

Compte-rendu de l'Assemblée générale du CNFGG

du 1er février 2000



Sommaire

- [Allocution du Président](#)
- [Admission de Nouveaux Membres](#)
- [Membres disparus](#)
 - [A la mémoire de Guy Camus](#)
 - [A la mémoire d'Ousseini Fambitakoye](#)
 - [Quelques souvenirs sur Jean Coulomb](#)
- [Rapports des Sections](#)
 - [Section I](#)
 - [Section III](#)
 - [Section IV](#)
 - [Section VI](#)
 - [Section VII](#)
- [Prix de géophysique 2000](#)

Allocution du Président

Chers Collègues et Amis,

Nous voici donc en l'an 2000, cette année si longtemps symbole du futur. Elle s'est ouverte en France sur des événements dramatiques dans l'atmosphère et dans l'océan qui doivent rappeler à tous que l'étude des disciplines de la géophysique reste indispensable pour mieux prévoir et circonscrire les catastrophes, qu'elles soient purement naturelles, influencées ou provoquées par l'homme. Ces catastrophes doivent nous rappeler l'objectif principal de notre Comité National et de l'Union Internationale à laquelle nous appartenons qui est de "se consacrer à l'étude scientifique de la Terre et à ses applications aux besoins de la société, telles que les ressources minérales, la réduction des effets des risques naturels et la protection de l'environnement".

Depuis notre dernière assemblée, la XXIIème Assemblée Générale de l'UGGI a eu lieu à Birmingham du 19 au 30 juillet 1999. L'UGGI est une vieille dame, née en 1919 et dont la France fut l'un des neuf pays fondateurs. C'est fondamentalement l'Académie des Sciences qui adhère à l'UGGI mais qui a confié depuis les origines au CNFGG la tâche de représenter notre pays au sein de l'Union. L'Union est constituée de sept Associations Internationales se

consacrant chacune à une discipline (Géodésie, Sismologie, Volcanologie, Géomagnétisme et Aéronomie, Météorologie, Hydrologie, Océanologie), auxquelles correspondent les sept Sections de notre Comité. Ce type d'organisation, assez complexe dans son fonctionnement sinon dans sa structure, se retrouve dans la vingtaine d'Unions Scientifiques regroupées au sein du Conseil International de la Science, nouvelle dénomination du Conseil International des Unions Scientifiques dont il a cependant gardé le sigle CIUS (ICSU en anglais...).

Nous avons à l'occasion de cette XXIIème Assemblée Générale élaboré et présenté notre rapport quadriennal. Vous l'avez tous reçu et je suis sûr que vous vous joindrez à moi pour féliciter tous ceux qui ont participé à sa réalisation, et tout particulièrement notre secrétaire général J.-P. BARRIOT, qui ont accompli là un magnifique travail, qui constitue, tant au plan national qu'au plan international, une remarquable vitrine des travaux réalisés en France dans le domaine de la Géodésie et de la Géophysique.

L'Assemblée Générale a réuni plus de 4000 participants (dont 159 français) venant de 90 pays. De très nombreux symposiums qui prouvent la vitalité et le rayonnement de l'UGGI, ont été organisés par l'Union et les Associations. Si l'activité scientifique déployée sous l'égide de l'UGGI est très satisfaisante son fonctionnement administratif est très lourd, et peut-être inadapté aux réalités de l'époque. Les membres de la délégation française qui ont pu participer aux trois réunions du Conseil de l'Union (Roland SCHLICH et moi-même, une seule personne par pays étant admise en séance) ont été à cet égard défavorablement impressionnés par son formalisme pointilleux et souvent par l'opacité de son fonctionnement.

Un nouveau Bureau a été élu. Nouveau Président M. KONO (Japon), et nouvelle Secrétaire Générale Mme Ann JOSELYN (USA), tous deux issus de IAGA (Association Internationale de Géomagnétisme et d'Aéronomie) où ils occupaient les mêmes positions. Ils remplacent respectivement le Prof. WYLLIE (USA) et notre collègue Georges BALMINO qui était Secrétaire Général depuis 1991 et ne souhaitait pas poursuivre cette mission. Notre compatriote Patrick PINET a été élu au Comité des finances dont il assure le secrétariat. Le lieu de la prochaine A.G. de l'Union a été choisi. Deux pays étaient en lice, l'Inde présentant la candidature d'Hyderabad et le Japon présentant celle de Sapporo. Notre délégation a soutenu la candidature de l'Inde mais c'est finalement le Japon qui l'a emporté et c'est donc à Sapporo que nous nous rencontrerons en juillet 2003.

Je voudrais à ce sujet ouvrir une parenthèse à propos de l'Organisation en France d'Assemblées Générales et/ou d'Assemblées scientifiques de l'Union et/ou des Associations.

Le Bureau du CNFGG y est très favorable et il est prêt à apporter tout son concours, y compris sur le plan financier, à l'organisation de telles manifestations. Une proposition d'organiser une Assemblée Scientifique commune de IAGA et IAMAS à Toulouse en 2005 est dans l'air. Pour recevoir le soutien du CNFGG, et plus encore pour pouvoir recueillir, en 2001, l'approbation des Associations concernées, ce projet devra être soigneusement préparé (Comité d'organisation, possibilités d'accueil, budget prévisionnel, etc...). Il nous semble que c'est au niveau des Sections concernées (Sections 4 et 5) que ce projet doit prendre forme, et ce dès que possible, afin que le Conseil du CNFGG puisse se prononcer sur le projet lors de sa réunion du mois de mai 2000 et qu'une promotion efficace du projet au plan international puisse être engagée au plus tôt.

Au niveau du Conseil, nous avons dû essayer une tentative d'origine américaine, infructueuse mais pour combien de temps (majorité simple obtenue mais pas la majorité des 2/3 nécessaires pour modifier les statuts), d'éradiquer la langue française des statuts et des communications.

Le Conseil a également eu à connaître d'un problème particulièrement inquiétant pour l'avenir de l'Union qui connaît depuis vingt ans une hémorragie de pays membres : 10 pays (et bientôt 16) sur 21 en Afrique, 5 pays (et bientôt 8) sur 13 en Amérique latine et aux Caraïbes, ont dû quitter l'Union. Il s'agit le plus souvent de pays en voie de développement qui se sont révélés incapables de payer leur cotisation. Ils étaient jusqu'ici purement et simplement exclus. Le Conseil a décidé d'introduire un statut d'observateur, qui leur permettra de s'exprimer et de voter en matière scientifique mais pas en matière administrative ou financière. Le problème des difficultés de paiement ne se limite pas aux pays du tiers-monde. L'Union soviétique réduite à la Russie a sollicité, et obtenu, une modification de catégorie, et nous allons voir que nous ne sommes pas non plus épargnés.

Le COFUSI (Comité Français des Unions Scientifiques Internationales), organe de l'Académie des Sciences chargé de gérer la participation française aux Unions Scientifiques Internationales a en effet pris des mesures drastiques dans le cadre d'un contrat quadriennal (1999-2003) entre le Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie et l'Académie des Sciences/COFUSI (d'un montant de 3 070 000 francs pour 1999). Désormais, seule une partie (de l'ordre de 80-90 %) de la cotisation de la France à l'UGGI est réglée par le COFUSI, le CNFGG, comme les autres comités, devant trouver par eux-mêmes le solde. C'est ainsi que pour l'année 1998, pour une cotisation due de 26 000 dollars, le COFUSI a réglé 23 600 dollars (91 %) et le CNFGG a puisé sur ses réserves l'équivalent de 2 400 dollars. Il s'agit dans l'esprit du Bureau d'une mesure conservatoire, qui a permis aux représentants français de participer aux Assemblées Générales de l'Union et des Associations qui se tenaient en 1999, d'y voter et de pouvoir être élus (avec soit dit en passant des résultats satisfaisants). Dans le même esprit la subvention pour la participation du CNFGG à l'Assemblée Générale de l'Union a été plafonnée à un montant forfaitaire (25 000 francs pour l'AG de Birmingham). Ce chapitre n'est pas clos car les différents Comités français sont actuellement soumis à un audit du COFUSI, afin d'apprécier la vitalité des Unions et la place qu'y occupent les scientifiques français. C'est dans ce cadre que le CNFGG comparaitra le 7 mars prochain devant le COFUSI.

Ces mesures d'économies s'inscrivent dans un contexte de grandes manœuvres et peut être de réorganisation à l'échelle mondiale des organismes de coopération scientifique. C'est ainsi qu'ont été créés un "Inter Academy Council" et un "Inter Academy Panel" (pas de traduction française...), auquel participe l'Académie des Sciences, et dont les rapports avec le CIUS/ICSU n'ont pas été précisés. C'est à l'origine une initiative anglo-saxonne qui rassemble essentiellement aujourd'hui les académies des grands pays industrialisés ainsi que quelques pays choisis du Tiers Monde (Chine, Inde, Mexique, Brésil,...). Il pourrait s'agir à terme, mais ceci n'est qu'une interprétation personnelle, d'une alternative au CIUS/ICSU et aux Unions et Associations qui le composent.

