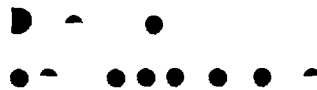


Ecole polytechnique
Centre de recherche

RAPPORT D'ACTIVITÉ



En 1794, à l'instigation de Gaspard MONGE et de Lazare CARNOT, la Convention crée, en pleine période révolutionnaire, l'Ecole Polytechnique destinée « à former des ingénieurs en tous genres, à rétablir l'enseignement des sciences exactes et à donner une haute formation scientifique à des jeunes gens, soit pour être employés par le Gouvernement aux travaux de la République, soit pour reporter dans leur foyer l'instruction qu'ils auront reçue et y prodiguer les connaissances utiles ».

Aujourd'hui l'Ecole Polytechnique c'est environ sept cent cinquante élèves présents à Palaiseau, plus de deux cents enseignants, près de neuf cents chercheurs, ingénieurs ou techniciens dans les laboratoires, environ cinq cents militaires et civils se consacrant à la formation des élèves et à la marche générale de l'établissement.

De notre longue tradition nous avons hérité deux principes qui guident notre action :

- viser l'excellence, sans cesse,
- cultiver la pluridisciplinarité, nécessaire aux formes multiples du savoir et du savoir-faire.

Dans un environnement aujourd'hui bien différent, notre mission demeure. Le monde a changé de si considérable façon que notre tâche est plus vaste et plus complexe. Et notre ambition doit s'étendre au-delà de l'hexagone.

Maurice BERNARD
Directeur de l'Enseignement
et de la Recherche

INTRODUCTION

La double mission des laboratoires de participer aux progrès des connaissances et de former par la recherche les enseignants, les chercheurs et les ingénieurs prend une importance croissante pour notre avenir.

Dans cette perspective, les liens déjà établis entre l'enseignement et la recherche doivent être renforcés et ceux entre la recherche et le monde économique développés.

Le centre de recherche de l'Ecole polytechnique a continué à développer, en 1989, ses activités de recherche en collaboration avec ses partenaires naturels, tout particulièrement le CNRS, et avec les établissements scientifiques voisins.

A l'occasion de leur réunion de concertation annuelle, le CNRS et l'Ecole polytechnique ont fait le bilan de leur coopération et défini leurs projets communs :

– quinze nouveaux chercheurs ont été recrutés en 1989 par le CNRS dans les laboratoires de l'Ecole.

– après celle du SESI en septembre, laboratoire commun au CEA et à l'Ecole, les associations des laboratoires d'Optique Appliquée et d'Informatique sont proposées.

– de nouveaux thèmes de recherche seront développés en commun, en particulier la mécanique à l'échelle microscopique avec André ZAOUÏ et la mécanique des fluides en système ouvert avec Patrick HUERRE.

La Délégation générale à l'armement a accordé à l'Ecole les crédits lui permettant de construire une extension du bâtiment de la recherche d'une surface de l'ordre de 4 500 m², qui lui donne la possibilité de développer son potentiel de recherche.

Ainsi le laboratoire d'utilisation des lasers intenses

trouvera les surfaces indispensables à la poursuite de ses activités ; le projet de doublement du potentiel de recherche en biologie pourra être mis en oeuvre, une mission de réflexion a été confiée à Monsieur Roger MONIER pour en définir les contenus ; la création d'un laboratoire de mécanique des fluides pourra être envisagée.

Le conseil scientifique du département de chimie, qui s'est tenu en janvier 1989, a constaté le niveau d'excellence des nouveaux laboratoires et tout particulièrement ceux de chimie du phosphore dirigé par François MATHEY et de synthèse organique par Jean-Yves LALLEMAND.

L'installation d'un centre de spectrométrie RMN à haute résolution a été réalisée avec le soutien du CNRS, de l'INSERM, de l'INRA, de la DRET, des ministères de l'Education Nationale et de la Recherche et de la Technologie, la structure d'une toxine du venin de cobra a déjà été déterminée.

Le recrutement par l'Ecole polytechnique de professeurs à plein temps est associé aux développements de nouveaux thèmes de recherche. Après Yves QUERE en physique, Pierre-Arnaud RAVIART en mathématiques appliquées, ont été nommés Patrick HUERRE en mécanique des fluides ainsi que Jacques NEVEU en probabilité, qui, dans le cadre du centre de mathématiques appliquées, a créé une nouvelle équipe de recherche.

L'interdisciplinarité, spécificité du centre de recherche qui s'est dans le passé concrétisée par la création de nouveaux laboratoires (physique des interfaces et des couches minces, informatique) s'étend à d'autres domaines, par exemple :

– l'accélération de particules dans des plasmas denses produits par interaction laser-matière rassemble des chercheurs de la physique théorique, des plasmas, de la physique nucléaire des hautes énergies.

– le calcul formel auquel collaborent mathématiciens et informaticiens.

Comme directeur de laboratoire, Pierre BEREST succède à Pierre HABIB en mécanique des solides, Charles de NOVION à Daniel LESUEUR en solides irradiés, Jean-Pierre BOURGUIGNON à Michel DEMAZURE en mathématiques.

L'étude du projet de Centre d'Echanges Scientifiques et Techniques, centre de recherche commun entre l'industrie et la recherche arrive dans sa phase finale. La société d'étude, regroupant la Fondation de l'Ecole, COTEBA MANAGEMENT, la CAISSE des DEPÔTS et CONSIGNATIONS et le CREDIT NATIONAL, devrait rendre son rapport en juin 1990.

Ce centre devrait répondre aux objectifs suivants :

- être un lieu d'échanges scientifiques et techniques entre enseignants, chercheurs, ingénieurs et étudiants.
- être un centre de formation par la recherche.
- conduire des recherches pluridisciplinaires à finalités économiques.
- permettre aux entreprises le développement de recherches prospectives.
- être un lieu d'émergence de technologies nouvelles.

Avec le soutien et l'appui de la formation doctorale, dirigée par Monsieur Roland SENEOR, la formation par la recherche a pris un nouvel élan, environ 200 thésitifs dont 91 inscrits en thèse X sont présents

dans les laboratoires, 8 thèses ont été soutenues en 1989.

Le nombre des publications dans les revues scientifiques internationales, la participation aux principaux colloques témoignent de la qualité et du dynamisme des laboratoires.

Des liens nouveaux se tissent avec de nombreux laboratoires français, des collaborations scientifiques se développent avec des laboratoires étrangers et particulièrement européens.

Dans la perspective de création d'un pôle scientifique européen sur les plateaux de Saclay et Palaiseau, le centre de recherche de l'Ecole doit développer ses liens avec les établissements voisins ; plusieurs projets de centre de recherche ou instituts communs sont à l'étude : le CEST, l'institut de mathématiques, en sont deux exemples.

La situation financière des laboratoires reste préoccupante bien que la clémence du temps en 1989 ait allégé la facture de chauffage.

Elle reste très grave en ce qui concerne le statut des ingénieurs et techniciens de la recherche auquel il est indispensable et urgent de trouver une solution acceptable pour les intéressés, raisonnable pour les laboratoires.

Agnès JACQUESY
Pierre VASSEUR

BIOCHIMIE

Directeur: **Sylvain BLANQUET**
Directeur de Recherche au CNRS
Professeur de Biologie à l'École polytechnique

Tél. (33) (1) 60 19 41 81

*Laboratoire associé au CNRS
Unité de Recherche 240
Secteur Sciences de la Vie*

Le laboratoire étend ses activités à plusieurs aspects de la biologie moléculaire du colibacille et de la levure : les relations entre la structure et l'activité biologique de plusieurs ARN et protéines enzymatiques ; l'organisation, l'expression et la manipulation de leurs gènes ; le métabolisme de certains nucléotides au cours de l'adaptation de la cellule au stress.

En 1989, le Laboratoire a participé encore très activement à la mise en place des enseignements de Biologie qui étaient offerts pour la première fois à la promotion X86. Malgré la diversion créée pendant deux ans par cette expérience pédagogique particulièrement enrichissante et prenante, les programmes et les publications du laboratoire ont avancé d'une manière satisfaisante. Dans le cas de quelques opérations de recherche, des résultats tout à fait spectaculaires ont même pu être obtenus. Ainsi, du côté de la méthionyl-ARN_t synthétase, une avancée décisive s'est produite cette année, avec l'isolement de mutants de cette enzyme capable de méthionyler *in vivo* un ARN_t^{Met} porteur d'un anticodon « ambre ». C'est la première étape d'un programme ambitieux qui devrait aboutir au remodelage à volonté de la spécificité des aminoacyl-ARN_t synthétases.

