

Le courrier du CNRS 6

Auteur(s) : CNRS

Les folios

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

66 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 6, 1972-10

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/70>

Copier

Présentation

Date(s)1972-10

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

Collation66 p.

Description & Analyse

Nombre de pages 66 p.

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

LE COURRIER DU CNRS *et*



N° 6 OCTOBRE 1972 6 F

LE COURRIER DU CNRS

Centre National de la Recherche Scientifique

2	L'INVITÉ	Recherche pure <i>Pierre Vuilleumier-Ponté</i>
4	ENTRETIEN AVEC...	Le Budget <i>Pierre Creyssel</i>
8	L'ÉVÉNEMENT	Les allocations de recherche <i>Marie-Hélène Marchand</i>
10	PLEINS FEUX SUR	Le centre de pédologie biologique <i>Philippe Duchaufour</i>
14	LE POINT	Les méthodes nucléaires et leurs applications <i>Jacques Labeyrie</i>
19	A PROPOS	Le 2e tome du trésor de la langue française <i>Paul Imbs</i>
21	LA COOPERATION INTERNATIONALE	Le C.E.R.N. <i>Bernard P. Grégory</i>
25	AU-DELÀ DES FRONTIÈRES	Géologie, biologie végétale et géographie en Afghanistan <i>Guy Monnessier</i>
31	LES A.T.P.	Les A.T.P. de l'I.N.A.G. <i>Pierre Charvin et Guy Aubert</i>
34	SERVICES	Service de microanalyse <i>Roger Lévy</i>
39	ÉPHÉMÉRIDES	
42	RENCONTRES	
44	LA VIE DES LABORATOIRES	
50	A L'AFFICHE	
52	DERNIÈRE HEURE	
53	DU CÔTÉ DE L'ANVAR	Recherche industrie <i>Louis Barbouteau</i>
57	LA BOURSE DES EMPLOIS	
62	BIBLIOGRAPHIE	

LE COURRIER DU CNRS

Centre National de la Recherche Scientifique
15, quai Anatole-France - PARIS-7e
Tél. : 555-26-70

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
René Audé

REDACTEUR EN CHEF
René Audé

SECRÉTAIRE DE REDACTION
Brigitte Guérout

COMITÉ DE REDACTION

Michel Yves Bernard
Louise Cadoux
Jean Cantacuzène
Robert Chabbal
Vincent Collet
Michel Crozier
Pierre Favard
Jacques Ferrier
James Hiéblot
Robert Klapisch
Michel Maurette
Christian Morisson
Gilbert Morvan
Geneviève Niéva
Pierre Thuillier
Nicolas Vichney

Photo 1 de couverture :
Coral (marin) - Centre des
Isotopes radioactifs
(photo Reichel)

Photo 4 de couverture :
Podzol (sol candéux) en
« arctique » - formé à
l'emplacement d'une fosse de
très vieux pin maritime
(Cestas - Gironde) - Centre de
pédologie biologique

Abonnements et ventes au numéro
Le numéro : 8 F
Abonnement annuel : 28 F
(Voir bulletin d'abonnement p. 64)
Éditions du C.N.R.S. :
15, quai Anatole-France - PARIS-7e
C.C.P. Paris 9061-11

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
sciences ont été rédigées par le Comité de
Rédaction.
Les textes et illustrations peuvent être reproduits
sous réserve de l'autorisation du directeur de la
publication.

RECHERCHE PURE

C'est en qualité « d'invité » que Pierre Viançon-Ponté, rédacteur en chef du Monde, répond à la question du « Courrier » : « Vous qui n'appartenez pas au monde de la recherche, quelle idée vous faites-vous des chercheurs et quelles sont les réflexions que vous inspire le terme de « Recherche fondamentale » ? »

Quand on me parle de bipolarisation, d'amalgame ou de radicaux libres, je ne pense ni à la physique des radiations, ni à la chimie des métaux, ni à la géométrie moléculaire, mais au couple antagoniste gaullistes-communistes, à la fusion des centristes ou aux explosions de M. Jean-Jacques Servan-Schreiber. C'est dire que l'alchimie politique m'est plus familière que la science pure.

Mais, après tout, pourquoi *pure* ? Existerait-il une science impure dans laquelle on rangerait par exemple la science politique ? Et les chercheurs se classeraient-ils en purs et impurs ? Des chercheurs, c'est vrai qu'il en est de plusieurs sortes.

Nucléos, par exemple, bombarde inlassablement une plaque métallique avec un petit canon compliqué. Tous les matins, ponctuellement, il arrive à son laboratoire. Il passe sa blouse blanche, braque son canon et commence à bombarder. De temps en temps, il s'interrompt pour aligner fiévreusement quelques calculs. Et il recommence, impavide et patient, jusqu'au soir, oubliant le plus souvent de déjeuner. Il en va ainsi depuis des années. Chaque mois il rend compte, c'est-à-dire qu'il perd une après-midi à échanger avec quelques collègues de son espèce, dans un langage parfaitement hermétique, des considérations qui ne varient guère, mais sont apparemment jugées satisfaisantes.

Avec son canon, il prépare l'Apocalypse et grâce à ses travaux, la destruction de la moitié de la planète pourrait bien devenir une affaire à très court terme.

À la tombée du jour, Nucléos plie sa blouse, ferme sa porte, et la tâche accomplie, devient un citoyen à part entière. Nul n'est plus ardent que lui pour coller les affiches qui clouent au pilori les fauteurs de guerre, réclament plus de crédits pour l'enseignement et moins d'argent gaspillé pour la défense. Nul ne signe plus de pétitions, motions, manifestes que lui, pour relever les injustices, les abus, les crimes de tous les pouvoirs et de toutes les autorités, de toutes les hiérarchies et de tous les possédants. Nul n'est plus ardent et bruyant que lui sur les estrades des manifestations où l'on dénonce avec éclat l'arme nucléaire, les conflits sanglants d'Asie ou d'Orient, la répression policière, la société oppressive. Nul n'est plus éloquent pour peindre, larmes aux yeux, l'univers en paix et la fraternité des hommes, exalter le bonheur de vivre, demain, dans un monde où tous seront enfin libres, égaux, solidaires. S'ils ont survécu.

Doctus, lui, ne se soucie guère de manifester. Il n'a pas le temps. Il a toujours un sac de voyage à la main, une valise prête dans le placard de son bureau

ou la malle de sa voiture. Il arrive tout juste d'un colloque, à Rio, et il part tout à l'heure, à l'instant, pour un symposium à Tokyo. Il ne fait que passer. Il sera de retour le 27, mais reprendra l'avion le 29. Et le 28 précisément, il sera pris par des collègues étrangers, de passage pour la journée. Ah ! Peut-être pourra-t-on l'entrevoir entre le 10 et le 14 du mois prochain : il participera à un congrès qui, par chance, se tient à Paris. Mais, naturellement, pas le premier jour : il prononcera le discours d'ouverture. Ni le dernier : les conclusions seront trop difficiles à débattre, il faudra être là et veiller au grain. Ni le soir : il y a un dîner chaque jour et même parfois deux, auxquels il se doit d'assister. À midi, il ne peut en être question : à peine une pause rapide, à la manière anglo-saxonne, d'ailleurs utile pour prendre quelques contacts.

On ose à peine demander à ce chercheur ce qu'il cherche et quand il cherche. Allons, il donne des directives ! Et ses assistants travaillent sur ses indications, sous son contrôle. Ils sont sur la bonne voie. Ils auraient déjà obtenu des résultats spectaculaires s'ils n'étaient pas si souvent dérangés. Par qui ? Avec tous ces colloques, symposiums, congrès, rencontres, leur patron connaît tous ceux qui comptent dans sa spécialité. Tous ces savants à son exemple, passent le quart de leur vie en avion, la moitié dans les réunions.

et le quart qui reste n'est pas de trop pour les rapports à présenter, les discours à prononcer, les documents à étudier et quand même, si vous le permettez, prendre quelquefois un peu de repos. Alors, d'une convention à une session d'études ou entre une mission de coopération et un voyage d'information, les collègues étrangers passent souvent par Paris. Il n'est pas là pour les accueillir puisqu'il est lui-même à l'autre bout du monde. Il faut bien que ses assistants s'en chargent, qu'ils leur fassent visiter son laboratoire, qu'ils leur expliquent leurs travaux. Cela prend du temps. Leurs recherches s'en ressentent. Pourtant, à notre époque, le dialogue, la confrontation, le travail d'équipe sont les clefs du succès. Doctus est sur la voie du succès.

Quel air triomphant arbore Lexicos ! C'est le plus beau jour de sa vie. Il a fini sa thèse. Vingt ans de son existence. Que de longues journées studieuses dans les bibliothèques, de soirées et de dimanches passés sur des grimoires, de vacances gâchées par la pensée du travail qui attend et du temps qu'on gaspille en futilités.

Et combien de livres, de mémoires, de revues, de documents dépouillés minutieusement, annotés, collationnés, répertoriés ! Combien de savantes réunions, de rencontres de travail, de visites à des spécialistes, de voyages à l'étranger, de stages dans des universités, de quêtes patientes pour aboutir à ce résultat.

Maintenant, tout est là, dans ces mille six cent vingt deux pages. Un travail de romain. Une somme, a dit l'un des membres du jury. Après cela, nul ne pourra plus aborder cette question sans se référer à ses recherches. Il sera autorisé jusqu'à la fin de ses jours. Fini, ce labeur harassant, ces années si rudes. Il est un autre homme maintenant. Un maître. Il sait tout. Tout sur « l'usage, la portée, la signification sémantique, linguistique et onomastique, la fréquence et la désérence de l'adverbe *eniam* chez les prosateurs romains du Bas-Empire ». Il a fait franchir à la science, à la connaissance,

un pas gigantesque.

Ne lui dites pas, surtout, que tout le monde s'en moque et qu'il a perdu vingt ans pour rien, sauf pour sa carrière et sa retraite. Vous le tueriez, raide. Sa carrière, sa retraite : mais il s'en moque il n'y a pas songé une seconde depuis vingt ans. Sans quoi, il aurait pris un sujet moins ardu, vulgaire, il aurait bâclé l'affaire et il en aurait fait un livre qui aurait eu au moins trois mille lecteurs. Mais il n'a pas voulu choisir la facilité, courtiser la gloire et la fortune. La conscience, l'acharnement, le scrupule, la science en un mot n'ont plus cours, dans un monde qui se détourne des vraies valeurs. Heureusement, il reste quelques chercheurs sérieux, désintéressés, honnêtes. On les méprise, on les maltraite, on les méconnaît. Peu importe. Ils font leur devoir. Et, sans eux, l'humanité en serait encore à l'âge de pierre auquel d'ailleurs elle paraît en voie de retourner rapidement.

Trois méchants portraits. Injustes, excessifs, caricaturaux. Des chercheurs, j'en sais aussi d'autres espèces. Je garderai jusqu'à ma mort le souvenir de ce vieux médecin hospitalier qui, quarante années durant, obscur sauf pour une dizaine de grands et vrais spécialistes dans le monde et aussi pour quelques milliers de malades qu'il avait sauvés, a si bien payé de sa personne qu'il est mort, assassiné par le cobalt. Je n'oublierai pas avant longtemps le visage rayonnant de ce jeune biologiste qui, un soir, essayait patiemment de renverser le mur d'incompréhension et d'incompétence que je lui opposais bien malgré moi pour expliquer quels pas essentiels sinon encore décisifs, le prêt obtenu quatre heures plus tôt d'un ordinateur de type spécial, allait faire franchir non seulement à la recherche mais même à la guérison, en France, de ce mal cruel et jusque là incurable, la leucémie des enfants. Ces deux-là avaient fait, par leur sérieux, par leur savoir, par leur dévouement désintéressé, avancer la recherche, la science et reculer le malheur.

J'ai encore présente à l'esprit comme

si j'en sortais à peine cette longue et passionnante conversation très libre, avec quatre chercheurs de physique et de mathématique. De leurs sciences respectives, nous en étions bientôt venus à la quasi-impossibilité même pour eux, même entre eux, de se comprendre, tant chacun avait approfondi sa spécialité. Et, très vite, les répliques s'élevaient à l'un des plus douloureux et complexes problèmes de l'époque, la difficulté pour tous les hommes de communiquer, d'échanger, de s'entendre et même de s'entre-écouter, au sens littéral des mots. Bien des sociologues, des philosophes et aussi des hommes d'État ou des chefs spirituels, auraient pu prendre des leçons de ces chercheurs-là, que l'on aurait pu croire robotisés et sclérosés par leur extrême, mais si étroite, spécialisation. Par delà l'acuité de la connaissance scientifique, c'est en eux, l'homme avec l'intelligence la plus vive et la générosité la plus vraie qui cherchait à tâtons la voie du bonheur.

La recherche qui mérite le beau qualificatif de *pure*, est bien celle de tels hommes. Quelle est sa place dans la nation, sa fonction, ses buts, son avenir puisque ce sont là les questions auxquelles l'invité de ce « courrier » était censé répondre ? Nul n'est, le pacifiste chercheur d'apocalypse. Doctus, l'expert en colloques et Lexicos, si fier de son érudition inutile, sont naturellement imaginaires : personne n'a jamais rencontré de personnages aussi grotesques ou dérisoires et ils n'auraient aucune place à la recherche scientifique. Le vieux médecin, le jeune savant, les quatre chercheurs évoqués en contrepoint et trop brièvement ont certainement en revanche, on ne peut en douter, les moyens, l'appui et l'honneur auxquels ils ont tous les droits. Sans quoi la fonction de la recherche ne serait pas remplie, ses buts ne pourraient être atteints, son avenir serait bien compromis. Ce qui, naturellement, ne saurait être le cas dans une nation organisée et bien administrée comme la nôtre.

Pierre VIANSSON-PONTÉ.

LE BUDGET 1973

Quel sera le budget du Centre National de la Recherche Scientifique en 1973 ? M. Pierre Creysse répond sur ce point aux questions du « Courrier ».

Le courrier :

Dans un article récent du « Monde », Nicolas Vichney a écrit que le budget du Centre National de la Recherche Scientifique pour 1973 « était le moins mauvais depuis quatre ans ». Qu'en pensez-vous ?

Pierre Creysse :

Certes, comme je l'ai dit l'an dernier en répondant au « Courrier », il n'y a jamais de bon budget ou en tout cas de budget idéal. Mais je crois cependant que le budget 1973 marque un progrès sensible par rapport à celui de 1972. D'abord un chiffre : nous allons pour la première fois franchir le cap du milliard et demi pour ce que j'appelle le budget « consolidé » du Centre National de la Recherche Scientifique c'est-à-dire le budget du C.N.R.S. proprement dit et des Instituts Nationaux comme l'INAG et l'IN2P3.

Ce chiffre, bien entendu, ne comprend pas seulement la subvention de l'Etat. Le C.N.R.S. et ses Instituts Nationaux ont des ressources propres, dont certaines sont affectées aux laboratoires, et elles ne sont pas négligeables : on peut estimer que, en 1973, elles représenteront 78,5 millions.

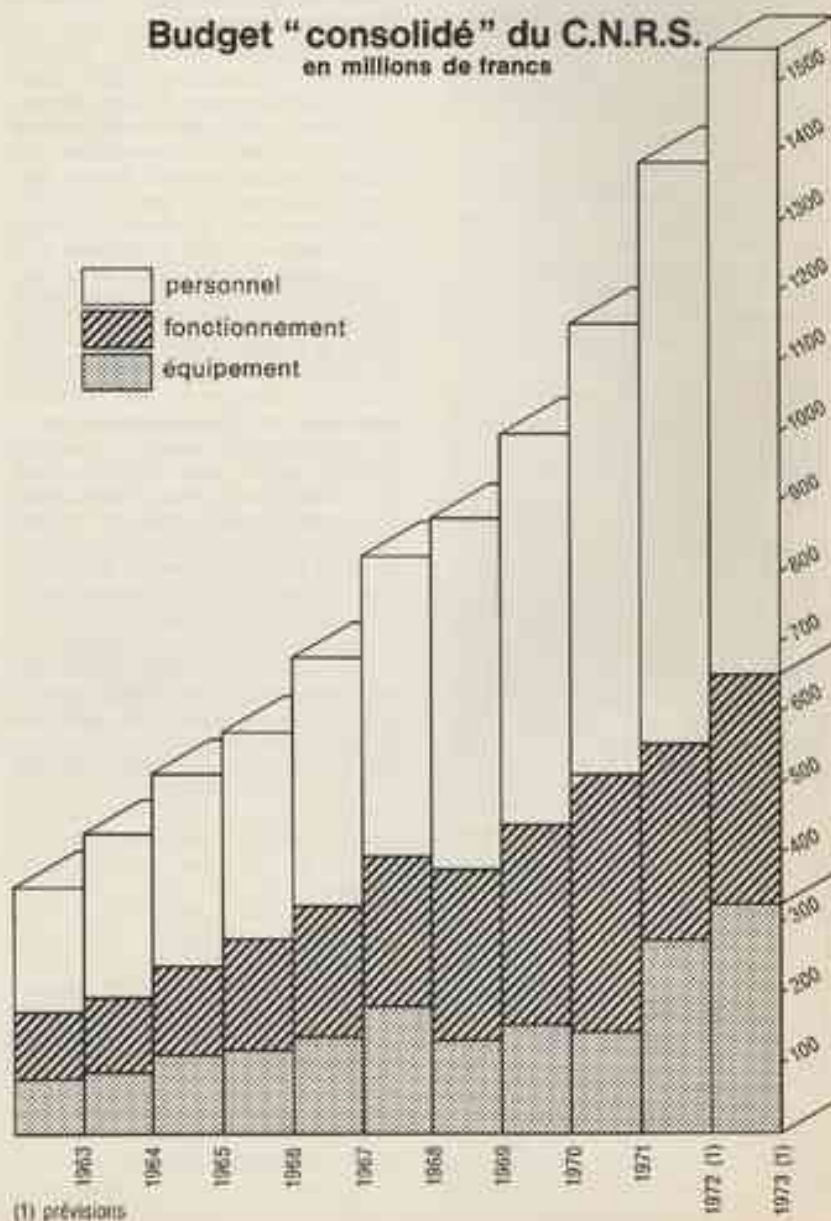
Le courrier :

Où mais par rapport à 1972, quelle est l'augmentation ?

Pierre Creysse :

Elle est assez importante. Aussi bien en ce qui concerne l'équipement qu'en ce qui concerne le fonctionnement. Les autorisations de programmes passent de 252 à 296 millions ou à 306 selon que l'on tient compte ou non de 10 millions provisoirement bloqués au Fonds d'Action Conjoncturelle mais qui, nous l'espérons, pourraient être utilisés en 1973 pour le grand télescope de 3,60 m

Budget "consolidé" du C.N.R.S.
en millions de francs



prévu à Hwaï. Quant aux mesures nouvelles de fonctionnement, elles atteignent 80 millions, ce qui est le chiffre le plus fort, enregistré depuis plusieurs années : en 1971, elles ne s'élevaient qu'à 35 millions et en 1972 à un peu plus de 64 millions.

Le courrier :

Il y a donc une augmentation indiscutable. Mais la progression n'est-elle pas plus faible par rapport à 1972, qu'en 1972 par rapport à 1971 ?

Pierre Creysnel :

Cela n'est pas contestable, puisqu'au total, la progression du budget ou plutôt celle de la subvention de l'Etat avait été de 20 % en 1972 alors qu'elle n'atteindra que 10 % environ en 1973. Mais en fait, lorsqu'on regarde les choses de plus près, on s'aperçoit que l'augmentation réelle par rapport à l'année précédente est au moins aussi importante en 1973 qu'en 1972.

La forte croissance enregistrée en 1972 a été en effet essentiellement due à celle des autorisations de programme (environ 40 %). Mais cette progression n'a été aussi spectaculaire que parce qu'une bonne année faisait suite à un certain nombre d'années de « vaches maigres » (144 millions en 1970, 180 millions en 1971). D'autre part, en 1972 des charges très lourdes pesaient sur le budget d'équipement : ainsi les crédits nécessaires à l'achèvement de la construction du Réacteur à Haut Flux de Grenoble absorbaient 38,5 millions. En 1973 la situation sera très différente : le Réacteur à Haut Flux par exemple ne coûtera que 6 millions, ce qui veut dire que la progression réelle des crédits d'équipement sera, non pas de 44 ou 54 millions mais de 44 ou 54 plus la différence entre 38,5 et 6 soit 76,5 millions ou 86,5 selon que l'on tient compte ou non des 10 millions bloqués au Fonds d'Action Conjoncturelle.

Le courrier :

Et les crédits de fonctionnement ?

N'avez-vous pas eu en 1972 de très grandes difficultés qui ont été vivement ressenties au niveau des laboratoires ? Y a-t-il un espoir pour que les choses s'améliorent en 1973 ?

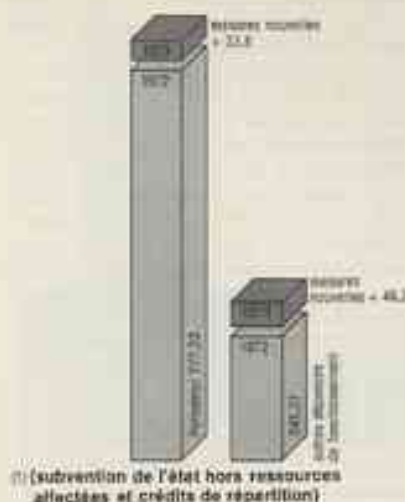
Pierre Creysnel :

Je l'espère, encore que dans ce domaine l'avenir ne soit pas entièrement rose. En effet, sur les 80 millions de mesures nouvelles de fonctionnement dont je vous ai parlé et cela malgré le nombre relativement limité des créations d'emplois sur lequel je reviendrai peut-être tout à l'heure, près de 33,8 millions sont absorbés par les dépenses de personnel. Il ne reste donc que 46 millions pour faire face à tous les autres besoins : les crédits sociaux, la formation perma-

Budget de fonctionnement

1972-1973 (1)

en millions de francs



nente, l'augmentation indispensable de la subvention de l'ANVAR et de la participation du C.N.R.S. au fonctionnement du Réacteur à Haut Flux...

Ce qui veut dire qu'en définitive, il ne reste qu'environ 20 millions de mesures nouvelles pour les dépenses de fonctionnement proprement dites : le petit matériel, l'électricité, le gaz, les fluides.

Le courrier :

20 millions ce n'est quand même pas mal...

Pierre Creysnel :

Oui cela représente à peu près 20 % d'augmentation puisque les crédits de fonctionnement et de petit matériel inscrits au budget du C.N.R.S. s'élèvent à 101 millions et passent en 1973 à 121. Mais les besoins sont énormes. Depuis plusieurs années nos laboratoires propres ont subi une diminution importante de leur pouvoir d'achat réel en crédits de fonctionnement. D'autre part, comme vous le savez, les formations associées au C.N.R.S. ou aidées par lui ont tendance, depuis quelque temps, à demander qu'une part de plus en plus importante du crédit dit de « matériel » qui leur est alloué soit réservée au fonctionnement : autrefois la répartition proposée était en moyenne et pour l'ensemble du C.N.R.S. de 30 % pour le fonctionnement et 70 % pour l'équipement. En 1972, bien que mes appels à la modération aient été très largement entendus et compris, la répartition sera voisine de 45 % pour le fonctionnement — 55 % pour l'équipement.

Certes, je comprends très bien les difficultés que rencontrent chacun des directeurs de formations de recherche

dans ce domaine mais il faut voir quelle est la situation au niveau du budget global du C.N.R.S. : les besoins en crédits de fonctionnement ne cessent de croître alors qu'il est malheureusement impossible d'opérer un transfert du budget d'équipement vers le budget de fonctionnement.

Il m'apparaît tout à fait probable que, en 1973, la demande en crédits de fonctionnement, qu'elle soit interne (venant des laboratoires propres) ou externe (venant des laboratoires associés) continuera sans doute à augmenter. Ceci signifie que malgré la progression de nos crédits, progression très substantielle, je le répète, nous devons encore continuer à suivre de très près l'évolution de la consommation des crédits de fonctionnement et demander aux directeurs de laboratoires et de formations de recherche de nous aider dans cette tâche.

Le courrier :

Pour les crédits d'équipement alloués aux laboratoires propres et aux formations, la situation sera-t-elle meilleure ?

Pierre Creysnel :

Sans nul doute, car l'augmentation des crédits d'amortissement et de jouvence, c'est-à-dire des crédits qui permettent le remplacement à l'identique du matériel et son amélioration technique, sont en progression très forte : en 1973, ils s'élèveront à 105 millions contre un peu moins de 80 en 1972, soit environ 24 %. Même si l'on tient compte de l'érosion monétaire cela représente une amélioration sensible.

Au total donc, les crédits de fonctionnement et d'équipement accordés aux laboratoires propres comme aux formations de recherche augmenteront de 15 % à 20 % en moyenne. Par exemple, l'argent réparti par les sections du Comité National sous la forme du crédit dit de « Matériel » passera de 67 à 81 millions.

Le courrier :

Pour les créations d'emplois la situation est moins brillante ?

Pierre Creysnel :

Certes, et nous n'avons pas l'intention avec nos 80 créations d'emplois de chercheurs et nos 270 créations d'emplois d'ingénieurs-techniciens-administratifs de chanter victoire ! Mais il faut, je crois, analyser les choses d'un peu plus près.

Il convient de noter tout d'abord que les 80 créations d'emplois de chercheurs seront complétées par des transformations d'emplois assez nombreuses (162), ce qui permettra en fait d'assurer aux chercheurs un rythme de promotion identique à celui de l'an dernier. Comme l'an passé, je le réaffirme, il

n'y aura pas de blocage budgétaire pour le passage du poste d'attaché à celui de chargé de recherches : les seules limitations seront d'ordre scientifique. D'autre part, toujours en ce qui concerne les chercheurs, il faut remarquer que le nombre modéré des créations d'emplois est la contre-partie du choix très clairement adopté par le C.N.R.S. de mettre l'accent en priorité sur l'amélioration des moyens mis à leur disposition.

On ne peut pas tout faire en même temps : augmenter le nombre des chercheurs et les doter de moyens suffisants. Chaque chercheur nouveau coûte en moyenne 50 000 F pour son traitement mais il faut en réalité prévoir pour lui environ 100 000 F en moyens d'équipement et de fonctionnement (traitement compris) si l'on veut qu'il puisse travailler dans des conditions satisfaisantes. En 1973, la première urgence était d'arrêter le mouvement de dégradation des moyens en matériel et en fonctionnement des laboratoires et d'amorcer le processus inverse, un processus de « recapitalisation », de reconstitution du potentiel de recherche. Dans les années suivantes nous espérons pouvoir, grâce à des créations d'emplois mais aussi grâce à une mobilité accrue, augmenter le nombre des recrutements et retrouver ainsi un rythme plus normal.

Le courrier :

Et pour les ingénieurs, les techniciens et les administratifs ?

Pierre Crevel :

La situation est meilleure que pour les chercheurs : 270 créations d'emplois contre 175 en 1972. Mais là encore il ne faut pas attendre de miracle. Un nombre important de postes doit être réservé pour le renforcement de l'infrastructure administrative ; d'autre part des postes sont prévus, et je m'en félicite, pour l'intégration des personnels sur ressources affectées et des vacataires pour les cantines. Au niveau des laboratoires il y aura donc encore bien des demandes de postes qui resteront insatisfaites, mais nous nous efforcerons d'assurer la répartition la plus juste.

Ce qui est en tout cas certain, là encore, c'est que les postes créés sont assez nombreux et d'un niveau suffisamment élevé pour permettre de maintenir en 1973 un rythme normal en ce qui concerne les promotions : je répète pour les techniciens ce que j'ai dit pour les chercheurs, il n'y aura pas de blocage d'ordre budgétaire dans ce domaine.

Le courrier :

Dans le cadre de ce budget pourrez-vous mettre en œuvre des moyens d'action qui correspondent réellement aux objectifs du C.N.R.S. ?

Pierre Crevel :

Je le pense. D'abord, je vous le signale, pour la première fois le budget du C.N.R.S. et des Instituts Nationaux pour 1973 sera présenté par objectifs et programmes à l'intérieur de chacun des secteurs scientifiques : il sera ainsi possible de voir clairement où va l'argent, à quoi il sert et de quelle manière. Dans le cadre du budget ainsi présenté, nous tiendrons compte des options recommandées par la Commission de la Recherche et par le Plan. Ainsi pour tenir compte du caractère prioritaire que revêt aujourd'hui l'objectif « amélioration de la qualité de la vie », nous augmenterons très fortement les crédits accordés au secteur des Sciences de la Vie et à celui des Sciences de l'Homme : les autorisations de programmes du secteur Sciences de la Vie passeront de 32,8 millions en 1972 à 59,2 millions en 1973. Quant au montant des autorisations de programmes des Sciences de l'Homme il triplera presque puisqu'il passera de 7,5 millions à 19,5 millions. Cette priorité se manifestera également dans le budget de fonctionnement : par exemple, sur 80 postes de chercheurs créés, 32 seront attribués aux Sciences de la Vie et 17 aux Sciences de l'Homme. Ne croyez pas pour autant que les autres secteurs seront négligés : ainsi les autorisations de programmes allouées à la physique et à la chimie passeront de moins de 60 à près de 88 millions.

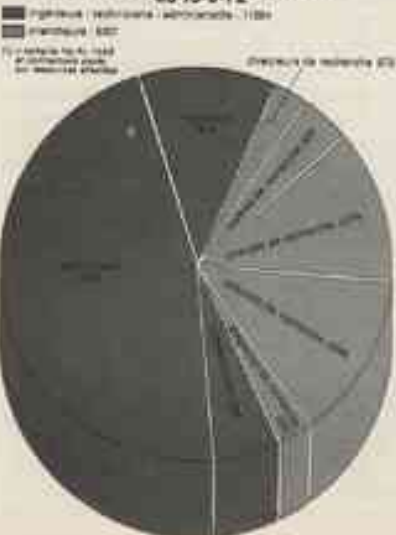
Le courrier :

Les Actions Thématiques Programmées constituent-elles selon vous le moyen essentiel pour mettre en œuvre ces priorités ?

Pierre Crevel :

Le moyen essentiel peut-être pas ; après tout les Actions Thématiques Programmées en 1973 ne représenteront que 40 millions sur un budget de 1,5 milliard...

Effectif des chercheurs et des I.T.A. au 15-6-72



Mais un moyen fondamental sûrement ! Les A.T.P. permettent en effet, et c'est sans doute leur intérêt majeur, d'afficher clairement, et à l'avance, les axes de recherche et ainsi d'obtenir un effet d'entraînement pour les équipes déjà spécialisées, et d'incitation pour les équipes en voie de formation.

Le courrier :

L'ouverture sur l'économie nationale est-elle une des priorités retenues par le C.N.R.S. en 1973 ?

Pierre Crevel :

Absolument. Nous pensons en effet qu'il convient non seulement de valoriser au maximum les résultats de la recherche mais encore de développer tout ce qui peut ouvrir le C.N.R.S. sur l'extérieur et, en particulier, sur l'économie nationale. En 1973, tout d'abord nous accroîtrons la subvention accordée à l'ANVAR en fonctionnement de 2 millions et nous ferons passer de 6 à 8 millions la dotation en capital qui lui sera allouée. D'autre part et surtout, nous continuerons l'expérience entreprise en 1972 et qui semble donner d'excellents résultats, d'une convention particulière, passée avec l'ANVAR et dans le cadre de laquelle l'ANVAR, à notre demande, et avec notre accord, effectue des actions de valorisation dans nos laboratoires propres ou associés, actions visant notamment à ce que l'élaboration de prototypes permette aux idées et aux inventions de nos chercheurs de devenir de vraies innovations.

Pour ouvrir le C.N.R.S. vers le monde industriel et le monde économique nous allons, en outre, créer au sein du Département des relations extérieures un bureau des relations industrielles qui veillera à mieux faire connaître au secteur productif les réalisations et les possibilités du C.N.R.S. Ces réalisations et possibilités nous allons enfin nous efforcer de les développer en mettant l'accent sur ce qu'on appelle parfois les Sciences pour l'Ingénieur, c'est-à-dire ces sciences qui sans perdre leur caractère fondamental, sans se transformer en recherche appliquée travaillant à la commande, contribuent à la solution des problèmes réels que se posent l'industrie et le secteur productif. Cette action, remarquons-le, s'intègre dans une perspective d'ensemble d'après laquelle la science doit servir à l'industrie sans pour autant lui être asservie. Il ne s'agit pas de renier la priorité accordée à la recherche fondamentale ni de mettre en cause sa liberté, mais de veiller à ce que les thèmes de recherche retenus tiennent compte des besoins de l'économie nationale et de sa croissance.

Au demeurant, il ne s'agit pas seulement de croissance économique mais de développement. L'accent mis sur les sciences orientées vers le mieux être et la défense de la qualité de la vie traduit bien cette évidence : la recherche est peut-être moins un élément d'appui de la croissance économique au sens strict que du développement économique, social et culturel qui en est à la fois le complément et la fin.

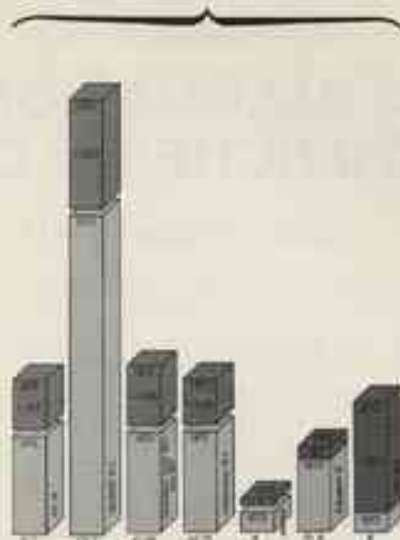
Le courrier :

Et qu'en est-il de l'ouverture sur le monde scientifique international ?

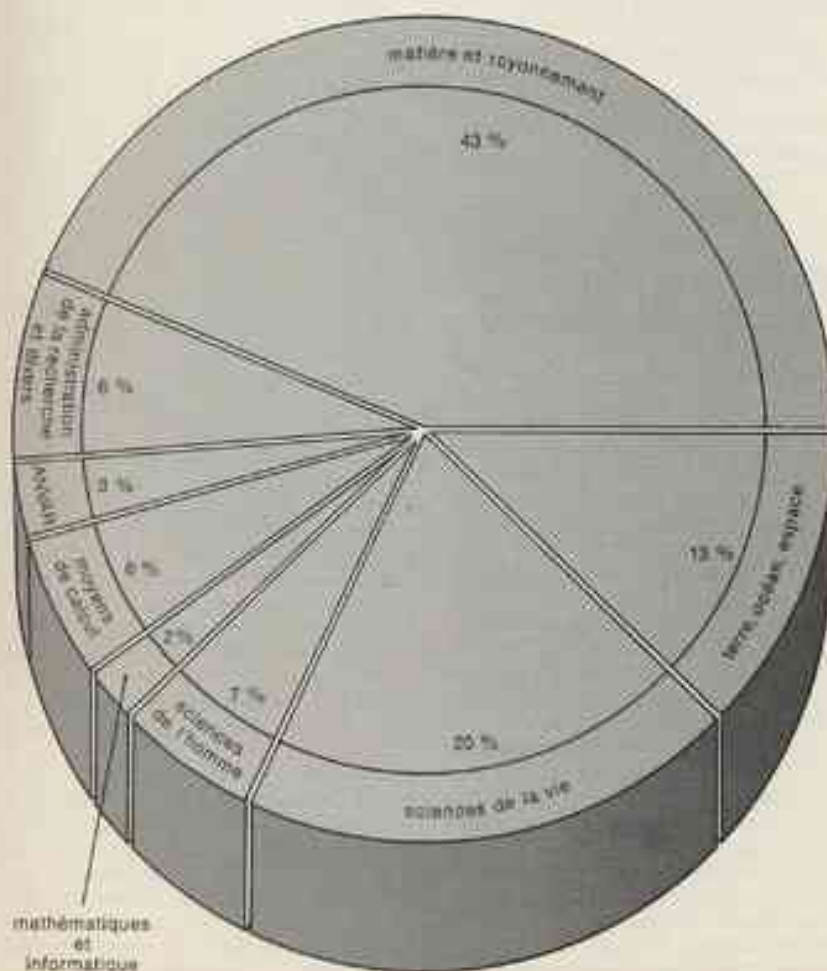
Pierre Crevel :

L'ouverture du C.N.R.S. sur l'extérieur se traduira en effet également en 1973 par l'intensification de la coopération scientifique internationale. A cet égard, une évolution importante est en train de se produire, qui sera sans doute accentuée en 1973 : de plus en plus la

Autorisations de programme 1973
285 milliards de francs



Répartition des autorisations de programmes
en 1973 par secteurs du Plan
(pourcentages)



coopération reposant essentiellement sur des échanges de chercheurs laisse place à une collaboration plus intime pour la réalisation de projets d'intérêt commun : de plus en plus également les relations scientifiques, dans le cadre européen avec des organismes tels que le Science Research Council (S.R.C.), la Deutsche Forschungs Gemeinschaft (D.F.G.), le Max Planck Gesellschaft (M.P.G.) se développent. Tout récemment encore, les Anglais du S.R.C. ont demandé à participer à « part entière » au R.H.F. de Grenoble. L'Europe scientifique est peut-être en train de naître...

Le courrier :

C'est finalement un bon budget ?...

Pierre Crevel :

En tout cas, un budget meilleur que nous le pensions ou moins mauvais que ce que nous craignons.

Un budget d'abord qui permettra d'arrêter le processus de dégradation des moyens en équipement et en fonctionnement des laboratoires engagé depuis quelques années et d'amorcer le processus inverse : en 1972 les dépenses de personnel représentaient 70% du budget total du C.N.R.S. contre 53% en 1963 et les crédits d'équipement seulement 8% contre 15% ; en 1973 les crédits de personnel redescendront à 65% et les crédits d'équipement remonteront à 14%.

Un budget qui permettra, en outre, d'entreprendre l'énorme effort de rénovation du système de gestion indispensable pour que le C.N.R.S. conserve, malgré sa taille, des structures et des procédures suffisamment légères et souples, et que, grâce à l'adoption des méthodes modernes de « management » il évite les dangers du gigantisme tout en bénéficiant des avantages que procure l'unité de direction, en bref pour qu'il puisse agir comme une grande « entreprise de science » et non pas comme une administration de type classique.

Je ne puis m'étendre sur ce point mais il est certain que l'effort de déconcentration et de réorganisation de nos services que nous mettons en œuvre actuellement est sans aucun doute décisif pour l'avenir du C.N.R.S. Car, il ne faut jamais oublier, dans un organisme comme le nôtre, l'administration n'a et ne peut avoir qu'un objectif : s'adapter au mieux, dans le respect des règles indispensables mais en évitant toutes les contraintes inutiles, aux impératifs de la Science. L'administration de la recherche doit être avant tout au service de la recherche.

LES ALLOCATIONS DE RECHERCHE DU C.N.R.S.

Soucieux d'encourager ses chercheurs et ses laboratoires à se préoccuper des besoins de l'économie nationale, le C.N.R.S. a manifesté dans ses propositions pour le VI^e Plan son intention de traduire concrètement cet effort d'ouverture.

Plusieurs orientations ont été envisagées à cet effet (valorisation des résultats de la recherche - amélioration de la liaison recherche - industrie...) parmi lesquelles la création par le C.N.R.S. de bourses de recherche lui permettant de recruter, pour une période temporaire, de jeunes ingénieurs désireux de s'orienter par la suite vers le secteur productif, apparaît comme un moyen privilégié pour encourager la liaison souhaitée entre la recherche et l'industrie.

Inscrites au budget 1971, 50 allocations de recherche ont été pour la première fois attribuées pour prendre effet au 1^{er} septembre 1971. 100 prendront effet en septembre 1972. Il est donc encore trop tôt pour tirer des conclusions de cette expérience. Il nous a cependant paru utile d'en préciser la nature, les modalités de réalisation et, sans pouvoir dresser dès maintenant un bilan, du moins relever les traits principaux qui ont marqué sa première année de réalisation.

Il s'agit donc, par ce système, de permettre à des jeunes gens titulaires d'un diplôme d'ingénieur ou d'un titre équivalent, qui se destinent à des professions du secteur industriel et plus généralement économique, d'acquiescer à l'issue de leur scolarité une formation complémentaire par la recherche. Celle-ci doit valoriser leur formation d'ingénieur et faciliter leur insertion professionnelle ultérieure. En outre, il est clair que les laboratoires bénéficiaires de ces allocataires de recherche reçoivent ainsi une aide précieuse : la contribution des jeunes boursiers aux programmes de recherche, le « sang neuf » qu'ils apportent dans des équipes déjà constituées sont des atouts précieux pour les responsables des laboratoires soucieux de voir développer le dynamisme de leur équipe.

Enfin, à l'issue de cette expérience, ces ingénieurs - docteurs (car ils profitent

de leur stage pour préparer leur thèse) seront particulièrement bien placés pour entreprendre tout au moins, au début de leur carrière une activité de recherche, et seront à même de se faire les « ambassadeurs » de la recherche fondamentale dans le secteur économique où ils pourront appliquer leurs connaissances.

Il s'agit donc d'une valorisation certaine à la fois pour les boursiers et pour les laboratoires auxquels ils sont affectés. Pour résumer, on peut dire que l'objectif de ces allocations est triple :

- procurer aux laboratoires du C.N.R.S. un flux complémentaire et renouvelé de jeunes chercheurs,
- offrir à de jeunes ingénieurs les moyens d'une formation sérieuse par la recherche,
- fournir à l'économie nationale un contingent de recrues hautement qualifiées.

Présentation des candidatures

Comme il l'a été indiqué plus haut, ces allocations de recherche sont destinées à des jeunes gens titulaires d'un diplôme d'ingénieur (ou exceptionnellement, d'un titre équivalent, ceci afin de permettre l'accès à ces bourses à quelques personnes n'ayant pas le diplôme d'ingénieur mais ayant poursuivi des études à caractère suffisamment pratique).

La liste des écoles dont le diplôme donne accès au bénéfice de telles allocations a été arrêtée par la direction du C.N.R.S. animée à cet égard d'un souci de qualité et d'ouverture.

Quatre, car ont été retenues l'ensemble des grandes écoles au sens traditionnel du terme (École polytechnique, École nationale supérieure des mines de Paris, École centrale des arts et manufactures etc.), ainsi que des institutions dont la qualité est très notoire telle que les instituts nationaux polytechniques ou de très bonnes écoles de Province. Cette liste n'est pas

limitative, mais la direction du C.N.R.S. entend cependant lui conserver un caractère sélectif. Des exceptions pour des cas particulièrement dignes d'intérêt sont évidemment possibles.