Nous entendrons tout à l'heure les rapports des Sections qui nous donnerons une image vivante de la vie scientifique du CNFGG. Nous avons quelques inquiétudes à propos de certaines Sections qui semblent avoir du mal à se structurer et à trouver leur place dans la communauté scientifique nationale. Elles se reconnaîtront sans doute et elles nous ferons sûrement part tout à l'heure de leurs difficultés. Elles peuvent être sûres que le Conseil et le Bureau sont prêts à leur apporter toute l'aide et l'assistance dont elles pourraient avoir besoin.

J'ai tout à l'heure évoqué de possibles restructurations concernant les organismes scientifiques internationaux. Le CNFGG n'est pas le seul Comité à se heurter à ces problèmes. Il n'en est que plus nécessaire, au-delà des nécessaires convergences scientifiques, de resserrer nos liens avec d'autres Comités dont le domaine est voisin du nôtre. Dans cet esprit, je me félicite des liens que nous entretenons avec le Comité National Français de Géologie présidé par Bernard BIJU-DUVAL, auquel notre Vice-Président Michel MENVIELLE a apporté notre salut lors de son Assemblée Générale le 1^{er} décembre dernier.

La présente Assemblée Générale sera aussi un moment de recueillement. Cette année nous avons eu la douleur de perdre un membre éminent de notre Comité, M. Jean COULOMB, qui fut président de l'UGGI de 1967 à 1971. Nous aurons aussi l'occasion de nous réjouir avec l'attribution du Prix de Géophysique, attribué cette année à Jan MATAS, diplômé de l'Université Charles de Prague et de l'Ecole Normale Supérieure de Lyon, pour sa thèse consacrée à la "Modélisation thermo-chimique des propriétés de solides à hautes températures et hautes pressions". Nous aurons enfin le loisir d'étendre nos connaissances avec la conférence sur les Observatoires géodésiques fondamentaux que nous proposera Pierre EXERTIER.

Décidément l'an 2000 a l'air de ressembler aux très nombreuses années qui l'ont précédé ! Espérons donc que les activités du Comité et plus généralement celles des Géodésiens et Géophysiciens connaîtront de nouveaux succès, mais cela dépend plus de tous et de chacun que des astres...

Pierre Hubert

Nouveaux Membres_

Section 1 :

Muriel	Llubes	Université de la Rochelle
Pierre	Touboul	ONERA/DMPH, Chatillon
Bernard	Valette	Université de Savoie, LGIT

Section 2 :

Daniel	Amorèse	Université de Caen
Olivier	Bellier	Université de Paris Sud, Lab. de Géologie Dynamique Interne
Rodolphe	Catin	Ecole Normale Supérieure, Paris
Eric	Clévéde	Université Pierre et Marie Curie, IPGP, Paris
Françoise	Courboulex	CNRS/UNSA, Géosciences Azur, Valbonne
M.P.	Douin	Université Louis Pasteur, EOST, Strasbourg
Hugues	Dufumier	Ecole Normale Supérieure, Paris
Luce	Fleitout	
Tony	Monfret	CNRS/UNSA, Géosciences Azur, Valbonne
Julie	Perrot	Université de Brest, Plouzane
Satish	Singh	Université Pierre et Marie Curie, IPGP, Paris
Jean	Schmittbuhl	Ecole Normale Supérieure, Paris
Pierre	Vacher	Université de Nantes, Lab. de Planétologie et Géodynamique

Section 3 :

Jean-Luc	Le Pennec	Université Pierre et Marie Curie, IPGP, Paris
Philippe	Lesage	Université de Savoie, Lab. de Géophysique Interne et Tectonophysique
Thomas	Staudacher	Obser. Volcanologique du Piton de la Fournaise, La Réunion

Section 4 :

Jean-Pascal	Cogné	Université Pierre et Marie Curie, IPGP, Paris
Emmanuel Dormy		Université Pierre et Marie Curie, IPGP, Paris

Yves	Gallet	Université Pierre et Marie Curie, IPGP, Paris
Philippe	Ricaud	INSU, Observatoire de Bordeaux
Jean-Pierre	Issartel	CEA, Lab. de Détection et de Géophysique

Section 5 :

Néant

Section 6 :

Anne-Laure	Cognard-Plancq	Université d'Avignon, Lab. d'Hydrogéologie
Alain	Jigorel	INSA, Lab. des Matériaux et Géologie, Rennes
Laurence	Maurice-Bourgoin	IRD, La Paz, Bolivie
Jean-Denis	Taupin	Université Pierre et Marie Curie, Paris

Section 7 :

Néant

LISTE DES MEMBRES DISPARUS

Nous avons cette année à regretter cinq décès :

- Mr. Guy Camus [Section 3],
- Mr. Marcel Chaigneau [Section 3],
- Mr. Jean Coulomb [Section 2],
- Mr. Ousseini Fambitakoye [Section 4].
- Mr. Albert Lacomme-Lahourquette [Section 1],

Nous présentons aux familles nos plus sincères condoléances, et joignons à cette annonce les notices nécrologiques qui nous sont parvenues.

L'Assemblée Générale a honoré la mémoire des membres disparus par une minute de silence.

Guy CAMUS (1941-1999)

Guy Camus nous a quitté prématurément à l'âge de 57 ans. Il est décédé accidentellement à son domicile de Clermont•Ferrand (France) le samedi 19 juin 1999. La communauté scientifique gardera le souvenir d'un chercheur dynamique, ouvert et disponible, et celle d'un homme chaleureux et généreux, pratiquant l'humour et le sport. Guy était un être jovial et enjoué avant la disparition de sa femme quelques années auparavant. Il laisse sa fille, ses deux petites filles et ses nombreux amis dans la peine, l'année de sa retraite.

Guy Camus est né en Auvergne (Livradois) le 20 novembre 1941. Il a fait ses études essentiellement à Grenoble avant d'être nommé assistant en Géologie à l'Université de Clermont•Ferrand, le 1^{er} octobre 1967. Il fera toute sa carrière à Clermont•Ferrand, comme Maître de Conférences. A ses débuts, le laboratoire de Géologie dirigé par Maurice Roques était spécialisé dans l'étude des socles et la géochronologie. Jeune chercheur dynamique, Guy partit d'abord en mission à Kerguelen, mais fut rapatrié au Cap en Afrique du Sud pour une appendicite inopportune ! Il se tourna alors tout naturellement vers des zones moins hostiles et plus familières, les volcans de la Chaîne des Puys, dans son Auvergne natale. C'était un des berceaux de la volcanologie mondiale au début du XIXe siècle qui méritait une nouvelle approche plus moderne. Avant tout homme de terrain, Guy Camus écarta les aspects pétrologiques et géochimiques pour une approche originale sur les pyroclastites, alors peu connues, la structure des édifices et les dynamismes éruptifs. Sous la direction de P.M. Vincent, il intégra les données de géophysique et de géochronologie, s'initia aux méthodes de la sédimentologie pour l'étude des pyroclastites et put soutenir sa thèse d'état en 1975. Il fut ensuite l'initiateur de la 1^e édition de la Carte Volcanologique de la Chaîne des Puys. C'est à cette époque que prit naissance l'équipe de volcanologie de l'Université de Clermont•Ferrand.

Guy Camus fut un des membres actifs du groupe qui relança la volcanologie à Clermont•Ferrand. Son domaine d'activité s'élargit alors aux volcans actifs, grâce aux programmes PIRPSEV du CNRS. Dans les années 80, Guy a participé à de nombreuses missions en Indonésie (Krakatau, Galunggung, Merapi), Turquie (Cappadoce), Mexique (Colima), Açores (Capelinhos), Italie (Vésuve, Champs Phlégréens), Polynésie, Madagascar, Martinique (Montagne Pelée), Canaries, Vanuatu ... Il a participé à l'encadrement de nombreuses thèses et mémoires. De nombreux étudiants étrangers, indonésiens, turcs ou malgaches, lui seront reconnaissants de les avoir accueillis chaleureusement et initiés à la recherche en volcanologie.

Guy Camus était un volcanologue complet, homme de terrain surtout mais aussi adepte des techniques modernes de laboratoire. Sa spécialité était l'étude des pyroclastites. Dans le domaine du phréatomagmatisme, il avait joué un rôle de pionnier avec Volker Lorentz dans les années 70. Plus tard, après l'éruption de 1981 du St Helens, avec P.M. Vincent, il réinterpréta la célèbre éruption de 1883 du Krakatau. Il étudia avec C. Robin les dépôts d'avalanches de débris du Colima (Mexique) et dès 1984, lança l'idée que les « brèches du Cantal » (Auvergne) représentaient des produits d'avalanches de débris de type St Helens. Guy s'intéressait aussi aux nuées ardentes comme celles de la Montagne Pelée. Il co-dirigea une thèse sur l'utilisation de l'analyse d'image à l'étude des produits de nuées ardentes. Dans les années 80, c'est surtout en Indonésie que Guy s'est investi. Il a dirigé plusieurs thèses (Merapi, Bromo•Tengger) et le Krakatau était son volcan fétiche. En 1981, il a assisté avec P.M. Vincent à l'éruption de l'Anak qui fut précédée d'un « mini-tsunami » qui inonda en pleine nuit leur campement sur la plage.