Signalons également : 1) le clonage du gène de la Met-ARN_t^{Met} transformylase d'*E.coli*, qui ouvre la voie à la compréhension de la signification fonctionnelle de la formylation chez les procaryotes, 2) les clonages et séquençages de *lysS* et *lysU*, deux gènes codant pour deux formes de lysyl-ARN_t synthétase chez le colibacille. Cette redondance génétique n'est, pour l'instant, pas comprise, 3) la construction d'un mutant conditionnel de la py-

rophosphatase d'*E.coli* et la démonstration du rôle essentiel de cette enzyme pour la croissance du colibacille, enfin, 4) le clonage, le séquençage et l'inactivation du gène de la seconde Ap₄A phosphorylase présente chez la levure.

Pour terminer, M. Y. MECHULAM s'est vu décerner le prix Nine Choucroun 1989, pour ses travaux concernant le contrôle de l'expression de l'opéron pheST-himA et pour sa contribution à l'étude des relations structure-activité de la méthionyl-ARN_t synthétase.

L'équipe A. PARMEGGIANI, quant à elle, a approfondi l'étude du rapport structure-fonction du facteur d'élongation EF-Tu, un modèle pour la classe des protéines liant le GTP. L'interaction avec le substrat et le mécanisme de la catalyse ont été étudiés par la substitution de plusieurs résidus mutés selon les indications suggérées par le modèle tridimensionnel. Concernant les protéines RAS, pour la première fois une protéine agissant comme facteur de régénération du complexe actif RAS.GTP a été identifiée dans le système de *S.cerevisiae*. Et enfin, il a été montré que ce facteur agit aussi sur la protéine ras humaine, un élément essentiel de la transformation oncogénique de la cellule.

■ 12 chercheurs,
3 enseignants de Biologie,
10 ITA,
17 stagiaires ou visiteurs,
2 élèves optionnaires,
21 publications,
20 communications,
2 thèses.

CHIMIE FINE

Directeur : **Pierre LASZLO**
Professeur à l'Ecole polytechnique

Tél. (33) (1) 60 19 41 33

L Une étude par résonance magnétique multi-nucléaire (deutérium, et oxygène-17), à haut champ (7,05 Tesla), caractérise très à fond la structure et la microdynamique de la couche d'eau adsorbée à la surface d'une argile. Les molécules d'eau sont immobilisées plusieurs nanosecondes, dans des configurations bien définies; cela permet de comprendre pourquoi les argiles ont des acidités de surface aussi élevées, exploitées par ailleurs dans le laboratoire, pour la mise au point de catalyseurs très efficaces.

L'origine du gonflement des argiles de type smectite, à l'humidité, a pu être attribuée avec sûreté à la solvation des cations intersticiels.

Une modélisation (orbitales moléculaires, puis simulation Monte Carlo) de l'interaction eau-feuillet argileux fournit de bons résultats : énergie d'interaction, géométrie de l'eau liée, en accord satisfaisant avec les données expérimentales.

La réorientation du benzène à la surface d'un solide microporeux a été modélisée au moyen des fractales de Mandelbrot.

Des essais exploratoires d'oxydation du cyclohexène (par l'oxygène, l'oxygène singulet, l'hypochlorite, le permanganate, le bichromate,...) ont été conduits en présence de couches minces d'oxydes métalliques (SnO_2 - MgO , V_2O_5 , MoO_3).

L'étude de la catalyse de la réaction ène par des acides de Lewis, se compose de 3 volets: mesures des acidités de Lewis par RMN, puis par calculs d'orbitales moléculaires et enfin d'activité de ces acides comme catalyseur de la réaction ène.

La kaolinite, à la grande acidité de surface, tapissée par un réseau de liaisons hydrogène fortes, permet d'y stabi-

liser intermédiaires et états de transition polaires.

Un accès efficace, à 70% de rendement, aux acrylamides est la réaction avec l'acide acrylique de dérivés phosphazo qu'on forme *in situ* à partir d'amines diverses.

La reconnaissance moléculaire a été étudiée sur le cas de l'encapsulation des cations alcalins par les éthers en couronne.

De nombreuses chloration biologiques se font au moyen de peroxydases et d'eau oxygénée. La source de chlore est un anion chlorure; et le système biochimique l'oxyde en radical chlore Cl^\bullet , beaucoup plus électrophile et réactif. Prenant modèle sur de tels procédés naturels, nous avons mis au point une chloration efficace des aromatiques. Les molécules-test sont l'anisole et le toluène. L'oxydant est l'acide m-chloroperbenzoïque. Le réactif de chloration est le chlorure ferrique, déposé sur montmorillonite acide K10. De la sorte, des résultats avantageux sont acquis : pour l'anisole, chloration à 97% avec une préférence *para* de 74% dans des conditions très douces: à température ambiante, dans le chlorure de méthylène, en une vingtaine de minutes.

La distribution des produits de l'addition, selon Diels-Alder, de la N-benzylidène aniline et d'éthers d'énois a été établie en fonction des paramètres réactionnels.

La réflexion épistémologique s'est donnée pour objet, cette année, la *représentation en chimie*. L'étude s'est faite en collaboration avec le Professeur Roald Hoffmann, Cornell University.

■ 4 chercheurs
2 ITA

4 stagiaires

8 visiteurs étrangers

17 publications, 20 communications

CHIMIE DU PHOSPHORE ET DES METAUX DE TRANSITION

Directeur : **François MATHEY**
Professeur à l'Ecole polytechnique

Unité mixte du CNRS

Tél. (33) (1) 60 19 40 79

La structure permanente du laboratoire comprend aujourd'hui 12 chercheurs CNRS, 2 ITA CNRS et 2 ITA Ecole polytechnique. Sur le plan scientifique, l'équipe se situe, depuis plusieurs années, à la croisée de la chimie du phosphore et de la chimie des métaux de transition ce qui lui permet de concilier originalité et potentiel d'applications. Cette année, l'activité du laboratoire a été centrée sur les quatre thèmes suivants :

- Chimie hétérocyclique du phosphore (F. MATHEY)
- Chimie de la double liaison phosphore-carbone (F. MATHEY)
- Nouveaux complexes phosphorés des métaux de transition (F. MATHEY)
- Phosphonates fonctionnels et leurs applications (Ph. SAVIGNAC)

En outre, ont été étudiées certaines retombées pratiques de ces travaux dans le domaine de la catalyse homogène et de la synthèse de nouveaux matériaux. Sur le plan fondamental, les faits marquants de l'année écoulée sont les suivants :

a) La découverte d'une synthèse très simple des 2-

chlorophosphinines qui permet de relancer l'étude de ce type de cycle ;

b) La découverte d'une transformation thermique spontanée d'une vinylphosphine secondaire en phosphalcène qui remet en cause ce que l'on croyait savoir sur l'instabilité de la double liaison phosphore-carbone ;

c) La découverte d'une technique très douce permettant de préparer les complexes terminaux d'aminophosphinidènes et d'étudier leur chimie ;

d) La découverte de la première synthèse générale des 1,3-butadienylphosphines.

■ 12 chercheurs,
dont 2 enseignants,
4 ITA,
6 thésard,
4 post-docteurs,

16 publications, 14 conférences.

MECANISMES REACTIONNELS

Directeur: **Anh NGUYEN TRONG**
Directeur de Recherche au CNRS
Professeur de Chimie à l'Ecole polytechnique

*Laboratoire associé au CNRS
URA 1307*

Tél. (33) (1) 60 19 41 77

Le Laboratoire des mécanismes réactionnels, créé en 1988, est constitué de 2 sous-groupes (Chimie Théorique et Spectrométrie de masse) en très forte interaction, notamment pour l'étude des réactions en phase gazeuse.

Le groupe Chimie Théorique a étudié plus particulièrement, les effets de substituants dans les réactions radicalaires et ioniques. Un autre thème, qui devient un des axes principaux de recherche du laboratoire, est la modélisation moléculaire. Une interface avec le programme Extended Hückel est en cours d'achèvement, qui nous permettra d'étudier un interactif, aussi bien des molécules organiques qu'organométalliques par des calculs quantiques semi-empiriques.

Deux aspects de la spectrométrie de masse sont développés au laboratoire : une étude des mécanismes de réactions en phase gazeuse et des études en amont des applications.