Ouverture, car il s'agit de pouvoir attirer des candidats venant de différents horizons, du secteur traditionnel des sciences de l'ingénieur, physique et chimie, ou sciences de la terre, mais aussi de l'informatique, des sciences de la vie ou des sciences humaines : c'est à ce titre que des écoles telles que l'école des hautes études commerciales, l'institut d'études politiques de Paris ou l'institut national agronomique figurent sur la liste des écoles.

En ce qui concerne la liste des laboratoires, elle est aussi arrêtée par la direction du C.N.R.S. Elle comporte ceux de nos laboratoires (et équipes de recherche) propres et associés, dont les recherches débouchent naturellement sur le secteur aval. Ils constituent ainsi des lieux de formation privilégiés pour des jeunes gens qui se destinent au secteur productif, dans la mesure où ceux-ci y perçoivent directement les liens entre la recherche fondamentale et les applications qui peuvent en découler. Il est naturel que les laboratoires orientés vers les sciences physiques ou chimiques soient nombreux sur la liste ; mais ceux qui consacrent leurs activités à l'informatique, à la biologie ou aux sciences humaines n'ont pas été oubliés. Dans ce dernier secteur, conformément aux priorités du VI^e Plan, l'accent a été mis sur les projets de recherche portant sur l'amélioration de la qualité de la vie et sur des recherches économiques ou juridiques à caractère appliqué (recherche sur le bien-être, l'épargne, l'informatique juridique, l'économie de l'énergie, le principe pollueur-payeur, etc.).

Assez tôt dans l'année (et nous espérons améliorer les choses dans ce domaine afin que les candidats soient fixés le plus tôt possible des possibilités qui leur sont offertes) la direction du C.N.R.S. informe les directeurs des écoles retenues ainsi que les laboratoires susceptibles de recevoir des allocataires de recherche.

Sélection des boursiers

Une commission ad hoc, composée des présidents des sections intéressées du comité national, étudie les candidatures et formule des propositions de recrutement qu'elle soumet à la direction. Le choix des candidatures est inspiré par la finalité même des bourses, à savoir le souci d'établir un lien entre le CNRS et le secteur productif. La commission fonctionne en quelque sorte comme un « Comité des Sages », l'avis scientifique ayant été donné au premier stade par les directeurs de laboratoires dont les propositions sont très généralement suivies.

La plus grande égalité des chances est ainsi assurée à tous les candidats. Cependant, à la formation d'ingénieurs (ou équivalente) requise s'ajoute une autre condition car le principe d'une limite supérieure d'âge a été retenu. Celle-ci a été fixée à 27 ans avec déduction des temps de service militaire le cas échéant.

50 allocations ont été attribuées en 1971-72 : 100 allocataires prendront leurs fonctions à la rentrée 1972, et il y a tout lieu de penser qu'un nombre analogue de boursiers sera disponible pour la rentrée 1973. Il s'agit donc d'un total non négligeable de possibilités qui entretiendra un flux renouvelé dans les laboratoires. Précisons bien à ce sujet que les candidats à ces allocations ne peuvent envisager de poursuivre ultérieurement leurs recherches dans les cadres des chercheurs du CNRS. Ce point est tout à fait fondamental. On ne saurait bien entendu interdire strictement à ces boursiers de poser ultérieurement leur candidature à des postes réguliers de chercheurs, mais les exceptions, s'il y en a, ne pourraient être que très rares.

Le maintien des allocations à un taux constant (1) pendant toute la durée du stage, est bien le signe qu'il ne s'agit pas d'une carrière, mais d'une formation complémentaire avant l'entrée dans le secteur productif.

(1) Le taux de ces bourses qui était de 1 800 F en 1971 a été porté à 2 000 F par mois pour la rentrée 1972.

Enfin, ces allocations sont attribuées pour une année, reconduites tacitement pour une seconde année, renouvelables éventuellement pour une troisième année au vu d'un rapport d'activité de l'intéressé et de l'avis du directeur du laboratoire ; à titre exceptionnel, une 4^e année serait possible dans quelques cas.

Un premier bilan

S'il est encore trop tôt pour dégager des conclusions de cette première année d'expérience, du moins peut-on en souligner les principaux aspects :

En ce qui concerne la répartition par secteur du Plan, tant au niveau des candidatures que des dossiers finalement retenus, on constate une prédominance du secteur Matière et Rayonnement (c'est-à-dire physique - chimie - mécanique) puisque 80 % des candidatures et plus de 75 % des boursiers de 1972 en relèvent. Malgré l'intention de la direction du CNRS de se conformer autant que possible aux priorités retenues dans le Plan, des disciplines telles que les sciences de la vie ou les sciences humaines sont encore peu représentées. Ceci est en réalité assez normal puisqu'il s'agit d'un effort concernant essentiellement les ingénieurs. Cependant il serait souhaitable qu'un plus grand nombre de candidatures se manifestent en informatique, biologie ou économie. Pour favoriser ce dernier secteur, l'école nationale supérieure de statistique et d'administration économique (ENSAE) a été inscrite sur la liste des écoles pouvant bénéficier de cette possibilité.

Il faut noter cependant une amélioration assez sensible entre 1971 et 1972 de la situation en informatique, puisque le nombre des boursiers y est passé de 2 à 7.

Au regard de la décentralisation, le nouveau système d'allocations de recherche s'est révélé bénéfique : en effet, 57 % des boursiers ont été affectés à des laboratoires de province, dont un nombre assez important à Grenoble, Nancy, Strasbourg contre 43 % à Paris et dans la région parisienne.

Cependant, un effort reste à faire en ce qui concerne la mobilité géographique

qui se révèle insuffisante, en particulier dans les villes où sont implantés les instituts nationaux polytechniques. Ceux-ci assurent en effet un très fort contingent de candidatures (43 % en 1972) qui sont orientées vers des laboratoires locaux. Ainsi sur 16 ingénieurs affectés à des laboratoires de Grenoble, 13 sont diplômés de l'INP de Grenoble ; sur 8 ingénieurs affectés à Nancy 6 sont diplômés de l'INP de Nancy ; sur 3 ingénieurs affectés à Toulouse, 4 sont diplômés de l'INP de Toulouse.

Cette situation a retenu l'attention du Comité ad hoc qui souhaite améliorer la situation et encourager la mobilité. L'ouverture que la direction du C.N.R.S. souhaite favoriser par ces allocations, est beaucoup plus grande si l'intéressé effectue son stage dans un environnement psychologique et scientifique différent de celui dans lequel il a effectué sa scolarité. Une bonne partie de l'intérêt du système risquerait, sinon, de disparaître.

Un effort est également à poursuivre vis à vis des grandes écoles pour encourager leurs élèves à mieux profiter de cette possibilité. On a vu en effet que les instituts nationaux polytechniques de Grenoble, Nancy, Toulouse fournissent une bonne part des boursiers. Parmi les écoles parisiennes, l'école centrale, l'école des mines, l'école supérieure d'électricité ont présenté une douzaine de leurs jeunes diplômés. Cependant, l'école polytechnique n'a présenté qu'un candidat cette année, et l'école des hautes études commerciales et l'institut d'études politiques n'ont soumis aucune candidature. On peut dire cependant que la qualité des candidats recrutés en 71 et 72 est tout à fait satisfaisante et que tout permet de croire qu'ils s'intégreront facilement dans les équipes de recherches auxquelles ils ont été affectés.

Ainsi le bilan de cette première année paraît très largement positif. Cette nouvelle procédure mise en place par le C.N.R.S. doit apporter une contribution notable au développement des ouvertures de nos laboratoires vers l'extérieur.

Marie-Hélène MARCHAND
chargée de mission au C.N.R.S.

LE CENTRE DE PÉDOLOGIE BIOLOGIQUE

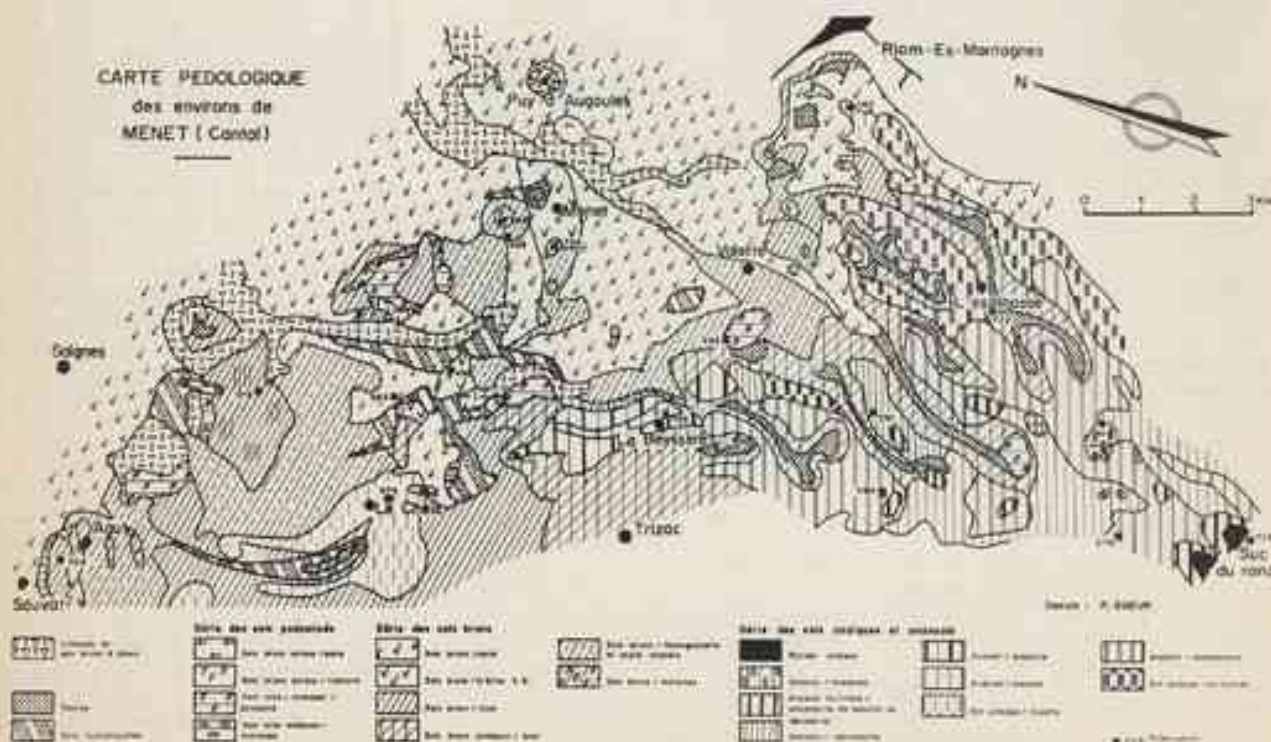
Qu'est-ce que la pédologie ?

Il convient de définir d'abord l'objectif de cette science malheureusement trop peu connue en France : il s'agit d'une conception originale de l'ancienne « Science de Sol », qui a vu le jour en Russie, à la fin du siècle dernier : les précurseurs russes de la pédologie moderne, ont en effet constaté, grâce à la grande variété de climats de leur pays que les sols ne se distribuaient pas seulement en fonction des affleurements géologiques, comme on le croyait auparavant, mais surtout en fonction des grandes zones de climat et de végétation ; poussant plus avant leur recherche, ils ont pu montrer que si le substratum géologique fournissait au sol un matériau minéral, celui-ci se transformait de façon « convergente » dans une même zone climatique

sous l'influence de la végétation et de l'humus qu'elle incorporait au sol ; d'où l'idée d'« évolution » du sol, ou encore « pédogénèse » qui est la base même de toute étude pédologique : le pédologue ne doit pas considérer uniquement la couche superficielle (« terre arable ») du sol mais la succession des couches (ou « horizons ») observées dans une section, ou « profil » : l'étude comparée des différents « profils » permet en effet de reconstituer le plus rigoureusement possible les phases de l'évolution des sols, leur histoire. Cette constatation s'est avérée féconde et prévaut encore de nos jours ; elle est à l'origine de l'aspect « biologique » de la pédologie ; nous avons nous même en effet observés que la matière organique engendre de nombreuses transformations du sol, parmi les plus récentes, notamment l'altération des roches, la formation des différents types de minéraux secondaires

(argile), le maintien à l'état soluble ou pseudosoluble sous forme de « complexes » de certains éléments fondamentaux tels que le fer et l'aluminium.

Mais cet aspect « biologique » de la pédologie a été récemment complété par un aspect plus proche des « Sciences de la Terre » : d'importants progrès ont été en effet enregistrés dans la connaissance du « matériau minéral » du sol : celui-ci s'est avéré plus complexe qu'on ne l'avait d'abord imaginé, surtout lorsqu'il est ancien et lorsqu'il a subi l'action de plusieurs phases climatiques successives qui lui ont imprimé des caractères appelés souvent « hérités », mais qui ne sont pas en rapport avec les conditions actuelles de milieu ou de végétation. Certains sols anciens sont ainsi très complexes, et leur interprétation nécessite des recherches particulièrement approfondies et délicates.



Pourquoi un centre de pédologie ?

La pédologie et ses nouvelles orientations ont d'emblée reçu l'accueil favorable de beaucoup de pays et pas seulement de pays de l'Est : la cartographie des sols à différentes échelles est maintenant bien développée en Belgique, Roumanie, Espagne, Allemagne de l'Ouest. Par ailleurs la recherche pédologique proprement dite a pris simultanément un vigoureux essor dans ces mêmes pays et dans quelques autres : douze instituts très importants de recherches pédologiques fonctionnent dans la seule Allemagne de l'Ouest, sans compter les Centres de moindre importance.

Il faut reconnaître qu'en France l'intérêt suscité par la pédologie n'a pas été aussi immédiat ; cela tient à ce qu'elle n'a pas été tout de suite considérée comme une science autonome, mais plutôt comme une science appliquée, simple branche de l'agronomie.

Paradoxalement, c'est dans les pays d'Outre-Mer — qui à l'époque, étaient administrés par la France — qu'elle a eu d'abord droit de cité : F.O.R.S.T.O.M. lui a depuis longtemps fait une place importante, sans doute parce que les applications de la pédologie à la mise en valeur de pays neufs et sous-développés au point de vue agricole, étaient immédiates ; ainsi les recherches et la cartographie des sols, selon les méthodes de la pédologie moderne, ont pris une extension plus rapide dans les pays tropicaux que dans les régions tempérées de l'hexagone.

C'est la mérite du C.N.R.S. d'avoir compris que la pédologie devait être promue au rang d'une « Science fondamentale autonome » : loin de négliger les applications pratiques dans tous les domaines — qui sont le but final de toute recherche — cette manière de voir a rétabli l'ordre normal des choses, — un peu tard il est vrai pour notre pays —, la recherche fondamentale complétant mais surtout précédant la recherche appliquée. La création du Centre de pédologie en 1962, la construction du bâtiment qui lui était destiné dès 1964, ont été le signal d'une véritable explosion de la recherche pédologique, qui, à partir de 1965 a pris un grand essor dans des laboratoires qui jusqu'alors s'en étaient peu préoccupés, en particulier dans les stations de recherches de l'I.N.R.A. et dans de nombreux laboratoires universitaires.

C'est à Nancy, que s'est constitué le noyau de laboratoires le plus important et le plus complet. Le Centre de pédologie de Nancy bénéficie en effet de la collaboration efficace de divers organismes à activité complémentaire : centre de recherches pétrographiques et géochimiques, centre de géochimie de



Profil de pédologie tout ventré dans la région anglaise.

Strasbourg (étude des argiles), centre « sol et nutrition » du centre national de recherches forestières (physique du sol et nutrition des arbres), école nationale supérieure agronomique de Nancy (applications agronomiques). Dans ces conditions, la recherche fondamentale comme la recherche appliquée, ont pu prendre un développement important : la cartographie des sols de l'Est a été entreprise à différentes échelles et pour divers objectifs ; les applications à la sylviculture, au reboisement, dont l'importance n'est pas à démontrer, ont pris une grande extension avec la création du centre national de recherches forestières (dépendant de l'I.N.R.A.) en 1966. Les agronomes, au début plus réticents ont compris maintenant l'intérêt de la pédologie : les caractères acquis par une évolution de plusieurs millénaires, sont généralement stables et confèrent au sol sa plus ou moins grande fertilité ; seule une connaissance approfondie des « processus » physico-chimiques qui leur ont donné naissance, permettra de les améliorer, de les corriger par les moyens artificiels très puissants dont nous disposons actuellement.

Enfin plus récemment, l'industrie elle-même s'est intéressée à la recherche

pédologique : des problèmes qui au premier abord paraissent éloignés de ses préoccupations lui sont en fait liés de façon très proche : l'origine du kérogène, matière première du pétrole, la concentration de certains minéraux rares (tels que le minéral d'uranium) sont essentiellement des phénomènes pédologiques, puisque la matière organique joue pour ces deux exemples un rôle certain ; c'est pourquoi le centre s'intéresse depuis quelques années à ces deux applications particulières. Il s'est intéressé également, en liaison avec le C.E.A. à Cadarache, à l'étude de l'environnement et à la lutte contre les pollutions.

Il faudra sans doute encore attendre quelques années pour qu'en France comme en Allemagne, la construction des villes nouvelles, la création des autoroutes soient précédées d'une étude pédologique et d'une carte des sols, permettant d'améliorer les tracés et d'adapter les plans les plus adéquats au maintien des équilibres écologiques ! L'expérience prouve que le démarrage d'une science nouvelle est conditionné par une prise de conscience de son intérêt et de l'étendue de ses applications par le grand public ; une telle prise de conscience ne peut évidemment qu'être très progressive.

Orientations de la recherche

L'idée directrice fondamentale qui anime les équipes du Centre de pédologie a pour ambition de mettre en évidence le lien qui existe entre la morphologie et les caractères des profils d'une part, les conditions de milieu et les processus évolutifs d'autre part. Nous avons vu que l'« humus » est un agent essentiel de la pédogenèse : il est donc normal que son étude, sa caractérisation constituent l'objectif principal du Centre dont le nom même traduit bien cette orientation biologique prioritaire.

Les phases successives de la recherche pédologique, telle que nous la concevons au Centre de Pédologie sont les suivantes :

- étude de la transformation de la matière organique fraîche au niveau des litières et des racines (rhizosphère), par les microbes, en composés colloïdaux, constituant l'humus au sens strict ;
- définition et caractérisation de l'« altération biologique » des minéraux primitifs, avec formation de « minéraux secondaires », qui caractérisent les divers types d'évolution pédologique : ces minéraux secondaires sont tantôt amorphes, tantôt cristallins tels que les argiles minéralogiques ;
- recherches sur la formation des « complexes organo-minéraux » élé-



dosage des cations par absorption atomique.

ments clés de la pédogenèse : les uns sont solubles et favorisent la mobilisation, la « migration » dans le sol de certains composés minéraux, normalement insolubles, tels que les oxydes de fer et d'aluminium ; les autres sont au contraire insolubles, tels que les « complexes argilo-humiques » qui s'organisent en agrégats responsables des « structures » caractéristiques des profils et permettent au sol d'immagasinier l'eau sans pour autant nuire à son aération ;

— enfin les « équilibres sol-végétation des « écosystèmes » naturels sont l'objet d'une étude attentive : la végétation lorsqu'elle est permanente (par exemple forêt), restitue au sol par l'intermédiaire des litières ou des exsudats racinaires la plus grande partie des éléments primitifs qu'elle lui préleve, par exemple l'azote, le phosphore, les bases et même les oligoéléments ; il en résulte un « cycle » des éléments nutritifs appelé cycle biogéochimique, qui permet le maintien de la fertilité du sol.

Ce programme forme un ensemble pratiquement indivisible de sorte que les quatre sections du centre : cartographie et écologie, chimie et pédologie générale, biochimie et microbiologie, collaborent étroitement à sa réalisation ; en fait aucune d'elles n'a l'apparat d'un des quatre thèmes particuliers mentionnés ci-dessus, mais elles peuvent éventuellement jouer un rôle pilote pour tel ou tel d'entre eux. Mais c'est surtout par les méthodes et les moyens mis en œuvre que les sections se différencient : (1) cartographie et écologie végétale : études de terrain, prospection, établissement des cartes de sols (2) pédologie générale : étude des formes des éléments minéraux, solubles, amorphes, cristallins (argiles) (3) biochimie : études concernant la caractérisation et l'évolution de la matière organique, ainsi que ses liaisons avec les diverses fractions minérales (4) microbiologie : écologie

microbienne et son influence sur les mécanismes biologiques intervenant au cours de la formation des sols.

Pour clore ce paragraphe, il convient de signaler que le laboratoire de pédologie de l'Université par son orientation dirigée vers les « Sciences de la Terre » (Géomorphologie et micromorphologie), complète harmonieusement les recherches effectuées par les équipes du centre.

Méthodes et moyens

Les méthodes de recherche mises en œuvre au centre s'inspirent directement de notre fil directeur défini plus haut : le point de départ est une étude écologique sur le terrain, encore incomplète et sommaire, qui permet de définir les thèmes de recherche en liaison avec les facteurs du milieu ; c'est seulement ensuite que l'on aborde la recherche proprement dite qui elle-même comporte généralement trois phases : 1) une phase analytique très détaillée effectuée à l'aide de méthodes et de moyens aussi modernes que possible ; 2) une phase expérimentale visant à reconstituer au laboratoire le phénomène naturel que l'on étudie ; 3) une synthèse finale avec retour sur le terrain permettant de définir les processus fondamentaux intéressant les grands groupes de sol, de préciser les unités taxonomiques en vue de leur cartographie et éventuellement de mettre en route la recherche appliquée.

Les recherches analytiques consistent à partir du sol lui-même, à procéder à l'extraction fractionnée de ses constituants, minéraux organiques ou mixtes (s'il s'agit de complexes organo-minéraux) et à déterminer leur nature et leurs propriétés. Nous nous contenterons de citer quelques exemples de techniques utilisées au Centre :

— Séparation des éléments amorphes des phases cristallines primaires ou secondaires (argiles), du complexe d'altération des sols. Ceci implique des techniques spécifiques, telles que dosages chimiques par absorption atomique et des tests physiques (rayons X, spectres infra-rouges, ultracentrifugation etc.).

— Fractionnement des divers constituants de l'humus mis au point à l'aide d'une série de réactifs soigneusement testés, en fonction du degré de polymérisation des molécules, de leur nature chimique (polysaccharides ou noyaux phénoliques des composés humiques) et enfin de leur degré de liaison avec les éléments amorphes ou cristallins. La caractérisation de chaque fraction nécessite de recourir à des techniques physico-chimiques spécialement adaptées à cet objet : électrophorèse, tamis moléculaires, étude chromatographique en phase gazeuse etc.

— Détermination de l'âge des sols, effectuée à l'aide de deux techniques dont les résultats ont été confrontés : datation de la manière organique par la mesure de l'isotope carbone 14 des humus naturels ; étude palynologique : grâce à une migration lente dans les horizons minéraux de certains sols, la stratification des pollens permet de reconstituer la succession dans le temps des espèces végétales qui ont colonisé le sol étudié.

La phase expérimentale est le complément indispensable de l'étude analytique. Seule l'expérience, effectuée dans des conditions aussi proches que possible des conditions naturelles, permet en effet en reconstituant un processus, d'apporter la preuve des hypothèses formulées en fonction des résultats obtenus par la recherche analytique.

De très nombreuses expériences sont effectuées au laboratoire, ou sur le terrain même, à échelle réduite et pendant un temps limité : ces expériences sont de type très varié. Citons-en quelques exemples.

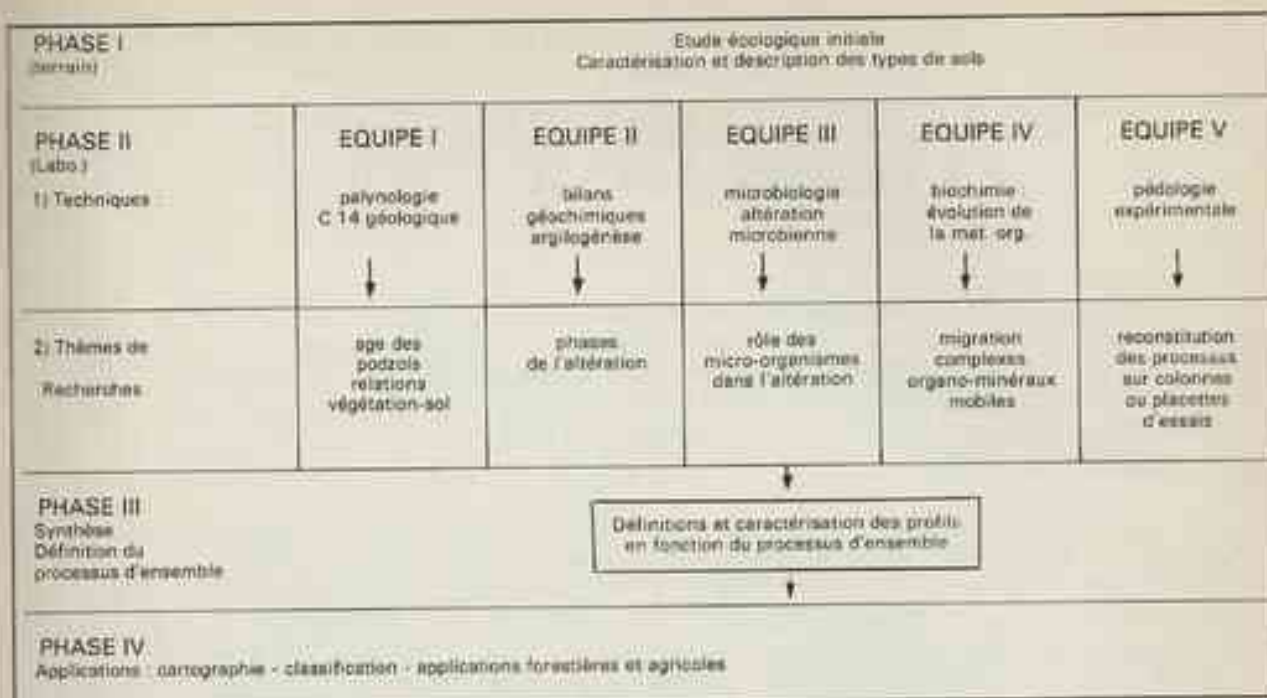
— Utilisation des radioisotopes comme traceurs dans des expériences d'incubation et de simulation climatique sur modèles simples : on peut ainsi suivre la dynamique de certaines fractions organiques et mieux connaître les mécanismes essentiels de l'humification.

— Étude de la fixation d'azote moléculaire par les microorganismes grâce aux méthodes de réduction de l'acétylène en éthylène.

Il faut aussi souligner l'intérêt des dispositifs expérimentaux « mixtes » constitués de modèles simplifiés, installés en stations naturelles, sans perturbation majeure de l'écosystème : deux thèmes principaux ont été ainsi abordés :

— Étude des premiers stades de l'altération biologique comparée de deux matériaux, grès et granite sous l'effet

RECHERCHES CONCERNANT LA FORMATION DES PODZOLS



de deux litières forestières à évolution divergente, représentant les retombées biologiques de la pineraie à callune et de la sapinière-hêtraie à graminées.

— Etude expérimentale des facteurs physico-chimiques et bioclimatiques qui déterminent les modes d'humidification divergente de deux types de hêtraie, sur un même matériau, le grès rhénien.

Enfin la synthèse écologique finale permet de définir un processus d'ensemble, caractéristique d'une classe particulière de sol : c'est ainsi que nos recherches ont abouti à préciser les deux grandes orientations de la pédogenèse tempérée sur roches dures et acides : la « brunification » et la « podzolisation ».

A titre d'exemple nous donnons, dans le tableau ci-après, la démarche scientifique qui a abouti à préciser les phases de la « podzolisation » c'est-à-dire de la formation des sols « cendrés » (« podzol » en russe), entièrement décolorés par l'influence de matière organique très acide à décomposition lente (« terre de bruyères » ou « mor » en langage scientifique).

Bilan et perspectives d'avenir

Nos recherches ont déjà abouti à certains résultats importants, en particulier en ce qui concerne les quatre domaines fondamentaux suivants :



Sur grès épris de « terre rousse » sur moquette (Dionysius Gréer).

— Action de la rhizosphère, sur certains processus biologiques tels que la fixation de l'azote moléculaire et la sulfato-réduction.

— Interaction sol-végétation par le jeu du cycle biogéochimique des éléments fondamentaux et des oligo-éléments.

— Définition de l'altération et de l'argilogénèse en climat tempéré par comparaison avec les climats tropicaux.

— Mise en évidence des étapes de la transformation de la matière végétale originelle en humus de néoformation. Les orientations actuelles seront maintenues et développées dans les années à venir, notamment en ce qui concerne la matière organique du sol, dont l'étude restera le nœud de l'activité du Centre. Mais nous devons tenir compte des nouveaux domaines d'application de la science du sol, parfois inattendus, qui ont vu récemment le jour : par exemple, la formation du kérogène matière première du pétrole, le rôle de la matière organique dans la concentration de certains minéraux, et surtout la protection de l'environnement contre les pollutions. En effet l'étude de l'environnement et la lutte contre les pollutions ne peuvent évidemment faire abstraction du sol qui se trouve être l'élément central des « écosystèmes » et qui conditionne à ce titre les équilibres biologiques ; en outre le sol constitue le meilleur « filtre naturel » qui absorbe, en les neutralisant plus ou moins vite, les éléments toxiques, voire les déchets radioactifs. Ces nouveaux domaines ouvrent à la recherche fondamentale des perspectives nouvelles.

Philippe DUCHAUFOUR
 Directeur du centre de
 pédologie biologique

LES MÉTHODES NUCLÉAIRES ET LEURS APPLICATIONS

Les noyaux d'éléments radioactifs peuvent être utilisés comme « horloge » des phénomènes naturels ou comme « traceurs » pour suivre leur cheminement dans l'atmosphère ou l'océan.

M. Jacques Labeyrie, chef de Service au commissariat à l'énergie atomique et directeur du centre des faibles radio-activités du C.N.R.S. a bien voulu recevoir le « courrier » et faire le point sur les méthodes nucléaires et quelques unes de leurs nombreuses applications.

Le laboratoire dont vous êtes le directeur est sous la double tutelle du C.N.R.S. et du commissariat à l'énergie atomique (C.E.A.) quelle en est la raison ?

Dans les années 1950 de grands progrès avaient déjà été faits au C.E.A. dans la détection des rayonnements émis par les corps radioactifs, en particulier par ceux qui se trouvent à la surface de la terre (uranium, thorium et leurs dérivés, potassium et carbone-14, pour ne citer que les principaux). Ces méthodes d'analyse apparaissaient capables, si on les appliquait à la géologie, la géographie, la géophysique et l'archéologie, de provoquer des progrès considérables dans ces divers domaines de la science. J'ai donc suggéré aux directions du C.E.A. et du C.N.R.S. de marier certains de leurs chercheurs et techniciens, avec les ressources matérielles adéquates, dans un nouvel institut de recherche. C'est ainsi que le centre des faibles radio-activités (C.F.R.) est né, vers 1961 ; en 1964 un contrat d'action commune établi par les deux administrations est venu codifier son fonctionnement. Le site choisi a été Gif-sur-Yvette, au milieu du groupe des laboratoires du C.N.R.S., suffisamment près des laboratoires d'Orsay et de ceux de Saclay, tout en étant à l'abri de l'action des radioactivités parasites créées par ces derniers : bien que ces radioactivités parasites soient absolument négligeables pour accroître la pollution de l'environnement, elles sont cependant une gêne importante pour certains travaux faits au C.F.R., en particulier pour ceux qui concernent les datations par le carbone-14, tant sont faibles les petites variations de radioactivité qu'il est nécessaire d'y mesurer.

— En quoi consiste donc cette méthode de datation ?

Elle consiste à mesurer la concentration de carbone-14 restant dans l'échantillon à dater.

L'atmosphère contient de l'azote et il se trouve que l'atmosphère, surtout vers une altitude de 20 km, est en permanence bombardée par les rayons cosmiques. Entre autres débris, se produisent ainsi des neutrons. Ceux-ci diffusent et après quelques millièmes de seconde rencontrent un noyau d'azote qu'ils transforment en noyau de C-14 ; ce carbone s'oxyde grâce à l'oxygène de l'atmosphère et forme du gaz carbonique CO_2 . Il ne faut pas perdre de vue le fait que le carbone du gaz carbonique « normal » de l'atmosphère est essentiellement du C-12, avec environ 1 % de C-13 ; mais il s'y ajoute, grâce à ces bombardements par les rayons cosmiques, une très petite fraction de C-14. Ce dernier est radioactif, avec une période de 5 700 ans — raison pour laquelle il ne s'accumule pas indéfiniment — et, par ailleurs, il confère au gaz carbonique de l'atmosphère une faible radioactivité (15 désintégrations par minute et par gramme de carbone environ). C'est la lente décroissance de cette faible radioactivité des produits qui contiennent du carbone, une fois soustraits à l'apport de carbone « frais », que l'on utilise pour dater.

— La période radioactive est-elle la même pour tous les éléments ?

Non ; cette période est une constante différente pour chaque élément ou plus exactement pour chaque isotope radioactif ; par exemple, elle est de plus de 4 milliards d'années pour l'uranium 238, ou de 1,3 milliards d'années pour le potassium.

Il existe beaucoup de produits radioactifs sur terre. D'une part les produits radioactifs naturels qui ont été créés à une époque où se formaient les autres atomes : l'uranium, le potassium, le thorium sont les plus importants de ceux qui sont restés présents sur terre depuis cette « création » ; ils ont une période très longue et n'ont pas encore

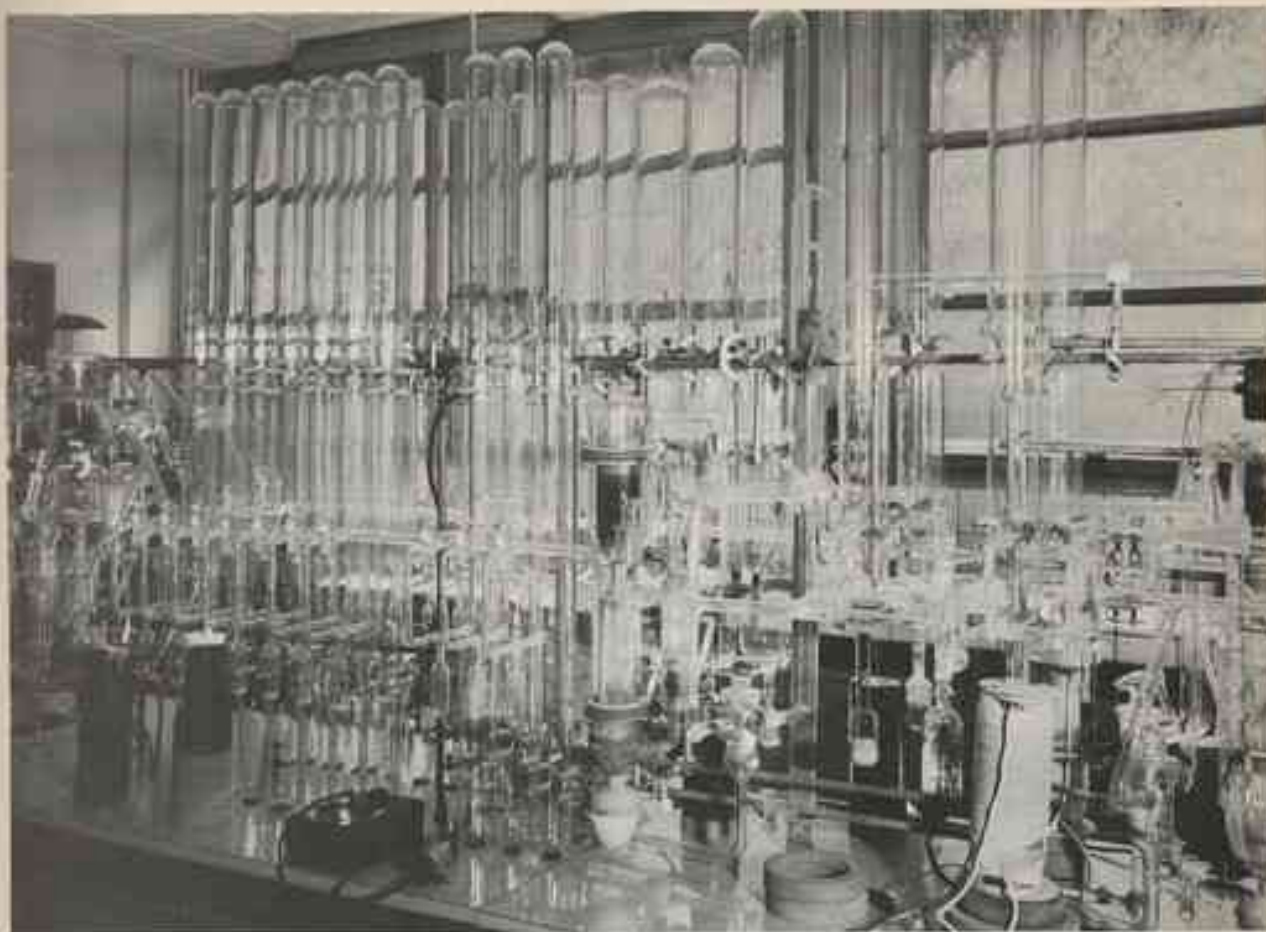
eu le temps de décroître entièrement.

D'autre part, il y a les produits radioactifs, comme le C-14, qui se forment sous l'influence des rayons cosmiques. Ceux-là ne disparaissent pas, bien qu'ils aient une période plus courte, car ils sont recréés constamment, et, en première approximation on peut considérer que leur concentration dans l'atmosphère est invariable.

Il est à noter cependant que les explosions atomiques militaires des années 60 ont énormément perturbé cet équilibre : à la suite de ces explosions, vers 1963, la quantité de carbone-14 de l'atmosphère a à peu près doublé. Il en résulte que si on date par le carbone-14 les restes des plantes et des animaux ayant vécu à cette époque, il apparaît qu'ils ne sont pas encore nés, et qu'ils ne naîtront même que très tard, dans 5 700 ans environ. Cela posera peut-être quelques problèmes d'interprétation aux archéologues et géophysiciens du futur, s'ils ne savent pas qu'il y a eu des essais atomiques. Il y a encore bien d'autres radioactivités naturelles qui ont été perturbées par ces essais, en plus de celle du carbone-14.

— Comment mesure-t-on cette radioactivité ?

Le principe de la mesure est extrêmement simple. Le C-12, le C-13 et le C-14 présents dans le gaz carbonique atmosphérique sont tous assimilés par les plantes. Au moment, par exemple, où l'on coupe un arbre, chaque gramme de son carbone produit 15 désintégrations par minute ; et à partir de cet instant, c'est-à-dire quand il cesse de « respirer », il n'assimile plus de carbone et l'activité de celui-ci va diminuer. Si les restes de cet arbre sont préservés de la destruction pendant des millénaires, cette activité aura diminué de moitié au bout de 5 700 ans, et ne sera plus à cette époque que de 7,5



Extraction par le carbone 14 d'un des bancs de réduction des échantillons pour en extraire le CO_2 destiné aux mesures. Sur ce banc se fait l'extraction du carbone dans un carbonate (coquillages en particulier). Les grandes ampoules verticales sont destinées au stockage, pendant un mois, du gaz après purification, pour permettre aux traces de radon qui ont échappé à cette-ci de décroître.

désintégrations par minute. De même, si l'on peut mesurer ce qui reste comme C-14 dans les os d'un homme mort depuis longtemps, la matière organique qui reste dans les os permettra de déceler le temps qui s'est écoulé depuis qu'il a cessé de vivre.

Ainsi encore la datation des coquillages ou coraux permet de savoir à quelle époque ils vivaient, et par là, dans certains cas d'aborder avec précision l'étude des niveaux marins anciens. Ceci est simple en théorie mais difficile en pratique : car les activités étudiées deviennent extrêmement faibles pour des âges anciens. 5 700 ans, cela correspond à 7,5 désintégrations/minute ; 11 400 ans à 3,5 désintégrations/minute etc., mais vers 40 000 ans, elles se chiffrent par des fractions de coups/minute. A ces niveaux très faibles elles se distinguent mal du bruit de fond ambiant, notamment des radioactivités parasites dues aux traces de produits radioactifs présents dans les appareils de mesure et aux rayons cosmiques qui ont réussi à échapper aux dispositifs d'élimination : les meilleures installations de datation par le C-14 ont un « bruit de fond » parasite de quelques dixièmes de désintégration par minute et c'est pour cela qu'on ne

peut dater, par cette méthode, d'objets plus âgés de 40 000 ans environ. De toutes façons, pour le moment, il serait illusoire d'essayer de remonter plus loin dans le temps.

— Avez-vous rencontré des difficultés pour déterminer le taux de production du C-14 ?

Oui, en effet : c'est d'ailleurs une question très importante, car, en fait, la proportion de carbone 14 dans l'atmosphère n'est pas restée tout à fait constante dans le passé et la méthode du C-14 doit donc être maniée avec précaution. De plus, récemment, on a découvert que les végétaux, bien que vivant dans la même atmosphère, n'avaient pas tous la même proportion de C-14 dans leur carbone.

Je peux vous donner un exemple de ces difficultés imprévues. On s'est aperçu, lorsqu'on datait les momies péruviennes, que les dates trouvées étaient systématiquement différentes, de plusieurs centaines d'années, de celles mises en évidence par les archéologues, et ceux-ci commençaient à ne plus croire au « C-14 ». Le plus curieux est que cette discordance ne semblait avoir lieu que pour les momies des Andes. M. Lerman a découvert la raison de ce décalage

en analysant les figues de barbarie et le maïs, deux des principaux aliments de ces anciens péruviens : lorsque ces plantes assimilent le carbone de l'atmosphère elles produisent un petit déplacement isotopique, c'est-à-dire que la proportion de C-13/C-12 et de C-14/C-12 est un peu plus petite (quelques %) dans la plante que dans l'atmosphère. En fait toutes les plantes produisent un déplacement, mais le maïs et les coctées appartiennent à un groupe de plantes qui produisent un déplacement moitié plus faible que celui que produisent la plupart des plantes des climats tempérés. Elles comprennent donc davantage de C-14 par rapport au C-13 et tout se passe comme si elles étaient plus jeunes, comme si elles avaient plus de C-14 par gramme de carbone. Cette découverte mettait en valeur un aspect nouveau d'un phénomène plus général. Cette catégorie de plantes à laquelle appartient le maïs fonctionne avec le cycle photosynthétique dit de Hatch-Slack. D'autres telles que les chênes, les peupliers, ont un cycle dit de Calvin. Ces deux cycles se distinguent par une différence non seulement chimique mais qui se traduit également par plusieurs autres caractères, métaboliques, morphologiques

et, maintenant, isotopiques. Cette différence permet donc de partager les plantes en deux catégories fondamentalement différentes et qui appartiennent dans beaucoup de familles.

