

# RAPPORT ANNUEL 2007



# SOMMAIRE



## 6 >> DÉFENSE ET SÉCURITÉ

- 2 AVANT-PROPOS DE L'ADMINISTRATEUR GÉNÉRAL
- 3 AVANT-PROPOS DU HAUT COMMISSAIRE À L'ÉNERGIE ATOMIQUE
- 4 LES NOUVEAUX OUTILS DE LA RECHERCHE



## 12 >> ÉNERGIE

- 6 DÉFENSE ET SÉCURITÉ
  - > CAHIER RECHERCHE DE BASE
- 12 ÉNERGIE
  - > CAHIER RECHERCHE FONDAMENTALE
- 20 TECHNOLOGIES POUR L'INFORMATION ET LA SANTÉ
  - > CAHIER RECHERCHE FONDAMENTALE

## CHIFFRES CLÉS

100<sup>e</sup>

start-up depuis 1984  
dans le secteur des hautes  
technologies

3,4

milliards d'euros  
de budget

447

dépôts de brevets  
prioritaires

28

laboratoires de recherche  
correspondants (LRC)



## 20 >> TECHNOLOGIES POUR L'INFORMATION ET LA SANTÉ

- 28 LES TRÈS GRANDS ÉQUIPEMENTS
- 30 BILAN SCIENTIFIQUE
- 35 ACCOMPAGNEMENT DES PROGRAMMES
- 44 STRUCTURES DU CEA
- 49 ORGANISATION DU CEA

# DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



## LE CEA, ORGANISME PUBLIC DE RECHERCHE TECHNOLOGIQUE >>

Acteur majeur en matière de recherche, de développement et d'innovation, le CEA intervient dans trois grands domaines : l'énergie, les technologies pour l'information et la santé, la défense et la sécurité, en s'appuyant sur une recherche fondamentale d'excellence.

Fort de ses 15 612 chercheurs et collaborateurs aux compétences internationalement reconnues, le CEA constitue une force d'expertises et de propositions pour les pouvoirs publics. Implanté sur 9 centres répartis dans toute la France, le CEA bénéficie d'une forte insertion régionale et de solides partenariats avec les autres organismes de recherche.

Reconnu comme un expert dans ses domaines de compétences, le CEA s'insère pleinement dans l'espace européen de la recherche et accroît sans cesse sa présence au niveau international.

**54**  
unités mixtes  
de recherche (UMR)

**1 608**  
brevets prioritaires  
(ou inventions) délivrés  
et en vigueur en portefeuille

**450**  
experts répartis en une trentaine  
de conseils scientifiques évaluent  
les activités du CEA

**54**  
accords-cadres en vigueur  
avec les universités et les écoles

**3 796**  
publications en 2006 dans  
des revues à comité de lecture

**1 108** thésards au CEA  
**343** post-docs au CEA

## AVANT-PROPOS DE L'ADMINISTRATEUR GÉNÉRAL



**S'il fallait résumer en un seul mot l'année 2007 au CEA, ce serait : « Développement ».**

**Développement**, en mai, avec l'intégration du « Genoscope » et du « Centre national de génotypage » d'Évry, fusionnés en un nouvel institut de la Direction des sciences du vivant.

**Développement** de notre présence internationale avec trois nouveaux postes de représentants en Europe.

**Développement** dans notre mission principale de création de richesse économique et d'emplois par la recherche technologique ; ce que nous sommes pratiquement les seuls à revendiquer en France. Le CEA est redevenu le premier déposant de brevets parmi les organismes de recherche public et a créé sa 100<sup>e</sup> start-up, Movea.

En 2007, nous avons aussi relevé d'autres défis, comme l'intégration des nouvelles préoccupations sociétales avec la création du Laboratoire des recherches sur les sciences de la matière (Larsim), le développement de l'interaction de nos centres avec leur environnement, en valorisant mieux notre patrimoine foncier et en l'ouvrant aux partenaires extérieurs, le déploiement, pour tout le CEA, des outils performants de gestion de projets, un nouvel essor à la politique RH, avec notamment la mise en place des revues de personnel. Enfin, avec le projet PEPS Management, nous avons parachevé une organisation cible optimisée qui sera déployée en 2008.

L'actualité en 2007 a mis en visibilité tout l'apport actuel ou potentiel du CEA à la problématique de réduction des gaz à effet de serre et aux recherches sur les technologies énergétiques. Par leur contribution aux études du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec), les chercheurs du CEA bénéficient à ce titre d'une partie de la reconnaissance que confère l'attribution du prix Nobel de la paix au Giec.

Notre organisme travaille au développement des solutions technologiques et aux transferts industriels qui seront nécessaires pour relever les défis du futur : réalisation du prototype de réacteur de 4<sup>e</sup> génération et appui à la création d'entreprises innovantes dans les nouvelles technologies de l'énergie.

Côté Défense, le lancement de la phase de production de la Tête nucléaire aéroportée a été prononcé par le Comité mixte Armées-CEA. La nouvelle machine scalaire Bull du Centre de calcul recherche et technologie (CCRT) est en fonctionnement « public » depuis octobre.