L'originalité des travaux de notre groupe concernant les

mécanismes réactionnels est la mise en évidence de complexes ION-ESPECE NEUTRE, susceptibles d'intervenir comme intermédiaires de réactions. Ces complexes nous ont permis d'expliquer, d'une part des réactions de condensation, d'autre part l'isomérisation d'espèces chargées par rétro-dissociation.

En ce qui concerne les applications en amont de la spectrométrie de masse, deux aspects sont traités au laboratoire : les techniques de couplages chromatographie-spectromètre de masse, de séparation et de purification précédant l'analyse et l'étude de substrats permettant l'analyse de biopolymères.

■ 14 Chercheurs
6 I.T.A.
15 Stagiaires
5 D.E.A.

18 Publications
23 Communications.

CHIMIE SYNTHÈSE ORGANIQUE

Directeur : **Jean-Yves LALLEMAND**
Directeur de Recherche au CNRS
Maître de Conférences à l'École polytechnique

Codirecteur : **Marcel FETIZON**
Professeur de Chimie à l'École polytechnique

*Unité associée au CNRS
04 - 1308*

Tél. (33) (1) 60 19 41 79

Les thèmes du Laboratoire se rattachent à la chimie des produits naturels, à la mise au point de nouvelles réactions, et à l'étude des structures moléculaires en relation avec une activité pharmacologique :

1- Chimie des produits naturels à activité pharmacologique

Diverses approches synthétiques de molécules particulièrement complexes : séries du Taxol et des Mycotoxines à activité anti-cancéreuse ou immuno-dépressive. Synthèse totale de la Forskoline, un composé naturel susceptible d'activer les défenses immunitaires.

2- Chimie des insectes et des plantes

Mise au point de nouvelles synthèses de composés antiappétants et de différentes phéromones sexuelles d'insectes.

Explorations synthétiques dans la famille des Calystégines, composés pouvant activer la fixation au niveau des racines des plantes des bactéries métabolisant l'azote de l'air.

3- Nouvelles réactions en synthèse organique et chimie radicalaire

Transposition nouvelle et hautement stéréosélective de composés nitrés allyliques .

Chimie radicalaire des xanthates d'acyle, catalyseurs efficaces pour déclencher la fragmentation des xanthates ordinaires par la lumière visible.

4- Physicochimie bio-organique

Implantation d'un pôle scientifique R.M.N. 600 MHz axé sur l'étude des structures tridimensionnelles en solution de biomolécules en utilisant RMN et dynamique moléculaire.

Premiers résultats : structure en solution de l'alpha-cobratoxine, une toxine de 71 résidus interagissant avec le récepteur de l'acétyl-choline.

■ 34 chercheurs
6 étudiants
8 stagiaires
6 techn. et Adm.

1 thèse
7 microthèses
29 publications
17 conférences

MECANIQUE DES SOLIDES

Directeur: **Pierre HABIB**
Professeur à l'ENGREF

Groupe commun avec :
ENSMP - ENPC - CNRS URA 317
Secteur SPI

Tél. (33) (1) 60 19 41 29

L'axe principal de la recherche au Laboratoire de Mécanique des Solides est l'application de la théorie de la plasticité à l'étude de la déformation et de la rupture des solides et des structures. Les recherches ont le plus souvent une composante théorique, une composante numérique et une composante expérimentale. Il est en effet indispensable pour la résolution d'un problème de mécanique d'introduire à un certain moment dans le calcul, numérique ou explicite, des grandeurs physiques relatives aux propriétés rhéologiques des matériaux ; leur acquisition expérimentale requiert des travaux et des essais souvent difficiles lorsque la matière est sollicitée dans des ambiances hostiles (haute température, haute pression, etc.). Mais il existe aussi des expériences qui ont pour but de vérifier des conceptions théoriques établies à partir d'une modélisation ou encore des essais en similitude, voire en vraie grandeur, pour valider un programme de calcul numérique ou même pour analyser globalement un problème lorsque la modélisation mène à des calculs trop lourds.

L'activité du Laboratoire de Mécanique des Solides est en contact étroit avec les grandes sociétés françaises intéressées par la Mécanique et l'on peut citer dans le tissu industriel : EDF, GDF, Framatome, SNCF, SACILOR, CEA, IPSN, ANDRA, REGIENOV, PSA, MICHELIN, SAGEM, SNECMA, CNES, MATRA, IRSID, IFP, LCPC, BRGM, MDPA, etc. Le développement du calcul sur ordinateur a été très sensible en 1989 tant au point de vue de la durée d'emploi des matériels utilisés, que des logiciels ou des matériels qui ont été acquis. En particulier le développement d'un réseau Apollo, en commun avec le Centre de Mathématiques Appliquées, apporte une réponse satisfaisante aux problèmes de calcul qui se posent au LMS en ce sens que le réseau fournit un intermédiaire entre les grosses machines de l'Ecole ou du

CNRS et les petites machines de bureau : c'est le pas indispensable pour pouvoir placer nos logiciels sur micros-ordinateurs, ce qui reste la meilleure formule pour la diffusion et la valorisation.

Dans le domaine de la diffusion il faut citer en 1989 la tenue d'une réunion du projet communautaire COSA en avril sur le sujet du remblayage et du scellement des galeries dans le cas du sel notamment au point de vue numérique (participation de délégations de Belgique, d'Espagne, de Grande-Bretagne, de Hollande et de la R.F.A.), l'organisation d'un cours sur la «Méthode Simplifiée de l'Analyse des Structures» en juin par J. Zarka, enfin l'organisation par P. de Buhan d'une journée d'étude sur le «Calcul à la Rupture» dans le cadre de la formation continue de l'ENPC en décembre.

Les recherches actuellement en cours peuvent être groupées autour des cinq grands thèmes suivants:

- **Bifurcation et Stabilité**
- **Endommagement et Fatigue**
- **Mécanique des Soils**
- **Mécanique des Roches**
- **Systèmes Experts ; Intelligence Artificielle.**

Bien entendu d'autres thèmes ont été abordés pour des problèmes plus ponctuels ou pour des matériaux spécifiques et l'on peut citer les ancrages, les matériaux composites, les essais non destructifs, la thermographie, les essais nouveaux, le génie parasismique, etc.

■ 30 Chercheurs,
23 Stagiaires,
4 visiteurs étrangers,
21 ITA.

27 publications, 60 communications, 5 thèses

METEOROLOGIE DYNAMIQUE

Directeur : **Robert SADOURNY**
Directeur de Recherche au CNRS
Maître de Conférences à l'Ecole polytechnique

*Laboratoire propre au CNRS
LP 1211*

Tél. (33) (1) 60 19 41 45

Le laboratoire de météorologie dynamique étudie la dynamique du climat et de l'environnement, en relation avec le comportement de l'atmosphère globale. Cet objectif nécessite un large éventail de recherches, allant des aspects théoriques de la mécanique des fluides géophysiques, au développement d'instruments nouveaux et à la réalisation de missions d'observation spatiales, aéroportées ou portées par ballons. Dans ce cadre général de recherche, quelques points majeurs sont à signaler pour 1989.

Des méthodes analytiques très prometteuses ont été développées en collaboration avec le Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics de Cambridge, pour l'étude des tourbillons cohérents et de leurs interactions. L'analyse par ondelettes se développe aussi rapidement. Une étude comparative, menée par un groupe de travail international, des modèles de circulation générale actuels, a montré que le modèle du LMD, avec sa représentation originale des nuages, était l'un des plus sensibles à une augmentation de la teneur atmosphérique en dioxyde de carbone et autres gaz à effet de serre. Une nouvelle modélisation des flux d'eau à travers le couvert végétal se développe en liaison avec l'INRA. D'autre part, le laboratoire s'est engagé dans la modélisation de l'atmosphère de Mars, dans la perspective des missions spatiales vers cette planète, prévues pour les années 90.

L'algorithme 3I (Improved Initialization Inversion), développé au laboratoire pour la restitution des profils de température et d'humidité atmosphérique à partir des sondages spatiaux, est aujourd'hui implanté dans 16 groupes représentant 10 pays. Les études de nébulosité s'orientent vers l'analyse fractale. Des développements

nombreux sont à signaler dans l'étude de la variabilité tropicale par imagerie spatiale. Une formulation exacte a été établie pour l'étude des bilans d'énergie locaux dans l'atmosphère. L'étude de l'atmosphère moyenne a été marquée par des résultats théoriques sur l'interaction ondes-écoulement moyen, tandis que se préparent les expériences AMETHYSTE et STRATEOLE embarquées sous ballon.