— *La variation isotopique est un de vos domaines de recherche ?*

Oui, et c'est même notre domaine principal de recherche. Ce laboratoire est en partie déjà équipé et s'équipe de plus en plus pour mesurer les différences de compositions isotopiques, soit qu'elles apparaissent par des variations de radioactivité (C-14), soit qu'elles apparaissent par des variations de compositions isotopiques des isotopes stables (un élément chimique peut avoir un ou plusieurs isotopes, stables ou instables). Les isotopes qui entrent dans la composition d'un élément sont des atomes dont le noyau possède le même nombre de protons, mais dont le nombre de neutrons du noyau diffère suivant l'isotope considéré. Les différents isotopes d'un élément n'ont donc pas la même masse, mais ont les mêmes propriétés chimiques. Or les éléments ont la propriété de subir des « fractionnements », c'est-à-dire des déplacements isotopiques très petits (de l'ordre de grandeur de quelques millièmes) mais très bien définis lorsqu'ils passent d'une molécule dans une autre, ou même lorsqu'ils changent d'état physique. C'est là, par exemple, l'origine des variations dont on a parlé plus haut à propos du mal. Inversement, si l'on connaît ces variations par des études de laboratoire on peut déduire beaucoup de choses de celles que l'on observe dans la nature. Ainsi nous tentons actuellement d'établir, à l'aide de l'étude des variations isotopiques du carbone et de l'oxygène dans des matériaux marins ou continentaux préalablement datés, une courbe donnant les variations de la température moyenne de la mer ou du sol pour la période du passé recouverte par ces méthodes de datations.

— *Mais vous supposez que le taux de formation de ces isotopes ne varie pas au cours du temps. Est-ce vrai, en particulier pour le Carbone-14 ?*

On a en effet seulement mentionné cela plus haut ; mais je vais vous donner quelques détails. On sait maintenant que la proportion des quantités de C-14 par rapport à celles des C-12 et C-13 de l'atmosphère a varié au cours du temps. On a commencé à s'en douter il y a une dizaine d'années, lorsque l'on a trouvé une déviation systématique pour les datations antérieures à 1 000 ans avant J.-C., entre les âges de la chronologie égyptienne et les âges donnés par le C-14. Plus les momies ou les végétaux étudiés étaient anciens, plus le désac-

cord était grand, le C-14 donnant un âge plus jeune que l'âge historique. Par ailleurs, il existe une autre très bonne chronologie remontant jusqu'à environ 7 000 ans, établie à partir des anneaux de croissance des arbres, et qui a confirmé et précisé les écarts « égyptiens » : on s'aperçoit, lorsqu'on date des petits fragments de bois provenant de ces troncs d'arbres, que plus on remonte dans le temps plus les écarts d'âge sont grands : vers 6 500 ans, l'écart est de 800 à 1 000 ans, ce qui est beaucoup, si l'on songe que la précision (apparente) des dates C-14 est de 150 ans environ pour cette époque. Tout se passe comme si, dans l'atmosphère, la concentration en C-14/C était plus importante de 15 %, il y a 6 500 ans, qu'aujourd'hui.

— *Comment explique-t-on cette variation de la formation des isotopes au cours du temps ?*

On ne sait pas encore à quoi sont dues ces variations, et, au-delà de 7 000 ans on n'en connaît même pas l'amplitude. Différentes théories sont avancées. La plus généralement admise est que le champ magnétique terrestre aurait varié au cours du temps. Vous savez que les rayons cosmiques sont déviés par le champ magnétique de la terre. Si le champ était nul, l'atmosphère de la terre serait soumise à un bombardement cosmique plus important, de même intensité que celle que connaissent actuellement les régions polaires. Si le champ magnétique était plus faible dans le passé, cela signifierait qu'il y avait davantage de rayons cosmiques tombant sur la terre, donc davantage de C-14 créé. La proportion de C-14 de l'atmosphère par rapport au C-12 aurait donc été plus grande que maintenant. Cela pourrait être une bonne explication si nous savions que l'intensité du champ était plus faible dans le passé. Malheureusement nos connaissances actuelles sur ce champ archéomagnétique sont trop embryonnaires pour que l'on puisse conclure. Une autre hypothèse est qu'il ait fait plus froid sur le globe. En effet, lorsqu'il fait plus froid, les surfaces froides de la mer deviennent grandes, et celle-ci dissout davantage de CO₂ dont la quantité diminue donc dans l'atmosphère, puisque la production totale de C-14 reste inchangée. Mais il y a 5 ou 6 mille ans il semble qu'il faisait généralement plus chaud qu'aujourd'hui, et il y avait donc probablement davantage de CO₂ dans l'atmosphère, ce qui est à première vue contraire au phénomène observé. Dans plusieurs laboratoires on cherche à mieux connaître ces variations climatiques anciennes, car elles ont entraîné d'autres conséquences importantes, en particulier sur l'évolution préhistorique de l'homme.

— *L'hypothèse valable ne serait-elle*

pas celle d'une plus grande abondance, dans le passé, des rayons cosmiques ?

Cette hypothèse est en effet une de celles qui semblent les plus prometteuses : elle est reliée à celle de la plus ou moins grande variation de l'activité solaire dans le passé.

Depuis quelques dizaines d'années on sait que le flux de rayons cosmiques qui tombe sur la terre n'est pas constant : dans la haute atmosphère où ces effets se font mieux sentir qu'au sol, il peut varier de plusieurs dizaines de pour cent sur un laps de temps d'une dizaine d'années. Ceci entraîne des variations d'amplitude analogue dans la production du C-14, et que l'on peut effectivement déceler. Depuis quelques temps on peut donner une bonne explication à ce phénomène, et je vais essayer de le résumer. Le soleil émet en permanence de grandes quantités de « plasma » c'est-à-dire de gaz ionisé, et ce plasma contient des champs magnétiques faibles, mais s'étendant sur l'immense espace interplanétaire entourant le soleil. Ces champs magnétiques ont pour effet d'écarter une partie des particules du rayonnement cosmique (qui sont des noyaux d'atomes et des électrons) et de les rejeter loin de l'espace avoisinant le soleil, et donc de la terre. Nous avons (actuellement) tout lieu de croire que le flux de particules cosmiques, jusqu'à son arrivée dans cette région perturbée, reste remarquablement constant dans le temps, tout au moins sur des périodes de l'ordre de grandeur de 100 000 ans au moins, ce flux semble en effet être formé par un mélange de particules émises par des sources galactiques nombreuses et lointaines, mélange qui nécessite en moyenne quelques millions d'années pour se faire. Par contre, les mesures faites au-delà de l'atmosphère terrestre ont montré que le flux de plasma émis par le soleil variait constamment, et, par conséquent, faisait varier aussi le « blindage » magnétique de l'espace interplanétaire. C'est cela qui est la cause de la « modulation » du flux de particules cosmiques tombant sur la terre.

Actuellement cette modulation se produit à peu près régulièrement et passe par des maxima séparés par une période de 11 ans environ : par exemple dans les années 1957 et 1968 il y avait beaucoup moins de particules cosmiques tombant sur la terre que dans les années 1962 et 1972, et, par là, moins de carbone-14 produit.

Il est fort probable que dans le passé cette modulation a elle-même varié ; pour le moment, faute de renseignements plus précis on peut fort bien admettre qu'il y a 6 500 ans, pendant une longue période le flux de plasma solaire a été en moyenne nettement moindre, et donc le flux cosmique nettement plus fort, qu'il ne le sont aujourd'hui.

— Par ailleurs on parle beaucoup d'aérosols et vous étudiez vous-même les aérosols marins, pourquoi ?

Pour une raison bien simple qui découle de connaissances acquises dans les centres de recherches nucléaires à partir de 1950. A cette époque on risquait de créer involontairement une grande variété d'aérosols dans les entreprises atomiques. Il a donc fallu étudier leurs propriétés, mesurer leurs concentrations, apprendre à les filtrer pour déterminer les conséquences de leur propagation et palier leur éventuel danger. Là encore il a paru logique d'appliquer les connaissances ainsi acquises à l'étude des aérosols « naturels ». Mais qu'est-ce exactement qu'un aérosol ? C'est une suspension dans l'atmosphère, de particules liquides ou solides suffisamment petites pour qu'elles ne tombent pas ; leur vitesse de chute est suffisamment faible pour qu'elles restent des jours, ou même des mois en suspension.

A cause des très petites quantités de

matière en suspension, (quelques microgrammes par m³ d'air) on est appelé à utiliser pour les étudier des méthodes nucléaires extrêmement sensibles, telle que l'activation dans une pile à neutrons suivie de spectrographie gamma. On peut ainsi reconnaître et doser certains éléments chimiques importants dans ces aérosols.

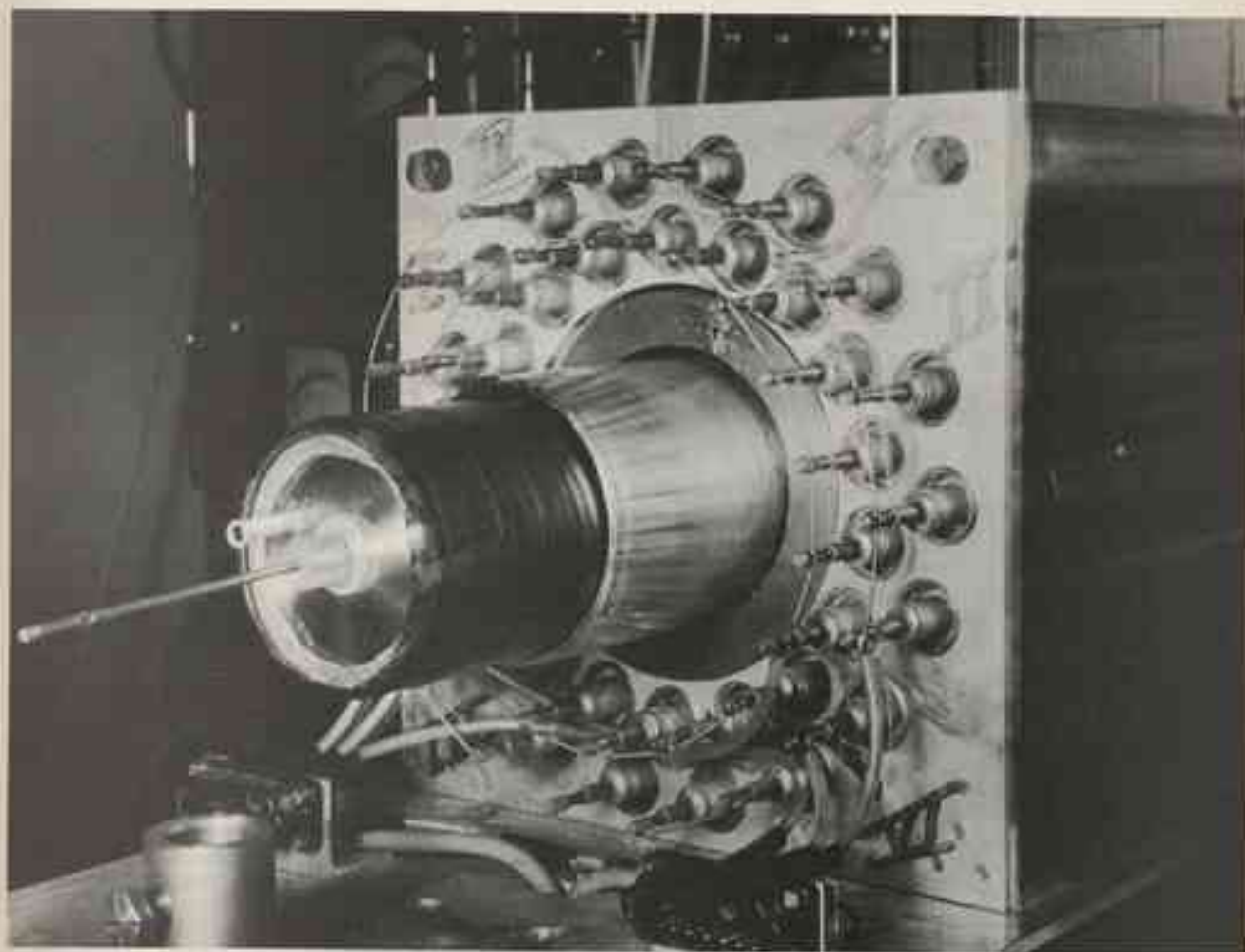
Nous vivons au milieu d'aérosols dont certains sont dangereux. Par exemple les fumées de la combustion de tabac ou d'autres végétaux sont des aérosols formés de gouttelettes d'eau salée par du carbonate de potassium et contenant de petites vésicules de goudron pouvant être la cause de désordres physiologiques. Un autre exemple : les aérosols de quartz formés quand on détruit des roches siliceuses et qui sont très dangereux. De grandes précautions sont prises pour que les ouvriers travaillant dans les galeries de mines ou des tunnels n'en respirent pas trop car ils encourent le risque de les fixer dans leurs poumons et d'être alors atteints de silicose.

D'autres aérosols, naturellement produits dans la nature, semblent au contraire jouer un rôle important, indispensable même à la vie sur notre planète.

— Et les aérosols marins ?

Les aérosols marins sont précisément parmi ceux-ci.

La mer est un puissant générateur d'aérosols : elle en produit quelques milliards de tonnes par an. Si vous regardez la surface de la mer, vous verrez des petites bulles d'eau qui viennent crever la surface. La bulle est une petite membrane d'eau qui explose dans l'air et s'évapore. Il reste des petits grains de sel en suspension, dont l'ensemble est un aérosol. Toute la troposphère contient de tels aérosols. Une grande partie des aérosols de l'atmosphère sont très vraisemblablement d'origine marine, et les mesures faites en avion ont montré que les courants de convection de l'atmosphère les entraînaient jusqu'à la base de la stratosphère, et qu'ils pénétraient même fréquemment dans celle-ci.



Détail du carbone 14 ; détail d'un groupe de compteurs. Sur ce cliché on voit, en partie extrême de sa colonne de 35 compteurs Geiger destinés à déduire le comptage parasite dû aux rayons cosmiques, le gros compteur proportionnel dans lequel est introduit le carbone sous forme de CO₂ très pur. Entre les deux compteurs, on voit une chambre de diffusion destinée à éliminer une partie de rayons diffusés produits par les rayons cosmiques. Toute cette structure, soignée fonctionnelle, est à l'intérieur d'un blindage de plomb et de fer pesant une dizaine de tonnes destiné à diminuer fortement l'impact des rayons p pénétrants engendrés par l'uranium, le thorium et le plutonium présents dans les murs du laboratoire.

— *Quelle est l'influence des aérosols sur le temps et les formations nuageuses ?*

Pour que les gouttes d'eau se condensent en nuage il faut dans les conditions rencontrées habituellement, qu'il y ait des aérosols. Si les nuages crévent en pluie, ces aérosols seront entraînés sur le sol, mais il en reste en général bien assez pour que d'autres nuages se reforment.

— *Pouvez-vous citer d'autres applications de l'étude des aérosols et notamment des aérosols marins ?*

Nous avons proposé récemment au Ministère qui s'occupe de l'environnement un moyen très simple pour être prévenu à temps de l'apparition des conditions atmosphériques (par exemple une inversion de température) qui risquent de créer une recrudescence dangereuse de pollution dans les vallées industrielles. Il suffit pour cela de mesurer la concentration des aérosols radioactifs engendrés par le radon que le sol dégage constamment. Cette mesure peut se faire par des appareils industrialisés depuis longtemps (ce sont les mêmes qui servent à contrôler les aérosols radioactifs artificiels dans les installations nucléaires) et qui sont d'une extraordinaire sensibilité. On peut ainsi être prévenu d'un risque de pollution bien avant que les récepteurs traditionnels n'aient réagi. Je peux aussi vous donner un autre exemple, non pas d'application directe des aérosols, mais plutôt d'accroissement de nos connaissances par le moyen des études sur les aérosols, et je choisirai un domaine très différent que l'on peut rattacher à la pédologie et à l'agriculture.

Prenez une région comme la Gascogne ou du moins la partie de celle-ci qui est du sable : il n'y a dans ce sable, à l'origine, ni potassium ni cobalt ; or les arbres et l'herbe ont besoin de potassium et les moutons qui mangent l'herbe, de cobalt. Il y a donc là un paradoxe : sur un sol apparemment stérile, composé de grains de quartz se maintient une végétation abondante.

— *Comment expliquez-vous cette végétation sur le sol stérile de Gascogne ?*

Les aérosols en sont probablement responsables : chaque année, les landes sableuses de Gascogne reçoivent ainsi du ciel, gratuitement, environ 10 000 tonnes de chlorure de potassium, pour ne parler que de ce seul fertilisant. La pluie amène constamment des sels minéraux constituant des aérosols (qui ont servi justement à former cette pluie), et depuis déjà quelques milliers d'années, ceux-ci se sont accumulés dans la couche supérieure du sol et ont formé le stock de potassium, de cobalt, de calcium, de magnésium, etc., nécessaire aux plantes.



Ce coquillage a été utilisé pour la datation d'un niveau fossile de la surface de la mer dans une région où les mouvements verticaux du sol sont importants. Lorsqu'il est vivant, le coquillage contient un peu d'uranium (10^{-6} par gramme environ) ; après sa mort, cet uranium engendre peu à peu de l'uranium (ou thorium 230). Ceci en mesurant la proportion de l'un par rapport à l'autre, après extraction chimique de ces deux métaux (la mesure se faisant par spectrométrie α), que l'on peut connaître l'âge du coquillage. Tridacna de la dépression de l'AFAR (Mer Rouge) — Baie de Dufail — à environ 90 m au-dessous du niveau de la mer, longueur : environ 30 cm, âge : 120 000 $\pm$ 20 000 ans.

A ce propos, il faut mentionner un phénomène important : il s'agit du phénomène dit de Koyamabachi. On pourrait croire que la composition de sels dissous dans la mer se retrouve dans les mêmes proportions dans les aérosols d'origine marine, autrement dit que le grain de sel issu de la microgoutte évaporée dans l'air a la même composition chimique que le sel de la mer. Or il n'en est rien : bien qu'il y ait 30 fois plus de sodium que de potassium dans la mer, les abondances de ces deux éléments sont à peu près les mêmes dans l'eau de pluie et cela parce qu'elles sont déjà les mêmes dans les aérosols de l'atmosphère. Ainsi donc, au moment où la mer projette une goutte d'eau ou plutôt une bulle d'air dans l'atmosphère, elle fait une considérable séparation chimique entre deux métaux alcalins de propriétés chimiques pourtant très voisines. Le potassium n'est du reste pas le seul à être ainsi enrichi dans les aérosols. Bien que cela ne soit pas encore démontré, il est probable, par exemple, que le cobalt le soit aussi. Il en résulte que les végétaux qui sont sur l'ensemble des continents et qui ont une teneur élevée en potassium se sont probablement sélectionnés au cours de leur évolution pour pouvoir vivre dans les terrains qui ont été fertilisés par les aérosols, et ils seraient probablement différents si la mer ne rejetait pas ces aérosols, et si les matières minérales qu'utilisent les plantes provenaient uniquement de la dégradation des roches sous-jacentes.

— *Tous les pays devraient donc avoir la même fertilité : pourquoi le Sahara serait-il aride ?*

La même fertilité, peut-être pas, car celle-ci dépend aussi du climat, de l'eau, du sol (en particulier de son pou-

voir de rétention pour les sels minéraux provenant des roches ou des aérosols).

Dans le cas du Sahara, le manque de pluie est le facteur principal d'aridité, mais si l'on voulait rendre fertiles certaines régions du Sahara, il ne suffirait pas d'y amener de l'eau, il faudrait aussi y amener un mélange des sels minéraux nécessaires aux plantes, car en général les sols en sont dépourvus. Autrefois fertiles, les sols du Sahara sont maintenant détruits et ne possèdent plus les sels minéraux nécessaires, les deux substances qui fixent ces sels, — l'humus et l'argile, — ayant disparu principalement par oxydation et par l'action du vent, au cours des derniers millénaires.

S'il recommençait à pleuvoir sur le Sahara comme il pleut sur l'Europe, la pluie apporterait les sels minéraux nécessaires au rétablissement de la fertilité et en quelques dizaines d'années une végétation déjà abondante y réapparaîtrait sans aucun doute.

— *Pouvez-vous donner en conclusion, une définition de vos diverses activités ?*

Nous appliquons les méthodes nucléaires partout où cela semble susceptible d'amener des progrès réels. Nous essayons par là de résoudre des problèmes relevant notamment des sciences naturelles et de la connaissance de l'environnement : 80 % environ de l'activité du laboratoire est centrée sur la recherche fondamentale et sur les applications de cette recherche fondamentale, le plus souvent en collaboration avec d'autres chercheurs plus versés que nous dans les domaines où se font ces applications. Le restant de notre activité est constitué essentiellement par des mesures (surtout des datations) demandées directement par d'autres laboratoires.

LE TOME 2 DU TRÉSOR DE LA LANGUE FRANÇAISE

DICTIONNAIRE DE LA LANGUE DU XIX^e ET DU XX^e SIÈCLE

Ce tome deux de notre Dictionnaire, publié un an après le premier, continue sur la lancée de son aîné. Pour plusieurs ce sera un sujet de satisfaction, parce que la preuve est ainsi faite que le T.L.F. vit et vivra. Pour nous, rédacteurs responsables, la première tâche était d'être ; et être, pour une œuvre scientifique ou littéraire, c'est aussi paraître, dans des délais aussi proches que possible de l'être. C'est ce double pari qu'il a fallu d'abord gagner.

Il est encore trop tôt pour faire le bilan de l'accueil réservé au premier volume. Les plus hautes autorités du pays, des Académies, des savants de France et hors de France nous ont adressé de précieux témoignages d'estime et d'encouragement ; des organes de diffusion audio-visuelle ont fait connaître l'œuvre à des publics étendus.

Quant à la presse écrite, seuls des journaux quotidiens et des périodiques à grand tirage se sont exprimés jusqu'à ce jour. Nous avons tout lieu d'être satisfaits de leurs études parfois fouillées et de leurs appréciations généralement positives. La pudeur nous interdit de reproduire les épithètes louangeuses qui nous ont été décernées ; mais nous serions ingrats si nous ne remercions pas leurs auteurs de la pénétration de leurs analyses, de la pertinence des choix dans leurs démonstrations, et plus communément de leur remarquable effort pour expliquer aux lecteurs le sens de notre entreprise.

Nous leur savons gré aussi de leurs critiques, auxquelles se sont jointes celles de tel correspondant particulier. Critiques de détail avant tout. Tel mot savant ou technique a été insuffisamment ou mal expliqué, ou manque totalement ou est de trop ; tel exemple n'est pas à sa place ou paraît superflu ou aurait pu être remplacé par un autre plus approprié ou plus savoureux sinon plus pimenté ; telle notice expli-

cative est trop hermétique même pour un public éclairé, ou trop banal pour ceux qui savent, ou fait cruellement défaut alors qu'elle paraissait nécessaire p. ex. pour rendre compte de l'usage syntaxique des adjectifs placés avant ou après le substantif.

Critiques d'ensemble aussi, parmi lesquelles revient celle des dimensions de l'œuvre totale. Si nous avons pris au sérieux toutes ou presque toutes les remarques qui nous ont été présentées, nous avons attaché une importance particulière à cette dernière, que nous nous étions faite nous-mêmes, on le croira sans peine.

Il était en effet prévisible que si nous gardions les normes du premier volume (et par conséquent aussi du second, composé parallèlement et suivant les mêmes exigences de délai que le premier), nous allions vers une œuvre aux dimensions insolites. Nous avons donc dès le principe étudié le problème des dimensions, en prenant pour point de départ celles du premier et du deuxième volume, l'objectif étant de faire en sorte que la continuité soit assurée pour l'essentiel tant au point de vue de la valeur scientifique et de la richesse de l'information que pour l'esprit général de l'œuvre. On verra la pleine application des décisions prises à partir du tome III, début de la douzaine de tomes qui restent à publier.

Si pour ces raisons, le présent tome II n'a pu que fort peu bénéficier des normes nouvelles, une étude attentive permettra du moins d'en découvrir dès maintenant les lignes maîtresses. C'est ainsi que nous avons déjà pu alléger la nomenclature, soit en supprimant simplement un certain nombre de mots jugés superflus après une appréciation plus serrée de certaines sources (fonds IGLF technique (1),

dictionnaires encyclopédiques), soit en regroupant un certain nombre de mots sous d'autres dont ils sont les dérivés scientifiques ou techniques, soit enfin en renvoyant d'aucuns aux articles consacrés aux préfixes et aux suffixes ; quitte à compléter aussi, le cas échéant et à titre exceptionnel, la liste des mots à retenir, si les nouvelles ressources de notre documentation d'ordinateur nous y invitaient. Allègements aussi des rubriques des articles : on verra pour certains mots la notice historique réduite au minimum, l'accent étant mis, autant que faire se pouvait, sur ce que nous apportions de nouveau ; la rubrique Prononciation et orthographe a commencé à s'alléger de l'énumération des séries morphologiques ; celle de l'analyse synchronique, la plus gourmande de toutes les rubriques, a parfois été l'objet d'une diminution importante du nombre des exemples, quitte à en accroître exceptionnellement la quantité pour les mots à grande différenciation sémantique ou stylistique ; seule la sélection des indications bibliographiques, dont la réduction pose des problèmes délicats à une équipe de documentalistes nécessairement limitée, n'a pu être, pour le présent volume, l'objet d'une révision profonde.

Le détail et la justification scientifique de ces modifications seront exposés en tête du tome III. Nous n'avons remodelé en tête du présent volume que la notice générale sur la prononciation et la liste des abréviations, harmonisées toutes deux avec l'état de nos recherches, et que de toute manière les lecteurs nous demandaient de reproduire en tête de chaque livraison ; et nous avons naturellement aussi mis à jour, en tant que de besoin, la liste des collaborateurs de ce volume.

Telle quelle, et aussi bien dans l'avenir, l'œuvre reste et restera ce qu'elle a été dès le principe. Dans une présentation aussi aérée que possible pour plaire à l'œil et éviter une fatigue excessive

(1) Inventaire général de la langue française (IGLF, glossaire du tome I).

au lecteur studieux ou simple amateur, nous continuons à lui fournir une information puisée à des sources sûres et triées selon des critères qui se veulent, autant que faire se peut, objectifs. Nous restons fidèles, ce faisant, à l'esprit de la philologie, héritage «*si* et intégrable des recherches du siècle dernier. Pour nous les textes sont la meilleure garantie de la saisie d'un état de langue, parce qu'ils attestent un usage déjà établi, dût cette attestation être parfois quelque peu tardive ou avoir été l'objet de traitements trop personnels de la part des auteurs — lesquels, répétons-le, se neutralisent dans la masse des témoignages recueillis par les machines, plus que jamais serves et non pas maîtresses du philologue. Les textes «*exploités*» par nous dans une visée documentaire et les mots qu'ils attestent appartiennent à une société, ou à une suite ou à une variété de groupes sociaux, dont ils portent l'empreinte et qu'ils ont aidés à être; ils appartiennent de ce fait à une histoire, et ce n'est que par abstraction qu'ils peuvent être conçus comme hors du temps. Un minimum de diachronie est dès lors nécessaire pour

situer dans leur véritable éclairage les usages que fait de la langue à tel moment du temps telle société, et seules les dimensions des informations sur l'avant et l'arrière de ces usages peuvent être discutées. Quant à nous, c'est dans cette même perspective que nous avons voulu faire sa place à l'arrière de la langue, c'est-à-dire à son avenir. Les audaces des écrivains sont parfois cet avenir, pour les mots usuels surtout, dont ils essaient de tirer de nouvelles virtualités, insoupçonnées de la masse routinière des lecteurs ordinaires; mais ce sont principalement les créations nouvelles qui, à l'aide des préfixes et des suffixes vivants, représentent la dimension du possible d'une langue, et si nous avons un regret à formuler, c'est de ne pouvoir donner également les éléments radicaux autour desquels se construisent les dérivés préfixaux et suffixaux (mais l'ordinateur nous les fournira sans doute un jour pour quelque volume annexe). Mais, bien sûr, c'est aussi à une interprétation linguistique discrète mais à jour, que vise, dans la partie synchronique surtout, un dictionnaire comme le nôtre. Tout en continuant à offrir

au lecteur de beaux et utiles exemples, dont le nombre et la qualité sont l'objet de notre sollicitude fondamentale, nous réservons toute notre attention à cette partie de notre programme, sans dogmatisme ni rigidité, mais avec la rigueur que permet une méthode de plus en plus sûre de ses instruments d'analyse. Peut-être nous exposons-nous par là, comme on nous l'a fait parfois observer, à quelque sécheresse dans l'énoncé des sens et des conditions d'emploi; du moins n'avons-nous jamais perdu de vue que ces énoncés doivent constater des normes et des niveaux d'expression, et que l'exacte connaissance des unes et des autres est la condition même du fonctionnement actuel de la langue. En d'autres termes, nous restons convaincus qu'une science exacte est aussi une science utile, et c'est pourquoi nous continuons à penser que cette double visée définit la tâche même de la lexicographie d'aujourd'hui et de toujours.

Paul IMBS
 Directeur du Centre de recherches
 pour un trésor de la langue française.

LE C.E.R.N.

Le Centre Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN) est consacré depuis sa création en 1954 à la physique des hautes énergies (*). Pourquoi dénommer ainsi le domaine de physique, qui s'intéresse aux interactions à très courtes distances (10^{-13} à 10^{-14} cm) entre les constituants élémentaires de la matière (électron et nucléon)? La raison en est simple. On sait que le pouvoir séparateur d'un microscope, optique ou électronique, est d'autant plus grand que l'énergie des particules de la source « éclairante », photons ou électrons, est élevée. Les plus puissants de ces appareils utilisant des faisceaux d'électrons permettent aujourd'hui d'obtenir une image de la molécule et même de l'atome et donc d'atteindre des distances (**) dix mille fois plus petites que les meilleurs microscopes classiques. De la même manière les protons de 25 GeV, obtenus pour la première fois au CERN, devraient nous permettre de « voir » des structures encore un million de fois plus petites et donc, de disséquer le noyau de l'atome et ses composants, les nucléons (proton et neutron). Au demeurant, il reste à comprendre les propriétés déroutantes de la matière qui se sont manifestées à l'échelle des particules et que nous évoquerons plus loin. Les accélérateurs de particules de haute énergie sont donc les outils indispensables à la recherche que nous venons de définir. Leur taille, leur complexité, leur prix ont fait que ce domaine fondamental de la physique n'a pu être étudié que dans les très grands pays (USA, URSS) et en Europe grâce à la collaboration très efficace de 12 pays membres du CERN (†) qui, créé en 1954, a mis six années plus tard, à la disposition des physiciens d'Europe, un instrument de haute qualité, le synchrotron à protons (PS) de 28 GeV. Nous allons maintenant brosser un tableau d'ensemble du développement

du CERN tant au point de vue de ses équipements que de la façon dont ses moyens de recherche sont mis à la disposition des physiciens européens. Puis, dans une deuxième partie, nous décrirons quelques-uns des principaux résultats de cette physique qui est encore en pleine jeunesse.

Le développement du C.E.R.N. 1954-1978

Notre description très succincte du CERN sera fondée sur quatre figures montrant, au long de quelque 20 années, l'évolution des installations sur le site franco-suisse de Genève (fig. 1 et 2), celle des dépenses d'investissement et d'exploitation (fig. 3) et celle du nombre de chercheurs présents au CERN dont la très grande majorité sont des « visiteurs » envoyés par les universités (fig. 4).

La première période (1954-1960) fut essentiellement consacrée à la construction du synchrocyclotron de 600 MeV (mis en service en 1957) et du grand synchrotron à protons de 28 GeV (1959). Ce dernier, qui est encore aujourd'hui un instrument essentiel de recherche, comporte un anneau de 200 m de diamètre formé d'aimants dont le champ magnétique pulsé au cours d'un cycle de 2,5 sec. maintient sur un cercle fixe les protons en cours d'accélération. L'énergie est fournie aux protons par des cavités RF (radio-fréquence) et la forme spéciale des faces polaires des aimants permet de maintenir les protons sur une orbite définie à quelque 1/20e de m/m. A l'heure actuelle, grâce à des améliorations successives l'intensité a été portée de

$2 \cdot 10^{10}$ protons par cycle en 1959 à $2 \cdot 10^{12}$, la perte de temps due à des pannes de la machine n'est que d'environ 5%.

La deuxième période (1960-1966) est caractérisée par la mise en place de la recherche proprement dite. Le budget d'exploitation prend une proportion de plus en plus considérable, la mise en service d'une deuxième aire expérimentale et de la chambre à bulles de 2 m augmente notablement les moyens de recherche mis à la disposition des équipes de physiciens. C'est au cours de cette période que fut mis en pratique le principe suivant lequel le CERN devait être un laboratoire central à la disposition des équipes universitaires de visiteurs. Ceci se reflète d'une façon claire sur la figure 4 par l'augmentation du nombre de visiteurs non rémunérés. Il est peut-être utile d'insister un peu sur ce point : près de 90 % des films de chambres à bulles sont analysés aujourd'hui dans les universités ou centres de recherche européens ; la plus grande partie des expériences d'électronique auprès du PS et récemment auprès des anneaux de collision sont effectuées sous la responsabilité de laboratoires universitaires. Une équipe d'une dizaine de physiciens environ élabore une proposition d'expérience qui est discutée au sein de comités comportant une majorité de physiciens n'appartenant pas au CERN. L'expérience une fois acceptée par le directeur général du CERN, responsable du programme expérimental d'ensemble, est conduite jusqu'aux publications exclusivement sous la direction du groupe qui en a eu l'initiative. Ainsi, malgré la complexité des opérations, l'imagination des physiciens garde son rôle, essentiel dans la recherche.

(*) On parle aujourd'hui, en physique nucléaire et en physique des particules, de basse énergie (1 à 30 MeV), de moyenne énergie (100 à 1000 MeV) et de haute énergie (1 à 2000 GeV). Le MeV ou l'énergie correspondant à une charge élémentaire, électron ou proton, par une tension d'un million de volts. Le GeV (1000 MeV) correspondrait ainsi à un milliard de volts. Cette tension est installée pratiquement d'un à la dizaine d'accélérateurs de particules (cyclotrons tels que le synchrocyclotron).

(**) De l'ordre de l'Angström (Å) ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$).

(†) Qui sont l'Autriche, la Belgique, le Danemark, la France, la Grèce, l'Italie, la Norvège, les Pays-Bas, la République Fédérale d'Allemagne, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse. La France contribue à 20 % au budget.

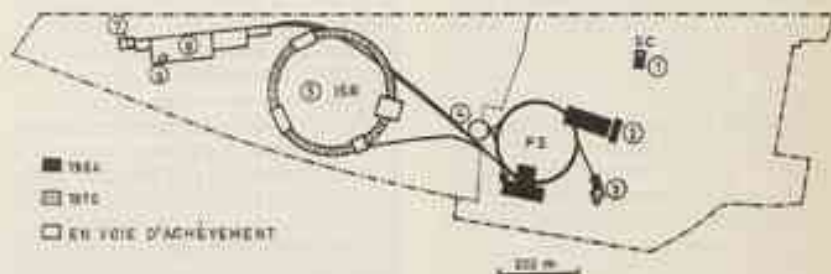


Fig. 1. Développement des principales installations de recherche sur le domaine du CERN : (1) synchrocyclotron SC, séparateur d'isotopes en ligne, bulle ; (2) zone d'expérimentation fixe, chambre à bulle à hydrogène de 2 m ; (3) faisceau de neutrons, chambre à bulle à liquides lourds Gargamelle ; (4) synchrotron injecteur ; (5) anneaux de stockage à intersections ISR ; (6) zone d'expérimentation Ouest ; (7) chambre à bulle à hydrogène de 3,7 m BEBC ; (8) spectromètre Oméga.

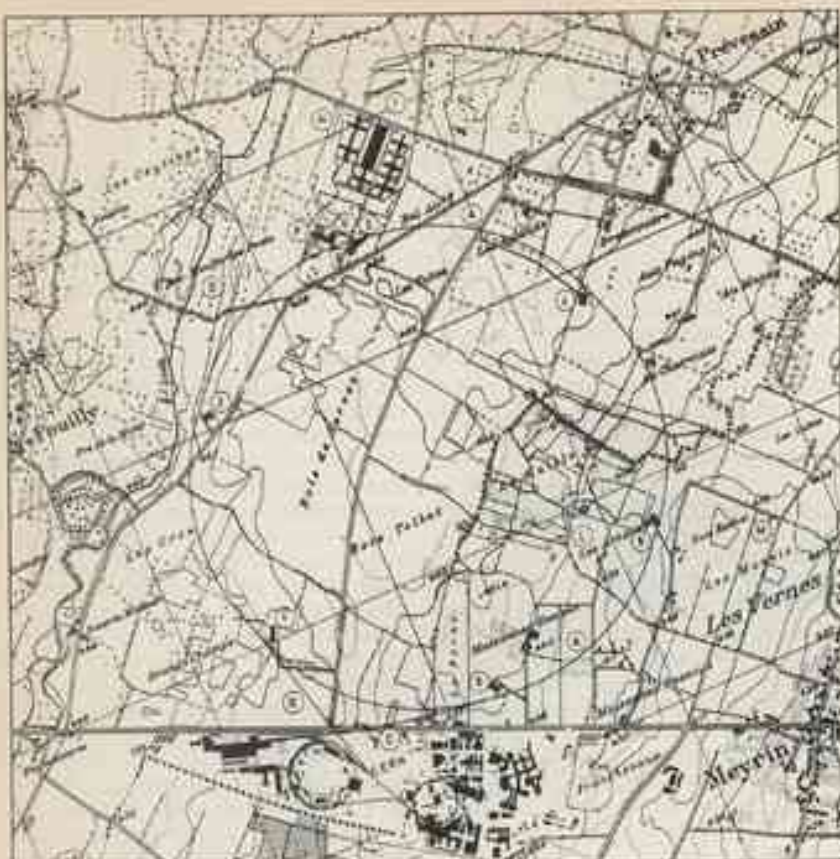


Fig. 2. Implantation de l'accélérateur « 300 GeV » (S.P.S.) (A) anneau principal de 2,2 km de diamètre (en tunnel à plus de 40 m de profondeur); (B) tunnel d'injection; (C) tunnel d'éjection vers la zone d'expérimentation Nord; (D) tunnel d'éjection vers la zone d'expérimentation Sud; (E) salle de commande principale; (F) sous-station électrique principale; (G) alimentation électrique; (H) laboratoires et bâtiments administratifs; (I) hall de montage; (J) réservoir d'eau et station de pompage; (M) conduite amenant l'eau de refroidissement du lac; (N) bâtiments auxiliaires et puits d'accès. On remarquera en bas l'ancien site du CERN représenté sur la figure 1, qui est caractérisé par les deux « petits » anneaux des ISR et du PS. La frontière franco-suisse (---) traverse les lieux.

Au cours d'une troisième période (1966-1970), l'exploitation du SC et du PS se poursuit avec une légère croissance mais un effort important se porte sur un programme d'amélioration des équipements et sur la construction d'un audacieux projet : les anneaux de stockage à intersections (ISR).

Comment un programme d'une telle importance fut-il élaboré? À l'origine, quelques hommes ont eu la vision et la compétence technique nécessaires pour imaginer les grandes lignes de développement du CERN mais il fallait y associer étroitement la communauté scientifique européenne qui en serait le principal utilisateur. C'est ainsi que fut créé l'ECFA (Comité Européen pour les Accélérateurs Futurs) indépendant des organes officiels du CERN et dont l'avis fut prépondérant lors des deux très importantes décisions concernant les anneaux de collision en 1965 et le 300 GeV en 1971. Le rôle de l'ECFA dépassa d'ailleurs le seul CERN et chercha à dessiner les grandes lignes d'un programme d'ensemble de la physique des particules pour l'Europe.

Il fallut environ 5 années pour construire les anneaux de collision : dans un hall circulaire souterrain de 300 m de diamètre, deux ensembles d'aimants sont placés de façon à créer deux anneaux circulaires légèrement déformés permettant à deux faisceaux circulant en sens inverse de se croiser à petit angle (15°) en huit points. Ce sont les endroits où l'on peut observer les collisions balle en tête de deux protons de 28 GeV. L'énergie totale disponible dans ce choc est de 56 GeV ce qui correspond par un calcul relativiste élémentaire à une collision d'un proton de 1 700 GeV sur un proton au repos. Ce très grand gain en énergie par rapport aux accélérateurs existants est cependant contrebalancé par une très faible intensité. Il faut, et c'est la grande difficulté technique du projet, stocker dans chaque anneau un nombre considérable de protons accélérés au préalable dans le PS. Ces ISR fonctionnent depuis plus d'un an pour des expériences de physique et il est actuellement possible d'accumuler plus de 100 impulsions du PS dans chaque anneau réalisant ainsi

une luminosité de $10^7 \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ soit près de 10^4 interactions par seconde dans chacune des intersections.

Parallèlement fut réalisé auprès du PS un important programme de développement :

- un nouvel injecteur qui permettra de porter l'intensité du PS à environ 10^{11} protons par impulsion.
- deux grandes chambres à bulles, Gargamelle et BEBC en association avec la France et l'Allemagne.
- un nouveau hall d'expérience dans la partie Ouest du site.
- un grand instrument (le projet N) pour la physique des compteurs.

La quatrième période a débuté en 1971.

Après de nombreuses années de négociations le projet d'accélérateur de 300 GeV a été accepté par le Conseil du CERN en février 1971. Cet instrument (voir figure 2) placé dans un tunnel souterrain de 2,2 km de diamètre recevra les protons du PS pour alimenter, après un cycle d'accélération de 3 sec., les installations de physique du Hall Ouest (1976) et un peu plus tard une nouvelle zone d'expérience au nord du site.

Et pendant ce temps, les installations construites précédemment continuent à alimenter en données expérimentales les travaux de près de 75% des physiciens européens (*) travaillant dans ce domaine.

