

porelle, avec une toute petite cible et des émissions qui durent quelques nanosecondes, des systèmes spécialement conçus s'imposent. L'acquisition des données devra être automatique, comme elle l'est déjà pour *Phébus* ; leur transposition au laser *Mégajoules* posera surtout le problème du «durcissement» des systèmes à toutes les sources de bruit dues aux rayonnements intenses provoqués par les réactions de fusion.

Le laser *Mégajoules* constitue un élément clé du programme de simulation destiné à maintenir une capacité de dissuasion nucléaire, après l'arrêt définitif des essais, décidé en 1996. Après le laser *Phébus*, en exploitation depuis dix ans, il provoquera des réactions de fusion, en concentrant dans un temps très bref une forte quantité d'énergie sur une microcible. Les dimensions millimétriques de cette dernière ne sont en rien comparables à celles d'un engin nucléaire, mais les valeurs obtenues par certains paramètres (température et densité) sont dans la gamme intéressante pour la compréhension des phénomènes caractéristiques du domaine thermonucléaire. Le laser *Mégajoules* fera aussi progresser l'ensemble de la physique des plasmas denses, présents aussi bien dans l'espace que dans des futures centrales de production d'énergie civile. Sa construction est échelonnée dans le temps : la première étape est la construction de la ligne d'intégration laser, entreprise dès 1996.

Jacques COUTANT a dirigé, de 1986 à 1995, le Département Laser et physique du plasma, au Centre CEA de Limeil-Valenton.

La fusion thermonucléaire inertielle par laser (5 volumes), édité sous la direction de Robert Dautray et de Jean-Paul Watteau, Collection CEA, Éditions Eyrolles, 1993.

Energy from inertial fusion, document édité par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique, Vienne, 1995

Les déchets nucléaires, sous la direction de René Turlay. Dossier scientifique de la Société française de physique, 1997.

Nuclear Fusion by Inertial Confinement, sous la direction de G. Velarde, Y. Ronen et J. Martinez-Val. CRC Press, 1993.

Chocs, revue scientifique et technique de la Direction des applications militaires, n°13, avril 1995.



Les avancées scientifiques

Avec
l'École Polytechnique,
une mise en commun
des expériences,
source de réflexions,
riche d'échanges
et de rencontres

Décembre

Modélisation numérique des écoulements fluides non newtoniens	3, 4, 5
Migration vers l'objet et réutilisation des composants logiciels	10
Caractérisation des matériaux par ellipsométrie	11, 12
Approche probabiliste de la fatigue : ponts métalliques et mixtes	18, 19
Analyse quantitative, non destructive par la RMN	19

Janvier- Février

Recherche amont dans le secteur de la Défense	8, 9
Principes et application des réseaux neuronaux	12, 13
Robotique et apprentissage	14, 15
Les lasers mégajoules	15
Thérapie génique et maladies du sang	16
Applications industrielles des lasers de puissance	20
Pour les systèmes multicapteurs, la fusion de données	26, 27 jan. et 2, 3 fév.
Microscopie et analyse à l'échelle nanométrique	29, 30

Mars

Modélisation numérique des écoulements fluides	4, 5, 6
Les entrepôts de données : pourquoi, comment, avec quelles données?	5
Les gels : formation, structure et propriétés	10
Calcul des pièces métalliques à la fatigue	11, 12, 13
Calcul formel : possibilités et applications	12
Transformée en ondelettes : ses applications	16, 17
Génération et mise en forme des solides divisés	18, 19, 20
Modélisation en acoustique et électromagnétisme	23, 24, 25
L'électronique de demain	25, 26, 27
Internet, Intranet, commerce électronique : qu'en est-il de la sécurité?	31

Le Collège propose des séminaires conçus pour des ingénieurs et scientifiques sur tout l'environnement des sciences et des techniques, de la R&D, par exemple : la mémoire d'entreprise, le transfert de technologie, l'intelligence économique, la veille technologique, les estimations paramétriques des projets, le commerce électronique, la négociation, l'animation et la cohésion des équipes techniques...

Le Collège conçoit, propose et organise également des séminaires et des cycles de conférences pour répondre à une demande d'entreprises.

**Catalogue disponible
sur demande**

Collège de Polytechnique

CNIT - BP 230

2, place de la Défense

92503 PARIS LA DÉFENSE

Tél : 01 46 92 21 49 - Fax : 01 46 92 21 60

e.mail : collegex@poly.polytechnique.fr

Ecole polytechnique [http : // www.polytechnique.fr](http://www.polytechnique.fr)

Mercure, la planète oubliée

ROBERT NELSON

Malgré sa proximité, ce monde étrange nous est presque inconnu.



1. MERCURE reçoit dix fois plus de lumière solaire que la Terre. Les éruptions de la couronne solaire se détachent sur l'horizon. Cette représentation, fondée sur les données récoltées au cours de la mission *Mariner 10*, montre l'escarpement Discovery, à droite. Dans le ciel, on aperçoit une planète bleue et sa lune.