Guy Camus n'était pas qu'un chercheur, il était aussi un enseignant dynamique et rigoureux, un homme de communication. Il a dirigé de nombreux étudiants en thèse, DEA ou mémoires de Maîtrise. Son bureau était ouvert à tous, sa documentation personnelle, très riche et bien organisée, ainsi que son matériel informatique étaient à la disposition de tous. Guy était toujours disponible pour ses étudiants, collègues et amis et pour les géologues amateurs

à la recherche de documents ou de sa participation active à des visites sur le terrain ou pour des conférences grand public. La vulgarisation des connaissances en volcanologie était une de ses préoccupations majeures et il a largement participé à l'aménagement du « Volcan à ciel ouvert », dans la carrière du Puy de Lemptégy (Chaîne des Puys).

Chacun gardera de Guy Camus l'image d'un scientifique ouvert, jovial, bon vivant, au franc parler, toujours souriant, amateur de course à pied, aimant la vie et ses plaisirs. Guy était surtout un homme généreux qui a su aider ses proches, ses amis et les étudiants en difficulté.

Alain Gourgaud

A la mémoire d'Ousseini Fambitakoye

Ousseini Fambitakoye est né en 1930 à Fambita, au Niger. Fils d'un chef coutumier, il a couru la brousse toute son enfance. Scolarisé assez tard, il se fait remarquer de ses enseignants et est envoyé comme boursier à l'école normale William Ponty de Thiès, au Sénégal. Il fut alors un des deux premiers bacheliers du Niger. Venu à Paris pour ses études supérieures, il passe une licence de mathématiques, entreprend un troisième cycle qui est interrompu par la maladie, et se marie en 1956.

Elève ORSTOM en 1958 et 1959, il est affecté en 1960 à Bangui où il a la responsabilité de l'observatoire magnétique. Il revient en France en 1969 pour préparer sa thèse d'Etat sous la direction du Père Mayaud, et étudie l'électrojet équatorial à partir d'enregistrements magnétiques effectués entre 1968 et 1970 au Tchad et en République Centre Africaine. Il soutient sa thèse en 1976. Son travail, publié la même année, marque une étape importante dans ce domaine, et il a longtemps fait référence. Reparti en Afrique, à Dakar, en 1975, il travaille à Ibel sur les aquifères du Sénégal oriental, et sur la géothermie du bassin sédimentaire sénégal-mauritanien. De retour en France en 1987, il reprend l'étude de l'ionosphère à partir d'enregistrements magnétiques au sol et participe activement à la préparation de la campagne de mesures effectuée en Côte d'Ivoire et au Mali dans le cadre de l'Année Internationale de l'Électrojet Équatorial (A.I.E.E.). Il repart en Afrique, à Abidjan, pour assurer la coordination des opérations de terrain avant de revenir en France, lors de son départ en retraite fin 1994. Depuis, il partageait son temps entre la région parisienne et sa maison dans les Cévennes, où il vient de décéder, emporté en quelques mois par la maladie.

Placé par son histoire au croisement de deux cultures, Ousseini Fambitakoye a su réussir une carrière dans un organisme de recherche Français, tout en restant fidèle à ses racines et à sa culture d'origine. Un exemple parmi tant d'autres : son implication lors de l'A.I.E.E. où il a toujours eu le souci d'associer étroitement les équipes Africaines et de faire en sorte que la réussite de cette campagne contribue au développement à l'Université d'Abidjan d'un pôle de recherche actif et reconnu au niveau international.

Rendre hommage à un ami disparu, ce n'est pas seulement retracer sa carrière et souligner ses réussites. C'est aussi, et peut être surtout, témoigner de la trace qu'il a laissée au plus profond de nous. Permettez nous donc de ne pas terminer sans dire quelques mots plus personnels.

Nous avons rencontré Ousseini Fambitakoye au hasard de nos chemins professionnels, et ses qualités humaines, sa jovialité bourrue et amicale, son humour et sa capacité d'adaptation l'ont rapidement fait devenir pour nous plus qu'un collègue. Nous avons travaillé directement avec lui durant les dernières années de sa carrière, dans le cadre de l'A.I.E.E. Sa position entre les cultures et les mentalités européennes et africaines a grandement facilité notre contact avec les équipes africaines, et son sens de la « palabre » a souvent été précieux.

Durant ces quelques années, il a laissé pleinement s'exprimer son désir profond et sincère d'aider Français et Africains à se comprendre et à se rencontrer, par-delà les différences de culture. Bien que se disant « paysan des Cévennes », il gardait des liens étroits avec son village d'origine où il se rendait régulièrement, et qu'il a aidé et

soutenu jusqu'à la fin. Ousseini restera pour nous un messager de tolérance et d'humanité.

Un sage s'est éteint dans un village des Cévennes, où il s'était retiré.

Jacques Vassal et Michel Menvielle

Ousseini FAMBITAKOYE, Directeur de Recherche en retraite, docteur es sciences, nous a quitté le 27 janvier 2000 après des mois de lutte contre la maladie. Né à Fambita (Niger), il a suivi un cursus africain jusqu'à l'école William PONTY au Sénégal qui l'a conduit en mathématiques à la Sorbonne. Entré en 1958 à l'ORSTOM, il a consacré sa carrière de chercheur en géophysique externe, à l'étude du champ magnétique terrestre au cours d'affectations successives en Centrafrique, en France et au Sénégal.

Découvreur passionné de « l'électrojet équatorial », il racontait avec enthousiasme le mécanisme et les effets de ces courants ionosphériques. Ses travaux étaient reconnus dans le monde. Durant ses dernières années d'activité à Paris et Abidjan, il était responsable de la participation française au projet d'étude du champ géomagnétique, dans le cadre de l'Année Internationale de l'électrojet équatorial (AIEE).

Il nous laisse le souvenir d'un homme qui, par le verbe et la raison, savait ramener les problèmes de la connaissance et de la société aux principes essentiels de la vie. Un sage s'est éteint dans une vallée des Cévennes où il cultivait son jardin.

René Mourgues

Quelques souvenirs sur Jean Coulomb

2^e Président du CNES, décédé le 26 février 1999

Par Jacques Blamont

Jean Coulomb, né à Blida le 7 novembre 1904, avait déjà parcouru une brillante carrière universitaire lorsqu'il devint Président du CNES en octobre 1962. Ancien élève de l'Ecole Normale Supérieure (promotion 1923), il avait contribué, avec son maître Charles Maurain, créateur de l'Institut de Physique du Globe de Paris, à l'expansion de ce laboratoire avant de devenir son directeur en 1941, professeur à l'Université de Paris, directeur général du CNRS en 1957 et membre de l'Académie des Sciences en 1960. Il fut responsable de l'orientation vers la recherche spatiale que je pris en octobre de cette année, lors de mon élection à l'Université de Paris, en me faisant donner la responsabilité scientifique des tirs de Véronique. Lorsque le CNES fut fondé, en mars 1962, son premier Président, Pierre Auger ne garda ce poste que quelques mois car il visait la direction des affaires spatiales européennes et devint en effet Président de l'ESRO. Ironique retour des choses, il me revint à moi, devenu directeur scientifique et technique du très jeune CNES, de convaincre à mon tour le puissant directeur général du CNRS d'accepter la présidence d'un organisme naissant à la recherche de son être...

À ce moment de l'organisation du CNES, qui ne comptait que quelques dizaines de personnes était la suivante : sous

le directeur général, le général Robert Aubinière, l'administration était confiée au Secrétaire Général Edouard Salé ; tout ce qui touchait aux relations extérieures, à Michel Bignier ; tout ce qui était scientifique et technique à moi-même. Dès le premier jour, le professeur Coulomb prit une décision sur un sujet où nous hésitions entre plusieurs options, l'installation de ma Direction — et donc la création d'un centre technique du CNES — au Centre d'essais en vol de Brétigny.

La collaboration entre Jean Coulomb et le général Aubinière fut toujours exemplaire et ne connut jamais aucun nuage. Les territoires avaient été partagés : à J. Coulomb la stratégie et à R. Aubinière le soin de faire marcher la machine — ou plutôt de la mettre en marche. Le professeur Coulomb était doué de qualités exceptionnelles qui lui donnaient une autorité incontestée : d'une honnêteté intellectuelle totale, d'un désintéressement absolu quant à sa personne et à sa carrière, d'un courage intransigeant dans le choix des options et la conduite des affaires, il se présentait naturellement comme la référence d'une action impeccable. Et le général Aubinière me répétait encore récemment qu'il avait toujours signé ses instructions « *Le Directeur général, par ordre* ». Le CNES, marqué par la pratique de ses premiers chefs, a toujours souhaité posséder à sa tête un attelage semblable.