Le projet SCARAB (radiomètre développé au laboratoire pour la mesure du bilan radiatif de la terre à partir de plateformes soviétiques METEOR) est en bonne voie. Le modèle d'encombrement et de masse a subi avec succès les tests de résistance aux vibrations ; le modèle technologique est en cours de réalisation. La phase A du projet de mission spatiale BEST, sur la mesure des bilans énergétique et hydrique de l'atmosphère tropicale, a débuté en 1989, avec une forte implication du laboratoire au niveau du lidar Doppler CO₂ pour la mesure du vent. Le LMD a également participé par des mesures lidar, à la campagne européenne ICE (International Cirrus Experiment). Enfin, le laboratoire s'est fortement investi dans la prospective spatiale du CNES, qui a abouti au projet de mission GLOBSAT pour l'étude de l'environnement global. Dans ce projet, le laboratoire propose un ensemble instrumental cohérent destiné à l'étude du forçage radiatif des nuages, mécanisme critique pour la prédiction de l'effet de serre.

■ 74 chercheurs
38 ITA

19 visiteurs étrangers

Enseignants : 2 en Mécanique, 1 en Math. Appliquées
17 publications, 45 communications publiées, 8 thèses

SOLIDES IRRADIÉS

Directeur : **Charles de NOVION**
Ingénieur au Commissariat à l'énergie atomique

*Laboratoire CEA
Unité de Recherche associée
au CNRS 1380*

Tél. (33) (1) 69 41 82 00 - poste 21 76

Le Laboratoire des Solides Irradiés est un laboratoire du Commissariat à l'Energie Atomique implanté depuis septembre 1987 à l'Ecole polytechnique. Il est associé au CNRS depuis 1989 (URA 1380). Un certain nombre de ses chercheurs participent à l'Enseignement à l'Ecole (Département de Physique, Travaux Pratiques) ainsi que dans d'autres instituts (INSTN, Ecole Centrale, CESTI).

L'activité de recherche des laboratoires concerne l'étude des solides désordonnés, le désordre pouvant être de nature chimique ou structurale. Le désordre est étudié par lui-même et pour ses conséquences sur les propriétés physiques des matériaux. L'irradiation par des particules de différentes natures est un moyen privilégié d'introduire, de façon contrôlable, du désordre structural dans un solide. C'est pourquoi un autre aspect de notre activité s'intéresse aux processus d'endommagement par irradiation et plus généralement aux interactions particules-matière.

Le laboratoire dispose d'un accélérateur d'électrons Van de Graaff, ainsi que de moyens expérimentaux permettant de mesurer des « propriétés électroniques » : conductivité, constante diélectrique, RPE..., et des « propriétés structurales » : microscopie électronique, diffraction de rayons X, diffusion diffuse de neutrons. Signalons à ce propos que nous venons d'acquérir un nouveau diffractomètre de rayons X équipé d'un multidétecteur linéaire. Par ailleurs, une première irradiation aux ions a été réalisée avec

succès sur des échantillons d'oxydes supraconducteurs, grâce à un dispositif expérimental que nous avons installé sur le tandem post-accélééré du CEN-Saclay.

Parmi les résultats marquants de l'année 1989, mentionnons :

– la première mise en évidence expérimentale de création de défauts par excitation électronique dans un métal cristallin (le fer), à l'aide des ions de très haute énergie du GANIL ;

– la première détermination in situ, par mesure de résistivité électrique, d'une cinétique de précipitation induite par irradiation aux électrons à haute température.

– la mise en évidence d'un piégeage supplémentaire des lignes de flux magnétique (vortex) et d'une augmentation du courant critique par irradiation aux électrons et aux ions dans l'oxyde supraconducteur $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$.

■ 16 chercheurs,
7 ITA
8 stagiaires de thèse,
3 visiteurs étrangers

26 publications,
19 communications à des congrès
3 thèses,
1 brevet.

OPTIQUE APPLIQUEE

Directeur : **André ANTONETTI**
Professeur à l'ENSTA

*Laboratoire commun à l'ENSTA
Unité associée INSERM (U 275)*

Tél. (33) (1) 60 10 03 18

AXES DE RECHERCHE :

Sources Femtosecondes et Physique Ultrarapide
Physique des Lasers Infrarouges
Optique Guidée
Biomédical

Sources Femtosecondes et Physique ultrarapide
SOURCES : Etirement, compression, caractérisation d'impulsions femtosecondes jusque dans le proche infrarouge

PHYSIQUE DES SEMICONDUCTEURS : Transitions optiques virtuelles dans les semiconducteurs.- Effet de cohérence et dynamique monocoup.- Piégeage ultrarapide des électrons dans le silicium amorphes.- Effet tunnel entre puits quantiques couplés. - Points quantiques. - Bistabilité optique ultrarapide. - Hole-burning dans les semiconducteurs III-V.- Nonlinéarités optiques dans CuCl.- Condensation de Bose-Einstein de paraexcitons dans Cu₂O.- Modélisation de structure de bandes.

OPTIQUE NON LINEAIRE : Non linéarités optiques (état électronique fondamental). - Application à l'étude des structures cristallines.

BIOLOGIE : Spectroscopie femtoseconde et dynamique interne des protéines - Hémoglobine et myoglobine humaines.- Séparation de charges dans les centres réactionnels de bactéries.- Dynamique de la cytochrome oxydase.- Simulation par la dynamique moléculaire

BIOPHYSIQUE : Dynamique de réactions bioradicalaires en phase condensée.- Mécanisme de formation d'une paire radicalaire.- Etudes théoriques du couplage électron-ion hydronium en phase aqueuse.

CHIMIE : Calcul des polarisabilités et hyperpolarisabilités électroniques des atomes.

PHYSIQUE ATOMIQUE : Ionisation multiphotonique.- Etude des atomes en champs super-intenses.

Physique des lasers infrarouges

Réseau cohérent de lasers à guide d'onde autofocalisant.- Laser TEA CO₂ cohérent pour un «lidar-vent» aérospatial.- Impulsions brèves à 10,6µm.- Laser à ammoniac à 12 µm pompé optiquement par laser à CO₂.

Optique guidée

Travaux expérimentaux sur les cavités résonantes à fibre optique.- Gyromètre optique «tout fibre».- Etudes théoriques: Modélisations des zones de couplage sur fibre optique. - Modélisation B.P.M.- Modes d'une fibre optique courbée.- Théorie des guides optiques.- Antenne interférométrique à grande base.

Biomédical

Cardiologie et Pneumologie: spectroscopie des protéines du muscle.- Traitement informatisé des signaux biologiques. Anesthésiologie. - Toxicologie et Pharmacologie de substance à tropisme cardiaque.- Echocardiographie.- Doppler vasculaire. - Photothérapie laser des tumeurs de la vessie.

■ 31 chercheurs

12 thésards

10 visiteurs-stagiaires

13 ITA

44 publications, 41 congrès, 1 thèse

OPTIQUE QUANTIQUE

Directeur: **Christos FLYTZANIS**
Directeur de Recherche au CNRS

*Laboratoire propre du CNRS
Secteur M.P.B.*

Tél. (33) (1) 60 19 41 24

L'activité de recherche du Laboratoire concerne l'étude des processus élémentaires qui régissent le comportement de la matière sous l'action des champs lumineux très intenses et sous des contraintes spatiotemporelles très particulières.

Une partie importante de cette activité concerne par exemple les effets du confinement quantique sur les nonlinéarités photoinduites des nanocristaux semiconducteurs ou métalliques dans des matrices diélectriques amorphes.

Une autre partie concerne la compréhension de la dynamique et des modes de relaxation des excitations collectives mixtes dans des cristaux parfaits ou partiellement désordonnés.

Avec des techniques d'impulsions femtosecondes la dynamique des porteurs libres dans les semiconducteurs massifs et en microstructure a été étudiée par la technique de la luminescence résolue dans le temps. Par ailleurs, les techniques du Raman impulsif et des battements quantiques dans le même régime temporel ont été développées pour l'étude de la dynamique des états peu espacés dans les molécules organiques en solution.

Les premières expériences de magnéoptique nonlinéaire ont été entamées cette année dans les semiconducteurs magnétiques.

Finalement le système expérimental pour l'étude des divers aspects de l'interaction molécule surface par la technique de diffusion des jets moléculaires sur des surfaces sous des conditions de vide et de température

très particulières est maintenant en place et des études ont commencé.