Tout au long de cette présentation succincte des activités du CERN, nous avons employé le terme « physiciens européens ». Certes la majorité des utilisateurs du CERN viennent des pays membres du Centre, mais dès son origine, une ouverture plus large du CERN a été désirée. Un crédit annuel est réservé aux visiteurs des états non membres (voir figure 4). De plus des contrats d'association peuvent être signés par le directeur général. Citons en particulier un accord signé en 1967 avec le Comité d'Etat de l'URSS pour l'utilisation de l'énergie atomique. À ce jour, quatre expériences d'électronique ont été conduites en commun avec des physiciens soviétiques auprès de l'accélérateur de 70 GeV de Serpukov ; au début de cette année, un système d'éjection rapide des protons de la machine et un ensemble de cavités RF, construits au CERN, ont fonctionné parfaitement à Serpukov, permettant la séparation jusqu'à une énergie de 32 GeV des mésons K^+ dans un faisceau beaucoup plus abondant en protons et en mésons π^+ . Ce faisceau sera d'un apport essentiel pour le succès scientifique du fonctionnement de la chambre à bulle Mirabelle construite par le CEA et qui a déjà pris ses premières photographies dans un faisceau de protons à Serpukov.

(*) En France environ 250 physiciens expérimentateurs utilisent le CERN pour leurs recherches.

quelques résultats de physique

La courte histoire de la physique des hautes énergies, qui débute par les observations de rayons cosmiques dans les années 40 et 50 et prend son essor il y a une quinzaine d'années avec les grands accélérateurs de particules, est particulièrement riche et dense. Pour s'en faire une image plus complète, le lecteur peut se reporter à l'article de J. Six dans le Courrier du CNRS d'avril 1972. Nous nous contenterons pour notre part d'illustrer les activités du CERN en présentant quatre exemples extraits de quatre secteurs de recherche très différents et concernant les diverses interactions de la matière (*).

Parmi les résultats que nous présentons, nous aurons du mal à distinguer exactement l'apport du CERN et ceux des autres grands synchrotrons, principalement celui de Brookhaven aux USA. La complémentarité des efforts américains et européens s'explique bien sûr par l'immensité des champs de recherche ouverts, mais aussi par des contacts étroits entre les physiciens des deux continents. Si, sur des problèmes importants, deux expériences ont été parfois menées de front, ce fut toujours avec des méthodes et des points de vue différents dont la confrontation fut décisive.

L'expérience g-2.

Ce titre sibyllin désigne en fait la détermination du moment magnétique du méson μ qui s'exprime dans l'unité appropriée par un nombre g voisin de 2.

(*) Les personnes en contact pour l'instant à types d'interactions sont, par ordre de force décroissante : les interactions fortes, électromagnétiques, faibles et gravitationnelles. La première et la troisième se croisent sur de très courtes distances et sont donc sensibles à la physique des Hautes Énergies. La seconde a une longue portée mais ses effets sont trop faibles pour se manifester à l'échelle des particules. Sans l'interaction électromagnétique qui peut s'étendre à la fois à longue distance (phénomène classique) et à courte distance (hautes énergies), il ne se ferait ni la mesure ni la théorie à peu près satisfaisante, l'électrodynamique quantique.

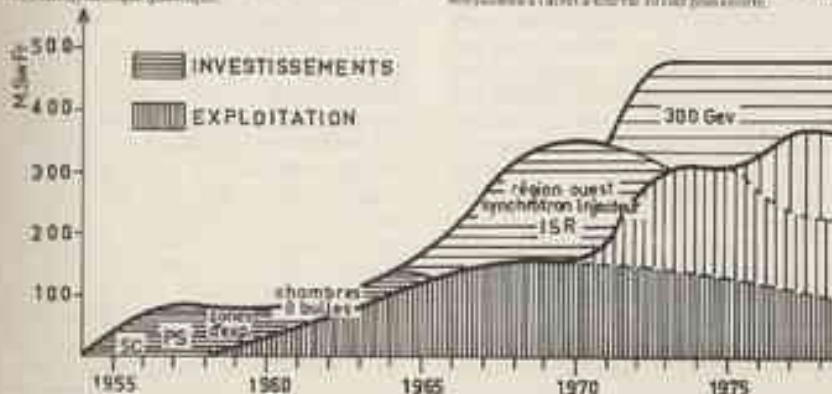


Fig. 3. Montant des budgets du CERN répartis approximativement entre les dépenses d'exploitation et d'investissement (respectivement en barreaux verticaux et horizontaux), échelle en millions de francs (année 1970). Les 3 phases successives (PS, ISR, 300 GeV) se distinguent par l'espacement croissant des barreaux.

L'électrodynamique quantique permet le calcul de la petite différence $g-2$, dont la vérification expérimentale dans le cas de l'électron est excellente, ce qui constitue un des grands succès de cette théorie. La physique des hautes énergies permet d'accéder au $g-2$ du méson μ . La mesure est délicate car sa vie moyenne est de quelques microsecondes, du même ordre de grandeur que la précession du spin due à la valeur non nulle de $(g-2)$. Pour augmenter la précision de la mesure, l'on utilise des mésons μ énergiques (~ 1 GeV) maintenus dans un aimant sur une orbite circulaire, ce qui augmente leur vie moyenne d'un facteur 10 (*). Le résultat, à $3 \cdot 10^{-3}$ près, est le même que pour un électron qui aurait la masse du μ . C'est un succès pour la théorie, accompagné pour le physicien d'un nouveau mystère : voici le seul cas connu où deux particules simples, sans structure interne, — l'électron et le méson μ — semblent parfaitement identiques bien que de masses différentes, contrairement à l'esprit d'économie qui semble régner dans la nature !

La non conservation de P.C.

La physique des hautes énergies a hérité de la physique classique les grands principes d'invariance qui permettent de relier les propriétés des particules à celles de l'espace qui les entoure. Parmi ceux-ci, citons l'invariance par le renversement P des axes de référence, ou par la conjugaison de charge C qui consiste à inverser toutes les propriétés « internes » d'une particule telle que, en particulier, le signe de sa charge électrique.

La découverte de la non conservation de la parité P dans les interactions faibles a bouleversé une première fois ces notions en 1956. Cependant l'harmonie de la théorie fut très rapidement restaurée (en moins de deux ans) par la constatation suivante : si les interactions faibles n'étaient pas invariantes

(*) Notons qu'il y a à la fois manifestation expérimentale du « Paradoxe » de Larmor pour un méson μ qui se trouve sur une orbite circulaire peut ainsi simuler que son journalet à l'arrêt a tenu 10 fois plus longtemps.

pour chacune des opérations P et C , elles semblaient l'être pour la succession des deux — on dit que PC est conservé — Il fut alors possible de comprendre tout un ensemble de faits expérimentaux. Le neutrino tourne toujours dans le même sens autour de sa ligne de vol, et l'antineutrino toujours dans le sens contraire, parce que l'un est obtenu à partir de l'autre par la transformation PC . Par contre les particules associées au neutrino par les opérations P et C n'existent pas dans la nature. Des considérations semblables permettent également d'interpréter le comportement du méson K neutre. Celui-ci est produit par une interaction forte sous la forme soit d'une particule K^0 , soit de son anti-particule $\bar{K}^0$ (caractérisées par leur « étrangerie » $S = +1$ ou $S = -1$). Mais quand il se désintègre par interaction faible, ses états caractéristiques sont K^0_S et $\bar{K}^0_S$ (définis comme « états propres » de PC) qui se désintègrent respectivement en 2 et 3 mésons π . La mécanique quantique permet de regrouper ces deux aspects — production et désintégration — en écrivant que le K^0 (ou le $\bar{K}^0$) est une combinaison moitié-moitié de K^0_S et $\bar{K}^0_S$. Cette combinaison évolue avec le temps car le K^0_S a une vie 600 fois plus longue que le $\bar{K}^0_S$ et devient vite prépondérant. Hélas, il fallut déchanter lorsqu'en 1964, on s'aperçut qu'un K^0_S « vieillesse », c'est-à-dire devenu un $\bar{K}^0_S$ peut se désintégrer en 2 π comme un $\bar{K}^0_S$ et donc ne pas conserver PC . En huit ans, de nombreuses expériences ont permis de connaître tous les aspects expérimentaux du phénomène (*). En revanche sur le plan théorique la situation ne s'est guère éclaircie. Disons seulement que la violation de PC pourrait manifester la présence d'une cinquième interaction de la nature, dite « superfaible », dont tout resterait à connaître.

Le monde des hadrons

En 1950, il semblait n'exister que 3 particules fondamentales composant les noyaux, le proton et le neutron, liés par le méson — particule de champ. Les physiciens des hautes énergies ont découvert avec étonnement qu'il n'était que des membres nonlement privilégiés d'une famille très vaste, peut-être même infinie, celle des « hadrons » (ou particules lourdes par opposition aux « leptons »). Les hadrons ont été recensés systématiquement, ce qui a permis de dresser un catalogue de leurs propriétés (masse, largeur, spin, isospin, parité, étrangerie, charge...). Cet immense effort expérimental a débouché sur des schémas simplificateurs.

(*) On a vu très nettement avec une grande précision que les forces gravitationnelles, dues à l'action de la gravité, sont identiques sur la particule et son anti-particule, conduisant à rapprocher de celle de l'expérience celle d'Elm qui prouve l'absence de la masse d'inertie et de la même pesanteur.

Le plus célèbre d'entre eux est la symétrie unitaire ou symétrie SU (3) qui est maintenant bien établie : les hadrons peuvent être groupés en multiplets de particules de spin et de parité identiques, de masses voisines et de propriétés semblables en ce qui concerne les interactions fortes. L'existence de la symétrie SU (3) pourrait résulter de l'existence de trois particules fondamentales, les «quarks». Selon le modèle des quarks, le fait que seuls ont été observés les multiplets les plus simples peut s'expliquer aisément : les baryons se composeraient de trois quarks et les mésons d'un quark et d'un antiquark. Précisons que ces objets n'ont pu être observés, soit qu'ils aient une masse trop élevée, soit que cette belle construction mathématique n'implique pas une existence isolée de ces particules.

Il existe également un autre classement complémentaire des hadrons, qui regroupe des particules de charge et d'étrangeté identiques sur des «trajectoires de Regge» en fonction de leur spin et du carré de leur masse. Plus récemment, la notion de «dualité» a permis de relier des trajectoires de Regge de parités différentes (voir figure 5).

Une physique nouvelle : les ISR

Tout en espérant certaines simplifications des phénomènes aux très hautes énergies, il était vain de vouloir extrapoler nos connaissances des protons de 28 GeV du PS à ceux des ISR équivalents à 1700 GeV. C'est pourquoi les physiciens sont actuellement passionnés par les expériences qui s'y déroulent et dont ils commencent à voir les premiers résultats.

Ce qui est en cause ici, c'est la structure du proton dont nous avons constaté la complexité sans pouvoir la comprendre. Indiquons les 3 grandes

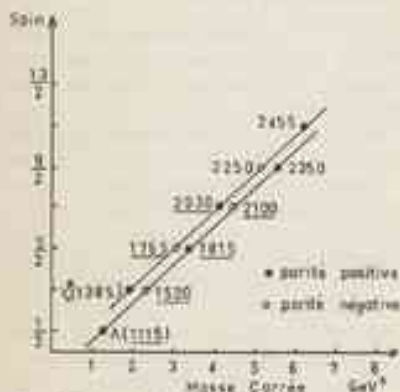


Fig. 5. Deux trajectoires de Regge sont représentées ici sous la forme de deux droites parallèles dans le plan dont les coordonnées sont la masse carrée et le spin. Elles permettent de regrouper les particules de la famille des hyperons (respectivement Λ et Σ et Ξ). La masse en MeV de chacune d'entre elles, soulignée quand son existence est parfaitement établie, jouette le point (● ou ×) qui la représente.

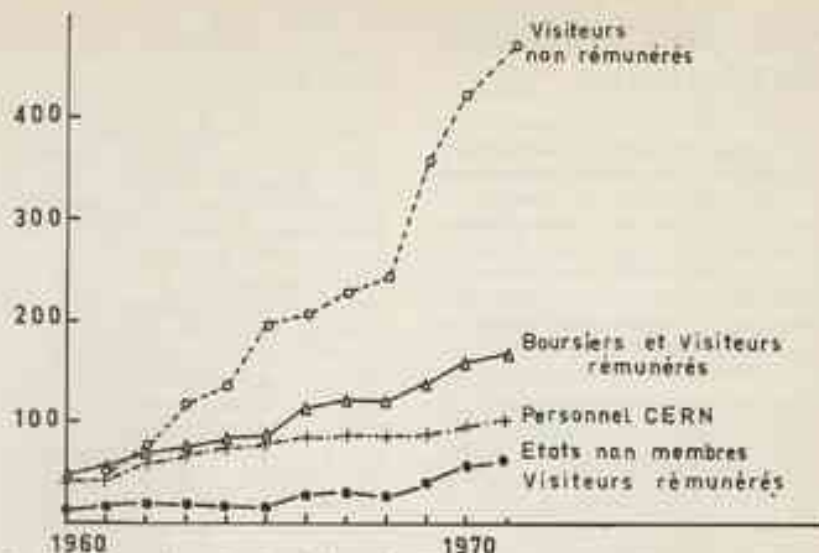


Fig. 4. Evolution du nombre des chercheurs de différentes catégories au CERN au cours des dix dernières années.

lignes dans lesquelles les ISR tenteront de nous répondre :

— la recherche des quarks. La découverte et l'étude expérimentale des quarks permettraient vraisemblablement la construction d'une théorie des interactions fortes. Les premières indications sont décevantes et ne laissent plus beaucoup d'espoir (section efficace de production de quarks inférieure à 10^{-31} cm²). Si le résultat final est négatif, nous croirons moins à la belle image du proton composé de trois quarks.

— les propriétés d'invariance d'échelle et de fragmentation limitée. Nous n'entrerons pas dans les détails de cette étude globale de la collision proton-proton (qui ne cherche pas à distinguer les innombrables réactions produites à ces énergies). Disons seulement qu'elle tend à représenter le proton comme un nuage de particules ponctuelles (partons). Au vu des premiers résultats, il semble que cette notion fructueuse introduite par l'étude des collisions électron-proton puisse s'appliquer également ici.

— l'étude des chocs élastiques proton-proton. Nous connaissons maintenant grâce aux ISR la distribution angulaire (ou section efficace différentielle) des protons qui ont subi un choc élastique à de très hautes énergies. Un modèle très simple permet d'en rendre compte approximativement et de tirer des enseignements sur «l'aire générale» du proton, sans se soucier de sa composition interne. C'est celui de la diffusion de la lumière sur un disque, qui comporte deux aspects : la diffraction ou déviation des rayons lumineux au voisinage du disque, et l'absorption qui dépend de la teinte plus ou moins noire de sa surface. L'observation d'une «figure de diffraction» permet de relier longueur d'onde de la source éclairante et rayon du disque. Dans ce cadre, les expériences récentes nous montrent un

proton qui grossit un peu quand son énergie augmente. Elles nous permettent également de mesurer l'absorption qui se traduit en fait par des chocs inélastiques avec création de nouvelles particules. Elle est totale : deux protons ne sont absolument pas transparents l'un pour l'autre. Cependant en regardant avec plus d'attention les données expérimentales, l'insuffisance d'un modèle diffractif simple est évidente. Malgré sa très grande énergie, le proton manifeste toujours sa complexité. Vieux de quarante ans (*) le problème clé dont dépend la compréhension de la matière par les physiciens des hautes énergies est toujours celui de la nature des interactions fortes et de la structure du nucléon. Il a pris depuis, l'ampleur considérable que nous avons évoquée dans ces pages. Parallèlement ces physiciens ont beaucoup évolué. Ils ont dû imaginer des appareils énormes mettant en jeu des techniques de pointe et nécessitant des investissements importants. Or, pour justifier ce gigantisme, ils ne disposent au départ que de leur intuition. Dans ce domaine hasardeux les choix du CERN se sont révélés particulièrement avisés. Ils ont permis aux physiciens européens des hautes énergies d'occuper une place importante dans ce domaine fondamental. A cet égard le PS, assuré de plusieurs décennies d'utilité, est exemplaire ; de même les ISR, qui seront longtemps le seul instrument capable de sonder les très hautes énergies. Quant à l'avenir, il nous semble aussi brillamment assuré par la construction du Super Synchrotron à Proton, le «300 GeV».

Bernard P. GREGORY

Directeur du laboratoire de physique nucléaire des hautes énergies de l'Ecole polytechnique (IN2P3)

(*) Il remonte au fait à la découverte du neutron par Chadwick en 1932.

GÉOLOGIE, BIOLOGIE VÉGÉTALE ET GÉOGRAPHIE EN AFGHANISTAN SEPT ANS DE R.C.P.



Paysage typique de montagne afghane dénuée dans la chaîne d'Afghanistan à l'Est du village d'Abrichakan, isolée dans des montagnes fortement plissées du Persien supérieur appartenant à la chaîne d'Afghanistan caractérisée par le Nord-Ouest sur la zone de Kaboul (altitude moyenne 3.500 m.).

L'Afghanistan, situé entre les longitudes est 61 et 72°, les latitudes nord 31 et 38°, couvre une superficie nettement supérieure à celle de la France pour une population d'une quinzaine de millions d'habitants. Touchant à l'Iran, à l'Asie centrale soviétique et même à la Chine par le pédoncule du Wakhan, il constitue une zone complexe où viennent se rencontrer des domaines apparentés, bien que nettement différenciés. Les principaux de ces domaines sont le massif iranien à l'Ouest, la dépression turkestanaise au Nord, la chaîne beloutche et le moule indo-gondwanien au Sud et à l'Est, le Pamir, le Karakorum et l'Himalaya au Nord-Est. La grande ligne de partage des eaux asiatiques, séparant les bassins de l'Amou-Daria et de l'Indus, traverse l'Afghanistan d'Est en Ouest. L'élément principal du relief est constitué par l'énorme massif de l'Hindou-Kouch, s'élevant de 500 à plus de 7.500 m, qui descend du Nord-Est et se prolonge vers l'Ouest et vers le Sud-Ouest par les chaînons bordant le Turkestan au Sud ou traversant

l'Afghanistan central (Hazaradjat). Le Nord et le Sud du pays s'enfoncent sous les plaines plus ou moins désertiques du Turkestan central ou du Sistan. Le drainage est assuré, vers le Nord-Ouest, par le fleuve frontière, l'Amou-Daria et par le Hari-Roud qui coule d'Est en Ouest en territoire afghan; vers le Sud-Ouest, par l'Hilmend qui va se perdre dans les marais du Hamoun-e-Hilmend et à l'Est par les cours conjoints du Pendjir et du Kaboul allant rejoindre l'Indus. La position centrale de l'Afghanistan et la possibilité de le traverser par des pistes chamelières, empruntant souvent des cols ou des défilés escarpés, en a fait, depuis la mémorable campagne d'Alexandre, un objet de convoitise pour ses voisins, mais l'âme élevée et la valeur guerrière de son peuple ont su préserver son originalité, notamment au cours du XIXe siècle, en faisant un pays particulièrement attachant ayant su conserver, tout en les adaptant progressivement au monde moderne, ses valeurs ancestrales. Les recherches scientifiques, notam-

ment dans le champ de la géologie, n'ont pu y commencer qu'assez tard.

La première reconnaissance a été effectuée par C.L. Griesbach au cours de l'avant-dernière décennie du XIXe siècle, grâce à l'adjonction de ce géologue à la Commission de délimitation des frontières. La première étude détaillée a été réalisée en 1911 par un autre géologue du Service géologique des Indes, H.H. Hayden, venu étudier les mines de charbon de la région de Saighan dans le Sud du Turkestan, à la demande de l'Emir Habiboullah.

Sous le règne du fils de celui-ci, l'Emir Amanoullah, le pays devait commencer à s'ouvrir aux étrangers. Cette politique devait être poursuivie et largement amplifiée sous les règnes de Nader Chah et de son fils S.M. Zaher Chah, souverain actuel, qui donne une puissante impulsion à l'Afghanistan, notamment dans le domaine de la recherche scientifique, conduite dans une large et amicale coopération entre les autorités afghanes et les missions étrangères.

Quelques pionniers

Le premier géologue français ayant travaillé en Afghanistan a été R. Furon, dans les années 1922-1924, où il a étudié dans des conditions épiques l'extrémité occidentale de l'Hindou-Kouch. En 1937, H. de Cirancourt, accompagné de sa femme et de H. Vautrin effectuait un voyage circulaire de reconnaissance pétrolière en rapportant des vues intéressantes et du matériel paléontologique.

L'arrivée de G. Mennesier à Kaboul en 1958, qui devait y rester jusqu'en 1961, marquait de nouveau la présence française. Débutant un travail de terrain systématique dans la région de Kaboul, il devait utiliser successivement la vieille carte anglaise « *Quarter inch to a mile* », puis les nouvelles photographies aériennes, base de la carte régulière de l'Afghanistan au 50 000e entièrement achevée depuis plusieurs années et en cours de perfectionnement par l'Institut cartographique d'Afghanistan. A. F. de Lapparent, venu le rejoindre en 1961, effectuait une série de missions jusqu'en 1965.

A cette date, le bilan très favorable des travaux de ces pionniers conduisait à l'idée de créer un organisme de recherche scientifique français en Afghanistan, plus étroit et plus diversifié, étant donné l'immensité du champ, la multitude et la complexité des problèmes scientifiques dans ce pays pratiquement inconnu. De cette idée devait sortir la création par le C.N.R.S. de la R.C.P. 44 « Mission géologique en Afghanistan et études connexes » qui devait durer de 1966 à 1971, puis de la « R.C.P. 274 » Géologie, écologie et morphologie de l'Hindou-Kouch créée en 1972. La première formation comprenait des géologues, des botanistes et des géographes ; la deuxième étant réduite, au moins pour sa première année, aux seuls géologues.

La R.C.P. 44 arrivait à un moment particulièrement opportun pour affirmer en Afghanistan la présence scientifique de la France, la Mission géologique de la République fédérale allemande installée en 1968 voyant poindre son terme, tandis que les géologues soviétiques de Technoexport travaillaient le secteur pétrolier du Nord ou songeaient à lever une carte géologique au 250 000e. Dès son arrivée, la R.C.P. 44 devait jouir de l'appui des autorités afghanes, notamment de leurs Excellences les Premiers Ministres, le Ministre des mines et de l'industrie et le Ministre de l'agriculture. Je dois souligner avec le plus grand plaisir l'aide inestimable de MM. Saïd Hachem Mirzad, président des mines et de la géologie, Mohamed Din Yakubi, président de l'Institut cartographique et de Hamad Raffik, vice-ministre de



Terrain de conglomerats quaternaires anciens décapé par l'érosion en bandes latérales, dominant des schistes à interstratifications calcaires de la série tertiaire inférieure de Baklan dans l'Est de l'Afghanistan (provincer de Paktia entre Spind Dzumai et Ali-Khel).

l'agriculture ainsi que l'appui très important de S. Crawan Farahdi ancien secrétaire général du gouvernement afghan. Le support de l'ambassade de France fut toujours prodigue à la mission. L'aide de nombreux jeunes ingénieurs-géologues ou ingénieurs agronomes afghans lui a été infiniment précieuse sur le terrain. En retour, il leur a été possible de se perfectionner et, pour certains, d'entreprendre des stages en France, notamment de cartographie géologique à la faculté des sciences d'Amiens.

L'Afghanistan étant aussi vaste que complexe, il est apparu dès l'abord nécessaire de définir un champ d'étude dont le point de départ étaient les travaux déjà effectués par G. Mennesier et A.F. de Lapparent. Ceci a conduit à sélectionner, d'une part la partie nord-orientale de l'Hazaradjat et d'autre part la portion de chaîne bédouche lui faisant face, ces domaines très différents étant en contact par la grande faille de décrochement d'Argahandi. Un certain nombre de reconnaissances en dehors de ces zones ont alors été prévues dans l'Hindou-Kouch, le Turkestan et l'Hazaradjat afin d'éclairer certains problèmes. En dehors de celles-ci, la base de travail a été le levé au 50 000e de secteurs clés, généralement étendus, afin de pallier les défauts souvent rédhibitoires des levés de reconnaissance au 250 000e, tous les levés s'appuyant sur une étude photogéologique poussée.

Dans toute la mesure du possible, les études géographiques, pédologiques ou botaniques, notamment la cartographie du tapis végétal, ont été axées sur des régions géologiquement étudiées afin de réaliser une complémentarité aussi bonne que possible, sans évidemment pour la biologie animale qui n'a pas encore été abordée. D'excellentes études pluridisciplinaires ont pu notamment être effectuées dans la vallée du Logar (géologie - biologie végétale - pédologie - morphologie - géographie humaine) ou dans le bassin de Batman avec les mêmes disciplines. La chaîne d'Altamur entre Ghazni et

le Safed-Koh a été traitée également sous l'angle de la géologie et du tapis végétal.

Dans les quelques pages qui vont suivre, il n'est évidemment pas possible de rendre entièrement compte des zones ou des itinéraires explorés ni de donner même brièvement l'essentiel des résultats obtenus. On devra se borner à évoquer ici et là tel problème important, afin d'essayer de faire transparente au travers des travaux de ces R.C.P. une image fragmentaire certes, mais attachante de l'Afghanistan.

Comme les travaux ont souvent été conduits en commun, j'aimerais citer les différentes équipes qui ont participé ou participent aux recherches ; notamment l'Institut de géologie Albert de Lapparent à Paris (Prof. A.F. de Lapparent et P. Boudet), le laboratoire de géologie de la faculté des sciences d'Amiens (Prof. Mennesier) et le laboratoire de géologie historique de l'Université de Paris VI (Prof. Lucas) pour la géologie. La biologie végétale est représentée par l'Institut du tapis végétal de Toulouse (Prof. Gausson et Prof. Legris) et son antenne à Kaboul (M. P. Lalande, Mission du Tapis végétal en Afghanistan), ainsi que par le laboratoire de botanique de la faculté de pharmacie de Nancy (Prof. Pelt) et l'école nationale d'agriculture de Montpellier (Prof. Gales). Les géographes relèvent de l'Institut de géographie de Paris (Prof. Bilot, Dresch et de Planhol). Les recherches pédologiques ont été conduites par M. Piax, directeur de recherche à l'O.R.S.T.O.M. Les R.C.P. 44 et 274 ont également apporté leur aide à d'autres missions françaises en Afghanistan, notamment à celle de minéralogie du Prof. Wyart, à celle de biologie animale de M. Pujet (laboratoire de recherche sur les toxiques de Toulouse, Prof. Cuzinelle) ou de M. Dupaigne (Musée de l'Homme à Paris) sans oublier la collaboration fructueuse établie en Afghanistan avec la mission du tapis végétal à Kaboul qui assure le stockage du matériel et des véhicules pendant la mauvaise saison.

La géologie

L'Afghanistan est parcouru par deux vieux axes cristallophyliens précambriens. L'un, Est-Ouest, traverse latitudinalement tout le pays d'Hérat au Safed-Koh, en passant par les vallées du Hari-Roud, du Ghorbend et du Kaboul inférieur et correspond aux vieilles montagnes des Afghaniens. L'autre, orienté Nord-Sud-Ouest, un peu plus récent puisqu'il disloque le premier près de Kaboul, forme l'essentiel de l'Hindou-Kouch et va se prolonger dans l'Hazaradjat (Ghaznévides).

Au Nord-Ouest de l'A ainsi formé s'étend le bassin sédimentaire du Turkestan où le rameau septentrional (alpidique) de la chaîne alpine s'amortit en plis assez peu accentués et espacés, d'abord Est-Ouest, puis se contournant pour remonter vers le Nord-Est en direction des plissements alpins du Sinkiang.

Au Sud-Est, s'étendent les festons beloutches du rameau méridional alpin (dinarique) qui contournent tout l'Afghanistan où ils pénètrent partiellement pour aller se raccorder, au Nord-Est, à l'Himalaya. Très fortement plissés, ils présentent des caractères géosynclinaux (séries subsidentes très épaisses de type schisto-ophiolitique ou flysch). Au Sud-Ouest de l'A s'étale le massif de l'Hazaradjat, *Zwischengebirge* caractérisé par ses séries de type de paraplatforme (ou de parageosynclinal) se terminant avec le crétacé moyen marqué par une phase de plissements jurassiques inconnue ailleurs et par une phase majeure vers l'oligocène, avec un plutonisme et un magmatisme très poussé.

Domaine beloutche

G. Mennessier a abordé son étude dans le fossé de Kaboul puis l'a poursuivie en direction du Sud-Est jusqu'à la frontière. Il a été ainsi possible de définir des zones sédimentaires ou tectoniques différenciées. Du Nord-Ouest au Sud-Est, on rencontre les zones suivantes :

- zone de Kaboul caractérisée par un socle métamorphique précambrien plissé en deux temps, avec d'abord chevauchement souple vers le Sud (Afghaniens) puis dislocations transversales (Ghaznévides) ; série calcaire permo-crétacée discordante de Kinguil, série ophiolitique de Kotagah avec épanchements de péridotites crétacée-terminale - paléocène ; éocène moyen à nummulites discordant ; néogène continental discordant également. La tectonique y est essentiellement postlutétienne et antémiocène et se module sur les déformations du socle ;

- zone d'Arzao où s'intercale un puissant flysch rouge discordant allant du sparnacien au lutétien inférieur ;

- zone d'Altimour charriée vers le Nord-Ouest, après plissement serré,

où l'on distingue une unité inférieure — la dorsale calcaire — correspondant à une ancienne cordillère ayant affecté dès le crétacé la série permo-crétacée d'Altimour, et passant au Nord de celle de Kinguil et d'autre part une unité supérieure due de Zoundikhel. Celle-ci se caractérise par une série schisto-ophiolitique montant du Trias au crétacé supérieur, un éocène conglomératique, calcaire ou de type flysch haché de discordance et des séries continentales probablement oligocènes pour l'un et néogène pour l'autre, avec une phase majeure postlutétienne ayant vu la mise en place de la nappe d'Altimour ;

Hazaradjat

Les terrains les plus profonds ont été abordés par J. Blaise au Sud-Ouest de la capitale. Il a étudié ainsi la zone cristallophylienne Est-Ouest de Maidan, les axes granitiques et métamorphiques situés plus au Nord, ceux de Wardak situés plus au Sud, ainsi que leurs enveloppes sédimentaires jusqu'au col d'Unaf. Une étroite bande de socle antépaléozoïque a été mise en évidence dans les prolongements occidentaux de la zone de Maidan. Cette bande existait dès le Précambrien en séparant deux séries distinctes du socle, puis a joué le rôle de cordillère au Paléozoïque inférieur.



Barrière nord de la plaine de Herat avec la falaise où est taillé le grand Bouddha : ainsi que de très nombreuses cellules troglodytiques ou habitées les moines. Bamiyan, avant la conquête musulmane, était le principal centre bouddhique de l'Afghanistan.



Paysage caractéristique de vastes plaines arides, dans le Sud-Est de l'Afghanistan près du Khost, avec ses alignements de cônes de déjection quaternaires coniques à la végétation herbacée clairsemée. Au milieu du cliché, en bas, c'est-à-dire une plaine plus ou moins désertique.

- zone de Khost où le flysch éocène passe à des schistes très épais et où la série schisto-ophiolitique précédente est remplacée à sa base par des alternances calcaréo-gréseuses. Dans cette zone ainsi que dans la précédente, le volcanisme ophiolitique est surtout d'âge turonien. G. Mennessier a en particulier étudié l'essentiel de la chaîne d'Altimour qui s'étend en travers du fossé de Kaboul, de Ghazni au Safed-Koh. J. Dupuis a commencé l'étude de son extrémité occidentale entre Ghazni et Garder et P. Broquet a participé à des reconnaissances dans la région de Khost.

Elle a servi enfin de zone de cisaillement et de montée thermique pendant et après les plissements de la série paléozoïque, son activité cessant au miocène inférieur. J. Blaise a pu suivre le passage des séries métamorphiques paléozoïques, principalement schisteuses, aux séries fossilifères étudiées plus à l'Ouest par R. Desparmet et a pu mettre en évidence les stades suivants : première granitisation avec genèse de gneiss migmatitiques de type embréchitique, métamorphisation mésozonale des schistes paléozoïques ; mise en place de granites à amphiboles débordant les migmatites ; dévelop-



Vue de la bordure méridionale du bassin de Bamian entourée avec les crêtes quartaires descendantes des hautes crêtes du Koh-e-Baba.

pement d'importantes ceintures de métamorphisme à montées pegmatitiques linéaires, accompagnées du métamorphisme des schistes jusqu'à la zone à sillimanite avec granitisation locale sous forme de gneiss granitiques, de la remobilisation des granites du premier stade et de la transformation des granites à amphiboles en orthogneiss.

Les terrains sédimentaires ont fait l'objet d'études de J. Bouteire, R. Desparmet et C. Montenat. Le premier a étudié à l'Ouest de Ghazni une épaisse série marine paléozoïque allant du Silurien jusqu'au Permien, atteignant 4 000 m, et conservée dans l'anticlinorium de Nawar orienté Nord-Nord-Est-Sud-Sud-Ouest. La série étudiée par R. Desparmet dans la région du col d'Unal comporte de bas en haut, au-dessus de vieux gneiss, à Cruziana, des couches calcaires - schistes - gréseuses, rapportées au Cambro-Trémadocien; un Ordovicien débutant par des grès et se continuant par des schistes avec les premiers Graptolithes trouvés en Afghanistan; un Silurien schistocalcaire; un Dévonien discordant cartographiquement comprenant un conglomérat de base puis des dolomies, des calcaires à Polypterus et des grauwackes, puis des schistes; un Carbonifère surtout schisteux avec des grauwackes et enfin un Permien calcaire. C. Montenat en compagnie de R. Desparmet a étudié dans la région de Terak-Kajao Beh Sud un très beau permien à Fusulines, discordant par place, et a pu montrer que suivant les points, tel ou tel terme du Paléozoïque pouvait être discordant sur le socle cristallophyllien, soulignant ainsi le jeu de mouvements épirogéniques ayant engendré une paléogéographie très variée.

Des formations molassiques néogènes ont été étudiées par J. Lang dans les bassins intramontagneux de l'Afghanistan central qui s'alignent d'Ouest en Est et notamment ceux de Ghorbend, de Bamian, de Nalak et de Yakoulang. Dans celui de Bamian, il a pu mettre en évidence une série de formations néogènes (formation calcaire-schisteuse de Dokani; conglomérats rouges de la formation de Zoak;

conglomérats et cinérites de Qal'ach; formation gréseuse et conglomératique des boudhas; formation grés-argilo-calcaire de Ghulghola à Vertèbres sarmatiens; formation de Khwajagar horizontale et discordante, formée de travertins, de conglomérats et de grès et enfin six niveaux de terrasses. A partir de la stratigraphie des différents bassins, il a pu mettre en évidence les mouvements des chaînes bordières, notamment du massif du Koh-e-Daba au Sud et apporter une intéressante contribution au mécanisme de ces bassins.

La bordure septentrionale du bassin de Bamian, en limite du Turkestan, a été étudiée par E. Boudyx. Elle est constituée par une chaîne Est-Ouest dont le tréfond est constitué par des séries métamorphiques faisant partie des Afghanides. Au-dessus se développe un beau Permien discordant à Fusulines supportant en discordance un Crétacé supérieur marno-calcaire peu plissé, recouvert par du Paléocène. Plus à l'Est, J. Boulin a examiné la transversale du Salang où l'on voit les directions Nord-Est-Sud-Ouest de l'Hindou-Kouch venir s'infléchir en direction Est-Ouest pour se raccorder aux Afghanides. L'Hindou-Kouch est constitué par la série métamorphique du Salang comprenant probablement du Silurien grano-dioritise avant le dépôt de calcaires permo-carbonifères de la série de Khinjan. L'ensemble a été ensuite granitisé vers 200 millions d'années par le granite du Salang. Les socles de la série du Salang se montrent plus au Sud dans les vallées du Pendjeh et du Ghorbend. Vers le Nord, le massif du Salang s'ennoie sous les formations triasiques et jurassiques de la région de Doab-Sai-Ghan parcourue autrefois par H. Hayden et R. Furon.

A.F. de Lapparent a parcouru de très nombreux itinéraires, qui ont apporté des éléments géologiques ou paléontologiques très importants. Il est impossible de tous les résumer. De nombreuses courses ont été effectuées au travers de l'Hazaradjat; région de Ghuk, Jam et Zindajan autour d'Hérat où s'observe un très beau Dévonien fossilifère; région de Ahatu Chellah et de Mokor dans le Sud-Est de l'Haza-

radjat avec étude d'une série triasico-crétacée inférieure granitisée et découverte du Permien à Fusulines au col de Chamarak, ainsi que du Riphean à stromatolithes à Chakjoy (Permien inférieur de Khwajan dans des conditions d'accès très difficiles); étude du site archéologique d'Al Khanoum sur l'Amou-Daria; itinéraires au travers du Turkestan notamment dans la région de Maimana et du Band-e-Turkestan.

De leur côté P. Bordet et A. Bouteire ont traversé les séries cristallophylliennes de l'Hindou-Kouch par le col d'Andjouman à partir du gisement de lapis-lazuli de Sar-e-Sang qu'ils ont étudié.

Au cours des études géologiques de très nombreuses observations morphologiques ou paléomorphologiques ont été effectuées notamment par A.F. de Lapparent et G. Mennessier. V. Balland a commencé l'étude du grand sillon qui longe la faille d'Arghandi de Kaboul à Kandahar.

Les volcans

Des manifestations volcaniques récentes ont été étudiées en Afghanistan par P. Bordet et A. Bouteire dans la région du Dacht-e-Nawar près de Ghazni et au Nord de Bamian par P. Bordet, J. Lang, A.F. de Lapparent et E. Boudyx. Le premier complexe, le plus important, comporte des volcans culminant à 4 559 m et entourant la dépression marécageuse du Dacht-e-Nawar; au Nord le Doni Yarchi, à l'Est les volcans du Kotal-e-Reg et du Qaghkusta, au Sud-Est les volcans de Barik et au Sud ceux de Sewak, Ghiftu et Khut. Les volcans se répartissent en volcans centraux larges de 30 km et haut de 2 500 m, en volcans plus petits avec caldeiras d'effondrement, et en extrusions autonomes. Ils ont été alimentés par un magma à peu près constant trachytique ou trachyandésitique et ont suivi une évolution analogue. Ils comportent en effet une formation de base tufacée, puis une formation de type *ash flow* très homogène couffée par une brèche vitreuse épaisse de quelques mètres formant dalle. Au dessus de celle-ci se développe une formation de brèches d'explosion. Il est probable que le cycle éruptif s'est terminé dès la mise en place de dômes extrusifs centraux.

Les sols afghans

La rareté de la végétation et l'érosion intense qui en a résulté ont eu pour effet de donner une importance très grande aux sols cultivables en Afghanistan. Ce problème ayant été à peine abordé jusqu'à présent, J. Pias lui a consacré plusieurs missions très riches en résultats qui ne peuvent être que très brièvement rapportés ici.

Une série de bassins ou de fractions de bassins versants, considérés comme des unités géomorphologiques représentatives de régions géographiquement et climatologiquement différentes ont été d'abord sélectionnées suivant une transversale Nord-Sud en Afghanistan oriental : bassin des rivières de Khanabad et de Koundouz dans la région de Koundouz, bassin du Logar au Sud de Kaboul, bassin du Kaboul autour de Djellalabad, bassin versant près de Kandahar. Des études complémentaires ont porté sur le bassin de Bâmian en Afghanistan central, sur la transversale Est-Ouest Kaboul-Tchercheran-Hérat et sur la vallée d'Azrao et le Paktia dans l'Est de l'Afghanistan. Chaque unité a fait l'objet d'une esquisse de cartographie pédologique au 100 000e sur laquelle sont portés les différents types de sols observés. Ces travaux ont permis de définir les grands types de sols dans chacune de ces régions et de découvrir des loess, non encore signalés en dehors de ceux du Turkestan. Ces loess, souvent remaniés par l'eau, prennent une extension considérable en Afghanistan et ont un intérêt agricole indéniable puisqu'ils représentent la majorité des terres fertiles du pays. Ils ont subi des pédogénèses variées suivant leur ancienneté : sols à encroûtement calcaire, stériles, sur les loess les plus anciens ; sols marrons, sierozems, sols peu évolués, beaucoup plus jeunes d'excellente fertilité.

Ces études ont mis également en évidence le lessivage du calcaire et l'argile aux hautes altitudes (3 000-3 500 m). De telles pédogénèses sont responsables d'accumulations calcaires importantes (croûtes, encroûtements) trouvées entre 2 000 et 3 000 m et qui affectent soit les formations loessiques soit des nappes de conglomérats de piedmont. Ces travaux, accompagnés de mesures géochronologiques, montrent que ces accumulations calcaires sont relativement récentes et s'échelonnent entre 15 000 et 25 000 ans avant J.-C.

Le tapis végétal

Quand on parle d'Afghanistan, on évoque traditionnellement un pays presque totalement dépourvu de végétation, en dehors des vallées irriguées. Cela est généralement vrai, bien que sur la frontière orientale où vient mourir la mousson prospèrent de belles forêts, telles celles du Nouristan ou la forêt de Piwar au Sud du Safed-Koh. Dans le cadre de la R.C.P. 44, P. Lalande a cartographié le tapis végétal de nombreux secteurs à l'échelle du 50 000e et même du 30 000e. Celui du bassin du Kaboul offre un large éventail de conditions écologiques où les essences forestières forment tour à tour d'Est en Ouest un étage par lequel elles révèlent pleinement leur optimum écologique. Les étages comprennent deux étages subtropicaux sous climat méditerranéen chaud à tendance tropicale ou sub-tropicale, très développés au Pakistan et pénétrant un peu en territoire afghan (étage du *Dalbergia* 1500 en-dessous de 1 000 m, étage de l'*Acacia modesta* en-dessous de 1 300 m face au Sud). Ils comportent également un groupe de type méditerranéen et subméditerranéen : étage de l'*Olca cuspidata* au dessus du précédent ; étage très étendu du *Quercus balaot* ; étage du *Quercus dilatata* entre 2 250 et 2 750 m dans la province de Kunar ; étage du *Cedrus deodara* ; puis correspondant à un climat plus sec et moins froid : étage du *Pinus gerardiana* et enfin au-delà de la limite occidentale des étages à chêne balaot et à *P. gerardiana* : étage des pistachiers et des amandiers. On rencontre également des étages montagnards humides à *Albice webbiana* au dessus de 2 750 et au-delà des cèdres ; à *Picea morinda* correspondant à un climat un peu plus sec et à *Pinus excelsa* avec une sécheresse croissante. Des étages montagnards secs s'observent également (à genévriers arborescents, avec *Juniperus excelsa* et *J. seravachanica* : à

Festuca spodiacea et enfin à armoises. Au niveau des genévriers, on rencontre des étages à Xérophytes épineux (à *Cousinia*, à *Acantholimon*). La gamme termine avec des étages subalpins à *Quercus semicarpifolia* ou à *Juniperus communis* alpins ou nivaux. Cette brève analyse montre bien la complexité du tapis végétal afghan dont la connaissance aura beaucoup progressé lorsque les différentes cartes en cours, y compris celle des cultures, auront été publiées à des échelles allant du 30 000e au 1 000 000e.

