation spécialement aménagées, d'autres documents que ceux de la compétition, a été jugée intéressante dans la mesure où les nombreux observateurs venus s'informer de la production internationale avaient accès à une palette de documents plus diversifiée dont ils pouvaient prendre connaissance à leur convenance.

Table ronde internationale : quels sont pour quelles images dans le film scientifique ?

Le plus difficile dans l'image, c'est le son. Dédaigné, maltraité, travesti, il en est souvent le parent pauvre.

À entendre les nombreux réalisateurs de cinéma et de télévision présents, des pédagogues tel Colin Young, directeur de l'École nationale du film à Londres, ou des spécialistes du film scientifique comme M. Jan Jacoby, président de l'Association polo-

naise de cinématographie scientifique, on a découvert au cours de cette journée des exigences différentes, des points de vue plus que des analyses.

Ainsi, le film scientifique, avant d'être interrogé pour lui-même, semblerait voué à sa fonction, écartelé entre le spectaculaire, le pédagogique ou le démonstratif.

À ce débat sur les fonctions, a volontiers succédé un autre, plus violent, comme l'est tout débat esthétique : doit-on - et comment - mêler la musique et l'information scientifique en images.

En fait, en ce domaine, il semble qu'on sacrifie davantage aux conventions du « genre scientifique » qu'à des règles définies fixant le mariage heureux de l'audio et du visuel.

À ce stade, M. Pierre Schaeffer, ancien directeur du Service de la recherche de l'ORTF, et président de cette journée, a souligné la diversité des combinaisons des images et des sons et en a dénombré quelques 63 variétés.

En ce qui concerne les bruits, ils ont surtout été évoqués par ceux qui en font l'objet de leur recherche ou qui y trouvent un symptôme pertinent de leur approche. Les exemples montrés étaient parmi les plus intéressants.

Enfin, il a été question de la parole.

En admettant que les composantes du son dans le film scientifique doivent être les plus discrètes pour laisser place au verbe, encore faut-il que le texte se situe, se justifie, s'articule.

En somme, comme l'a souligné M. Pierre Schaeffer, « le film scientifique connaît les problèmes des autres films, plus les siens propres. En définitive plus encore que la question des genres, se pose la question du style. Quoiqu'on

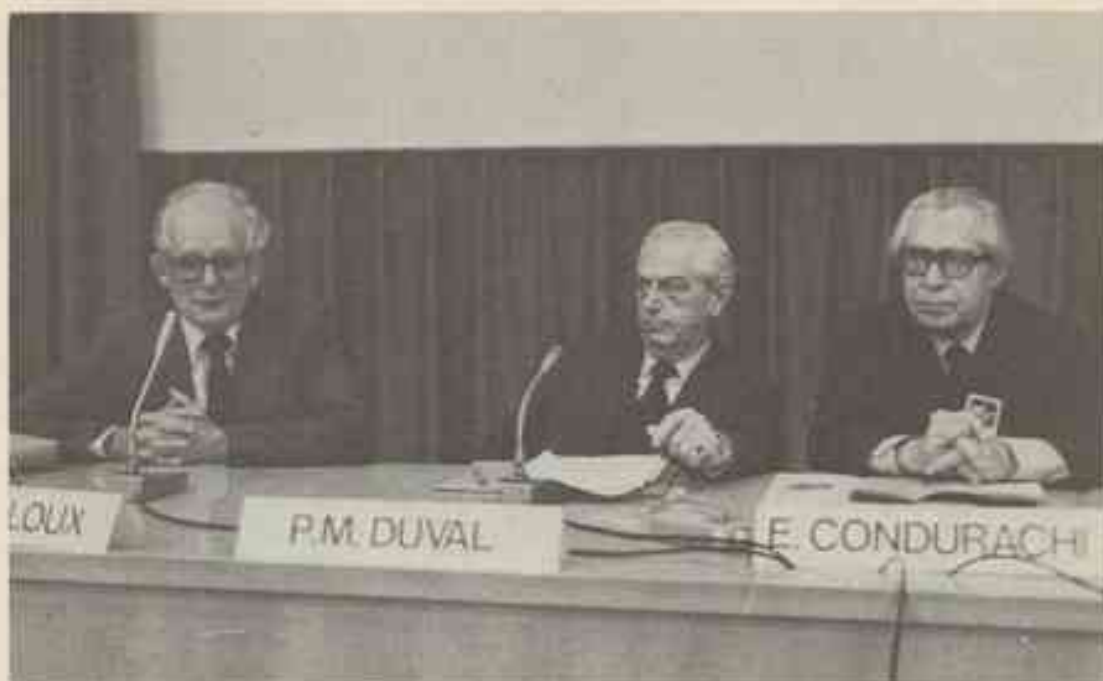


Table ronde internationale « la photographie devant les besoins spécifiques des archéologues » dirigée par M. Pouilloux, directeur scientifique du CNRS pour le secteur des Humanités.

en ait beaucoup parlé, nul Buffon n'était nécessaire pour le définir lors des démonstrations. Curieusement, sous l'objectivité du film scientifique éclate aussi la personnalité de l'auteur. L'auteur a bon ou mauvais goût, intéresse ou ennuit. Parfois, il croit pouvoir se dissimuler derrière le paravent du sérieux, de l'austère, voire de la privation de certains moyens d'expression. De la discrétion, il en faut, mais l'austérité réclame précisément quelque générosité et la science, qui n'a pas besoin d'être mise en musique, doit trouver sa voix propre, son chant profond.

*Table ronde internationale :
audio-visuel, recherche
et arts plastiques*

L'art se confond avec l'histoire des civilisations. En ce sens, il est mémoire et lisons en même temps que beauté.

Aujourd'hui, les media de l'audio-visuel ouvrent de nouvelles voies dans la manière « d'investir » l'artiste et son œuvre, et d'en communiquer les clés et les valeurs universelles.

Ce sont donc les formes et les moyens d'une approche nouvelle, de caractère scientifique, que la table ronde offrait aux participants au cours

de ces deux journées de débat dirigées par MM. Enrico Fulchignoni, président du Conseil international du cinéma et de la télévision à l'UNESCO et Carlo Giulio Argan, historien d'art et ancien maire de Rome.

Une sélection internationale de documents d'art cinématographiques et télévisuels a été présentée d'abord, afin de permettre à la salle d'appréhender une typologie des styles et des approches et de donner des bases concrètes aux interventions.

Les responsables des programmes sur l'art des télévisions belge, italienne et suisse sont venus faire état de leurs expériences et ont plaidé pour des émissions artistiques s'apparentant au plus près aux genres du reportage ou de la fiction, et pour une diffusion aux heures de grande écoute seule à même de créer les conditions d'une véritable culture populaire.

Cependant certains des plasticiens présents, tels MM. Henri Michaux et Cueco purent regretter que le reflet audio-visuel de leurs œuvres soient par trop éloigné de la réalité de leur travail, qu'il l'affadisse aux yeux du public.

La réponse, pour le critique d'art M. Pierre Restany et pour bon nombre de participants, a semblé résider dans l'appropriation directe de l'outil par les peintres et sculpteurs. Les films réalisés par M. Jacques Monory ont parfaite-

ment illustré cette nouvelle tendance qu'ont d'ailleurs préconisée directeurs de musées et propriétaires de galeries, comme M. Daniel Gervis, président de la foire internationale d'art contemporain.

Reste la diffusion artistique dans ses lieux habituels de « consommation ». Là, le rôle de l'audio-visuel peut contribuer à l'émergence d'une muséographie de notre temps.

*Table ronde internationale :
la photographie devant
les besoins spécifiques
des archéologues*

En ouvrant la table ronde, M. Jean Pouilloux, directeur scientifique du secteur des sciences de l'homme (humanités) au CNRS, a posé d'entrée sa portée : « une information et une réflexion sur les utilisations de la photographie par et pour les archéologues, une information sur les expérimentations les plus récentes relatives au traitement d'images pour les besoins des chercheurs ».

Tout d'abord, les participants se sont accordés pour estimer qu'au delà des usages quotidiens mais irremplaçables de l'outil, la photographie ne remplirait pas pleinement sa fonction si l'on n'avait en vue un objectif, une stratégie définie par la recherche elle-même. La constitution de fonds leono-



Table ronde internationale « comment favoriser l'accès aux images scientifiques et techniques » dirigée par M. Pierre Creysse, président de la mission interministérielle de l'information scientifique et technique.

graphiques cohérents et accessibles à l'ensemble des chercheurs et des enseignants de la discipline figure au premier rang de ces préoccupations.

Sur le second point, plusieurs expériences appliquées à l'archéologie dans le domaine relativement neuf du traitement d'images ont été décrites : en particulier le filtrage optique, le traitement pour la restitution des peintures et inscriptions. M. Roland Martin, directeur du Service d'architecture antique du CNRS et vice-président du conseil supérieur de recherche archéologique, a plaidé pour la création d'une organisation intéressée à coordonner le travail des photographes et des archéologues d'une part, celui des archéologues et des spécialistes du traitement d'images d'autre part. Quant à l'indispensable formation aux techniques photographiques, elle devrait également être dispensée sous forme de stages au sein d'un établissement habilité, ce qui n'est malheureusement pas le cas à l'heure actuelle.

*Table ronde internationale :
comment favoriser l'accès
aux images scientifiques
et techniques ?*

L'information scientifique sous forme audio-visuelle circule dif-

ficilement. Il est peu d'utilisateurs qui ne se soient trouvés confrontés à un moment ou un autre à l'obstacle que représente la connaissance de ce qui existe, des sujets abordés, des organismes qui détiennent les documents, sans parler des modes d'accès où la rigidité des procédures l'emporte souvent sur le souci d'efficacité. D'où l'idée des organisateurs et de la Mission interministérielle de l'information scientifique et technique (MIDIST) de provoquer une réflexion sur ce sujet, d'autant plus nécessaire aujourd'hui que les techniques de l'image jouent un rôle de plus en plus grand dans l'activité scientifique, qu'il s'agisse de l'expérimentation, de la vulgarisation ou de la pédagogie des disciplines.

Le débat, dirigé par M. Pierre Creysse, président de la MIDIST, a d'abord consisté à cerner les différents besoins d'utilisateurs déclarés ou potentiels, ce qui revenait à recenser les fonctions qu'entretient l'audio-visuel avec la science.

Grosse consommatrice d'images, la télévision, par la bouche de ses représentants M. Georges Leclère, d'Antenne 2, et M. Robert Clarke de TF 1, a insisté sur la nécessité de simplifier et de rendre plus rapides les conditions d'utilisation, eu égard aux urgences imposées par l'actualité. Par ailleurs, un meilleur « balisage » des documents

aux plans des caractéristiques techniques et de leur contenu faciliterait le repérage des images désirées, dans une production finalement plus importante qu'il n'y paraît de prime abord.

Sous cet angle, le point de savoir s'il faut d'abord créer une base de données – c'est-à-dire un fichier répertoriant produits et producteurs au niveau national –, ou une banque autorisant l'accès direct aux images scientifiques et techniques – posé en termes alternatifs par une partie des participants – n'a pas trouvé de conclusion tranchée.

En fait, si l'avenir paraît résider dans les nouvelles techniques d'archivage telle que le vidéodisque, les solutions du court terme sont à rechercher davantage du côté de l'inventaire exhaustif et régulier du fonds des cinémathèques et dans l'organisation d'un système d'indexation et de mise à disposition de l'information. Une action concertée de la MIDIST et des parties intéressées devrait être prochainement lancée dans cette perspective.

*Colloque international
des regards comparés*

Organisé par le comité international des films de l'homme et le comité du film ethnographique, ce colloque constituait la seconde édition d'une

manifestation réunissant des ethnologues et ethnologues-cinéastes du monde entier pour une réflexion en commun autour d'une sélection de films réalisés sur une même ethnie.

Dans l'esprit de M. Jean Rouch, initiateur de l'idée et du thème, il s'agit à chaque fois de faire une « véritable ethnographie du regard » et d'étudier les différences que figent sur la pellicule la diversité des approches des cultures et des sensibilités de ceux qui filment. « L'œil de l'étranger ne voit que ce qu'il sait » proclame un très beau proverbe ghanéen : ainsi posé dans les attendus du colloque, ce sont les certitudes mêmes de la discipline ethnographique que l'on remet en cause, ce qui pour confiner à l'impertinence n'en est pas moins conforme à la démarche scientifique.

Rien d'étonnant tout de même à ce que l'agressivité des participants se soit manifestée tout au long du colloque de l'an dernier consacré aux indiens Yanomani. Il est vrai qu'elle s'est en partie résorbée cette année, les spectateurs/acteurs – souvent les mêmes – ayant réussi depuis lors à maîtriser les effets d'une révélation douloureuse : « filmant une ethnie en disparition, ils n'avaient fait que traduire leur angoisse d'hommes civilisés » (Louis Marcocelles). Le colloque de 1979 a été pour une part consacré à l'œuvre cinématographique de l'ethnologue M. John Marshall qui a fait de longs séjours chez les Bushmen du Kalahari à différentes périodes. C'est au moins autant le regard posé sur « l'Autre » et le cheminement des impressions sensibles d'un homme qui cherche à comprendre, que le lent dépérissement des valeurs de culture d'un peuple aux prises avec la civilisation que les films de M. John Marshall ont révélé tout au long de ces trois jours.

Rencontre : la télévision et ses publics

Premier véhicule d'information et de culture de notre époque, médium de masse, la télévision induit des effets souvent décrits, à la mesure de son influence. Or, en ce domaine, les instruments d'analyse paraissent singulièrement limités. Peut-on, par exemple, définir l'audience en termes de catégories socio-culturelles particulières ? Une réponse trop tranchée à cette interrogation, qui va dans le sens du principe généralement admis de la segmentation des publics, risquerait de conduire à une diversification indéfinie des émissions.

Nombre de participants ont dénoncé cette démarche comme génératrice

d'une « asceptisation » progressive du produit télévisuel et de l'émergence d'un « goût moyen ». Il faudrait voir le remède, ainsi que l'a souligné M. Frédéric Rossif, dans la mise en œuvre d'une véritable politique de la qualité : « les œuvres majeures pouvant s'adresser au plus grand nombre tout en offrant à chacun sa propre lecture ».

À cet égard, la plupart des participants ont mis en question les critères de qualité et leurs modes d'observation tels qu'ils servent actuellement de base à la répartition de la rédevance, et en dépit de toutes les pondérations utilisées.

M. Philippe Raguenaud, directeur du Centre d'études de l'opinion, a précisé que de nouvelles normes seraient prochainement déposées qui permettraient de répondre à ces préoccupations.

En conclusion, M. Jean-Lou Viehriac, délégué de l'OCAV, a affirmé la nécessité de réunions régulières sur l'ensemble de ces problèmes en vue d'approfondir la réflexion.

Journées internationales du film scientifique 1979

Panorama des meilleurs documents scientifiques proposés par les producteurs publics ou privés du monde entier, les journées internationales du film ont pour ambition de permettre à tous les participants aux rencontres de parfaire leur connaissance de l'outil audio-visuel et de son langage.

Sur près de cent films présentés en sélection, trente ont été retenus, représentant quatorze nations.

Parallèlement à la projection des documents en provenance de pays où le cinéma scientifique est, de tradition, reconnu et encouragé – comme les États-

Unis, l'URSS et l'Europe – un intérêt particulier a été porté, en 1979, aux réalisations de Nations dont la production audio-visuelle scientifique est peu connue ou ne s'est développée qu'à une date récente : ainsi, cette année, l'Angola, l'Australie, la Chine ou le Mexique.

Rétrospective du cinéma scientifique

Cette rétrospective est organisée par l'Institut de cinématographie scientifique, avec la collaboration de l'Association internationale du cinéma scientifique et de la cinémathèque scientifique internationale.

En 1979, le thème en était la production de l'unité des sciences naturelles de la BBC.

M. Michael Kendall, responsable des programmes, a présenté et commenté un panorama très riche des émissions spécialisées de la télévision anglaise, depuis la création de l'unité des sciences naturelles, en 1924, à nos jours.

La science et l'image : « portes ouvertes sur le ciel » « l'homme à la recherche de son passé »

Deux cycles de projections consacrés à l'astronomie et à l'archéologie ont été proposés au public cette année. Ces séances, particulièrement destinées aux élèves et aux étudiants, avaient pour ambition, au travers de documents audio-visuels de grande vulgarisation, d'illustrer l'activité scientifique dans des domaines qui suscitent un intérêt spontané. Ces programmes thématiques, largement suivis, complètent utilement les journées du film en ce qu'elles donnent un aperçu plus large des différents aspects d'une discipline.

PALMARES

GRAND PRIX : « LA VIE DANS LES ARBRES » (Grande-Bretagne) de David Attenborough et John Sparks, produit par British Broadcasting Corporation (BBC).

SECOND PRIX : « LES PRIVATIONS SENSORIELLES » (Belgique) de François Wille, Paul Dumbion et Jacques Laurent, produit par Philippe Daanay, radio-télévision belge diffusion française (RTBF).

TROISIÈME PRIX : « POINT 2000 : LES GRAPHES » (France) de France Rémuet et Yves Kovacs, produit par la Société nationale Antenne 2.

PRIX SPECIAL DU JURY : « RELATIVITE » (Hongrie) de Judit Kop-

per et János Buzsa, produit par Michna Seidor, Magyar Televizion (MTV).

Mentions spéciales :
« MYSTÈRE » (URSS) de Vintur Vinturov et Les Nicolae, produit par la radio-télévision soviétique.

« LE CALENDRIER COSMIQUE » (Mexique) produit et réalisé par le Conseil national de la science et de la technologie.
« LA DOULEUR » (Canada) de Karl Perrot, produit par la Société radio Canada.
« LES REQUIS D'ENNEWETAK » (République fédérale d'Allemagne) de Joachim Büllath, produit par Hannes Brenner (Hessisches Fernsehen) et Alfred Thon (Westdeutsches Fernsehen).

Rectificatif : Nous avons omis de signaler dans le Courrier du CNRS d'octobre 1979 que le début de l'article « Deux événements majeurs pour l'astrophysique française » était un texte introductif dû à la rédaction du Courrier du CNRS. L'article proprement dit de M. P. Charvin commence après l'intertitre. Un grand télescope de seconde génération : le télescope CFH.

La vie des laboratoires

Mathématiques - Physique de base

transferts d'énergie et effet optogalvanique

Transferts d'énergie collisionnels assistés par laser

Dans le domaine des collisions atomes-atomes à basse énergie, l'étude des transferts d'énergie collisionnels assistés par laser a reçu récemment une grande attention. Dans ce type de processus, décrit par la réaction $A^* + B \rightarrow \nu + A + B^*$, un atome A, initialement dans un état excité A^* cède son excitation à un atome B qui, simultanément, absorbe un photon d'énergie ν . Ce processus interdit en l'absence de champ extérieur ou en l'absence d'interaction inter-atomique, peut aussi être considéré comme une absorption dans la quasi-molécule (A, B) formée au cours de la collision. Le profil spectral associé, c'est-à-dire la variation du nombre d'atomes excités B^* formés en fonction de la fréquence ν du champ (laser) externe caractérise l'interaction entre A et B. La connaissance de ce profil permet de remonter au potentiel d'interaction, du moins dans sa partie à longue portée. Une expérience récente, réalisée au laboratoire Aimé Cotton a permis d'obtenir de tels profils à haute résolution dans un mélange europium-strontium. Pour la première fois une comparaison précise avec les théories existantes est possible. Elle montre une déviation par rapport à l'évolution attendue dans l'approximation de Van der Waals, dans une des ailes du profil,

alors que le cœur du profil, moins sensible à la forme du potentiel est en excellent accord avec les prévisions théoriques.

Effet optogalvanique dans une vapeur de baryum atomique

Quand les atomes d'une vapeur atomique ou se produit une décharge électrique entrent en résonance avec un rayonnement lumineux extérieur, on constate une modification de la tension appliquée, si le courant de la décharge est maintenu constant ; ce phénomène, nommé effet optogalvanique, constitue une méthode de détection non-optique des résonances. La première application spectroscopique extensive de cette méthode a été récemment réalisée au laboratoire Aimé Cotton sur des niveaux très excités du baryum neutre. Les atomes sont excités par un processus à deux étages au moyen de lasers ajustables en fréquence à partir des niveaux métastables $5d6s\ ^3D_{1,3,3}$ peuplés par la décharge (400 V, 20 mA) dans une vapeur de type lent-pipe. Le premier étage, de fréquence fixe, permet d'accéder sur un niveau intermédiaire de la configuration $5d6p$. En faisant varier la fréquence du deuxième étage, on peut explorer tous les niveaux (de $J=0$ à $J=5$) dans des configurations paires $5dnl$ qui convergent vers la deuxième limite d'ionisation $5d^2D$ de l'atome neutre. L'observation de ces mêmes niveaux de $J=5$ par un processus multiphonique à partir du niveau fondamental $6s^2\ ^1S_0$ du baryum non excité ne demanderait pas moins de cinq photons.

□ Laboratoire Aimé Cotton - Orsay - Dir. : S. Frenkel.

aimant supraconducteur orientable (6 teslas)

L'étude sous champ magnétique des propriétés à caractère tensoriel telles que magnétostriction, résistivité, constantes élastiques, nécessite de pouvoir disposer d'un champ variable en intensité et en direction. Afin de s'affranchir des incertitudes concernant l'état désaimanté, il est souhaitable de pouvoir saturer magnétiquement l'échantillon d'abord dans une direction Oz privilégiée (direction de mesure des allongements, de la résistance électrique, ou direction de propagation du son) puis de faire tourner le champ dans le plan perpendiculaire à cette direction.

Un ensemble cryogénique présentant de telles performances est maintenant



Aimant supraconducteur orientable. (Laboratoire Louis Néel).

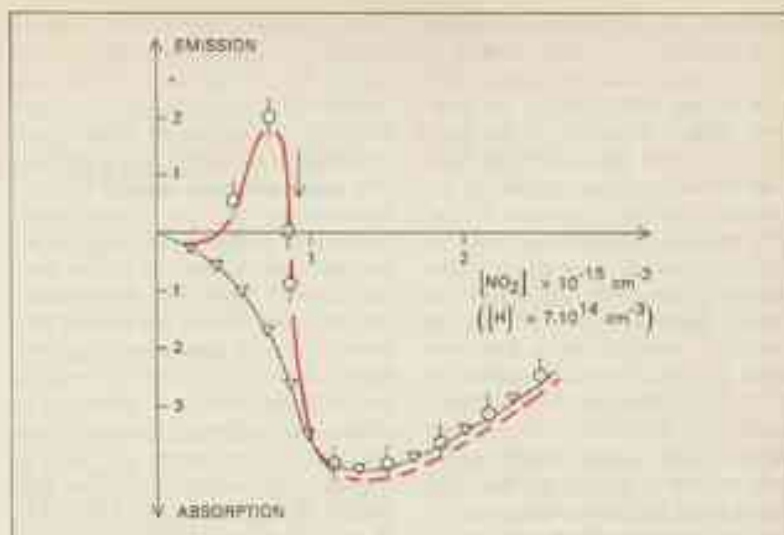
disponible : réalisé par MERIC (Arpajon), il a été mis au point au laboratoire et fonctionne depuis cette année. Il comporte une paire de bobines d'Helmholtz fournies par CFTH qui délivrent 6 teslas avec une homogénéité de 2×10^{-4} sur une sphère de 8 mm, un anticryostat à température variable entre 4,2 et 300 K, dans un diamètre utile de 16 mm, un cryostat de contenance 100 litres d'hélium liquide, et un ensemble de mécanismes permettant de faire tourner les bobines de 360° autour d'un axe vertical, de les faire descendre, pivoter de 90° autour d'un axe horizontal puis remonter. La manivelle et le volant de manœuvre sont visibles sur la photo, à la partie supérieure de ce cryostat. Il est ainsi possible en cours d'expérience de passer d'un champ vertical à un champ horizontal, puis de faire tourner celui-ci sans déplacer la cellule de mesure ni perturber aucunement la température de l'échantillon. Cette géométrie originale s'est révélée particulièrement favorable dans l'étude des constantes élastiques de l'alliage Co-Pt, où la contribution magnétique (quelque 10^{-4} des constantes C_{ij}) a pu être mesurée et analysée avec précision. Des études dilatométriques et extensométriques ont été également réalisées à l'aide de cet ensemble qui peut être mis à la disposition de chercheurs extérieurs au laboratoire.

□ Laboratoire Louis Néel - Grenoble -
Dir. : J.C. Barthier.

inversion de population entre les niveaux de dédoublement du radical OH

L'étude du spectre microonde du radical OH dans le premier état excité de vibration a permis de mettre en évidence un phénomène d'émission stimulée, phénomène assez rare dans les conditions de la spectroscopie microonde classique (spectroscopie d'absorption dans un gaz à faible pression).

Les molécules sont produites dans l'état $v=1$ par la réaction chimique exothermique $H + NO_2 \rightarrow OH(v=0, 1, 2, \dots) + NO$ et en présence d'un excès d'hydrogène atomique, les transitions de dédoublement Λ apparaissent en émission (fig. 1, courbe en rouge). Le phénomène n'est observable que parce que la durée de vie très brève des molécules dans cet



Evolution du signal microonde (transition $^2\Pi_{3/2}, J = 15/2, F = 8 \rightarrow 8$) en fonction de la concentration en NO_2 , pour une concentration en H fixée (les proportions stoechiométriques sont repérées par une flèche). - a) courbe rouge : OH dans l'état $v=1$. Dans la première partie de la courbe, l'hydrogène atomique est en large excès et la raie apparaît en émission ; dans la seconde partie, NO_2 est en excès et la concentration stationnaire en H est pratiquement nulle, la raie apparaît en absorption. - b) courbe noire : OH dans l'état $v=0$. La raie apparaît toujours en absorption. (LA 249 - Villeneuve d'Ascq).

état (durée de vie collisionnelle et chimique) ne permet ni la thermalisation rotationnelle ni celle des doublets Λ . Dans l'état fondamental $v=0$, par contre, la durée de vie étant beaucoup plus longue, les raies apparaissent toujours en absorption (fig. 1, courbe en noir).

L'influence des pressions partielles des différents constituants du milieu réactionnel a été étudiée et permet de proposer un mécanisme d'excitation pour les collisions H-OH. Des observations, on peut déduire un ordre de grandeur de la constante de vitesse caractérisant l'excitation du radical OH dans le niveau supérieur du doublet Λ : $k_{H-OH} = 2.10^{-10} \text{ cm}^3 \text{ molécule}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Cette valeur est en bon accord avec des calculs théoriques récents (R. Dixon et D. Field, à paraître), effectués pour tenter d'interpréter les émissions masser interstellaires.

□ LA 249 « Spectroscopie hertzienne » -
Villeneuve d'Ascq - Dir. : R. Wertheimer.

défauts d'irradiation dans les semi-conducteurs

La présence des défauts dans GaAs a des conséquences nuisibles sur le fonctionnement des dispositifs électroniques ou opto-électroniques. Ils introduisent, à l'intérieur de la bande inter-

dite, des niveaux électroniques que l'on dit « profonds » par comparaison avec les niveaux superficiels introduits par les dopants donneurs et accepteurs. Ces centres donnent lieu, en outre, à des effets tout à fait mystérieux : photoconductivité persistante, extinction de photocapacité, etc. Les raisons sont donc multiples, tant du point de vue fondamental (physique des défauts dans les solides à liaisons ionocovalentes) qu'appliqué (développement technologique), pour essayer de connaître ces défauts structuraux et d'en expliquer les propriétés. Les connaissances, dans ce domaine, étaient limitées par la non sélectivité des techniques anciennes de caractérisation électrique, de même que les techniques optiques classiques, et du fait que la résonance magnétique est souvent inexploitable dans GaAs. Ce n'est que récemment que la méthode proposée par Lang et ses collaborateurs des laboratoires de la Bell connue sous le sigle DLTS (Deep level transient spectroscopy), utilisant les techniques capacitatives à très haute sensibilité, a permis une véritable spectroscopie thermique des centres, donnant une identification claire de chaque niveau : énergies d'ionisation thermique, sections efficaces de capture des porteurs libres.

Un nombre considérable de niveaux dépendant des conditions d'élaboration du matériau, de dopage etc., a été répertorié, dont un grand nombre

semble être dû à des défauts natifs dont on ne connaît pas la nature : s'agit-il de défauts simples (lacunes, interstitiels) ou de défauts complexes, ou des complexes défauts-impuretés ? Leur identification est l'un des objectifs de l'étude des défauts créés par irradiation, qui possèdent comme avantage le fait d'être simples, contrôlables et dont les propriétés peuvent servir de test à des modèles théoriques de calcul de niveaux d'énergie. Dans ce but, un ensemble expérimental, groupant autour d'un accélérateur à protons de 150 keV les techniques de caractérisation les plus modernes a été réalisé au laboratoire. Il permet l'étude *in situ* d'échantillons irradiés à partir de 4 K suivant deux types de méthodes :

- étude des luminescences sous excitation optique et bombardement électronique ;
- étude sur les diodes Schottky ou des jonctions p-n des transitoires de capacité (DLTS) et de photocapacité (DLOS, Deep level optical spectroscopy) :

les mesures sont faites sous le contrôle d'un ordinateur qui gère l'ensemble des conditions de l'expérience (température, polarisation, longueur d'onde du flux lumineux). Il réalise des séquences d'excitation et de stimulation assez complexes et traite les données sous une forme permettant d'isoler la réponse optique d'un seul défaut pouvant donc réaliser, en liaison avec les méthodes thermiques une véritable spectroscopie optique des centres profonds. On peut ainsi connaître, pour chaque niveau, son couplage avec les bandes et l'interaction du piège avec le réseau, c'est-à-dire avoir accès à une représentation physique de celui-ci. L'analyse des luminescences sous irradiation électronique et des transitoires de capacité est possible en fonction de la distance à la surface irradiée par les ions dans toute la zone de pénétration de ces derniers, ce qui est particulièrement favorable pour étudier les phénomènes de diffusion.