Pour ces études fondamentales, des techniques d'optique nonlinéaire très puissantes ont été développées et utilisées pour la mise au point des sources lumineuses avec des performances uniques, tant en intensité et plage d'accord de fréquences, qu'en durée d'impulsions jusqu'à quelques dizaines de femtosecondes. Par ailleurs, le Laboratoire possède maintenant des techniques très puissantes d'optique nonlinéaire et de diagnostic de surface.

Le Laboratoire entretient des collaborations très étroites avec d'autres Laboratoires français et étrangers et reçoit des chercheurs étrangers pour de longs séjours. Les chercheurs du Laboratoire sont fortement impliqués dans l'enseignement de Physique à l'Ecole polytechnique et du DEA «Lasers et Matière» de l'Université de Paris-Sud (Orsay) et Ecole polytechnique. Plusieurs jeunes chercheurs préparent leur thèse sous leur direction.

■ 19 chercheurs
8 ITA
3 visiteurs

22 publications,
17 communications
2 thèses

PHYSIQUE DES INTERFACES ET DES COUCHES MINCES

Directeur : **Bernard EQUER**
Directeur de Recherche au CNRS

*Unité de Recherche du CNRS
UPR 0 258 SPI*

Tél. (33) (1) 60 19 40 09

L activité du laboratoire porte essentiellement sur les couches minces de **semi-conducteurs et isolants amorphes**. Les recherches visent à améliorer la compréhension de ces matériaux et de leurs propriétés en relation avec les programmes de développement de plusieurs partenaires industriels dans différents domaines d'application : photopiles solaires (dans le cadre de programmes CNRS/PIRSEM, AFME et CCE), écrans plats (avec le CNET), etc.... Le silicium amorphe hydrogéné, les alliages dérivés silicium-germanium, silicium-carbone, silicium-azote ainsi que les dispositifs électroniques employant ces semi-conducteurs sont les thèmes centraux autour desquels s'articule l'ensemble du programme :

– **Etude des mécanismes physico-chimiques** intervenant dans l'élaboration de ces matériaux. L'analyse détaillée des réactions intervenant dans les plasmas de silane, de germane et de méthane a permis une meilleure compréhension des propriétés des couches déposées par les différentes techniques plasmas. La même approche est appliquée aux méthodes de dépôt par voie photochimique. L'utilisation industrielle de ces techniques renforce le besoin d'une base de connaissances sur l'ensemble des mécanismes microscopiques dans les plasmas et sur l'interaction plasma-surface.

– **Caractérisation des interfaces** des semi-conducteurs amorphes avec des métaux, des isolants ou d'autres semi-conducteurs. Des méthodes spécifiques (ellipsométrie spectroscopique dans le visible et l'infrarouge, sonde de Kelvin) permettent de suivre l'évolution de ces interfaces, du point de vue de leurs propriétés structurales et électriques, au cours de leur élaboration. On a pu

ainsi mettre en évidence des modes de croissance des matériaux amorphes différant selon la nature des substrats. On étudie aussi la recombinaison d'interface.

– **Etude des propriétés de transport électronique**. On s'intéresse à la détermination des paramètres de transport dans différents matériaux et en particulier à la mesure de la densité d'états dans la bande interdite. Plusieurs techniques expérimentales nouvelles visent à mesurer les profils de champ électrique au voisinage de jonctions. Enfin, on utilise des méthodes optiques pour élucider les mécanismes de thermalisation et piégeage des porteurs (spectroscopie femto-seconde, en collaboration avec le LOA).

– **Production de couches et de dispositifs**. Le réacteur plasma ARCAM fournit aux groupes de recherche français des couches de référence en silicium amorphe et en alliages silicium-germanium. Il est également utilisé pour réaliser des structures multicouches servant aux études de transport électronique. Enfin, il permet de produire des dispositifs prototypes de bonne qualité, photopiles solaires et détecteurs de rayonnements ionisants.

– **Instrumentation et valorisation**. Les méthodes d'ellipsométrie rapide dans les domaines visible-UV et infrarouge donnent lieu à un développement industriel avec JOBIN-YVON soutenu par l'ANVAR.

■ 10 chercheurs
12 stagiaires
4 visiteurs
5 ITA
16 publications
31 communications
2 thèses de doctorat

PHYSIQUE DE LA MATIERE CONDENSEE

Directeur: **Bernard SAPOVAL**
Directeur de Recherche au CNRS

Tél. (33) (1) 60 19 41 73

*Unité de Recherche
associée au CNRS D 1254*

Nos activités portent sur la physique des semi-conducteurs d'une part et sur la physique du désordre d'autre part. Sont étudiées les propriétés électriques et optiques des semi-conducteurs, des conducteurs mixtes, des conducteurs superioniques et des céramiques, et les interfaces de ces systèmes ainsi que les phénomènes de polymérisation inorganique sol-gel. Le laboratoire dispose d'une compétence toute particulière dans la mise en oeuvre de nombreuses techniques expérimentales : conductivité continue et alternative, effets de transport photo-induits et notamment la photoémission, photoluminescence, résonance magnétique nucléaire ou électronique, analyse thermique différentielle, rayons X, spectroscopie infrarouge, techniques du vide et de l'ultra-vide, électrochimie. Des travaux théoriques et d'autres expériences sont consacrés au mouvement des ions dans les solides, à la physique des fractales et des électrodes, et à la percolation. Certains des matériaux étudiés sont synthétisés et caractérisés au laboratoire : c'est le cas des céramiques et des aérogels, centres d'intérêt de l'équipe de Chimie du Solide, et des alliages semi-conducteurs amorphes.

De nombreux contacts et échanges existent avec l'extérieur, tant dans le monde universitaire que dans le monde industriel. En effet, plusieurs des matériaux ou systèmes auxquels nous nous intéressons présentent des potentialités industrielles : le silicium amorphe est couramment utilisé dans les applications photovoltaïques, divers cap-

teurs chimiques mettent en oeuvre les conducteurs superioniques, certaines fractales permettent de décrire les géométries observées lors de l'extraction du pétrole dans les roches poreuses. Dans ce cadre les collaborations avec l'industrie sont nombreuses. En plus des liens très privilégiés avec SOLEMS pour le silicium amorphe, nous avons des relations suivies (consultations, contrats) avec Thomson-CSF, CGR, Elf-Aquitaine, Saint-Gobain, Doll-Schlumberger.

La grande majorité du personnel chercheur appartient au CNRS. Les relations du laboratoire avec l'enseignement de l'Ecole polytechnique sont étroites puisque 4 chercheurs y participent dans deux disciplines : Physique et Chimie. La moitié environ du personnel ITA dépend du C.N.R.S., l'autre moitié de l'Ecole polytechnique.

■ 27 chercheurs

10 ITA

7 stagiaires

14 chercheurs visiteurs

3 enseignants de Physique

1 enseignant de Chimie

41 publications

31 communications dont 10 invitées

2 livres

1 thèse de Docteur d'Université

BIOPHYSIQUE

Directeur: **Maurice GUERON**
Directeur de Recherche au CNRS

Départements CNRS :
*Mathématiques et
Physique de base
Sciences de la Vie*

Tél. (33) (1) 60 1941 74

L'activité principale du Groupe de Biophysique concerne l'application de la résonance magnétique nucléaire (RMN) aux problèmes biologiques. Ce domaine connaît actuellement un développement explosif dans les trois directions des structures macromoléculaires, de la physiologie et de l'imagerie médicale.

Le Groupe contribue à l'enseignement de Biologie, au niveau des Travaux Pratiques. Dans le cadre de ceux-ci, une vingtaine d'élèves ont brièvement participé au sein du laboratoire à l'étude des mouvements internes des acides nucléiques.

Nous concourons aux activités RMN du Commissariat à l'Energie Atomique.

Les chercheurs CNRS du groupe sont tous rattachés au Département des Sciences de la Vie. Le Groupe lui-même fait partie du Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, URA 041254 du Département Mathématiques et Physique de Base.

En 1989, l'étude de l'échange des protons impliqués dans les liaisons entre les bases de l'ADN nous a permis d'étudier le mouvement et la stabilité d'appariements de struc-

ture inhabituelle : paires CG+, paires C*G, triplets T.A.T.. Une étude du mouvement des bases dans des complexes ADN-netropsine et dans des complexes ADN-chromomycine a été développée en collaboration avec le groupe du Professeur D. Patel (Columbia University). Sur le cœur de rat perfusé, nous étudions le métabolisme par RMN du phosphore, et notamment l'effet de l'insuline sur le transport des sucres et sur la dégradation de déoxyglucose-6-phosphate.