L'année 2007 restera celle de la confirmation du renouveau de l'intérêt pour le nucléaire à l'échelle mondiale. La condition essentielle de la pérennité de cet intérêt réside dans le maintien au plus haut niveau de la sécurité et de la sûreté des installations, tant dans les exportations que nous seront conduits à soutenir, que chez nous. Nous avons développé notre présence aux niveaux européen et international et réaffirmé notre appui aux industriels français du nucléaire dans trois domaines : l'amélioration des performances du parc existant, le soutien au déploiement de réacteurs de 3<sup>e</sup> génération, le développement des systèmes du futur. Nous avons apporté un soutien déterminant à l'initiative Global nuclear energy partnership (GNEP), dont l'objectif est de faire partager les bénéfices d'un développement sûr de l'énergie nucléaire tout en prévenant le risque de prolifération. Côté européen, une nouvelle plate-forme technologique dédiée à l'énergie nucléaire durable (SNETP) a vu le jour à Bruxelles en septembre 2007.

En conclusion, dans les trois domaines de la défense et la sécurité globale, de l'énergie et des technologies pour l'information et la santé, le CEA couvre, sans se disperser, l'ensemble du spectre des recherches nécessaires à la réussite de ses projets, des recherches les plus fondamentales jusqu'aux aspects technologiques les plus finalisés, tout en remplissant sa mission de création d'emplois et de richesse pour notre pays.

**Alain Bugat,**  
Administrateur général

## AVANT-PROPOS DU HAUT COMMISSAIRE À L'ÉNERGIE ATOMIQUE



Fort d'une stratégie claire et validée au plus haut niveau de l'État, s'appuyant sur une expérience unanimement reconnue et déclinée à travers ses grandes missions technologiques et ses programmes de recherche fondamentale, le CEA est en première ligne pour concourir à relever quelques-uns des défis scientifiques et techniques majeurs auxquels est confronté notre pays, et plus largement l'Europe.

Ainsi, 2007 a vu se confirmer toute la pertinence du fort investissement en R&D nucléaire, mais également en matière de solutions énergétiques alternatives durables, qui pourront se substituer aux combustibles fossiles dans les secteurs de l'habitat, des transports et de l'industrie.

Dans le secteur nucléaire, des progrès significatifs ont été obtenus dans la consolidation de la filière « neutrons rapides » pour atteindre les objectifs fixés de sûreté, d'opérabilité et de compétitivité économique. Ces sujets appellent des recherches de longue haleine en matière de comportement des matériaux irradiés. Je me réjouis que 2007 ait vu le lancement de la construction du réacteur Jules Horowitz dans le cadre d'un partenariat international élargi.

La revue de conception du projet ITER, dont le but était d'actualiser la base technique de sa construction, est engagée depuis le printemps 2007 avec l'aide de plusieurs experts du CEA. C'est une étape clé qui devrait permettre le lancement des premiers appels d'offres industriels en 2008.

Dans le vaste domaine des nouvelles technologies pour l'énergie, le CEA vise avec détermination à une utilisation rationnelle des potentialités du solaire, de la transformation de la biomasse en biocarburants de 2<sup>e</sup> génération et enfin du cycle de l'hydrogène, avec les piles à combustible, sa production et son stockage ainsi que celui de l'électricité.

Le rôle stratégique du calcul scientifique pour l'ensemble des programmes du CEA est désormais bien établi avec un objectif d'accès

aux meilleurs matériels et logiciels et à leur pleine maîtrise. Avec ses partenaires, le CEA est une force de proposition pour réduire l'écart inacceptable qui sépare l'Europe des États-Unis ou du Japon dans ces domaines.

Pour ce qui est des technologies de l'information et de la communication, les résultats des recherches sont toujours aussi spectaculaires et qualifient le CEA pour être partie prenante aux grandes alliances mondiales qui se dessinent.

Parce qu'il contribue à la sécurité de nos concitoyens, j'attache une importance particulière au programme NRBC\* dans chacune de ses composantes. Ces efforts, tout comme ceux pour garantir la pérennité de nos capacités de dissuasion, s'inscriront pleinement dans le cadre des grandes orientations de la politique nationale de Défense et de Sécurité en cours de finalisation.

Dans le domaine des sciences du vivant, la qualité des images récemment obtenues par NeuroSpin permet désormais d'explorer précisément les altérations fonctionnelles du cerveau liées aux maladies neurodégénératives.

2007 a aussi été une année faste pour les sciences de la matière, avec de brillantes réalisations en physique fondamentale, des nanosciences à la cosmologie. L'année 2008 devrait voir quant à elle la mise en fonctionnement du plus grand accélérateur de particules au monde dans sa quête du boson de Higgs.

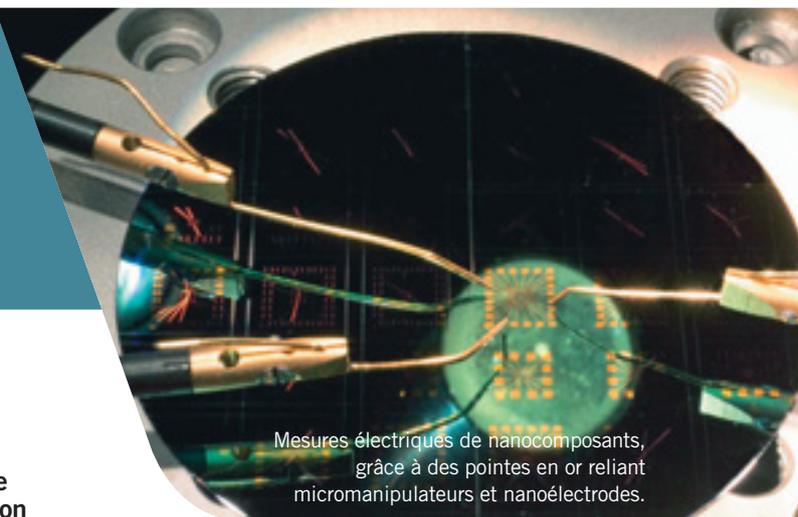
**Bernard Bigot,**  
Haut commissaire à l'énergie atomique



**Le CEA est en première ligne pour concourir à relever quelques-uns des défis scientifiques et techniques majeurs.**

\*Programme de lutte contre la menace nucléaire, radiologique, biologique et chimique.