Au moyen de ce dispositif, pour la

première fois, les niveaux introduits par irradiation à 77 K ont été caractérisés sur une couche VPE. Les défauts baptisés E_2 et E_1 sont confirmés comme étant simples. Un nouveau niveau lié à un défaut (qui pourrait être la lacune) se reculant entre 200 et 300 K a été identifié. L'analyse des données en DLTS et DLOS sur E_2 a permis de préciser les effets de relaxation de réseau sur ce niveau et d'en donner une description physique complète en coordonnées de configuration. Actuellement, les études portent, d'une part, sur les autres centres introduits par irradiation, d'autre part, sur certains défauts natifs dans les couches épitaxiales. Dans ce dernier cas, la conjonction entre les méthodes d'investigation optiques et les conditions thermodynamiques de présence de ces centres, permettra, espérons-le, de progresser dans la connaissance de ces centres encore mystérieux.

□ ERA 544 « Physique de la matière » - Lyon - Resp. : P. Pinard.

Sciences physiques pour l'ingénieur

une nouvelle méthode de modélisation des réactions de polymérisation radicalaire

Un problème important dans la fabrication des polymères est de relier la qualité des résines produites aux conditions de marche des réacteurs. On entend par qualité l'ensemble des caractéristiques structurales des macromolécules : masses moléculaires moyennes en poids et en nombre et leur rapport, l'indice de polydispersité, nombre moyen de points de branchement longs et courts, nombre moyen de doubles liaisons vinyliques et vinyldénés, etc... Ce sont ces caractéristiques qui conditionnent à leur tour les propriétés industrielles de la résine et la destinent à des applications particulières (aptitude à l'extrusion, au moulage, à la réalisation de films, etc...).

A partir des mécanismes élémentaires des réactions (amorçage, propagation, transferts, terminaisons) et de la connaissance des vitesses de réaction,

il est possible de calculer la composition de la masse polymérique en cours de formation à condition que le mécanisme ne soit pas trop compliqué et que le réacteur fonctionne dans des conditions idéales (en pratique, réacteur fermé et mélange parfait). On obtient classiquement des équations qui fournissent les concentrations individuelles de chaque espèce macromoléculaire, une information qu'on n'utilise pas puisqu'il faut ensuite moyenner pour obtenir les caractéristiques structurales. Ce calcul devient rapidement inextricable lorsque le mécanisme met en jeu des processus complexes qui réincorporent du polymère mort (transfert au polymère, coupures). En outre, le schéma cinétique ainsi obtenu est beaucoup trop compliqué pour qu'on puisse l'utiliser en génie chimique, dans des modèles de réacteurs qui prennent plus en compte les phénomènes hydrodynamiques d'écoulement et de mélange, et les processus de transfert de matière et de chaleur.

Afin de contourner cette difficulté, un nouveau modèle a été mis au point dans le cas des polymérisations radicalaires en masse. Au lieu de s'intéresser aux macromolécules individuelles, le modèle prend en compte des concen-

trations de « caractères chimiques » : points de branchement longs et courts, doubles liaisons etc... ainsi que les moments de la fonction de distribution des masses moléculaires, en particulier les deux premiers qui permettent de calculer le degré de polymérisation et l'indice de polydispersité. A partir des processus élémentaires constituant le mécanisme de la polymérisation, il est alors possible d'établir un ensemble d'équations, d'évolutions très simples traduisant les débits de création et/ou de consommation des caractères chimiques et des moments de la distribution des masses moléculaires.

Ces équations sont bien adaptées à une utilisation ultérieure dans les modèles de réacteurs industriels (en particulier les réacteurs continus) où l'on peut cette fois introduire la représentation de l'hydrodynamique, du mélangeage, et des transferts de matière et de chaleur.

Ce nouveau « modèle de tendance » vient d'être utilisé avec succès dans l'interprétation d'expériences industrielles de polymérisation en masse de l'éthylène à haute pression (production de polyéthylène basse densité).

A titre d'exemple, voici quelques résultats comparant des valeurs experi-

mentales et calculées, pour une polymérisation conduite vers 1 400 bars et 240 °C (voir tableau ci-contre).

La mise au point de ce modèle marque un progrès dans le domaine du génie des réactions de polymérisation, et plus généralement dans le traitement par le génie chimique des mélanges réactionnels à propriétés réparties où la notion d'entité moléculaire s'estompe devant celle de distribution de caractères.

□ Laboratoire des sciences du génie chimique - Nancy - Dir. : J. Villermaux.

une salle semi-anéchoïque à volume variable

Une salle semi-anéchoïque à « parois latérales mobiles » destinée à des mesures sur maquettes (échelle comprise entre 1/10 et 1/150) a été construite au laboratoire de mécanique et d'acoustique. Les dimensions de cette salle peuvent être adaptées à l'un des types de mesures ci-après :

- a) essais en régime sonore permanent,
- b) essais en régime sonore impulsif.

L'utilité des mesures sur maquettes

se fait sentir dans des études acoustiques d'écrans, de sites urbains, de propagation au-dessus de surfaces absorbantes.

Les parois latérales de la salle peuvent être déplacées de 1,5 m environ. Elles sont constituées par des échelles en bois sur lesquelles on a chevillé des structures absorbantes en forme de coins (fibres de verre Saint-Gobain AA1 356 - densité 55 kg/m³ - dimensions 30 x 30 x 30 cm - deux coins par structure - fréquence de coupure approximative : 500 Hz).

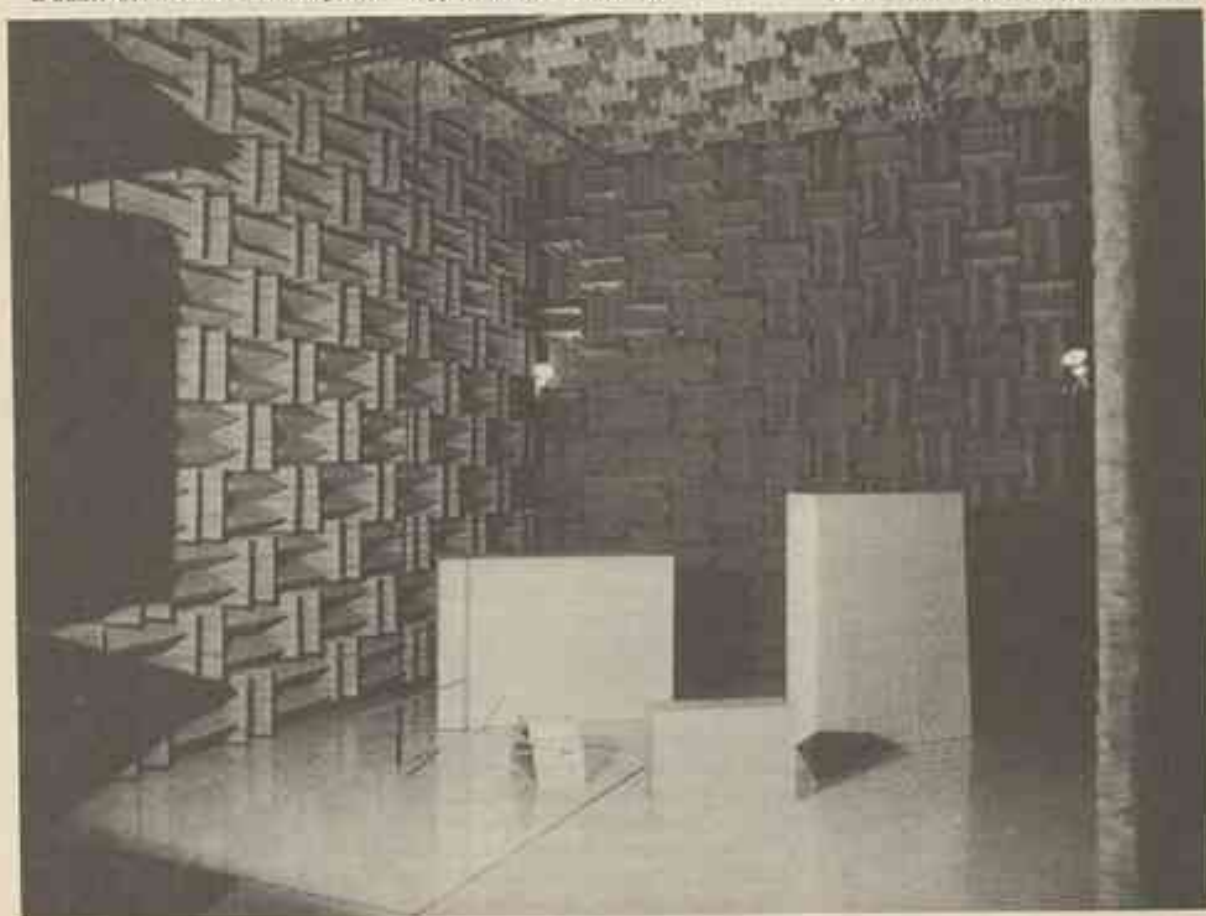
Ces échelles peuvent glisser sur des rails fixés au plafond.

Le plafond du local est partiellement revêtu des structures absorbantes mentionnées ci-dessus ; le sol n'est pas revêtu.

Quand la partie absorbante du plafond est contiguë aux parois latérales, on est en présence d'une salle classique permettant les mesures du type a) (dimensions de la salle : 550 x 350 x 320 cm).

Lorsque les parois latérales sont reculées par rapport à la partie absor-

CARACTERE STRUCTURAL	EXPERIENCE	CALCUL
DOUBLES LIAISONS VINYLES / 1 000 CARBONES	0,023	0,023
DOUBLES LIAISONS VINYLIDENES / 1 000 CARBONES	0,210	0,191
CH ₃ TERMINAUX / 1 000 CARBONES	22,2	22,2
MASSSE MOLECULAIRE MOYENNE EN NOMBRE	68 150	68 100
INDICE DE POLYDISPERSITE	37,8	37,8



Salles semi-anéchoïques avec les parois latérales contiguës au plafond. (Laboratoire de mécanique et d'acoustique de Marseille).



Salle semi-anechoïque avec une paroi latérale, en partie reculée par rapport à la paroi absorbante du plafond. (Laboratoire de mécanique et d'acoustique de Marseille).

bante du plafond, on obtient une salle à absorption non uniforme mais de dimensions beaucoup plus grandes ($850 \times 650 \times 320$ cm). Elle permet alors les mesures du type b), car on peut éliminer aisément les échos parasites qui se forment sur les parties démunies de coins mais éloignées du champ de mesure.

Un chariot permet l'exploration continue (selon trois axes), du champ acoustique dans la salle.

□ Laboratoire de mécanique et d'acoustique - Marseille - Dir. : R. Nayroles.

interaction laser matière

Des résultats récents ont été obtenus par les chercheurs du GRECO du CNRS « Interaction laser matière » dans le domaine de l'interaction à haut flux au moyen de lasers ultraviolets.

Le GRECO ILM du CNRS coordonne autour du domaine de l'interaction laser matière et la compression laser de cibles, l'activité d'une dizaine d'équipes qui utilisent pour le besoin des expériences les moyens matériels implantés à Palaiseau dans les locaux de l'Ecole polytechnique.

Le principal outil est le laser de puissance à verre au néodyme qui délivre

une puissance de 250 gigawatts à la longueur d'onde de $1,06 \mu$. Les performances de ce système ont été récemment améliorées par les responsables du laser qui ont, en particulier, effectué la conversion de fréquences du faisceau. Tout d'abord, le doublement en fréquence a été réalisé et a permis d'obtenir une puissance de 100 gigawatts à $0,53 \mu$. Plus récemment, il a été procédé au quadruplement en fréquence au moyen de cristaux de KDP. Une puissance de 50 gigawatts a été ainsi obtenue dans l'ultraviolet proche à la longueur d'onde de $0,266 \mu$. Ce faisceau est à l'heure actuelle la source existante la plus puissante dans l'ultraviolet. Ce faisceau laser a été utilisé pour faire des expériences d'interaction à haut flux dans l'ultraviolet afin d'étudier l'influence de la longueur d'onde dans les mécanismes d'absorption du rayonnement laser à haute intensité ainsi que les mécanismes de chauffage et de production des électrons suprathermiques.

Les résultats obtenus ont montré que le taux d'absorption augmente très fortement et pouvait atteindre 90 % pour des flux supérieurs à quelques 10^{14} W/cm² lorsque l'on se trouve dans le régime de longueur d'onde de l'ultraviolet. Les premières indications semblent aussi montrer que le processus de rétrodiffusion Brillouin a été réduit et

que l'on pourra rester en-dessous du seuil de cette instabilité, même pour des flux supérieurs à 10^{14} W/cm² et pour des impulsions de quelques nanosecondes.

Enfin, un autre résultat très important concerne la formation des électrons chauds. Ces particules peuvent constituer un handicap sérieux dans le problème du confinement inertiel car elle créent un préchauffage du centre des cibles et aussi déposent leur énergie sur une grande distance perturbant l'établissement du régime d'ablation.

Les expériences récentes du GRECO ILM ont montré que l'énergie de ces électrons suprathermiques est notablement réduite aux courtes longueurs d'onde, en accord avec des données numériques sur l'absorption résonante et la modification de profil, confirmant, de plus, que le régime principal d'absorption est collisionnel.

L'ensemble de ces résultats a été présenté récemment à la conférence de la Société de physique américaine à Boston en novembre. Ils sont très encourageants sur le plan du confinement inertiel, et montrent que l'on peut atteindre de forts taux d'absorption collisionnelle et que, en courtes longueurs d'onde, la diminution du préchauffage et la meilleure efficacité du transport permettra de mettre en œuvre des compressions par ablation à haut rendement. Ces résultats expérimentaux ont été introduits comme données dans une simulation numérique de compression et confirment que le rendement de compression était fortement accru aux courtes longueurs d'onde. L'existence de laser dans l'ultraviolet tel que le système excimère du type KrF par exemple, rend très réaliste le futur de ces expériences. Il reste, cependant, à améliorer les performances de ces lasers pour pouvoir les utiliser à haute intensité.

Dans l'intervalle, la technique de conversion de fréquences du laser à verre au néodyme est la plus efficace pour disposer immédiatement de sources puissantes dans l'ultraviolet. On peut espérer le rendement de conversion de 30 %. Plusieurs laboratoires ont en cours la modification de leur laser tel que le Centre de Livermore aux Etats-Unis qui envisage de disposer rapidement d'énergie de l'ordre du kilojoule à $0,53 \mu$ et quelques terawatts par conversion de la chaîne Argus.

Le projet Shiva Nova qui doit délivrer 100 kilojoules en 1984 est d'ores et déjà étudié avec cette possibilité. A l'université de Rochester aux Etats-Unis, KMS qui a été un des pionniers

dans le domaine, et le Centre de Rutherford, procèdent aussi à des expériences dans le domaine des courtes longueurs d'onde. Les travaux conduits au sein du GRECO ILM dans cette direction sont poursuivis afin de confirmer et d'affiner les informations

préliminaires déjà obtenues, et pour analyser l'influence de la longueur d'onde sur les autres mécanismes qui interviennent dans l'interaction le transport d'énergie, la génération de champ magnétique, étudier l'émission spectrale X dans les plasmas denses

afin de définir les meilleures conditions pour mettre en œuvre des expériences de compression efficaces.

□ GRECO 4 « Interactions laser-matière » - Palaiseau - Dir. : E. Fabre.

Chimie

cobalt trivalent et verres fluorés

Pour la première fois, une nouvelle structure électronique du cobalt trivalent ne comportant que deux électrons célibataires (medium spin) au lieu de zéro (low spin) ou quatre (high spin) comme il est habituellement observé pour un environnement octaédrique, a été mise en évidence au laboratoire. Cette configuration à deux électrons, apparaît dans les structures à couches à caractère fortement bidimensionnel.

D'autre part, on a procédé à l'élaboration et la caractérisation d'une nouvelle famille de verres entièrement fluorés et stables à l'air pour lesquels la durée de vie sur les niveaux excités est supérieure aux valeurs mises en évidence pour le néodyme dans les matériaux antérieurs (600 μ s). L'indice de réfraction et l'indice non linéaire particulièrement faibles ($n_D = 1,39$ et $n_2 = 0,25 \cdot 10^{-12}$ esu) permettent d'espérer les applications pour la construction de lasers de puissance (brevet Anvar).

Enfin une nouvelle famille de matériaux de type chiolite simultanément ferro-électriques et ferro-élastiques et susceptibles d'applications en électro-optique a été mise en évidence.

Publication

« Solid electrolytes », Academic press, co-édité par M. Hagenmüller.

□ Laboratoire de chimie du solide - Talence - Dir. : P. Hagenmüller.

un service des méthodes de séparation

Dans le cadre de l'extension de ses activités dans le domaine de l'analyse moléculaire et après ouverture en 1978 de son service de spectrométrie de masse et en 1979 de son service de résonance magnétique nucléaire à haut

champ, le service central de microanalyse ouvre un service des méthodes de séparation.

Ce dernier service est créé pour répondre aux demandes d'analyses de mélanges complexes et d'analyses de traces, sur les plans qualitatif, quantitatif et préparatif. Les méthodes utilisées font appel aux techniques d'extraction diverses et aux techniques de chromatographie gazeuse (en colonnes remplies ou en colonnes capillaires) et de chromatographie liquide (en colonnes à hautes performances et sur couches minces). Ces techniques peuvent être associées, pour l'identification et la quantification, aux autres techniques utilisées au laboratoire (spectrométrie de masse, résonance magnétique nucléaire, spectrométrie atomique, techniques électrochimiques...).

Exemples d'analyses déjà effectuées :

- analyses et dosages des composants de liquides réfrigérants,
- séparation de stéroïdes, d'indoles, de caroténoïdes,
- analyses de sucres dans les urines,
- séparation d'anthocyanes dans les jus de fruits.

Pour tout renseignement complémentaire, s'adresser à M. Vialle, ingénieur responsable de ce service - tél. (78) 89.81.24, poste 37-89.

□ Service central de microanalyse - Lyon - Dir. : A. Lamotte.

publication

« Chimie analytique des solutions et micro-informatique », R. Rosset, D. Bauer et J. Desbarres, 160 pages, Masson, Paris, 1979.

Les réactions de la chimie analytique des solutions sont prévisibles quantitativement avec grande précision, l'état d'une solution étant entièrement défini par la connaissance des lois d'action de masses des différents équilibres mis en jeu et des bilans matière. Dans la pratique, dès que plusieurs équilibres se produisent simultanément,

on se heurte à des difficultés de calcul insurmontables avec les moyens classiques. Aujourd'hui, la micro-informatique permet de résoudre en un temps très court les systèmes d'équations qui décrivent les équilibres de la chimie des solutions et ceci quelle que soit leur complexité. En outre, les résultats des calculs sont visualisés instantanément au moyen de traceurs de courbes ou d'écrans cathodiques. Il en résulte une pédagogie entièrement nouvelle, objet de cet ouvrage qui s'appuie sur l'expérience réalisée à l'Ecole supérieure de physique et de chimie de Paris.

Ainsi, pour chacun des types fondamentaux de réactions en solution, réactions entre les acides et les bases, entre les oxydants et les réducteurs, réactions de formation de complexes de précipitation, on montre comment il est possible de calculer les concentrations des différentes espèces. Une présentation utilisée au moyen de diagrammes permet de visualiser les phénomènes et de souligner similitudes et différences entre ces réactions. Les formules simplifiées de l'enseignement traditionnel ne sont pas négligées mais leur domaine de validité est établi rigoureusement.

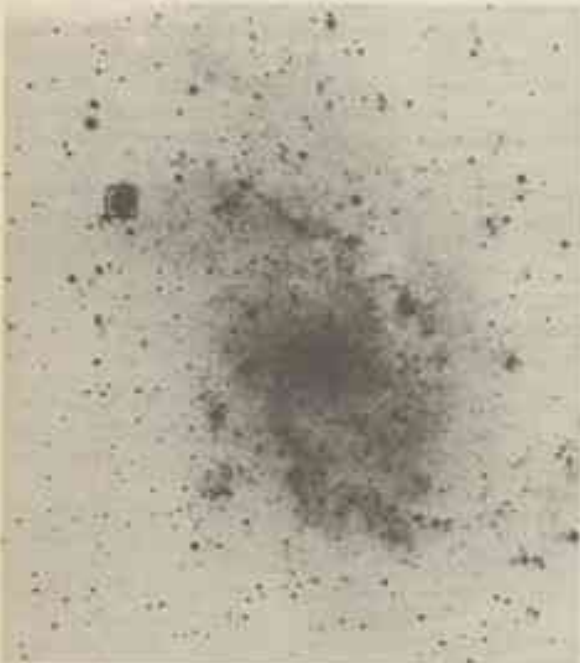
De nombreux exemples traitent des variations des concentrations au cours de l'avancement d'une réaction et les résultats sont présentés soit sous la forme de courbes de titrage soit sous la forme de diagrammes de répartition, ces deux types de représentation s'enrichissant l'un l'autre.

La conception des programmes de calcul, le dialogue avec les microordinateurs, les principes de résolution des problèmes chimiques sont étudiés en détail. On parvient ainsi à une compréhension plus approfondie et plus rigoureuse que dans le passé de cette branche essentielle dans la formation du chimiste qu'est la chimie des solutions.

□ LA 28 « Laboratoire de recherche de chimie analytique des processus industriels » - Paris - Dir. : R. Rosset.



A gauche : photographie de la galaxie M 101 (NGC 5457) obtenue au foyer Newton du télescope de 193 cm de l'Observatoire de Haute-Provence du CNRS, sur plaque Kodak IIaO chauffée (55 minutes de pose). Le carré au centre de la galaxie délimite le champ de l'image de droite, obtenue avec le système de comptage de photons du LAS installé au foyer Cassegrain ($F = 28,6$ m) du télescope de 193 cm. La pose est de 20 minutes. L'utilisation d'un filtre interférentiel étroit ($\Delta\lambda = 9$ Å) permet d'isoler la raie d'émission $H\alpha$ ($\lambda = 6563$ Å) de l'hydrogène. La sensibilité du système de comptage de photons permet de travailler avec un filtrage spectral étroit tout en gardant une bonne résolution spatiale ($\sim 2''$ sur cette image). On peut ainsi distinguer dans le noyau de M 101, plusieurs centres actifs et un appendice partant du noyau, s'étendant sur environ 15 secondes et qui n'avait pas encore été détecté. Il est essentiellement composé d'hydrogène ionisé car il n'apparaît pas sur les images prises avec des filtres qui excluent les raies d'émission de l'hydrogène. (Laboratoire d'astronomie spatiale - Marseille).



A gauche : photographie de la galaxie M 33 (NGC 598) obtenue au foyer Newton (focale de 9,5 m) du télescope de 193 cm de l'Observatoire de Haute-Provence, sur plaque avec un filtre rouge. Le carré en bas à gauche délimite le champ de l'image de droite, obtenue avec le système de comptage de photons du LAS installé au foyer Cassegrain ($F = 28,6$ m) du télescope de 193 cm. La pose est de 15 min. L'utilisation d'un filtre interférentiel étroit ($\Delta\lambda = 10$ Å) permet d'isoler la raie d'émission $H\alpha$ ($\lambda = 6563$ Å) de l'hydrogène. La sensibilité du système de comptage de photons permet de travailler avec un filtrage spectral étroit tout en gardant une bonne résolution spatiale ($\sim 2''$ sur cette image). L'image est obtenue sur un écran de télévision couleurs avec un codage des couleurs en fonction de l'intensité du signal reçu. On obtient un réseau d'isophotes qui montre la structure complexe de cette grande région d'hydrogène ionisé. De nombreuses condensations dans la partie centrale et extensions sont visibles. (Laboratoire d'astronomie spatiale - Marseille).

étude à haute résolution spatiale et spectrale des galaxies avec une caméra à comptage de photons – acquisition en temps réel des images

En août 1979, lors d'une mission au télescope de 193 cm de diamètre de l'observatoire de Haute-Provence, la caméra à comptage de photons du Laboratoire d'astronomie spatiale a été appliquée à l'étude des sources étendues (réponse d'hydrogène ionisé des galaxies) avec la résolution spatiale maximale permise par l'atmosphère et avec une grande sélectivité spectrale (filtre interférentiel de 4 à 10 Å de bande passante). Au foyer Cassegrain du télescope, 1" sur le ciel correspond à 139 microns, soit environ 3 pixels sur la caméra (1 pixel = 1 élément d'image = 43 microns). Les nuits de faible turbulence, la caméra installée au foyer Cassegrain permet d'obtenir sur le champ 1'21" (256 x 256 pixels) une résolution spatiale de l'ordre de la seconde pour des poses d'une heure. D'excellents résultats ont été obtenus en imagerie monochromatique.

Des poses de 20 mn avec un filtre H α montrent le noyau de la galaxie M 101 résolu en 3 régions d'où s'échappe un appendice d'environ 15" qui n'apparaît pas dans le contenu de comparaison rouge ou bleu et qui n'avait pas encore été détecté. Pour les meilleures images la résolution est dans ce cas d'environ 2".

Dans la galaxie M 33 les régions d'hydrogène ionisé, NGC 5 et en particulier NGC 604 laissent apparaître en H α une structure complexe d'aspect général très tourmenté avec de nombreuses extensions. Les galaxies présentent souvent ce type de région HII d'intensité exceptionnelle qui jouent un rôle important dans la détermination des distances des galaxies plus lointaines.

D'autres galaxies plus lointaines ont été observées avec la même méthode. Avec une heure de pose et grâce à la très bonne résolution spatiale ($\approx 2''$) et spectrale (filtre H α de 9 Å de bande passante), de nombreuses régions d'hydrogène ionisé ont été détectées dans la partie centrale de la galaxie NGC 6 643 malgré sa distance de 30 Mpc (10^6 années-lumière). La détection et la

résolution peuvent encore être améliorées sur ces images car pour la première fois, nous avons pu réaliser simultanément des acquisitions en temps réel sur ordinateur et sur le système de visualisation Péricolor.

L'acquisition en temps réel sur ordinateur, qui est un avantage essentiel offert par la technique du comptage de photons consiste à prélever trame par trame l'adresse des événements détectés par la caméra (c'est-à-dire la position des photoélectrons détectés par intervalle de temps de 20 ms) et de la stocker sur bande magnétique. On peut ainsi associer à l'adresse de chaque événement détecté le paramètre « temps ». En particulier, cela nous a permis de mettre en évidence la faible rémanence de la caméra. Ce paramètre « temps » est indispensable non seulement pour corriger les images des effets de rémanence mais pour éliminer les effets de la turbulence atmosphérique et calculer les valeurs des paramètres de la statistique des événements. Ces traitements d'images doivent permettre d'améliorer nettement la détection et la résolution sur l'image, apportant ainsi

une plus grande précision dans l'étude d'objets à faible flux auxquels la technique du comptage de photons est bien adaptée.

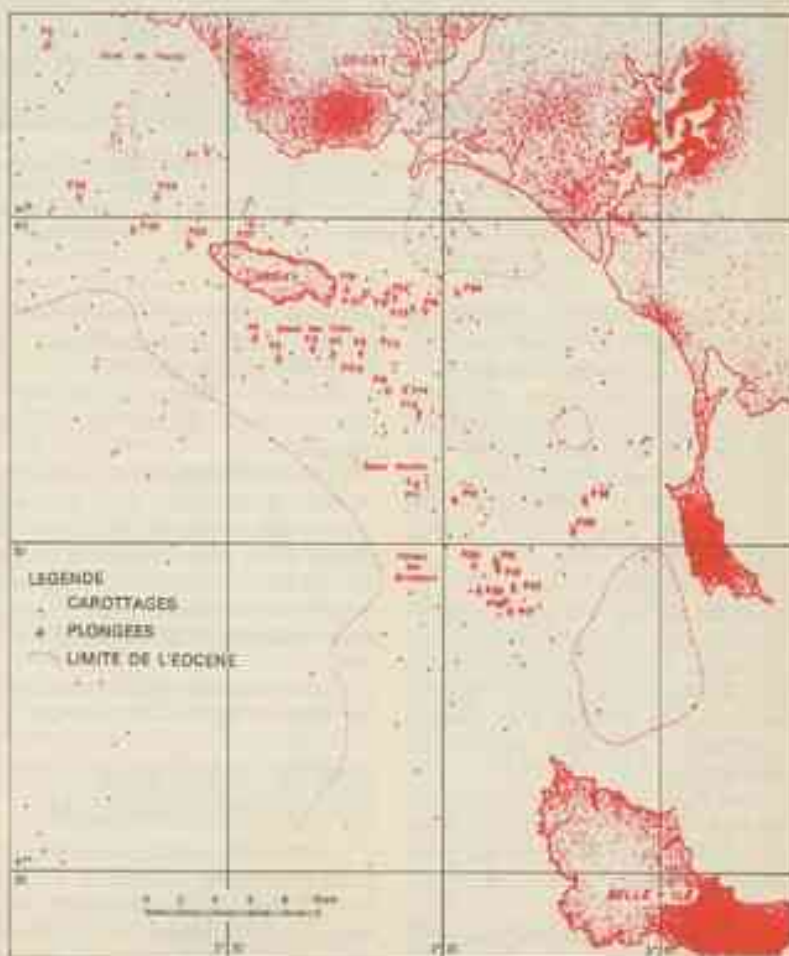
Ce type d'observation où l'effort est porté sur la très haute résolution spatiale et le traitement d'image est une excellente introduction aux méthodes bientôt mises en œuvre sur le télescope spatial de 2,40 m dont les champs seront du même ordre de grandeur que ceux que nous avons utilisés.