Et pourtant, Jean Coulomb, homme d'avant-guerre, était arrivé chez nous sans rien connaître à l'espace. Qui d'ailleurs y comprenait quelque chose en dehors des quelques dirigeants du CNES enfant ? Mais il aimait la jeunesse, l'invention, l'audace, le futur. Venant du CNRS, il se convertit aussitôt à la philosophie que nous avons forgée : construire un organisme qui resterait petit, ferait seulement ce que les autres ne sauraient pas faire, sous-traiterait la science aux scientifiques et la technique aux industriels, en s'employant à former les uns et les autres. Cette philosophie restée la nôtre, responsable de notre succès, a fait du CNES une Agence d'objectif unique dans le paysage français. Qu'on ne s'imagine pas que la tâche était facile. L'administration unanime autour de nous répétait « Le CNES est un organisme qui ne devrait pas exister ». Tout restait à inventer et à faire. Je me souviens qu'en 1963, à Brétigny, dans une baraque en bois, alors qu'avec mes collaborateurs j'avais expliqué au président du CNES le programme que nous mettions en œuvre pour pouvoir lancer Diamant : fabrication d'un satellite (très petit) entièrement français, création d'un centre de calcul d'orbite, développement d'un réseau mondial de télémessures et de poursuite, mise au point des procédures orbitales, il s'écria « Et vous voulez faire tout ça ! Mais vous n'y arriverez pas... ». Deux heures après cependant convaincu, il nous exhortait à l'effort. Son appui, grâce à notre ministre Gaston Palewski, nous portait jusqu'au bureau du Général de Gaulle.

Deux anecdotes illustreront l'ouverture de son esprit et son courage : lorsqu'en septembre 1963, je lui apportai l'idée que le CNES pourrait adopter un programme de collecte satellitaire de données, qui devait devenir d'abord Eole, lancé en 1971, puis Sarsat-Cospas et Argos aujourd'hui célèbres, il accepta immédiatement d'entamer les études et de pousser le concept jusqu'au bout. Autre exemple : en 1966, il donna devant mes yeux au ministre Alain Peyrefitte sa démission au cas où D2A, le premier de nos satellites vraiment raffiné, porteur de notre future politique de développement industriel, serait supprimé. Et le programme survécut.

A côté de son action quotidienne qui contribua grandement à permettre au CNES d'acquiescer dès ses premiers pas l'estime de tous ses partenaires, il me semble que l'apport principal de Jean Coulomb à l'histoire du CNES est une idée que l'ancien Directeur général du CNRS me donna pour gérer les personnels scientifiques, à savoir utiliser la ligne « *Ressources affectées du CNRS* », laissée sans trop de surveillance par le ministère des finances. Non seulement l'idée fut exploitée pour créer de toutes pièces dans les laboratoires extérieurs travaillant pour l'espace un personnel technique et scientifique, qui, en 1968, s'élevait jusqu'à 450 personnes, mais le Général Aubinière accepta pour résoudre notre problème de croissance d'utiliser le système du CNES lui-même : plus de 150 ingénieurs furent ainsi employés provisoirement, en quelques mois et deux ans selon le cas, comme personnels contractuels au service d'Aéronomie du CNRS sans jamais y avoir mis les pieds. Et ainsi, au départ de Jean Coulomb, le Centre de Brétigny disposait de 27 000 m² de bâtiments pérennes et comptait des centaines d'agents. Politique décrite en Amérique par une citation de l'Amiral Farragut : « *Damn the torpedoes, full speed ahead !* ».

Un grand chef s'est éteint. Peut-être aurait-il dit « Et vous voulez faire tout cela ! » si nous avions eu le temps de lui exposer le grand défi que le CNES s'est donné cette année à lui-même : la participation à égalité avec NASA à l'exploration de Mars. Deux heures après il nous aurait exhortés à l'effort.

Avec l'aimable autorisation du Prof. Blamont.

RAPPORTS DES SECTIONS

Section I - Géodésie

Activités des Organismes

- BGI, BRGM, ESGT, GRGS, IERS, IGN, IPG Strasbourg, SHOM.
- Gravimétrie (g absolu, groupe CNIG).
- Missions spatiales pour l'amélioration du champ de pesanteur.
- Appel d'offre IERS.

Quelques aspects à souligner

- **Coordination des participations à des services internationaux.**
 - **Réseaux de géodésie spatiale et observatoires géodésiques fondamentaux.**
 - **Restructuration de l'AIG.**
-

Section III Volcanologie et Chimie de l'Intérieur de la Terre

Participation à des programmes européens :

- **TECHVOLC**

Développements technologiques ; fin 1999.

Géochimie, Géophysique, AVMS (mise en ligne de données).

- **EMEWS (European Mobile Early Warning System)**

Fin 2000. Normalisation des systèmes volcanologiques d'alerte.

- **ROBOVOLC**

Début 2000. Robot d'échantillonnage.

- **EMPEDOCLE**

Développement interférométrie radar sur les volcans.

- **Réseaux Européens sur le dynamisme explosif Open-Univ-Bristol-Bayreuth-IPGP**
- **6ème PCDR**

Programmes français :

- **PNRN (Programme National sur les Risques Naturels) ;**

CNRS-INSU

Recherche en amont de la surveillance, ciblée sur les problèmes des volcans français.

- **Campagnes à la mer : POLINAUTE (volcans points chauds du Pacific), AGUADOMAR (étude des flancs sous-marins des volcans des Antilles).**

Observatoires volcanologiques :

- **Deux éruptions en 1999 au Piton de la Fournaise**
- **Réactivation de la Soufrière de Guadeloupe**

Développement des réseaux et coopération avec l'Observatoire de Montserrat.

Coopération internationale :

Projets Amérique Centrale, Equateur et Pérou (avec IRD), Indonésie, Ethiopie, Japon (CRV).

Responsabilité éditoriale du Bulletin of Volcanology (IAVCEI).

Participation au congrès de Birmingham.

Réunions scientifiques spécialisées en 1999 :

- **"Marges Océaniques et Volcanisme Associé" — Villefranche s/mer.**

Réunions scientifiques spécialisées prévues en 2000 :

- **Réunion commune Section-Volc-SGF et Section III-CNFGG : "Eau et système volcanique", le 9 mars 2000.**
- **Réunion commune Section-Volc-SGF et Section III-CNFGG : "Calderas et volcanisme associé", Septembre 2000.**

Nouveaux membres :

- **Philippe Lesage,**
- **Thomas Staudacher,**
- **Jean-Luc Le Pennec.**

Participation à l'assemblée générale de IAVCEI de Bali, juillet 2000 :

La Section présente 5 demandes de subventions de voyage.

Section IV - Géomagnétisme et Aéronomie

Assemblée générale de la section 4 :

- **L'Assemblée Générale s'est tenue le 25 Janvier 2000 à l'IPG de Paris.**
- **Miora Manda a fait une présentation des premiers résultats du satellite Oersted sur le champ géomagnétique interne.**
- **Discussions sur l'intérêt d'une prise de contact avec nos homologues européens.**
- **5 nouveaux membres proposés par la Section 4.**

Projets de journées scientifiques :

- **Mai 2000 : journées autour des résultats de la campagne THESEO sur l'ozone stratosphérique (Third European Stratospheric Experiment on Ozone).**
- **Novembre 2000 : journées multidisciplinaires sur les percées scientifiques liées aux résultats des missions spatiales.**

Organisation de conférences internationales :

- **Éventuelle candidature de la France pour organiser l'Assemblée Générale de l'AIGA et du SCOSTEP en 2005.**

Bureau de la section :

Président : **Alain Hauchecorne**

Président sortant : **Michel Menvielle**

Secrétaire : **François Bertin**

Contribution de la section 4 au rapport quadriennal 1995-1998, XXIème assemblée générale de l'UGGI :

- **J. Bitterly et al. : "Contribution de la France à l'observation du champ magnétique terrestre".**
- **J.-C. Cerisier et al. : "Dynamique du système ionosphère-magnétosphère : contribution des sols EISCAT-ESR et SuperDARN".**
- **N. Dubouloz et al. : "Le projet d'exploration magnétosphérique INTERBALL".**
- **A. Hauchecorne et al. : "Observation de la stratosphère par satellite".**
- **P. Keckhut et al. : "Détection des changements de la stratosphère".**

Participation française a l'association internationale de géomagnétisme et d'aéronomie :

Michel Menvielle	Membre du Comité Exécutif.
Pascal Tarits	Président groupe de travail I-2 : induction électromagnétique et conductivité électrique.
Michel Parrot	Co-Président du groupe de travail IAGA/URSI VERSIM : télédétection VLF/ELF de l'ionosphère et de la magnétosphère.
Yves Cohen	Président du groupe de travail V-7 : surveillance par satellite du champ magnétique terrestre et planétaire.
Miora Mandea	Présidente du groupe de travail V-8 : analyse du champ géomagnétique global et régional et de ses variations séculaires.