# LES NOUVEAUX OUTILS DE LA RECHERCHE



Mesures électriques de nanocomposants, grâce à des pointes en or reliant micromanipulateurs et nanoélectrodes.

**Pour que la recherche française reste au meilleur niveau dans la compétition internationale, l'État a engagé une large réforme de son organisation. De nouveaux dispositifs, sous la forme d'agences de moyens et de réseaux de collaborations, ont été mis en place pour soutenir les projets de recherche, stimuler l'innovation et en augmenter la visibilité, en encourageant notamment les interactions public-privé.**

Très tôt, le CEA s'est fortement impliqué dans ces nouveaux outils du Système français de recherche et d'innovation (SFRI). Il a joué un rôle moteur dans la mise en place de ces structures et y maintient depuis une participation importante.

## LES AGENCES DE MOYENS

Ces structures assurent un soutien financier aux projets qu'elles sélectionnent – à l'issue d'appels à propositions annuels dans le cas de l'Agence nationale pour la recherche (ANR) ou « au fil de l'eau » pour l'Agence de l'innovation industrielle (AII) – avec notamment pour objectif de développer une culture de projets au sein du SFRI.

### L'ANR

Le CEA a été étroitement associé à la mise en place, en février 2005, de l'ANR qui est devenue en 2007 un établissement public administratif. Depuis 2005, le CEA participe à l'action de l'ANR, dans la mesure où il s'est vu confier par celle-ci la gestion de plusieurs programmes. Les équipes du CEA participent en outre activement aux appels à projets de l'Agence. Ainsi, depuis 2005, plus de 500 projets à participation CEA ont été retenus par l'ANR (dont 170 projets en 2007).

### L'AII ET OSÉO

L'Agence de l'innovation industrielle (AII) a été créée en 2005 en vue de susciter, sélectionner et financer de grands programmes coopératifs d'innovation industrielle. Le CEA est impliqué dans 8 projets acceptés par l'AII jusqu'en 2007.

En 2008, l'AII sera intégrée à l'agence Oséo, au sein de la structure Oséo Innovation (dont l'action a été prioritairement recentrée en direction des PME) avec laquelle le CEA poursuivra sa collaboration.

## LES RÉSEAUX

Le pacte pour la recherche met également en œuvre un soutien à des réseaux collaboratifs, qu'il s'agisse de regroupements d'acteurs académiques dans le cas des RTRA et CTRS, ou d'acteurs de la recherche et socio-économiques dans le cas des pôles de compétitivité. Un troisième dispositif, le label Carnot, distingue les unités de recherche publique ayant démontré leur forte capacité à collaborer efficacement avec des partenaires socio-économiques, notamment les entreprises.

### RTRA ET CTRS

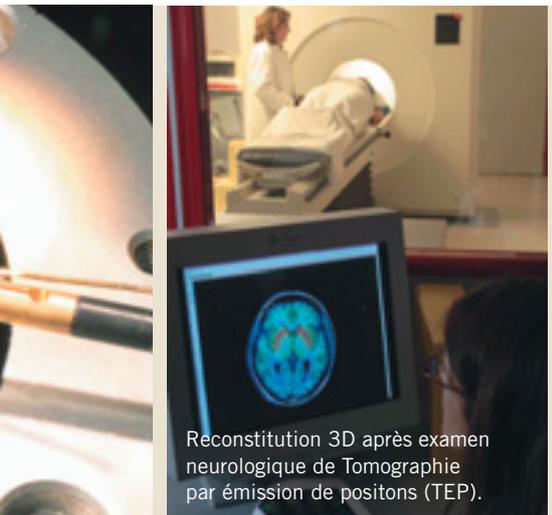
Les réseaux thématiques de recherche avancée (RTRA) permettent à différentes structures de recherche (universités, grandes écoles, organismes de recherche) de s'associer autour d'une thématique commune, dans le but d'améliorer leur visibilité au niveau national et international.

Suite aux premiers appels à propositions, cinq projets de RTRA, auxquels le CEA participe activement, ont été retenus parmi les treize dossiers sélectionnés par le ministère de la Recherche. Le CEA est membre fondateur de quatre d'entre eux :

- **Digitéo** (maîtrise des logiciels et des technologies matérielles avancées) sur le plateau de Saclay ;
- **Triangle de la Physique** (nanophysique, matière complexe, matière diluée, matière condensée, physique statistique, optique-lasers) également à Saclay ;
- **Nanosciences aux limites de la nanoélectronique** (nanoélectronique quantique, nanomagnétisme, nanophotonique, électronique moléculaire, nanomatériaux, jusqu'au domaine du vivant) localisé à Grenoble ;
- **École des Neurosciences de Paris** (neurosciences moléculaires et cellulaires, intégrées et cognitives, maladies neurologiques et psychiatriques) en Île-de-France.



**Les agences de moyens assurent un soutien financier pour développer une culture de projets.**



Reconstitution 3D après examen neurologique de Tomographie par émission de positons (TEP).