□ Laboratoire d'astronomie spatiale –
Marseille – Dir. : G. Courtès.

la campagne Glaucophane

Cette campagne, organisée par le laboratoire de géodynamique du Centre armoricain d'étude structurale des socles de Rennes, s'est déroulée pendant le mois d'août 1979, sur la ceinture de haute pression submergée entourant l'île de Groix ; elle avait pour support logistique de NO Gwalarn.

Cette mission, qui faisait suite à plu-



Campagne Glaucophane. (Centre armoricain d'étude structurale des socles – Rennes).



Vue aérienne de la partie sommitale du Mérapi (Indonésie). Ce volcan se trouve à l'intersection de deux accidents tectoniques majeurs de l'île de Java – l'un est-ouest (direction de l'arc insulaire de la sonde au méridien 110 °E) et l'autre nord-sud – matérialisés par un réseau de fractures orthogonales visibles sur ce document. La photographie met en évidence, à la partie supérieure du flanc sud du Mérapi, l'extension du champ fumerollien de Gendol, auparavant limité à un segment de la paroi interne de l'échancrure cratéristique du volcan. (Centre des faibles radioactivités – Gif-sur-Yvette).

sieurs campagnes de carottage de roche intensif (320 échantillons de roche en place avaient déjà été récoltés) et à une prospection magnétique détaillée, avait pour but de reconnaître la nature des rapports existant entre les séries de moyenne à haute température environnantes et l'affleurement des schistes bleus (long de 40 km et large de 8 à 10 km).

La campagne Glaucothane a été l'occasion de la première collaboration internationale officielle réunissant des géologues irlandais et français : l'apport de l'équipe des plongeurs du service géologique d'Irlande a été déterminant dans l'acquisition des données structurales.

Près d'une quarantaine de plongées, réalisés par des fonds de 35 à 45 mètres ont permis d'effectuer des prélèvements orientés et de nombreuses mesures *in situ*.

Le groupe de recherche qui a été constitué à cette occasion et qui réunit une dizaine de chercheurs, fait interve-

nir des disciplines aussi variées que la géologie structurale, la minéralogie, la géochronologie, la géophysique et la géochimie : ces chercheurs sont américains, irlandais, anglais, écossais et français.

L'objectif général était de tenter de résoudre le problème posé par ces schistes bleus : sont-ils allochtones et éjectés d'une suture cryptique située plus au sud et cicatrisée au Dévonien moyen, ou purement autochtones et issus d'une obduction d'âge carbonifère.

□ Centre armoricain d'étude structurale des socles – Rennes – Dir. : J. Cogné.

activité volcanique du Mérapi (Indonésie)

Le volcan Mérapi domine de près de 3 000 m la plaine centrale de l'île de Java : il menace directement une vaste région à forte densité de population rurale (700 hab/km²) et la grande ville voisine de Jogjakarta (600 000 hab.).

Depuis le cataclysme éruptif de l'an 1006 – auquel on attribue l'ensevelissement du temple de Borobudur, pourtant distant d'une trentaine de kilomètres – le Mérapi a connu une activité magmatique quasi-permanente, phénomène exceptionnel pour un volcan à laves andésitiques : pas moins d'une cinquantaine d'éruptions explosives ont été répertoriées durant cette période, dont certaines (douze depuis le XVII^e siècle, la dernière en 1969) ont fait de nombreuses victimes. Lahars (nom indonésien pour coulées de boue), nuées ardentes et chutes de cendre sont, par ordre de fréquence décroissante, ses manifestations volcaniques les plus destructrices.

Le Mérapi se caractérise par un « cycle » éruptif comportant généralement trois phases (Van Bemmelen) et qui constitue un type d'activité propre à un certain nombre de volcans d'arc insulaire : a) nuées ardentes verticales engendrées par des explosions initiales lorsqu'une nouvelle intrusion magma-

tique parvient à la surface ; b) phase effusive d'extrusion d'un dôme, pendant une à quelques années, accompagnée ou non d'avalanches incandescentes ; c) phase explosive à nuées ardentes obliques, issues de la base du dôme, et aboutissant à la destruction plus ou moins complète de celui-ci, puis au ralentissement et à l'arrêt définitif de son extrusion : la phase initiale d'un nouveau cycle peut alors se déclencher après une période de repos, parfois très brève. L'activité actuelle du Mérapu est exceptionnelle par la durée de la seconde phase (extrusion lente d'une lave andésitique très dégazée), sans événement éruptif majeur depuis 1972.

Outre son activité permanente, le Mérapu présente une caractéristique inhabituelle qui en fait un terrain de choix pour les recherches sur la phase gazeuse volcanique : il offre en effet, à l'intérieur d'une zone peu étendue, la possibilité d'accéder à des événements de températures très variées, depuis les fumerolles « froides » ($T = 100^{\circ}\text{C}$) jusqu'aux événements éruptifs ($T = 900^{\circ}\text{C}$) au voisinage immédiat de la lave incandescente du dôme en cours d'extrusion (elle-même échantillonnable sans trop de difficultés). Il a été possible de montrer par des études thermodynamiques portant sur une centaine d'échantillons de gaz, que les diverses fumerolles étaient alimentées par la même source : les variations de compositions en fonction de la température d'émission s'expliquent par le refroidissement plus ou moins important des gaz magmatiques et leur mélange (suivi d'une oxydation partielle) avec l'air atmosphérique. La composition isotopique stable ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) du CO_2 des gaz magmatiques du Mérapu indique par ailleurs une contribution sédimentaire non négligeable à la genèse de ces gaz (présence d'une plaque lithosphérique en subduction sous l'arc insulaire indonésien).

Notre équipe, en coopération avec divers laboratoires et services du Commissariat à l'énergie atomique (LETI, LEESI et STEPAM) et avec l'aide du Ministère des affaires étrangères, a organisé trois expéditions successives aux mois de juillet 1977, 1978 et 1979 (ces deux dernières financées en partie par le PIRPSEV). Lors des deux premières missions, les observations et mesures ont révélé que le Mérapu était en état d'activité stationnaire, présentant les caractéristiques principales suivantes :

- un embryon de dôme estradé à la partie supérieure de la pente très raide, orientée vers l'ouest et formant plan-

cher de la vallée d'avalanches : cette situation de l'activité magmatique permet à la lave de s'effondrer à mesure de son extrusion (débit moyen observé : de 20 000 à 50 000 m^3/jour) au lieu de s'accumuler sur place en un véritable dôme ;

- une température maximale des gaz, relevée sur les anciens champs fumerolliens de Woro et Gendol (650°C et 850°C respectivement), plus élevées qu'elle n'a jamais été depuis que des observations thermométriques sont effectuées sur ces mêmes sites : les fumerolles principales se signalent de nuit par de pâles flammes orangées indiquant la combustion dans l'air des gaz volcaniques réducteurs. En juillet 1978, le débit total de gaz du Mérapu a été évalué en rapportant la concentration d'un certain nombre d'espèces chimiques du panache volcanique à celle de SO_2 , dont le débit était mesuré directement et simultanément par spectrométrie UV de corrélation (H_2O : 7 500 tonnes/jour, CO_2 : 900 t/j, SO_2 : 250 t/j, HCl : 250 t/j, HF : 50 t/j).

En juillet 1979, les observations essentielles sont les suivantes :

- l'effondrement de l'embryon de dôme stationnaire, qui s'est produit en mars 1979, a permis aux régions plus chaudes de la colonne magmatique d'affleurer et à la lave de s'épancher en une coulée visqueuse (*lava tongue*) longue de plusieurs centaines de mètres ; cette coulée occupe actuellement une grande partie de la zone supérieure de la vallée d'avalanches et a entraîné, par sa présence, une interruption de l'ablation continue de lave, opérée jusqu'alors sous forme d'avalanches incandescentes. Le magma s'accumule désormais en un véritable dôme si bien que des nuées ardentes dirigées vers l'ouest sont à craindre dans un futur proche ;
- le flux thermique global du volcan s'est accru considérablement, plus par une extension des champs fumerolliens anciens que par une augmentation, néanmoins significative, des températures maximales. De même, le débit total des gaz a visiblement augmenté : il n'a pas été possible de reproduire les mesures de flux de l'année précédente ;
- l'extension du champ fumerollien de Gendol jusqu'à la partie supérieure très abrupte des pentes sud du volcan, affaiblit considérablement, par altération hydrothermale, l'arête rocheuse étroite qui a efficacement protégé, depuis des siècles, la ville de Jogjakarta de l'activité explosive du Mérapu. L'éventualité du déclenchement d'un nouveau cycle éruptif dans cette direction doit désormais être prise en considération.

Un accord de coopération franco-indonésienne est actuellement en cours d'élaboration, qui devrait permettre de dégager les moyens financiers nécessaires à la formation de volcanologues indonésiens et au transfert des technologies (chromatographie de terrain, sondes à fugacité d'oxygène, magnétométrie, etc...) qui sont expérimentées et perfectionnées depuis trois ans sur le Mérapu de Java.

Publication

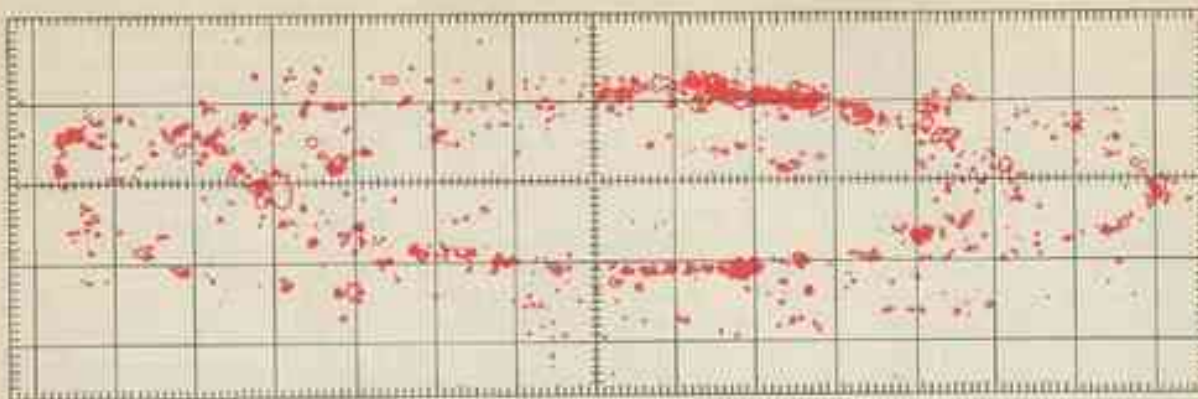
P. Allard et H. Tazieff : « Phénoménologie et cartographie thermique des principales zones fumerolliennes du volcan Mérapu (Indonésie) » - CR Acad. Sci. Paris, Sér. D, 288, 747 (1979).

□ Centre des faibles radioactivités - Gif-sur-Yvette - Dir. : J. Labeyrie.

les ostracodes et l'évolution des paléoenvironnements océaniques de la Walvis Ridge depuis le Crétacé inférieur : éléments de paléohydrologie profonde

Dans le cadre de l'ATP-IPOD, thème « Paléoenvironnement océanique » et sur la base de l'évolution architecturale et des ensembles fauniques d'Ostracodes, un essai de reconstitution des paléoenvironnements océaniques profonds a été tenté sur la Walvis Ridge dans l'Atlantique sud-oriental, entre le Crétacé et l'Actuel (fig 40, site 362-363).

Une étude préliminaire de la distribution bathymétrique des genres d'Ostracodes actuels a été réalisée sur la marge continentale du bassin d'Angola, vers 10° latitude S et sur la marge du bassin du Cap (Walvis Bay) vers 23° latitude S. Elle a permis de constater que des différences qualitatives et quantitatives dans la microfaune d'Ostracodes sont étroitement dépendantes des conditions hydrologiques propres à chaque bassin entre 400 et 4 600 m de profondeur. L'influence des « upwelling » a été analysée, le rôle de barrière hydrologique de la ride assismique a pu être parfaitement explicité vis-à-vis des paramètres physico-chimiques du milieu de chaque bassin, et les variations morphologiques des genres *Kriethes* et *Parakriethes* ont été testées en fonction de O₂ dissous, profondeur, éléments nutritifs, de manière analogue



Carte de la distribution de l'hydrogène ionisé de Messier 31 dans le plan du ciel. Les régions les plus noircies sont les plus brillantes. La région à gauche est fortement perturbée par le compagnon elliptique Messier 32. Le bras le plus intense dans la partie droite est le bras N4 (Baade). (LA 237 - Marseille).

à des études précédentes en Atlantique nord-oriental.

À partir de ces références indispensables dans l'Actual, et en appliquant un « actualisme réfléchi » et « pondéré », un essai a été tenté pour comprendre les paléoenvironnement méso- et cénozoïques qui se sont succédés sur la Walvis Ridge, point névralgique dans les paléocirculations de l'Atlantique sud.

Il apparaît dès maintenant que des époques privilégiées, appelées « temps forts paléohydrologiques », ont fait évoluer de manière radicale le paléoenvironnement océanique initial de l'Atlantique sud-oriental. On peut citer à titre d'exemple et parmi les faits les plus marquants, une époque de circulation océanique semi-profonde à l'Albien ; la mise en place d'upwelling intenses au Paléocène inférieur, les premières influences froides d'origine méridionale à l'Eocène moyen, une deuxième phase de flux hydrologique froid au passage Eocène-Oligocène et des phénomènes d'upwelling très puissants pendant ce même laps de temps, l'édification progressive de la zone à oxygène minimum de l'étage épibathyal à partir du Miocène moyen.

Cette étude permet d'avoir un point de référence important pour l'établissement de traits généraux des paléocirculations profondes dans l'ensemble de l'Atlantique et elle doit permettre d'établir la part qui revient aux influences hydrologiques méridionales par rapport aux influences septentrionales dans l'établissement du modèle de circulation océanique qui prévaut aujourd'hui.

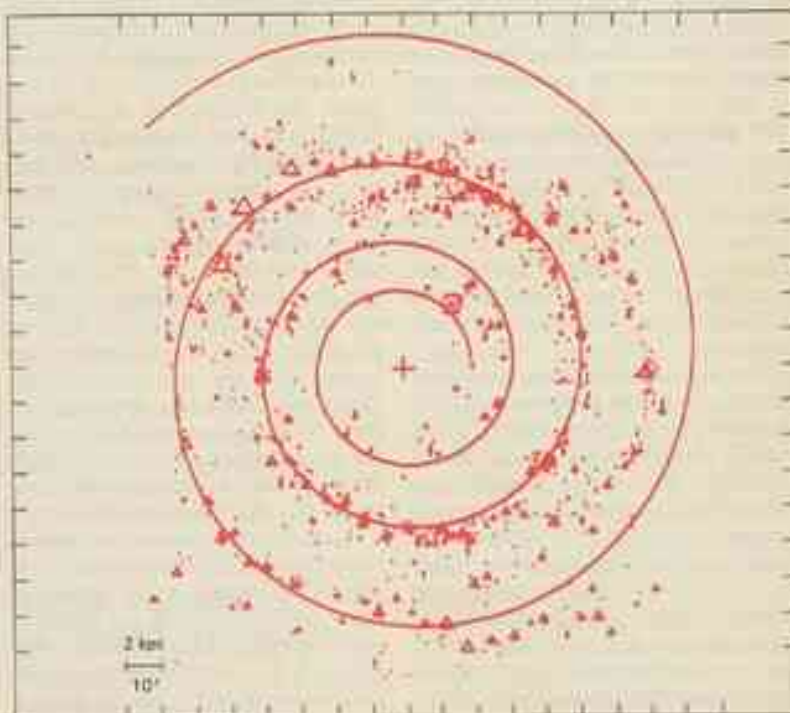
□ LA 197 « Centre de recherches sur l'environnement sédimentaire et structural des domaines marins » - Bordeaux - Dir. : M. Vigneaux.

étude optique de la nébuleuse d'Andromède

La nébuleuse d'Andromède (Messier 31) est parmi les galaxies proches visibles dans l'hémisphère nord, l'objet le plus étudié à cause de son extension angulaire et de son type morphologique proche de celui de notre galaxie.

La première partie du travail entrepris dans le domaine visible sur cette galaxie a trait à la morphologie de la distribution d'hydrogène ionisé et à son application à la détermination de la

structure spirale. La détection de régions HII dont la brillance ne dépasse guère celle du ciel nocturne, est possible au moyen de filtres interférentiels étroits (25 Å), placés à l'entrée d'un système optique qui réduit la distance focale du télescope (Courtes). Près de mille régions HII ont été mise en évidence, certaines assurant la continuité d'une portion de bras qui s'étend sur 3 kiloparsecs. Si la distribution des dimensions de ces régions d'hydrogène ionisé se rapproche beaucoup de celle observée dans notre Galaxie, la calibration absolue en brillance révèle que cette dernière est notamment plus riche



La solution spirale à un bras « leading » dans le plan de la galaxie. Les régions HII sont représentées par des points, les associations d'étoiles chaudes par des triangles proportionnels à leurs dimensions. (LA 237 - Marseille).

que M 31 en gaz ionisé donc de type morphologique certainement plus « tardif » (Sbc).

La structure spirale à grande échelle a été déterminée à partir des positions des régions HII de notre catalogue et des associations d'étoiles OB (Van den Bergh). Des preuves à la fois théoriques et surtout observationnelles montrent que le motif qui s'accorde le mieux avec nos résultats, est une spirale à un bras qui se déroule dans le sens de rotation des objets qui matérialisent ce bras (« leading »). Cette structure originale serait possible à cause de l'existence dans le voisinage immédiat de M 31, d'un compagnon elliptique nain (Messier 32) qui possède de la masse et la vitesse adéquates pour créer la perturbation nécessaire à la naissance d'une telle structure.

L'étude cinématique de ces régions HII a été entreprise par la technique du spectrographe à étalon de Fabry-Perot (Courtes) appliquée à la raie H α . Plusieurs missions d'observations ont été nécessaires, soit au télescope de 193 cm de l'Observatoire de Haute-Provence, soit au télescope de 5 m du Mont Palomar pour mener ce programme à son terme. La courbe de rotation obtenue présente les caractéristiques suivantes : dissymétrie, absence de rotation pure dans le plan galactique au voisinage du noyau (< 1 kpc), existence de mouvements systématiques dans le bras N4 (Buaide) le mieux observable et vraisemblablement dans le bras N3. Les résultats d'observations du gaz neutre et ionisé, injectés dans l'équation de continuité, montrent que la structure du gaz n'est pas stationnaire dans le bras N4. Différents modèles de masse appliqués en assimilant la galaxie à un disque pur, ou à un système à deux composantes (bulbe + disque) conduisent à un rapport masse/luminosité moyen en lumière visible compris entre 5 et 10. Les variations de ce rapport avec la distance au centre n'étant pas significatives dans la partie optique de cette galaxie.

Le noyau et les parties centrales du bulbe ont été étudiés avec beaucoup de détails tant sur le gaz ionisé que sur la composante intégrée stellaire. La cinématique de ces deux composantes diffère totalement l'un de l'autre. Pour les étoiles, les vitesses de rotation sont symétriques par rapport au noyau, et croissent modérément de façon monotone quand on s'écarte de ce noyau ; pour le gaz, les mouvements sont violemment antisymétriques avec des écarts dépassant 100 km s⁻¹. Le caractère constant de la dispersion des

vitesses des étoiles a été mis en évidence autour du centre de M 31, sa valeur est de 140 km s⁻¹. L'application des équations de l'hydrodynamique avec l'hypothèse de deux intégrales premières seulement (Jeans) entraîne un faible rapport masse/luminosité pour les étoiles du bulbe. Son moment angulaire par unité de masse est très inférieur à celui trouvé pour les disques de galaxie. Ces deux résultats confirment la similitude des populations stellaires du bulbe de M 31 et des galaxies elliptiques. L'étude de la métallicité à partir de la mesure des largeurs équivalentes des raies métalliques fortes du domaine violet et la mesure détaillée des vitesses dans le voisinage du noyau, impliquent l'existence d'un « cœur » supernumérique qui pourrait prendre la forme d'une microbarre.

□ LA 237 « Etude physique des galaxies » - Marseille - Dir. : Y. Georgelin.

existe-t-il une association entre les sédiments en suspension et les bactéries dans les eaux estuariennes ou marines ?

On sait, depuis la synthèse de Martin, Meybeck, Salvadori, l'importance du bouchon vaseux pour la fixation des polluants chimiques. En est-il de même des pollutions bactériennes ?

Depuis de nombreuses années, le Laboratoire de géologie marine avait étudié les matières en suspension (MES) dans l'estuaire de la Loire et il était donc normal qu'il s'intéresse à cet aspect « liaisons bactéries-sédiments ». Il a pu le faire depuis 1975 grâce à la collaboration étroite du Laboratoire départemental d'hygiène et de bactériologie de Nantes à l'occasion de deux études : sur l'estuaire externe, au large de St-Nazaire (thèse de P. Freoel, 1978) et sur l'estuaire interne en 1978.

La première étude portant sur la répartition des germes de contamination fécale en fonction de l'hydrologie avait permis de montrer que la pollution était liée aux apports de la Loire dans l'estuaire externe selon le schéma suivant :

• en crue, ou gros débit, les eaux du fleuve pollues et turbides, le bouchon vaseux étant expulsé vers le large, s'étalent largement dans tout l'estuaire externe, y compris la baie de la Boule,

où la pollution « apportée » peut être importante, même en l'absence de touristes ;

• la pollution est minimale en mai et octobre où se conjuguent l'absence de touristes et d'apports ligériens ;

• en débits moyens ou d'étiage, les eaux sont plus claires et vont longer la côte sud où leur pollution importée s'ajoute à celle des touristes.

En dehors de ces phénomènes très nettement liés à l'hydrologie, sont apparus des problèmes mettant en évidence une possible « liaison bactéries/sédiments en suspension » :

• les eaux très turbides sont toujours les plus polluées bactériologiquement et les eaux « claires » le sont moins, quelque soit la saison ;

• la remise en suspension des sédiments s'accompagne toujours d'augmentation du nombre des germes étudiés :

- ainsi, au même point, en période de « mauvais temps », grande houle ou tempête, les valeurs sont statiquement plus élevées que par beau temps,

- de même, si l'on étudie les profils perpendiculaires aux plages, les maxima de germes sont localisés dans la zone du ressac ou déferlement, avec remise en suspension des sédiments,

- les bancs de sable au centre de l'estuaire présentent des eaux turbides et riches en germes et bactéries ;

• les recyclages des eaux douces et turbides par le mouvement alternatif de la marée, s'accompagnent d'une augmentation concomitante de la turbidité et des germes étudiés.

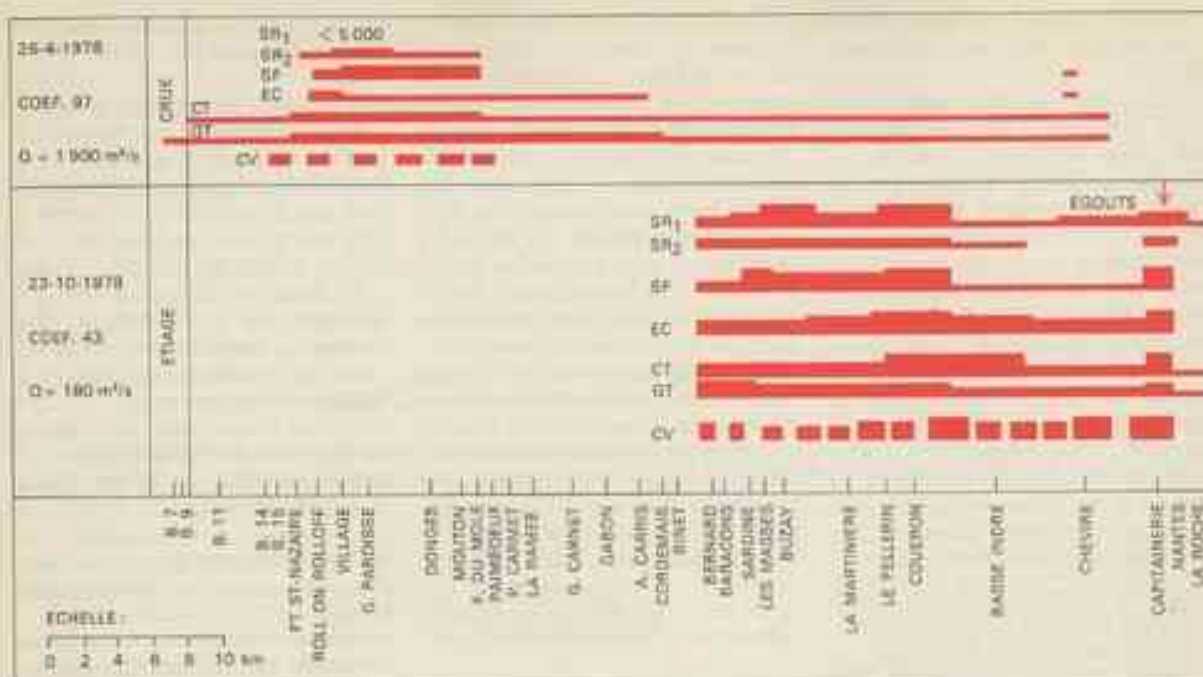
Cette première étude montrant indubitablement une association « bactéries/MES ». Nous avons donc cherché à étudier cette « association » au sein même du bouchon vaseux, milieu éminemment favorable, surtout lorsqu'en été, il se trouve à Nantes et reçoit tous les égouts. Ce fut l'objet de la seconde étude en 1978. Elle a montré :

- que les maxima de pollution bactérienne sont toujours situés dans la zone amont et au centre du bouchon vaseux (quelque soit la position de celui-ci dans l'estuaire),

- que le nombre de germes augmente avec la profondeur, comme la concentration en MES,

- que les germes semblent donc être sujets aux mêmes lois de décantation que les sédiments. Ceci est vérifié par la sélection des bactéries en fonction de leur taille. Les streptocoques fécaux associés en chaînette de 20 à 40 μ se concentrent davantage au fond que les coliformes de 1 à 2 μ ,

- que le nombre de germes diminue très vite à l'aval du bouchon vaseux.



Evolution du bouchon vaseux et de la pollution bactérienne au cours de l'année 1978. (ERA 606 - Nantes).

— que les germes résistent plus longtemps dans un milieu turbide qu'en eaux claires. Ceci semblerait particulièrement vrai pour les *Salmonella* toujours présentes, parfois abondantes dans le bouchon vaseux, alors qu'elles manquent en eaux claires.

Il apparaît donc dans le bouchon vaseux, que de nombreux facteurs se conjuguent et permettent une véritable concentration des germes, de 10 à 100 fois en général. On atteint 1 000 fois pour les sulfato-réducteurs très vivaces au sein de la crème de vase, milieu réducteur.

Aussi, le bouchon vaseux joue un véritable rôle d'accumulateur ou de filtre pour les pollutions bactériennes et de nombreuses conséquences en découlent pour l'assainissement notamment.

Il existe donc une véritable « association » entre les bactéries et les MES qui obéit aux lois habituelles de la sédimentation et surtout à la décantation, mais dont nous ignorons encore les mécanismes.

Il serait intéressant que nos collègues microbiologistes se penchent avec des sédimentologues sur la nature physique, enzymatique ou biologique de cette association.

Dans la pratique, ceci signifie également qu'il est nécessaire dans les études de pollution du milieu marin, de considérer, non seulement l'eau, mais aussi les MES et parfois les sédiments décantés.

Bibliographie

P. Frenel (1978) - Relations entre

l'hydrologie et les bactéries témoins de contamination fécale dans l'estuaire externe de la Loire. Thèse de 3ème cycle, Nantes, juin 1978, 213 p., 76 fig.

B. Gallienne (1974) - Les accumulations turbides dans l'estuaire de la Loire. Etude de la crème de vase. Thèse de 3ème cycle, Nantes, mai 1974, 300 p., 3 pl.

J.M. Martin, M. Meybeck, P. Salvadori, A. Thomas (1976) - Pollution chimique des estuaires. Etat actuel des connaissances. Rap. scientifiques, technique, CNEXO, n° 22.

F. Ottmann, J. Quéré (1979) - Etude de la concentration bactérienne par le bouchon vaseux dans l'estuaire de la Loire. Rapport interne. Contrat CNEXO 77/1 741 et DDE 44, fév. 1979, 53 p., 8 fig., 2 tabl., 34 p. annexe.

ERA 606 « Aménagement littoral » - Nantes - Resp. : F. Ottmann.

publication

— Philippe Vieillard, « Géochimie des phosphates. Etude thermodynamique. Application à la genèse et à l'altération des apatites », sciences géologiques, mém. n° 51, 181 pages.

— Guilhem Bourrié, « Acquisition de la composition chimique des eaux en climat tempéré. Application aux granites des Voges et de la Margerite », sciences géologiques, mém. n° 52, 170 pages.

— « Phénomènes de transport de matière dans l'écorce terrestre. ATP-CNRS.

Résultats scientifiques », sciences géologiques, mém. n° 53, 162 pages.

Pour tous renseignements, s'adresser à la bibliothèque de l'Institut de géologie - 1, rue Blessig, 67084 Strasbourg Cedex.

Centre de sédimentologie et de géochimie de la surface - Strasbourg - Dir. : G. Millot.

— « La fin des temps glaciaires en Europe. Chronostratigraphie et écologie des cultures du Paléolithique final ». Colloque international CNRS n° 271, Talence 24-28 mai 1977, sous la direction de Denise de Sonneville-Bordes. Préface de Léon Palés. Editions du Centre national de la recherche scientifique, 930 pages en 2 volumes reliés.

— Cahiers du Quaternaire n° 1 : François Bordes, « Typologie du Paléolithique ancien et moyen ». 3ème édition. Centre national de la recherche scientifique. Centre régional de publication de Bordeaux. 163 pages et 108 planches en 2 volumes brochés.