■ 3 chercheurs,
2 ITA,
5 stagiaires
2 chercheurs visiteurs,

3 publications,
8 communications dont 7 invitées.

PHYSIQUE DES MILIEUX IONISES

Directeur : **Dominique GRESILLON**
Directeur de Recherche au CNRS

Directeur : **Jean VIRMONT**
adjoint Directeur de Recherche au CNRS

*Laboratoire propre du CNRS
UPR 0287 SPI**

Tél. (33) (1) 60 19 41 15

Le Laboratoire de Physique des Milieux Ionisés se consacre aux recherches expérimentales sur la dynamique et le rayonnement des «plasmas chauds». Laboratoire à la fois de l'Ecole polytechnique et du CNRS (UPR 0287), son personnel est formé pour un tiers d'agents sous statut Ecole polytechnique, un tiers sous statut CNRS, et un tiers sous d'autres statuts (parmi lesquels se trouvent des enseignants des universités et des boursiers de thèse).

Pour couvrir la discipline scientifique, plusieurs domaines d'activité sont développés simultanément. Une activité «en amont» est consacrée à la physique non linéaire. Elle étudie les propriétés diélectriques (ondes et couplages de modes) et fluides (transport, turbulence).

L'une des applications principales de cette discipline, est la fusion thermonucléaire contrôlée par confinement magnétique. Deux opérations sont menées dans cet objectif. L'une est consacrée à l'analyse, l'observation et l'identification des fluctuations électromagnétiques dans les plasmas. On sait en effet que ces fluctuations provoquent un transport anormal et le déconfinement de l'énergie dans les tokamaks. L'autre opération étudie des dispositifs destinés notamment à la réalisation de faisceaux de particules intenses. Il s'agit des décharges multipolaires, qui permettent la production de plasmas riches en ions négatifs. L'attachement dissociatif, les propriétés du plasma, la formation et l'extraction des ions font l'objet d'un programme spécifique.

La conversion d'énergie cinétique en énergie électromagnétique est une propriété naturelle des plasmas. Cette conversion forme un autre domaine d'activité. Pour faire du rayonnement, produit par des faisceaux d'électrons, une source intense et accordable, le laboratoire étudie les effets collectifs, et met au point des dispositifs et des méthodes d'observation appropriés.

Les plasmas chauds émettent des rayonnements ultraviolet et X, à partir d'ions multichargés. Ces émissions sont observées en particulier dans les plasmas produits par laser ou par des générateurs électriques pulsés intenses. La réalisation de ces derniers, la spectroscopie, l'étude des rayonnements et de leurs applications, forment un autre aspect original du travail du laboratoire.

*Département «Sciences Physiques pour l'Ingénieur» (S.P.I).

■ 26 chercheurs docteurs
12 chercheurs stagiaires préparant une thèse
6 visiteurs étrangers de long séjour
14 I.T.A.
24 articles de revues parus
23 soumis pour publication
31 communications à des congrès dont 5 «invitées»
4 thèses
3 ouvrages
1 brevet.

PHYSIQUE THEORIQUE

Directeur : **Guy LAVAL**
Directeur de Recherche au CNRS
Professeur de Physique à l'Ecole polytechnique

*Laboratoire propre du CNRS n° 14
Secteur MPB*

Tél. (33) (1) 60 19 40 87

Le Centre de Physique Théorique est divisé en quatre groupes qui interagissent très fortement entre eux.

L'activité du groupe de physique mathématique recouvre des travaux sur les systèmes dynamiques, la physique statistique, les quasi-cristaux, la théorie des champs et la théorie des cordes.

Ce dernier thème est également traité dans le groupe de physique des particules élémentaires qui s'intéresse aussi à la chromodynamique quantique, aux théories de jauge sur réseau et à la théorie unifiée électrofaible.

Dans le groupe de physique des plasmas, outre la théorie des plasmas chauds, les sujets d'intérêt portent sur l'astrophysique, l'intégrabilité des systèmes non-linéaires, la diffusion et la localisation.

L'équipe de physique des «milieux aléatoires» conserve ces problèmes de localisation parmi ses préoccupations, mais s'intéresse en outre à la caractérisation des milieux

désordonnés macroscopiques ainsi qu'à la propagation en milieu aléatoire.

On peut constater que les recherches effectuées au Centre de Physique Théorique portent sur des domaines très divers de physique fondamentale. Plusieurs chercheurs du Centre participent en outre à des enseignements à l'Ecole ou à l'Université. D'autres ont des activités de conseils auprès de l'industrie ou d'autres organismes de recherche.

■ 38 chercheurs

4 ITA

11 stagiaires

7 visiteurs de longue durée

51 publications

32 communications à des Congrès

2 Thèses d'Etat.

PHYSIQUE NUCLEAIRE DES HAUTES ENERGIES

Directeur : **Joao MEYER**
Ingénieur au CEA
Professeur à l'Université de Campinas (Brésil)

Laboratoire associé au CNRS / IN2P3

Tél. (33) (1) 60 19 41 34

L' événement le plus marquant de l'année 1989 a été la mise en service du collisionneur LEP installé au CERN à Genève. Plusieurs détecteurs ont pu analyser les chocs e^+ de 60 GeV avec des e^- de même énergie; afin d'en étudier les caractéristiques autour d'une énergie égale à la masse du Z^0 . Le LPNHE était impliqué dans la construction du détecteur ALEPH et a participé à l'étude des premiers milliers de Z^0 produits. Les résultats les plus importants consistaient dans la détermination de la masse, et de la largeur du Z^0 , permettant d'exclure l'existence d'une quatrième famille de leptons. Par ailleurs les modes de désintégrations leptoniques ont apporté une mesure précise de l'angle de mélange du photon et du boson intermédiaire neutre.

L'expérience NA38 a affiné les résultats déjà obtenus sur la possibilité de la création d'un nouvel état de la matière, le quagm, dans les collisions entre noyaux lourds de très hautes énergies.

Le laboratoire collabore à l'expérience H1 du collisionneur d'électrons de 26 GeV sur des protons de 820 GeV auprès de DESY à Hambourg. Les réalisations mécaniques dont il avait la charge sont arrivées à leur terme. Au cours de l'année un grand effort a été consacré aux algorithmes de reconstruction et d'identification des particules.

Un groupe de physiciens en association avec les laboratoires du LULI, du CPT et du LSI a obtenu et caractérisé un plasma dans l'hydrogène, produit par un laser de haute puissance, première étape d'une étude de faisabi-

lité d'accélération des particules dans ce milieu.

Différentes études instrumentales ont progressé en 1989 : la mise en œuvre d'un détecteur à liquide chaud en vue d'étudier la double désintégration bêta les détecteurs à métallocènes photoémetteurs ; un polarimètre à effet Compton visant à mesurer la polarisation des électrons du LEP.

Enfin deux expériences sont dans une phase préliminaire d'évaluation de faisabilité : l'une ayant pour but la mesure précise de la partie réelle de l'amplitude de diffusion vers l'avant de la diffusion pp à très haute énergie, l'autre cherchant à mettre en évidence de l'anti-matière énergétique éventuellement produite dans d'autres galaxies.

En 1989, la médaille d'argent du CNRS a été attribuée à Louis Kluberg au nom de l'équipe de recherche NA38 qui a mis en évidence des conditions de confinement de quarks et des gluons dans la matière nucléaire.

■ 37 chercheurs
4 visiteurs
10 stagiaires
62 ITA

19 publications
6 communications
3 thèses

LABORATOIRE POUR L UTILISATION DES LASERS INTENSES

Directeur : **Edouard FABRE**
Directeur de Recherche au CNRS

*Unité Mixte de Recherche
CNRS - Ecole polytechnique 100
Secteur SPI*

Tél. (33) (1) 60 19 41 12

Recherches sur l'interaction laser-matière, à caractère fondamental et appliqué, effectuées autour du laser de puissance de Palaiseau. Elles relèvent de la physique des plasmas, la physique atomique, l'hydrodynamique avec plusieurs objectifs finalisés : la fusion inertielle, le laser X, l'accélération laser de particules, les plasmas denses. Ces travaux sont coordonnés entre différentes équipes du CNRS et de l'Université, de la région parisienne et de province, et de l'Ecole polytechnique. Des applications industrielles y sont développées. L'équipe scientifique du Laboratoire a son programme dans cette collaboration, ainsi que la responsabilité des moyens techniques.