<< Pôles de compétitivité dans la gouvernance desquels le CEA est impliqué.

Il est également partenaire du RTRA **Innovations thérapeutiques en infectiologie** (localisé à Lyon).

Les centres thématiques de recherche et de soins (CTRS) ont pour ambition de favoriser le progrès médical à travers des interactions fortes entre la recherche fondamentale et la recherche clinique. Le gouvernement a sélectionné 9 dossiers de CTRS, parmi lesquels 3 font intervenir le CEA : **FondaMentale** sur le thème de la santé mentale, **NeuroDis** sur le handicap neurologique, dont le CEA est membre fondateur, et **Fondation de recherche sur le handicap sensoriel**, pour lequel le CEA est partenaire.

### PÔLES DE COMPÉTITIVITÉ

Deux appels à propositions ont été lancés par le gouvernement en 2005 et 2007 pour la création de « pôles de compétitivité », structures réunissant, sur un domaine d'activité et dans un espace géographique donnés, entreprises, centres de recherche et établissements d'enseignement et de formation.

À l'issue de ces appels, 71 pôles de compétitivité ont été labellisés par le gouvernement, parmi lesquels :

- 7 pôles, reconnus comme leaders dans leur secteur ;
- 10 pôles à « vocation mondiale », qui pourront, à terme, devenir des pôles mondiaux ;
- 54 pôles « nationaux ».

Le CEA est activement impliqué dans la gouvernance de 15 pôles de compétitivité, dont 4 pôles mondiaux, 2 pôles à vocation mondiale, et 9 pôles nationaux.

Il participe également, en tant que partenaire, à une dizaine d'autres pôles.

Plus de 250 projets impliquant des équipes du CEA ont été financés depuis 2005 dans le cadre des pôles de compétitivité (dont 80 en 2007).

### LABEL CARNOT

Ce dispositif, mis en œuvre pour stimuler le partenariat entre laboratoires publics et entreprises et favoriser le transfert de technologie, se présente sous la forme d'une labellisation. Le « label

Carnot » est ainsi attribué à des laboratoires, instituts ou établissements de recherche fortement impliqués dans la recherche technologique, et ayant fait leurs preuves dans la conduite de projets en partenariat avec des entreprises. Les structures labellisées reçoivent de la part de l'État un abondement, calculé en fonction de l'accroissement du volume des contrats de recherche partenariale réalisés, et dédié au financement d'activités de recherche amont afin de pérenniser leurs compétences scientifiques et technologiques.

Trois instituts du CEA ont été labellisés Carnot parmi les 33 retenus par le ministère de la Recherche : le Laboratoire d'électronique et des technologies de l'information (Institut Léti) et le Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies (Institut List) en 2006 ; ainsi que le Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux (Institut Liten), en association avec l'INPG, en 2007.

#### Pôles mondiaux

• Lyon Biopôle	Santé
• Medicen Paris Région	Hautes technologies pour la santé
• Minalogic	Micronanotechnologies et logiciels enfouis
• System@tic Paris Région	Logiciels et systèmes complexes

#### Pôles à vocation mondiale

• Cap Digital	Technologies de l'information et de la communication
• Mov'eo	Automobile et transports collectifs

#### Pôles nationaux

• Capenergies	Énergies non émettrices de gaz à effet de serre
• Optitec	Photonique, optique et systèmes complexes
• Plastipolis	Filière plasturgie
• Pôle Nucléaire Bourgogne	Industries mécaniques et métallurgiques
• Route des Lasers	Lasers, photonique
• SSEE	Énergie électrique
• Tenerrdis	Nouvelles énergies, énergies renouvelables
• Trimatec	Valorisation des technologies issues du nucléaire
• Viameca	Mécanique pour l'automobile et l'aéronautique



Les centres thématiques de recherche et de soins ont pour ambition de favoriser le progrès médical.

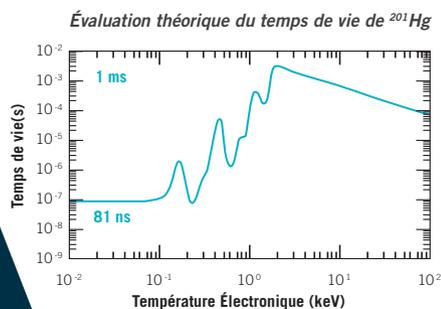
# CONCEVOIR LES MOYENS QUI ASSURENT VOTRE SÉCURITÉ

LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE  
AU SERVICE DE LA **DISSUASION**  
**NUCLÉAIRE** ET DE LA SÉCURITÉ  
GLOBALE



RECHERCHE DE BASE

## FOCUS SUR...



Étude publiée dans *Physical Review C*  
G. Gosselin, V. Meot, P. Morel DIF/DPTA/SPN

### AUGMENTATION DE LA DURÉE DE VIE DES NOYAUX DANS UN PLASMA

Quand un noyau est plongé dans un plasma, par suite des interactions avec son environnement, il peut se trouver dans des états excités. La durée de vie des noyaux instables est alors modifiée. Des chercheurs du Service de physique nucléaire de la DAM l'ont montré théoriquement, dans le cas du mercure  $^{201}$ , dont la durée de vie est ainsi passée de 81 ns à froid, à près de 1 ms dans un plasma à une température de 1 keV.