Missions spatiales :

- **OERSTED**
- **Lancement en février 1999.**
 - **Variation séculaire du champ magnétique terrestre, dynamique du noyau.**
 - **Premières mesures spatiales du champ magnétique depuis Magsat (1979-1980).**
- **Missions futures**
 - **Lancement prévu en 2000 de CLUSTER 2 (géomagnétisme externe) et de ODIN (aéronomie).**

Réseaux d'observations :

- **Radar à diffusion incohérente ESR (Eiscat Svalbard Radar)**
 - **Fonctionne depuis 2 ans avec une antenne de 32 m UHF orientable.**
- **Installation l'été 1999 d'une seconde antenne fixe verticale de 40 m permettant des sondages à 2 directions de visée de l'ionosphère polaire.**
- **Réseau de radars HF à diffusion cohérente Super DARN**
 - **Mise en service du radar SuperDARN de Kerguelen participant au réseau de l'hémisphère sud.**

Campagnes de mesures :

- **THESEO (Third European Stratospheric Experiment on Ozone)**
 - **Campagne européenne pour l'étude des processus physiques et chimiques à l'origine de la diminution de l'ozone aux latitudes moyennes.**
 - **Première partie Janvier-Avril 1999.**
 - **Deuxième partie THESEO 2000 décembre 1999 - mars 2000. Coordination avec la campagne américaine SOLVE.**
 - **Large participation française :**
 - **coordination de 4 projets (sur 13) ;**
 - **ballons à Kiruna, avions, stations sol ;**
 - **modélisation chimique et dynamique.**

Section VI - Sciences Hydrologiques

Activités propres :

Bureau du CNFSH :

Jean-Claude Olivry	Président
Pierre Hubert	Président Sortant
Claude Cosandey	Vice-Présidente
Jacques Sircoulon	Secrétaire

Activités ordinaires :

q **Accueil de nouveaux membres :**

Mme J. Corbonnois, MM. A. Gioda, A. Laraque, P. Leblois, G. Moguedet.

q **Démission de J. Gaillard.**

q **Effectifs de la Section VI : au 14/12/99 : 114.**

q **Proposition de candidatures 2000 au CNFGG :**

. *Anne-Laure Cognard-Plancq*, Université d'Avignon,

. *Laurence Maurice-Bourgoin*, IRD en Bolivie,

. *Alain Jigorel*, INRA de Rennes,

. *Jean-Denis Taupin*, UMR Sisyphe Paris VI.

q **Assemblée Générale du 14 décembre 1999, avec exposé scientifique : "*Sécheresse et gestion des ressources en eau dans les pays du sud et de l'est du bassin méditerranéen : le cas de la sécheresse exceptionnelle de 1998-1999*", par Jean Albergel, Jacques Claude et présenté par Jean-Marie Lamachère.**

q **Examen de quatre thèses soumises à notre section pour proposition au Prix de Géophysique du CNFGG. Ouvrage retenu : "*Géodynamique d'un hydrosystème tropical peu anthropisé : le bassin supérieur du Niger et son delta intérieur*", par Cécile Picouet.**

Commission de terminologie : Président : J.-P. Carbonnel :

q **L'Objectif de la Commission est d'élaborer un ouvrage sur "*Cent notions de base des sciences hydrologiques*". Fin 1999, 90 articles sont achevés ; une ultime réunion en juin doit permettre de finaliser le "dictionnaire" qui serait publié fin 2000.**

q **Réédition et diffusion de textes anciens et appui à la préparation d'un séminaire en association avec le GFHN "*Histoire de l'Hydrogéologie et de l'Hydrologie*".**

Groupe de réflexion sur la prospective en hydrologie :

q **Hydrologie et sciences de l'eau : des concepts scientifiques de la recherche en hydrologie, aux usages de la ressource et aux réponses à la demande sociale.**

q **Dépouillement d'un sondage sur la prospective en hydrologie (en cours de publication, J.C. Olivry).**

q **Projet de séminaire dans le cadre des journées de "*Nature, Sciences, Sociétés, dialogues*" pour confronter le regard extérieur et celui des hydrologues sur les sciences hydrologiques (G. Bediot).**

q Participation aux travaux du CNFGG : réunions du Conseil, Rapport quadriennal, contribution de la Section VI : 4 articles retenus :

- . *"Refondation des concepts de régimes hydrologiques"*, par Oberlin et Hubert,
- . *"Ecoulements en basses eaux"*, par Corbonnois et al.,
- . *"Hydrologie des glaciers andins"*, par Ribstein et al.,

- . *"Logique floue et pollution des nappes"*, par Freissinet et al..

Relations avec la communauté scientifique française :

q Société Hydrotechnique de France (SHF) : représentation du CNFSH aux réunions et appui à des manifestations scientifiques (*Colloque "Crues de la Normale à l'Extrême"*, 10-11 Mars 1999 à Lyon).

q GIS pour les Sciences de l'Eau (animation de la revue franco-qubécoise de langue française : *Revue des Sciences de l'Eau*) : participation aux travaux et association pour l'organisation par notre Comité de futures journées francophones d'hydrologie devant remplacer les Journées franco-roumaines, dès 2001.

q Commission "Hydrosystèmes Continentaux", Rencontres de Septembre 1999 à Perpignan.

q Association Française de Météorologie, réunions.

q OIEAU, site web du CNFSH.

q GIP Hydrosystèmes, réunion sur la contribution française en hydrologie au plan intergouvernemental le 26 Avril 1999.

q Groupe Francophone d'Humidimétrie et traNsferTs hydriques en milieux poreux (GFHN), participation à leurs journées annuelles.

q Groupe Français d'Hydrologie Isotopique, co-patronage par l'Association Internationale d'Hydrogéologie et notre comité.

q Union des Océanographes de France (Section française de l'UIO) - Annuaire des chercheurs en sciences de l'eau (eaux continentales et marines).

Représentations officielles :

UNESCO — Programme Hydrologique International - Comité National du PHI (*Hubert, Olivry, Givone, Sircoulon*).

q Groupe de Travail du PHI / UNESCO (Pierre Ribstein), groupe d'experts pour préparer la 6ème phase du PHI ... et en particulier la place de l'initiative *Help (Hydrology for the Environment, Life and Policy)* dans le contexte du PHI VI.

q Assemblée Générale annuelle Friend-AMHY à Cossenza (Italie), Octobre 1999.

(Secrétariat AMHY repris par l'IRD ex-Orstom, depuis 1999 (E. Servat).

. Groupe de terminologie (participation à l'élaboration du Glossaire international d'hydrologie Unesco-OMM). (Givone, Hubert, Carbonnel).

OMM - Programme d'Hydrologie Opérationnelle :

(Comité Français : Hubert, Givone, Sircoulon).

q Dans le cadre Whycos, poursuite des participations aux Groupes de Coordination des projets MED'HYCOS et HYCOS AOC.

5ème Conférence Internationale UNESCO/OMM sur l'Hydrologie - Genève du 8 au 12 Février 1999.

**Représentation française conduite pour l'hydrologie par P. Hubert et P. Givone.
*Perspectives pour la décennie à venir.***

CNFSH/AISH : Relations entre le Comité Français et l'Association Internationale des Sciences Hydrologiques :

q Travaux :

. Participation aux travaux du Bureau Directeur de l'IASH (Hubert) et des commissions spécialisées, notamment les commissions internationales sur les eaux de surface (Olivry) et les traceurs (Coudrain-Ribstein).

. Participation à l'organisation et à la préparation de l'Assemblée Générale de l'AISH (Assemblée Générale de l'UGGI, Birmingham, Juillet 1999), dépôt de quatre candidatures à la Commission de nomination de l'AISH pour le renouvellement des Membres du Bureau et des Commissions.

. Préparation des manifestations scientifiques, en particulier, Symposium 1 (Olivry) et Atelier 2 (Maurice). Sélection des communications et prépublication des actes. Livre rouge n° 255 (Olivry, co-auteur) : "*Hydrological Extremes : Understanding, Predicting, Mitigating*".

. Après Birmingham, mise en place des nouveaux bureaux de l'AISH et des Commissions.

. Traduction en français du livret AISH 1999-2003, par J.C. Olivry, M. Lointier et A. Dassargues (Belg.), édition bilingue d'un seul livret.

. Revue Scientifique de l'AISH : *Journal des Sciences Hydrologiques* avec pour Editeurs Associés : A. Coudrain-Ribstein, J.C. Olivry.