Interaction laser-matière

- Optique non-linéaire des plasmas chauds, instabilités et turbulence en plasmas quasi-homogènes;
- Accélération laser de particules par battement d'ondes
- Interaction laser-matériaux à bas flux et applications industrielles;
- interaction en impulsions ultra-brèves;
- Modélisation numérique de l'interaction par code particulaire 2D ou code hydrodynamique lagrangien 1D, eulérien 2D.

Hydrodynamique et compression

- Génération d'ultra-hautes pressions par choc laser, préchauffage radiatif, physique des milieux denses;
- Compression laser multi-faisceaux de cibles sphériques, convergence de choc, régime ablatif;
- Génération de chocs en moyenne pression et application au traitement des matériaux;
- Modélisation de la physique des chocs, de la compression et des effets radiatifs par code lagrangien 1D.

Physique atomique

- Laser en rayons X par cascades de recombinaison ou excitation collisionnelle;
- Physique des ions multichargés, structure atomique en milieux ultra-denses, transfert radiatif et élargissement de raies;
- Modélisation de la physique atomique, population des états d'ionisation, transfert et transport radiatif par code lagrangien 1D.

Applications

- Sources de rayons X incohérentes et utilisation en vue de l'instrumentation X et la microlithographie X et diagnostics des plasmas denses;
- Effets métallurgiques de choc laser, modélisation par code lagrangien et élasto-plastique 1D.

Diagnostic instrumentation et développement laser

- Spectroscopie et imagerie X à haute résolution spatiale et temporelle;
- Neutronique et spectrométrie α ;
- Acquisition et traitement d'images de l'infrarouge aux rayons X;
- Conversion de fréquence à haut rendement;
- Développement d'oscillateurs laser bi-fréquence ; impulsions ultra-brèves.

■ 19 Chercheurs LULI

11 Chercheurs* Ecole (CPT, PMI)

46 Chercheurs* autres laboratoires (ext. EP)

14 ITA + 1 TUC

94 publications

56 communications

9 thèses

* Equivalent temps plein

MATHEMATIQUES

Directeur : **Michel DEMAZURE**
Professeur à l'Ecole polytechnique

*Unité de Recherche associée au CNRS
n° D 0169 - Secteur MPB*

Tél. (33) (1) 60 19 40 91

Le Centre de Mathématiques comprend 39 chercheurs confirmés (dont 4 professeurs ; 4 maîtres de conférences à temps plein à l'Ecole, dont deux nous ont quitté en septembre 89 ; et 17 chercheurs du CNRS), 14 stagiaires et 4 ITA permanents.

Chercheurs confirmés et stagiaires se sont regroupés en 8 équipes de taille variable :

- Analyse (12 chercheurs, 3 stagiaires)
- Géométrie Riemannienne (10 chercheurs, 3 stagiaires)
- Théorie des Groupes (4 chercheurs, 1 stagiaire)
- Systèmes Dynamiques (3 chercheurs, 1 stagiaire)
- Singularités (6 chercheurs)
- Calcul Formel (2 chercheurs, 6 stagiaires)
- Topologie (1 chercheur)

Ont été organisés les séminaires et groupes de travail réguliers suivants :

- Aleph et Géode
- Equations aux Dérivées Partielles

- Géométrie Riemannienne
- Journée Singulière
- Mécanique Céleste
- Méthodes Semi-Classiques
- Systèmes Dynamiques

En 1989, le Centre a produit 31 publications dans des revues, 13 publications acceptées en cours de parution, 31 pré-publications, 4 publications du Centre. 4 thèses ont été soutenues (J.Y. Chemin, F. Helein, A. Polombo et O. Rey).

■ 8 enseignants
17 chercheurs CNRS
4 stagiaires
4 ITA

48 publications
31 pré-publications
4 thèses

MATHEMATIQUES APPLIQUEES

Directeur: **Jean-Claude NEDELEC**
Maître de Recherche

*Unité associée au CNRS
Unité de Recherche 756, section 03*

Tél. (33) (1) 60 19 41 50

Le Centre de Mathématiques Appliquées est constitué de trois équipes de recherche travaillant en : Calcul scientifique, Probabilités et statistiques, Synthèse d'images vidéo. Les principaux thèmes de recherche développés sont les suivants :

- Méthodes numériques (méthodes d'équations intégrales, particulières, spectrales, hyperbolique non linéaire, conditions aux limites absorbantes, équations paraxiales, problèmes inverses).

- Analyse mathématique d'équations aux dérivées partielles linéaires et non linéaires de la mécanique et de la physique.

- Résolution numérique de modèles complexes liés à des problèmes industriels.

- Equations et contrôle stochastiques, les problèmes de martingales et les systèmes de particules en interaction.

- Processus de branchements spatiaux et arbres aléatoires.

- Systèmes à éléments discrets.

- Analyse de données multidimensionnelles.

- Création de logiciels spécialisés en visualisation de résultats de calcul.

■ 27 chercheurs
23 stagiaires
6 ITA

36 publications

58 communications

2 thèses de Docteur d'Université

2 thèses de Docteur Ecole Polytechnique

1 habilitation à diriger des recherches

ECONOMETRIE

Directeur : **Michel BALINSKI**
Directeur de Recherche au CNRS

*Unité propre de Recherche du CNRS
A 0206 – Secteur 36*

Tél. (33) (1) 46 34 32 15

L'orientation principale des recherches réalisées au Laboratoire d'Econométrie est microéconomique, depuis la mise au point de méthodes et de modèles formalisées jusqu'à un large éventail d'applications. Ces applications concernent les domaines de responsabilité des autorités et collectivités publiques – en matière de la structure et la régulation des marchés, d'aménagement du territoire, de ressources naturelles et de l'environnement, d'éducation ou de la répartition d'une assemblée représentative – ainsi que ceux des agents économiques et entreprises – en matière de choix d'investissement, de comptabilité ou d'organisation.

L'existence et les propriétés de l'équilibre économique général sont au centre de l'analyse microéconomique. Or, si la présence de rendements d'échelle croissants dans certains secteurs productifs essentiels est reconnue depuis longtemps dans la littérature économique, sa prise en compte n'a cependant été traitée que dans un cadre d'analyse partielle par les théories de la concurrence imparfaite, du monopole, de l'oligopole, etc. Cette situation est en train de changer, et plusieurs chercheurs du Laboratoire y contribuent, notamment en reformulant pour des économies avec rendements croissants – et donc dans un cadre de modèles mathématiques sans propriété de convexité – les théorèmes qui établissent les rapports entre équilibre et optimum économiques.

Des problèmes concrets d'optimisation avec rendements croissants – par exemple les choix d'investissements – peuvent être modélisés dans la pratique par un problème d'optimisation en nombres entiers, en limitant certaines variables aux deux valeurs, 0 ou 1. En fait, une gamme étendue d'importants problèmes industriels et microéco-

nomiques peuvent être formulés dans ces termes, y compris le fameux problème du voyageur de commerce. Des recherches théoriques et algorithmiques se poursuivent au Laboratoire sur ce thème.

Les recherches poursuivies dans le champ de l'économie industrielle font largement appel aux modèles formalisés de la théorie des jeux, mais s'appuient également sur des travaux de terrain et des démarches interprétatives de type sociologique. Une partie de la recherche est conduite en se plaçant du point de vue de l'entreprise ; elle étudie l'insertion de modèle dans le processus de définition et de mise en oeuvre de stratégies au sein de l'entreprise. L'autre courant de recherche concerne l'action des pouvoirs publics sur les conditions dans lesquelles les entreprises agissent, en particulier les conditions d'organisation de la concurrence.

Les résultats ainsi obtenus ont une portée à la fois théorique et pratique. La microéconomie fournit aussi des modèles que nous avons utilisés pour étudier l'offre foncière et certaines mesures de régulation publique dont elle est l'objet, la gestion de l'environnement, l'allocation des ressources éducatives, etc. Ces domaines d'application ne révèlent évidemment pas de méthodes exclusivement économique ; d'autres sciences sociales doivent être sollicitées, et le sont au Laboratoire de façon à permettre un traitement suffisamment ouvert des problèmes posés.