## ARMES NUCLÉAIRES, LUTTE CONTRE LA PROLIFÉRATION ET LE TERRORISME : DES DOMAINES DE RECHERCHE TRÈS ACTIFS

Le pôle Défense du CEA est responsable des recherches de base liées à ses missions, en particulier dans les domaines spécifiques des armes nucléaires (sciences des explosifs, comportement des matériaux sous forte sollicitation dynamique, neutronique, physique des plasmas et hydrodynamique radiative, interaction laser/matière...), de la surveillance des traités et à la lutte contre la prolifération (sismique, infrasons, transport des radionucléides, capteurs...).

### ÉLABORATION DES MATÉRIAUX ET COMPORTEMENT SOUS CHOC

Les méthodes d'élaboration et de mise en forme des matériaux conditionnent fortement la qualité et la durée de vie des composants les plus critiques des armes. L'effort de recherche porte sur le lien entre procédés de fabrication et propriétés des matériaux : les modèles développés permettent d'optimiser la conception des matériaux et des assemblages (par exemple, modélisation du soudage par laser). Grâce aux traitements de surface par le procédé Sol-gel, on élabore des couches nano-structurées qui confèrent aux matériaux des propriétés spécifiques (résistance des aciers à la corrosion, tenue des optiques aux flux laser élevés...).

Ces techniques ont trouvé une application nouvelle, dans le cadre de la lutte contre

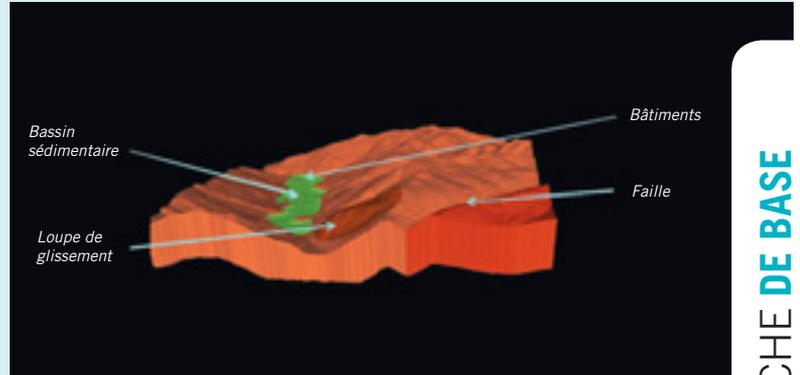


Nettoyage d'une optique de la Ligne d'intégration laser avant traitement Sol-gel.



## MODÉLISATION D'UNE ONDE SISMIQUE ET DE SES EFFETS

Dans le cadre du programme grand challenge Téra, il a été possible de modéliser, dans un même calcul, la propagation d'une onde sismique dans une géométrie complexe réaliste (topographie et matériaux) et son effet sur des bâtiments (interaction sol-structure) et cela à l'échelle d'une ville. Cette simulation a nécessité l'utilisation de 500 processeurs pendant 40 heures ainsi qu'un post-traitement sur 16 processeurs pendant 500 heures pour réaliser des films d'animation 3D.



la prolifération et le terrorisme, pour la mise au point de nouveaux capteurs destinés à la détection de traces de substances explosives. Ils utilisent le principe d'adsorption sélective des molécules recherchées.

Dans le domaine des matériaux soumis à de très fortes sollicitations dynamiques, du type de celles que l'on rencontre dans le fonctionnement des armes, l'objectif des recherches est de mieux comprendre les phénomènes se déroulant au niveau microscopique. Les travaux de modélisation et le développement de diagnostics très précis ont permis de mettre en évidence la phénoménologie du « micro-écaillage », ouvrant ainsi un nouveau domaine d'étude prometteur.

## CIBLES POUR LES EXPÉRIENCES LASER

La réalisation des cibles de taille millimétrique destinées à atteindre l'ignition grâce au futur Laser Mégajoule fait appel à des matériaux de très hautes performances et à des technologies d'élaboration sophistiquées.

Ces cibles doivent être maintenues à une température de - 255 °C stabilisée au millième de degré près. Pour cela, l'Institut nanosciences et cryogénie (CEA Grenoble, Direction des sciences de la matière) développe des systèmes cryogéniques de régulation thermique, des robots froids dotés de pinces cryogéniques dont la température varie très progressivement

et des positionneurs mécaniques qui assurent le transfert de la cible au cours des différentes manipulations (transport, stockage, positionnement). Un composant prototype a été mis en service en 2007.



Élaboration des cryostats et des bras robotisés qui iront placer la cible au centre de la chambre d'expérience du Laser Mégajoule.

## PHYSIQUE DU FONCTIONNEMENT NUCLÉAIRE DES ARMES

La connaissance des propriétés de la matière portée à très haute température et très haute densité nécessite le développement d'une physique spécifique : équation d'état, échanges d'énergie par transfert de rayonnement ou conduction thermique. Ce domaine de la physique fait l'objet d'intenses recherches théoriques et d'expérimentations adaptées (cellule à enclume de diamant, utilisée notamment pour déterminer l'équation d'état de l'hydrogène, expériences laser...).

Les approches théoriques s'appuient sur le développement de codes de mécanique quantique (théorie de la fonctionnelle de la densité et méthodes *ab initio*) et de dynamique moléculaire. Le développement de méthodes multi-échelles permet de relier les propriétés microscopiques au niveau atomique et le comportement macroscopique de la matière. Dans le domaine de la physique nucléaire, les modèles théoriques de prédiction de la structure des noyaux développés au CEA viennent d'être confrontés avec succès à un ensemble de résultats expérimentaux relatifs à plus de 500 noyaux.



Mise en œuvre  
d'une caméra  
mécano-optique  
pour Airix.