La vigne afghane est cultivée depuis fort longtemps et donne des raisins très variés, souvent excellents, constituant une part non négligeable des exportations. P. Galet en 1967 a procédé à un examen d'ensemble du vignoble afghan. Cultivé dans des jardins et se tenant en-dessous de 2 100 à 2 300 m, il occupe plus de 37 000 ha, dont 10 000 autour de Kaboul et 15 000 près de Kandahar, sans oublier les 5 000 ha de la région d'Hérat. Les raisins sont consommés frais, notamment les célèbres *hosseini*, ou secs (*kichmichi* ou *ao-shouch*) et commencent à être employés pour la vinification, à l'usage des étrangers, la religion musulmane proscrivant la consommation de l'alcool ou du vin. La vigne donne de véritables arbrisseaux taillés très spécialement en gobelets à bras nombreux (5 à 15 coursons) avec 2 à 7 yeux francs, à raison de 500 à 1 300 pieds à l'hectare. La vigne est de terrain plat et irrigué à Kaboul, tandis qu'à Kandahar elle est conduite sur des talus de terre à section de triangle rectangle, étant plantée sur l'hypothénuse dans un fossé irrigable. P. Galet a constitué une importante collection d'encépagements (plusieurs centaines de variétés, dont 75 importantes), étudié les parasites où seul l'*Oidium* est dangereux et les différents problèmes soulevés par l'amélioration et l'accroissement de la production.

L'Afghanistan a été une terre d'élection pour la récolte des plantes médicinales et leur utilisation empirique. Aussi l'équipe de la faculté de pharmacie de Nancy dirigée par J.-M. Pelt s'y est-elle attachée, tantôt chez les guérisseurs ou au fond des ruelles obscures des bazars, tantôt au grand soleil. Ainsi D. Notter à Mazar-e-Cherif, Koundouz, Kandahar, Hérat, Kholm, Okhmo et Faixabad a-t-il pu recueillir plus de quatre cents noms de drogues dont au moins 350 dénominations effectivement différentes, 177 échantillons et identifier 188 drogues.

La végétation halophile a fait l'objet d'études phytosociologiques et écologiques sur les bords de l'Amou-Daria, dans la vallée de Hajar, ou dans le Sud-Est sur les bords du lac Ab-e-Istada, tandis que la végétation des travertins était examinée sur les bords des lacs



Lacs de Bamiân-Amar en Afghanistan central, à l'Ouest de Bâmian. Ces lacs installés dans une vallée asséchée dans les années et les vallées du Céleste supérieur sont soulevés par des barrières de travertins. Ces roches dans la grotte des algues ont joué un grand rôle, tapissant également le fond des lacs dans les eaux sont d'un bleu intense.

de Dand-é-Amir en Afghanistan central (travaux de J.-M. Pelt, de J.-C. Hayon, de G. Kilbertus).

La même équipe a examiné la phytogéographie comparée sur les deux flancs de l'Hindou-Kouch occidental, de part et d'autre du col du Salang sur la Route du Nord. Des récoltes importantes ont été effectuées en 1968 par J.-C. Fohlen et en 1971 par M. Charras et B. Danguen. Au laboratoire, plusieurs espèces de plantes médicinales afghanes ont été étudiées sous l'angle de la pharmacodynamie, dont *Perovskia abrotanoides*, *Ziziphora afghanica*, *Origanum glaucum* et *Salvia rhitidea*. L'essence d'origan, riche en carvacrol, paraît très toxique pour les populations bactériennes et fongiques. G. Kilbertus s'est particulièrement intéressé aux muscinées et au contenu microbiologique ou algal des eaux du Kaboul.

Géographie humaine

Comme dans le domaine de la géographie physique l'Afghanistan reste à l'heure actuelle l'un des pays du monde le plus mal connu quant à la géographie humaine. Sur certains secteurs, tel l'énorme massif de l'Hindou-Kouch ou les chaînes sud-orientales, pratiquement rien n'a été publié depuis les récits des voyageurs du XIX^e siècle. S'il est vrai que leurs observations sont pleines d'intérêt, il est non moins évident qu'elles restent pas trop lacunaires et ne sont plus guère d'actualité.

Pour y pallier, ont été entreprises les recherches de P. Gentelle, puis celles de D. Balland. Le premier s'est particulièrement intéressé aux zones de piedmont irriguées. Il a ainsi examiné les populations agricoles sédentaires de la vaste plaine de Kohistan au Nord de la capitale, où le blé, le maïs sont largement cultivés ainsi que les vergers et les vignobles, grâce aux canaux d'irrigation dérivés du Pendjir et du Ghorband. A titre de comparaison il a étudié l'« oasis » de Tachkurghan au débouché d'une petite rivière dans la plaine du Turkestan. D. Balland s'est consacré aux montagnards sédentaires de l'Afghanistan oriental d'origine pachtout qui mettent en œuvre une agriculture plus rudimentaire que celle des Tadjiks dans le Nord-Est de l'Afghanistan. Les problèmes les plus intéressants sont les relations des communautés sédentaires entre elles et celles avec les nomades. Les premières se posent à la fois sur le plan temporel (phénomènes d'acclimatation réciproque) et sur le plan spatial (essentiellement rapports villes-campagnes). Les secondes se situent sous l'angle génétique (nomades sédentarisés, processus, causes et conséquences de la sédentarisation) et sur le plan économique, l'Afghanistan étant l'un des derniers pays au monde où le nomade

conservé un caractère commercial important. D. Balland a ainsi pu séjourner longtemps dans la vallée du Logar et les vallées de Tcharqala, de Torgan et de Kakiak à l'Ouest de Ghazni. Dans ces dernières vallées l'aval est tenu par des pachtous issus de l'Est, l'amont par des Hazaras d'ethnie mongole et le centre par des Kataghans venus du Nord au XVIII^e siècle, cette diversité soulignant bien la complexité de la question.

X. de Planhol a étudié le problème de la « frontière turkmène » dans le Badghis, province du Nord-Ouest comprise entre le Hari-Roud et le Mourghab. Très prospère avant l'invasion mongole, cette province avait beaucoup regagné et il était intéressant d'examiner le nouvel essor humain de la région et la part prise depuis un siècle par des pachtous venus du SE. Les différentes populations se différencient par leur genre de vie et leur semi-nomadisme d'autant plus accentué que leur arrivée est récente. Les courants de peuplements et le développement des villes de Qala Nao et de Bala Murghab ont été analysés.

L'évocation d'un certain nombre des problèmes abordés montre bien la diversité et l'intérêt des recherches scientifiques en Afghanistan. Il faut souhaiter que la France y maintienne sa place et si possible l'augmente. Les matériaux récoltés ont été fréquemment communiqués à des spécialistes français ou étrangers et ont donné lieu à des publications qui se sont ajoutées et s'ajouteront à la centaine de travaux déjà publiés par les chercheurs français en Afghanistan depuis 1966. Les bryozoaires et les brachiopodes permien ainsi que des goniatites carbonifères ont été étudiés par H. et G. Termier, les fusulines par M. Lys et M. Kaever; les cératites par M. Collignon; les brachiopodes dévoniens par D. Brice et les foraminifères du domaine hélouche par M. Kaever, pour ne citer que les principaux groupes.

L'essentiel des collections paléontologiques et géologiques se trouve conservé à l'Institut de géologie Albert de Lapparent à Paris et à la faculté des sciences d'Amiens, sans oublier le laboratoire de géologie historique à l'Université de Paris VI. En ce qui concerne les plantes, le très important herbier de P. Lalande se trouve toujours à Kaboul, tandis que de nombreux échantillons, notamment de plantes médicinales, sont au laboratoire de botanique de la faculté de pharmacie de Nancy. Par ailleurs, les R.C.P. 44 et 274 ont constitué une importante carthothèque doublée d'une photothèque dont les différents éléments se trouvent répartis chez les chercheurs qui en ont toujours l'emploi.

Guy MENNESSIER

Responsable des R.C.P. 44 et 274



Végétation de cèdres et de genévriers à l'Est du Povar, sur le flanc oriental de la chaîne d'Afghanistan, là où la forêt commence à se clarifier avant de disparaître en quelques kilomètres. La série schisteuse de Roklan, riche en radiolarites rouges, forme le substratum.

Bibliographie

G. Mennessier, Etude tectonique des montagnes de la région de Kaboul (Afghanistan). Notes et Mém. Moyen Orient, t. IX, 1968.

D. Brice, Etude paléontologique et stratigraphique du Dévonien de l'Afghanistan. Notes et Mém. Moyen Orient, t. XI, 1970.

M. Lys et A.F. de Lapparent, Les Foraminifères et les microfossiles du Permien d'Afghanistan. Notes et Mém. Moyen Orient, t. XII, 1972.

H. et G. Termier, Bryozoaires paléozoïques d'Afghanistan. Doc. Lab. Géol. Lyon, 1971.

Le prochain fascicule de la revue de géographie physique et de géologie dynamique sera consacré aux travaux péologiques, géographiques et pédologiques de la R.C.P. 44 en Afghanistan, avec une série d'articles, accompagnés d'une bibliographie complète des publications géologiques françaises sur l'Afghanistan.

P. Lalande, Généralités sur la végétation du Safed Koh et de son prolongement oriental. Trav. Lab. forest. Toulouse, t. IV, vol. III, Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, t. 103, p. 297, 1967.

P. Lalande, Généralités sur la végétation du bassin du Kaboul en Afghanistan. Trav. Lab. forest. Toulouse, t. V, vol. III, 1968.

P. Galet, Rapport sur la viticulture en Afghanistan. I. La viticulture en Afghanistan. II. Ampélographie. Zeitschrift, Band 8, p. 114 et Band 9, p. 15, 1969-1970.

J.C. Hayon, J.M. Pelt et C. Younos, Les formations végétales de la moyenne vallée du Kaboul et des massifs montagneux du Nouristan (Afghanistan). Végétation, vol. XX, fasc. 5-6, p. 279, 1970.

De nombreuses cartes géologiques au 1:50 000, ainsi que des cartes du Tapis végétal à la même échelle, ont été levées et seront publiées ultérieurement.

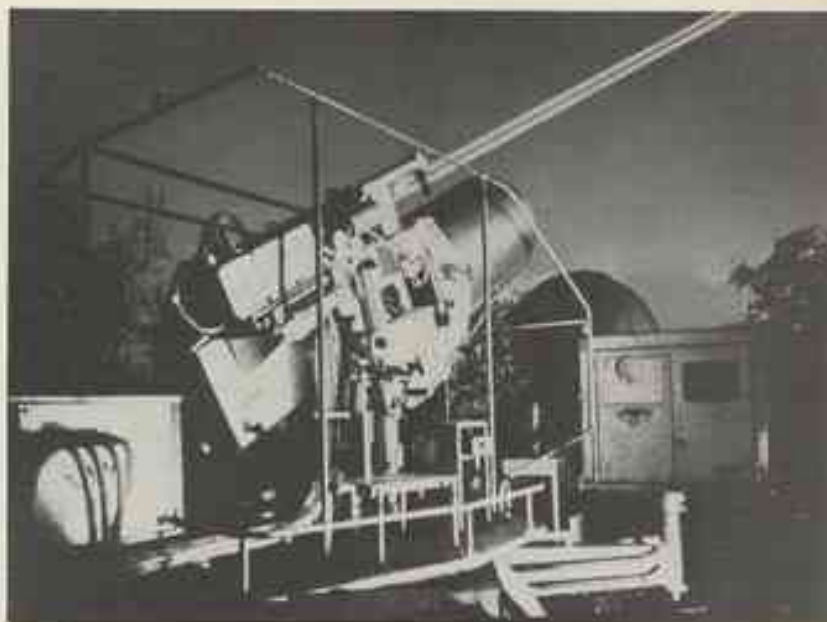
LES A.T.P. DE L'I.N.A.G.

La commission de la recherche pour le VI^e Plan a retenu, dans le domaine d'intervention de l'I.N.A.G., deux grands thèmes devant faire l'objet d'A.T.P. Ces thèmes portent sur des secteurs caractérisés par de grandes échelles de temps, ce qui implique pour chacun d'eux, une continuité certaine des efforts. Ils ont d'ailleurs déjà bénéficié durant le VI^e Plan d'actions partielles, souvent d'un caractère préparatoire, de la part de l'I.N.A.G. (sous forme d'opérations moyennes), du C.N.R.S. (sous forme de R.C.P.) et d'organismes extérieurs. Les objectifs étaient donc au départ bien définis. La formule A.T.P., mieux adaptée que les formules antérieures aux recherches interdisciplinaires d'importance, a semblé ici bien convenir pour renforcer et amplifier des efforts dans des secteurs nécessitant par nature une importante coordination.

L'A.T.P. "Astrométrie et Géodésie"

L'astronomie de position s'est développée dans notre pays dans des observatoires créés au centre ou au voisinage immédiat de grandes villes universitaires (Besançon, Bordeaux, Lyon, Nice, Paris, Strasbourg, Toulouse). La pollution croissante des ciels urbains et l'augmentation de leur luminosité nocturne interdisent de nos jours nombre de développements dans ces sites, en particulier l'installation de grands télescopes astrométriques ou de méridiens photoélectriques, voire toute activité astrométrique. Les cercles méridiens des observatoires de Lyon, Nice, Strasbourg et Toulouse ont de fait cessé tout service. Cette dégradation de la situation dans ce domaine fondamental a conduit les astronomes à demander l'inscription au VI^e Plan d'un « observatoire astrométrique » situé dans un site favorable et destiné à devenir le principal centre d'observation dans le domaine de l'astronomie de position.

Une campagne de recherche de sites a donc été commencée en 1965, avec l'aide du C.N.R.S. puis celle de l'I.N.A.G. L'accent était mis sur un certain isolement, sur le nombre annuel d'heures utilisables, et surtout sur l'isotropie et la stabilité des effets de réfraction atmosphérique. Ce dernier critère, fort différent de ceux réclamés au premier chef par les astrophysiciens, a conduit en 1970 au choix du plateau de Calern, à 1 300 m d'altitude, situé à 10 km environ au Nord de Grasse.



*Un laser astrométrique.
Ce laser émette un faisceau à rétrodiffusé qui est alors photographié par un télescope. (Station laser C.N.R.S.-I.N.A.G. Observatoire de Haute-Provence).*

A l'époque même où se déroulait la campagne de prospection dont il vient d'être question, la télémétrie laser, appliquée aux mouvements des satellites artificiels et à ceux de la lune, faisait son apparition et démontrait ses étonnantes potentialités. C'est ainsi que les distances d'un point de la Terre à un point de la Lune (par exemple citaphotes français déposés par la sonde soviétique Luna 17) ou à un satellite artificiel sont désormais mesurées avec une précision de l'ordre du mètre, et l'on espère gagner avec prochainement une nouvelle décimale.

L'astronomie de position classique et la nouvelle « géodynamique spatiale » qui se proposent toutes deux d'étudier les mouvements des corps célestes, les uns lointains, les autres proches, dans un système de référence qui se veut aussi absolu que possible, apparaissent dès lors comme complémentaires. Toutes deux sont en particulier astreintes à une connaissance aussi précise que possible des mouvements terrestres de « plate-forme », les uns déjà bien étudiés par l'astronomie de position (irrégularité de la rotation de la Terre, mouvement de ses pôles), les autres plus facilement accessibles à la géodésie spatiale (dérive des continents, marées terrestres) voire à des techniques géo-

physiques (gravimétrie, climétrie). Cette complémentarité des objectifs de l'astronomie fondamentale et de la géodynamique (au sens des astronomes) basée sur la géodésie spatiale, ainsi que l'identité de nombre de leurs préoccupations, ont ainsi conduit les astronomes classiques et géodynamiciens, lors de la préparation du VI^e Plan, à proposer la révision de la conception initiale de l'observatoire astrométrique et d'y inclure toutes les possibilités nouvelles, à commencer par celles de la géodésie spatiale, voire ultérieurement celles offertes par les méthodes d'interférométrie à long base. Ainsi est né, sous les auspices de l'I.N.A.G., le projet d'A.T.P. « Astrométrie - Géodésie ».

Cette A.T.P. se propose d'aider au développement de trois grands sujets de recherche, liés par leur assujettissement commun au problème général du système de référence :

- la géodynamique, au sens des astronomes, qui étudie la dynamique du système Terre-Lune, considérées comme des corps non rigides, ainsi que celle des satellites artificiels, en tant qu'indicateurs des forces en présence ;
- la dynamique du système solaire, comprenant l'étude du mouvement des

planètes et de leurs satellites, des petites planètes, des comètes et enfin de la Terre en tant que planète gravitant autour du Soleil :

— la dynamique des systèmes stellaires, comprenant l'étude dynamique des petits systèmes stellaires et l'étude cinématique des amas d'étoiles, de la Galaxie et des systèmes de galaxies.

Les thèmes particuliers proposés par les chercheurs concernés des observatoires astronomiques, du Bureau des Longitudes, du C.N.E.S., de l'École Polytechnique et de l'I.G.N., sont au nombre d'une quinzaine. Ils ont été étudiés par le comité scientifique de l'A.T.P. au cours de plusieurs réunions tenues à Paris et à Nice.

Le plus important, à la fois par son ampleur et par le fait qu'il résume en quelque sorte le thème général de l'A.T.P., consiste en la création d'un Centre d'Etude et de Recherches Géodynamiques et Astronomiques (C.E.R.G.A.). Ce centre unirait physiquement l'Observatoire astronomique visé par le Ve Plan et ses astronomes fondamentalistes au groupe des chercheurs français en géodésie spatiale dont on connaît le rôle important joué au cours de la campagne internationale ISAGEX. Le site retenu pour la station d'observation du C.E.R.G.A. est naturellement celui de l'Observatoire astronomique, sur le plateau de Calern. Le projet, dont la réalisation est prévue par étapes, comporte également une base scientifique ayant accès à de puissants moyens de calcul. Il est prévu que le C.E.R.G.A. abritera, en plus de l'astrolabe et de la station horaire déjà en service, nombre d'instruments nouveaux, parmi lesquels une nouvelle station de télémétrie laser sur satellites artificiels construite par le C.N.E.S. La construction d'un télémètre dit laser-lune figure également parmi les objectifs d'ores et déjà retenus par l'A.T.P.

Indiquons pour terminer que les thèmes retenus en 1972 pour cette A.T.P. ont bénéficié d'un crédit de 1,5 MF.

L'A.T.P. "Étude géodynamique de la Méditerranée occidentale et de ses abords"

La commission de la recherche pour le VI^e Plan a confié à l'I.N.A.G. la charge de mettre en œuvre une action thématique programmée « Étude géodynamique de la Méditerranée occidentale et de ses abords » dont les objectifs généraux ont été alors clairement définis :

a) obtenir une meilleure détermination des mouvements de déformation de la surface, et particulièrement de ceux qui se produisent actuellement ;

b) obtenir des informations sur les mécanismes par lesquels le manteau terrestre fournit l'énergie mécanique pour ces mouvements de surface.

La définition de ces objectifs s'accompagnait de recommandations plus précises portant sur les programmes à développer de telle sorte que, au moins pour sa phase de démarrage, le cadre d'action de cette A.T.P. s'est trouvé relativement bien dessiné : de même, l'on savait, dans l'ensemble, quelles équipes existantes ou à développer seraient en mesure d'apporter leur concours à sa réalisation.

En effet, il existe à l'échelon international un programme d'étude de l'évolution dynamique de la Terre, patronné par l'I.C.S.U. (Conseil International des Unions Scientifiques). Le programme de l'A.T.P. que nous allons exposer ci-après constitue en fait l'essentiel de la contribution française à ce projet : il est donc, pour une très large part, inspiré des recommandations des groupes de réflexion internationaux mis en place à cette occasion.

Le caractère fortement interdisciplinaire de ce thème de recherche est une des raisons pour lesquelles la formule A.T.P. a été choisie : son étude nécessite l'intervention de chercheurs de diverses branches des sciences de la terre sur un sujet commun, amorçant ou accentuant la collaboration entre géophysiciens, géochimistes et géologues et accélérant la mise en place d'une infrastructure de recherche dans le domaine longtemps négligé de la géophysique. Tout le monde connaît les difficultés rencontrées par les géophysiciens et les géologues pour entreprendre des études communes, difficultés héritées d'une situation universitaire, particulière à la France, où la formation des géologues et des géophysiciens reste encore cloisonnée. L'A.T.P. « Géodynamique » devrait contribuer à percer ces frontières.

On sait l'importance des découvertes récentes dans le domaine de l'expansion des fonds océaniques et l'hypothèse qui en est née « la tectonique des plaques ». On constate que les problèmes principaux posés par cette hypothèse concernent la nature des processus de déformation par cisaillement et compression qui accompagnent deux plaques en cours de rapprochement, c'est-à-dire les phénomènes d'orogénèse et de tectogénèse. Mais pour étudier ces phénomènes géodynamiques, il faut d'abord comprendre la nature des déformations actuelles, pour lesquelles la géophysique (sismologie et géodésie en particulier) fournit des informations essentielles. Celles-ci permettent en effet de relier les processus tectoniques actifs aux structures

profondes. Il faut ensuite savoir rattacher cette déformation actuelle aux déformations passées et c'est là principalement le rôle de la géologie et de la géochimie.

La première question est donc : « Où les déformations actuelles se produisent-elles ? Comment ? Quand le système actuel a-t-il commencé ? ». Les études de sismicité et paléosismicité, mécanismes au foyer, géodésie, intégrées dans un cadre « néotectonique » sont fondamentales. L'étude de la propagation des ondes sismiques en général, la magnétotellurique, les grands profils de sismologie expérimentale, la gravimétrie, l'étude des flux de chaleur, fournissent des indications sur les structures profondes et leurs liaisons possibles avec les structures superficielles. Ces études doivent être combinées dans des régions où l'on espère a priori qu'une telle liaison apparaîtra.

En ce qui concerne la relation entre les processus de déformation actuels et les processus qui ont été actifs dans le passé, le point important est d'identifier et d'étudier plus spécialement les clés du problème. Le but de l'A.T.P. n'est pas d'aider à compléter de manière exhaustive les études analytiques très fouillées qui existent déjà, mais d'ouvrir de nouvelles voies en explorant des thèmes de recherche nouveaux. Quelle est la nature des géosutures (contact fossiles entre plaques) et des cortèges magmatiques, plutoniques, métalloténiques, métamorphiques et sédimentaires qui leur sont associés ? Comment peut-on les délimiter ? Comment reconstituer la paléogéométrie des diverses « plaques » aux différents stades de l'évolution tectonique, et spécialement à l'éaryennien avant la distension triasique ?

Il s'agit donc de choisir des axes de recherche bien adaptés aux possibilités réelles des équipes de géophysiciens, géochimistes et géologues existant en France, et une zone d'étude qui leur soit familière par le nombre et la qualité des travaux accumulés à son sujet dans le passé ; par sa situation tectonique, cette zone devait également bien se prêter à la résolution des problèmes posés, en permettant des expériences qui aient le plus de chances de fournir les données nécessaires à la compréhension des phénomènes.

Le bassin de la Méditerranée occidentale répond à ces exigences :

De nombreuses études de géologues français ont été faites sur les chaînes qui l'entourent ainsi qu'au cours des dernières années des études géophysiques d'aéromagnétisme de plus ce bassin a une situation privilégiée à la charnière d'une zone de tension : la dorsale médio-atlantique et ses prolongements et d'une zone de compression : la zone sismique des plissements alpinohimalayens qui commencent à l'Ouest par la dorsale Açores-Gibraltar.

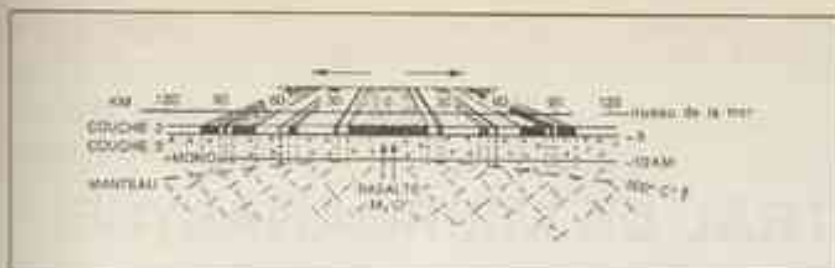


Figure 1 - Représentation schématisée d'un modèle de croûte de part et d'autre d'une dorsale. (4)ne) Les zones hachurées dans la croûte 2 sont normalement magnétiques, les zones blanches présentent un magnétisme inverse.

Enfin, un tel programme doit s'appuyer sur une coopération internationale qui, dans cette région, est rendue possible par les bonnes relations scientifiques entretenues par la France avec le Maroc, l'Espagne, le Portugal et l'Italie. Dans une première étape, les programmes suivants ont été retenus :

1 - Étude de la ligne tectonique Açores-Gibraltar et de sa terminaison (Rif, Cordillère bétique, mer d'Alboran) :

Pour ce premier thème, on prévoit des études de néotectonique s'appliquant à la période de temps qui s'est écoulée depuis la fin des serrages majeurs dans les orogènes alpins ceinturant la Méditerranée occidentale, c'est-à-dire pour ce qui est au sud de la ligne Baléares-Sardaigne, après le Miocène inférieur ; ces études font appel à une collaboration étroite entre géologues et géophysiciens :

- des études sur les accidents majeurs tels que les grandes failles de décrochement du Guadalquivir ou de l'Accident Sud Atlantique pour mettre en évidence leurs caractères structuraux, l'ampleur des déplacements relatifs et l'âge de ces déplacements. Sur le plan géophysique, ce programme implique une étude détaillée de la sismicité de la zone et des mouvements au foyer en vue de préciser la limite des plaques et leurs mouvements relatifs ; le prolongement vers l'ouest de la couverture aéromagnétique de la Méditerranée en vue de mettre en évidence les anomalies magnétiques liées à l'évolution des fonds océaniques.

Par la suite, des campagnes de sismologie expérimentale, des profils gravimétriques et des sondages électromagnétiques sont prévus dans les zones particulièrement intéressantes.

Un programme de géochimie en relation avec le volcanisme marin a été également retenu.

2 - Étude de l'évolution des bordures et du bassin de la Méditerranée occidentale.

Les programmes relatifs à l'évolution du bassin proprement dit et des bordures comportent l'étude géochimique, minéralogique et isotopique des séries évaporitiques, l'étude comparée des sédiments de mers profondes et des dépôts de flysch, les phénomènes volcaniques liés à l'ouverture du bassin, la néotectonique périphérique et, sur

le plan géophysique, des campagnes de géophysique marine, dont une partie importante est organisée par le C.N.E.X.O., et des grands profils sismiques permettant d'atteindre le manteau.

3 - Étude de l'arc tyrrhénien

L'étude de l'arc tyrrhénien est menée en coopération avec les géophysiciens et les géochimistes italiens. Elle comporte d'une part l'étude de la sismicité de l'arc et en particulier des foyers profonds, en vue de déterminer la structure de la plaque plongeante, et d'autre part l'étude géochimique des séries volcaniques.

4 - Étude du raccord Maroc (s. 1) et Amérique

Les problèmes liés à l'ouverture de l'Atlantique Nord seront étudiés sous leurs divers aspects : paléomagnétisme des roches du trias, preuves de la distension triasique, étude des chaînes hercyniennes dans les régions des deux continents en contact avant l'ouverture de l'océan et dont l'évolution conditionne celle de la Méditerranée.

Au cours des étapes suivantes, on envisage de mettre l'accent sur la région Corse-Alpes-Apennins, ainsi que d'étudier la possibilité d'exécuter, en coopération, un sondage profond sur des roches vertes en Corse ou dans les Pyrénées.

Pour être complet, il faut aussi mentionner trois programmes voisins qui n'ont été introduits dans l'A.T.P. par le groupe sectoriel de la commission de la Recherche que pour des raisons conjoncturelles. Il s'agit d'un projet de levé aéromagnétique du Massif Central français, d'un projet de développement de la géophysique du solide et d'un projet d'étude du craton africain. Il apparaît maintenant raisonnable d'individualiser ces opérations qui rompent l'unité d'action de l'A.T.P. sans pour autant bénéficier elles-mêmes, dans ce cadre spécialisé, de tout le soutien qu'elles méritent.

Les thèmes particuliers reçus par le Comité Scientifique de cette A.T.P. à la suite de larges réunions organisées à Paris et à Montpellier sont au nombre d'une vingtaine. Indiquons que la proposition de programme élaboré par le Comité Scientifique a été dotée en 1972 d'un crédit de 2,5 MF.

Pierre CHARVIN et Guy AUBERT
Directeurs Adjointes
de l'I.N.A.G.

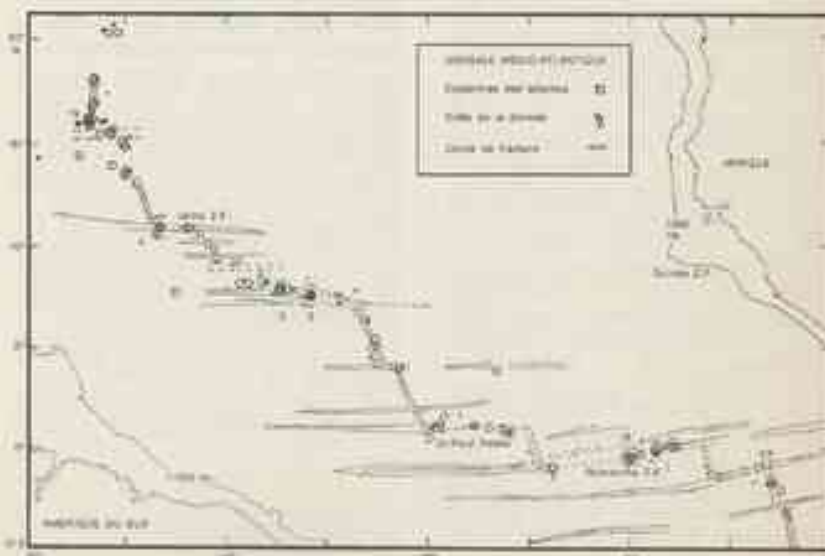


Figure 2 - Distribution des epicentres des tremblements de terre (1855-1965). (Heezen et Tharp)

SERVICE CENTRAL DE MICROANALYSE

L'article, ci-après, de M. Levy, directeur du service central de microanalyse, est le premier d'une série portant sur les « services du C.N.R.S. ».

Par la création de cette rubrique, nous voulons mieux faire connaître à nos lecteurs certains de nos laboratoires qui, tout en menant leurs propres recherches dans un domaine déterminé, mettent leurs compétences au service de tous.

La microanalyse

Définir la microanalyse est certainement rappeler une évidence pour nombre de lecteurs du *Courrier du C.N.R.S.* La méconnaissance de son champ d'application se manifeste cependant de façon suffisamment fréquente pour qu'il convienne d'en préciser, en premier propos, les contours. La microanalyse n'est pas l'analyse des traces à laquelle d'aucuns l'identifient par erreur. Elle est essentiellement caractérisée par l'ordre de grandeur des prélèvements analytiques (*).

Le domaine quantitatif, où se situent les activités du Service Central de Microanalyse, couvre la milligrammanalyse, désormais classique, et s'étend, présentement, sur la décimilligrammanalyse, voire la centimilligrammanalyse. Quel est l'intérêt de travailler sur de si faibles quantités de matière qui exigent, pour obtenir une précision suffisante, le pesage des prélèvements sur des balances appropriées, au microgramme, au dixième de microgramme ou au centième de microgramme près, selon qu'ils sont respectivement milligrammiques, décimilligrammiques ou centimilligrammiques ?

A l'origine, ce fut la nécessité d'effectuer des analyses sur les très faibles quantités de matière dont il disposait qui conduisit F. Pregl, chimiste biologiste, à inventer la microanalyse organique élémentaire et fonctionnelle, au niveau milligrammique classique, vers 1910 (**). Cette même préoccupation se retrouve actuellement chez les chercheurs de la chimie des substances naturelles, et plus généralement, chez tous ceux qui travaillent à l'échelle microchimique.

La microanalyse s'est également développée grâce à maints autres avantages

qui sont appréciables, même lorsque les masses des échantillons disponibles sont suffisamment élevées pour ne pas imposer le faible ordre de grandeur des prélèvements milligrammiques : ce sont, par exemple, l'économie de temps et de place, la précision accrue, la plus grande fiabilité.

Mais bientôt, il apparut que le niveau milligrammique était encore parfois trop élevé car les quantités de produits disponibles continuaient à s'amenuiser ; il fallut alors s'orienter vers la décimilligrammanalyse et même, pour satisfaire notamment à certains besoins de biochimistes, vers la centimilligrammanalyse, quitte, à ce dernier niveau, à accepter une précision des résultats pouvant être moindre qu'aux deux précédents.

L'introduction, dans l'analyse, des méthodes instrumentales et de l'automatisme qui impliquent le remplacement du mesurage d'une grandeur proprement chimique par celui de la variation proportionnelle d'une grandeur physique, exerce, par ailleurs, une influence semblable dans le sens de l'abaissement des masses des prélèvements : cette réduction des masses a pour objet le maintien des mesures en deçà de la limite où ladite variation est effectivement proportionnelle à la grandeur chimique. C'est pourquoi les masses des prélèvements qui atteignaient 7 à 13 mg lors des travaux de Pregl ont été abaissées, comme c'est le cas au sein du Service Central de Microanalyse, soit au niveau de 1 à 3 mg, soit à celui de quelques décimilligrammes, en vue de permettre la mise en œuvre d'analyseurs automatiques devant fonctionner à cet échelon.

En définitive, les progrès de la microanalyse en ont fait un moyen de recherche puissant, alors qu'elle a pu être autrefois considérée comme un exercice

académique réservé aux sujets doués d'une grande habileté de manipulateurs.

En 1945, le directeur du laboratoire municipal de Paris, M. Henri Monreau, confiait à l'auteur du présent article le soin d'y créer une section de semimicroanalyse (†) qui fut rapidement transformée en section de microanalyse et bientôt mise à la disposition des Universités et du C.N.R.S. : les moyens dont elle disposait étaient alors partiellement fournis par ce dernier, dans une proportion allant croissant d'année en année. En 1959, les travaux effectués pour le C.N.R.S., par cette section, avaient atteint un tel volume qu'en accord avec le directeur du laboratoire municipal de Paris, elle fut transformée en laboratoire propre du C.N.R.S. sous le nom de « Service Central de Microanalyse » (S.C.M.). Un an plus tard, furent, à leur tour, intégrés dans ce Service, divers laboratoires de microanalyse dont les caractéristiques communes étaient de fonctionner également avec des moyens partiellement fournis par le C.N.R.S., dans le cadre de facultés ou de grandes écoles, d'avoir adopté les méthodes et appareils mis au point par le S.C.M. et d'y avoir fait former ou perfectionner leurs microanalystes.

Actuellement, le S.C.M. dispose de laboratoires sis à Thiais, (siège, laboratoires de recherche, de développement et d'analyses hors séries) à Caen, Gif Yvette, Lyon, Montpellier et Strasbourg (laboratoires divisionnaires d'exécution de microanalyses) (††) où travaillent près de 90 ingénieurs, techniciens et agents administratifs.

Ses principales activités sont :

- l'exécution de microanalyses,
- la recherche microanalytique,
- l'enseignement de la microanalyse.

(†) Les laboratoires de Thiais et Gif Yvette font partie des groupes de laboratoires du C.N.R.S. implantés dans ses deux localités (à Thiais, l'unité de la chaire de Chimie de chimie des substances naturelles). Les autres laboratoires sont implantés dans des établissements ayant obtenu une convention avec le C.N.R.S. : unité d'analyse chimique et de recherche de Caen, unité séparative de chimie naturelle de Lyon, unité naturelle séparative de chimie de Montpellier (service de chimie de Strasbourg).

(*) En vue de simplifier le langage, les prélèvements analytiques seront désignés, en l'avenir, par le terme, dans la suite de l'article.

(**) Il avait été précédé dans le domaine médical, par S. Ehrlich (1896).

(†) La semimicroanalyse n'est pas la microanalyse, car les quantités de matière disponibles, même si elles sont considérables, peuvent être faibles, mais elle correspond, en fait, à un ordre de grandeur centigrammique des prélèvements. Il a été proposé de la désigner microanalyse.

Principe d'exécution et contrôle des résultats

Initialement, les microanalyses confiées au S.C.M. portaient exclusivement sur des composés purement organiques dans lesquels étaient dosés des éléments réputés classiques tels que C, H, O (*), N, S, Cl, Br, I et quelques fonctions.

L'analyse fonctionnelle n'est plus pratiquée, très rarement d'ailleurs, que sur quelques groupements (méthyle, éthyle, doubles liaisons) car elle est désormais généralement effectuée dans les laboratoires de recherche intéressés par application de méthodes spectrales; en outre, l'analyse fonctionnelle chimique implique, le plus souvent, la nécessité d'une collaboration entre chercheur et analyste, en vue de la discussion, non seulement des résultats obtenus, mais également des observations auxquelles elle a donné lieu, ce qui n'est guère compatible avec sa mise en œuvre dans un laboratoire central.

Bien au contraire, les résultats de l'analyse élémentaire ne se prêtent pas à la discussion, sauf cas particuliers exceptionnels. C'est donc sur le microdosage des éléments, autrement dit sur la microanalyse élémentaire, que le S.C.M. concentre ses efforts.

Par la suite, se sont multipliés, en nombre et en fréquence, dans les molécules organiques et organométalliques analysées, des éléments tels que F, P et bien d'autres, dits hétéroéléments. La diversification de ces derniers croissant d'ailleurs sans cesse, il est vraisemblable que viendra le moment où les microdosages de la plupart des éléments de la classification périodique seront susceptibles d'être demandés au S.C.M.

La présence de ces multiples éléments dans les produits à analyser pose au Service deux problèmes : celui du dosage des éléments classiques en présence des hétéroéléments et celui du dosage de ces derniers.

Le premier a donné lieu à l'amélioration progressive des méthodes et appareils employés, en vue de rendre leur emploi quasi universel (les cas particuliers encore rencontrés sont traités séparément); le second donne lieu à la prise en charge progressive de dosages d'hétéroéléments nouvellement

demandés et à l'introduction, dans les activités du Service, à côté des travaux de grandes séries, ceux de moyennes et petites séries ou hors séries. Les dosages microanalytiques comportent en général les 3 phases suivantes (auxquelles s'ajoutent, d'ailleurs, le pesage initial et le calcul final) :

- la **minéralisation** au terme de laquelle la matière organique ou organométallique est détruite en tant que telle et les éléments à doser sont obtenus sous forme de molécules qui les représentent stœchiométriquement et seront les objets de mesurage ultérieur; cette opération qui peut comporter plusieurs stades et avoir lieu en milieu gazeux, liquide ou solide implique des opérations telles que combustions, oxydations, réductions, pyrolyses, etc...

- le **transfert** du site de minéralisation au site de mesurage des molécules représentatives des éléments à doser; il est particulièrement simple lorsque les dites molécules sont gazeuses (CO_2 , H_2O , SO_2 , N_2 , Cl_2 , HCl etc.) et, de ce fait, entraînaient par un gaz vecteur;

- le **mesurage** effectué sur les molécules représentatives des éléments à doser soit par voie classique (pesage de CO_2 , H_2O etc..., mesurage de volumes de N_2 , titrage des halogènes par argentométrie potentiométrique) soit par voie moderne (mesurage de variations de conductibilités thermiques, de conductibilités électriques, coulométrie automatique, spectrométries d'absorption moléculaire, d'absorption atomique, d'émission de flamme, de masse, titrimétrie complexométrique automatique, etc...).

Il importe de remarquer que minéralisation, transfert et mesurage tendent à être effectués actuellement sur un même appareil automatique (cf ci-après § « Recherche ») qui permet parfois de doser plusieurs éléments, tels que C, H et N sur un même prélèvement de quelques dixièmes de milligrammes.

L'emploi de tels appareils n'élimine pas d'emblée, pour autant, les méthodes et appareils classiques. Ces derniers conservent leur place, dans les laboratoires de microanalyse, pour pallier les défauts d'universalité qui se révèlent lors de la mise en œuvre des appareils automatiques et qui peuvent être inhérents, par exemple, à la nature des produits analysés (présence non prévue de certains hétéroéléments), à l'altérabilité dans l'air ambiant de ces produits, interdisant leur pesage au sein d'un récipient clos (microcouchonnet) dont la masse dépasserait la portée de la microbalance utilisée (cas des pesées décimilligrammiques) etc...

Au seuil du transfert et du mesurage, les molécules représentatives de l'élément à doser ont « oublié » la nature organique du composé dont elles sont

issues. C'est donc naturellement, compte-tenu de cette particularité et de la diversité des hétéroéléments dosés, que le S.C.M. s'est orienté vers le microdosage des éléments dans les composés minéraux (microanalyse élémentaire minérale), tout au moins dans certains d'entre eux, le plus souvent produits de synthèses ou de recherches, pour lesquels les méthodes généralement mises en œuvre dans le Service restent exploitables, après une éventuelle adaptation permettant d'éviter que chaque dosage demandé continue à se présenter comme un problème particulier.

Bien entendu, le fait d'analyser des composés minéraux n'en laisse pas moins subsister la première des phases de l'analyse qui ne porte plus alors le nom de minéralisation que dans le jargon de laboratoire. Cette phase pourrait être dénommée de façon très générale « destruction du prélèvement analytique » étant entendu que cette destruction implique la production de l'espèce moléculaire à transférer et à mesurer.

L'exécution de microanalyses minérales est actuellement un domaine d'activité du S.C.M. en pleine expansion.

Le contrôle des résultats analytiques, notamment en ce qui concerne la mise en évidence et l'élimination d'éventuelles erreurs accidentelles ou systématiques, est effectué, par exemple, soit par répétitions du dosage d'un même élément sur un même produit, dans des conditions aussi différentes que possible (cf tableaux I et II), soit par établissement d'un *bilan analytique* complet lorsque sont dosés tous les éléments constitutifs d'un même produit.