LA 135 - Institut du Quaternaire, université de Bordeaux I - Resp. : Denise de Sonneville-Bordes.

Rectificatif

Dans le « Courrier du CNRS n° 32 » avril 1979, une erreur s'est introduite dans la reproduction de la figure de l'article « Structure et cinématique du Petit Nuage de Magellan », page 57 : la partie « rouge » a été inversée. Par contre la même figure sur la page 4 de couverture a été reproduite correctement.

PIRMED

programme interdisciplinaire de recherches sur les bases scientifiques du médicament

Le programme interdisciplinaire de recherches sur les bases scientifiques du médicament, « PIRMED », s'inscrit dans la lignée des actions interdisciplinaires qui ont été mises en place par le CNRS, tel le programme interdisciplinaire de recherches sur le développement de l'énergie solaire, « PIRDES », ou le programme interdisciplinaire de recherches sur l'environnement, « PI REN ».

Le but essentiel de ce programme est de promouvoir « l'innovation thérapeutique médicamenteuse », en favorisant la collaboration entre les équipes de recherche du secteur public qui travaillent sur des thèmes voisins ou fortement corrélés, et, si possible, leurs homologues du secteur privé.

L'objectif du PIRMED est double : d'une part, soutenir des recherches à caractère fondamental et, d'autre part, aplanir les difficultés auxquelles se heurtent les équipes qui désirent passer du stade de l'expérimentation à celui du développement éventuel de produits nouveaux.

Les deux caractéristiques essentielles de ce programme doivent être : l'aspect collectif et la continuité : en effet, pour mener une action positive dans le domaine du médicament, une perma-

nence minimum est indispensable, aucun résultat ne pouvant être acquis sur une période inférieure à plusieurs années (quatre à douze ans selon les classes thérapeutiques).

La réussite de ce programme implique une association étroite avec le secteur médical, des liens privilégiés devant être également établis avec d'autres grands organismes de recherche (INSERM, INRA, ORSTOM), sans omettre, bien évidemment, l'industrie pharmaceutique.

S'agissant d'un domaine aussi vaste que celui des médicaments, il était nécessaire de définir, en premier lieu, les thèmes prioritaires qui tiennent compte à la fois du potentiel existant au CNRS en hommes et en moyens, des problèmes fondamentaux à élucider, ainsi que des applications éventuelles.

Quatre axes principaux, auxquels correspondent quatre comités, ont été retenus : 1) « immunomodulateurs » ; 2) « antibiotiques » (ainsi qu'oncostatiques, anti-inflammatoires, etc.) ; 3) « neurodrogues » ; 4) « génie génétique ».

L'action de ces comités est coordonnée par un Conseil scientifique, présidé par le président du CNRS et/ou le directeur général.

Les réunions préliminaires de ces différents comités ont déjà permis de constater, une fois de plus, qu'au plan fondamental le mécanisme d'action de certaines substances est loin d'être élucidé, et que des efforts doivent être poursuivis dans ce sens.

En outre, il s'avère qu'une collaboration effective entre spécialistes de disci-

plines diverses serait du plus haut intérêt. Par exemple, les états inflammatoires liés aux troubles rhumatismaux relèvent logiquement du secteur « anti », alors que la cause des phénomènes doit être recherchée en amont, vraisemblablement dans une défaillance des systèmes immunitaires.

L'assistance du PIRMED se manifestera principalement par des aides financières. Un budget a déjà été établi à cet effet par le CNRS pour 1979 et 1980. Aux sommes ainsi attribuées dans le cadre du budget du CNRS viendront s'ajouter une aide, encore modeste, en personnel (chercheurs et techniciens), ainsi que des aides indirectes par le biais des ATP existantes, ou à créer dans les différents secteurs du CNRS concernés par cette action interdisciplinaire. Les appels d'offres de ces ATP seront établis après consultation entre les responsables du PIRMED, et les directeurs scientifiques du CNRS. Enfin, la DGRST pourra apporter sa contribution dans le cadre de contrats de programmes.

Une petite équipe permanente est déjà à l'œuvre, et se compose de P. Potier qui assure la direction du programme, en accord avec le professeur L. Hartmann, conseiller médical de la direction générale du CNRS, de H.P. Husson, directeur adjoint, et de Mme N. Pouey, chargée de mission.

Pour tous renseignements, s'adresser au PIRMED - 282, boulevard Saint-Germain, 75007 Paris - tél. 550.49.35.

□ Programme interdisciplinaire de recherches sur les bases scientifiques du médicament - Paris - Dir. : P. Potier.

Sciences de l'homme

le peuplement antique de la Bactriane orientale

Sur le terrain, au nord-est de l'Afghanistan actuel, l'activité de l'équipe s'exerce selon deux modalités complémentaires : la prospection et la fouille. Dès 1975, la prospection avait révélé l'existence de sites que l'on faisait remonter à l'âge du Bronze d'après la céramique de surface, laquelle présentait par ailleurs d'étonnantes analogies avec le matériel de la civilisation de

l'Indus, au sud de la grande barrière montagneuse qui sépare l'Asie centrale du continent indien. Ces sites se trouvaient en rase campagne, assez loin de l'eau, si bien que l'on était conduit à postuler l'existence d'une irrigation artificielle, qui seule pouvait permettre de subsister, dans des conditions climatiques qui étaient alors, semble-t-il, à peu près celle d'aujourd'hui. (Voir *Courrier du CNRS* n° 30, octobre 1978, pp. 74-75).

La fouille de l'un de ces sites, Shor-tughai, a confirmé ces hypothèses. Des canaux d'irrigation, datés des environs de 2000 av. J.-C. ont été mis au jour. Ils apportaient la vie à une petite com-

munité agricole et artisanale d'origine indienne. A plus de 500 kilomètres au nord des sites les plus septentrionaux actuellement connus de la civilisation de l'Indus, les habitants de Shor-tughai vivaient dans des bâtiments construits comme ceux de l'Indus ; ils fabriquaient la même céramique, taillaient les pierres semi-précieuses (le lapis-lazuli et la cornaline notamment), fondaient le cuivre et l'or.

L'exploitation des ressources minérales du versant nord de l'Hindu Kuch est peut-être l'une des causes qui ont motivé l'installation de cette « colonie » si loin des centres du bassin de l'Indus. A cette époque (la fin du III^e millé-



Shortughai (N.E. de l'Afghanistan) : cachet représentant un rhinocéros et quelques caractères de l'écriture de la civilisation de l'Indus. Environ 2000 av. J.-C. (URA 10 - Paris).

naire), de grands axes d'échanges commerciaux parcouraient le Vieux Monde de l'Indus à la Mésopotamie, par le golfe persique ou par le plateau iranien et la Bactriane. La fondation du « comptoir » de Shortughai est une nouvelle manifestation de la vigueur des échanges entre ces antiques civilisations, dans une région reculée de l'Asie où cette découverte prend un relief particulier.

□ URA 10 • Le peuplement de la Bactriane gréco-kushane • Paris - Resp. : J.C. Gardin.

l'alimentation des Bassari, Boïn et Peul, de l'arrondissement de Salemata (Sénégal oriental)

L'étude quantitative de l'alimentation, commencée en 1974, a vu son achèvement en 1977. Elle a mis en évidence des différences très importantes entre éleveurs Boïn et Peul d'une part, et cultivateurs Bassari de l'autre. En particulier, la consommation de viande ou de volaille est deux fois plus importante dans le premier groupe (1 jour sur 2 environ) que dans le second. La consommation du lait, chez les Boïn et les Peul, varie avec l'importance du troupeau (1 jour sur 2 à 1 jour sur 7 suivant les familles étudiées), tandis

qu'elle est nulle chez les Bassari.

Si les mêmes céréales (riz, mil, maïs, fonio) constitueront la base de l'alimentation des deux groupes, c'est avec des fréquences différentes ; par ailleurs, le poids de terre (légumineuse) tient une place importante dans le régime des seuls Bassari, les patates sont cultivées uniquement par les Peul et les Boïn.

En dépit de ces différences importantes, un certain nombre de caractères biologiques communs aux trois populations ont été mis en évidence :
- pression artérielle basse et qui reste telle tout au long de la vie ;
- absence totale d'obésité à tout âge et faiblesse des plis cutanés (réserves graisseuses) ;
- absence de signes apparents de carence, malgré des régimes pauvres en protéines animales et riches en glucides et lipides (arachides).

Ces observations nous avaient amené à formuler les hypothèses de travail suivantes :

• Le cycle annuel de travail, qui comporte une période d'abondance et de relative inactivité, à laquelle fait suite une période de travail intense au cours de laquelle a lieu la « soudure », serait responsable des deux premiers caractères : les réserves graisseuses accumulées dans la première phase du cycle annuel seraient intégralement brûlées dans la deuxième, si bien qu'aucun gain de poids ni de réserves graisseuses ne serait accumulé d'une

année à l'autre.

• Le déficit apparent, en ce qui concerne en particulier les protéines, est probablement compensé par un apport important de protéines végétales.

En 1978, grâce à l'ATP : « Comportement alimentaire humain en 1977 », obtenue par deux chercheurs du laboratoire (1), l'enquête abordait l'étude quantitative de l'alimentation, dans les mêmes groupes, destinée à confirmer ou infirmer les hypothèses énoncées ci-dessus.

Au cours d'une année complète (février 1978 à février 1979), toutes les denrées entrant dans l'alimentation de huit familles, appartenant aux trois ethnies citées, ont été mesurées et nous connaissons pour chaque repas le nombre de convives.

Un chercheur présent pendant les six premières semaines de l'enquête a pu vérifier, au cours de fréquentes visites dans les huit familles retenues, que chacun des informateurs s'acquittait avec précision de sa tâche. Par la suite, un chercheur s'est rendu sur le terrain tous les deux mois. A chaque passage, celui-ci a contrôlé, avec chacun des informateurs, les données consignées ; de plus il a relevé, sur la totalité des adultes (hommes et femmes) des familles choisies, et sur le plus grand nombre possible d'hommes adultes de chacune des trois ethnies, les mesures suivantes : poids, épaisseur des plis cutanés tricipital et sous-épaulaire, circonférence du bras et pression artérielle ; la stature étant mesurée une fois pour toutes.

Un premier dépouillement de toutes ces données est aujourd'hui terminé. Il va permettre de calculer, en fonction de l'ethnie et du cycle annuel : les rations journalières en calories, protéines, glucides, lipides, vitamines... D'ores et déjà, il apparaît que l'évolution du poids et des plis cutanés, au cours du cycle annuel, confirme le bien-fondé de notre première hypothèse.

L'étude poursuivie parallèlement sur la fécondité féminine et la mortalité infantile, dans les mêmes groupes ethniques, devra tenir compte des résultats de l'enquête alimentaire, étant donné l'importance de l'alimentation de la mère et de l'enfant en bas âge, en ce qui concerne ces deux caractéristiques démographiques.

□ LA 49 • Centre de recherches anthropologiques du musée de l'homme • Paris - Dir. : R. Gessain.

(1) Marie-Thérèse de Lestrang et Monique Gressin.

cartographie géomorphologique

Le centre de géographie appliqué participe à la phase finale de la mise au point d'une nouvelle méthodologie pour l'établissement des cartes géomorphologiques que dresse « Radambrasil » (voir *Courrier du CNRS*, n° 31, janvier 1979, page 51).

Les cartes géomorphologiques seront désormais établies non plus sur fond topographique, mais en utilisant directement les mosaïques de radar qui seront traitées d'une manière originale afin de faire apparaître en couleurs les grandes unités géomorphologiques, telles qu'elles résultent de la structure ou de l'évolution propre du relief. Simultanément, des compensations permettront de maintenir bien visibles les détails du relief même quand les couleurs adoptées pour certaines unités géomorphologiques sont pâles. Toute une série d'essais techniques ont été réalisés en 1978/1979 dans le cadre d'une collaboration entre RADAMBRASIL, l'université fédérale Fluminense, l'US geological survey et une firme privée brésilienne, Geocarta. Le procédé nouveau mis au point donne les résultats remarquables.

Il s'est agi d'en tirer le profit maximum pour rendre plus lisibles et plus complètes les cartes géomorphologiques utilisées comme élément de base pour l'inventaire des ressources naturelles et des problèmes d'aménagement dont est chargé RADAMBRASIL. Il a fallu établir une nouvelle taxonomie des informations géomorphologiques à figurer sur les cartes. Il a été tenu compte, à cet effet, à la fois de l'importance scientifique des données et de leur intérêt pratique. Il a fallu, aussi, préparer des instructions afin d'aider les quarante géomorphologues de RADAMBRASIL à assimiler et à appliquer la nouvelle méthodologie.

□ LA 95 « Centre de géographie appliqué » - Strasbourg - Dir. : J. Tricart.

analyse de l'espace

Le laboratoire commence l'année universitaire 1979-80 avec quatre thèmes de recherche fondamentaux : l'équipe commerce fait à l'heure actuelle de nombreuses enquêtes sur le commerce de gros dans la région Ile-de-France ; l'équipe industrie, qui a fait de multiples études financées en partie par les organismes régionaux au cours de ces dernières années, se propose d'exploiter les documents obtenus sur le

prix du sol, le groupement des localisations industrielles, les effets des grands établissements sur l'environnement. Soutenus par un contrat DAFU, plusieurs chercheurs étudient les conditions du développement périphérique des villes (exemples retenus : le plateau de Brie, la région du Mans). Enfin, les problèmes de mobilité, qui ont déjà donné naissance à de nombreuses publications sur les transports, entament un nouveau cycle avec la collaboration effective du professeur Reichmann de l'université de Jérusalem et la collaboration budgétaire de l'Institut de recherches des transports ; un dossier a été déposé également pour obtenir une aide de la DGRST.

□ LA 165 « Centre de recherches : analyse de l'espace » - Paris - Dir. : J. Beaudeau-Garnier.

études sur l'emploi

En 1979, le programme de recherche du Centre d'études juridiques et économiques de l'emploi a concerné l'étude des marchés locaux du travail ; une étude a été lancée sur le bassin d'emploi de Tarbes. Les modèles d'évolution de la population de chercheurs et ITA du CNRS ont été étudiés. La poursuite des coquêtes auprès des diplômés des universités toulousaines a

permis d'observer les relations formations/emploi.

Publications

J. Vincens - J.L. Hermen « L'insertion professionnelle des diplômés de l'université des sciences sociales de Toulouse ».

J. Vincens « La planification régionale de l'éducation » - *Revue d'économie régionale et urbaine*, n° 1, 1979.

J. Vincens « Formation, emploi et systèmes éducatifs » - *Mélanges dédiés à Gabriel Marty* - Université des sciences sociales de Toulouse.

□ ERA 147 « Centre d'études juridiques et économiques de l'emploi » - Toulouse - Resp. : J. Vincens.

mosaïque de la Gaule

Le Centre de recherche sur la mosaïque est l'aboutissement des efforts entrepris par Henri Stern depuis les années 60 pour promouvoir les études sur la mosaïque antique. Après avoir mené à bien, seul, la rédaction des premiers volumes du « Recueil général des mosaïques de la Gaule », H. Stern a réuni progressivement autour de lui une équipe de documentation et de recherche, qui, aujourd'hui, élargit sa vocation première et devient le Centre de recherche sur la mosaïque, dirigé par René Ginouvès.



Mosaïque de Saint-Paul-Trois-Châteaux - Drôme. (ERA 442 - Paris).

L'activité essentielle du Centre reste le « Recueil des mosaïques de la Gaule », dont la publication se poursuit à un rythme croissant. Sept volumes sont déjà parus (trois pour la Gaule Belgique, trois pour la Lyonnaise, le premier fascicule de la province de Narbonnaise vient de sortir), totalisant 1 287 notices pour la partie nord et nord-est de la France. Le premier volume de l'Aquitaine est sous presse, le second tome de la Narbonnaise (Vienne) achevé.

Mais, à côté de cette activité de recherche proprement dite, qui s'inscrit dans le cadre d'une publication essentielle pour la compréhension d'un domaine capital de l'histoire de l'art antique et médiéval, l'ERA 442 a développé, depuis quelques années, une série d'actions ponctuelles destinées à mettre au service des fouilleurs locaux l'appui d'une certaine « pratique » de la mosaïque et des techniques très spéciales qu'elle exige aujourd'hui (relevés photographiques orthogonaux grâce à un système de prise de vues à distance avec déclencheur par radio, relevés graphiques au cube à cube, analyses pétrographiques fines pour déterminer l'origine des matériaux, etc.). C'est ainsi, par exemple, qu'avec l'accord du directeur des antiquités du Languedoc, et avec l'étroite collaboration du fouilleur, les pavements de la villa de Loupian (Hérault) ont pu être étudiés au cours de plusieurs campagnes de fouilles préparant une publication en commun. De même, aux Andelys, à Migenes, à Séviac ou à Saint-Sever, pour ne citer que les cas les plus récents, un ou plusieurs membres de l'équipe ont été envoyés sur place pour participer aux travaux de fouille, déposer et relever des mosaïques importantes.

Une troisième branche de l'activité du Centre est la mise au point d'un « Répertoire graphique du décor géométrique dans la mosaïque antique », entreprise fondamentale qui avait été demandée par tous les spécialistes étrangers réunis à Paris pour le premier colloque international sur la mosaïque gréco-romaine. Ici, l'action de l'équipe s'est élargie au plan international : un travail préliminaire, publié en 1973, a été soumis aux divers spécialistes intéressés, et a servi de base à un ouvrage plus complet (à paraître en 1980) dans lequel chaque motif est présenté, dessiné et défini en quatre langues (anglais, allemand, italien, espagnol). Ce travail constitue une première approche pour une future banque de données.

Toujours dans le domaine de ses activités internationales, le Centre fournit une collaboration essentielle au

développement de l'Association internationale pour l'étude de la mosaïque antique (ALEMA), en coordonnant les analyses bibliographiques de nombreux spécialistes étrangers, sous la forme d'un volume paraissant tous les deux ans (environ 2 000 titres recensés) qui regroupe toute la bibliographie concernant la mosaïque, accompagnée de compte-rendus critiques des travaux les plus importants.

Ces multiples orientations ont conduit à élargir le champ d'horizon des recherches de l'équipe. Au lieu de se limiter à la mosaïque gallo-romaine, c'est désormais tout le domaine de la mosaïque qui est pris en considération, jusqu'à la mosaïque des XIX^e et XX^e siècles dont les productions sont inséparables, dans une perspective de longue durée, des témoignages classiques de cet art.

Un des projets actuellement mis en œuvre est la transformation de l'équipe en centre de documentation sur la mosaïque, avec notamment le début de la constitution d'un photothèque et d'une bibliothèque spécialisée.

ERA 442 « Recueil général des mosaïques de la Gaule et recueil général des peintures murales gallo-romaines » - Paris - Resp. : R. Gineuvet.

L'Ethiopie moderne, du XVI^e siècle à nos jours

La recherche coopérative sur programme « Ethiopie moderne » a poursuivi de 1976 à 1978 ses enquêtes sur une Ethiopie d'où le passé s'efface. Sans doute, les possibilités d'études ont-elles été réduites de 1976 à l'automne 1977 hors d'Addis-Abeba et surtout au Harar où les enquêtes historiques et culturelles étaient déjà très avancées, par la restriction accompagnant la période la plus dramatique de la révolution éthiopienne, aggravée par l'agression somalienne au sud-est de la nation.

En compensation, les autorités éthiopiennes ont apporté à la RCP, dès la fin de 1977, une aide renforcée, qui a permis de compléter abondamment les dossiers précédemment ouverts.

Tout en tenant la chronique de la révolution éthiopienne et plus spécialement de ses aspects sociaux et culturels, il a été possible d'accroître ce que l'on connaissait de deux chapitres redevus brûlants pour la position internationale de la Corne de l'Afrique :

- celui sur les relations entre l'Ethiopie et la Russie sous Ménélik II, dont l'im-

portance mondiale est aujourd'hui manifeste ; ces relations apparaissent, de leurs origines tsaristes à leur actuelle version soviétique, conformes à une tradition diplomatique indépendante des vicissitudes politiques parce que fondée sur des affinités culturelles et sociales bien plus puissantes ;

- celui des fictions politiques et géographiques, jadis artificiellement exploités pour justifier les colonisations italiennes du nord et du sud-est de l'Ethiopie, aujourd'hui repris sans changement par les puissances rivales de l'Ethiopie pour justifier leurs propres objectifs.

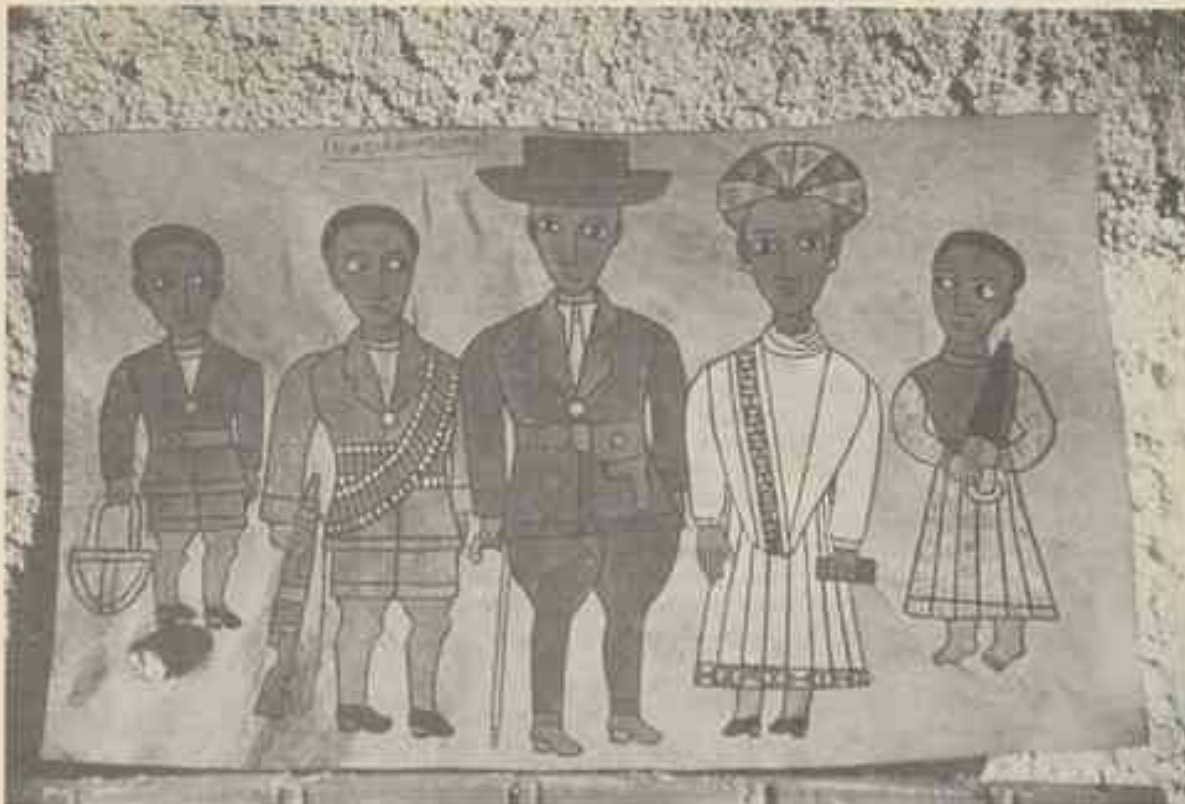
La vie quotidienne et les structures sociales : on observe à Addis-Abeba l'effacement des particularismes ethniques, la simplification de la vie matérielle, le développement d'un vocabulaire et de notions reflétant la pluriologie du socialisme devenu doctrine officielle, l'uniformisation du costume national ; également la mise en commun de bien des superstitions courantes, désormais partagées par chrétiens, musulmans et païens. Alors que depuis quelques dix années, un art populaire spontané avait ressurgi (figurines de terre cuite représentant des images réalistes de la vie éthiopienne), depuis 1978 (?) cet art spontané s'est subitement détourné vers l'illustration de la révolution à partir de modèles chinois et soviétiques (mais déjà, s'insinuant dans ces poncifs étrangers une éthiopianisation des paysages, objets et figures, qui méritera d'être suivie).

Les cultes populaires : il semblerait que se manifeste une diffusion (ou plutôt une résurgence ?) de religions que le régime impérial avait réfrénées au profit du christianisme, soutien de la dynastie.

Des « sectes » apparemment diverses (mais remontant toujours à des origines oromo), se rejoignent et se soutiennent pour revivifier les anciens cultes d'esprits protecteurs caractéristiques des traditions autochtones et dont les doctrines, voire même les rites, restent secrets.

L'irrésistible mouvement mystique émané, il y a un siècle du Wollo vers les Aroussis où il fut personnifié par la célèbre Momina, a pris un tour définitivement musulman avec son actuel prophète Nour-Ahmed ; celui-ci attire à son pèlerinage de Nazare (100 km au sud de la capitale) non seulement les galla islamisés du Harar et du Balé, mais aussi d'autres oromo plus tradi-

* Voir le *Croniqueur du CNRS* n° 20, avril 1976 : L'Ethiopie : du XVP siècle à nos jours, pages 27 à 31.



Les notables éthiopiens de naguère, peints par un humoriste d'Ily à quelques années (de gauche à droite : le petit domestique ; le valet portant le fusil, inséparable du maître : S.E.X. Ras « N'importe-qui », épouse : la petite bonne portant le parapluie de Madame. (RCP 329 — Éthiopie).

tionnalistes, de la non moins puissante famille des « maîtres d'esprits » du pays Metcha, détenteurs, dans l'ouest du Choa, des lieux saints de Netcho, Wolmera, Adda, etc. Cette étude implique une attention particulière à l'égard de l'islam éthiopien où l'on trouve à la fois des traditions arabes classiques, par ailleurs perdues, et la préservation de croyances éthiopiennes que le christianisme avait effacées des régions centrales de la nation. Il importe, entre les unes et les autres, de faire un tri. Il faut glaner, autour des monastères de Harar et d'Addis-Abeba, les manuscrits et les imprimés qui représentent ce que l'Éthiopie a utilisé de la culture arabe extérieure en fait d'occultisme, géomancie, magie, talismans remontant aux traditions mises autrefois sous les noms d'Outarid, du pseudo-Aristote des lapidaires, du Salomon maître des jinn ; cette enquête révèle la survivance de documents arabes par ailleurs disparus. Mais il faut en même temps se faire commentar les nombreuses drogues apportées couramment d'Abou' Qāsim et de Cheikh-Husseïn, et dont beaucoup représentent une pharmacopée bien plus oromo qu'arabe.

Pour se propager en Éthiopie mysti-

quement et politiquement, les sectes musulmanes ont emprunté les pistes qui suivaient naguère les pèlerins galla païens ; elles en ont adopté les costumes et les insignes ; elles en ont mis les génies protecteurs au nombre de leurs saints.

Publication prochaine :

Mémoire de la RCP 329 « Éthiopie moderne, du XVI^e siècle à nos jours », tome I.

□ RCP 329 « Éthiopie moderne du XVI^e siècle à nos jours » — Resp. : J. Dorozz.

publications

— C. Lévi-Strauss « La voie des masques », Paris, Pion, 1979, nouvelle édition revue et augmentée.

— Réalisé par plusieurs membres du Laboratoire d'anthropologie sociale : « Recueil d'hommages à l'occasion du soixante-dixième anniversaire de C. Lévi-Strauss ». A sa parution aux éditions Gallimard (Paris, 1979) sous le titre « La fonction symbolique », cet ouvrage a été remis à C. Lévi-Strauss par des collègues français et étrangers. — Michel Perrin : « Sukunipa Wayuu. Los guajiras : la palabra y el vivir »,

Fundación La Salle de ciencias naturales, Monografía 25, Caracas 1979, 225 pages, illust. ; édition trilingue de mythes guajiro : français, espagnol, guajiro.

— P.H. Stahl, en collaboration avec M. Guidetti : « Le radel dell' Europa. Il dibattito ottocentesco su comunità di villaggio e familiari », Milano 1979, 1ère éd. Jaca Book.

— « L'ethnologie de la France : besoins et projets » : publication du rapport du groupe de travail sur le patrimoine ethnologique créé en janvier 1979 par le Ministère de la culture et de la communication.

Pour asseoir les travaux de ce groupe, le Laboratoire d'anthropologie sociale a conduit une enquête qui a donné lieu à la publication du « Répertoire de l'ethnologie de la France », 400 pages, publié par la Maison des sciences de l'homme.

□ Laboratoire d'anthropologie sociale — Paris — Dir. : C. Lévi-Strauss.

Dans la collection « Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences » : — n° 12 : Efthichos Bitsakis, « La philosophie de la nature d'Aristote », Paris, CESH, 1979, 35 pages ;

- n° 13 : Jacques Petrel, « La négation de l'atome dans la chimie du XIX^e siècle - Cas de J.B. Dumas », Paris, CDSH, 1979, 141 pages.

□ Centre de documentation sciences humaines - Paris - Dir. : R. Brunet.

« Revue archéologique de Narbonnaise », tome XI, 1978, p. 143 à 194, 25 dessins, 28 photographies. MGB Rogers, céramologue et M. Alberic Olivier, architecte DPLG.

□ Service d'architecture antique - Bureau de Dijon - Resp. : A. Olivier.

- E. Chouraqui : article sur la « représentation de la description des concepts ». Rairo-Informatique, vol. 13, n° 3, 1979.

- A. Guenoche : « Énumération de classes de permutations », Rairo-Recherche opérationnelle, vol. 13, n° 4, 1979.

- J. Léon, M.E. Torres Lima : « Études de certains aspects du fonctionnement de l'analyse automatique du discours (AAD) ». Traitement de syntagmes nominaux en expressions figées et segmentation d'un corpus en séquences discursives autonomes », in TA Informations, 1, 1979.