## LES PROGRÈS DE LA MODÉLISATION NUMÉRIQUE

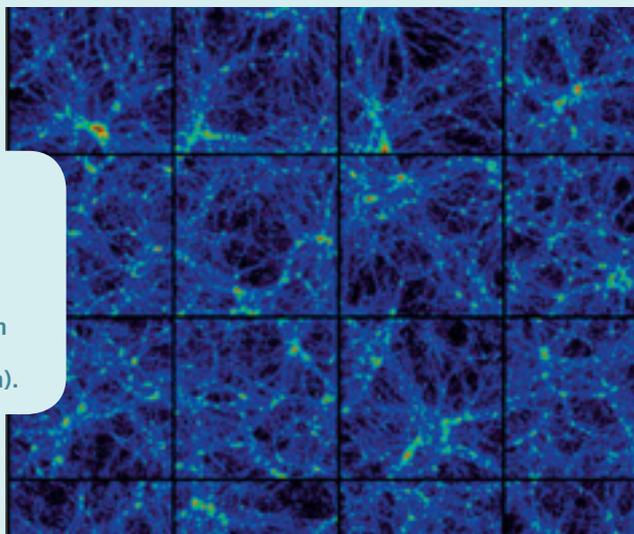
La mise en place de la nouvelle machine Tera 10 a permis des avancées dans plusieurs domaines importants pour la physique des armes :

- les nouvelles modélisations numériques 3D instationnaires ont fait progresser la description des écoulements hydrodynamiques turbulents complexes de milieux diphasiques liquide/gaz ;
- en s'appuyant sur les expériences réalisées sur la LIL, les modèles numériques multiphysiques ont conduit à une meilleure compréhension de l'interaction laser/matière dans les plasmas.

Dans d'autres domaines, le niveau de puissance atteint par les supercalculateurs du CEA permet des simulations numériques jusqu'alors inaccessibles. Ainsi, une équipe pilotée par l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (CEA Saclay, Direction des sciences de la matière) a mené, dans le cadre du « Projet Horizon », la plus grande simulation jamais réalisée de la formation des structures de l'Univers. Elle s'est appuyée sur le nouveau supercalculateur Bull du Centre de calcul recherche et technologie (CCRT). Avec près de 70 milliards de particules et plus de 140 milliards de mailles, ce calcul représente le record absolu pour un système à N corps (ensemble d'objets soumis à une attraction gravitationnelle mutuelle) modélisé par ordinateur.



Simulation  
numérique sur  
l'évolution  
de la formation  
de l'Univers  
(projet Horizon).





Dans le cadre des lois de programmation militaire, le pôle Défense du CEA a trois missions :

- réaliser les têtes nucléaires, en s'appuyant sur le programme Simulation qui permet de maintenir la capacité de dissuasion après l'arrêt définitif des essais en 1996 ;
- concevoir et entretenir les réacteurs nucléaires de propulsion navale pour les bâtiments de la Marine nationale (sous-marins et porte-avions) ;
- participer à la surveillance des traités (TNP et Tice) et à la lutte contre la prolifération et le terrorisme.

Les nombreuses disciplines scientifiques concernées font l'objet d'une recherche de base très active.

# FOCUS SUR...



Le supercalculateur Tera 10 développe une puissance de plus de 50 téraflops (50 000 milliards d'opérations à la seconde).



## ACTEUR MAJEUR DE LA DISSUASION NUCLÉAIRE ET DE LA SÉCURITÉ NATIONALE ET INTERNATIONALE

**Le CEA a pour mission de concevoir, fabriquer, maintenir en condition opérationnelle, puis démanteler les têtes nucléaires qui équipent les forces océaniques et aéroportées.**

Pour garantir, sur le long terme, la fiabilité et la sûreté de ces têtes sans recourir aux essais nucléaires, définitivement arrêtés en 1996, le pôle Défense du CEA met en œuvre le programme Simulation.

Il est chargé de la conception, de la réalisation et de l'entretien des réacteurs nucléaires assurant la propulsion des bâtiments de la Marine nationale (sous-marins et porte-avions).

Il est également responsable de l'approvisionnement en matières nucléaires pour les besoins de la Défense. Enfin, il contribue, pour les instances nationales et internationales, à la surveillance du respect du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (Tice) et à la lutte contre la prolifération et le terrorisme.

### LES TÊTES NUCLÉAIRES

L'opération de démontage de la dernière tête nucléaire TN71 a eu lieu sur la base opérationnelle de l'île Longue, en octobre 2007. Cette étape achève l'histoire de ces têtes qui équipaient les missiles M4 ; le premier lot avait été mis à disposition de la Force océanique stratégique en 1987.

Les activités de maintien en condition opérationnelle des têtes nucléaires actuellement en service

– TN81 pour la composante aéroportée et TN75 pour la composante océanique – se sont déroulées conformément au calendrier prévu.

Les TN81 seront remplacées par les têtes nucléaires aéroportées (TNA), qui équiperont les missiles ASMPA à partir de 2009. La TNA sera la première tête nucléaire au monde dont la sécurité et la fiabilité de fonctionnement auront été démontrées sans essais nucléaires, à l'aide du programme Simulation. Le lancement de la phase de production de la TNA a été prononcé par le Comité mixte Armées-CEA, en mars 2007.

Les TN75 seront remplacées par les têtes nucléaires océaniques (TNO), qui équiperont les missiles M51 à partir de 2015. L'événement le plus marquant de 2007 a été le succès du deuxième vol expérimental du missile stratégique M51, qui emportait deux objets dont la définition préfigure la TNO.