Quant aux erreurs aléatoires dont l'ordre de grandeur caractérise a contrario la reproductibilité des résultats analytiques, il conviendrait de les estimer sur la base d'écarts-types attachés à chaque méthode définie mise en œuvre, ainsi qu'à certaines catégories de produits soumis à l'analyse. Dans le présent cadre, il est plus commode de les estimer par une expression générale plus classique, celle de l'erreur possible qui permet d'évaluer globalement ses limites à $\pm 2/10$ à $3/10$ d'unité de la teneur centésimale de l'élément dosé : le plus souvent, l'erreur sur les résultats communiqués est encore moindre, les microanalyses s'imposant de fournir des résultats répétitifs d'un même dosage ne différant pas entre eux de plus de $3/10$ d'unité de la teneur centésimale. Actuellement, le S.C.M. dispose même d'une méthode de contrôle intérieur, pour les dosages du carbone et de l'hydrogène, où l'erreur possible est susceptible d'être réduite au dixième des valeurs précédentes.

Elle pourrait être mise en service dans un proche avenir.

* Il faut à ce propos préciser que, pour les analyses classiques, la teneur en oxygène se détermine par différence entre 100 et la somme des teneurs en éléments trouvées par analyse, pour les autres éléments constitutifs des produits analysés. Cependant, il est possible que cette somme ne s'effectue pas automatiquement.

Tableau I
Dosages effectués du 1^{er} octobre 1970 au 30 septembre 1971

Nombre d'échantillons analysés : 10 740

Éléments ou fonctions dosés	C	H	O	N	S	Cl	Br	I	Métaux et Métalloïdes divers (cf tableau II)	-OCH ₃ , -OC ₂ H ₅
Nombre d'éléments dosés :	15 186	14 915	3 528	8 993	2 352	2 120	504	191	1 633	14
Nombre de répétitions (*)	27 408	28 550	8 116	17 327	3 600	3 248	815	322	3 367	23
Nombre total des éléments ou fonctions dosés :	50 448									
	Nombre d'éléments dosés = 3,01									
	Nombre d'échantillons analysés :									
Nombre total des répétitions :	87 774									
	Nombre total de répétitions = 1,74									
	Nombre total d'éléments dosés :									

(*) Le nombre de répétitions est le nombre de déterminations effectuées pour le dosage d'un élément particulier.

Dosages effectués

Les tableaux I et II donnent une image à la fois quantitative et qualitative des travaux effectués par le S.C.M. du 1^{er} octobre 1970 au 30 septembre 1971. La liste des éléments dosés reportés sur les tableaux I et II n'est évidemment pas exhaustive : le S.C.M. peut éventuellement prendre en charge, à la demande, d'autres dosages, voire d'autres mesurages de grandeurs physicochimiques, à l'échelle microanalytique ; il convient notamment de mentionner la possibilité d'effectuer les dosages microanalytiques d'isotopes stables tels que D, ¹³C et ¹⁵N. Le dosage de D peut être pris en charge ; quant à ceux de ¹³C (déjà possible) et de ¹⁵N, ils devraient comporter, dans un premier temps, une collaboration avec les chercheurs intéressés, en vue d'éprouver les méthodes mises en œuvre.

Les travaux de microanalyse effectués à la demande des chercheurs des laboratoires publics (C.N.R.S., Universités), représentent la majeure partie de l'activité analytique du S.C.M., soit 96,5 %

du nombre d'éléments dosés en 1970-1971 ; le reste, soit 3,5 %, correspond aux travaux effectués à la demande de laboratoires privés.

Dès la création du S.C.M., la demande globale d'analyses a crû rapidement. C'est ainsi qu'elle s'est traduite par la communication de 44 667 résultats pendant l'exercice 1960-1961 et que ce nombre s'est élevé constamment jusqu'à atteindre 102 784 en 1966-1967. Un tel taux de croissance s'est révélé incompatible avec l'obtention d'un potentiel de production des analyses dont le niveau s'élevait avec une célérité suffisante pour permettre à tout moment de dominer la demande.

Or, si cette condition n'est pas remplie, il devient impossible de respecter un délai satisfaisant de production des analyses, les travaux devant être étalés des périodes de pointe vers les périodes creuses de la demande ; il en résulte, en effet, une augmentation prohibitive dudit délai en dépit de la faible durée de chaque détermination (*).

(*) Les temps des déterminations de grande série varient actuellement d'environ 8 à 20 min.

Depuis l'exercice 1967-1968, la demande de microanalyses a pu être quantitativement stabilisée : exprimée en nombres de résultats communiqués, elle oscille autour d'une moyenne de 89 700 pour les exercices 1967-1968, 1968-1969, 1969-1970 et 1970-1971.

Tableau II
Dosages effectués
du 1^{er} octobre 1970
au 30 septembre 1971

MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES DIVERS

	Nombre d'éléments dosés	Nombre de répétitions
Ag	8	16
Al	11	21
As	7	22
B	35	76
Ba	1	1
Ca	25	54
Co	60	108
Cr	45	83
Cu	61	141
F	212	368
Fe	99	174
Ge	23	50
Hg	13	31
K	30	62
Li	3	4
Mg	19	38
Mn	11	25
Mo	7	21
Na	80	175
Ni	23	51
P	587	1 284
Pb	1	2
Sb	11	29
Se	10	31
Si	240	484
Sr	3	6
Ti	1	2
W	2	3
Zn	15	27
Totaux	1 633	1 387
Nombre total de répétitions :	= 2,06	
Nombre total d'éléments dosés :		

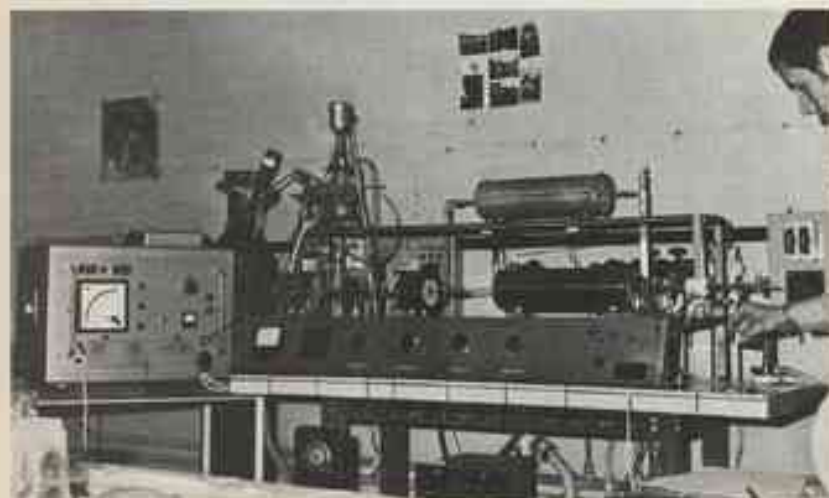


Photo de microanalyse élémentaire de l'exercice

Unicité du prix

Cette stabilisation a suivi l'application, en avril 1968, du principe de l'unicité des microanalyses remplaçant celui de la gratuité, jusqu'alors en vigueur au bénéfice des chercheurs des laboratoires du C.N.R.S. et des Universités. Il n'entre pas dans le cadre de cet article de discuter les effets de l'application d'un tel principe qui, manifestement, n'apporte pas que des avantages. Il est cependant intéressant de mettre en évidence ses aspects positifs importants, à savoir :

— l'abaissement des délais d'exécution des analyses de grande série : ce délai est le plus souvent inférieur à une semaine et serait susceptible d'être encore amélioré ou généralisé ;

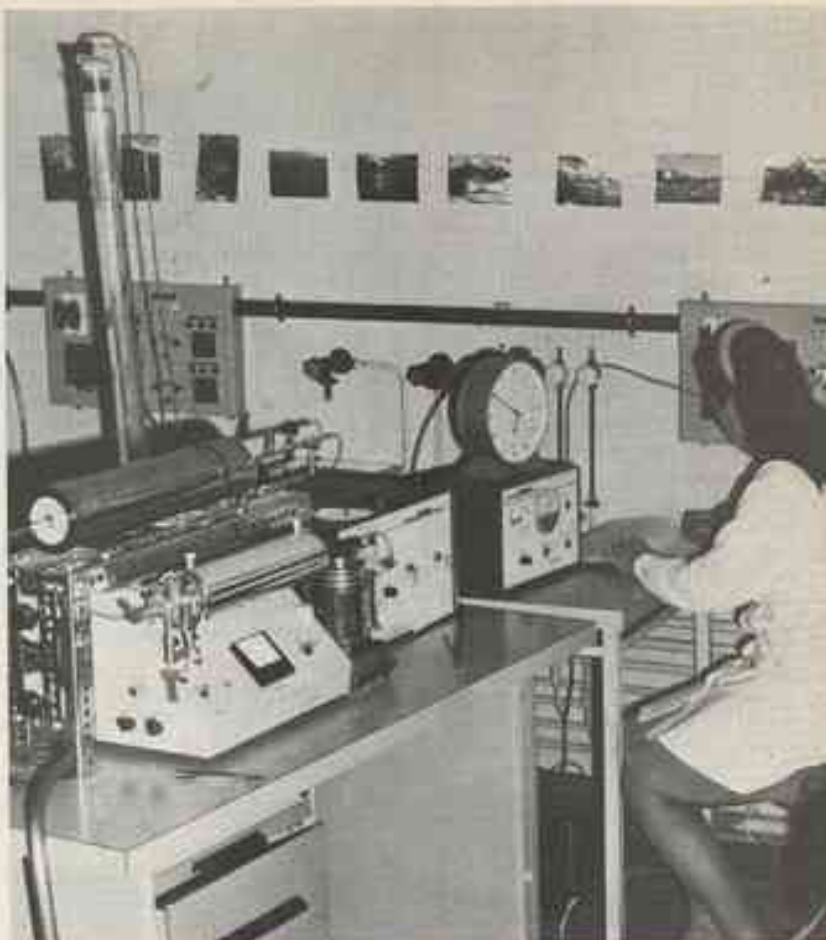
— l'élévation générale de la qualité (pureté, dissolution...) des échantillons confiés au S.C.M. pour microanalyse (*), dans la mesure où elle n'est pas dépendante des propriétés mêmes des produits à analyser (instabilité, altérabilité), et la réduction des pertes de temps corrélatives résultant des répétitions d'analyses inutiles ou superflues. Le prix de chaque dosage d'élément est actuellement le même, quel que soit cet élément et quel que soit le nombre des répétitions effectuées pour un même dosage ; il ne représente, pour les chercheurs du C.N.R.S. et des Universités, qu'une fraction du prix de revient moyen par élément dosé. Les sommes perçues au titre du paiement des analyses sont intégralement reversées à l'administration centrale du C.N.R.S. et ne renforcent pas, en conséquence, le budget du S.C.M. L'unicité du prix des dosages élémentaires demande un éclaircissement : il ne faut parfois, en effet, qu'une quinzaine de minutes pour effectuer le dosage simultané de 3 éléments (C, H, N), en grande série, sur un même prélèvement analytique, alors que plusieurs heures peuvent être requises pour le dosage d'un seul de certains hétéroéléments.

Il importe cependant de mettre en évidence que l'application d'un tarif à prix différenciés tenant compte des temps moyens réels d'analyse (**), s'il permettait d'alléger les frais des chercheurs intéressés par les analyses de grandes séries augmenterait sensiblement, en contrepartie, les dépenses de ceux dont les analyses seraient moins rapides ou plus difficiles, les pénalisant, de ce fait.

Cette considération et la variabilité conjointe du temps de dosage d'un

(*) Il est cependant un agréable devoir, outre de reconnaître que la qualité des produits confiés au S.C.M. par nombre de laboratoires et de chercheurs, a toujours été parfaite, en toutes circonstances.

(**) Le temps moyen réel doit être calculé en tenant compte de tous les temps morts impliqués par la mise en œuvre d'une méthode ou d'un appareil d'analyse donné.



Pour le microanalyse automatique du carbone, de l'hydrogène et de l'azote

même élément, inhérente à la non uniformité de l'équipement des différents laboratoires du S.C.M. (conséquence de l'évolution rapide des méthodes microanalytiques), ont milité pour le choix du tarif actuel, à prix unique, dont le principe est mutualiste.

En contrepartie de la stabilisation quantitative de la demande de microanalyses, cette dernière évolue et se diversifie qualitativement, comme le met en évidence la consultation du tableau II.

Recherche

Les travaux du S.C.M. se situent essentiellement dans le domaine de la recherche appliquée, tant en ce qui concerne les méthodes d'analyses proprement dites que les appareillages sur lesquels elles sont mises en œuvre. Les sujets de recherches sont imposés par la nature même des travaux demandés au S.C.M. par les chercheurs intéressés ainsi que par les exigences générales du Service, à savoir :

— augmentation de la précision des résultats microanalytiques, — extension du champ d'application des méthodes et appareillages microanalytiques (élévation de leur niveau d'universalité),

— augmentation de la fiabilité et de la productivité des appareils microanalytiques.

Après leur première mise au point, méthodes et appareils sont éprouvés au cours d'une période de développement pendant laquelle ils sont mis en service, pour l'exécution de microanalyses, parallèlement, si possible, à titre de contrôle à d'autres appareils en fonctionnement permettant d'effectuer les mêmes dosages.

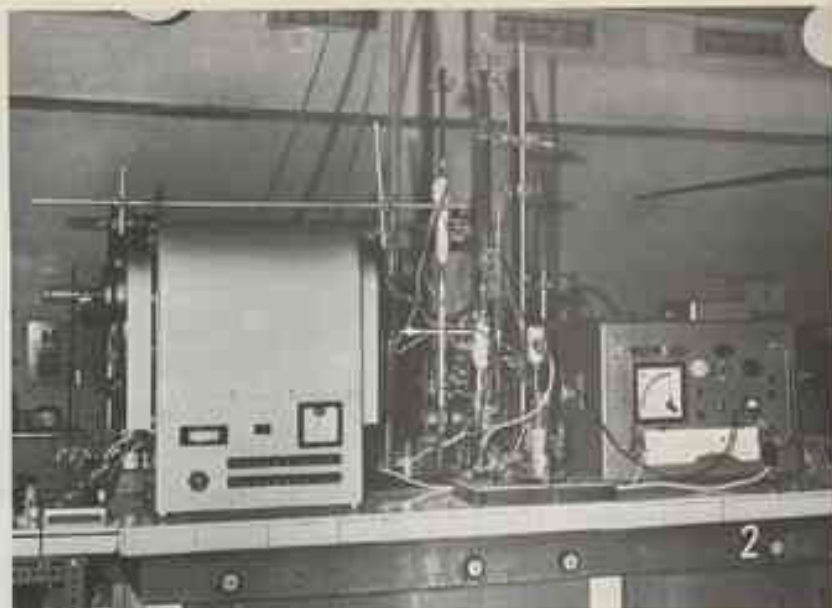
Ces diverses contraintes qui exercent leur influence sur le choix des sujets de la recherche microanalytique et l'importance de la partie technologique qu'elle comporte le plus souvent, conduisent à en confier la charge à des ingénieurs. C'est également sous la responsabilité directe de ces derniers que des microanalystes (français ou étrangers) détachés dans le Service peuvent être éventuellement associés à des travaux de recherche au niveau de l'initiation ou de la collaboration effective.

D'une façon générale, les deux premières phases de l'analyse, destruction du prélèvement analytique et transfert de l'espèce chimique à mesurer, sont les objets les plus courants des recherches du S.C.M. Le dispositif de mesurage est souvent un appareil commercial (spectromètre, coulomètre etc.)

parfois conçu pour le dosage des traces ; il convient alors d'en adapter l'emploi à la microanalyse et même de lui apporter, le cas échéant, des modifications appropriées, la limite de détection caractéristique originelle intéressant l'analyse des traces devant céder le pas à la reproductibilité maximale des résultats, impératif fondamental de l'emploi microanalytique. Toutefois, le dispositif de mesurage peut être également l'objet, dans le cadre microanalytique, de recherches et mises au point spécifiques et originales.

Les objectifs de la recherche microanalytique étant l'amélioration, la multiplication, le développement des méthodes et appareils microanalytiques en vue de leur mise en œuvre immédiate pour l'exécution effective de microanalyses, c'est au paragraphe « principe d'exécution et contrôle des résultats » que s'est déjà révélé au lecteur son champ d'application. Les métaux et métalloïdes sur lesquels porte cette recherche sont recensés, au point de vue chimique, dans les tableaux I et II qui ne sont d'ailleurs nullement exhaustifs comme il importe de le répéter. Quelques principes, méthodes et appareils, auxquels il est fait appel ont déjà été énumérés (page 34).

Par ailleurs, chaque fois que la fréquence d'un dosage la justifie, l'automatisation de l'appareillage correspondant constitue un important objet supplémentaire de la recherche microanalytique. L'automatisation vise d'ailleurs non seulement à l'électromécanisation des opérations qui, autrement, resteraient manuelles, mais aussi, dans un proche avenir, à l'introduction, en tête et en queue de la filière que constitue un appareillage microanalytique, d'une balance électronique, d'une part, et d'un calculateur électronique avec machine imprimante, d'autre part ; ce dernier reçoit alors les deux signaux qui correspondent respectivement à la pesée des prélèvements analytiques sur la balance électronique et à la mesure effectuée sur l'espèce chimique représentative de l'élément à doser ; il fournit directement, sur bande imprimée, le résultat du dosage de cet élément.



Principe de l'automatisme microanalytique des dosages.

Enseignement

Les activités d'enseignement du S.C.M. sont les objets de stages qui portent sur l'initiation aux méthodes et techniques de la microanalyse, le perfectionnement dans le domaine de la microanalyse, l'initiative et la collaboration aux travaux de recherche microanalytique.

Initiation et perfectionnement sont organisés par le S.C.M., dans le cadre du Service de l'Enseignement des Techniques Avancées de la Recherche (S.E.T.A.R.). Les stages sont ouverts aux techniciens et chercheurs des laboratoires publics et privés et peuvent donner lieu au versement d'une indemnité correspondant aux frais engagés par le S.C.M. Pour être bénéfiques les stages doivent avoir une durée qui, variable suivant les cas, ne doit pas s'abaisser au-dessous d'un temps minimal en-deçà duquel ils s'identifient à de simples visites de laboratoire. En ce qui concerne les stages d'initiation aux méthodes et techniques de la microanalyse, il importe notamment de définir l'objectif visé par les stagiaires : apprendre à mettre en œuvre un dosage

ou servir un appareil, ce qui peut requérir quelques mois, ou acquérir la qualification de microanalyste, ce qui nécessite plusieurs années.

Les stages de perfectionnement sont ouverts aux candidats pouvant faire état d'un acquis microanalytique défini et montrer qu'ils possèdent les connaissances correspondantes ; leur durée minimale est de trois mois, à temps complet ; ils peuvent être sanctionnés par la délivrance d'un Certificat de perfectionnement de microanalyse par le Service d'Enseignement des Techniques Avancées de la Recherche (S.E.T.A.R.) du C.N.R.S.

Ce tour d'horizon sur les activités du S.C.M., qu'elles s'exercent dans le cadre de l'exécution des microanalyses ou dans ceux de la recherche et de l'enseignement de la microanalyse, devrait permettre, en les faisant mieux connaître aux chercheurs intéressés, d'utiliser au mieux les moyens existants ou potentiels qu'il met à leur disposition, et, en conséquence, de lui confier éventuellement de nouveaux travaux à la mesure de ses possibilités.

Roger LEVY
Directeur du service
central de microanalyse

Ephémérides

Distinctions et nominations

12 juillet

M. Georges Ridal, directeur de recherche au C.N.R.S. est nommé chevalier de la Légion d'honneur.

1er août

Sont promus commandeur des palmes académiques :

Georges Courtes, directeur du laboratoire d'astronomie spatiale ; Jean Lagasse, directeur du laboratoire d'automatique et de ses applications spatiales ; Geneviève Nieva, adjoint au chef du département des programmes et moyens ; Jean Teillac, directeur de l'LN2.P3.

Sont promus officier des palmes académiques :

Geneviève Regnault, sous-chef de service ; Louis Durrieu, ingénieur ; Pierre Grapin, maître de recherche ; Charlotte Henry la Blanchetais, maître de recherche ; Henriette Le Goff, ingénieur ; Mme Zajtay, directeur de recherche.

Sont nommés chevalier des palmes académiques :

Robert Berninger, physicien ; Jean Berthier, maître de recherche ; Edouard Brunet, physicien-adjoint ; Jean Dumas, documentaliste ; Paulette Rameau, bibliographe ; Roger Germann, physicien ; Françoise Leclercq, bibliothécaire ; Wladimir Mercuroff, directeur scientifique ; André Paulin, ingénieur ; Yves Roux, ingénieur ; Lucien Sizzoni, ingénieur ; Jacqueline Paulin, sous-chef de service ; Charles Portal, chef de service ; Jacqueline Valentin, sous-chef de service.

2 août

M. Jacques Ruffié, professeur à l'université de Toulouse III, directeur du centre d'hématologie est nommé professeur titulaire au Collège de France dans la chaire d'anthropologie physique.

15 septembre

M. Louis Neel, directeur du laboratoire de magnétisme de Grenoble, remet à

Cette rubrique comporte des lacunes et nous nous excusons de nous en excuser. Les informations citées sont transmises par les agents et les laboratoires du C.N.R.S. La rédaction vous remercie des renseignements que vous lui ferez parvenir.

M. Noël Félici, directeur de laboratoire d'électrostatique, les insignes d'officier de la Légion d'honneur.

1er octobre

Par décision du directeur général du C.N.R.S., M. Michel de Bouari, professeur à l'université de Caen est nommé directeur du centre de recherches archéologiques ; M. Robert Naquet, directeur de recherche, directeur du centre de physiologie nerveuse ; M. Ladislav Tauc, directeur de recherche, directeur du laboratoire de neurobiologie cellulaire ; M. Jean Asselineau, professeur à l'université Paul Sabatier de Toulouse, directeur du centre de recherches de biochimie et de génétique cellulaire ; M. Claude Paoletti, professeur à l'université de Paris-Sud, directeur du centre de recherches sur les toxicités.

M. Jean-Claude Quilici, chargé de recherche à l'INSERM, est nommé sous-directeur du centre d'hématologie.

Nominations et promotions du personnel scientifique

Au grade de directeur de recherche

Physique théorique
M. M. Vannieu

Electronique - Electrotechnique - Automatique
M. J. Caste

Mécanique
M. J. Piquemal

Thermodynamique et cinétique chimique
M. H. James

Physique nucléaire et corpusculaire
M. A. Krüger - Mme Libergon

Optique et physique moléculaire
Mme M. A. Bruchat - M. B. Ossington

Physique des solides
MM. P. Aversch - A. Morin

Cristallographie et minéralogie
M. M. Maréchal

Astronomie-physique spatiale-géophysique
Mme N. Jibert

Géologie et paléontologie
MM. P. Baudet - H. Tardif

Océanographie
Mlle C. Lelou

Physico-chimie atomique et ionique
M. P. Luciani

Physico-chimie moléculaire et macromoléculaire
M. A. Gaudin

Chimie minérale
M. R. Fournier

Chimie organique
M. P. Maréchal - Mme T. Cuvigny

Chimie organique biologique
M. P. Pellerin

Biochimie
M. R. Baudry

Biologie cellulaire
Mme A. Talar - M. E. Bonetant

Biologie et physiologie végétales
M. P. Lagny

Biologie animale
Mlle L. Arvy

Physiologie
M. P. Baudry

Psychophysique et psychologie
MM. Pellerin - H. Rouquet

Pathologie expérimentale et pharmacodynamie
MM. P. Liecpoul - I. Gresser

Anthropologie-Paléontologie-Ethnologie
M. G. Roger

Scénologie et démographie
MM. H. Mandes - J. Cassenot

Géographie
M. F. Morberg

Sciences économiques
M. E. Loh

Langues et civilisations orientales
Mme Vernant-Cassin

Antiquités nationales et histoire médiévale
M. Blumenthal

Philosophie, épistémologie, histoire des sciences
M. Rubinet

Au grade de maître de recherche

Mathématiques, informatique
MM. G. Mankowski - J. M. Bory - P. Minon - A. Benard

Physique théorique
MM. D. Levesque - P. Kotte - J. L. Baudry - E. de Ruffet - D. Vauthier

Electronique - Electrotechnique - Automatique
MM. D. Elie - Gervais de Lafont - J. Baudry - R. Attie - Mme Damblon

Médailles d'argent

Equipe de recherches G. LAVAL et R. PELLAT, département de physique du plasma et de la fusion contrôlée, C.E.A.

M. Georges GIRALT, directeur de recherche au C.N.R.S.

M. René MOREAU, maître de conférences à l'Université scientifique et médicale de Grenoble

M. Paul MUSSET, maître de recherche au C.N.R.S., laboratoire de physique nucléaire des hautes énergies, école polytechnique

M. Claude BENOIT A LAGUILLAUME, directeur titulaire au C.N.R.S.

M. Georges BUSSON, sous-directeur de laboratoire au muséum, Paris

M. Jean-François LABARRE, maître de recherche au C.N.R.S., département de chimie inorganique, université Paul Sabatier, Toulouse

M. Jean-Marie LEHN, professeur à l'université Louis-Pasteur, Strasbourg

M. Yvon CROISILLE, sous-directeur au collège de France

M. Charles FRAYSSINET, maître de recherche au C.N.R.S., recherche sur le cancer Villejuif

Mme Jana HILLOVA, chargée de recherche au C.N.R.S., M. Miroslav HILL, maître de recherche au C.N.R.S., institut Gustave Roussy, Villejuif

Mlle Marguerite DUPRE, maître de recherche au C.N.R.S., musée de l'homme

M. Joseph MODRZEJEWSKI, maître de recherche au C.N.R.S., institut de droit criminel, université de Paris II

M. Robert MARTIN, maître de conférence à l'université de Metz

M. Pierre CHAUNU, professeur à l'université de Caen

Physique théorique

Electronique, électrotechnique, automatique
Mécanique

Physique nucléaire et corpusculaire

Physique des solides

Géologie et Paléontologie

Chimie minérale

Chimie organique

Biologie animale

Physiologie

Pathologie expérimentale et pharmacodynamie

Anthropologie, préhistoire, ethnologie

Sciences juridiques et politiques

Etudes linguistiques et littéraires françaises

Histoire moderne et contemporaine

Médailles de bronze

M. Jan STERN, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Jean-Claude RISSET, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Claude DEUTSCH, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Harry BERNAS, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Albert BOCCARA, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Ladislav-Pierre KUBIN, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Dino MORAS, attaché de recherche au C.N.R.S.

M. Jean-Loup BERTAUX, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Jean-Michel DUTUIT, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Hans MINAS, maître de recherche au C.N.R.S.

M. Joël GALIN, attaché de recherche au C.N.R.S.

M. Michel MARRAUD, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Olivier KAHN, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Michel CHANON, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Alexander MORADPOUR, attaché de recherche au C.N.R.S.

M. Jean GAUTIER, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Claude CHAPPUIS, médecin radiologiste

Mlle Jeanne LANOIR, chargée de recherche au C.N.R.S.

M. Jean-Pierre DECONCHY, chargé de recherche au C.N.R.S.

Mlle Denise RUFFE, chargée de recherche au C.N.R.S.

Mlle Marie TASSIN de SAINT-PÉREUSE, chargée de recherche au C.N.R.S.

M. Joseph NGUYEN VAN PHONG, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Etienne DALMASSO, professeur à l'institut de géographie de Strasbourg

M. Gabriel VANOREVELINGHE, administrateur à l'INSEE

Mme Marie-Angèle PEROT-MOREL, chargée de recherche au C.N.R.S.

M. Michel AUBIN, maître de conférences associé à l'université de Paris-Sorbonne

M. Henri BOURCELOT, chargé de recherche au C.N.R.S.

M. Jean-Claude FREDOUILLE, professeur à l'université de Toulouse le Mirail

M. Pertes BORATAV, maître de recherche au C.N.R.S.

M. Jacques LEFORT, attaché de recherche au C.N.R.S.

M. Richard GASCON, professeur à l'université de Lyon II

M. Edouard JEANEAU, maître de recherche au C.N.R.S.

Physique théorique

Electronique

Thermodynamique

Physique nucléaire

Optique

Physique des solides

Cristallographie et minéralogie

Astronomie

Géologie

Océanographie

Physico-chimie atomique et ionique

Physico-chimie moléculaire et macromoléculaire

Chimie minérale

Chimie organique

Chimie organique biologique

Biologie et physiologie végétales

Biologie animale

Physiologie

Psychophysiologie et psychologie

Pathologie expérimentale

Anthropologie

Démographie et sociologie

Géographie

Sciences économiques

Sciences juridiques et politiques

Linguistique générale

Etudes linguistiques et littéraires françaises

Langues et civilisations classiques

Langues et civilisations orientales

Antiquités nationales et histoire médiévale

Histoire moderne et contemporaine

Philosophie

Rencontres

26 juin

Paris — Visite d'une délégation de l'Académie des sciences de Pologne pour étudier les modalités de l'édition franco-polonaise des œuvres de Copernic.

16 juillet

Signature d'un accord d'échange de chercheurs et de coopération scientifique entre le Consejo Nacional Ciencias y técnicos (CONACYT) du Mexique et le C.N.R.S.

4 - 9 septembre

Paris — Une délégation du CONACYT vient étudier les domaines d'applications scientifiques de l'accord signé le 16 juillet.

11 - 15 septembre :

Paris — (Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères)

Réunion des responsables de la coopération en matière de recherche scientifique et technique des pays africains francophones et de Madagascar, Le Congo, la Côte d'Ivoire, le Dahomey, le Gabon, Madagascar, le Mali, le Nigeria, le Sénégal, le Tchad, le Togo sont représentés à ces réunions au cours desquelles les modalités administratives et financières de cette coopération liée au développement sont étudiées.

11 - 16 septembre

Monsieur Curien effectue à l'invitation de M.E. Tal, Directeur du Conseil pour la recherche et le développement d'Israël, une visite d'information en Israël. A cette occasion a été signé le renouvellement de l'accord de coopération scientifique entre les deux organismes.

17 - 21 septembre

République fédérale allemande — Dans le cadre de la coopération scientifique entre la Deutsche Forschung Gemeinschaft et le C.N.R.S., une délégation française de spectroscopie atomique et moléculaire conduite par M. Pierre Jacquinet, membre de l'Institut, directeur du laboratoire Aimé Cotton, ancien Directeur Général du C.N.R.S., effectue un voyage d'information en R.F.A.

25 - 30 septembre

Séjour en France de M. Allen Astin, responsable au Département d'Etat des Etats-Unis du groupe de coordination des échanges scientifiques franco-américains. Il visitera à cette occa-

sion le laboratoire Aimé Cotton, le centre de recherche sur les macromolécules de Strasbourg, le laboratoire d'optique électronique et le laboratoire d'automatique et de ses applications spatiales de Toulouse ainsi que les laboratoires d'Odeillo.

3 octobre

Paris — Visite de M. Guy Lord Stever, directeur de la National Science Foundation (Etats-Unis). A cette occasion, la coopération scientifique entre la N.S.F. et le C.N.R.S. a été renforcée.

20 octobre

Londres — Séminaire franco-britannique réunissant dans le cadre de la coopération S.R.C. (Sciences Research Council) — C.N.R.S. des automaticiens des deux pays.

23 octobre

Réunion annuelle C.N.R.S. — M.P.G. M. Lüst, nouveau président de la Max Planck Gesellschaft, et M. Schneider, secrétaire général de la M.P.G. se rendent au C.N.R.S. pour s'entretenir avec la direction des problèmes que soulèvent la coopération franco-allemande dans le domaine des champs magnétiques intenses ainsi que, d'une manière plus générale, des possibilités de développement de la coopération scientifique entre la M.P.G. et le C.N.R.S.

Colloques internationaux du C.N.R.S.

10 - 16 septembre

Versailles — Colloque international sur « les protoplastes et la fusion de cellules somatiques végétales » organisé par M. G. Morel, directeur de recherche à l'I.N.R.A. Il est souvent possible chez les végétaux de régénérer une plante entière à partir d'une seule cellule ; il est donc permis d'espérer que la fusion de deux cellules d'espèces différentes donne naissance après régénération à une plante d'espèce nouvelle impossible à obtenir à partir de cellules sexuelles. Ce colloque a donné l'occasion aux chercheurs travaillant dans ce domaine de confronter leurs travaux et d'examiner les problèmes techniques qui n'ont pas encore été résolus.

11 - 13 septembre

Paris — Colloque international de « paléographie hébraïque médiévale » organisé par M. Glénisson, directeur de l'Institut de recherche et d'histoire des textes.

Au cours de cette réunion, le Comité de paléographie hébraïque médiévale a dressé le bilan de six années de travail qui ont abouti notamment à la naissance du premier tome des « manuscrits médiévaux en écriture hébraïque portant des indications de date ». Les savants français et étrangers ont pu discuter des premiers résultats, des problèmes et des perspectives d'avenir ouvertes à cette science nouvelle ; ils se sont joints pour leur dernière journée aux participants du colloque sur « les techniques de laboratoire dans l'étude des manuscrits ».

13 - 15 septembre

Paris — Colloque international sur « les techniques de laboratoire dans l'étude des manuscrits » organisé par M. Jean Glénisson et M. Louis Hay, maître de recherche.

Cette réunion avait pour objet, en particulier, de faire connaître aux spécialistes de sciences humaines qui font appel aux revues manuscrites, les possibilités des techniques nouvelles : photographiques, physico-chimiques, techniques de la restauration et de la révélation.

13 - 20 septembre

Orsay — Colloque international sur « les équations aux dérivées partielles linéaires » organisé par MM Bony, Bontet de Monvel, Goulaouic, Lions et Schwartz.

Ce colloque a permis d'une part de faire le point des recherches les plus récentes dans le domaine des opérateurs pseudo-différentiels et intégraux de Fourier, des hyperfonctions, des problèmes de régularité et théorie spectrale, des problèmes aux limites irrégulières, d'autre part de mettre en lumière les liens existants entre divers outils appliqués à des problèmes analogues, tels que hyper-fonctions et opérateurs intégraux de Fourier.

28 - 30 septembre

Rennes — Colloque international sur « la croissance des grandes entreprises internationales » organisé par M. G. Bertin, directeur du groupe de recherche d'économie financière et industrielle (E.R. 111).

Les discussions sur ce thème largement débattu ces dernières années ont essentiellement porté sur les principales caractéristiques de la croissance des grandes sociétés internationales, sur les effets de cette croissance sur les économies nationales ou leurs rapports entre elles et sur les nouvelles conditions de la croissance et de la politique économique.

2 - 6 octobre

Saclay — Colloque international sur « l'analyse par activation de micro-quantités d'éléments dans les matériaux minéraux et organiques de très haute pureté et les milieux biologiques » organisé par M. Philippe Albert, directeur C.N.R.S. du laboratoire « Pierre Sue » de Saclay. Les développements récents

de l'analyse par activation dont les domaines d'application sont nombreux et variés : traces d'éléments dans les matériaux ultra-purs, dosage d'oligo-éléments dans le sang et les organes, détermination des causes d'empoisonnement justifiaient cette réunion. La mise en service prévue en 1973 à Orléans d'un « centre d'analyse par activation dans les particules chargées » qui sera doté d'un cyclotron à usage des chimistes, médecins et physiciens non nucléaires, témoigne de l'effort du C.N.R.S. pour favoriser le développement de ces méthodes.

4 - 7 octobre

Paris — Colloque international (C.N.R.S. — C.N.E.X.O.) sur « la for-

mation des eaux océaniques profondes, en particulier en Méditerranée nord-occidentale » organisé par MM. Henri Lacombe et Paul Tchernia professeurs au Muséum national d'Histoire naturelle.

Un examen synthétique des mécanismes de formation des eaux profondes dans les Mers de Norvège et du Labrador, L'Antarctique, la Méditerranée et la Mer Rouge a permis de déterminer leurs traits communs, et d'en déduire le ou les facteurs physiques qui les gouvernent. Cette réunion a eu également pour objet d'établir dans quelle mesure le modèle réduit naturel d'océan que constitue la Méditerranée est dans le domaine des eaux profondes, « semblable » aux autres zones analogues des océans et des mers.

Robert Duprez

L'Administrateur du Centre de recherches géophysiques de Garchy, Monsieur Robert Duprez, n'est plus. Quelques mois après la disparition du professeur Louis Cagniard, décédé la veille de Noël 1971, le centre de Garchy et le C.N.R.S. sont à nouveau endeuillés.

Né en 1908 à Calais, Monsieur Duprez avait été nommé administrateur du Centre de recherches géophysiques en octobre 1968, après avoir servi pendant quarante ans dans l'armée française. Il y avait gagné sur les champs de bataille les titres et récompenses qui sanctionnaient sa valeur militaire. Il était titulaire de plusieurs citations. Après avoir fait campagne en Syrie, en France, en Indochine et en Afrique du nord, il terminait sa carrière comme colonel à Dijon.

Au C.N.R.S., malgré les difficultés dues notamment à l'éloignement du directeur en résidence à Paris, il s'était rapidement imposé, en raison de son autorité naturelle, de ses capacités et de sa longue expérience du commandement. Il avait une conception élevée de son rôle d'administrateur. Il se dévoua à ses fonctions jusqu'à la limite extrême de ses forces et, malgré sa maladie, assura son service à Garchy jusqu'aux derniers jours de sa présence.

Monsieur Duprez laisse à tous ceux qui l'ont approché, à ses supérieurs, à ses collègues et à ses administrés, le souvenir d'un homme de caractère qui aura consacré au C.N.R.S. et au Centre de recherches géophysiques le meilleur de lui-même.

P.L.F.

Henri Celle

Le 24 juillet 1972, Henri Celle est décédé à Saint-Aygulf (Var) à l'âge de 77 ans, des suites d'une douloureuse maladie. Les obsèques ont été célébrées en l'église de Saint-Aygulf et suivies de l'inhumation dans le caveau de famille à Fréjus.

Henri Celle était sous-directeur honoraire au ministère de l'éducation nationale ; avec lui disparaît un administrateur de grande classe qui a servi le Centre National de la Recherche Scientifique avec un dévouement et une efficacité dignes des plus grands éloges.

Ma première rencontre avec Henri Celle date de 1929, à Bellevue : il y occupe un poste élevé dans l'administration de l'Office National des Recherches et Inventions. Plus tard, quand l'Office est rattaché au C.N.R.S., Henri Celle se voit, très vite, confier la direction du service des laboratoires propres du Centre.

C'est une très lourde charge ; il s'agit d'assurer le fonctionnement des laboratoires, d'en favoriser le développement ; de faire naître de nouveaux centres dont la création permettra à la recherche de s'épanouir dans de nouvelles directions. Henri Celle a eu la responsabilité de la construction de nombreux laboratoires, tant à Paris qu'en province ; on lui doit également d'avoir mené à bien la construction du bâtiment où siège actuellement la direction : 15 quai Anatole-France.

Henri Celle doit faire face, non seulement à des tâches matérielles de gestion, mais à de nombreux problèmes humains dont la diversité, la variété sont liées au très vaste éventail des recherches qui incombent au C.N.R.S.

C'est là que les précieuses qualités de Henri Celle s'affirment, à la satisfaction de tous : Henri Celle a su, en toutes circonstances, mettre l'administration au service des hommes et de la science. Il a fait davantage encore : au-delà des problèmes matériels il a toujours su trouver le chemin des cœurs. Avec sa manière personnelle, à la fois discrète et affectueuse, il est devenu pour chacun un ami.

Henri Celle a pris sa retraite en 1955. Son départ a laissé au C.N.R.S. des regrets unanimes. Pour tout ce qu'il a fait en faveur de la recherche, le C.N.R.S. a tenu à lui témoigner sa reconnaissance en lui attribuant sa médaille d'argent.

Henri Celle a servi la France à la fois dans sa carrière administrative et sur les champs de bataille. Ses divers mérites lui ont valu la rosette d'Officier de la Légion d'honneur et la Croix de guerre 1914-1918.

A madame Henri Celle, à ses enfants, à toute sa famille, nous présentons nos respectueuses condoléances et nos sentiments d'affectueuse sympathie.

G.P.

La Vie des Laboratoires

Groupe de laboratoires de Bellevue

Laboratoire de géologie du quaternaire

Quaternaire et futurologie

L'étude de l'évolution dynamique de l'environnement quaternaire permet de mieux comprendre l'environnement actuel et de prévoir, dans ses grandes tendances fondamentales, l'évolution de l'environnement futur.

La connaissance du passé récent et de l'actuel peut donc présenter un intérêt majeur du fait d'importantes réalisations industrielles qui, à plus ou moins long terme, en verront une application directe.

Ainsi un schéma de l'évolution paléogéographique générale depuis 40 000 ans a pu être retracé pour la zone littorale atlantique ouest-africaine, à la suite de recherches multidisciplinaires sur le quaternaire de Mauritanie. Un secteur particulièrement intéressant est constitué par la Sebkhia de N'Dramameha, vaste zone de 3 000 km², située sous le niveau actuel de l'océan (entre 0 et -3 m). L'histoire de la région au cours des derniers millénaires atteste la présence d'un vaste golfe marin qui se formait lors des remontées de l'océan atlantique consécutives à la fusion des calottes glaciaires. Au retrait de la mer correspondait une extension des cordons dunaires qui s'étendaient loin, sur le plateau continental maintenant ennoyé. Il y a 4 000 ans, le golfe s'est trouvé partiellement fermé, et pendant un millénaire environ a fonctionné en bassin évaporatoire déposant plus d'un milliard de tonnes de gypse. Actuellement la Sebkhia est isolée de la mer par suite de la fermeture totale du cordon littoral.

Si la remise en eau était effectuée (H. Faure) l'évolution de l'environnement futur pourrait être prévu en s'appuyant sur la connaissance de l'environnement du Quaternaire. On peut calculer que l'évaporation sur le nouveau plan d'eau provoquerait la précipitation annuelle d'1 million de tonnes de Ca SO₄, 50 millions de tonnes de Na Cl ; la saumure résiduelle conservant l'équivalent de 10 millions de tonnes de sels de magnésium. Des éléments rares comme le lithium présenteraient une concentration de l'ordre de 200 à 400 tonnes par an. La valeur potentielle de l'ensemble se chiffrerait en milliards de francs C.F.A. Ces études, entreprises dans le cadre du C.N.R.S., pourraient déboucher sur un grand projet industriel applicable à plus ou moins long terme.

Ceci souligne que dans les Sciences de la Terre, l'étude minutieuse de l'évolution et des mécanismes des phénomènes quaternaires peut conduire à l'extrapolation de ces connaissances dans le futur, et faciliter l'élaboration des grands projets de l'avenir.

Laboratoire de magnétisme

Thèse de Doctorat d'Etat :

Alain Stankoff, chargé de Recherche : « Propriétés des ondes de spin stationnaires dans les films minces de permalloy et étude en température de la constante d'échange », 7 juillet 1972.