- J.P. Cheylan, F. Desbordes-Chrylan, L. Farinas Del Cerro : « Pour une démarche expérimentale d'analyse de la croissance péri-urbaine », in « Convention Informatica Latina, CIL 79 » Barcelone, 1979.

- Répertoire bibliographique des travaux des chercheurs du LISH (décembre 1979).

- Cahiers n° 5 du groupe de travail de l'AFCEI « Analyse et expérimentation dans les sciences de l'homme par les méthodes informatiques », animé par E. Chouraqui et J. Virbel (LISH). Ces cahiers n° 5 sont consacrés à la problématique de la conception, de la réalisation, et de l'administration de banques de données dans le domaine des sciences de l'homme. Composés d'une vingtaine d'articles, ils permettent de confronter les points de vue de différents spécialistes concernés par ce type d'activités.

Pour tous renseignements, s'adresser au Service de documentation et de diffusion du LISH - CNRS - 31, chemin Joseph Aiguier, 13274 Marseille Cedex 2 - tél. (91) 71.90.42 poste 400.

□ Laboratoire d'informatique pour les sciences de l'homme - Marseille - Dir. : M. Borillo.

- P.R. Giot, Jean l'Helgouach, J.L. Monnier « Préhistoire de la Bretagne », 444 pages ; éditions Ouest-France - Université, Rennes, 1979.

- P.R. Giot, J. Briard, L. Pape « Protohistoire de la Bretagne », 443 pages ; éditions Ouest-France - Université, Rennes, 1979.

Ces deux livres présentent une synthèse complète sur la préhistoire et la protohistoire de la Bretagne du temps des glaciations à l'indépendance gauloise. Pour chaque séquence chronologique sont évoqués non seulement la vie matérielle mais les éléments de structures sociales, religions et environnement.

Les auteurs ont profité du résultat de leurs fouilles plus récentes et de l'apport des méthodes d'analyses de laboratoire physico-chimiques ou naturalistes en particulier ; l'environnement est reconstitué grâce aux travaux des palynologues.

□ ER 27 « Anthropologie, préhistoire, protohistoire et quaternaire Américaines » - Rennes - Resp. : J. Briard.

- Actes du colloque sur les énergies nouvelles. « De l'énergie nucléaire aux nouvelles sources d'énergie : vers un nouvel ordre énergétique international » ? Librairies techniques.

- Eric Loquin « L'amiable composition en droit comparé et international » - Librairies techniques.

□ ER 130 « Centre de recherche sur le droit des marchés et des investissements

internationaux » - Dijon - Resp. : P. Kahn.

- P. Lascoumes et al., « Délinquance d'affaires et justice pénale », Paris, SEPC, 1979.

- Th. Godefroy, « Le coût du crime en France, années 1976-1977 », Paris, SEPC, 1979.

□ ERA 634 « Service d'études pénales et criminologiques » - Paris - Resp. : P. Robert.

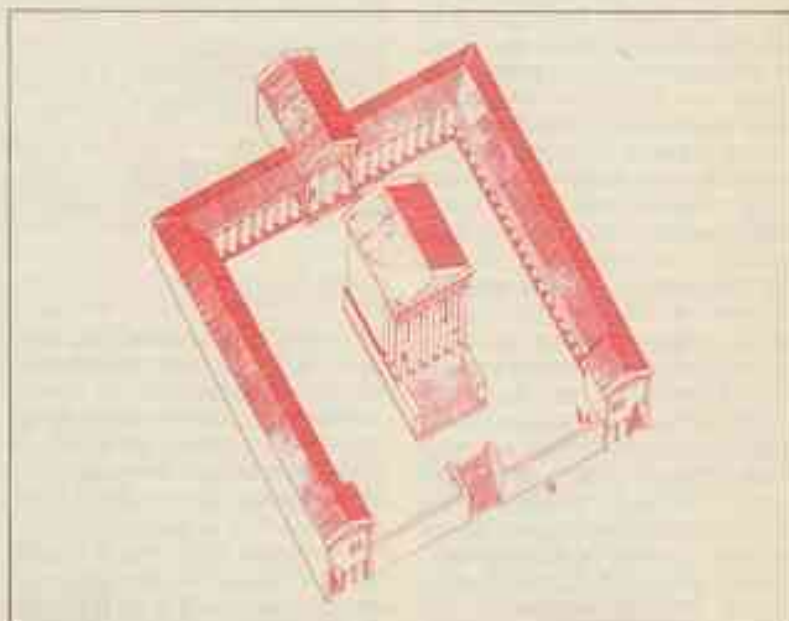
- Actes du colloque « Espace vécu » organisé à Rouen les 13 et 14 octobre 1976 par la RCP 354. Les communications au nombre de 21 sont réparties en quatre grands thèmes :

- l'espace vécu et les temps de la vie ;
- l'espace vécu et la mobilité des hommes ;
- l'espace vécu et la ville ;
- l'espace vécu et les niveaux sociaux.

Cet ouvrage est en vente au Centre d'études régionales et d'aménagement, université de Caen, Esplanade de la Paix, 14032 Caen Cedex.

Les travaux de six années de recherche de la RCP 354 vont donner lieu à la publication d'une synthèse, réflexion sur l'ensemble des thèmes d'étude des différents partenaires. On pourra se procurer cet ouvrage au Centre d'études régionales et d'aménagement de l'université de Caen.

□ RCP 354 « L'espace vécu » - Caen - Resp. : A. Fremont.



Vue aéroscopique de la restitution. Ce dessin donne une image possible du monument malgré de nombreux points ultérieurs. (Service d'architecture antique - Dijon).

Éphémérides

au jour le jour

15-18 novembre. Paris

A l'occasion du 150^{ème} anniversaire de l'Ecole centrale, une exposition était organisée sur le thème « L'ingénieur au futur, nouveaux défis, nouvelles dimensions » au Palais des Congrès ; le CNRS y présentait un film réalisé pour cette occasion « L'homme et la machine - un duo constructif ».

16-21 novembre. Paris

Interclima - en collaboration avec le COMES et l'ANVAR, dans la section générale d'information sur les énergies nouvelles. Le CNRS présentait les dernières recherches du PIRDES sur l'habitat solaire - panneaux et masques.

20 novembre-10 décembre. New Delhi

Présentation générale du CNRS et de ses accords de coopération avec l'Inde sur le stand France à la 1^{ère} foire internationale de New Delhi.

4-6 décembre. Chine

Visite d'une délégation de responsables d'organismes scientifiques français (parmi lesquels M. Charles Thibault, président du CNRS) conduite par M. Pierre Aigrain, secrétaire d'Etat à la recherche, à l'invitation de M. Fang Yi, vice-premier ministre chinois, afin de développer et approfondir la coopération scientifique entre les deux pays.

6-7 décembre. Victoria (Colombie britannique)

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

10-15 décembre. Paris

Présent à la 68^{ème} exposition de physique, le CNRS valorisait ainsi les recherches de vingt-cinq laboratoires, en présentant à un public essentiellement composé d'industriels français et étrangers leurs expériences de pointe (appareils en fonctionnement - panneaux - documentation spécifique).

12 décembre. Karlsruhe (RFA)

Réunion du comité de direction de l'Institut Laue-Langevin.

14 décembre. Paris

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

9 janvier. Paris

Réunion du Conseil du CNRS.



150^{ème} anniversaire de l'Ecole centrale (15-18 novembre).



Exposition Interclima (16-21 novembre).



68^{ème} exposition de physique (10-15 décembre).

distinctions

Ordre national de la Légion d'honneur

Est promu au grade d'officier :

M. Michel Vigneaux, directeur du centre de recherches sur l'environnement sédimentaire et structural des domaines marins (LA 197) - Membre de la section XVI « Océanographie et physique de l'atmosphère » du comité national du CNRS.

Sont nommés au grade de chevalier :

le Révérend Père Serge Bonnet, directeur de recherche au CNRS.

M. Francis Cambou, directeur du laboratoire de géophysique et électronique nucléaires spatiales du CNRS (LA 153) - Professeur à l'Université de Toulouse III.

Ordre national des palmes académiques

Sont promus au grade de commandeur :

Mme Madeleine Van Camp, directeur de recherche au CNRS, responsable du « Laboratoire de palynologie » (ER 25) à Montpellier.

M. Jean Pouilloux, directeur scientifique « des humanités » du CNRS.

Sont promus au grade d'officier :

Mme Colette Gillet, attachée administrative.

Mlle Jacqueline Poulin, chef du bureau des affaires sociales et des missions de l'administration déléguée des services centraux.

M. André Noblecourt, ancien administrateur délégué de la 2ème circonscription : Paris B du CNRS.

Sont nommés au grade de chevalier :

M. Noël Barbichon, ingénieur.
Mme Marie-Thérèse Barrelet, directeur de recherche honoraire au CNRS (retraite en mars 1979).

Mme Denise Bordes, directeur de recherche au CNRS à l'Institut du Quaternaire de Bordeaux (LA 133).

Mme Juliette Connes, directeur du Centre inter-régional de calcul électronique du CNRS à Orsay.

M. Jean-Pierre Dandieu, chef d'atelier de mécanique au Laboratoire d'optique électronique du CNRS à Toulouse.

Mlle Eliane Debal, ingénieur au Service central de microanalyse du CNRS à Thiais.

Mlle Geneviève Drouin, ingénieur à l'Institut d'astrophysique du CNRS à Paris.

Mlle Thérèse Duclos, ingénieur au Centre de documentation scientifique et technique du CNRS à Paris.

Mlle Michèle François, chimiste au Laboratoire de minéralogie à Nancy (LA 235).

M. Didier Gagnaire, directeur du Centre de recherches sur les macromolécules végétales du CNRS à Grenoble.

M. Philippe Kahn, directeur de recherche au CNRS - Responsable du « Centre de recherche sur le droit des marchés et des investissements internationaux » (ER 130) à Dijon.

M. Edmond Lisle, directeur scientifique des « sciences sociales » du CNRS.

Mme Andrée Michel, directeur de recherche titulaire au CNRS - Responsable du « Groupe d'études des rôles des sexes, de la famille et du développement humain » (ER 151) à Paris.

M. Gilbert Morvan, administrateur délégué de la 4ème circonscription « région parisienne sud » du CNRS.

Mme Jacqueline Noblet, secrétaire principale hors catégorie au laboratoire de

métallurgie à Nancy (LA 159).

M. Claude Rivenc, chef des services administratifs de l'Institut d'astrophysique du CNRS à Paris.

Ordre national du Mérite

Est promu au grade de commandeur :

M. André Dancin, directeur de l'Institut de recherche d'informatique et d'automatique, membre nommé du comité de direction du Laboratoire d'informatique pour les sciences de l'homme du CNRS.

Sont promus au grade d'officier :

M. Jacques Grémillet, conseiller auprès du directeur général du CNRS.

M. Jean-Baptiste Donnet, professeur à l'École nationale supérieure de chimie de Mulhouse, directeur du Centre de recherche sur la physico-chimie des surfaces solides à Mulhouse.

Sont nommés au grade de chevalier :

M. Michel Bourbon, documentaliste au CNRS (Musée de l'homme).

M. Jean Bouquet, professeur à l'Institut national des sciences appliquées de Lyon, membre élu de la commission de chimie et physico-chimie des matériaux solides du comité national du CNRS.

M. Yves Farges, directeur de recherche au CNRS, directeur du Laboratoire pour l'utilisation du rayonnement électromagnétique du CNRS à Orsay.

Mlle Claude Laloo, directeur de recherche titulaire au CNRS, sous-directeur du Centre des faibles radioactivités à Gif-sur-Yvette (laboratoire mixte CNRS-CEA) ; présidente de la section XVI « Océanographie et physique de l'atmosphère » du comité national du CNRS.

M. Jean-Pierre Lecharrier, inspecteur général de la sécurité des services centraux du CNRS.

M. Claude Lévy, professeur certifié d'histoire et de géographie, secrétaire général du Comité d'histoire de la seconde guerre mondiale.

M. Jean Philibert, directeur du Laboratoire de physique des matériaux du CNRS.

M. Jean-Baptiste Bonnet, président de l'université de Haute-Alsace, directeur du Centre de recherches sur la physico-chimie des surfaces solides de Mulhouse a reçu la médaille d'or de la Société d'encouragement à l'industrie nationale.

M. Constant Wippler, professeur à l'université de Strasbourg I, directeur du Centre de recherches sur les macromolécules de Strasbourg a reçu la médaille de bronze de la société d'encouragement à l'industrie nationale.

nominations

M. Hubert Curien, directeur général honoraire du CNRS, président du Centre national d'études spatiales, a été élu président de la Fondation européenne de la science, à Strasbourg, et succède à Sir Brian Flowers (Grande-Bretagne).

M. Raymond Aron, membre de l'Institut, directeur du Centre européen de sociologie historique (LA 209), est nommé président de la commission nationale pour la publication des œuvres d'Alexis de Tocqueville.

M. Edmond Lisle, directeur scientifique des « sciences sociales » du CNRS a été nommé président du conseil d'administration de l'Institut national de la recherche pédagogique (INRP).

M. le professeur Sir Derek Barton, directeur de recherche au CNRS, directeur de

l'Institut de chimie des substances naturelles du CNRS à Gif-sur-Yvette, a été nommé docteur *Honoris causa* des Universités de Valencia (Espagne), de Sheffield (Grande-Bretagne), de Western Ontario (Canada), de Metz (France) et de l'Institut Weizmann (Israël).

M.C. Lévi-Strauss, professeur au Collège de France, directeur du Laboratoire d'anthropologie sociale, a été nommé docteur *Honoris causa* de l'université de Laval, Québec (Canada). A cette occasion un recueil d'hommages, rassemblés par ses collègues canadiens pour son 70ème anniversaire, lui a été remis.

prix

M. Michel Crozier, directeur du Centre de sociologie des organisations a reçu le prix de la Fondation IIEC pour son livre « On ne change pas la société par décret ».

M. M. Delhaye, professeur à l'université de Lille I, directeur du Laboratoire de spectrochimie infrarouge et Raman de Lille a reçu le prix Esclapart 1979 décerné par la Société française de physique, conjointement avec M. E. Da Silva, directeur de la société Dilor à Lille. Ce prix récompensait les quinze années de collaboration université-industrie qui ont permis la réalisation de différents types de spectromètres Raman Laser, dont plusieurs certains sont en fonctionnement dans le monde. Au cours de cette réunion, M. Decroix, député du nord, a remis à MM. Delhaye et Da Silva la médaille de la région Nord-Pas de Calais.

M. Robert Oabillard, professeur à l'université de Lille I, responsable de l'équipe « ondes électromagnétiques dans le sol » (ERA 658) a reçu le grand prix pour la technique de la ville de Paris, pour ses recherches sur la propagation des ondes radioélectriques dans le sous-sol.

M. Jules Hoffmann, maître de recherche au CNRS, a reçu le prix de la Fondation Albert Wanders (Suisse) pour ses travaux portant sur les hormones des insectes.

M. René Passet, directeur du Centre de sciences mathématiques et économiques appliquées (GIS 2222) a reçu le prix Bordin de l'Académie des sciences morales et politiques pour son ouvrage « L'économie et le vivant ».

M. Lionel Salem, directeur de recherche au CNRS spécialiste de la photochimie, a reçu le prix Glaxo de vulgarisation écrite pour son livre de chimie à l'intention des non chimistes « Molécules la merveilleuse ».

Prix de l'Académie nationale de médecine

M. Claude Pasotelli, professeur à l'université de Paris XI, directeur du Laboratoire de pharmacologie et toxicologie fondamentale a reçu le prix Paul Mathieu pour ses « travaux sur les mécanismes d'action des cancérogènes chimiques et des agents chimiothérapeutiques antitumoraux ».

M. Jean-Bernard Le Pecq, professeur à l'université de Paris VI et co-directeur du Laboratoire de pharmacologie moléculaire (LA 147) a reçu le prix Yvonne Fouilly pour son ouvrage intitulé « Rôle des phénomènes d'intercalation au sein des molécules macromoléculaires dans le conditionnement des effets antitumoraux ».

Prix de l'Académie des sciences

Pris Jaffe décerné à M. Serge Frenkel, directeur de recherche au CNRS, directeur du laboratoire Aimé Cotton, pour ses travaux sur la théorie de la structure atomique et les problèmes d'interaction lumière-

atomes posés par l'utilisation des lasers.

Prix Journées décerné à M. Pierre Jolles, directeur de recherche au CNRS, responsable de l'équipe « structure et activité de substances biologiquement actives » (ER 102) pour ses travaux sur les relations entre la structure des protéines et leurs propriétés catalytiques, immunologiques et cristallographiques.

Prix Carrière décerné à M. Michel Raynaud, professeur à l'université de Paris-Sud, responsable de l'équipe d'arithmétique et géométrie algébrique (ERA 653) pour ses travaux de géométrie algébrique.

Prix Arthur du Fay décerné à M. Quoc Son Nguyen, maître de recherche au CNRS, pour ses travaux sur le comportement en écoulement des structures élastoplastiques et la propagation des fissures dans les milieux continus.

Prix Benjamin Valz décerné à M. Pierre Lema, professeur à l'université de Paris-VII responsable de l'équipe d'astrophysique infrarouge (ERA 377) pour ses recherches en astronomie infrarouge.

Prix Jules-César Janssen décerné à M. Jean Delleaye, directeur de l'Institut national d'astronomie et de géophysique, pour ses recherches sur la structure galactique.

Fondation Fernand Holweck : le prix est décerné à M. François Biraben, chargé de recherche au CNRS, pour ses travaux dans le domaine de la spectrométrie à 2 photons sans effet Doppler.

Prix L. La Caze décerné à M. Maurice Lombard, maître de recherche au CNRS, pour l'ensemble de ses travaux dans le domaine du pompage optique, et notamment la mise au point d'une méthode nouvelle de spectroscopie moléculaire permettant la détermination très précise de la position relative de niveaux de multiplicités différentes.

Prix en hommage aux savants français morts en 1940-1941 : R. Herr, G. Fleimice, A. Wahl - Le prix est décerné à M. Étienne Bonnier, professeur à l'Institut national polytechnique de Grenoble, directeur du Laboratoire de thermodynamique et physicochimie métallurgiques (LA 39) pour ses recherches sur les métaux liquides.

Prix Charles Dhéré décerné à M. Jean Asselineau, professeur de biochimie, co-directeur du Centre de biochimie et génétique cellulaire du CNRS pour son œuvre dans le domaine de la chimie bioorganique.

Prix Paul Pincus décerné conjointement à M. Roland Lefelvre, professeur à l'université Pierre et Marie Curie, et à M. Philémon Kottis, professeur à l'université de Bordeaux, directeur du Centre de physique moléculaire optique et hertzienne (LA 283) pour leurs travaux sur le phénomène de magnéto-photoconduction.

Prix André C. Bonnet décerné à M. Jean-Michel Dutail, chargé de recherche au CNRS, laboratoire de paléontologie, pour son mémoire sur les Amphibiens du Trias marocain.

Prix Serres décerné à M. Claude Picot, chargé de recherche au CNRS, pour ses travaux sur l'étude des effets de la température sur la différenciation sexuelle chez les embryons de Chalcidiens.

Prix Tringouff décerné à Mlle Gisèle Champalbert, chargée de recherche au CNRS, pour ses travaux sur les Copépodes de l'Océanostomus.

Prix Chaussier décerné à M. Philippe Mayer, directeur de l'unité U7 à l'INSERM, responsable de l'équipe de Physiologie et pathologie du muscle lisse (ERA 336), pour ses publications de physiologie et de médecine.

Prix Parkin décerné à Mme Michèle Ga-

rabedian, chargée de recherche au CNRS, pour ses travaux sur le rachitisme et le métabolisme de la vitamine D.

Fondation Lannelongue : le prix est décerné à M. Emile Mianghi, chef de laboratoire à l'Institut Curie, pour ses travaux de synthèses organiques originales, notamment dans les domaines des parallèles et des elliptiques.

Prix Marie Guido Triouzi décerné à M. Gérard Toulouan, directeur de recherche au CNRS, pour ses travaux sur la classification des défauts dans les milieux ordonnés et sur la théorie des milieux désordonnés.

Prix Gabriella Sant décerné à M. Jean Meyer, directeur de recherche au CNRS, responsable du Laboratoire de cécidologie (ER50) pour ses travaux de cécidologie (étude des galles ; sèves de tumeurs causées aux végétaux par des parasites).

Prix Paul Gaillet décerné à M. Alain Veyrières, chargé de recherche au CNRS, pour ses recherches sur les synthèses stéréosélectives d'osides et en particulier de déterminants antigéniques de groupes sanguins.

Fonds Paul Doistau-Emile Blutel : un prix est décerné à M. Jean-Pierre Aubin, professeur à l'université Paris-Dauphine, responsable de l'équipe de mathématiques de la décision (ERA 349) pour ses travaux en analyse numérique et en analyse convexe et liaison avec des applications à l'économie.

Prix Veidaguer décerné à M. Hong-Tuan Duong, maître de recherche au CNRS, pour sa contribution à la mise au point d'une méthode magnétique de séparation des états atomiques magnétiques préparés par pompage optique.

Prix d'Aumale décerné à Mme Nelly Jobert, directeur de recherche au CNRS, pour ses travaux de sismologie.

Fondation Loustrel - Une subvention est accordée à M. J.F. Aebert, maître de recherche au CNRS, pour la publication de son ouvrage « Les insecticides ouest-paléarctiques et leurs hôtes ».

Palmarès du festival international de l'émission scientifique de télévision organisée par la direction des relations extérieures et de l'information :

Grand prix : David Attenborough et John Sparks (BBC) pour « La vie dans les arbres ».

Second prix : Françoise Wolff, Paul Dambion et Jacques Laurent pour « Les privations sensorielles » (radio-télévision belge d'expression française).

Troisième prix : France Renacci et Yves Kovacs pour « Point 2000 : les graphes » (Antenne 2).

Prix spécial du jury : Judith Kopper et Janos Rozsa pour « Relativité » (télévision hongroise).

Nous apprenons avec regret la disparition de Mlle Jeanne Vieillard, directrice honoraire de l'Institut de recherche et d'histoire des textes.

Archiviste-paléographe, ancien membre de l'école française de Rome et de l'École des hautes études hispaniques (et la première femme dans ces établissements) elle devint, en 1940, directrice de l'Institut de recherche et d'histoire des textes dont elle abandonna la direction en 1964. Elle était officier de la Légion d'Honneur.

rencontres

Chimie

3-7 juin. Dijon.

Neuvième conférence internationale de chimie organométallique organisée par le Laboratoire de synthèse et d'électrosynthèse organométallique (LA 33).

La conférence d'ouverture et les deux conférences plénières ont porté sur :

« les complexes carbynes des métaux de transition » ;

« une description complète du mécanisme de l'addition des réactifs de Grignard aux cétones » et sur « les processus de transfert de charge et la labilisation des composés organométalliques ».

Une part importante des seize conférences de section avait été réservée à la catalyse. Les autres conférences couvraient les grands axes d'intérêt de la chimie organométallique.

La position « carrefour » de la chimie organométallique est apparue tout d'abord dans ses rapports avec la biochimie et la biologie. On connaît, par exemple, la fonction indispensable de l'hémoglobine, colorant rouge du sang, dans le transport de l'oxygène depuis les poumons jusqu'aux cellules qui le consomment. On sait peut-être moins que diverses autres substances apparentées jouent un rôle vital essentiel. Dans ce domaine, un chercheur français a exposé les derniers résultats concernant le « cytochrome P450 ». Cet enzyme a pour mission d'oxyder les corps étrangers introduits dans l'organisme de façon à en rendre l'élimination plus facile. Plusieurs résultats importants ont été rapportés à ce sujet. Tout d'abord, certains composés polyhalogénés réagissent sur le cytochrome P450. Il en résulte une inactivation de l'enzyme et une vulnérabilité accrue de l'organisme. D'autre part, des complexes « carbéniques » du cytochrome P450 sont également formés pendant le métabolisme oxydant des dérivés du benzodioxole. Or, ces dérivés renforcent considérablement l'action des insecticides par effet synergique. Il apparaît donc possible maintenant d'émettre des hypothèses sur le mécanisme de ces processus biologiques complexes.

Plusieurs communications ont montré que l'activation provisoire de l'oxyde de carbone sous forme de complexes organométalliques en font « un élément de construction de molécules très diverses ». L'origine des matériaux de base de la synthèse organique a évolué depuis la naissance de cette branche importante de la chimie. Les goudrons de houille tout d'abord, puis le pétrole, y ont joué successivement un rôle prépondérant. Le prix du pétrole et l'insécurité de son approvisionnement conduisent actuellement les chimistes à rechercher des sources plus accessibles et en particulier, à valoriser le charbon. À partir du charbon et de l'eau, on fabrique facilement du « gaz à l'eau », constitué essentiellement d'oxyde de carbone et d'hydrogène. Le mélange contient une « unité de construction », à un carbone et un hydrogène, c'est-à-dire, en puissance, le chaînon fondamental de toutes les molécules organiques, quelque soit leur complexité. Des efforts considérables sont faits actuellement, en particulier par les chimistes organométallistes, pour adapter ce mélange aux besoins industriels (oxythèse de carburants, de glycol, d'alcools supérieurs). Au cours de la conférence, on a montré les possibilités d'activation de l'un ou de l'autre des deux constituants du mélange sous forme de complexes organométalliques.

Les composés organométalliques sont pour la plupart des catalyseurs ou des pré-catalyseurs de catalyseurs et peuvent donc être utilisés pour rendre une réaction plus rapide, donc plus économique. Un effort considérable se fait actuellement à l'échelle mondiale pour développer des catalyseurs solubles qui opèrent en phase homogène. Une mention particulière doit être faite pour deux types de catalyseurs qui ont fait l'objet de nombreuses communications : les « clusters » organométalliques sont constitués par des agrégats d'atomes métalliques liés entre eux et avec divers ligands (oxyde de carbone, hydrogène, cyclopentadiène). Leur taille les apparente aux composés moléculaires classiques. Mais la présence de plusieurs atomes métalliques dans cet édifice, les apparente également à une surface métallique réduite à son expression ultime, celle de quelques atomes. Les composés semblent donc constituer des modèles idéaux pour saisir le mécanisme de l'acte catalytique. Cependant, dans les conditions de la catalyse, ces clusters sont fréquemment scindés en unité mo-

nomoléculaire, c'est-à-dire présentant un seul atome métallique. Cette fragmentation peut être évitée en utilisant certains métaux de poids atomique élevé, ou en liant solidement des métaux plus légers par des « ponts rigides ». Les catalyseurs asymétriques sont actuellement utilisés pour la synthèse de molécules asymétriques ou « chirales ». La plupart des édifices moléculaires du règne vivant sont asymétriques et donc constitués uniquement par l'une des deux formes « énantiomères » qui constitue le racémique. Pour obtenir la forme désirée, il est indispensable d'introduire au cours de la synthèse un facteur d'asymétrie ; le facteur d'asymétrie peut être le catalyseur lui-même.

Dans ce domaine, l'hydrogénation asymétrique est un processus important qui permet, en principe, de préparer des composés optiquement actifs à intérêt biologique. Parmi les diverses méthodes de réduction, l'utilisation de complexes organométalliques « chiraux » apparaît l'une des plus adaptées à l'obtention de « rendements optiques » élevés, c'est-à-dire à l'obtention sé-

lective de l'une des formes asymétriques. On peut ainsi obtenir des rendements optiques supérieurs à 90 %. L'apport du motif asymétrique dans la molécule « chirale » peut se faire soit par la partie organique du complexe, soit par la partie métallique, c'est-à-dire directement au niveau du métal. On a décrit à ce sujet plusieurs exemples de complexes organométalliques dont l'activité optique a pour seule origine l'asymétrie au niveau métallique. On a également décrit un exemple de « cluster chiral » où l'asymétrie moléculaire est constituée par quatre métaux différents situés au sommet d'un tétraèdre.

De nombreux autres domaines ont fait l'objet de conférences ou de communications groupées. L'intérêt des composés du silicium, du cuivre, du magnésium, du germanium, de l'étain et du mercure apparaît toujours fondamental en synthèse organique, mais l'utilisation des métaux de transition s'affirme également. L'aspect de la photochimie continue à croître et l'électrochimie semble promettre l'accès à des entités organométalliques hautement réactives.

nominations

chargés de recherche

Physique nucléaire et physique des particules

M. Gonidec, Mme Minard, MM. Aguer, Alibran, Mme Grelaud, MM. Le Bornec, Ferrer-Soria, Mlle Baumann, MM. Blasig, Haroutunian, Michel, Barreau, Le Brun, Szklarz, Thoma, Juillot, Maillard.

Mathématiques - physique de base

MM. Janin, Maucclair, Pardoux, Sauvageot, Plier, Vigne, Robert, Mlle Mossino, Mme Schuttmann, M. Connes, MM. Collet-Thiéry, Proth, Rouet, Voros, Lassalle, Mme Kébar, M. Laysac, Mme Perrin-burlet, MM. Parisi, Girardi, Auréche, Mourre, Gauyacq, Vigor, Lemaître, Jameloit, Biraben, Atabek, Bogey, Mme Bezot-Heze, MM. Nguyen Minh Hoang, Larrivière, Pieranski, Hebral, Pocheur, Benot, Rigot, Boiteux, Mme Givord, MM. Parisod, Planel, Senoussi, Mlle Blanchin, MM. Marty, Svob, Ghazali, Vettier, Krill, Bustie, Manneville, Carrière, Loclair, Pipé, Mme Brissaud, Mlle Petit, MM. Chapon, George.