### LA PROPULSION NUCLÉAIRE

Responsable des chaufferies nucléaires des bâtiments de la Marine nationale, le CEA a assuré tout au long de l'année sa mission de soutien à la flotte en service. Celle-ci était composée en 2007 de quatre sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE), dont trois de nouvelle génération (NG), de six sous-marins nucléaires d'attaque (SNA) et du porte-avions *Charles de Gaulle*. *L'Inflexible*, dernier SNLE de première génération, a été retiré du service actif en fin d'année.

Les opérations d'entretien des chaufferies nucléaires se déroulent sous le pilotage d'une maîtrise d'ouvrage intégrée Marine-CEA, nouvellement mise en place. Le grand carénage (ou Indisponibilité périodique pour entretien et réparation, IPER) du sous-marin *Le Téméraire* (SNLE-NG) s'est terminé dans les délais à l'automne 2007. Celui du porte-avions *Charles de Gaulle* a débuté en septembre 2007, pour une durée de quinze mois, avec deux chaufferies à entretenir.

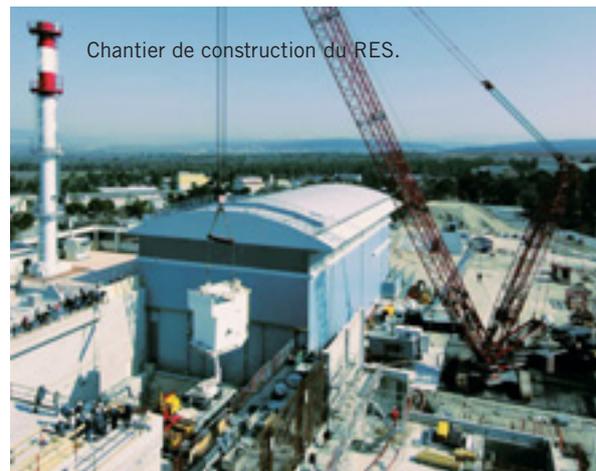
La réalisation des nouvelles installations d'essais à terre s'est poursuivie à Cadarache. Le programme RES comprend deux modules : une piscine



Le réacteur d'essai RES, un outil pour les grands programmes de la propulsion nucléaire.

## MISE EN PLACE DE LA CUVE DU RES

La cuve du réacteur nucléaire RES a été mise en place le 14 mars 2007 à Cadarache. Réalisée par DCN Propulsion, elle devra résister aux conditions thermo-hydrauliques du circuit primaire. L'opération a nécessité la mise en œuvre d'une grue géante pour le levage des 87 tonnes de la cuve et de son berceau. Cette étape coïncide avec la fin du génie civil et marque le lancement de la dernière phase du chantier, qui concerne l'équipement des bâtiments de l'îlot nucléaire. La première divergence du réacteur est prévue fin 2010.



Chantier de construction du RES.

d'entreposage et d'examen des combustibles, mise en service en 2005, et un réacteur équipé d'une instrumentation poussée. Un jalon important a été franchi en mars 2007, avec la mise en place de la cuve du réacteur (voir l'encadré ci-dessus).

Pour préparer l'opération de rénovation et d'agrandissement de la piscine de l'île Longue, les transferts de combustibles irradiés vers la piscine du RES ont été réalisés entre mars et octobre 2007.

Le site de l'île Longue a vu l'inauguration, le 22 novembre 2007, de sa Station de traitement des effluents de la propulsion (Step). Cette installation répond à l'objectif « zéro rejet liquide » dans les ports de la Marine nationale.

Après le lancement de la réalisation du programme de sous-marins nucléaires d'attaque *Barracuda*, décidé en décembre 2006, la revue de fin de phase de conception préliminaire de la chaufferie s'est déroulée en octobre 2007. Elle valide l'ensemble des choix retenus lors de la contractualisation avec l'industriel. La phase de conception détaillée a débuté. Le projet entrera en 2008 dans une phase importante de développement et de début de réalisation des installations de la chaufferie nucléaire du premier sous-marin de ce type, *Le Suffren*, dont la première tôle a été découpée fin 2007.

## LE PROGRAMME SIMULATION

Les têtes nucléaires, qui vont prendre la relève des armes en service lorsqu'elles arriveront en fin de vie, doivent être garanties sans nouveaux essais. C'est pourquoi a été lancé en 1996 le programme Simulation, construit et dimensionné pour garantir leur fonctionnement et leur sûreté. Il a été élaboré autour de trois volets :

- le concept des charges robustes, fondé sur un fonctionnement peu sensible aux variations technologiques et testé lors de l'ultime campagne d'essais en 1995-1996 ;