Le laboratoire a accueilli au début de septembre, pour un an, le Professeur D.T. Lyons, Chairman du département de physique à l'université du Massachusetts à Boston.

Laboratoire de physique des solides

Equipe « Elaboration et physico-chimie des semi-conducteurs ».

A partir du composé GaP, qui est connu comme émetteur électroluminescent dans le rouge, le laboratoire étudie les alliages Ga, In, P. Il a préparé des alliages homogènes, en développant une technique originale de croissance en solution à température constante, brevetée en 1967. La largeur de bande interdite, l'énergie d'ionisation d'un donneur (soufre) et les spectres de luminescence ont été étudiés en fonction de x. Les résultats obtenus prouvent que, sous réserve de nouvelles améliorations technologiques, ces alliages doivent permettre l'émission, avec un rendement satisfaisant, de photons d'énergie plus grande que ceux émis par GaP : rouge vif, orange et même jaune.

Par la même méthode il a été obtenu des alliages dérivant du ZnTe qui lui, émet dans le vert, pour les énergies plus élevées : vert tirant sur le bleu et bleu ; il s'agit de l'alliage Zn_{1-x}Mg_xTe.

Equipe « Effets de transport et semiconducteurs magnétiques ».

L'effet Hall anormal — résistance transverse proportionnelle à l'aimantation — est un phénomène caractéristique des conducteurs magnétiques. Les semiconducteurs magnétiques, comme les alliages ferromagnétiques SnTe - MnTe étudiés au laboratoire, se prêtent bien à l'étude de cet effet et un ensemble de résultats a été obtenu. Sur le plan théorique, on a montré qu'une contribution à cet effet était due à la diffusion asymétrique (dans la direction perpendiculaire à la magnétisation et au courant) des électrons polarisés de spin, par les centres diffuseurs responsables de la résistance. Cette théorie donne une représentation simple du mécanisme mis en jeu (couplage spin-orbite interbande) et surtout

donne directement le bon ordre de grandeur de l'effet.

Groupe de laboratoires de Gif-sur-Yvette

Centre des faibles radioactivités

Thèse de doctorat d'Etat

J.-C. Duplessy : attaché de recherche « la géochimie des isotopes stables du carbone dans la mer » 21 juin 1972.

Institut de chimie des substances naturelles

Un spectromètre de masse LKB 9000 comportant le couplage de la chromatographie en phase gazeuse avec la spectrométrie de masse a été installé à l'institut à titre de prêt jusqu'à la fin 1972.

L'institut est doté d'un nouveau spectromètre de résonance magnétique nucléaire de 90 MHz, équipé d'un accessoire pour transformation de Fourier qui permettra d'étudier la RMN de noyaux peu abondants naturellement, tels que le carbone C13 ou l'azote N15. Cet appareil commencera à fonctionner en novembre prochain.

Laboratoire de cytologie et de cytophysiologie de la photosynthèse

Thèse de doctorat d'Etat :

Régis Calvayrac, responsable du groupe de recherche « Euglènes » : « le cycle des mitochondries chez Euglena gracilis en cultures synchrones » - 30 juin 1972.

24 août 1972 : arrivée du professeur R. Tilney-Bassett du laboratoire de génétique de l'université de Swansea qui passera son année sabbatique au laboratoire et conduira un travail sur l'obtention et l'étude des mutants de mesotenum.

Laboratoire de physiologie pluricellulaire (équipe de recherche)

Une technique permettant d'obtenir facilement une quantité voulue de protoplastes d'*Asparagus*, d'*Ipomoea*, et de *Calystegia* a été mise au point. La particularité de cette technique est d'utiliser une méthode mécanique pour l'obtention de cellules séparées, puis une méthode enzymatique pour celle des protoplastes à partir de ces cellules séparées mécaniquement.

Groupe de laboratoires d'Orléans

Centre de recherches sur la physique des hautes températures

Le 21 septembre, Monsieur Hubert Curien, directeur général du C.N.R.S. et Monsieur J.-P. Bérard, directeur de

L'ANVAR ont présenté aux personnalités scientifiques, universitaires et industrielles, le premier four électrique à usage industriel ayant atteint mille heures de fonctionnement à haute température en atmosphère oxydante. Anne-Marie Anthony entourée de son équipe : K. Dembinski, L. Dupont, J.-L. Dinand, M. Faucher, a retracé les diverses étapes de cette invention. En atmosphère oxydante et à haute température (T supérieure à 1700 °C) aucun métal, du fait de sa mauvaise résistance à l'oxygène, ne peut être employé comme élément chauffant. L'originalité du four présenté consiste à utiliser les propriétés des oxydes réfractaires tels que la zircone stabilisée (Température de fusion 2700 °C), excellents isolants à froid, bons conducteurs à chaud, et de concevoir une forme d'éléments en céramique évitant toutes contraintes mécaniques et permettant aux amenées de courant d'être à 1500° quand l'élément atteint 2000°. Le four du type laboratoire a un élément cylindrique faiblement posé sur un tube. Le four à usage industriel doit s'adapter à tous les problèmes posés et permettre toutes géométries : c'est la raison du choix d'une brique comme module chauffant. Elle est taillée de telle façon qu'une de ses faces est chauffée par dissipation directe d'énergie électrique tandis que le reste de la brique sert de calorifugeage.

Le prototype présenté est du type « Tunnel » à 6 modules chauffants. Sa puissance est de 12 KW et sa cavité à haute température est de 220 x 110 x 25 mm³. Tandis que les fours, type laboratoire, ont pu atteindre des températures très élevées 2200 °C pendant un temps limité, le four type industriel est conçu pour une très grande durée de vie (plusieurs milliers d'heures) dans le domaine de température 1700 - 2000 °C en atmosphère oxydante.

Le four à usage industriel a été réalisé avec le concours financier du C.N.R.S. et de l'Anvar ; le four laboratoire est l'objet d'une licence française tandis que le four type « Tunnel », d'une licence japonaise. Cet exposé a été suivi d'une visite du centre organisée par M. le professeur F. Cabannes.

L'assistance a pu mesurer l'intérêt des recherches du centre et son équipement : jets de plasmas, fours à images d'arc, fours à induction, laser continu de 500 watts.

Centre de recherches sur la chimie de la combustion et des hautes températures.

Lors du 14e symposium international sur la combustion qui s'est tenu à State College (Pennsylvania - U.S.A.) du 20 au 25 août 1972 M. Delbourgo, directeur du centre a présenté une communication sur « La Mesure des profils de concentration des espèces stables et des températures dans une

flamme froide et une flamme de second stade. Leur utilisation dans l'établissement des vitesses globales de réaction et dans le choix d'un mécanisme de combustion et de transition satisfaisant », et M. J. Combourieu sur « la réaction des atomes d'hydrogène avec le dichlorométhane. Application à l'inhibition des flammes rapides et chaudes ».

Centre de biophysique moléculaire
Thèse de doctorat d'Etat :

Mme Monique Gobillon-Gervais : « détermination des domaines d'existence et étude structurale des mésophases présentées par les copolymères séquencés polystyrène-polyoxyéthylène. » - 15 septembre 1972.

Groupe de laboratoires de Strasbourg

Laboratoire des basses énergies

M. S.-L. Blatt, professeur à l'Ohio State University effectue un séjour d'un an au laboratoire.

Centres de Sciences Humaines de la région parisienne

Service de documentation et de cartographie géographiques

Au cours du dernier trimestre de 1972, le service poursuivra ses activités documentaires et cartographiques : en particulier celles relatives à l'établissement de cartes géomorphologiques de la France au 1/50 000ème et à l'élaboration des cartes faisant l'objet des conventions passées avec le ministère de l'environnement.

Il fournira en outre, à la demande, la reproduction sur diapositives des cartes faisant l'objet de ses recherches propres.

Institut de recherches et d'histoire des textes

Durant les deuxième et troisième trimestres de chaque année les recher-



Présentation du premier four électrique à usage industriel (Centre de recherches sur la physique des hautes températures).

ches sur les manuscrits littéraires médiévaux connaissent une progression accélérée car ils apportent les résultats des missions effectuées en France et à l'étranger. Citons, pour les manuscrits occidentaux, les enquêtes de la section latine sur les manuscrits des classiques latins de la Bibliothèque Vaticane (le tome Ier du Catalogue va partir à l'impression); une mission à l'île de Patmos, chargée de décrire des manuscrits grecs; un séjour à la Fondation Bodmer à Genève pour le catalogue des manuscrits en ancien français.

Pour les manuscrits orientaux, mentionnons les recherches sur les recueils bibliographiques et historiques arabes conservés au Liban, recherches destinées à accroître la documentation de l'Onomastique arabe; l'inventaire des manuscrits de la Bible hébraïque appartenant aux bibliothèques d'Italie; le catalogue des manuscrits hébreux datés (le tome Ier de l'Album paléographique a paru en septembre).

En dehors des sections linguistiques, l'histoire des bibliothèques anciennes a bénéficié d'une mission codicologique à la bibliothèque municipale de Troyes, et les catalogues des cartulaires et des obituaires de la France, de diverses recherches dans le midi de la France et en Italie.

Dans le domaine de la documentation automatique, la participation de l'I.R.H.T. au stage de formation organisé à l'I.M.A.G. de Grenoble a été aussi importante que les années précédentes.

Service de recherches juridiques comparatives

Le service de recherches juridiques comparatives s'est installé dans les locaux mis à la disposition du centre de recherches pluridisciplinaires d'Ivry. Son adresse est dorénavant la suivante : Service de recherches juridiques comparatives, C.R.P. - 27, rue Paul Bert, 94-IVRY. Tél. : 672-71-38.

Dans le cadre des activités générales du service, un centre de documentation spécialisé dans le domaine du droit et de l'organisation administrative des pays de l'Est et de la Chine fonctionne depuis le 1er octobre 1972. Il est ouvert aux spécialistes de ces problèmes, qui peuvent venir y consulter des ouvrages et des revues.

Centre d'études sociologiques

Le centre d'études sociologiques poursuit sa mission d'assistance technique aux sociologues. Dans ce cadre, il se propose, au cours du dernier trimestre de l'année 1972 :

- d'accroître ses collections de périodiques et d'ouvrages et sciences sociales pour répondre aux vœux de ses usagers;
- de poursuivre le rassemblement de données, en particulier d'exploiter, au titre de l'analyse secondaire, des enquêtes réalisées par l'I.N.S.E.E., portant sur la mobilité professionnelle,

in pur le C.R.E.D.O.C. relatives aux souhaits du personnel de la régie Renault en matière de salaires et de temps de travail ou de loisir.

— enfin, de développer des activités dans le domaine de l'information et de la documentation en recherchant les documents hors commerce consacrés aux sciences sociales et en mettant à la disposition des chercheurs pour effectuer, à la demande, des recherches bibliographiques dans le secteur des sciences sociales.

Centre d'histoire des sciences et des doctrines

Le centre d'histoire des sciences et des doctrines accueillera, à partir du 16 septembre 1972 de nouveaux chercheurs appartenant aux équipes de recherche de Mademoiselle Bachelard et de Monsieur Ricœur.

Laboratoire Aimé Cotton Orsay

Thèse de doctorat d'Etat :

Paul Luc, attaché de recherche : « étude expérimentale et théorique des structures hyperfines d'un multiplet du manganèse ». Dans l'interprétation des constantes de structure hyperfine, un phénomène important de polarisation du cœur a été mis en évidence. Certaines raies étudiées avaient été déjà observées en absorption dans le spectre solaire ». 27 juin 1972.

Institut d'astrophysique Paris

Au cours de la récente éclipse totale de Soleil du 10 juillet 1972, un effort concerté entrepris avec une équipe de l'Université de Kiev (URSS) a permis l'observation de la couronne et de l'environnement solaire. Un appareillage standard, spécialement conçu pour cette observation et mis en place presque simultanément par 2 équipes, a permis l'obtention de clichés « pondérés » de la couronne dans la région d'Anadyr (Extrême-Orient Soviétique). Cette observation présente d'autant plus d'intérêt, qu'elle se situe au voisinage d'une recrudescence assez inattendue de l'activité solaire. L'expérience tentée n'a pu, cependant, être entièrement couronnée de succès, car les conditions atmosphériques étaient mauvaises au Canada, où était implantée la seconde équipe (R.C.P. 273). Ces observations seront renouvelées au cours de la prochaine éclipse totale du 30 juin 1973, l'une des plus longues du siècle, qui sera visible en Mauritanie et au Niger et où les conditions atmosphériques seront presque idéales.

Laboratoire d'automatique et de ses applications spatiales Toulouse

Thèse de doctorat d'Etat :

M. C. Domenech : « analyse des capteurs inductifs de trafic application à la détection des variables caractérisant le trafic urbain ». 27 juin 1972. M. Lagasse a présenté le poste de conduite de la circulation automobile à M. Chamant, ministre des transports lors de sa visite à Toulouse au début du mois de juillet.

M. le Professeur B. Carré de l'université de Southampton, spécialiste des études liées aux théories de la recherche opérationnelle a été reçu au laboratoire le 15 septembre où il séjournera un an.

Le laboratoire a présenté le simulateur de trafic à l'exposition Sonimag qui s'est déroulée du 14 au 22 octobre 1972 à Barcelone (Espagne).

Centre de documentation de sciences exactes et naturelles Paris

Système Pascal : une diffusion sélective de documentation à l'aide de l'ordinateur a débuté sur 26 sujets demandés par divers utilisateurs individuels. Quarante bandes magnétiques sont traitées ainsi chaque mois. Par ailleurs, des sélections portant sur 23 sujets selon des profils de groupe sont diffusées à plus de 200 utilisateurs.



Un des clichés obtenus le 10 juillet 1972, à 18 h 46 min 30 s T.U., à Anadyr (URSS), montrant la couronne solaire éclipsee. Film Ektrapan Kodak ; temps de pose 1/2 s ; microscope standard F = 3 M, $\phi = 30$ mm avec compensateur de gradient L.A.P. M.T.O. (France). (Le Nord est en haut).

Bibliothèque : la liste des revues reçues à la bibliothèque a été enregistrée sur ordinateur et la première édition est parue en juin (10 000 titres).

Microédition : le Centre de documentation, l'Association des universités partiellement ou entièrement de langue française (AUPELF), la bibliothèque nationale et la Société editrice France expansion, ont entrepris l'édition sur microfiches des archives de la linguistique française (400 ouvrages anciens de linguistique).

Depuis le début de 1972, les bibliographies du Bulletin Signalétique paraissent également sous forme de microfiches.

Coordination sur contrat de la DGRST, le recensement de toutes les publications bibliographiques paraissant en France vient d'être exécuté. D'autre part le recensement des vocabulaires et thésaurus de langue française (France et Canada) est réalisé dans les secteurs agricoles et se poursuit dans les autres domaines.

Service d'analyse des gaz Paris

Devant l'importance croissante des matières plastiques, de nombreux travaux ont été entrepris pour rechercher la nature des composés susceptibles de prendre naissance au cours de leur combustion (destruction des déchets ménagers et industriels, incendies, etc.), en opérant dans des atmosphères analogues à celles d'un foyer. Les polymères pour lesquels les résultats ont été publiés sont les suivants : polychlorure de vinyle (PVC), polyéthylène, polypropylène, polystyrène, plastiques azotés (mousses souples et rigides).

En plus des gaz qui constituent les atmosphères résiduelles des foyers de combustion (CO_2 et CO), des hydrocarbures ont été identifiés en quantités variables : aliphatiques saturés (de C_1 à C_{10}), éthyléniques (de C_2 à C_4) et aromatiques (benzène, toluène). Il convient ainsi de noter plus spécialement la libération totale du chlore constituant du PVC sous forme d'acide chlorhydrique des 300 °C (environ 350 l d' HCl gazeux par kg) ; ainsi que le dégagement d'acide cyanhydrique pouvant atteindre 30 litres par kg avec certains échantillons de polymères azotés.

D'autre part, dans tous les cas, il y a formation d'aérosols donnant naissance à des goudrons constitués principalement d'hydrocarbures polycycliques à noyaux condensés : du naphthalène à l'hexacène, pyrène et benzopyrène, phénanthrène, chrysène, pérylène, acénaphthylène, coronène, ovalène, etc. (près de 70 rien que pour le polyéthylène).

Les résultats montrent l'importance qu'il faut accorder à la libération de certains de ces composés dans l'environnement en raison de leur toxicité aiguë ou à long terme (notamment pouvoir cancérogène), des risques d'explosion et de leur action corrosive (PVC).

Il apparaît donc indispensable de perfectionner les procédés de destruction des déchets par incinération (épuration et neutralisation des effluents) et de sélectionner les polymères entrant dans la construction, l'habitat et les véhicules, selon la nature des produits susceptibles de se dégager par combustion.

Centre d'études de géographie tropicale Talence

— En septembre-octobre 1970, le C.N.R.S. avait organisé au centre, avec le concours de l'O.R.S.T.O.M., un colloque international sur « la croissance urbaine en Afrique noire et à Madagascar ». Les travaux du colloque viennent d'être publiés sous forme d'un ouvrage en deux tomes, d'un total de 1100 p. Il rassemble les 58 communications présentées à cette occasion, les 15 rapports généraux qui en ont fait la synthèse, les discussions auxquelles ils ont donné lieu, ainsi que les allocutions officielles qui ont précédé et suivi les séances. Les spécialistes et tous les géographes trouveront là une abondante documentation sur un sujet dont l'actualité est évidente.

— Dans sa collection « Travaux et documents de géographie tropicale », le centre fait paraître, (septembre - octobre 1972), un numéro intitulé « La répartition des pluies et les régimes pluviométriques au Cameroun » (par J.-B. Suebel), et une bibliographie sur « La croissance urbaine en Afrique noire et à Madagascar » (plus de 4 600 références), réalisée par l'équipe des chercheurs et des documentalistes du Centre. D'autres numéros sont en préparation.

Centre d'hématologie Toulouse

L'Organisation mondiale de la Santé a organisé à La Paz (Bolivie) du 25 au 29 juillet un « congrès international sur la physiologie humaine en altitude et ses conséquences médico-sociales » dans le cadre de l'Institut Boliviano de Biología de Altura. Au cours de ce colloque les anthropologues, biologistes et médecins d'une vingtaine de pays ont fait le bilan des travaux effectués depuis 1964 dans les Andes et

auxquels le centre et les R.C.P. n° 87 et 293 ont largement contribué.

Centre d'études d'océanographie et de biologie marine Roscoff

Thèse de doctorat d'Etat :

M. J.-R. Grall, attaché de recherche : « recherches quantitatives sur la production primaire du phytoplancton dans les parages de Roscoff ».

Le « Pluteus II », bateau océanographique de la Station Biologique de Roscoff, a effectué au cours de l'été une série de missions en Manche et dans le secteur Ouest-Bretagne. Ces missions ont permis de réaliser des prospections benthiques et d'étudier les formations sableuses (dunes hydrauliques) disséminées au nord et à l'ouest de la Bretagne à des profondeurs variant entre 10 et 80 mètres. Une campagne d'observations directes des peuplements et des fonds de la Manche orientale à l'aide d'un appareil de télévision sous-marine a été menée en outre du 31 juillet au 9 août.

Centre de recherches pétrographiques et géochimiques Vandœuvre-les-Nancy

Géochronologie : Des âges radiométriques de 2 500 millions d'années viennent d'être mis en évidence dans les formations granitogneissiques du Nord Cotentin et des îles Anglo-normandes (par la méthode Rubidium-Strontium). Ces résultats nouveaux reculent de 1 500 millions d'années les premiers événements décelés dans l'histoire de la croûte continentale la plus ancienne que l'on connaisse en Europe occidentale, celle du Massif Armorica. Issus d'une coopération du Laboratoire de Géochronologie du CRPG avec l'université de Keele (G.-B.), ils ont été présentés à la réunion annuelle des géochronologistes européens (Heidelberg, Septembre).

Géochimie : mobilité des fluides et migrations de matière dans les zones profondes de l'écorce terrestre. Le remplacement des silicates hydroxylés par des silicates anhydres dans les zones profondes ultramétamorphiques témoigne de mouvements ascensionnels des fluides vers les zones plus superficielles. Les recherches entreprises au CRPG sur les fluides piégés en micro-inclusions dans les minéraux confir-

ment ce départ et montrent que les fluides rémanents sont presque dépourvus d'H₂O et constitués essentiellement de CO₂.

Les couches profondes de l'écorce perdent-elles, avec l'eau qui s'évade vers le haut, une certaine quantité d'éléments mobiles (U, Rb, K) qui viendraient enrichir les couches plus superficielles, à la manière d'une séparation chromatographique ? Sur ce thème, encore controversé, des recherches ont été menées en Norvège méridionale au moyen de très nombreuses analyses de roches permettant une approche statistique. Les éléments majeurs à forte énergie de liaison dans les réseaux silicatés ne semblent pas déplacés de manière sensible. Les recherches se poursuivent sur les traces (participation du CRPG à la RCP 193 « Scandinavie ». Publications groupées sous presse dans la revue « Sciences de la Terre »).

Informatique géologique. Un « Traité d'Informatique géologique » vient de sortir de presse chez Masson. Cet ouvrage a été préparé sous la direction de Pierre Laffitte (Ecole des Mines de Paris) avec la participation de l'équipe d'informaticiens du CRPG. Cette équipe assure par ailleurs depuis trois ans des sessions de recyclage pour ingénieurs géologues, sous l'égide de l'Ecole nationale supérieure de géologie. Les communications relatives aux journées d'études du C.N.R.S. (décembre 1971) sur les « relations entre le traitement automatique et la visualisation de l'information géologique » paraîtront dans un numéro spécial de la revue « Sciences de la terre ».

Étalons de référence pour l'analyse des roches, minéraux et minerais. Ce groupement spécialisé constitué au sein de l'Association nationale de la recherche technique (groupe 35A attaché à la commission « Matières Premières Minérales ») assure la programmation concertée et l'étude coopérative d'une gamme d'étalons analytiques dont le CRPG prend en charge la réalisation. Ce groupe réunit actuellement 60 laboratoires français « adhérents » et 70 laboratoires étrangers « associés ». Depuis la création du Groupement en 1966, 10 étalons (diopside DR-N, serpentine UB-N, bauxite BX-N, disthène DT-N, granites GR, GH et GA, basalte BR, biotite MICA-Fe, phlogopite MICA-Mg) ont été diffusés. La dernière production en cours, destinée aux contrôles d'analyses de traces, est un verre synthétique silico-alumineux VS-N, de composition phonolitique, dans lequel 28 éléments ont été introduits à l'état de trace de manière homogène au niveau de 1000 ppm. La réunion annuelle 1972 du Groupement est organisée conjointement par le CRPG et le Centre de Sédiméto-logie et de Géochimie de la Surface (Nancy-Strasbourg, 26-27 Octobre).

Centre de recherches physiques Marseille

Thèse de doctorat d'Etat :

M. Claude Garanhès : « étude de la modulation d'amplitude consécutive à la diffusion d'une onde acoustique par une surface agitée » 19 septembre 1972.

Laboratoire de visualisation

Interaction onde de choc-Tourbillon : dans le cadre de l'étude des bruits d'origine aérodynamique et parallèlement aux travaux sur les champs acoustiques associés aux jets gazeux, une étude a été entreprise sur la création d'une onde sonore et d'un tourbillon isolé.

Cette étude est menée dans le grand tube à choc de 18 mètres (12) du laboratoire. Le tourbillon isolé est produit par un écoulement d'air subsonique sur un profil d'aile incliné à 5°. L'onde de choc primaire se propageant dans la chambre basse pression du tube, se réfléchit sur le fond et vient rencontrer, dans le champ d'observation, le tourbillon détaché du bord de fuite de la maquette. L'onde sonore cylindrique résultante, centrée sur le tourbillon, présente des caractères remarquables notamment un déphasage continu. Ce travail fait l'objet de la préparation d'une thèse d'Ingénieur-Docteur. Il donne lieu au montage d'un film, en 16 mm avec un ralenti de 200 000 fois, qui sera projeté lors de prochains Congrès.

Centre d'études phytosociologiques et écologiques Louis Emberger Montpellier

Sur l'invitation du comité des Etats-Unis du Programme biologique international, les chefs de sections suivants du centre ont participé aux travaux de synthèse (au niveau mondial) des résultats du P.B.I., dans le cadre de plusieurs séances de travail qui se sont tenues (en août, début septembre) :

— MM. Eckardt et Godron à Fort Collins (Colorado) : biomes formations herbacées ;

— M. Lussaint à Oak Ridge (Tennessee) : biome forêts ;

— M. Lung à Logan (Utah) : biome déserts.



Rencontre d'une onde de choc plane et d'un tourbillon donnant naissance à une onde acoustique (Centre de recherches physiques).

Centre d'études des techniques chirurgicales Paris

Un appareil, destiné à la mesure précise de la vitesse et du débit sanguin dans les vaisseaux a été conçu et réalisé par l'équipe de P. Peronneau, ingénieur ISEP, docteur-ingénieur, chargé du département d'électronique du Centre.

Le principe original associe une émission ultrasonore pulsée et, par une porte électronique, une sélection en temps, c'est-à-dire en distance, des échos reçus. L'information sur la vitesse est obtenue en analysant l'effet Doppler en un petit volume repérable de la veine liquide, ce qui permet le relevé du profil de vitesse instantanée et moyenne, sans interférence avec l'écoulement, (cathéter extravasculaire). Après l'étude d'un appareil à porte unique, opérationnel depuis 1969, un appareil plus élaboré vient d'être mis au point. Il permet le relevé en temps réel du profil instantané de vitesse par la mesure simultanée de 16 vitesses le long du diamètre observé ainsi que l'obtention des composantes longitudinale et radiale du vecteur vitesse par jumelage de deux canaux et le calcul en ligne du débit instantané par intégration des vecteurs vitesses.



Mesure de débit coronarien sur le chien.

Des applications expérimentales entièrement originales sont ainsi rendues possibles pour l'analyse de l'écoulement sanguin dans les vaisseaux normaux et pathologiques (sténose, dilatation, valves artificielles). Par exemple une étude des profils d'écoulement a été faite au niveau de la veine porte avant et après anastomose porto-cave.

Des mesures peuvent être facilement effectuées au cours de chirurgie cardiovasculaire humaine : une première série de mesures per-opératoires a été effectuée sur des pontages aorto-coronariens destinés à la revascularisation des cœurs souffrant d'oblitération coronarienne.

Il est également possible d'installer un émetteur-récepteur Doppler en bout de cathéter ; cela permettrait une étude précise de l'écoulement sanguin en cours d'exploration fonctionnelle par cathétérisme vasculaire. Enfin, la méthode permet l'approche quantitative par voie transcutanée des débits dans les vaisseaux périphériques.

Laboratoire de physique cosmique

M. Maze : aide individuelle

Le 3e Symposium Européen sur les rayons cosmiques (Section grandes gerbes et hautes énergies) organisé par le Laboratoire s'est tenu à l'Institut d'Astrophysique de Paris du 11 au 15 septembre dernier.

Ce congrès a réuni 67 participants de 14 pays.

Après l'allocation d'ouverture du Pr. Leprince-Ringuet les participants ont entendu pendant la semaine plus de cinquante communications.

Ces dernières ont concerné essentiellement deux centres d'intérêt : d'une part le problème des sources et de l'accélération des particules aux très hautes énergies dérivant des informations tirées de l'étude des grandes gerbes de l'air en montagne ou au niveau de la

mer. D'après les résultats les plus récents obtenus notamment grâce à l'installation de Verrières, on a pu démontrer que les rayons cosmiques primaires sont constitués en très grande majorité de protons. On persiste à penser que les particules douces des plus hautes énergies ($> 10^7$ eV) proviennent de l'extérieur de notre galaxie.

En effet, bien que l'on ait imaginé des modèles pouvant expliquer l'accélération de telles particules par les pulsars (galactiques), il a été impossible jusqu'à présent d'expliquer ainsi leur spectre d'énergie ; enfin subsiste l'argument majeur contre l'origine galactique qu'est l'absence d'anisotropie significative.

Les échanges de vue ayant trait au problème de la physique des hautes énergies se sont déroulés dans la perspective du modèle du « scaling » de Feynmann. Bien que les physiciens travaillant sur les données des accélérateurs aient tendance à croire en la validité de ce modèle, il apparaît au-delà de 1000 GeV un certain nombre de difficultés pour lui concilier les résultats expérimentaux obtenus par l'étude des grandes gerbes. En effet, des conséquences fondamentales de ce modèle ne semblent pas se vérifier aux plus hautes énergies : la croissance logarithmique de la multiplicité des particules secondaires avec l'énergie et la constance du moment transverse moyen à 0,4 GeV/c. Cette loi de croissance de la multiplicité est en effet très insuffisante pour rendre compte du contenu muonique des gerbes ; d'autre part, il existe des indications convergentes pour une augmentation lente des moments transverses aux énergies supérieures à celles atteintes jusqu'alors dans les anneaux de stockage des accélérateurs.

Il est donc possible que les données expérimentales fournies par les grandes gerbes conduisent dans l'avenir au rejet du modèle de Feynmann. Après quelques années difficiles, il n'est pas douteux que l'étude du rayonnement cosmique de très haute énergie connaisse un renouveau d'intérêt. Cette science, lien entre l'astrophysique et la physique de hautes énergies, est en mesure de fournir aux spécialistes des deux domaines des informations fondamentales.

Il apparaît à l'évidence que dans le cheminement vers la compréhension des phénomènes aux très hautes énergies il n'y a pas de « concurrence » entre « l'accélérateur naturel » et les machines de plus en plus puissantes. Comme l'a déclaré le Professeur Leprince-Ringuet, dans son allocution d'ouverture, la montée en énergie des machines est au contraire la cause d'un rapprochement entre les physiciens des deux domaines dont les préoccupations tendent à s'identifier.

Université Louis Pasteur Strasbourg

Les Séminaires sur les fondements des sciences de l'Université Louis Pasteur sont nés, voici à peu près deux ans, d'une convergence de préoccupations de chercheurs, d'enseignants et d'étudiants de disciplines différentes. Des scientifiques — en l'occurrence surtout des physiciens, des chimistes et des mathématiciens — s'interrogeant sur leur discipline et sur son évolution récente, voire sur ses liens avec d'autres matières et sur sa place dans l'ensemble des connaissances, découvraient l'importance, pour la comprendre et l'interpréter, d'une étude critique de la formation et de l'évolution de ses concepts, du mode opératoire de cette connaissance précise, et de son ancrage historique-social. D'un autre côté, des philosophes, affrontés à des problèmes tels que ceux de la théorie de la connaissance, de la place et du rôle de la science — ou des sciences — réalisaient qu'ils manquaient de données, voire de formation de base, dès qu'ils abordaient les problèmes scientifiques d'un peu près. Or, comment pratiquer l'examen critique des théories philosophiques ou métaphysiques requises à l'évidence par la « révolution du savoir scientifique » sans prendre exactement la mesure de celle-ci ? Ces préoccupations étaient ou ne peut plus complémentaires : de leur rencontre naquit l'idée de séminaires sur « les fondements des sciences ».

Il n'était pas question de se contenter d'une simple juxtaposition de points de vue et d'expériences, même de caractère multidisciplinaire, qui resterait dans le général et le vague. Il fallait au contraire que les uns et les autres acquièrent peu à peu une certaine pratique épistémologique sur des problèmes précis ; mais le manque de temps de chacun aussi bien que le manque de formation et d'habitude de ces problèmes interdisaient de songer à constituer dans l'immédiat des groupes d'études proprement créateurs. C'est pourquoi les séminaires, s'ils furent conçus comme une sorte de préparation à un travail futur de ce type, s'attachèrent surtout à tenter une information sur ces problèmes et une formation à ceux-ci, en se restreignant à l'étude de quelques questions bien circonscrites. Les séminaires ont été animés par J. Leite Lopes, H. Barreau, G. Monod et moi-même ; ils se sont tenus au laboratoire de physique théorique, au Centre de recherches nucléaires de Strasbourg.

L'essentiel des travaux des deux années écoulées a porté d'une part sur les problèmes de l'espace et du temps en physique et sur leur évolution, des idées présocratiques de Zénon et d'Aris-

tote aux conceptions d'Einstein, ce qui amenait inévitablement à aborder la question de la constitution de la mécanique (d'où l'intérêt porté aux contributions décisives de Galilée, de Newton, de Leibniz...) ; d'autre part, sur un examen des concepts fondamentaux de la mécanique quantique. Ces sujets n'ont évidemment pas été épuisés pour autant, et le programme ultérieur est envisagé dans cette même direction. Mais ceci n'exclut pas l'abord d'autres questions importantes — plusieurs ont déjà fait l'objet d'exposés — par exemple certaines posées par la chimie, par les mathématiques et leur liaison à la réalité physique, par la biologie ; ainsi que les problèmes d'épistémologie et de gnéologie à un plan plus général, et leurs implications idéologiques.

On se heurte, dans ce genre d'activité, à un problème majeur : celui de la communication d'une discipline à l'autre ou plus généralement celui de la divulgation du savoir, c'est-à-dire aux problèmes de l'enseignement et de la pédagogie. Ils ne seront pas absents des préoccupations des séminaires. Il n'est pas besoin de préciser que ceux-ci, tout en désirant s'astreindre à des problèmes bien définis et se perdre aussi peu que possible dans des généralités, sont ouverts à tous ; les exposés sont suivis — parfois entrecoupés — de dialogues et confrontations extrêmement libres.

L'intérêt que l'existence de ces séminaires a d'ores et déjà suscité démontre, s'il en était besoin, l'importance et l'urgence de ces préoccupations et de ce genre d'études qui sont encore — il est dommage d'avoir à le rappeler — à peu près ignorés et absents en France, au plan institutionnel tout au moins ; quant aux travaux individuels existants, les Séminaires y ont eu et y auront le plus grand recours.

Le programme pour l'année 1972-73 sera divulgué ultérieurement. La publication éventuelle de quelques uns des conférences sera également annoncée.

Constructions et équipements

Ouverture de chantiers

Bellevue : aérothermique, réaménagement de locaux anciens (juillet 1972).
Strasbourg : extension du laboratoire Van de Graff impéreur (I.N.S.P.) (juin 1972).
Strasbourg : laboratoire de préparation des sources (juillet 1972).
Grenoble : extension du centre de recherches sur les très basses températures (juin 1972).

Région provisoire de bâtiments

Gif : centre d'études de physiologie nerveuse (avril 1972).
Strasbourg : laboratoire de hautes énergies (avril 1972).
Orsay : extension du laboratoire de spectrométrie nucléaire (juin 1972).
Orléans : centre d'analyse par activation (lère tranche - mai 1972).

A L'AFFICHE

La vie des laboratoires

Groupe de laboratoires de Gif-sur-Yvette

Laboratoire des hormones polypeptidiques.

Les 2 et 3 novembre 1972, se tiendra à Gif-sur-Yvette une réunion des participants à l'action complémentaire coordonnée de la D.G.R.S.T. « biologie de la reproduction et du développement ».

Ce colloque aura pour thème : « la régulation hormonale et nerveuse des fonctions de la reproduction et mécanismes d'action des hormones sexuelles ».

Le responsable de l'organisation de cette réunion, M. Marian Jutisz, recevra l'inscription de toutes les personnes intéressées par ce sujet, qui désireraient participer à ce colloque et prendre connaissance du programme. Les demandes doivent être envoyées au : Laboratoire des Hormones Polypeptidiques C.N.R.S. 91190 — Gif-sur-Yvette.

Centres de sciences humaines de la région parisienne

Les services de l'administration du groupe des centres de sciences humaines seront transférés à Ivry le 1er janvier 1973.

Ils occuperont une partie des locaux du centre de recherches pluridisciplinaires qui lui est rattaché.

Institut d'archéologie méditerranéenne

Laboratoire associé

L'institut organisera, en collaboration avec le Centre d'Analyse Documentaire pour l'Archéologie, une table ronde consacrée aux applications à l'épigraphie des méthodes informatiques, le 8 décembre 1972, 31, chemin Joseph Aigvies 13 — Marseille.

Le but de cette réunion est triple. D'une part, évoquer et recenser les problèmes de tous ordres rencontrés par les épigraphistes dans l'étude et l'exploitation du matériel considéré : collecte, recensement, lecture, interprétation, édition, tabulation, diffusion, etc. ; d'autre part, faire apparaître les conséquences naturelles d'un appel à l'informatique pour résoudre certains de ces problèmes : constitution d'un certain nombre d'outils d'analyse susceptibles de prendre en compte les informations considérées

comme pertinentes (propriétés graphiques, orthographiques et plus généralement linguistiques des textes : données relatives au contexte archéologique : lieu, date, support, matériaux, dimensions, etc. ; éléments de contenu, thématique et éléments spécifiques, etc.) ; mise au point d'outils de diffusion (éditions des textes, constitution de tables et d'indices, système de questions-réponses, etc.). Enfin, examen approfondi des solutions proposées et des résultats obtenus à propos d'un « corpus restreint » (inscriptions d'Afrique du nord concernant les vétérans), au terme de travaux menés conjointement par l'Institut d'Archéologie Méditerranéenne, le Centre d'Analyse Documentaire pour l'Archéologie, les Unités d'Enseignement et de Recherche d'Histoire et de Lettres Classiques de l'Université de Provence, en vue de l'exploitation automatique du C.I.L. Organisateur : M. Michel Janon, Institut d'Archéologie Méditerranéenne — 29, avenue R. Schuman, 13 — Aix-en-Provence.

Rencontres

Tables rondes du C.N.R.S.

3 - 4 novembre

Dijon — Table ronde sur « l'analyse économique spatiale et géographie théorique » organisée par M. Claude Ponsard, directeur de l'Institut de Mathématiques Économiques de l'université de Dijon.

15 - 16 décembre

Paris — Table ronde sur « la pensée institutionnelle de Léon Blum (trois étapes : 1919 - 1936 - 1946) » organisée par M. René Remond, professeur à l'université de Paris X.

Exposition

Pour célébrer le centenaire de la naissance de Paul Langevin, le Palais de la Découverte présente une exposition : « La vie et l'œuvre de Paul Langevin » du 19 septembre au 19 novembre 1972. Après avoir rappelé rapidement la vie, la carrière scientifique et les activités diverses du grand physicien, l'exposition développe les thèmes les plus importants de son œuvre scientifique sur l'ionisation des gaz, le magnétisme, la relativité, les ultra-sons, l'holographie acoustique, la gravitation universelle.

Diverses expériences illustrent certains

de ces thèmes. Une place est faite aux applications industrielles issues de ces travaux.

Manifestations scientifiques

Congrès sur la chromatographie en phase liquide sur colonne

Ce congrès organisé du 2 au 4 mai 1973 à Interlaken, comportera quatre sections consacrées : — aux méthodes de préparation des colonnes et à l'étude de leurs performances ; — aux problèmes de sélectivité et aux mécanismes de rétention ; — à l'appareillage ; — aux applications.

Les personnes désirant participer à ce congrès devront adresser un résumé avant la fin de l'année et le texte complet des mémoires avant la fin du mois d'avril 1973 afin d'être publiés dans un numéro spécial du journal of chromatography à M. Guiochon — laboratoire de chimie analytique physique — école polytechnique, 17, rue Descartes, Paris 5e.

Le texte pourra être en français mais la présentation devra être faite en anglais.

Séminaires de chimie de l'état du solide

Les Séminaires 1972-1973 auront pour thème central « l'infrarouge en chimie des solides ».

Ce thème comprendra, d'une part, la caractérisation infrarouge des solides minéraux et organiques et, d'autre part, l'étude des matériaux utilisés dans les dispositifs infrarouges (transmission, détection, modulation).

Les Séminaires, placés sous l'égide du professeur P. Tarte de l'université de Liège se dérouleront sur deux jours. Les personnes susceptibles d'y exposer des travaux de recherches originaux sont priées de se mettre en rapport avec M. Suchet, B.P. 62, 92140 — Clamart.

Divers

Prix

La Fondation Professeur Lucien Dautrebande décernera dans le courant de l'année 1973, un prix international d'environ 500 000 F belges destiné à récompenser une œuvre de physiopathologie humaine ou animale ayant de préférence des implications thérapeutiques.

Les candidatures accompagnées des différents documents prévus au règlement et notamment d'une brève synthèse des travaux doivent être adressées avant le 31 décembre 1972, au siège de

la fondation, 35, chaussée de Liège à Huy, où tous renseignements peuvent être obtenus.

Bourses d'études en Grande-Bretagne

Bourses pour l'année 1973-1974 : des bourses d'études de longue et courte durée pour l'année académique 1973-1974, sont offertes par le British Council à des chercheurs de toutes disciplines, diplômés (maîtrise, agrégation, doctorat ou équivalent) et desirant poursuivre des recherches en Grande-Bretagne. Pour bénéficier de ces bourses une bonne connaissance de la langue anglaise est indispensable. Date limite de dépôt des dossiers de candidature :

— Bourses de longue durée : 17 décembre 1972.

— Bourses de courte durée : 31 janvier 1973.

Pour tous renseignements écrire à :
The British Council, 36, rue des Ecoles
75005 Paris ou 2bis, allée F.-Verdier,
31 — Toulouse.

Enseignements universitaires dans le domaine des animaux de laboratoire

Ces enseignements, organisés par l'université de Paris Val de Marne s'adressent aux aides de laboratoires, aux techniciens, aux étudiants des facultés et aux titulaires de diplômes supérieurs, et comprennent des exercices théoriques et pratiques. Ils sont tous sanctionnés par des diplômes obtenus à la suite d'examen. Le certificat d'études supérieures de biologie et pathologie des animaux de laboratoire est reconnu sur le plan national dans le cadre de la maîtrise de biologie humaine.

Tous ces enseignements sont dispensés à la faculté de médecine de Créteil sous la direction du professeur J.-C. Friedmann.

Les renseignements concernant les programmes sont donnés par le service de pathologie comparée, faculté de médecine, 6, rue du Général Sarrail, 94 — Créteil — Tél. : 207-51-41, poste 49-51.

Pour les inscriptions au titre de la formation professionnelle continue, s'adresser au Secrétariat de la formation professionnelle continue, université de Paris, Val-de-Marne, avenue du Général de Gaulle, 94 — Créteil. Tél. : 899-28-99, poste 7.

Création d'un comité des sciences de l'information et de la communication.

A l'initiative de la Commission pédagogique nationale des Instituts universitaires de technologie (départements des carrières de l'information), près de cinquante universitaires, avec qui des

contacts préalables avaient pu être pris, se sont réunis à Paris le 25 février 1972 sous la présidence de M. Robert Escarpit, professeur à l'Université de Bordeaux III.

Ils ont décidé la création d'un Comité des sciences de l'information et de la communication, qui vise à regrouper les enseignants et chercheurs en ces matières.