Mercure, la planète la plus proche du Soleil, est un monde d'extrêmes. De tous les objets du Système solaire, c'est celui qui s'est condensé à la température la plus élevée à partir de la nébuleuse primitive. Sur Mercure, un cycle diurne dure plus de 176 jours terrestres : c'est le jour le plus long du Système solaire (il correspond à deux années mercuriennes). Quand la planète est à son périhélie (le point de l'orbite le plus proche du Soleil), elle se déplace si rapidement qu'une personne y contemplant le Soleil aurait l'impression qu'il est arrêté dans le ciel : la vitesse de rotation de Mercure sur elle-même devient égale à sa vitesse de révolution autour du Soleil. Pendant la journée, la température au sol atteint 430 °C : sur aucune autre planète, on ne mesure une telle température, bien supérieure à la température de fusion du plomb. La nuit, en revanche, la température descend à -173 °C : le krypton y serait solide.

Ces particularités excitent la curiosité des astronomes, parce qu'elles semblent difficilement compatibles avec les théories de l'évolution du Système solaire. Mercure est un bon test pour les théories astronomiques. Bien que cette planète soit, après Mars et Vénus, la plus proche de la Terre, seule la lointaine Pluton est moins bien connue. L'origine de Mercure, son évolution, son étonnant champ magnétique, son atmosphère ténue, son éventuel noyau liquide et sa densité anormalement élevée : toutes ces caractéristiques sont des énigmes.

Mercure brille intensément, mais les premiers astronomes ne distinguaient aucun détail à sa surface. Ils devaient se contenter de relever son mouvement dans le ciel. Vue de la Terre, Mercure ne s'écarte jamais de plus de 27 degrés du Soleil (c'est l'angle des aiguilles d'une montre, quand il est une heure) : on peut l'observer durant la journée, mais l'observation est perturbée par la lumière du Soleil diffusée par l'atmosphère terrestre. On peut aussi l'observer avant le lever ou après le coucher du Soleil, quand l'astre est juste derrière l'horizon ; toutefois, au crépuscule, Mercure est très bas sur l'horizon, de sorte que sa lumière traverse des couches d'air turbulent dix fois plus épaisses qu'au cours d'une observation directe, quand la planète est au zénith. Avec les meilleurs télescopes terrestres, seuls les accidents du relief qui s'étendent sur plusieurs centaines de kilomètres sont visibles (alors qu'on distingue le relief lunaire à l'œil nu).

Une journée de deux ans

Malgré les difficultés, l'observation au télescope a fourni quelques résultats intéressants. En 1955, des astronomes ont émis des ondes radar vers la surface de Mercure et enregistré les échos ; en mesurant le décalage Doppler des fréquences des ondes réémises, ils ont découvert que la période de rotation de la planète sur elle-même est égale à 59 jours terrestres (l'effet Doppler se perçoit quand on croise une ambulance : on entend une variation de la hauteur du son). Des observations antérieures indiquaient que la période de rotation était égale à 88 jours, ce qui correspond en fait à une révolution complète de Mercure autour du Soleil ; en fait, bien que la durée de la rotation soit égale à 59 jours, il faut 176 jours pour qu'un point de la surface de Mercure se retrouve exactement dans la même position par rapport au Soleil.

Si la période de rotation était égale à la période de révolution, la planète aurait toujours la même face exposée au Soleil. Toutefois, le rapport entre une année et une journée de Mercure est égal à deux tiers. Mercure, qui jadis tournait beaucoup plus vite qu'aujourd'hui, dissipait probablement de l'énergie par effet de marée (les corps célestes se boursoufflent selon l'axe du corps qui les attire) ; elle a alors ralenti, et le rapport entre la durée d'une journée et celle d'une année s'est figé à la valeur mesurée aujourd'hui.

Les nouveaux observatoires spatiaux, tel le télescope spatial *Hubble*, semblent être des outils de choix pour l'étude de Mercure, car les observations ne sont pas perturbées par les mouvements de l'atmosphère. Malheureusement, ni *Hubble*, ni la plupart des autres sondes spatiales ne peuvent pointer en direction de Mercure, car la

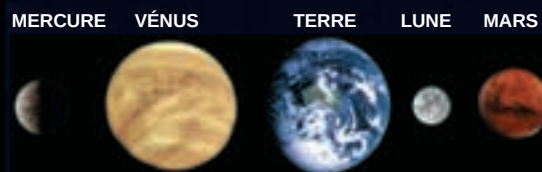
Mercure est la planète la plus proche du Soleil. Son orbite est excentrique et inclinée par rapport au plan de l'écliptique (le plan de rotation de la Terre). Elle fait une révolution autour du Soleil en 88 jours terrestres. Comme elle tourne très lentement sur son axe, une journée de Mercure (176 jours terrestres) s'étend sur deux années de la planète. En raison de la proximité du Soleil et de la durée d'une journée, Mercure a la température diurne la plus élevée du Système solaire.

La planète, un peu plus grosse que la Lune, a une surface rocheuse parsemée de cratères. Elle est exceptionnellement dense, car son noyau est en fer. Elle a un champ magnétique intense : son noyau serait partiellement liquide. On s'interroge sur l'origine de la petite planète, car elle aurait dû refroidir suffisamment pour être entièrement solidifiée depuis longtemps.

Le champ magnétique de Mercure forme une magnétosphère qui protège partiellement la surface de l'intense vent de protons émis par le Soleil. Son atmosphère ténue est constituée de particules recyclées par le vent solaire ou éjectées de la surface.

Malgré toutes les questions que pose encore cette planète, un seul vaisseau spatial, *Mariner 10*, est allé explorer Mercure.

TAILLES RELATIVES DES CORPS TELLURIQUES



ORBITES RELATIVES DES CORPS TELLURIQUES (Inclinaison en degrés du plan de leur orbite)