Sciences physiques pour l'ingénieur

MM. Demoment, Sakarovich, Salut, Jambu, Uhry, Caspi, Claude, Mlle Robach, MM. Darondeau, Germain, Mlle Ghoslan, MM. Abdel Razek, Munoz Yague, Chavel, Escande, Touzeau, Pelletier, Vervisch, Alemany, Presles, Schiestel, Bontner, Lepoutre, Bouthier, Lavaud, Greillot, Cochot, Martin, Goussier, Gauchet, Sulam.

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

MM. Casarsky, Bul Vazi, Lefevre, Sarryen, Bernard, Laget, Vuillemin, Vial,

Chambe, Kofman, Coron, Mlle De Bergh, MM. Pedersen, Bovaiky, Roux, Bouchon, Laroche, Couty, Tribolet, Birck, Hatfeld, Fontan, Mme Souriau, Mlle Romanowicz, MM. Bottero, Huc, Deynoux, Atrops, Texier, Mme Eisenmann, MM. Gaudant, Bedon, Bakalowski, Mme Clochiati, MM. Labeyrie, Vernain, Mlle Regnaud, MM. Bunt-Mennard, Parra, Mme Hartmann.

Chimie

MM. El Murr, Rulliers, Leicknam, Moreau, Lagnot, Lausac, Thoenvenot, Serafini, Mme Bied-Charreton, Mlle Eisenstein, Mme Fustel, M. Houchy, Mme Herzog, Gombau, MM. Michaut, Poulin, Mme Auroux, MM. Brunette, Dupont, Ledoux, Mme Lelièvre, MM. Seta, Wolff, Boudeville, Mmes Argile, Laza, MM. Sanchez, Lagues, Barrault, Delagrèze, Jezequel, Jacquier, Moret, Noël, Porcher, Silvestre, Riquet, Grenier, Badie, Mme Chausaing, MM. Pernot, Delmas, Molinie, Mlle Queryroux, M. Ross, Mme Delbecq, M. Boullanger, Mme Pondaven, MM. Tiffon, Le Coustumer, Reliquet, Deschamps, Mme Oliveros, MM. Cahiez, Rousseau, Mercier, Mme Mariaggi, M. Lucas, Mme Auge, MM. Precigout, Martinez, Schoofs, Mangeney, Benochie, Guillon, Mme Laupretre, MM. Brand, Roche, Nguyen Anh, Mathis, Perez, Sigaud.

Sciences de la vie

MM. Cottot, Gruselle, Leroy, Weissenbach, Ruffin, Duportail, Thomas, Geynet, Osborne, Mme Plauty, Mlle Levilliers, MM. Privat, Veron, Mmes Champagne, Cosson, MM. Gache, Genest, Latroublin, Fayat, Zaoui, Lavialle, Mme Loarn, MM. Caput, Blanchard, Moreno Herrero, Bregazzi, Mmes Lital, Rivas, Monier, Mlle Jousset, Mmes Coulomb, Marrakchi, MM. Labedan, Robert de St Vincent, Mlle Marty, Mlle Mohier, MM. Hossenlopp, Berthelot, Leterrier, Lignon, Mme Bon, MM. Bon, Poullain, Mme Mullart, M. Prochiantz, Mme Gabriel, M. Des Fosses, Mme De Kozak, Le François, MM. Daliens, Averbeck, Dy, Greenland, Sergeant, Mmes Saal, Lelous, Damais, MM. Merle, Hornebeck, Mme Pasquier, MM. Danan,

Borojevic, Mme Delaporte, MM. de Ronzi, Nicoulon, Mme Leydier, M. Saboureau, Mme Grant, MM. Coumou, Aubineau, Mme Dufy, MM. Miquel, Guertaud, Mlle Fontaine, MM. Menetrey, Poujol, Mme Delpech, MM. Juis, Mme Feltz, M. Lagazzi, Locant, Mmes Bonnet, Harroche, Lesage de la Haye, Marcos, M. Savoyant, Mme Werve, MM. O'Regan, Pynte, Mlle Macar, Mme Blanc, Mlle Hay, Mme Teiger, MM. Wald, Baudonnère, Joyard, Mme Daboussi, M. Barthou, Mme Nguyen Duc Anh, M. Sivak, Mme Maury, M. Lachaise, Mlle Tillet, Mmes Amodegnato, Labras, MM. Lestage, Delay, Boderreau, Brebelle, Mme Martin, M. Isenmann, Mlle Angeli, MM. Jouvantin, Le page, Mme Gillon.

Sciences de l'homme

Sciences sociales

Mme Dehouve, M. Duda, Mme Lallier, M. Pujot, Mme Casavitz, MM. Arnal, Mac Donald, Caroux, Ballion, Mme Dion, M. Godard, Mlle Vavakova, MM. Benzenot, Pirazzoli, Fournieu, Mingat, Auray, Bourgeois, Bertolini, Béhanod, Puch, Boyer, Gombessie, Mme Guillemand, MM. Winton, Carré, Mlle Cauvin, MM. Leonard, Huard, Mme Aulagnon, MM. Borets, Calvo, Stewart, Gaudrat, Mme de Felice, MM. Prado, Dupuy, Thierry, Laurencin, Verhaeren, Monateri, Perrin, Marie, Mme Samson-Hermitte, M. Platon, Mmes Hurtig, Dezes, MM. Hunyadi, Sonan, Mmes Goguel, Froeschle, M. Michel, Mlle Lerou-Chazalot, M. Rioux, Mme Wil-Levaillant, MM. Drouard, Favre, Leroy.

Humanités

MM. Segala, Charonoff, Marcade, Mlle Sabeno-Jouanet, MM. Lohave, Beltran, Reynaud, Mlle Rouat, M. Bonhot, Mme Corbier, MM. Hemmerding, Sapin, Dot, Teixidor, Redjala, Bonnet, Durand, Maguin, Dauphin, Guyon, Avril, Buchenshutz, Paillet, Pomey, Mlle Fisher, Mme Felle, MM. Morel, Yon, Mlle Jost, Mme Ory, MM. Martin, Rigot, Diki-Kidiri, Dumoulin, Zimmermann, Elamrani, Mme Giard, MM. Todericiu, Courton, Mmes Blondel, Sinaceur.

non accessibles par les méthodes classiques de synthèse.

10-14 septembre 1979. Toulouse.
5^{ème} symposium international de spectroscopie de résonance quadripolaire nucléaire, organisé au Laboratoire de chimie de coordination. Au cours de six demi-journées de travail, sept conférences plénières et une cinquantaine de communications ont été présentées donnant ainsi une vue très complète des domaines où s'exerce actuellement cette spectroscopie. Une large place a été accordée à l'apport de la résonance quadripolaire nucléaire en chimie des métaux de transition et de leurs complexes, l'étude des mouvements moléculaires à l'état solide et des transitions de phase, l'approche théorique des couplages quadripolaires et des phénomènes de relaxation, la mise en œuvre des méthodes de résonances multiples et leurs applications à la détection de la résonance quadripolaire des noyaux $2H$, $14N$ et $17O$ en abondance naturelle, et, d'une façon générale, aux développements technologiques les plus récents.

Une part importante des résultats de ce colloque paraîtra dans un volume spécial du « Journal of molecular structure » pendant le premier trimestre 1980.

17-20 septembre 1979. La Bresse (Voages).
Journées annuelles du Groupe français d'étude des carbonés (GFECC), organisées par le Centre de recherches sur la physico-chimie des surfaces solides de Mulhouse. Des travaux sur la minéralisation carbonée, la formation de carbone filamentaire, les fibres de carbone et les composés à base de carbone, le carbone dans les piles et comme support de matériaux photovoltaïques, l'adsorption de gaz sur les carbonés, etc., ont été présentés.

Ces journées ont été suivies, les 19 et 20 septembre, de la réunion de la RCP « composés lamellaires ». A part, une communication sur le nitrate de soufre et une autre sur le dissuifure de zirconium, les exposés ont porté sur les composés du graphite (insertion de réactifs donneurs d'électrons (métaux électropositifs purs, alliés ou solvatisés par des molécules organiques) et de réactifs accepteurs d'électrons (chlorure, chlorures, fluorures, acides); études structurales par rayons X et par RMN; réduction électrochimique de chlorures insérés; mesures de résistivité électrique; études de propriétés électroniques par RMN et par RPE; catalyse de polymérisation par les composés graphite-métaux.

1er-3 octobre 1979. Bordeaux.
Colloque national sur le thème « Nouvelles perspectives en spectrométrie de vibration » organisé par le Laboratoire de spectroscopie infrarouge (LA 124) sous le patronage de la Société de chimie physique. Ce colloque qui a réuni une cinquantaine de participants a tenté de dégager les axes de recherches nouveaux et importants qui apparaissent dans cette discipline. Les actes du colloque peuvent être obtenus en prenant contact avec M. Lacombe, LA 124, Université de Bordeaux I - 351, cours de la Libération, 33405 Talence Cedex.

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

22-26 septembre 1979. Paphos (Chypre).
5^{ème} séminaire international sur le Messinien, organisé au Laboratoire de géologie du Muséum national d'histoire naturelle de Paris (ORCP 459 « Genèse et nature des fa-

cies confinés » dans le cadre des activités du projet PIGC 117 (Programme international corrélation géologique (UNESCO): « Evénements géologiques à la limite Mio-Pliocène ». Il a permis de réunir de nombreux spécialistes du Messinien provenant de 12 pays et de dresser un bilan des recherches conduites depuis plusieurs années sur le sujet. Au cours des deux journées de session scientifique, les différents aspects du Messinien évaporitique ont été abordés: synthèse régionale (Piémont, Syrie, Chypre, etc.); caractérisation des paléoenvironnements messiniens; mise en évidence et amplitude des surfaces d'érosion messiniennes (Vallée du Nil, Espagne, Vallée du Rhône) et leur signification dans l'évolution dynamique du bassin méditerranéen; minéralogie et géochimie des formations évaporitiques.

Trois journées de travaux de terrain étaient prévues pour illustrer les principaux aspects de la sédimentation évaporitique messinienne et du passage Mio-Pliocène d'après les résultats obtenus par le groupe de recherche du projet PIGC 117: trois bassins messiniens (Piémont, Pissouri et Phéniciens) ont été visités, permettant d'observer ainsi: l'expression sédimentologique du confinement dans la formation pévaporitique; les évaporites et la signification des structures observées en termes de paléoclimats; les relations entre la sédimentation évaporitique et les constructions récifales diverses modalités de passage Mio-Pliocène. Ces trois journées ont également permis une discussion fructueuse des principales interprétations générales déjà proposées pour le Messinien. Pour tous renseignements complémentaires, s'adresser à M. J.M. Rouchy, laboratoire de géologie, Muséum national d'histoire naturelle - 43, rue Buffon, 75005 Paris - Tél. 331.36.02 ou 331.00.39 poste 14.

24-28 septembre 1979. Nancy.
Colloque international du CNRS sur « Migrations organo-minérales dans les sols tempérés » organisé par le Centre de pédologie de Vandœuvre-lès-Nancy, avec le concours de l'Institut national de la recherche agronomique et de l'université de Nancy I.

Les communications

Quatre thèmes scientifiques de réflexion étaient proposés: écologie des phénomènes de migrations organo-minérales; composés biologiques intervenant dans les migrations organo-minérales; chimie des combinaisons organo-minérales; mécanismes et incidences des migrations organo-minérales.

Sur l'ensemble des communications présentées, deux observations s'imposent: d'une part l'extrême diversité des disciplines intéressées. En dehors de la pédologie au sens strict qui peut, elle-même, recouvrir des domaines variés, on constate que l'étude des migrations organo-minérales dans les sols fait appel, non seulement, aux sciences biologiques et géologiques, mais encore, aux sciences mathématiques, physiques et chimiques. Ceci montre à quel point la pédologie est une science de synthèse, multidisciplinaire, qui, pour dépasser le stade de la simple description des phénomènes, doit s'appuyer sur des travaux d'équipe à haute spécialisation.

D'autre part, la grande variété des méthodologies utilisées. L'observation et l'analyse très diversifiée des modèles naturels de sols en place est la première démarche du pédologue. Des dispositifs de mesure de terrain (lysimètres) permettent d'approcher concrètement les processus actuels de

transport de matière: étude saisonnière de la qualité de l'eau gravitaire aux différents niveaux de l'écosystème sol-vegetation (redistribution à l'état de suspension et/ou en solution), estimation du mode de transfert de l'eau et des solutes à l'intérieur du sol (transit direct, par mélange et par effet piston). Par l'analyse de la matrice proprement dite on peut caractériser, dans un sol donné, les niveaux appauvris et les niveaux d'accumulation de matière. Les analyses peuvent alors emprunter toutes les ressources de la microscopie optique et électronique (détection des microsites d'accumulations organo-minérales construits notamment par les organismes vivants) mais aussi celles de la géochimie et de la minéralogie. Il convient d'insister sur l'effort méthodologique effectué, ces dernières années, en vue de mieux connaître les unités élémentaires constitutives des complexes organo-minéraux des sols et leur assemblage, préoccupation majeure de ce colloque (méthodes spectroscopiques ou spectrographiques, notamment IR, RPE, RMN, etc.).

La modélisation en laboratoire a été également largement abordée: étude des interactions organo-minérales, simulation mathématique des transferts de l'eau et des solutes, etc.

Les tables rondes

Trois thèmes ont été abordés et déterminés en fonction de l'acquisition des deux premières journées: rôle des organismes vivants dans les transformations et les migrations de la matière minérale et de la matière organique; l'eau du sol, vecteur des migrations organo-minérales: hydrodynamique et chimie des solutes; les méthodes d'étude de l'insolubilisation des complexes organo-minéraux. Au cours de ces trois tables rondes, un effort plus particulier a été porté sur les méthodologies de terrain et de laboratoire, ceci avec un double objectif: faire une critique constructive des techniques utilisées en essayant, notamment, d'en définir les limites d'usage en fonction des objectifs recherchés et tenter d'harmoniser ces techniques au niveau des différents laboratoires représentés.

Exposition

22 octobre - 7 novembre 1979. Avignon.
« Ressources minérales du Vaucluse: des matériaux et des hommes » organisée par la Chambre de Commerce d'Avignon et du Vaucluse, avec la collaboration de M. Philippe et de M. Truc du Centre de paléontologie stratigraphique et paléocologie (LA 11). A travers ce titre, les organisateurs ont voulu matérialiser l'étroite liaison qui existe entre les matériaux du sous-sol vauclusien et l'économie locale qui découle de leur extraction et de leur utilisation.

Que ce soit au niveau des industriels de pointe comme à celui de l'artisanat d'art, l'ensemble de l'exposition a été conçu de manière à montrer toutes les phases du long chemin conduisant de la mise en place du matériau dans les séries géologiques jusqu'au moment de son utilisation.

Parmi les ressources minérales ayant fait l'objet de cette démarche pédagogique, citons le gypse (premier gisement européen), la silice industrielle, la pierre de taille, les ocres, les argiles (bentonites et attapulgite) et enfin les granulats.

Un ouvrage de 140 pages, publié à cette occasion, fournit un aperçu concernant la géologie vauclusienne, la pierre de taille et l'activité industrielle du département.

20-21 février 1979. Lyon

1er-2 mai 1979. Narbonne

1er-2 novembre 1979. Paris, Soissons
Sur l'initiative du Centre d'étude des peintures murales romaines de Paris (ER 207) se sont tenus, durant l'année 1979, trois séminaires itinérants : le peintures murales romaine : le premier à Lyon, le deuxième à Narbonne et le troisième à Paris et à Soissons. La décentralisation avait pour but de permettre à tous de participer sur place aux exposés et aux visites d'atelier d'étude des peintures, inédites, complexes et qui posent parfois de gros problèmes de conservation ou d'étude.

Exposés et discussions assorties de figures nombreuses, ont été consignés dans des actes, qui rassemblent les trois séminaires et qui seront publiés au printemps 1980 par le Centre de recherches sur les techniques gréco-romaines de l'université de Dijon.

24-26 mars 1979. Caen

2-8 septembre 1979. Alpes du Sud

Deux tables rondes sur le thème de la dynamique des phénomènes périglaciaires organisées par le Centre de géomorphologie du CNRS et le Comité national français de géographie.

• Du 24 au 26 mars, la Commission d'étude des formations superficielles réunissait au Centre de géomorphologie, un groupe d'une quarantaine de géomorphologues, pédologues, géologues, géotechniciens et préhistoriens sur le thème « Etude des formations de versants hétérogènes : heads et concrets à blocs ». Les communications présentées et la relation des discussions seront prochainement publiées dans le bulletin n° 24/1979 du Centre de géomorphologie. Les thèmes abordés portaient sur la définition des heads et des divers dépôts hétérogènes en relation avec la lithologie, les milieux morphoclimatiques et les dynamiques de mise en place et d'évolution. Les dépôts hérités des climats passés sont étudiés dans leur aspect sédimentologique et lithostratigraphique. Des premiers essais de reconstitution de la dynamique de mise en place ont été tentés en laboratoire (photo 1). De nouvelles propositions d'expériences se sont dégagées au cours des discussions.

• Les liens étroits existant entre l'examen des processus actuels nécessitant des mesures sur le terrain, les études expérimentales et les recherches sur l'origine et la mise en place des dépôts fossiles ou aujourd'hui figés, ont été à nouveau à l'ordre du jour au cours d'une sortie de terrain dans la haute montagne française, Alpes du Sud, du 2 au 8 septembre 1979. Elle était organisée conjointement par la Commission pour l'étude des formations superficielles et de la dynamique des versants. Le Centre de géomorphologie et les laboratoires de géographie physique des universités d'Aix-en-Provence et de Paris VII ont présenté successivement trois types de recherches actuelles :

- la chronologie des stades et fluctuations glaciaires, tardiglaciaires et postglaciaires dans les massifs de la Blanche et d'Allos (Aix-en-Provence) ;
- les études de dynamique périglaciaire actuelle entre 2 400 et 3 200 m dans le massif du Chambeyron (Centre de géomorphologie d'Aix-en-Provence (photo 2) ;
- l'érosion actuelle dans les alpages à moutons du versant Sud de la Tête Noire du Galibier (Paris VII).

17-19 septembre 1979. St Maximin

Colloque « Représentation des connaissances et raisonnement dans les sciences de l'homme » organisé par l'Institut de recherche en informatique et automatique et le laboratoire d'informatique pour les sciences de l'homme du CNRS.

L'objet du colloque était de tenter de dégager les points essentiels de l'apport de l'informatique aux sciences de l'homme par le dialogue entre informaticiens et chercheurs appartenant aux disciplines où l'impact de la formalisation et du calcul est le plus profond. On sait à quel point les rapports entre informatique et sciences de l'homme sont devenus multiformes. La difficulté de toute clarification tient en particulier à ce qu'il est assez délicat de distinguer les aspects opérationnels de leurs corollaires théoriques. Des problèmes spécifiques se posent pourtant à ces deux niveaux. Sur le plan

technique et instrumental (opérationnel), la question est de cerner la nature exacte et les implications économiques et pratiques pour les sciences humaines du recours à l'informatique, recours qui peut prendre la forme de logiciels statistiques et mathématiques, de logiciels documentaires ou de traitement de textes, de systèmes de gestion des bases de données (mobiliser le matériel) ou des systèmes interactifs, sous des conditions d'exploitation normale ou microinformatique.

Cette diversité a pu masquer que les enjeux se situent également à un niveau plus fondamental. En effet, ces techniques, pour aussi « localement » satisfaisantes qu'elles soient, s'insèrent dans des constructions scientifiques complexes, qui peuvent ne pas avoir le statut des sciences de la nature mais n'en sont pas moins dotées du type de cohérence convenant à la nature des phé-



Photo 1 - Vérification expérimentale de la mise en place de matériel hétérogène par gélification dans un modèle du Centre de géomorphologie.



Photo 2 - Etude du bilan ruissellement - gélification dans un versant équipé en 1979 dans le massif du Chambeyron.

nomènes étudiés et à celle des questions que l'on se pose à leur sujet. Introduire l'informatique dans les sciences humaines, c'est donc associer dans le même projet de recherche des conceptions scientifiques peut-être différentes. C'est donc de ce point de vue que l'informaticien, loin d'être neutre, pourrait avoir des implications théoriques importantes et jouer ainsi un rôle dans le débat épistémologique sur les fondements des sciences humaines.

Il a semblé aux organisateurs que l'articulation entre ces deux ordres de préoccupations – technique et théorique – pouvait être approchée en se penchant sur la nature réelle des raisonnements mis en œuvre par le chercheur en sciences humaines, qu'il se place dans la perspective des méthodes formelles ou que sa démarche s'objective plus traditionnellement par le discours.

La complexité, la diversité selon les disciplines, et à certains égards la nouveauté des problèmes ainsi posés excluent a priori des réponses rapides, simples et pour tout dire rassurantes. Néanmoins, en partant de l'examen de la cohérence de ces raisonnements, on peut espérer fonder une critique du recours habituel au calcul et déterminer en particulier s'il est logiquement justifié ou non, et ce qu'il apporte réellement sur le plan de la connaissance. En même temps, l'analyse concertée de certains raisonnements est susceptible de mettre en évidence des faits précis qui ont pu échapper aux reconstructions globales de l'épistémologie des sciences humaines. Ces faits concernent aussi bien la nature des informations issues des phénomènes étudiés (les « données » du problème) que celle des opérations et des démarches logiques par lesquelles se construit le discours scientifique. On reconnaît là – structure des données, définition d'algorithmes, caractérisation de relations inférentielles – des problèmes familiers pour les informaticiens.

De manière quelque peu symétrique, l'évolution récente de certaines recherches en informatique rencontre des questions déjà étudiées par les sciences humaines. En effet, les développements actuels de l'intelligence artificielle – systèmes de communication homme-machine, structures de représentation des connaissances, recours aux logiques non classiques... rejoignent à certains égards les préoccupations de la psychologie cognitive et de l'approche logico-sémantique de la linguistique. Ces recherches débordent le cadre de la phrase et portent sur les représentations du discours. Par ce biais, elles retrouvent les préoccupations énoncées plus haut relatives au raisonnement dans les sciences humaines, préoccupations que certaines disciplines, par exemple les sciences juridiques, ont elles-mêmes remarquablement développées.

Sur cette hypothèse de dialogue, le colloque a confronté pendant trois jours informaticiens et logiciens avec des linguistes, des psychologues, des juristes, en tout une quarantaine de chercheurs venant de dix pays. En dehors des exposés et des discussions parfois vives auxquelles ils ont donné lieu, le dialogue s'est articulé autour de quatre tables rondes : représentation des connaissances et analyse du langage naturel ; logique « naturelle » et discours scientifique ; logique et représentation des connaissances ; processus cognitifs et modélisation du raisonnement.

Les actes du colloque de Saint Maximin seront publiés prochainement par l'IRIA.
2-5 octobre 1979. Paris
Colloque international du CNRS « Autour

de Maître Eckhart », organisé par le Centre d'étude des religions du livre (LA 152). Eckhart (1260-1327) dominicain et théologien mystique allemand fut le maître du mouvement mystique rhénan.

Les principaux thèmes abordés furent :

– la tradition textuelle ancienne, en particulier, la tradition porraitaine (étude de textes) ;

– la double tradition culturelle contemporaine. D'une part, celle du milieu parisien marquée par la condamnation de 1277 (la doctrine des maîtres parisiens – continuité et rupture avec le thomisme). D'autre part, celle de l'École albertiste colomaise, culture dominicaine en marge de l'Université de Paris (Proclus et Hermès en Allemagne, d'Albert le Grand à Bertold de Moosburg). On a étudié l'un des personnages principaux de ce courant, qui a influencé Eckhart jusqu'à un certain point : le maître dominicain Dietrich von Freiberg. Étude de sa théorie de la connaissance et de sa noétique, présentation et analyse du traité « *De rerum praeordinationatione* » ; le concept de *essentia* chez Dietrich et Eckhart ; le concept du temps chez Aristote et Dietrich. Étude de ses idées scientifiques et de sa théorie de la nature (philosophie de la nature et philosophie de l'intellect chez Dietrich et chez H. de Moosburg). Étude de son ontologie (analyse du *De esse et essentia*). On a examiné d'autre part l'évolution de la pensée d'Eckhart. Un premier stade, polémique, affirme le primat de l'intellect sur la volonté et sur l'être (signification historique de la critique du Dieu-Etre dans les premières questions parisiennes (1302-1303) ; une interprétation intellectualiste du Dieu-Etre selon Thomas d'Aquin est-elle possible ? L'exemple des *Salmatienses*). Un second stade correspond à une phase de conciliation entre le courant parisien et le courant colomais (le thème de l'unité de la forme dans la 5ème question parisiense (1312-1314) ; les influences néoplatoniciennes sur la conception eckhartienne de l'être). Enfin, on a examiné la réception d'Eckhart (comment Nicolas de Cusa a compris Maître Eckhart ? La critique d'Eckhart par Ruisbroec ; le thème eckhartien de l'amour de la pensée théologique moderne).

22-26 octobre 1979. Paris

École pluridisciplinaire de l'IRIA (Institut de recherche d'informatique et d'automatique) « Informatique et histoire » animé par G.P. Zarri, chargé de recherche au Laboratoire d'informatique pour les sciences de l'homme. L'objectif de cette école était de donner aux chercheurs en histoire un panorama le plus complet possible du renouvellement dans les techniques d'emploi des ordinateurs dont les sciences humaines sont aujourd'hui témoins.

12-12 novembre 1979. Ivry

Colloque sur le « Verbe en Niger-Congo », organisé dans le cadre du département Afrique du Laboratoire des langues et civilisations à tradition orale. Ce colloque concernait deux des thèmes de recherche du laboratoire : « la description des langues » et « les langues dans le temps et dans l'espace ». Des spécialistes français et étrangers, université de Leiden (Pays-Bas), université de Cologne (RFA), université de Hawaii (Etats-Unis) se sont réunis au cours de ce colloque pour traiter de la structure verbale dans les langues africaines appartenant à la grande famille Niger-Congo : modalités de temps et d'aspect, dérivation verbale, successions verbales. Ces thèmes ont été envisagés dans diverses lan-

gues, tandis que des exposés plus généraux tentaient de cerner les caractéristiques du verbe dans le cadre des sous-familles comme dans le cadre plus général de la famille Niger-Congo.

20 novembre 1979. Paris

Colloque sur « la photographie devant les besoins spécifiques de l'archéologie » organisée à l'occasion des IV^e rencontres internationales de l'audio-visuel scientifique par l'équipe « Esclavage et forme de dépendance dans l'Antiquité » (ERA 520), la SERDDAV, la Maison de l'Orient méditerranéen de Lyon, le Centre C. Jullian d'Aix. Ce colloque était illustré d'une exposition présentant l'expérience de détection de cadastres antiques par filtrage de photographies aériennes en lumière cohérente mise au point à Besançon.

21-31 janvier 1980. Lecce (Italie)

Table ronde sur les lexiques de l'esclavage, organisée sous l'égide du GIREA (Groupe international de recherche sur l'esclavage antique) et à l'initiative de Mme G. Stampacchia. L'équipe « Esclavage et formes de dépendance dans l'Antiquité » (ERA 520) fera part de l'expérience d'indexation thématique du corpus de la dépendance dans Cicéron et Martial que l'équipe de Lecce veut appliquer à Juvénal. Nous signalons que les actes du 10^e colloque du GIREA (Camerino, janvier 1978) « Ceti Dipendenti » *schiauità nel mondo antico* sont parus dans Index, 8, 1978/79.

Exposition

24 octobre 1979 – 18 février 1980. Paris

Exposition : « Héritage du Népal, aspects de l'architecture réalisée pour la Conférence générale de l'UNESCO en octobre 1978, par le groupement de recherches coordonnées « Himalaya-Karakorum ».

Il s'agit de montrer la richesse artistique en péril de ce royaume himalayen, et d'attirer l'attention sur les opérations de restauration entreprises ou projetées, à la fois par le Gouvernement du Népal, l'Unesco, le gouvernement allemand, et de présenter également les projets français et japonais. L'exposition doit servir à promouvoir la protection et la restauration de monuments dans la vallée de Katmandou, et contribuer ainsi à la sauvegarde d'un patrimoine culturel. Comme M. Amadou-Mahtar M'Bow (directeur général de l'UNESCO) l'a précisé dans son appel « pour la sauvegarde de la vallée de Katmandou » la vallée de Katmandou se déploie, comme un prodige de fertilité, au cœur d'un grandiose paysage de montagnes. C'est là que survivent les plus précieux témoignages de la culture népalaise, conjuguant la quête d'un idéal et l'expression d'une histoire exceptionnelle. A travers ses temples hindous et ses monastères bouddhiques, ses palais et ses maisons publiques, cette vallée révèle au monde, auquel elle ne s'est ouverte que depuis un quart de siècle, une architecture qui traduit l'accord d'un mode de vie et d'une esthétique originale, et qui, dans le détail de ses habitations traditionnelles depuis l'agencement des pièces jusqu'à la forme des toits, dévoile le secret des structures familiales népalaises. Elle nous offre le rare exemple d'un patrimoine culturel qui témoigne tout à la fois, d'une société, de son histoire, des multiples aspects de sa spiritualité et de son code moral. Or cet ensemble unique est aujourd'hui menacé de disparaître.

A l'affiche

au jour le jour

Décembre 1979-Mai 1980. Paris
Participation du CNRS à l'exposition du Palais de la Découverte « Einstein : l'œuvre et l'homme ».

24 janvier. Paris

Remise de la médaille d'or du CNRS pour l'année 1979 au professeur Chambon, directeur du laboratoire de génétique moléculaire des eucaryotes du CNRS à Strasbourg, par Mme Alice Saunier-Seïte, ministre des universités.

3-6 février. Paris

Réunion du Comité scientifique du CNRS. 5-6 février. Munich (RFA).