Celles-ci incluent notamment, parmi les disciplines fondamentales : la sémiologie, la théorie de l'information, l'histoire de l'information, la sociologie de l'information et de la communication, la sociologie de la littérature, l'étude des communications de masse, l'étude des systèmes juridiques, politiques et économiques de l'information. Elles recouvrent aussi des sciences appliquées, comme la bibliologie, la documentologie, l'iconologie, la filmologie, les études de presse, les études des moyens audiovisuels, la technologie des moyens d'information, les sciences du spectacle, les études de publicité et de marketing, les études de relations sociales, de relations publiques et de communications dans le monde économique et social, les études de techniques d'expression, les études d'animation socio-culturelle.

Le Comité se propose notamment de renforcer les liens entre les spécialistes de ces disciplines et d'améliorer entre eux les échanges d'informations ; de faire reconnaître leur place dans les institutions universitaires et dans les organismes responsables de la recherche ; d'assurer leur représentation dans les institutions françaises compétentes, et de faciliter leurs relations avec les institutions étrangères et les organisations internationales ; de stimuler entre eux une coopération tendant à améliorer les méthodologies et à enrichir la matière de leurs études. Le Comité actuel, est provisoire. Il a déjà entrepris diverses démarches en direction des objectifs qui lui ont été assignés et rédigé les statuts d'une association (loi de 1901), ouverte à tous les enseignants et chercheurs travaillant dans le domaine qu'il veut couvrir.

Son siège social se trouve à la maison des sciences de l'homme, 54, boulevard Raspail, 75 — Paris 6e. C'est là que doit être adressée la correspondance (à l'attention de M. Jean Meyriat Bureau 460).

Création de l'Arabel

Association pour la recherche et les applications biologiques et médicales de l'électronique.

L'Association Arabel a pour but de réunir toutes informations et documentations utiles, relatives aux applications biologiques et médicales de l'électronique et plus généralement de la physique, d'en assurer la diffusion et de favoriser l'échange des informations et opinions, ainsi qu'une meilleure connaissance publique des sciences et des techniques du génie biologique et médical ainsi que des problèmes qui peuvent s'y rapporter.

Pour atteindre ce but, la revue électronique a été créée et, chaque fois que les membres de l'Arabel le jugeront utiles, des expositions, des conférences et des colloques seront organisés.

L'Arabel est ouverte à tous les ingénieurs, chercheurs, techniciens ou administratifs, appartenant à des organismes de l'Etat, qui désirent participer à ses activités.

Une première réunion d'information et d'échange de vues sera organisée dès que des contacts auront été réalisés en nombre suffisant.

Ecrire à M. Jean-Claude Moreau, ingénieur au C.N.R.S. 5, square Verranne, 77 — Cesson-La-Forêt ou téléphoner dans la journée au 589-36-62.

La Station d'Etudes en Baie de Somme

La Station d'Etudes en Baie de Somme créée par décision du Conseil de l'Université de Picardie en décembre 1971 est actuellement en mesure d'accueillir les chercheurs, les stagiaires et d'une manière plus générale toutes les personnes intéressées par le vaste programme de recherches entrepris par la Station : recherches hydrogéologiques, géomorphologiques et sédimentologiques ; algologie, mycologie et cartographie de la végétation ; lépidoptérologie et ornithologie.

Indépendamment de sa mission propre de recherche fondamentale et appliquée, la Station d'Etudes en Baie de Somme a une fonction d'accueil et de pédagogie. Les personnes désirant obtenir des renseignements sur la Station sont invitées à s'adresser à M. Francis Vignon responsable de la Station d'Etudes en Baie de Somme, 80 — Saint-Valéry-sur-Somme.



Etude de la productivité biologique dynamique des milieux (schorre) en Baie de Somme.

Appel d'offres pour l'action complémentaire coordonnée "Biologie et fonction du myocarde"

La Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (D.G.R.S.T.) met en œuvre une action complémentaire coordonnée sur le thème « Biologie et fonction du myocarde ».

Elle a pour but, en complément de l'action en cours sur la biologie et la pathologie des parois artérielles et artériolo-capillaires, de stimuler la recherche cardiologique française en matière de myocarde, tout particulièrement dans les domaines suivants :

morphologie (microscopie électronique, histochimie, autohistoradiographie) - électrophysiologie (expérimentale et humaine) - métabolisme énergétique (circulation coronarienne, consommation d'oxygène et métabolismes intermédiaires) - mécanique de la contraction - biochimie de la contraction - synthèse protéique - pharmacologie.

Le comité scientifique de l'Action Complémentaire Coordonnée (A.C.C.) souhaite examiner des projets de contrats établis pour une période de deux ans. Les laboratoires ou équipes de recherche intéressés devront rédiger un avant-projet détaillé de convention, selon un modèle que la D.G.R.S.T. tient à leur disposition. L'enveloppe financière de cette action étant limitée, le comité de l'A.C.C. est tenu à une politique de sélection assez stricte

vis-à-vis des propositions de contrats qui lui seront adressées. Cette sélection visera à répondre à trois impératifs principaux : - rendre la recherche cardiologique compétitive vis-à-vis de l'étranger - favoriser la formation de jeunes chercheurs - favoriser la collaboration entre « cliniciens » et « fundamentalistes ».

Il serait préférable que les demandes parviennent à la D.G.R.S.T. avant le 25 octobre 1972. Cependant, le Comité scientifique se réunissant à dates régulières, prendra position par la suite sur d'éventuelles demandes ultérieures. Les formulaires ainsi que tout renseignement complémentaire peuvent être demandés à :

— Mme Dormont, Secrétaire scientifique D.G.R.S.T. 551-74-30, poste 572

— Mme Tardivon, Assistante D.G.R.S.T. 551-74-30, poste 562

DERNIÈRE HEURE

13 octobre

Réunion du conseil d'administration du C.N.R.S. A l'ordre du jour figurent notamment les points suivants : organisation des services centraux du C.N.R.S., informations générales sur le budget 1973, exposé sur les actions thématiques programmées (C.N.R.S. - I.N.A.G.).

19 octobre

Réception à l'Académie française de M. Etienne Wolff, membre de l'Institut, professeur au collège de France et directeur de l'Institut d'embryologie et tératologie expérimentales.

RECHERCHE INDUSTRIE

M. Barbouteau, ingénieur en chef du groupe Elf Erap a prononcé une série de conférences dans plusieurs universités; ces exposés voulaient informer et sensibiliser les chercheurs universitaires sur les grands objectifs économiques supposant des recherches fondamentales orientées, et précisément ceux de l'industrie pétrolière et pétrochimique.

Récemment nommé au Conseil de surveillance du Centre de diffusion de l'innovation de l'Anvar, M. Barbouteau a bien voulu faire part de ses réflexions sur la concertation entre la recherche et l'industrie.

«... Il m'est apparu que la recherche universitaire, et désormais ce terme désignera l'ensemble de la recherche d'Etat, devait dans sa très grande part rester fondamentaliste, par opposition à la recherche industrielle appliquée.

Il m'est apparu aussi qu'il était difficile, sauf très rares exceptions, de modifier profondément les axes de la recherche, mais que l'on pouvait définir un langage commun avec les chercheurs universitaires permettant dans certains cas d'établir avec l'aide de l'industrie, une applicabilité possible de leurs travaux; et il peut être passionnant de faire de la recherche applicable avec une attitude fondamentaliste. J'insiste sur l'importance du terme applicabilité, avant-garde de la recherche appliquée, car il recèle seulement une promesse alors que la recherche appliquée conduit déjà à définir des objectifs de développement.

J'ai eu, à plusieurs reprises, au cours de mes entretiens avec l'Université, l'occasion de faire découvrir à des chercheurs certaines orientations applicables de leurs travaux dont ils ne soupçonnaient pas l'importance économique, et je dois dire que cette révélation entraîna souvent le désir pour le chercheur de vérifier l'hypothèse émise, ceci sans demander une aide financière quelconque. Il me semblerait en effet singulièrement grave, pour ne pas dire plus, que le chercheur dont l'axe d'étude fondamental recèle une ramification applicable, refuse de prendre conscience de l'impact économique qu'il a lui-même découvert ou qui lui a été suggéré, et de procéder à une vérification de l'hypothèse avancée. Il est donc indispensable que la motivation du chercheur soit essentiellement scientifique, en étant persuadé qu'il n'est pas dégradant de consacrer une part de son activité à la recherche fondamentale orientée, à la condition, encore une fois, que celle-ci se situe dans ses axes d'étude et je rappelle l'exemple d'un professeur allemand qui eut le génie de saisir une



Un trou, à gauche, les trépanés neuf va être divisés au fond du trou pour poursuivre le forage.

application possible de ses travaux sur la catalyse de coordination dont chacun connaît l'importance industrielle actuelle, lui ayant assuré jusqu'à ce jour des redevances d'un milliard de nouveaux francs.

L'on peut, à l'opposé, citer le « mauvais » exemple d'un professeur de l'Académie des sciences de Moscou qui, en 1955, réussit l'oxydation sélective non dégradante des paraffines linéaires en vue de produire, ce qu'il ignorait à ce moment-là, des bases qui, aujourd'hui, s'avèrent être les meilleures pour l'obtention des détergents biodégradables. Il commit, peut-être volontairement d'ailleurs mais à tort dans notre mentalité industrielle, l'erreur de publier prématurément le résultat de ses travaux, et une société américaine s'empressa de développer cette recherche, puis de fabriquer ces produits par le seul

procédé industriel valable existant dans le monde.

Il est donc utile de rappeler à ce propos que la création de l'Anvar doit permettre aux universitaires d'éviter ce genre de déconvenue, et il est certain que ce professeur s'est privé ainsi d'une source de redevances qui auraient évité tous soucis financiers à ses laboratoires, pendant au moins la durée d'exploitation de ses brevets.

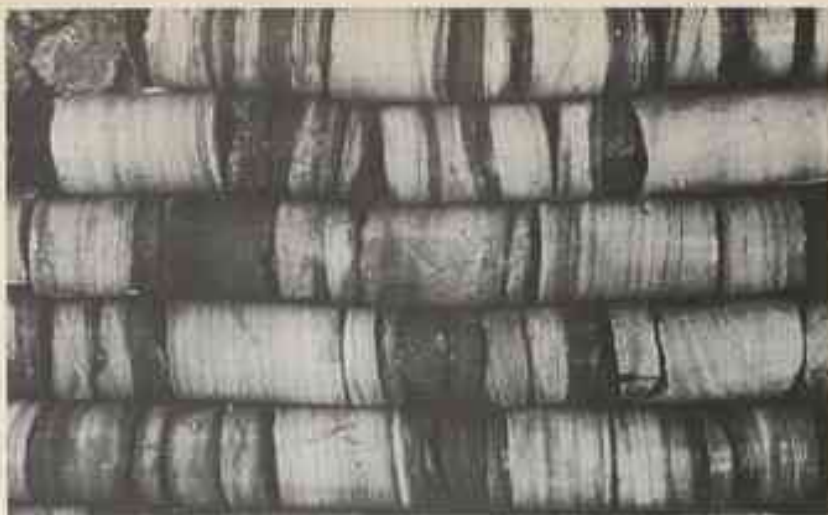
Dans cette approche originale de la recherche d'Etat par l'industrie, il appartient à l'industriel d'introduire au sein de l'Université l'information sur ses grands objectifs de développement, dont on a tendance à exagérer le caractère confidentiel, en montrant leur dimension économique et en essayant de définir avec les laboratoires intéressés la recherche fondamentale orientée qu'il serait nécessaire de promouvoir pour aboutir, à long terme et par l'intermédiaire de la recherche appliquée, à des économies considérables par rapport aux voies classiques. Il faut en effet se situer délibérément dans des axes de recherche originaux dont l'incertitude dans la réussite est à l'inverse du pari économique engagé.

Parce que la motivation du chercheur doit demeurer scientifique, cette orientation, de courte durée d'ailleurs d'un travail fondamental, doit être suffisamment perçue par le laboratoire dont les axes de recherche correspondent le mieux à l'objectif industriel choisi, pour faire l'objet d'une sorte de volontariat bénévole. Mais si l'hypothèse de départ est vérifiée, autrement dit, si une recherche appliquée a des chances d'être déduite de cette première phase d'orientation, il serait normal que l'industriel contribue financièrement aux efforts ultérieurs ainsi engagés dans l'Université, tout en reconnaissant au laboratoire les droits de propriété industrielle correspondants, et on a vu comment ceux-ci donnaient lieu parfois à des redevances importantes.

Quelques exemples

Afin d'illustrer les considérations précédentes, je vais essayer, pour quatre grands thèmes économiques relatifs à l'activité pétrolière et dont la réalité industrielle est indiscutable à long terme, d'imaginer quelles pourraient être les voies de recherche fondamentale orientée, et ce dans une optique résolument originale.

Le grand public ignore sans doute que l'exploitation des gisements pétroliers ne permet de récupérer en moyenne que 25 % des hydrocarbures qui y sont contenus, le reste étant retenu dans les micropores de la roche magasin par des liaisons de nature physico-chimique. Compte tenu de l'augmentation de la demande mondiale en produits pétroliers estimée en 1980 à 5 milliards de tonnes/an, ainsi que du peu d'espoir de voir avant l'an 2000 l'énergie nucléaire prendre une relève effective de l'énergie thermique, si l'on veut assurer une reconstitution normale des réserves de pétrole durant la décennie 1980-1990, il faudra découvrir l'équivalent de un gisement du type Moyen-Orient par an ou de 5 gisements du type Alaska. Le caractère aléatoire de ces découvertes, lié à l'augmentation prévisible du prix de l'énergie rend plus logique d'essayer d'extraire le pétrole là où il se trouve plutôt que, à dépense égale, de le rechercher là où il risque de ne pas être, et il ne serait pas invraisemblable de prévoir en 1980, et pour la France seulement, 50 millions de tonnes provenant de l'exploitation de ces réserves, inaccessibles dans les conditions actuelles. La récupération de ces 75 % retenus par des forces de liaisons énergiques nécessite un apport d'énergie, d'où l'expression de récupération assistée, ou encore récupération secondaire. Plusieurs moyens ont été mis en compétition en vue d'extraire ces hydrocarbures résiduels, tels la combustion, les injections d'eau ou de gaz, et même la transformation des hydrocarbures par des explosions nucléaires. Les résultats ont, dans leur ensemble, été décevants et il est inutile d'analyser les raisons de ces échecs, sinon dans leur conséquence essentielle sur la nécessité de mieux connaître au préalable la nature des liaisons physico-chimiques entre les roches et les hydrocarbures, variables suivant le gisement, ce qui conduit à entreprendre des études fondamentales sur ces phénomènes, et avec des techniques de recherche adaptées à chaque cas. Il est procédé, aux U.S.A., depuis peu, à des essais empiriques d'injection dans les gisements de tensio-actifs émulsionnés dans de l'eau afin de libérer ces hydrocarbures par interposition dans la microstructure rocheuse d'un film monomoléculaire de ces produits. Cette technique, trop onéreuse actuellement devant le rapport prix du tensio-actif/efficacité, permet de laver la roche parfois jusqu'à



Exhumation de roches prélevées dans le gisement.

100 %, et il est évident que l'effort énorme qui devrait être entrepris aussi bien dans le domaine de la recherche physique que dans la mise au point de tensio-actifs originaux et efficaces, entraînera des développements considérables dans l'élaboration de ces produits, dont les besoins nationaux pourraient atteindre annuellement plusieurs centaines de milliers de tonnes, avec des retombées inévitables pour les utilisations domestiques dans la fabrication de nouveaux types de détergents inconnus jusqu'à maintenant.

Les problèmes ne sont pas pour autant résolus lorsque ce pétrole arrive au niveau du sol. L'introduction d'eau en vue de faciliter sa récupération ou la présence de celle-ci dans les gisements, l'émulsionne. Il est alors nécessaire d'ajouter à ce mélange des produits chimiques destinés à faciliter la séparation de l'eau des hydrocarbures. Cette opération onéreuse est très empirique et parfois même partiellement inefficace. Pour ne donner qu'une idée de son coût, le traitement correspondant à un million de tonnes de pétrole (la France en consomme 100 par an) s'élève à environ un million de nouveaux francs. On a aussi beaucoup parlé des très importantes réserves découvertes dans l'Alaska, mais la difficulté majeure qui frappe l'exploitation de ce gisement est l'énorme longueur de conduite à installer pour amener ce pétrole jusqu'en Amérique du Nord (plus de 2000 km) ainsi que le coût du pompage proportionnel à la perte de pression, donc à peu de chose près à la viscosité du produit. Les structures paraffiniques linéaires qui constituent une part importante des familles chimiques présentes dans les pétroles bruts sont responsables de cette viscosité, conduisant à des dépenses inutiles annuelles de plusieurs millions de kilowatts millions de tonnes transportées. De même que pour le problème précédent, le remède à cet inconvénient est essentiellement empirique, toujours

très cher, et encore plus imparfait.

Une recherche fondamentale, axée sur les liaisons structures propriétés de produits types pouvant faciliter la manutention du pétrole, permettrait peut-être de définir une production nationale de ceux-ci actuellement importés.

Ce pétrole, dont la teneur moyenne en soufre est voisine de 3 % va assurer, par ses éléments lourds, l'approvisionnement des centrales thermiques et inévitablement, si le soufre n'est pas extrait du combustible, les U.S.A. ont calculé qu'en 1980, 100 millions de tonnes de SO₂ retomberont chaque année sur le sol américain, et la France, toute proportion gardée, ne sera pas mieux partagée. La pollution de l'air devient dès lors une préoccupation majeure des pays industrialisés, en particulier celle due à la combustion des produits pétroliers, rendant encore plus élevé le prix du pétrole sans soufre du Moyen-Orient.

Il est donc vraisemblable que la législation deviendra draconienne pour réduire les émissions nocives en enlevant les composés sulfureux soit avant de les brûler, soit dans les gaz de combustion par désulfuration des fumées. Le législateur américain envisage même des pénalités pouvant graver de moitié le prix des combustibles, en rétrocédant cette amende aux utilisateurs ayant résolu le problème. Mais parce que la désulfuration des fumées est handicapée par la très faible teneur en gaz sulfureux des fumées, aussi et surtout par la présence des poussières polluant le milieu réactionnel, il est préférable d'envisager la désulfuration des combustibles liquides. C'est le Japon dont l'effort le plus spectaculaire dans ce domaine repose sur une technologie en catalyse hétérogène, mais présentant en fait deux inconvénients majeurs : une énorme consommation d'hydrogène par rapport à la quantité théoriquement nécessaire, ainsi que des vitesses de réaction très faibles

entraînant des investissements considérables. On peut dire, mais ce n'est qu'une image, que 60 % des dépenses entraînées par la désulfuration des combustibles pétroliers pourraient être fortement réduits avec une hydrogénation stœchiométrique pour une vitesse de réaction acceptable. L'économie ainsi réalisée atteindrait en 1980, et pour la France seulement le chiffre annuel peu croyable d'un milliard de nouveaux francs. En idéalisant avec beaucoup d'optimisme, il suffirait que l'hydrogénation des quatre ou cinq composés sulfureux du type thiophénique qui constituent les 80 % du soufre contenu dans les combustibles lourds soit parfaitement sélective, pour ne consommer que la quantité d'hydrogène nécessaire à la rupture de la liaison soufre-carbone et, d'autre part, que le système catalytique utilisé permette des vitesses de réaction plus importantes. C'est l'exemple type d'amélioration technologique, supposant une approche en recherche fondamentale. On pourrait aussi envisager d'exercer une action physique sur ces quelques molécules soufrées afin de les complexer et ainsi les extraire plus commodément : ceci ne peut être atteint qu'à travers une connaissance fondamentale préalable des propriétés intrinsèques des quelques grands constituants sulfureux qui constituent ces combustibles et la méthodologie d'approche de ce problème s'apparente assez de la synthèse pharmaceutique. Alors qu'il est absolument indispensable de trouver une solution, si possible économique, aux thèmes précédents, ceux qui suivent représentent seulement une nécessité économique pour l'industriel, mais de grande dimension. Il y a et il y aura de plus en plus de tonnages considérables de produits résiduels en provenance de l'industrie pétrolière. En premier lieu, les contraintes commerciales obligent le raffineur à extraire davantage de paraffines des kérosènes et des gasoils.

Ainsi, dans quelques années, l'industrie française du raffinage aura à sa disposition plusieurs centaines de milliers de tonnes d'hydrocarbures paraffiniques linéaires avec des longueurs de chaînes allant de C_{10} à C_{30} . Il est évident qu'il faudra valoriser ces produits, et comme l'on sait que la biodégradabilité des détergents est en principe et en première approximation, liée à la linéarité des chaînes hydrocarbonées de ces produits, il est naturel de songer à utiliser ces structures paraffiniques pour la production des tensio-actifs biodégradables, dont, en 1975, la consommation atteindra pour la France seule environ 150 000 tonnes par an, alors que la disponibilité en hydrocarbures paraffiniques sera largement excédentaire pour satisfaire ces besoins.

Ce sont essentiellement les oléfines à double liaison terminale de longueur

de chaîne comprise entre C_{12} et C_{22} qui constituent la base des tensio-actifs par transformation vers les alcools primaires et vers les sulfonates. Mais s'il est aisé d'obtenir cette dernière catégorie, il est plus difficile de fixer une fonction hydroxyle sur la double liaison et en position terminale.

Moins importantes en quantité, mais plus recherchées pour leurs applications spécifiques, les amines linéaires, de même longueur de chaîne que les oléfines précédentes risquent, car transformées de produits naturels : les acides gras, de se raréfier, donc de toute manière de voir leur coût augmenter. Ainsi, pour des besoins certains et croissants dus aux contraintes irréversibles de la protection de l'environnement, l'industrie française ne disposera pas des techniques de pointe indispensables dans quelques années, soit pour produire les



Vue à l'extrémité d'une turbine de forage, un trépan neuf va être descendu dans le puits.

oléfiniques avec de hauts rendements, mais surtout pour introduire directement les fonctions alcool amine acide en position terminale, dont les produits commerciaux moyens atteignent respectivement actuellement 2,50, 7, et 4 F par kg. Il est rare que des voies de recherche originales visant à des produits de grand tonnage puissent se situer à l'intérieur d'une fourchette économique aussi large vis-à-vis du bas prix de départ des paraffines.

L'Europe va produire, en 1975, près de 12 millions de tonnes d'éthylène, et la part de la France représentera environ 2,5 millions. Cet éthylène, à part de très rares exceptions, sera obtenu par pyrolyse d'hydrocarbures liquides, entraînant la production inévitable d'autant de sous-produits, c'est-à-dire de propylène, de butènes, de butadiène et de pentènes, tandis qu'aux U.S.A.

la matière première de l'éthylène est essentiellement constituée par le gaz naturel, dont la décomposition thermique n'entraîne pas la formation notable d'autres produits.

Ainsi, alors qu'en 1960 la valorisation chimique de ces sous-produits était secondaire, peut-être parce que l'on ne pouvait prévoir une telle inflation des capacités de production, l'Europe et surtout la France vont se trouver confrontées à la position favorable des dérivés de l'éthylène d'origine américaine. Devant ce renversement de situation, il ne s'agit pas évidemment d'imaginer des synthèses conduisant à des nouveaux produits, même si ceux-ci paraissent techniquement séduisants car le chercheur doit savoir qu'à une étude en laboratoire de 1 F correspond un effort de développement, pour un nouveau produit 50 fois plus élevé. On doit aussi nettement percevoir dans le phénomène actuel de récession, que les dix prochaines années seront consacrées à améliorer ce qui existe, plutôt que de créer tous azimuts, tendance qui marqua les dix années écoulées, et que certains auteurs n'hésitent pas à qualifier d'anarchique dans le développement scientifique et technique. Plus sûrement donc à partir d'objectifs commerciaux réels, on essaiera d'atteindre ceux-ci aux moindres frais par de nouvelles voies. Par exemple on sait que l'oxydation d'un mélange de butènes 1 et 2 conduit relativement aisément à l'acétaldéhyde maléique ou à la méthyl-éthyl-cétone, ou à l'acide acétique, de valeurs commerciales moyennes de 1 F par kg et dont les besoins représentent pour la France environ 100 000 t/an et par produit.

Mais pour obtenir ces butènes 1 et 2, il faut séparer l'isobutène, sans utilisation, contenu normalement dans la fraction butènes, car toute oxydation non destructive est inhibée par l'isobutène. Il semble qu'il y ait un axe de recherche intéressant sur les raisons de cette inhibition, l'idéal consistant à réaliser cette oxydation en présence d'isobutène. Si l'on arrivait à industrialiser une telle opération, qui à ma connaissance n'a pas encore fait l'objet de recherches, le prix de revient des produits pourrait être abaissé de 10 à 20 %.

Je ne citerai que pour mémoire l'éternel problème de la synthèse directe de l'oxyde de propylène, de la même manière que l'on obtient aujourd'hui et si élégamment l'oxyde d'éthylène, donc sans aucun sous-produit. Il est en effet toujours gênant d'handicaper l'élaboration du produit principal par un coproduit qui, créant une difficulté supplémentaire provoque souvent des déséquilibres commerciaux. La synthèse de l'oxyde de propylène par l'intermédiaire d'éthyl benzène peroxydé, conduit à fabriquer du styrène, et l'on ne peut équilibrer le rapport des besoins



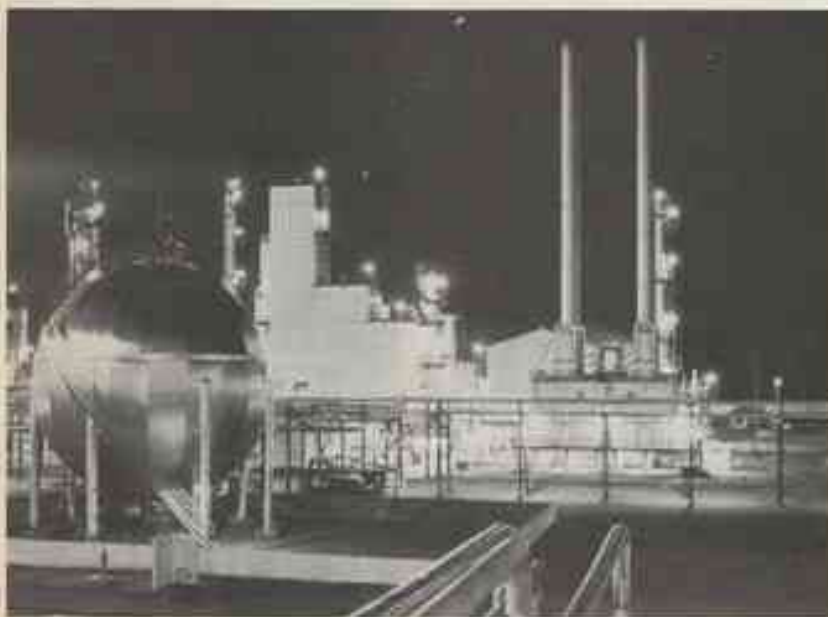
Lauré de Lorcq : ses fours à soufre sont actuellement les plus grands du monde : l'unité dont ils font partie produit à elle seule 1 000 t de soufre par jour.

oxyde de propylène-styrène avec un coût acceptable de fabrication pour les deux produits. La consommation de propylène va donc poser, et crée déjà un problème, puisque, en 1975, la France disposera de plus d'un million de tonnes/an de cette oléfine avec moins de la moitié utilisée par les chimis-

tes principalement vers l'acrylonitrile, mais peu vers le polypropylène qui trouve difficilement sa place comme thermoplastique entre les polymères courants en amélioration constante, et les résines nobles (nylon, polycarbonate, ABS...) de plus en plus vulgarisées. Un palliatif pourra être imaginé

vers l'obtention de comonomères divers dans le but de remédier à la suppression du plomb tétraéthyle dans les carburants : il y a certainement une voie de recherche dans l'application de la catalyse de coordination vers l'obtention sélective de certains dimères du propylène à haut indice d'octane. Enfin, le butadiène, dont la production potentielle atteindra dans quelques années 400 000 t/an, ne peut être laissé dans les butanes à usage domestique et les utilisations dans le caoutchouc ne suffiront pas à mobiliser la moitié de cette production : mais on peut penser que l'élaboration de chaînes linéaires à 12, 16, 20 atomes de carbone pourraient permettre de définir des catégories très spécifiques de tensio-actifs. Il est enfin inutile de s'étendre sur le problème des pentènes sinon pour indiquer l'intérêt évident qu'il y aurait à les nommer en isoprène, dont le polymère se rapproche le plus de la structure du caoutchouc naturel.

Ce sont ces quelques exemples empruntés à l'industrie pétrolière qui permettent de montrer que la résolution des problèmes qu'ils supposent, passe obligatoirement par la recherche fondamentale orientée, apanage de l'Université et du C.N.R.S., et dont le potentiel est heureusement très largement suffisant pour contribuer à la réalisation de ces grands objectifs économiques... ».



Unité d'éthylène à l'usine de Lorcq.

LA BOURSE DES EMPLOIS

Sont vacants au C.N.R.S., à la date du 1er octobre 1972, les postes suivants :
Discipline : D
Profil d'emploi : P
Localisation de l'emploi : L

CATEGORIE A

2A

1.1

CATEGORIE B

2B

1.1

CATEGORIE C

2C

1.1

CATEGORIE D

2D

1.1

CATEGORIE E

2E

1.1

CATEGORIE F

2F

1.1

CATEGORIE G

2G

1.1

CATEGORIE H

2H

1.1

CATEGORIE I

2I

1.1

CATEGORIE J

2J

1.1

CATEGORIE K

2K

1.1

CATEGORIE L

2L

1.1

CATEGORIE M

2M

1.1

CATEGORIE N

2N

1.1

CATEGORIE O

2O

1.1

CATEGORIE P

2P

1.1

CATEGORIE Q

2Q

1.1

CATEGORIE R

2R

1.1

CATEGORIE S

2S

1.1

CATEGORIE T

2T

1.1

CATEGORIE U

2U

1.1

CATEGORIE V

2V

1.1

CATEGORIE W

2W

1.1

CATEGORIE X

2X

1.1

CATEGORIE Y

2Y

1.1

CATEGORIE Z

2Z

1.1

CATEGORIE AA

2AA

1.1

CATEGORIE AB

2AB

1.1

CATEGORIE AC

2AC

1.1

CATEGORIE AD

2AD

1.1

CATEGORIE AE

2AE

1.1

CATEGORIE AF

2AF

1.1

CATEGORIE AG

2AG

1.1

CATEGORIE AH

2AH

1.1

CATEGORIE AI

2AI

1.1

CATEGORIE AJ

2AJ

1.1

CATEGORIE AK

2AK

1.1

CATEGORIE AL

2AL

1.1

CATEGORIE AM

2AM

1.1

CATEGORIE AN

2AN

1.1

CATEGORIE AO

2AO

1.1

CATEGORIE AP

2AP

1.1

CATEGORIE AQ

2AQ

1.1

CATEGORIE AR

2AR

1.1

CATEGORIE AS

2AS

1.1

CATEGORIE AT

2AT

1.1

CATEGORIE AU

2AU

1.1

CATEGORIE AV

2AV

1.1

CATEGORIE AW

2AW

1.1

CATEGORIE AX

2AX

1.1

CATEGORIE AY

2AY

1.1

CATEGORIE AZ

2AZ

1.1

CATEGORIE BA

2BA

1.1

CATEGORIE BB

2BB

1.1

CATEGORIE BC

2BC

1.1

CATEGORIE BD

2BD

1.1

CATEGORIE BE

2BE

1.1

CATEGORIE BF

2BF

1.1

CATEGORIE BG

2BG

1.1

CATEGORIE BH

2BH

1.1

CATEGORIE BI

2BI

1.1

CATEGORIE BJ

2BJ

1.1

CATEGORIE BK

2BK

1.1

CATEGORIE BL

2BL

1.1

CATEGORIE BM

2BM

1.1

CATEGORIE BN

2BN

1.1

CATEGORIE BO

2BO

1.1

CATEGORIE BP

2BP

1.1

CATEGORIE BQ

2BQ

1.1

CATEGORIE BR

2BR

1.1

CATEGORIE BS

2BS

1.1

CATEGORIE BT

2BT

1.1

CATEGORIE BU

2BU

1.1

CATEGORIE BV

2BV

1.1

CATEGORIE BW

2BW

1.1

CATEGORIE BX

2BX

1.1

CATEGORIE BY

2BY

1.1

CATEGORIE BZ

2BZ

1.1

CATEGORIE CA

2CA

1.1

CATEGORIE CB

2CB

1.1

CATEGORIE CC

2CC

1.1

CATEGORIE CD

2CD

1.1

CATEGORIE CE

2CE

1.1

CATEGORIE CF

2CF

1.1

CATEGORIE CG

2CG

1.1

CATEGORIE CH

2CH

1.1

CATEGORIE CI

2CI

1.1

CATEGORIE CJ

2CJ

1.1

CATEGORIE CK

2CK

1.1

CATEGORIE CL

2CL

1.1

CATEGORIE CM

2CM

1.1

CATEGORIE CN

2CN

1.1

CATEGORIE CO

2CO

1.1

CATEGORIE CP

2CP

1.1

CATEGORIE CQ

2CQ

1.1

CATEGORIE CR

2CR

1.1

CATEGORIE CS

2CS

1.1

CATEGORIE CT

2CT

1.1

CATEGORIE CU

2CU

1.1

[illegible]

Pour tous renseignements complémentaires s'adresser, pour les services extérieurs, au bureau I B (personnel technique et administratif); téléphone : 555-26-70, poste 263) ou au bureau du personnel des services centraux (téléphone 555-26-70, poste 464).

Périodiques du C.N.R.S. parus au 20 juillet 1972



Annales de la nutrition et de l'alimentation
Annales de spéléologie
Archives de zoologie expérimentale et générale
Protistologica
Annales d'embryologie et de morphogénèse
Revue française de sociologie
Economie de l'énergie

Tome 26, fascicule 3
Tome 27, fascicule 1
Tome 113, fascicule 1
Tome VIII, fascicule 1
Tome V, fascicule 2
Volume XII, fascicules 1 et 2
Volume II, fascicules 3, 4 et 5.

Ouvrages parus aux éditions du C.N.R.S. de mai à juillet 1972



Optique - physique moléculaire

— Colloque international 202 (publié par le Journal de Physique) - « La diffusion de la lumière par les fluides ».



géologie et paléontologie

— Lexique stratigraphique international, vol. III, fasc. 96 - Iran.
— Lexique pétrographique des charbons (complément à la seconde édition).



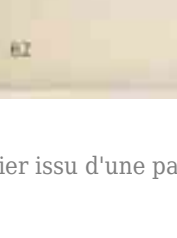
Biologie végétale

— Bibliographie du Népél - Vol. 3, Sciences Naturelles - Tome II : botanique (travaux de la R.C.P. 253 Népél) par J.-F. Dobremez / Vigne, L.H.J. Wilkema.



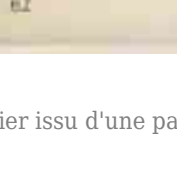
Biologie animale

— Inventaire des laboratoires de terrain français, par Claude Delamare-Deboutville.
— Colloque international N° 188 - « Modèles animaux du comportement humain ».



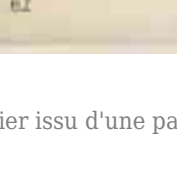
Sociologie et démographie

— Colloque international N° 539 - « La croissance urbaine en Afrique Noire et à Madagascar ».



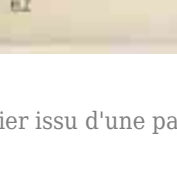
Géographie

— Cartographie géomorphologique (Travaux de la R.C.P. 77) / Vol. 12 de la collection des Mémoires et Documents.



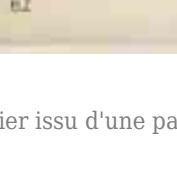
Sciences économiques

— Cahiers du séminaire d'économétrie N° 14.



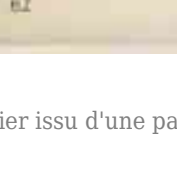
Sciences juridiques et politiques

— Répertoire de la pratique française en matière de droit international - Tome VII - Index et Tables, par A. Kisa.
— « Casablanca » - Essai sur la transformation de la société marocaine au contact de l'Occident (réimpression).
— Annuaire français de droit international - Tome XVII - 1971.



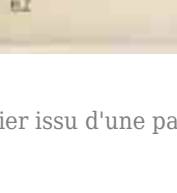
Langues et civilisations classiques

— Antiquités africaines - Tome II (réimpression).
— Antiquités africaines - Tome VI.



Langues et civilisations orientales

— Lexique arabe français-anglais des parlers tchadi-soudanais, fasc. 4, par Mme Ruth Laly.



Histoire moderne et contemporaine

— Titres du journal « Le Temps » - Tome I (réimpression).
— Tables du journal « Le Temps » - Tome V.
— Bibliographie annuelle de l'histoire de France - Tome XVII - 1971.

Ouvrages parus avec le concours du C.N.R.S. du 1^{er} avril au 31 juillet 1972⁽¹⁾

Editeurs	Auteurs	Titres des ouvrages
Géologie et paléontologie Université de Strasbourg	Pierre Albrecht	Mémoires du Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine N° 32 - 1970 - Etude de constituants organiques des séries sédimentaires de Logbaha et de Messel. Transformations diagenétiques.
Société géologique de France	Gabriel A. Gili et Jean G. Lafuste	Mémoires de la Société géologique de France - Madréporaires simples du Dogger d'Afghanistan. Etude sur les structures de type - Montivaltia - Nouvelle série - Tome I.
Biologie et physiologie végétales Muséum national d'histoire naturelle	Sous la direction de A. Aubreville et Jean-F. Leroy	Flore du Cambodge, du Laos et du Vietnam - N° 13.
Imprimerie F. Paillart. (En vente chez l'auteur : 6, rue de Guignier, Paris-20e).	Dr. Henri P.L. Bertrand	Larves et nymphes des coléoptères aquatiques du globe - Avec tableau de détermination des genres et 551 figures.
La Biologie animale Masson et Cie	D'après les manuscrits conservés à la bibliothèque centrale du Muséum national d'histoire naturelle de Paris. Présentés par Max Vachon, Georges Rousseau et Yves Laisus.	Inédits de Lamarck.
Physiologie Masson et Cie	Sous la direction de M. Hervant.	Entretiens de Chize Fonction gonadotrope et rapports hypothalamo-hypophysaires chez les animaux sauvages Série physiologique n° 2.
Psychologie et psychophysiologie Presses universitaires de France	Stéphane Ehrlich	Psychologie d'aujourd'hui Collection dirigée par P. Fraisse La capacité d'appréhension verbale.
Anthropologie, préhistoire, ethnologie C. Klincksieck	A.W. MacDonald	Matériaux pour l'étude de la littérature populaire tibétaine Tome II.
Mouton et Cie	G. Dieterlen Y. Cisse	Cahiers de l'homme - Les fondements de la société d'initiation du Kome.
Centre nigérien de recherches en sciences humaines	M. Dupire B. Surogue	Etudes nigériennes n° 6 Les facteurs humains de l'économie pastorale. Contribution à l'étude de la musique sacrée Zarma Songhay.
S.F.I.L. et Imprimerie Marc Texier Réunies	Raymond Riquet	Anthropologie du néolithique et du fermeté ancien.
Géographie Union internationale pour l'étude du quaternaire	Textes réunis par Mireille Ters	VII Congrès Inqua - PARIS 1969 Etudes sur le quaternaire dans le monde. Volume I Volume II
Centre d'études forestières	François Tomas	Le relief et les sols de la plaine du Forez.
C.N.R.S. Equipe de Recherche N° 30 associée à l'Université de Grenoble I	Annick Douguedroit	Carte : les forêts de la haute-provence et des alpes maritimes.
Éditions Ophrys - Gap	C.N.R.S. (Section géographique)	Carte climatique de la France-Nine.
Jean-François Troin Laboratoire de géographie de l'institut scientifique chrétien à Rabat.	Jean-François Troin	Atlas des sols du nord marocain.

Sciences économiques Éditions Cujes	Jacques Berthelot	Les coopératives agricoles en économie concurrentielle.
Sciences juridiques et politiques Éditions Cujes	Danielle Bonneau	Le Fiac et le Nil.
Éditions Daëz	Travaux de l'association Henri Capitant	Les modes non formels d'expression de la volonté.
Linguistique générale langues et littératures étrangères Site pour l'étude des langues africaines selef	Gabriel V. Sevy	Terre Ngbaka
Presses universitaires de France	Sylvia Molloy	La diffusion de la littérature hispano-américaine en France au XXe siècle.
Études linguistiques et littéraires françaises Librairie orientaliste Paul Gauthier	Jean-Marc Rosenstiel	L'Apocalypse d'Elie.
Éditions Klincksieck	Éditée d'après la rédac- tion AB - Avec introduction, notes et glossaire - par Duncan McMillan	Le Charroi de Nîmes. Chanson de geste du XIIe siècle.
Librairie Marod Didier	Fontanelle - Édition critique avec une introduction et des notes par Jean Dagen	Nouveaux dialogues des Morts.
Bibliothèque de l'université Saint-Esprit, Kaslik - Liban	P. Louis Hage	Le chant de l'église maronite. Vol. 1 - Le Chant syro-maronite.
Éditions Klincksieck	S. Kevorkian	Le thème de l'amour dans l'œuvre romanesque de Gomberville
Librairie Armand Colin	René Rancœur	Bibliographie de la littérature française du Moyen Âge à nos jours

(1) Ces ouvrages ne sont pas vendus au C.N.R.S. mais chez les éditeurs et libraires indiqués.

Rectificatif : M. Suchet, indiqué à tort comme auteur de l'ouvrage « Quelques aspects de l'état solide organique » dans notre précédent numéro, n'est que le secrétaire des séminaires et s'occupe à ce titre de l'édition des exposés.
Éditeur : Masson et Cie, Auteur : Séminaires de Chimie de l'Etat Solide (Vol. 6)



BULLETIN D'ABONNEMENT AU COURRIER DU C.N.R.S.

Votre abonnement s'achève ou vous ne recevez pas le Courrier du C.N.R.S. et souhaitez souscrire un abonnement.

A retourner à : Courrier du C.N.R.S. - 15, quai Anatole-France - 75700 PARIS

M. - Mme - Mlle _____
Prénom _____ Nom _____

N° _____ rue - av. - bd _____

Département _____ Ville _____

Pays _____

désire s'abonner au COURRIER DU C.N.R.S. pendant un an au prix de 28 F (30 F pour l'étranger - demi-tarif étudiant : 14 F).

N'envoyez pas d'argent avec ce bulletin d'abonnement, nous vous enverrons une facture après réception de votre bulletin.