Manifestations scientifiques soutenues par le CNFSH en 1999 :

Séminaire "Régimes et bilans en hydrologie" :

21-22 Janvier à Grenoble - PNRH (Oberlin).

Colloque "Crues de la Normale à l'Extrême" :

10-11 Mars à Lyon - organisé par la SHF (avec le CNFSH)

Assemblée Générale de l'UGGI à Birmingham du 19 au 30 Juillet :

Participation à l'Assemblée Générale de l'AISH : élections des Membres du Bureau et des Commissions et vote sur le changement des statuts.

Membres du CNFSH élus :

Eric Servat, Vice-Président de la C.I. des Eaux de Surface,

Eric Brun, Vice-Président de la C.I. Neiges et Glaces,

Marc Lointier, Vice-Président de la C.I. Télédétection,

A. Coudrain-Ribstein, Vice-Présidente de la C.I. Traceurs.

Faible participation française aux symposia et ateliers.

Cinquièmes rencontres Franco-Roumaines :

6-7 Septembre à Lyon (CNFSH et PHI France).

Manaus'99 "Processus hydrologiques et géochimiques dans les grands bassins fluviaux" (accent mis sur le bassin de l'Amazone et des fleuves tropicaux) :

16-19 Novembre — Manaus (Brésil) (J.-L. Guyot).

150 participants.

5 thèmes principaux :

- . Hydrologie,**
- . Erosion et sédimentation,**
- . Géochimie,**

- . **Ecohydrologie,**
- . **Modélisation.**

(110 communications orales et 60 posters).

Forte implication du CNFSH.

Perspectives en 2000 et 2001 :

Deuxième Colloque InterCeltique en Hydrologie :

à Aberswith (Pays de Galles)

Séminaire "Histoire de l'Hydrogéologie et de l'hydrologie" :

(GFHN, Novembre à Paris) ...

Séminaire International "*Gestion Intégrée des Ressources Naturelles dans les Zones Inondables Tropicales*".

Bamako (Mali), 19-23 Juin 2000, soutenu par l'UNESCO, l'UICN et le CNFSH.

Très nombreux symposia soutenus par l'AISH avec participation de Membres de notre Section.

6ème Assemblée Scientifique de l'AISH en 2001 (18-27 Juillet à Maastricht, Pays-Bas) : "*A new Hydrology for a thirsty planet*" : 1 symposium organisé par P. Hubert, 1 atelier organisé par A. Coudrain-Ribstein.

Colloque International "*Origines et Histoire de l'Hydrologie*", OH2, à Dijon du 9 au 11 Mai 2001 (organisé par J.-P. Carbonnel).

Autres perspectives :

q Assemblée Générale de l'AISH (IUGG) à Sapporo en 2003,

q Projet de candidature de Nice pour recevoir l'Assemblée scientifique de l'AISH en 2005.

Section VII - Océanographie_

Océanographie Satelitaire :

Couleur :

MODIS, satellite américain dédié à la mesure de la couleur de l'océan qui a été lancé en 1999 continue de fonctionner.

On prévoit le lancement de POLDER2 en 2001 sur ADEOS2 et de MERIS sur ENVISAT en 2001. Des recherches sont entreprises pour améliorer les algorithmes de couleur.

Vents :

Le lancement du diffusiomètre Américain Q-SCAT qui préfigure SEAWINDS sur ADEOS2 a été lancé en août 1999.

Les programmes Européen ENVISAT et Franco-Américain JASON se mettent en place.

Modélisation :

Mise en place d'un modèle de l'Océan Atlantique dans sa globalité au 1/6° CLIPPER. Dans sa version ultime CLIPPER doit être couplé à l'atmosphère. Maquette d'un projet CIPPER au 1/12 : Atlantique Nord + Méditerranée (1/16).

Le programme MERCATOR se met en place.

Les modèles couplés océan atmosphères sont en cours d'exploitation.

On dispose de 2*100 ans de Run.

D'excellents résultats ont été obtenus sur El Nino : LMD+LODYC et sur la NAO.

La modélisation biologique est en plein développement. Des travaux sur l'assimilation de données de couleur de l'océan sont initiés.

L'assimilation de données dans les modèles numériques entre dans une phase opérationnelle. Développement de routines "simples" (routine SOFA OI+ Kalman Filter) qui peuvent être implémentées sur différents modèles.

Observations à la mer :

Mise en place du programme POM (Etude des subductions dans l'Atlantique Nord-EST) dans le cadre du PATOM.

Mise en place de suivi à long terme systématique dans les stations marines (Roscoff, Arcachon, Marseille, Villefranche, Banyuls, Vimereux). Vers un "corps" de physiciens de l'INSU pour assurer ce suivi ?

Exploitation des données de TOPEX/POSEIDON :

Transport du courant des Malouines.

Réflexions d'ondes de Kelvin en Rossby dans le Pacifique EST et de Rossby en Kelvin dans le Pacifique Ouest.

Dynamique de méso-échelle de la Méditerranée.

La bouée CARIOCA donne d'excellents résultats sur la mesure de P.CO2 Océanique et permet de calibrer les mesures satellitaires.

Programmes Européens :

Préparation du 5ème PCRD dont le premier appel d'offre est sorti et le deuxième est prévu pour février 2000.

Réunions Internationales :

IUGG		1999
AGU	Ocean Science Meeting	2000-01
IGARS	Hawaï	2000-07
COSPAR	Pologne	2000-07
EGS	Nice	2000-04

PRIX DE GÉOPHYSIQUE 2000

Jan Matas

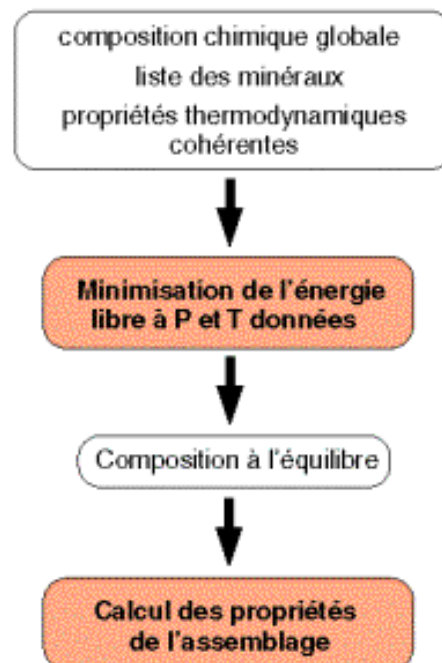
**Modélisation thermochimique des propriétés
de solides à hautes pressions et hautes températures.
Applications géophysiques.**

*soutenu le 12 janvier 1999
École normale supérieure de Lyon*

Le sujet de la thèse porte sur les problèmes de la composition minéralogique de la Terre et notamment la composition de la partie silicatée qui est représentée par le manteau terrestre. Ce travail a été motivé par plusieurs travaux récents abordant le problème de la détermination des modèles moyens du manteau terrestre (par exemple : Ita et Stixrude, 1992 ; Saxena, 1996 ; Vacher et al., 1998). Chacune de ces études a essayé d'utiliser un modèle de composition minéralogique et de le traduire en profils de densité, d'incompressibilité ou de paramètre sismique. Néanmoins, les approches et les propriétés de roches utilisées n'ont pas été toujours cohérentes soit avec les observations expérimentales ou avec la thermodynamique. Pour éviter ces genres d'erreurs notre étude a été réalisée en trois différentes étapes. Nous avons d'abord construit une base de données physiquement plausible, ensuite nous avons développé une méthode pour calculer la composition minéralogique à l'équilibre et, enfin, nous avons appliqué cette approche à différents problèmes géophysiques. Puisque chacune de ces étapes a ses spécificités, divers outils physiques et mathématiques ont dû être employés pour les aborder.