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

1er-10 mars. Paris (CNIT)

Participation du CNRS au 49^e salon des Arts ménagers.

5 mars. Paris

Réunion du Conseil du CNRS.

9 avril. Paris

Réunion du Conseil du CNRS.

31 mars-4 avril. La Caire

Participation du CNRS aux journées franco-égyptiennes consacrées à l'énergie solaire.

Physique nucléaire et physique des particules

Brevets

Brevet déposé auprès de l'ANVAR, issu de laboratoires du CNRS, publié au cours des mois de septembre, octobre et novembre 1979 dans le bulletin officiel de la propriété industrielle (BOPI).

2.412.939 (77.39059). - 23 décembre 1977.

H 01 J 37/30 ; B 01 J 1/10 ; B 01 L 21/265. - Implantation d'ions à fort courant (Invention : Jean Camplan, Jacques Chaumont et Robert Meunier). Institut de physique nucléaire - Orsay.

Manifestations scientifiques

22-24 avril. Strasbourg

Conférence internationale sur le comportement du noyau à haut moment angulaire

organisée par le Centre de recherches nucléaires. Pour tous renseignements s'adresser à M. J.C. Merdinger, Conférence internationale sur le comportement du noyau à haut moment angulaire, CRN-PNPA, 67037 Strasbourg Cedex.

Mathématiques, physique de base

Séjours de longue durée de personnalités scientifiques étrangères

Séjours au sein de l'équipe de recherche associée « statistique appliquée » (ERA 532) d'Orsay : du professeur Khaminskii de l'Académie des sciences de Moscou, URSS jusqu'au mois de mars 1980 et du professeur Le Cam, université de Californie, Berkeley, États-Unis jusqu'au mois de juillet. Leurs sujets de recherches porteront sur « les probabilités et statistiques ».

Séjour au Laboratoire d'optique électronique de Toulouse du professeur Dr. H. Neuhäuser de l'Institut A für Physik der Technischen Universität, Carol-Wilhelmina Braunschweig (RFA) pour un an. Il travaille sur l'étude des déformations in situ d'alliages de cuivre en microscopie électronique à très haute tension.

Séjours au Laboratoire Aimé Cotton d'Orsay du Dr J.G. Conway, du Lawrence radiation laboratory (Berkeley) jusqu'au 15 juin : spécialiste de la spectroscopie des actinides, il poursuivra une collaboration amorcée en 1974 sur l'observation et l'interprétation des spectres des atomes neutres et une fois ionisés du bérillium et du californium et du Professeur Paul Berman (New York University), jusqu'au 1er mars : spécialiste de la théorie des effets collisionnels en spectroscopie laser, il s'intéresse aux excitations radiatives assistées par collisions, aux processus élémentaires de photo-chimie laser et à divers phénomènes d'optique quantique, comme les échos de photons en ondes stationnaires.

Brevets

Brevets déposés auprès de l'ANVAR, issus de laboratoires du CNRS, publiés au cours des mois de septembre, octobre et novembre 1979 dans le bulletin officiel de la propriété industrielle (BOPI).

2.412.822 (77.37103). - 5 décembre 1977. G 01 D 5/26 ; G 01 B 11/00. - Procédé et dispositif de mesure du déplacement d'un objet (Invention : Jacques Simon, Joël Corno et Michel Lamare). Institut d'optique théorique et appliquée (LA 14) - Orsay.

2.418.022 (78.05347). - 24 février 1978. B 01 J 3/06. - Agencement pour exercer des pressions élevées sur un corps solide (Invention : Jean-Julien Paureau et Alex Wainail). Service national des champs intenses - (Convention avec Max Planck Gesellschaft) - Grenoble.

Manifestations scientifiques

21-26 avril. Autons

Colloque international du CNRS sur « Les fluides quantiques à forte orientation de spin » (^3He , D_2 , et $^3\text{He}^+$) organisé par : M. F. Laloe, directeur de recherche au CNRS, Laboratoire de spectroscopie hertzienne de l'École normale supérieure (associé au CNRS).

23-28 juin. Saint Flour

Colloque international du CNRS sur « Les aspects statistiques et aspects physiques des processus gaussiens » organisé par : MM. P.L. Hennequin et Badrikian, professeurs à l'université de Clermont-Ferrand au département de mathématiques appliquées.

Sciences physiques pour l'ingénieur

Séjours de longue durée de personnalités scientifiques étrangères

Séjours au Laboratoire de génie électrique (LA 304) Toulouse de M. Nikolopoulos, titulaire de la chaire « hautes tensions et mesures électriques » de l'université nationale technique d'Athènes, Grèce ; il entreprend au laboratoire un travail sur l'incidence des charges d'espace sur la rupture diélectrique et de M. A. Yelon, professeur de génie électrique à l'École polytechnique de Montréal, Canada ; il travaillera sur les phénomènes de conduction et d'arborescence dans les diélectriques ; il participera aux enseignements du DEA « Matériaux et composants actifs ».

Séjour au Laboratoire de physique des plasmas d'Orsay (LA 79) et au Laboratoire de physique des milieux ionisés de l'Ecole polytechnique (GR 29) de M. le professeur A. Bers (Ecole-Union) jusqu'en août 1981. Le professeur A. Bers du Massachusetts Institute of Technology est un spécialiste de physique des plasmas, connu en particulier pour ses études théoriques. Ses travaux récents portent essentiellement sur le chauffage haute fréquence des plasmas de tokamak et ses équipes s'est particulièrement illustrée par le chauffage à la fréquence hybride basse. Le professeur Bers assure un cours de physique des plasmas dans le cadre du DEA de physique des gaz et des plasmas d'Orsay et participe déjà aux recherches sur les faisceaux ioniques d'électrons réalisées à l'Ecole polytechnique.

Brevets

Brevets déposés auprès de l'ANVAR, issus de laboratoires du CNRS, publiés au cours des mois de septembre, octobre et novembre 1979 dans le bulletin officiel de la propriété industrielle (BOPI).

2.413.930 (78 00124) - 4 janvier 1978.
B 01 F 11/00; A 61 M 1/03; B 01 D 13/00; B 01 F 3/08. - Procédé et appareil d'agitation de fluide avec de faibles contraintes (Invention); Patrick Flaud, Gérard Guiffant, Gérard Anzoini et Didier Gerger). Dynamisme des fluides biologiques et biotechnologie (ERA 882) - Paris.

2.420.254 (78 07906). 13 mars 1978.
H 04 L 1/100; G 06 C 29/00; H 04 Q 3/00. - Procédé de routage d'informations dans un réseau de transmission de données numériques et dispositif et réseau pour la mise en œuvre de ce procédé (Invention); Jean Claude Laprin, David Pirelli, Gérard Alcouffe et Paul Roussel). Laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes et 564 Croizat - Toulouse.

Manifestations scientifiques

24-26 juin - Béziers:
Rencontre Eurorech sur les « problèmes d'identification en dynamique des structures mécaniques » organisée par le Laboratoire de mécanique appliquée (LA 4). L'Eurorech 13 sera consacré à l'examen des méthodes d'identification paramétrique des machines et structures mécaniques complexes, aux relations entre les problèmes d'identification, de modifications structurales et de commande ainsi qu'à l'identification des forces excitatrices extérieures. Tous renseignements complémentaires peuvent être obtenus auprès de MM. les professeurs R. Châtea et G. Lallouet, Laboratoire de mécanique appliquée, Faculté des sciences, La Boquette - Route de Gray, 25030 Bessancourt Cedex.

21-23 octobre - Marseille
Journées d'études sur la propagation acoustique avec applications à l'océanographie sous-marine organisée par le Laboratoire de mécanique et d'acoustique (LMA) et le Groupement des acousticiens de langue française (GALF), avec la participation du Centre d'études théoriques de la détection et des communications (CETHEDEC). Les sujets à exposer entreront dans les rubriques suivantes: théorie de la propagation; milieux hétérogènes; milieux aléatoires; acoustique non linéaire; diffusion par des cibles; problèmes inverses; identification de paramètres; de formes, de structures.

Les schémas d'insertion, les résumés et les textes doivent parvenir à: M. C. Garon, Laboratoire de mécanique et d'acoustiques, 31, chemin Joseph Aiguier, 13274 Marseille Cedex 3.

Divers

Le groupement circuits intégrés au CNRS souhaite rassembler ses activités sur l'apogée du masage.

Depuis un certain nombre d'années l'effort dans la recherche pour le masage en électronique pure essentiellement sur les électrons en particulier dans le domaine du masage-masque. Récemment, les rayons X (rayonnement synchrotron ou tube classique) ont suscité de nouvelles possibilités pour la duplication.

Un domaine reste inexploité, celui de l'ultra violet proche (500 à 3 000 Å). Un effort important devrait être fait en particulier dans l'étude de sources laser possédant d'énergie de réduction, de résonance. Si des équipes universitaires ou CNRS sont intéressées, elles peuvent se mettre en rapport soit avec M. Estève - LAAS-7, avenue du Colonel Roche - 31400 Toulouse, Tel. (61) 25 21 47; soit avec M. Peiroff - LLRE - Bâtiment 304C - 91405 Orsay Tel. (16) 1 94 152 70 - Poste 316.

Chimie

Séjours de longue durée de personnels scientifiques étrangers

Séjours au Centre de recherches et d'études céramiques de Limoges (ERA 339) du professeur L. Carriz, de l'université de Marquette à Milwaukee à partir de décembre 1979; il participera aux enseignements du DEA et de la MST des matériaux céramiques un quart de professeur associé à l'université de Limoges pendant le 3ème semestre 1979-1980, ses recherches porteront sur l'endommagement des nitures céramiques par bombardement de neutrons ou d'ions lourds; et du professeur W.W. Szeftler, de l'université Mac Master à Hamilton, en année sabbatique, de janvier à août 1980; ses travaux porteront sur la solubilité des nitrures en atmosphères oxygénées à haute température.

Séjour au Laboratoire de chimie du solide de Bordeaux du professeur Rémy de l'université de Marburg, RFA, comme professeur associé de février à mai 1980. M. Reim est spécialiste de l'effet Jahn-Teller.

Séjour au Laboratoire de spectroscopie infrarouge (LA 134) de Bordeaux, du professeur Moskova de l'université de Toronto pour un an. Le thème de recherche qui est à l'origine de ce séjour est l'étude des intercalés « atomes métalliques - molécules organiques » à basse température.

Brevets

Brevet déposé auprès de l'ANVAR, joint des laboratoires du CNRS, publié au cours des mois de septembre, octobre et novembre 1979 dans le bulletin officiel de la propriété industrielle (BOPI).

2.419.929 (78 06077) - 14 mars 1978.
C 07 C 103/00; B 01 J 31/26; C 07 C 102/08. - Procédé de préparation catalytique d'ammoniac et de synthèse d'un nouveau complexe catalytique approprié (Invention).

Antoine Guesst, Georges Constant, Philippe Kalka et Gérard Villani. - Physico-chimie des solides et des hautes températures (URA 263) - Toulouse.

Manifestations scientifiques

Programme 1980. Cours de perfectionnement scientifique « Mutagenèse, cancérogénèse et redoncations antitumorales » à l'Institut de chimie des substances naturelles.

30 janvier. G. Maubert (Institut Gustave Roussy - Villejuif) - Le chimiothérapie des cancers vus par un clinicien.
6 février. R. Devoret (Physiologie - CNRS Gif) - Mécanisme de la mutagenèse et induction du phage chez les bactéries par les cancérogènes.

20 février. C. Hélène (Laboratoire de biophysique du Muséum d'Histoire naturelle, Paris) - Reconnaissance du DNA modifié par les agents cancérogènes.

27 février. A. Sarasin (Institut de recherches scientifiques sur le cancer - Villejuif) - Mode d'action des cancérogènes dans les cellules de mammifères.

12 mars. J. B. Le Pecq (Institut Gustave Roussy - Villejuif) - Mécanisme d'action sur le DNA des agents antitumoraux.
19 mars. J. Laval (Institut Gustave Roussy - Villejuif) - Réparation du DNA endommagé par les cancérogènes.

27 mars. M.J. Holmgren (Unité de toxicologie génétique de l'Institut Pasteur, Paris) - Les origines du cancer.

16 avril. L. Montagnier (Sérisse (Virologie virale de l'Institut Pasteur - Paris) - Cancérogénèse virale.

23 avril. C. Malaveille (Centre international de recherche sur le cancer - Lyon) - Validité des tests de mutagenèse pour le dépistage des substances potentiellement cancérogènes.

7 mai. A. Croisy (INSERM, ICN - Gif) - Les nitrovinyls: facteurs cancérogènes de l'environnement.

14 mai. F. Zajdel (Institut du radium - Orsay) - Point de vue général sur la cancérogénèse chimique.

Pour tous renseignements complémentaires s'adresser à M. Petit (ICN - labo 226) - Tél. 907 78 29 - Poste 489, Line: Amphibole de l'ICN - Gif sur Yvette. Horaires: 10 h 30 - 11 h 30 généralement le mercredi.

24-29 mars. Lille
Cinquante colloque franco-soviétique sur la catalyse organisé par le Laboratoire de catalyse et physicochimie des surfaces (ERA 438) et le Laboratoire de chimie organique appliquée.

Les thèmes retenus sont les suivants: applications des méthodes physicochimiques à la catalyse en général; et plus particulièrement: catalyse homogène supportée; catalyse d'oxydation.

Pour tous renseignements s'adresser à M. J.P. Bonaldi, université des sciences et techniques de Lille 1, Bâtiment C3, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, tél. 91 92 22 25 26.

25-27 mars 1980. Nice
Sixième symposium international sur le génie de la réaction chimique (ISCRE 6) organisé par la Société de chimie industrielle, sous la présidence de J. Villermans, directeur du Laboratoire des sciences du génie chimique et de P. Trainor, Institut français du pétrole.

Il s'agit d'un événement de portée internationale, qui réunira alternativement tous les deux ans en Europe et en Amérique les spécialistes venus de l'industrie et des laboratoires pour discuter des recherches et des applications récentes dans le domaine des réacteurs chimiques.

Ce sixième symposium marque une ouverture du génie de la réaction chimique en dehors du domaine traditionnel des procédés industriels de transformation vers des dis-

ciplines nouvelles : électrochimie, biologie, solaires, métallurgie, environnement, et vers les problèmes de transformation et de production de l'énergie (combustion, gazéification).

Pour tous renseignements s'adresser à M. J. Villermans, Laboratoire des sciences du génie chimique, 1, rue Grandville, 54042 Nancy Cedex, tél. (83) 36.66.23, 27-31 mai, La Haute.

Réunion GESA X organisée par le Groupe d'études structure activité (GESA). Le GESA créé en 1970 permet à différents groupes de chercheurs (chimistes, cliniciens, pharmacologistes, biochimistes...) d'établir des échanges scientifiques dans une ambiance détendue, au cours d'une réunion annuelle, en vue d'enrichir leur formation et de contribuer au progrès de la chimie thérapeutique et de la pharmacologie sous leurs aspects fondamentaux et appliqués.

Au cours de cette réunion les thèmes suivants seront traités : médicaments et membranes ; antibiotiques ; lactames.

Pour tous renseignements s'adresser à : Paul Canhore, ERA 476, Laboratoire de chimie organique I, Université de Nancy I, Case officielle 140, 54037 Nancy Cedex, tél. (83) 28.93.93 (poste 2103 ou 2104), 4-6 juin, La Motte d'Auvillans (Isère).

Journées d'étude sur les sels fondus organisées par le Laboratoire d'énergie électrochimique. Le patronage scientifique de cette réunion est assuré conjointement par la Société chimique de France (division et chimie analytique) et par la société chimique de Belgique.

Pour tous renseignements s'adresser à : Mme M.J. Barbier et collaborateurs, J.S.F. électrochimie, domaine universitaire, 38401 Saint-Martin-d'Hères, France, tél. (76) 34.41.27.

30 juin-4 juillet, Cannes.

Treizième symposium international de chromatographie.

Ce symposium est organisé en commun par le Chromatography discussion group, le Arbeitskreis Chromatographie der Fachgruppe « Analytische Chemie » der Gesellschaft deutscher Chemiker et le Groupement pour l'avancement des méthodes spectroscopiques et physicochimiques d'analyse.

Pour tous renseignements s'adresser au GAMS, 88, boulevard Malesherbes, 75008 Paris, tél. 292.20.41.

9-11 septembre, Ezealy.

Colloque international du CNRS sur les

« Application des zéolithes en catalyse hétérogène » organisé par MM. B. Imelik, directeur de l'Institut de recherches sur la catalyse, Villeurbanne ; C. Naccache, directeur de recherche au CNRS ; Y. Ben Tairi, maître de recherche au CNRS et J. Vedrine, maître de recherche au CNRS.

24-26 septembre, Toulouse.

Colloque international sur « L'analyse de l'innovation pharmaceutique - études méthodologiques et comparatives » organisé par : M. J.F. Miquel, directeur de recherche au CNRS - responsable de l'équipe de recherche sur « l'innovation pharmaceutique » au Centre d'étude et de recherches de chimie organique appliquée de Thiais.

Divers

Le laboratoire d'extraction et de fermentation de l'Institut de chimie des substances naturelles propose de transposer à l'échelle pilote des techniques de laboratoire pour la production d'alkaloides, peptides, enzymes, avec l'aide d'une équipe spécialisée et d'une gamme complète et polyvalente d'appareils « quart de grand », dans les domaines suivants :

- extraction : végétaux, arômes naturels, substances d'origine animale, microorganismes.
- fermentation : bactéries, champignons.
- lyophilisation.
- évaporation.
- ultrafiltration.
- chromatographie.
- chromatographie préparative HPLC.

Pour tous renseignements s'adresser à M. A. Escut - Tél. 907.78.28 poste 501 - 91190 - Gif-sur-Yvette.

Prix BP de la recherche sur l'énergie

Destiné aux chercheurs de l'université, des écoles et des organismes de recherche de l'enseignement supérieur, le prix BP de la recherche sur l'énergie a pour but de stimuler les idées nouvelles relatives aux ressources en énergie et à leur utilisation.

Il se déroulera en plusieurs étapes au cours desquelles 600 000 F de bourses et de prix seront attribués à des projets sélectionnés par un jury d'experts indépendants de BP.

A l'issue de la compétition nationale le lauréat français sera opposé aux lauréats des autres pays où se sera déroulée une compétition identique pour l'attribution du prix international BP de la recherche sur l'énergie.

Ce prix arbitré par un jury d'experts internationaux sera décerné en juillet 1982.

Les inscriptions sont ouvertes jusqu'au 1er mars 1980. Elles doivent comporter un condensé du projet d'un maximum de 300 mots.

Les dossiers d'inscription ainsi que le règlement du prix sont disponibles à l'adresse suivante : Prix BP de la recherche sur l'énergie - 10, quai Paul Doumer - 92412 Courbevoie Cedex - Tél. 334.43.54.

Réunion du groupe peptides

Une deuxième réunion du « groupe peptides » aura lieu à « la Bayette » (83) Le Pradet, du 21 au 23 mai 1980.

Tous les aspects d'étude des peptides seront abordés sous forme de conférences invitées, posters ou tables rondes :

- aspects chimiques de synthèse (production industrielle, semi-synthèse) ;
- aspects physico-chimiques de conformation ;
- aspects biologiques (utilisation clinique et RIA, mécanismes de reconnaissance).

Le nombre des inscriptions sera limité à deux cents participants. Les personnes intéressées qui n'ont pas encore été contactées directement peuvent demander à se faire inscrire sur la liste d'adresses pour recevoir les formulaires et le programme en temps utile.

Pour tous renseignements s'adresser à : J. Van Renschooten, laboratoire de biochimie, faculté de médecine - secteur nord - boulevard P. Dramard, 13326 Marseille cedex 3.

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

Séjour de longue durée de personnalités scientifiques étrangères

Séjour au Centre de sédimentologie et géochimie de la surface du professeur José Honoré de la « School of marine and atmospheric science » de l'université de Miami, États-Unis, jusqu'au 30 septembre 1980. M. José Honoré effectue ses recherches à la section « océanologie » sur les phénomènes d'hydrothermalisme et d'alimentation sous-marine.

Brevets

Brevets déposés auprès de l'ANYAR, issus de laboratoires du CNRS, publiés au cours des mois de septembre, octobre et novembre 1979 dans le bulletin officiel de la propriété industrielle (BOP).

2.416.269 (78 02676) - 31 janvier 1978, C 22 B 7/00 ; B 03 B 9/04 ; C 21 B 3/04 ; C 22 B 13/00, 19/00.

- Procédé de valorisation du plomb et du zinc contenus dans les boues d'épuration secondaire des gaz de hauts fourneaux (Invention : Jean Cases, Georges Valence et Olivier Lietard). Ecole nationale supérieure de géologie appliquée et de prospection minière - (LA 235) - Nancy.

2.418.150 (78 05306) - 24 février 1978, B 64 B 1/38 - Montgolffière infrarouge et, éventuellement, solaire, susceptible d'être pilotée de façon réversible, pour l'exploration de l'atmosphère (Invention : Jean-Pierre Pommerehne et Alain Hauchecorne). Service d'aéronomie - Verrières-le-Buisson.



Laboratoire d'extraction et de fermentation de l'Institut de chimie des substances naturelles - Gif-sur-Yvette.

Manifestations scientifiques

18-21 novembre. Cannes
Symposium international sur « la géodésie spatiale et ses applications » organisé par le Centre national d'études spatiales, avec le concours de l'Institut géographique national dans le cadre des activités du groupe de recherches de géodésie spatiale.
Le point sera fait en premier lieu, sur les progrès de la géodésie spatiale, à savoir : techniques et instrumentation ; représentation du potentiel ; combinaison des données de sources diverses ; positionnement.
Ensuite, le thème principal de symposium sera consacré à l'impact de la géodésie spatiale dans les domaines suivants :
- dynamique de la terre solide, marées et rotation terrestres, mouvements tectoniques, séismes ;
- étude de l'atmosphère, des océans et des glaces ; contribution à l'étude des climats ;
- planologie, évolution du système solaire ;
- physique fondamentale, mesure du temps, relativité.
Pour tous renseignements s'adresser au Centre national d'études spatiales, département des affaires universitaires, 18, avenue Edouard-Belin, 31055 Toulouse cedex, tel. (61) 53.11.12, poste 5012.

Divers

Cours de technologie spatiale
Le Centre national d'études spatiales organise du 2 au 13 juin à Toulouse un cours de technologie sur le mouvement du véhicule spatial en orbite.
Les principaux sujets abordés seront :
- rappels de mécanique ; calculs d'orbite ; calculs d'altitude ; courbure des satellites en orbite, mise en orbite, maintien à position ; astronomie, missions planétaires ; réalité atmosphérique pilote ou naturelle.
Pour tous renseignements s'adresser au Centre national d'études spatiales, département des affaires universitaires, 18, avenue Edouard-Belin, 31055 Toulouse, cedex (France), tel. (61) 53.11.12, poste 5012, tél. 531.081.

Ecole d'état de physique spatiale
Le Centre national d'études spatiales organise du 1er au 28 août à Grasse une école d'état sur la formation des systèmes planétaires dont le programme sera le suivant :
des nuages interstellaires à la nébuleuse solaire ; condensation des grains ; des grains aux planétésimales ; des planétésimales aux planètes ; cosmochimie et évolution primitive des plantes ; évolution dynamique du système solaire ; mécanisme solaire ; atmosphères et propriétés physiques de nos jours.
Pour tous renseignements s'adresser au Centre national d'études spatiales, département des affaires universitaires, 18, avenue Edouard-Belin, 31055 Toulouse, cedex (France), tel. (61) 53.11.12, poste 5012, tél. 531.081.

Sciences de la vie

Brevet

Brevet déposé auprès de l'ANVAR, issu des laboratoires du CNRS, publié au cours des mois de septembre, octobre et novembre 1979 dans le bulletin officiel de la propriété industrielle (B.O.P.I.).
2.413.465 (77 39033) - 28 décembre 1977.
C.12 K. 1/00 ; G.01 N. 23/20, 33/16, - Procédé et microanalyses pour études biologiques (Invention) : Jean Pierre Bo-

lach, Robert Boussard et Daniel Contel.
Laboratoire de chimie biochimique - Marseille.

Manifestations scientifiques

28-29 avril. Montpellier
Congrès de printemps de la société de chimie biologique sur « les protéines contractiles et la motilité cellulaire ».

Le congrès est axé principalement sur les aspects biochimiques et physicochimiques des protéines contractiles (relations structure-fonction, interactions moléculaires) mais il a également pour objet de biochimie des échanges entre biologistes et biochimistes sur l'organisation des appareils contractiles cytoplasmiques, leur participation aux divers aspects de la motilité cellulaire et les mécanismes biochimiques variés qu'englobe leur fonctionnement.

Le congrès sera suivi de la réunion du Groupe francophone du muscle qui sera consacrée à des exposés des travaux et à des tables rondes.

Pour tous renseignements s'adresser à M. Nguyen Van Thon, Centre de recherches de biochimie macromoléculaire, CNRS, Route de Mende, BP 5051, 34031 Montpellier cedex, tel. (67) 63.91.30, poste 321, 12-14 mars, Paris.

Colloque sur le médicament organisé par la Fondation de l'industrie pharmaceutique pour la recherche, sur le thème : « Fautes du pouvoir régulateur des médicaments : état actuel ».

Le but de ce colloque est d'étudier l'état de la réglementation du pouvoir régulateur des médicaments, tel qu'il est envisagé à l'heure actuelle, dans les recommandations élaborées par le Comité des applications pharmaceutiques des Communautés européennes. Ce colloque sera présidé par le professeur G. Zbinden de l'université de Zurich.

Pour tous renseignements s'adresser au professeur Brunaud, Fondation de l'industrie pharmaceutique pour la recherche, 25, rue de Manille, 75116 Paris.

9-11 juillet. Marseille
Colloque international du CNRS sur « Le neurone autonome : Structure, physiologie et fonctions » organisé par M. A. Camille, maître de recherche au CNRS - Institut de neurophysiologie et psychophysiologie de Marseille.

2-6 septembre. Gif-sur-Yvette
Colloque international du CNRS sur « Le métabolisme et les activités moléculaires des cystidines » organisé par MM. J. Guern, professeur à l'université de Paris VI, responsable de l'ERA 486 « Régulation hormonale de la croissance des cellules végétales » et Cl. Penad-Lénel, directeur de recherche au CNRS, responsable de l'ERA 104 « Biochimie fonctionnelle des plantes » - Université d'Aix-Marseille II.

Divers

Prix Nicolas Appert
Ce prix annuel est destiné à récompenser un travail original rédigé en langue française, non encore publié dans le journal scientifique ou technique, intéressant directement ou indirectement nos connaissances sur les aliments conservés par le procédé de l'appertisation dans tous leurs aspects : microbiologie, hygiène, diététique, éducation.

Les travaux diététographiques doivent être envoyés en trois exemplaires, avant le 1er mars au secrétariat général du prix : Monsieur Atzer-Dumas, Comité médical et scientifique Georges Ley, 5, rue Paul Cézanne, 75008 Paris.

Cycle d'études de pharmacologie cellulaire
Le laboratoire de pharmacologie cellulaire de l'école pratique des hautes études organisera, du 10 au 21 mars 1980, un enseignement théorique et pratique, destiné à montrer l'intérêt des cultures cellulaires en pharmacologie.

Différentes techniques seront présentées : prélevement et entretien des cellules animales en culture ; chimique de la prolifération cellulaire ; cytochrome ultrastructural ; applications aux cultures cellulaires des méthodes biochimiques et électrophysiologiques.

Les possibilités offertes à la pharmacologie par divers modèles cellulaires : myotubes, fibroblastes, chondrocytes, cellules médullaires, cellules cardiaques, cellules nerveuses, cellules épithéliales, adipocytes seront discutées.

Le nombre de places étant très limité, les demandes d'inscription devront être accompagnées d'un bref curriculum vitae et adressées, avant le 15 février 1980 à Mme M. Adolphe, 15 rue de l'école de médecine, 75006 Paris.

Grand prix de l'asthme de la ville de Montpellier

Le grand prix médical de la ville de Montpellier, patronné par la société thermique du Mont-Dore, d'un montant de quatre millions francs, attribué tous les deux ans, récompense le meilleur travail de caractère scientifique ayant pour thème l'asthme, la physiopathologie, la thérapeutique générale ou thérapeutique de l'asthme.

En créant ce prix en 1966, le Mont-Dore entendait apporter sa contribution aux efforts des chercheurs, qui sur le plan médical, s'efforcent de trouver les moyens les plus efficaces et les plus adaptés au soulagement des multiples formes d'asthme et d'emphyseme.

En vue de l'attribution de ce prix, les candidats doivent être envoyés avant le 30 juin 1980 au président du jury : M. le professeur Charpin à l'adresse suivante : hôpital Sainte Marguerite, Clinique de pneumo-pharmacologie, B.P. 29, 13274 Marseille Cedex.

Sciences de l'homme

Séminaire de langue durant des semaines scientifiques étrangères

Séjour au Laboratoire d'anthropologie sociale de M. P. Staller, professeur d'anthropologie à West Chester State College, États-Unis pour un an : il sera rattaché au laboratoire en tant que boursier postdoctoral fellowships in science, de la National science foundation dans le cadre du programme NATO (North Atlantic Treaty Organization) et de M. Robert Barnes, locataire à Oxford university en avril mai. Son séjour à Paris sera consacré à une comparaison de leurs intérêts, hypothèses et résultats respectifs concernant le problème du fonctionnement des systèmes sociaux complexes de parents.