■ 14 chercheurs, 9 visiteurs
3 stagiaires, 7 ITA

*21 publications, 36 communications
22 cahiers et rapports de recherche, 3 thèses*

EPISTEMOLOGIE APPLIQUEE

Directeur : **Jean-Pierre DUPUY**
Directeur de Recherche au CNRS
Professeur à l'Université Stanford
Maître de Conférences à l'Ecole polytechnique

*Unité de Recherche Associée au CNRS
URA D 12590*

Tél. (33) (1) 46 34 36 23

Les principales activités du CREA se sont regroupées en 1989 selon deux grands programmes :

Sciences sociales

- Economie : analyse des limites de la rationalité individuelle. Common Knowledge. Formalisation des phénomènes organisationnels. Rôle des conventions financières.

- Philosophie Sociale et Politique : individualisme méthodologique et «auto-extériorisation». Analyse du holisme. Etude des notions de règle, de convention et de norme. Modalités de l'accord en philosophie politique. Statut philosophique de la volonté. Le rôle du symbolisme.

- Anthropologie : propriétés formelles des rites et des mythes. Fondements hiérarchiques des sociétés égalitaires. Réciprocité violente dans les relations internationales.

- Epistémologie : épistémologie de l'économie. Individualisme méthodologique. Unité du savoir et sciences cognitives.

- Théorie littéraire : structures autoréférentielles. Notion d'échange symbolique. Philosophie des sciences et théorie littéraire. Récit éthique.

Sciences cognitives

- Philosophie du langage et étude de la communication: théorie de la pertinence; théorie de la référence directe; contextualisme; pragmatique du contenu explicite.

- Epistémologie et philosophie des sciences: rôle de la modélisation mathématique dans la formation des théories; analyse de divers concepts épistémologiques: loi, analyticité, connaissance; le problème du réalisme; épistémologie des sciences cognitives; épistémologie de la linguistique; théorie scientifique et théorie naïve.

- Modélisation des processus cognitifs: apprentissage, réseaux biologiques et cognition; modèles morphodynamiques de la cognition; cognitivisme classique et connexionnisme; logique et psychologie du raisonnement

- Anthropologie cognitive et philosophie de la psychologie: compartimentalisation cognitive («domain-specificity»); épidémiologie des représentations; l'externalisme en philosophie de l'esprit; indexicalité et subjectivité.

■ 21 Chercheurs

11 Visiteurs

11 Stagiaires

1/2 ITA

96 Publications, 125 Communications

RECHERCHE EN GESTION

Directeur : **Michel BERRY**
Directeur de Recherche au CNRS
Ingénieur en Chef des Mines

*Unité associée au CNRS
Science de l'homme et de la société
UA 0943*

Tél. (33) (1) 46 34 34 38

Les années récentes ont été marquées par le développement de problématiques nouvelles suscitées par les transformations profondes des institutions publiques et privées. L'entreprise subit une mutation caractérisée, entre autres, par le développement des moyens de calcul électroniques, la perte de confiance dans les méthodes de gestion occidentales, les turbulences de l'environnement, l'imprévisibilité des marchés, impliquant l'élaboration de méthodes nouvelles et une remise en cause des modes d'organisation et de gestion traditionnels. Ces transformations ont ouvert de nombreux champs de recherche. Comment gérer les projets technologiques, quel est le rôle de l'Etat en matière économique, quels sont les nouveaux modes de régulation dans la Santé, comment gérer la création, ou comprendre les logiques du système d'éducation, sont des exemples des questions faisant l'objet des travaux du Centre.

Ces travaux sont menés selon une méthodologie commune et débouchent sur la création de concepts transversaux aux différents domaines ; cette méthodologie ratta-

che le Centre aux disciplines cliniques où la pathologie est un moyen d'accéder à la physiologie des organisations. Des processus de débat internes facilitent, parallèlement, l'articulation entre aspects techniques et théoriques.

En 1989, le Centre a mis l'accent sur les échanges avec des scientifiques de tous horizons. C'est ainsi que le séminaire « Contradictions et Dynamique des Organisations (CONDOR), a connu une grande notoriété, en permettant des confrontations fructueuses avec des partenaires de nombreux pays.

■ 14 chercheurs
4 ITA
10 stagiaires
3 visiteurs étrangers

*26 publications
3 livres
25 communications*

INFORMATIQUE

Directeur : **Patrick COUSOT**
Professeur à l'École polytechnique

Tél. (33) (1) 60 19 40 73

Créé le 28 Juin 1988, le laboratoire d'informatique de l'École polytechnique (*LIX*) est organisé en cinq équipes dont les thèmes de recherche et responsables sont les suivants :

Sémantique, preuve et analyse sémantique de programmes, *Patrick Cousot*.

Les travaux de l'équipe concernent les méthodes formelles et les outils d'analyse sémantique de programmes basés sur des sémantiques abstraites non standards constituant une approximation d'une sémantique exacte et complète. Ces outils seront des constituants indispensables des futurs systèmes de manipulation symbolique de programmes.

Calcul formel, *Marc Giusti*.

Les travaux de l'équipe sont centrés sur des questions d'effectivité en algèbre et géométrie jusqu'au calcul formel sur machine. Les thèmes abordés sont la combinatoire et l'algorithmique dans les anneaux de polynômes (fonction de Hilbert, bases standard), les invariants des groupes classiques, la théorie de l'élimination, la complexité en géométrie et l'automatique.

Langages applicatifs, *Christian Queinnec*.

Projet ICSLA commun entre l'École polytechnique et l'INRIA-Rocquencourt, l'équipe étudie la conception, l'extension, l'interprétation, la compilation et la sémantique des langages applicatifs et parmi ceux-là, plus particulièrement Lisp.

Algorithmes, *Jean-Marc Steyaert*.

L'activité de l'équipe est consacrée à l'étude des propriétés combinatoires, statistiques et asymptotiques des structures de données et algorithmes. En particulier on étudie des problèmes de dénombrement, de comportement moyen de paramètres liés à des structures combinatoires, d'évaluation de performances, d'optimisation d'algo-

ritmes.

Réseaux neuronaux et VLSI, *Michel Weinfeld*.

L'équipe travaille sur un circuit entièrement numérique utilisant des neurones binaires avec règle d'apprentissage locale et comportant un système de recuit destiné à améliorer l'attractivité des prototypes et un système d'identification interne de la convergence sur des prototypes. Ce circuit permettra à terme la constitution de réseaux hiérarchisés.

Après une première phase de démarrage, le laboratoire s'est associé cette année au CNRS (SDI 5171) et à l'INRIA (projet ICSLA). Cette année a également vu la publication des premiers rapports de recherche du LIX, la naissance de séminaires périodiques, les premières participations aux contrats de recherche européens Esprit-BRA et la création d'un nouveau DEA "Informatique mathématique et applications" en commun avec l'École Normale Supérieure et les Universités de Paris 6, 7 et 11 dont deux filières sont directement liées au thème de recherche du laboratoire.

Vingt et un étudiants préparent une thèse au LIX. On peut donc espérer que des chercheurs confirmés au niveau international encadrant de jeunes chercheurs doués dans un cadre prestigieux forment rapidement un groupe capable de contribuer à l'effort scientifique et industriel national en se situant au meilleur niveau de la concurrence internationale. Cependant les problèmes de locaux, d'insuffisance d'équipement, d'encadrement technique et administratifs devront être surmontés. Le LIX devra également trouver le moyen de fixer quelques jeunes thésards, au moins quelques années, pour disposer d'un encadrement scientifique et d'un niveau d'expertise intermédiaire entre les chercheurs débutants et les chefs d'équipes.

LABORATOIRES DE RECHERCHE

BIOLOGIE

Biochimie (BIOC)

CHIMIE

Chimie Fine (DCFI)

Phosphore & Métaux Transition (DCPH)

Synthèse Organique (DCSO)

Mécanismes Réactionnels (DCMR)

MECANIQUE

Mécanique des Solides (LMS)

Météorologie Dynamique (LMD)

PHYSIQUE

Solides Irradiés (SESI)

Optique Appliquée (LOA)

Optique Quantique (OPTQ)

Interfaces et Couches Minces (PICM)

Matière Condensée (PMC)

Biophysique (BIOP)

Milieus Ionisés (PMI)

Physique Théorique (CPHT)

Physique Nucléaire Hautes Energies (PNHE)

Utilisation des Lasers Intenses (LULI)

MATHEMATIQUES

Mathématiques (MAT)

Mathématiques Appliquées (MAP)

SCIENCES HUMAINES

Econométrie (CECO)

Epistémologie (CREA)

Recherche en Gestion (CRG)

INFORMATIQUE

Informatique (LIX)

DLAB - 91128 Palaiseau Cedex
Tél. (33)(1) 60 19 40 78 - Télex 601.596 F - Télécopieur 69.41.33.92