Notre approche



La première partie est consacrée à l'élaboration d'une méthode cohérente de détermination des grandeurs thermodynamiques des différents minéraux présents dans le manteau. La connaissance de ces paramètres s'est révélée cruciale pour obtenir des résultats physiquement plausibles. Puisque chaque minéral du manteau est caractérisé par une structure cristalline ses propriétés sont liées aux vibrations du réseau atomique. Ainsi, les propriétés thermodynamiques des minéraux ont été calculées à partir des modèles de densité d'état de vibrations (ou plus précisément des phonons). Ces modèles ont été construits en utilisant des résultats de spectroscopie Raman et infrarouge. La méthode développée permet d'introduire explicitement l'anharmonicité des vibrations et de calculer ensuite l'entropie, la

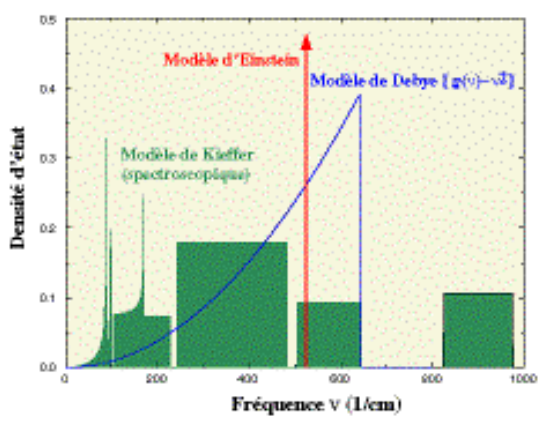
capacité calorifique et la pression thermique des minéraux à hautes températures et à hautes pressions. Ici, nous avons été inspirés par le travail théorique de Wallace (1974) et avons poursuivi l'étude commencée par Gillet et al. (1991) et Guyot et al. (1996). Par ailleurs, notre méthode représente une analyse critique de ces deux derniers travaux et des travaux de Chopelas (1990, 1991) et d'Hofmeister et Chopelas (1991). Notre approche thermodynamique a été ensuite validée sur l'exemple des carbonates. Une base de données thermodynamiques a été établie pour la calcite, l'aragonite, la dolomie, la sidérite et la magnésie. Diverses réactions chimiques contenant ces minéraux ont été étudiées et les diagrammes de phase calculés ont été confrontés aux observations expérimentales.

Entre les carbonates, la magnésie représente la phase où le carbone peut être stocké dans les conditions du manteau inférieur. C'est pour cela que l'étude des propriétés de la magnésie (MgSiO3) a été poursuivie et que sa stabilité dans le manteau a été analysée en détail. Cette étude a montré que la magnésie et le diamant peuvent être à l'équilibre même à hautes températures et hautes pressions et que si cet équilibre a lieu dans le manteau inférieur, il imposerait un gradient de la concentration de fer oxydé (Fe3+) avec la profondeur.

Manteau terrestre

Phase	Solution solide de
Olivine	Forstérite Fayalite
Wadsleyite	Mg-Wadsleyite Fe-Wadsleyite
Spinelite	Mg-Spinelle Fe-Spinelle
Pérovskite	Mg-Pérovskite Fe-Pérovskite Al-Pérovskite
Ca-Pérovskite	Ca-Pérovskite
Oxydes	Périclase Wüstite
Orthopyroxènes	Orthoenstatite Orthoferrosillite
Clinopyroxènes	Clinoferrosillite Clinoenstatite Clinodiopside Clinobedenbergite Ca-Tschermak
Grenats	Pyrope Almandin Grossulaire Mg-Majorite Fe-Majorite
SiO ₂	Quartz Coesite Stishovite

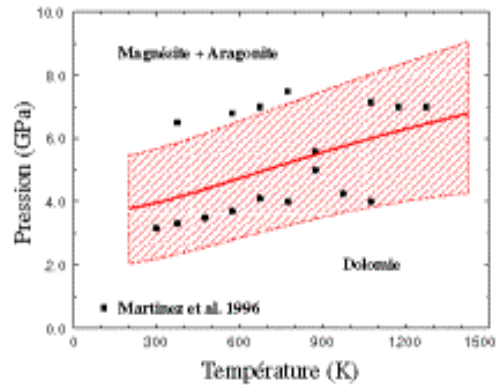
Modèles de densité d'états



$$S = -k \int_0^\infty \left(\ln(k - e^{-\frac{h\nu}{kT}}) - \frac{h\nu}{kT} \frac{e^{-\frac{h\nu}{kT}}}{1 - e^{-\frac{h\nu}{kT}}} \right) g(\nu) d\nu$$

$$C_v = k \int_0^\infty \left(\frac{h\nu}{kT} \right)^2 \frac{e^{-\frac{h\nu}{kT}}}{(1 - e^{-\frac{h\nu}{kT}})^2} g(\nu) d\nu$$

Exemple d'une transition de phase calculée



L'approche numérique pour calculer la composition minéralogique d'un système chimique à différentes températures et à différentes pressions a été développée dans la deuxième partie. Un code numérique a été développé pour calculer la composition minéralogique à différentes conditions de pression et de température pour une composition globale d'un système chimique. Puisque ce code est basé sur la minimisation de l'énergie libre de Gibbs la composition calculée est celle qui correspond à l'équilibre thermodynamique. Du point de vue numérique, diverses spécificités liées aux transformations des phases des minéraux mantelliques telles que disparition ou introduction d'une phase ont été explicitement introduites directement dans la procédure numérique. Un effort particulier a été effectué pour développer et pour introduire des modèles d'activité chimique généraux, notamment pour les phases minéralogiques complexes de pérovskites, grenats et clinopyroxènes. Nombreuses sous-routines numériques du code ont été également optimisées de manière que le code puisse être utilisé dans les simulations numériques de convection mantellique.

Minimisation de l'énergie libre

$$G(P, T, \vec{n}) = \sum_{i=1}^N n_i \overbrace{\mu_i(P, T, \vec{n})}^{\text{non linéaire}}$$
$$\Delta \vec{n} = \vec{b}$$
$$n_i \geq 0 \quad \forall i$$

μ_i ... potentiel chimique des constituants

\vec{b} ... composition globale

inconnues $\rightarrow \vec{n}$

abondances molaires des constituants

La densité ρ est obtenue par :

$$\rho(P, T) = \left[\sum_i x_i V_i(P, T) \right]^{-1}$$

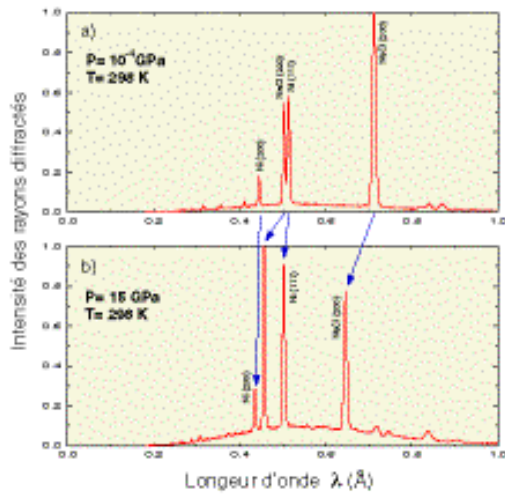
- ✓ comparaison avec les modèles radiaux
- ✓ détermination de l'entropie
- ✓ construction du profil adiabatique

C'est pour le calcul de la composition minéralogique à l'équilibre qu'il nous a fallu disposer d'une base de données thermodynamiques cohérente d'une part avec les observations expérimentales et d'autre part avec les conditions imposées par la thermodynamique comme les relations Maxwell ou la condition de Gibbs-Duhem. Puisque les études spectroscopiques n'ont pas été réalisées pour tous les minéraux mantelliques nous avons utilisé les données provenant des expériences. Pour avoir l'équation d'état de certaines composantes telles que le nickel et l'oxyde de nickel, à hautes pressions et à haute température nous avons réalisé une étude expérimentale de diffraction des rayons X. Ces mesures ont été effectuées au LURE à Orsay. Pour déterminer les paramètres de l'équation d'état et pour évaluer leurs incertitudes, un code de calcul numérique a été conçu. L'algorithme a été basé sur la méthode d'inversion non-linéaire de Tarantola-Valette.

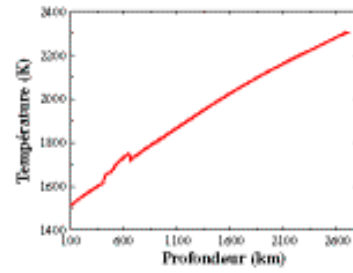
Ayant calculé la composition minéralogique à l'équilibre, les profils de densité, d'incompressibilité et de paramètre sismique f du manteau ont été obtenus. Plusieurs modèles de la composition chimique globale du manteau tels que la pyrolite ou la piclogite ont été considérés. La comparaison de ces profils avec ceux qui sont déduits à partir des observations sismologiques (par exemple : PREM de Dziewonski et Anderson (1981) ou IASP91 de Kennett et Engdahl (1991) a clairement indiqué que le meilleur accord a été obtenu pour le modèle pyrolitique.