Séjour au Centre de recherches anthropologiques du Musée de l'Homme (L.A. 49) du professeur Louis Jacques Dorais, professeur au département d'anthropologie de l'université Laval à Québec (Canada), jusqu'au 15 mai 1980. Spécialiste dans l'étude linguistique des dialectes de l'Arctique oriental canadien, L.J. Dorais a été invité pour étudier et explorer en vue de publications l'abondant matériel linguistique recueilli sous forme d'enregistre-

ments, textes de littérature orale, listes de mots, etc., par différents chercheurs du LA 49 lors de missions anthropologiques et ethnologiques au Groenland oriental. Ainsi, le dialecte eskimo parlé par les Ammassalik sera-t-il, pour la première fois, systématiquement décrit et analysé et, en outre, comparé avec les dialectes eskimo du Canada. Une recherche ethnohistorique entreprise lors d'une mission sur le terrain en avril viendra ensuite compléter cette première étude.

Manifestations scientifiques

7-9 mai, Nancy

Colloque sur « La place de la formation dans le transfert de technologie » organisé par le « Centre universitaire de coopération économique et social » (CUCES).

Pour tous renseignements s'adresser au CUCES, universités de Nancy I et II, 32-34, rue de Seurupt, B.P. 3098, 54013 Nancy cedex, tél. (83) 51.44.36, 8 mai 1980, Amsterdam

Dans le cadre du prochain congrès mondial de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles organisé par le Veiligheidsinstituut des Pays-Bas avec la collaboration de l'association internationale de la sécurité sociale et du Bureau international du travail qui aura lieu à Amsterdam du 6 au 9 mai 1980, se tiendra une réunion réservée aux responsables d'instituts de recherche spécialisés dans la prévention des risques professionnels.

Le but de cette réunion est d'échanger des informations sur les points suivants : missions et moyens des organismes ; origine des études entreprises ; modalités de diffusion des résultats de la recherche ; prolongement des actions vers les milieux scientifiques, l'industrie, les partenaires du monde du travail, les enseignants.

Pour tous renseignements s'adresser au Comité international de l'association internationale de la sécurité sociale (AISS) pour la recherche dans le domaine de la prévention des risques professionnels, Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 30, rue Olivier Noyer, 75680 Paris Cedex 14, tél. 545.67.67, 21-23 mai, Lyon

Troisième colloque « Structures économiques et économétrie » organisé par le Laboratoire « d'économie et économétrie de l'environnement » (ERA 639).

Pour tous renseignements s'adresser au secrétariat du colloque structures économiques et économétrie, université Claude Bernard, Bâtiment 101, 43, boulevard du 11 novembre 1918, 69621 Villeurbanne, tél. (78) 52.07.04 poste 34-49, 27-30 mai, Paris

Colloque international du CNRS sur « Malthus hier et aujourd'hui » (Congrès international de démographie historique) organisé par : M. J.N. Biraben président de la société de démographie historique, chef du service de la conjoncture de l'INED, 10-14 juin, Lyon

Colloque international du CNRS sur « La préhistoire du Levant, chronologie et organisation de l'espace depuis les origines jusqu'au VI^e millénaire » organisé par : MM. J. Cauvin et P. Sanlaville, maîtres de recherche au CNRS, Maison de l'Orient méditerranéen ancien - Université de Lyon II, 16-20 juin, Paris

Colloque international du CNRS sur « Les processus de l'homme » organisé par : Mlle D. Ferenbach, maître de recherche au CNRS, directeur du laboratoire d'anthropologie biologique de l'EPHE, 18-21 juin, Lyon

Colloque international du CNRS sur « Soufflot et l'architecture des lumières » organisé par : M. D. Ternaux, professeur à l'université de Lyon II, responsable de l'ERA 445, « Rôle de Lyon dans les échanges artistiques (XVI^e et XVIII^e siècles) », Institut d'histoire de l'art de Lyon, 30 juin-4 juillet, Strasbourg

Colloque international du CNRS sur « Société et économie dans l'empire ottoman de la fin du XVIII^e au début du XX^e siècle » organisé par Mme I. Melikoff, professeur à l'université de Strasbourg II, directeur de l'Institut d'études turques, 10-14 juillet, Besançon

Table ronde sur le thème des « cadastres antiques : méthodes de recherche et résultats » organisé par l'équipe « Esclavage et forme de dépendance dans l'antiquité » (ERA 520).

Pour tous renseignements s'adresser à l'ERA 520, université de Besançon, Centre d'histoire ancienne, UER de lettres et de sciences humaines, 30, rue Mégevand, 25030 Besançon Cedex.

Septembre 1980 - Ploegm

Séminaire international de recherche comparative transnationale organisé par le centre européen de coordination de recherche

et documentation en sciences sociales. Les questions étudiées seront les suivantes : problèmes scientifiques et méthodologiques de la recherche comparative transnationale ; organisation des projets internationaux de recherche comparative ; aspects généraux de la coopération scientifique au plan international. Les cours seront présentés par des experts internationaux venant d'Europe de l'Est et de l'Ouest. Le séminaire est destiné à des personnes ayant une formation universitaire en sciences sociales et ayant une expérience de la recherche.

Aucune inscription ne sera reçue après le 30 mai 1980.

Pour tous renseignements s'adresser à MM. Manfred Niessen ou Jules Paschar, Centre européen de coordination de recherche et de documentation en sciences sociales, Grünangerasse 2, A-1011 Vienne, Boîte 974.

29 septembre-4 octobre, Tokyo

Conférence internationale « Coling 80 » sur la linguistique par ordinateur.

Pour tous renseignements s'adresser à M. Vauquois, groupe d'études pour la traduction automatique, Université de Grenoble I, Domaine universitaire, 38041 Grenoble cedex.

29 septembre - 4 octobre, Paris

Colloque international sur « La France de Philippe Auguste : le temps des mutations » organisé par : M. R.H. Bautier, membre de l'Institut, professeur à l'École des Chartes

2-4 décembre, Rome

Colloque international du CNRS sur « Architecture et société, de l'archaïsme grec à la fin de la République romaine » organisé par : M. G. Vallet, directeur de l'École française de Rome.

Divers

Stages

Des stages sont organisés par le Centre de documentation scientifique et technique : Stage Pascaline

(Pascal on line : accès direct à la base de données bibliographiques Pascal)

- Pascaline général : 13-14 février ; 2-3 avril ; 10-11 juin.

- Pascaline sectoriel : sciences de l'ingénieur : 10 janvier ; biologie : 17 janvier ; sciences de la terre : 24 janvier ; chimie : 13 mars ; biologie : 29 avril ;

Stage bibliothèque

- Utilisation d'une bibliothèque scientifique : la bibliothèque du CDST : 18-19 et 20 mars.

Pour tous renseignements concernant ces stages, s'adresser à Informascience, 26, rue Boyer, 75971 Paris Cedex 20, tél. 797.35.59 poste 351.



東京
1980
TOKYO

計
COLING80

PIRDES

16-20 juin, Marseille

Colloque international du CNRS sur « La conversion thermodynamique de l'énergie solaire » organisé par : MM. M. Rodot, directeur et M. Clavier, directeur adjoint du programme interdisciplinaire de recherche pour le développement de l'énergie solaire.

21-23 juillet, Strasbourg

Colloque international du CNRS sur « Les effets biologiques du rayonnement solaire et bioconversion de l'énergie solaire » organisé par : M. Cl. Hélène, directeur du Centre de biophysique moléculaire du CNRS d'Orléans.

Conférence « Coling 80 » : 29 septembre-4 octobre - Tokyo.

Comité national Session de printemps 1980

	DATE	SALLE DU CONSEIL	SALLE JEAN-FERRIN	SALLE HENRI LAUGIER
MARS	L 3	---	---	XXVII - BIOLOGIE ET
	MA 4	XXVI - CHIMIE ORG.	IV - MECANIQUE	XXVII - PHYSIOLOGIE
	ME 5	XXVI - BIOLOGIQUE	IV - ENERGETIQUE	XXVII - VEGETALES
	J 6	XXVI	IV	XXVII - (MATIN)
	V 7	---	IV - (MATIN)	---
	L 10	---	---	---
	MA 11	XXV	---	XXX - ANTHROPOLOGIE
	ME 12	XXV - PHYSIOLOGIE	VIII - PHYSIQUE	XXX - PREHISTOIRE
	J 13	XXV	VIII - ATOMIQUE ET	XXX - ETHNOLOGIE
	V 14	XXV - (MATIN)	VIII - MOLECULAIRE	XXX - (LE MATIN)
	L 17	---	---	IX - STRUCTURE ET
	MA 18	XV - GEOLOGIE	XXI - BIOLOGIE	IX - DYNAMIQUE MOL.
	ME 19	XV - SEDIMENTAIRE ET	XXI - CELLULAIRE	IX - CHIMIE DE
	J 20	XV - PALEONTOLOGIE	XXI	IX - COORDINATION
	L 24	---	---	---
	MA 25	XII - PHYSIQUE DE LA	XI - HISTOIRE	---
	ME 26	XII - MATIERE COND.	XI - MODERNE ET	---
	J 27	XII - PHYSIQUE DES	XI - CONTEMPORAINS	XIV - GEOPHYSIQUE ET
	V 28	XII - SOUDES - (LE MATIN)	ANTIQUITES - XXXX	XIV - GEOLOGIE INT.
			NATIONALES - XXXX	XIV - MINERALOGIE
VACANCES DE PRINTEMPS 1980 DU LUNDI 31 MARS AU VENDREDI 19 AVRIL				
AVRIL	L 21	---	---	---
	MA 22	XXXX - GEOGRAPHIE	XXVIII - BIOLOGIE	---
	ME 23	XXXX	XXVIII	V - PHYSIQUE
	J 24	XXXX	XXVIII - ANIMALE	V - THEORIQUE
	V 25	---	XXVIII - (LE MATIN)	V -
	L 28	XVI - OCEANOGRAPHIE	XXXX	XXXV - LINGUISTIQUE
	MA 29	XVI - ET PHYSIQUE DE	XXXX - ECOLOGIE	XXXV - GENERALE
	ME 30	XVI - L'ATMOSPHERE	XXXX	XXXV - PERIE
MAI	J 1	FERIE	FERIE	FERIE
	V 2	---	---	---
	L 5	---	---	---
	MA 6	II - INFORMATIQUE	X - PHYSICO-CHIMIE	---
	ME 7	II - AUTOMATIQUE	X - DES INTERACTIONS	XXXII - PATHOLOGIE
	J 8	II - ANALYSE DES	X - ET DES INTERFACES	XXXI - EXPERIMENTALE
	V 9	SYSTEMES	X - (LE MATIN)	XXXI - ET COMPARES
	L 12	I - MATHEMATIQUES (R H)	XII - PHILOSOPHIE	XXXIV - SCIENCES
	MA 13	I -	XII - EPISTEMOLOGIE	XXXIV - JURIDIQUES ET
	ME 14	I -	XII - HISTOIRE DES	XXXIV - POLITIQUES
	J 15	---	XII - SCIENCES	ASCENSION
	L 18	---	---	---
	MA 20	XX - PHYSICO	XX -	XXXVII - LEGES W. CIVIL
	ME 21	XX - CHIMIE	XX - BIOCHIMIE	XXXVII - CLASSIQUES
	J 22	XX - DES POLYMERES	XX -	ELECTRONIQUE - II
	V 23	---	XX - (LE MATIN)	ELECTRONIQUE - III
	L 26	PENTECOTE	PENTECOTE	OPTIQUE - III
	MA 27	XXVI -	---	---
	ME 28	XXVI - PSYCHO-	XXXIII - SCIENCES	XXXVIII - LANGUES ET
	J 29	XXVI - PHYSIOLOGIE	XXXII - ECONOMIQUES	XXXVIII - CIVILISATIONS
	V 30	XXVI - ET PSYCHOLOGIE (LE MATIN)	XXXII -	XXXVII - ORIENTALES
	L 3	---	---	---
	MA 3	XIII - PHYSIQUE DE LA	---	XXIV - THERAPEUTIQUE
	ME 4	XIII - MAT. CONDENSEE	XI - CHIMIE DES	XXIV - EXPERIMENTALE
	J 5	XIII - CRYSTALLOGRAPHIE	XI - MATERIAUX	XXIV - PHARMACOLOGIE
	V 6	---	XI - SOLIDES	---
	L 9	---	---	---
	MA 10	VI - PHYSIQUE	VII - ASTRONOMIE ET	---
	ME 11	VI - NUCLEAIRE ET	VII - ENVIRONNEMENT	XXX - BIOLOGIE DES
	J 12	VI - CORPUSCULAIRE	VII - PLANETAIRE	XXXI - INTERACTIONS
	V 13	VI - (LE MATIN)	VII - (LE MATIN)	XXXI - CELLULAIRES
	L 16	XXXX - GEOLOGIE	---	---
	MA 17	XXXX - ET DEMOGRAPHIE	XXXX - ET LINGUIST.	XVII - SYNTHESE
	ME 18	XXXX	XXXX - ET LITTERAIRES	XVII - ORGANIQUE ET
	J 19	XXXX	XXXX - FRANCAISES	XVII - REACTIVITE
	V 20	---	---	---

Bibliographie

périodiques du CNRS septembre- décembre 1979

Annales de géophysique : tome 35 - fascicule 3/1979.

Protistologia : tome XV - fascicule 2/1979.

Revue française de sociologie : vol. XX - fascicule 3/1979.

Archives de zoologie expérimentale et générale : tome 120 - fascicule 2/1979.

Économie de l'énergie : 9, 10/1979.

Animaux de laboratoire : 9, 10, 11/1979.

Archives de sciences sociales des religions : n° 47, 2/1979.

Revue de l'art : n° 45/1979.

ouvrages parus aux éditions du CNRS août-décembre 1979

Sciences physiques pour l'ingénieur

Interface physique - médecine. Applications des techniques de la physique à l'imagerie médicale, perspectives. Grâce aux progrès des sciences physiques, l'imagerie médicale a franchi de nombreux obstacles dans l'exploration du corps humain (radiographie), d'autres méthodes de plus en plus sophistiquées apparaissent mais leur adaptation à la pratique médicale est complexe : réflexions sur les perspectives de ces nouveaux développements.

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

Études microstratigraphiques sur le néogène de la Méditerranée nord-

occidentale. Les bassins néogènes catalans, par J. Magné.

Révision de la stratigraphie du néogène des bassins suivants : basse vallée de l'Ebre, Vallès - Panades et abords, Ampurdan, Rousillon.

Macrofaunes, microfossiles, sédimentologie : coupes détaillées avec inventaire des Foraminifères, Ostracodes, etc. ; tableaux sur la fréquence et la répartition des espèces ; bibliographie.

Sciences de l'homme

Recherches sahariennes. Programme marges désertiques - ouvrage collectif. Études sur la partie centrale et méridionale du désert. Axes de recherches : origine et évolution du peuplement ; vie économique et relations transsahariennes ; alimentation en pays désertique ; chronique : bibliographies et comptes rendus de mission.

Les mouvements celtiques du V^e au I^{er} siècle avant notre ère. XXVIII^e colloque de l'UISPP - Responsables de la publication : P.M. Duval, V. Kruta. Identifier des peuples sans écriture et reconstituer leurs mouvements et les problèmes liés de la protohistoire de l'Europe. Dans ce colloque, il s'agissait de discuter, à propos des celtes, de la relation entre le déplacement des objets et celui des groupes ou individus et du bilan des vérifications archéologiques (migration des Helvètes), (six communications en français, cinq en allemand, quatre en anglais, une en italien).

Connaissance et fonctionnement de la justice pénale - Colloque international du CNRS - Organisateurs : J. Bonenfant, A. Davidovitch.

Confrontation d'expériences en Europe occidentale. Quatre thèmes sont rete-

nus : analyse du système de justice ; examen critique des méthodes de recherche ; images et représentations relatives à la justice (réaction sociale à l'égard du crime) ; institutions de traitement pénal (prisons), évaluation des résultats du traitement.

Cahiers sur la femme et la criminalité - Responsable : D. Kailogropoulos.

Résultats de deux recherches. La première : enquête menée oralement, relative à des jeunes femmes ayant déclenché l'action du contrôle social institutionnalisé et se trouvant en institution de l'éducation surveillée. La deuxième : au moyen d'un questionnaire à remplir, se réfère à des représentations de filles et de garçons du même âge que les précédentes (14-23 ans) mais contactés en liberté au cours de festivals de théâtre (Avignon, 1975-1976).

Développements récents de la comptabilité - par F. Rey.

L'objet de ce livre est de présenter un cadre théorique pour apprécier les diverses pratiques comptables et pour mesurer la portée des développements récents ou des propositions actuellement à l'étude ainsi que de faire apparaître clairement le rôle de la comptabilité : fournir des informations sur une entité économique à des parties de plus en plus nombreuses, associés, salaires, fournisseurs, clients, Etat. (en co-édition avec l'Entreprise moderne (l'édition)).

Annuaire français de droit international - tome XXIV - 1978.

Études et chroniques sur des problèmes de droit international public et de relations internationales, ainsi que sur la pratique et la jurisprudence françaises. Chronologie des faits concernant le droit international et bibliographie des

livres et études parus en 1978.

Sacralité, pouvoir et droit en Afrique. - 4ème colloque du Centre d'études juridiques comparatives.

Table ronde préparatoire au colloque de janvier 1980 sur les rapports du pouvoir et du droit avec le sacré. Proposition de trois thèmes : le sacré et les conceptions du pouvoir et du droit ; le sacré dans les stratégies et les techniques du pouvoir et du droit ; le recours au sacré en face du pouvoir et du droit.

La doctrine coloniale du droit musulman algérien - Bibliographie systématique et introduction critique - par J.R. Henry, F. Balique - Cahiers du CRESM n° 10.

Recensement des travaux doctrinaux, surtout de ceux en langue française, touchant le droit musulman dans l'Algérie coloniale (1830-1962). Principales périodiques dépouillées : la revue algérienne, tunisienne et marocaine de législation et de jurisprudence.

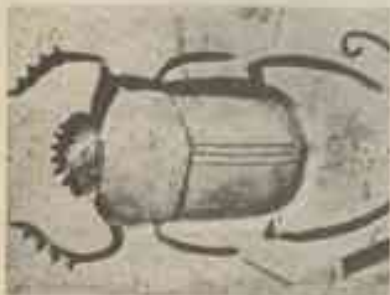
La bibliothèque de l'abbaye de Clairvaux du XII^e au XVIII^e siècle - par R. Vernet, J.F. Genest - Documents, études et répertoires/IRHT.

Reconstitution de l'une des plus belles collections littéraires de la seconde moitié du Moyen-Age. Catalogue de Pierre de Virey (1472). Textes postérieurs à 1472 - catalogues, répertoires, témoignages.

Abbay - Documents pour servir à l'histoire de la civilisation éthiopienne - cahier n° 9/1978 - Responsable : J. Chavaillon.

Dans ce cahier de la revue Abbay sont présentées les communications du congrès de Londres (juin 1977) : vestiges archéologiques des périodes pré-aksoumites ; origine de certaines populations et de leurs implantations ; origines et évolution des langages ; bibliographie analytique (18 communications en anglais, résumés en français).

Karnak d'Egypte - Domaine du divin - par J. Lauffray, préface de Ch.



Khéper, le scarabée qui préside chaque matin à la nouvelle naissance du soleil régénéré. - (Cliché A. Bellod). Extrait du volume « Karnak d'Egypte, domaine du divin » de J. Lauffray.

Destroches-Noblecourt.

Evocation du domaine du divin ou domaine d'Amon, cet ouvrage sur le monde gigantesque de Karnak, aux transformations multiples, permet de pénétrer la pensée religieuse de l'ancienne Egypte. Histoire de la demeure terrestre d'Amon, sa fonction, son architecture, les rites ; reconstitution d'un mur du temple du disque solaire ; très belle iconographie en couleur.

Etudes de géographie historique sur la plaine d'Al Khanoum (Afghanistan) - par P. Bernard, H.P. Francfort - Centre de recherches archéologiques - URA n° 10 - mémoire n° 1.

A partir de fouilles et de sources écrites, recherches sur les noms des deux grands centres urbains situés dans la plaine : la colonie grecque d'Al Khanoum pourrait être l'Alexandrie Oxiennne, dont parle Ptolémée, la capitale islamique de la plaine, à l'époque pré-mongoïde, serait l'Andjaragh des géographes islamiques. Commentaire des voyages des premiers explorateurs (J. Wood) de cette contrée.

La stratégie secrète de la drôle de guerre. Le Conseil suprême interallié - septembre 1939 - avril 1940 - par F. Bédarida.

Histoire des relations franco-britanniques, histoire de la guerre « passive » elle-même, vue et interprétée sous l'angle des instances supérieures de décision alliées. Pour chaque réunion le contexte militaire, diplomatique et politique, le procès-verbal avec les versions française et anglaise ainsi que des notes explicatives puis, le bilan de la séance et ses conséquences. (en co-édition avec les Presses de la Fondation nationale des sciences politiques).

Iconographie et histoire des mentalités. Ouvrage collectif.

Iconographie : reflet de la sensibilité populaire, approche sémiologique. Thèmes de la recherche : l'ex-voto ; l'iconographie sacrée dans l'espace paroissial ; les monuments aux morts ; la représentation du berger ; la figuration des âges de la vie rapports image - discours écrit, image - tradition orale.

Bibliographie annuelle de l'histoire de France du cinquième siècle à 1958 - Tome XXIV - 1978 - par C. Albert-Samuel, B. Moreau, S. Postel - Centre de documentation sciences humaines. Recensement des articles et ouvrages parus en France et à l'étranger. Pour 1978 : 10 225 notices classées dans les différentes sections de la Bibliographie ; 320 volumes de congrès et de mélanges dépouillés.

ouvrages parus avec le concours du CNRS septembre-novembre 1979

Mathématiques, physique de base

Tome 13, n° 12 - ESSDERC 78 - Société française de physique.

Fast ion spectroscopy - International conference on beam-foil spectroscopy, 5th - Journal de physique - Société française de physique.

3rd International conference on the electronic structure of the actinides - Journal de physique - Société française de physique.

Microanalyse et microscopie électronique à balayage - Ecole d'été de St-Martin-d'Hères - 11-16 septembre 1978 - Editions de physique.

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

Carte géologique du nord-est de l'île de Majorque (Sierras de Levante) Baléares - Bourrouilh - Laboratoire de géologie structurale.

La flore du grès à Voltzia (Huntsands-stein supérieur) des Vosges du Nord (France). Morphologie, anatomie, interprétation phylogénétique et paléogéographique - Lea Grauvogel-Stamm - Institut de géologie - Université Louis Pasteur de Strasbourg.

Essai sur l'évolution alpine d'une paléomarge continentale : les confins de la Bosnie-Herzégovine et du Monténégro (Yougoslavie) - Jean-Paul Cadet - Société géologique de France.

La transversale de Collo et d'El Milia (petite Kabylie) : une région-clé pour l'interprétation de la tectonique alpine de la chaîne littorale d'Algérie - Jean-Pierre Bouillin - Société géologique de France.

Etude sédimentologique de formations à caractère flysch et molasse, Macédoine, Epire (Grèce) - Alain Desprairies - Société géologique de France.

Relations entre évolution sédimentaire et tectonique de la plaque pacifique depuis le crétacé inférieur - Yves Lancelot - Société géologique de France.

Sciences de l'homme

L'âme française ou le National-Libéralisme - Edmond Marc Lipiansky - Anthropos.



Lion de bronze de l'Espagne musulmane, XII^e-XIII^e siècles. (Musée du Louvre - Arts musulmans - Inv. 7 883) - Extrait du volume « Multiple Averroès ».

Flora du Cameroun - Documents phytogéographiques n° 2 - R. Letouzey - Laboratoire de phanérogamie.

Essai de nomenclature des populations, langues et dialectes de la république populaire du Bénin - 2 tomes - Pierrette Ceccaldi - Ecole des hautes études en sciences sociales - Centre d'études africaines - Cardan.

Midi-toulousain et pyrénéen - Claude Rivals - Berger-Levrault.

Culture et dictature en Haïti - L'imagination sous contrôle - Laennec Hurbon - Editions L'Harmattan.

Actes 15^{ème} - Religion et politique - Conférence internationale de sociologie religieuse - CISR.

Samarqande et la vallée du Zerashan - Sylvain Benaïdoun - Editions Anthropos.

Recherche d'information et déséquilibres - Jean-Pierre Giran - Economica - Bibliothèque A. Cournot.

Forme et preuve du contrat - Harmonisation du droit des affaires dans les pays du marché commun - Sous la direction de René Rodière - Editions A. Pedone.

Tome 2. Fascicule 2 - Chili, Chine, Colombie, Comores, Congo, Corée - Corpus constitutionnel - Editions J. Brill.

La France à l'ONU - Marie-Claude Smouts - Presses de la Fondation nationale des sciences politiques.

L'humanisme dans les lettres espagnoles - XIX^e colloque international d'études humanistes. Tours 5 - 17 juillet 1976 - Etudes réunies et présentées par Augustin Redondo - Librairie Vrin.

L'humanisme allemand (1480-1540) - XVIII^e colloque international de Tours - Librairie Vrin - Fink Verlag.

La langue des Andoke (Amazonie colombienne) - Jon Landaburu - Seisf.

Les noms des communes et anciennes paroisses de la Seine-Maritime - F. de Beaurepaire - Editions Picard.

Nicolas Choquet - La géométrie - Pre-

mière géométrie algébrique en langue française (1484) - Introduction, texte et notes par Hervé Huillier - Librairie Vrin.

Lancelot - tome IV - Editions critique par Alexandre Micha - Librairie Droz.

Contribution aux études sur Victor Hugo - Le texte de « La fin de Satan » dans le manuscrit B.N. n.a.fr. 24 754 - René Journet, Guy Robert - Les Belles Lettres.

Travaux de linguistique et de littérature - Tome XVII, 1. Linguistique, philologie, stylistique - Tome XVII, 2. Etudes littéraires.

Guillaume Brégonnet - Marguerite d'Angoulême - Correspondance (1521-1524) - II. Années 1523-1524 - Edition du texte annotations par Christine Martineau et Michel Veissière avec le concours de Henry Heller - Librairie Droz.

Cahiers Mennaisiens n° 9, 1978 - Lammennais à « La Réforme » (1^{er} octobre-31 décembre 1849) - Numéro spécial (10-11) - Société des Amis de Lammennais.

Saint-Amand - Oeuvres V Moyse sauvé (1653) - Supplément : pièces et variantes inédites - Edition critique publiée par Jacques Bailhé et Jean Lagry - Librairie Honoré Champion.

Origène - Sur la Pâque - Tome II - Traité inédit publié d'après un papyrus de Tours par O. Guéraud et P. Nautin - Editions Beauchesne.

Inventaire analytique et critique du conte chino-chinois en langue vulgaire. Première partie, deuxième volume - André Lévy - Collège de France - Institut des hautes études chinoises.

Histoire du mouvement littéraire dans l'église Melchite du V^e au XX^e siècle - Joseph Nasrallah - Editions Peeters - Dépôt chez l'auteur (17, rue du Petit-Pont, 75005 Paris).

Fouilles de Pirak - Volume I : texte - Jean-François Jarrige, Marielle Santoni - Diffusion de Boccard. Volume II : étude architecturale et figures - Jean-François Enault - Diffusion de Boccard.

Les actes pontificaux originaux des archives nationales de Paris. Tome II (1261-1304) - Bernard Barbiche - Bibliothèque du Vatican.

Procès en nullité de la condamnation de Jeanne d'Arc. Tome II - Pierre Duparc (texte établi et publié par) - Librairie Klincksieck.

Travaux et mémoires - 7 - Centre de recherche d'histoire et civilisation de

Byzance - Diffusion de Boccard.

Lettres communes analysées d'après les registres dits d'Avignon et du Vatican Urbain V (1362-1370) - Michel et Anne-Marie Hayez - Ecole française de Rome.

Provins - La fortification d'une ville au Moyen-Age - Jean Mesqui - Editions Droz.

Corpus des inscriptions de la France médiévale - 5 Dordogne, Gironde - Centre d'études supérieures de civilisation médiévale - Université de Poitiers.

La recherche historique et archéologique en Languedoc-Roussillon et les sociétés savantes et culturelles (1927-1977) et tables générales des volumes publiés - Fédération historique du Languedoc Méditerranéen et du Roussillon.

Les « masses de granit ». Cent mille notables du Premier Empire - Louis Bergeron, Guy Chaussinand-Nogaret - Editions de l'école des hautes études en sciences sociales - Diffusion : Librairie Touzot (38, rue Saint-Sulpice, 75006 Paris).

Les actes notariés - Source de l'histoire sociale (XVI^e-XIX^e siècles) - Actes du colloque de Strasbourg (mars 1978) réunis par Bernard Vogler - Librairie ISTRA (Strasbourg).

Henry Marot - l'église et l'état - Cours de Sorbonne inédit (1850-1851) - Introduction et présentation de Claude Bressolette - Editions Beauchesne.

Problèmes agraires et société rurale Normandie et Europe du Nord-Ouest (XIV^e-XIX^e siècles) - Cahiers des annales de Normandie n° 11 - G. Désert, H. Neveux, B. Garnier, M.J. Tita-Dieuaidé - Annales de Normandie.

L'article de Charles Du Bos sur Proust, l'idée de l'exaltation - Marie O'Rourke - Peter Lang (Berne).

Actualité de Schelling - Travaux du Centre de documentation et de recherche sur Hegel et sur Marx, publiés sous la direction de G. Planty-Bonjour - Librairie Vrin.

Multiple Averroès - Actes du colloque international organisé à l'occasion du 850^e anniversaire de la naissance d'Averroès - Paris 20-23 septembre 1976 - Les Belles Lettres.

A.A. Cournot - Tome V - Matérialisme, vitalisme, rationalisme - Edité par Claire Salomon-Bayet - Librairie J. Vrin.

Mémoire pour l'avenir - vers une méthodologie de l'informatique - François Dagognet - Librairie Vrin.