L'approche de minimisation a permis en plus d'étudier l'effet des transitions de phase sur les différentes propriétés du manteau. Puisque à chaque profondeur, c'est-à-dire à chaque pression et température, il est possible de calculer l'entropie et la capacité calorifique de l'assemblage, l'effet de la chaleur latente a été explicitement étudié. Ainsi, le gradient de température adiabatique

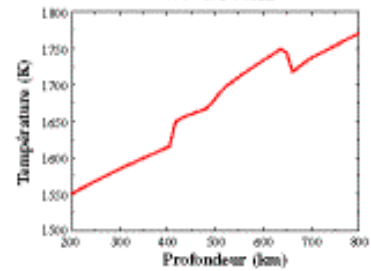
Détermination de l'équation d'état du nickel (Ni) et de l'oxyde de nickel (NiO)



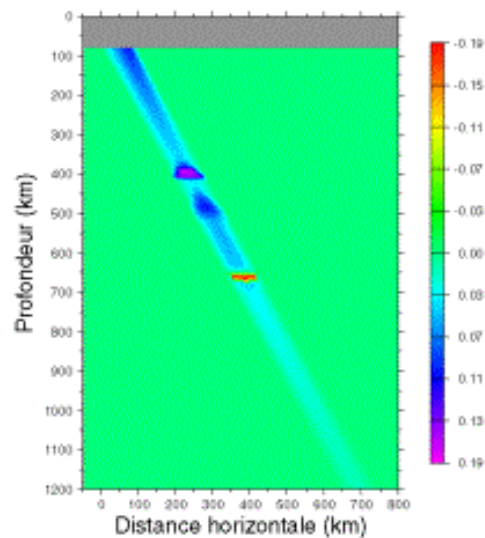
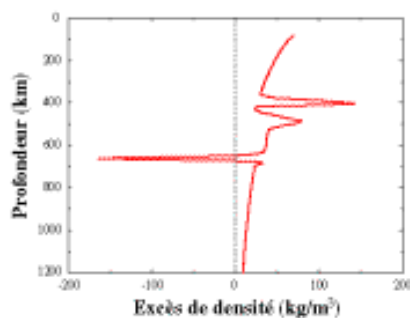
Température adiabatique



... détail

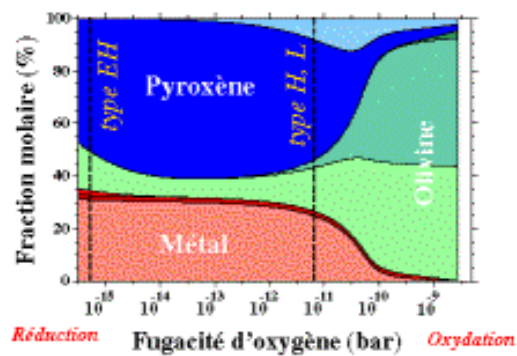


est calculé et est issu de la minéralogie du manteau à l'équilibre. Ces résultats peuvent être comparés à ceux qui sont utilisés habituellement où le gradient de température adiabatique est imposé et ne correspond pas à l'équilibre thermodynamique (Brown et Shankland, 1982).

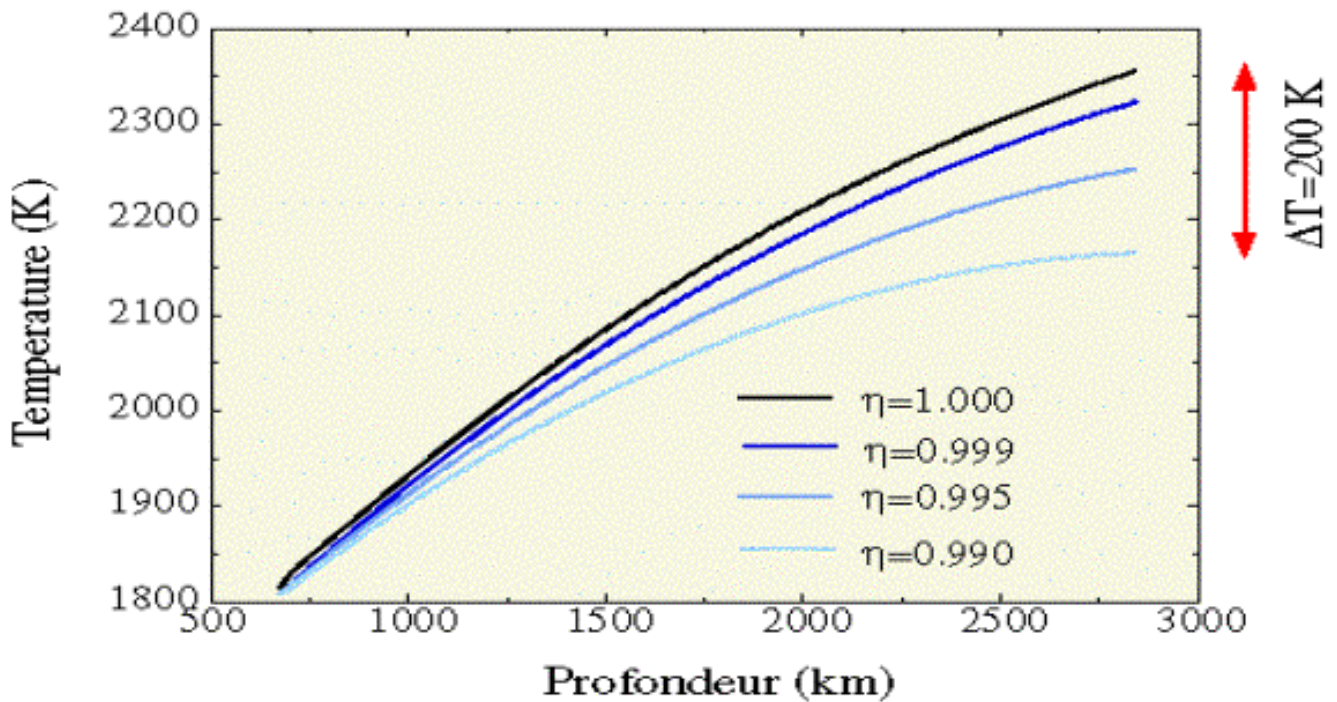


La minimisation d'énergie et le calcul de densité des assemblages minéralogique ont été également utilisés pour une étude préliminaire des effets de transition de phase dans une plaque lithosphérique. Un modèle thermique simple d'une plaque plongeante a été considéré et les hétérogénéités latérales de densité résultant de ces variations de température ont été évaluées. L'excès de densité positif ou négatif a été étudié le long l'axe de la plaque et il a été montré que l'effet de la transition endothermique qui a lieu vers 660 km de profondeurs semble avoir un effet mineur sur le mouvement de la plaque en comparaison avec l'effet thermique moyen et l'effet de transitions exothermiques à 410 et 520 km de profondeur.

**Composition des silicates
et du métal à l'équilibre
(composition chondritique)**



Temperature non adiabatique



Une autre application du code de minimisation est la possibilité de déterminer la composition et l'état d'oxydation des assemblages des phases oxydées et réduites. Cet aspect est discuté dans la troisième partie. Ainsi, l'interaction entre métal et silicates a pu être étudiée à différentes conditions. En premier lieu, la stabilité de l'olivine en présence du nickel a été analysée. Il a été montré que le domaine de stabilité de l'olivine est considérablement modifié même lorsque le nickel est présent en faible quantité (de l'ordre de ppm). Les processus d'oxydation ont été ensuite étudiés dans les systèmes chimiques équivalant aux corps parents des chondrites. Les chondrites LL, L, H et EH peuvent être caractérisées par différents marqueurs redox tels que les rapports des éléments chimiques oxydés et réduits. En comparant les conditions de température et de fugacité d'oxygène nécessaires pour obtenir les rapports correspondant à des différentes chondrites, il est possible de déterminer ou d'estimer les conditions d'équilibration de chacune de ces chondrites. De la même manière la composition du manteau et du noyau terrestre en éléments sidérophiles peut être étudiée. Ici, nous nous sommes attaqués à un

problème qui anime la discussion scientifique depuis trois décennies et qui a divisé les scientifiques en deux camps avec les hypothèses totalement opposées (un groupe peut être représenté par les chercheurs australiens : Kesson et al. (1997) et le deuxième par les chercheurs japonais et américains : Urakawa et al. (1987), Li et Agee (1996). Nous n'avons pas apporté une solution définitive, cela ne fut pas notre objectif. Mais nous avons essayé d'analyser le problème du partage des éléments sidérophiles avec un outil théorique et alternatif. Le travail réalisé a affirmé que la concentration élevée du nickel oxydé dans le manteau ne peut pas être expliquée par les processus de métamorphisation à basses pressions et a montré que la concentration du silicium dans le noyau est compatible avec les processus de très haute température et de basse pression.

Le travail effectué dans le cadre de cette thèse ne représente pas un travail terminé. Au cours de préparation nous avons suivi plusieurs pistes et cela ne nous a mené nulle part. Ainsi, il y a beaucoup de questions et problèmes qui restent ouverts. C'est par exemple le problème des conditions non adiabatiques dans le manteau terrestre ou l'application du code de minimisation à d'autres planètes que la Terre. Ici, la planète de Mars représente un objet dont la composition minéralogique du manteau peut être différente de celle du manteau terrestre dû à l'excès du fer. Ensuite ce sont les problèmes liés à l'équilibre entre des phases oxydées et réduites à hautes pressions. Finalement, il serait important d'appliquer l'approche thermodynamique à l'étude du transport chimique dans les couches limites dans le manteau terrestre et aux processus sur la frontière manteau-noyau.



FIN DU COMPTE-RENDU 2000