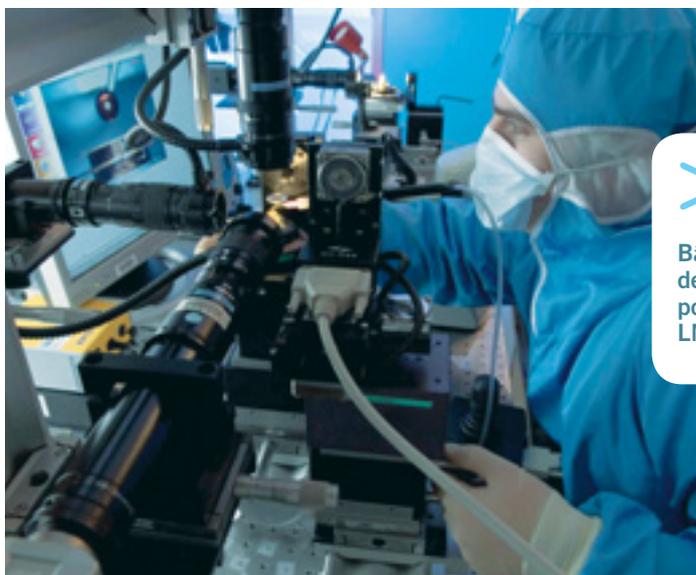
- la validation des écarts dus à la « militarisation » de la charge nucléaire ou susceptibles d'apparaître au cours de la vie opérationnelle de l'arme ;
- la certification de nouvelles équipes chargées de garantir le bon fonctionnement des armes.

L'outil essentiel du programme Simulation est une chaîne de logiciels qui permet de reproduire, par le calcul, les différentes phases de fonctionnement d'une arme nucléaire. Sa réalisation nécessite la mise au point de modèles physiques détaillés et le déploiement de puissants moyens de calculs.

Le supercalculateur Tera 10, mis en service en 2006, est actuellement une des machines les plus performantes d'Europe, avec une puissance crête de plus de 50 téraflopps.

En 2007 a été livrée une nouvelle version de l'ensemble des logiciels décrivant le fonctionnement d'une charge nucléaire ainsi que des outils logiciels permettant une gestion fluide des calculs, depuis leur préparation jusqu'à leur dépouillement.

La garantie de fonctionnement et de sûreté des armes impose une validation des calculs, obtenue



Bâti d'assemblage des cibles préparées pour la LIL et le futur LMJ.

# FOCUS SUR...



Laser Mégajoule, 2007 a été marquée par l'introduction des premiers éléments au sein des halls laser.



>>  
Installation de radiographie Airix.

en utilisant les résultats des essais nucléaires passés et les moyens expérimentaux que sont Airix, le Laser Mégajoule (LMJ) et son prototype, la Ligne d'intégration laser (LIL).

La machine de radiographie Airix, installée au Polygone d'expérimentation de Moronvilliers (PEM) en Champagne, permet de valider les modèles relatifs au début du fonctionnement de l'arme, dans sa phase non nucléaire. Airix a été exploitée tout au long de 2007 au rythme soutenu imposé par le calendrier du programme Simulation.

Le LMJ, indispensable pour simuler le fonctionnement nucléaire de l'arme, est en cours de construction au Cesta, près de Bordeaux. L'année 2007 a été marquée par l'introduction des premiers éléments du laser dans le bâtiment : début octobre, le premier caisson de la Section amplificatrice hors amplificateurs (Saha) a été mis en place dans le hall laser n° 1.

Le 6 juillet a été réalisé le 500<sup>e</sup> tir de puissance de la LIL. Le retour d'expériences et les progrès réalisés en modélisation ont conduit à des avancées significatives en conception de cibles pour la fusion.

## L'OUVERTURE DES MOYENS DU PROGRAMME SIMULATION

Éléments clés du programme de simulation, les supercalculateurs, le LMJ et son prototype la LIL sont des réalisations exceptionnelles tant par leurs caractéristiques techniques que par leurs performances. Celles-ci sont mises à la disposition de la communauté scientifique européenne, conformément à la politique d'ouverture approuvée en 2002 par le ministère de la Défense.

Mis en service en 2003, le Centre de calcul recherche et technologie (CCRT) constitue, avec le supercalculateur Tera 10, le complexe de calcul scientifique du CEA. Implanté sur le centre DAM-Île de France, à Bruyères-le-Châtel, il est aujourd'hui l'un des premiers centres de calcul européens. Il a vocation à satisfaire les besoins de ses nombreux partenaires (CEA, EDF, Snecma...) en matière de grandes simulations numériques.

Depuis le 1<sup>er</sup> octobre 2007 et conformément au planning annoncé, tous les utilisateurs du CCRT ont accès au nouveau calculateur Platine. Cette machine, construite par Bull, offre une puissance de calcul crête de 47,7 téraflops, portant ainsi la puissance totale du CCRT à 52 téraflops.

Une campagne d'expériences sur la LIL a été réalisée, en juin, dans le cadre d'un appel d'offres international sous le pilotage de l'Institut lasers et plasmas (ILP). Ces expériences ont validé l'efficacité d'une mousse peu dense pour lisser les faisceaux laser. L'objectif, à terme, est de maîtriser l'interaction entre le laser et la cible pour la fusion par confinement inertiel par attaque directe.

En parallèle se poursuit le programme de développement territorial « Route des lasers », fédérant les activités scientifiques et industrielles autour du LMJ.

## L'ASSAINISSEMENT DES INSTALLATIONS DE LA VALLÉE DU RHÔNE

Lancé en 1995, le programme de démantèlement et d'assainissement des installations de production de plutonium et d'uranium enrichi s'est poursuivi en 2007.

Les opérations de mise à l'arrêt définitif de l'usine de retraitement UP1 de Marcoule se sont poursuivies. Sur le même site, les études menées en 2007 permettront la démolition en 2008 des bâtiments de commande des anciens réacteurs G2 et G3 ; le démantèlement des blocs réacteurs constituera l'étape finale de ce programme.

Le programme Ardemu (Arrêt et démantèlement des usines de Pierrelatte) a fait suite à l'arrêt définitif, en 1996, de la production d'uranium fortement enrichi pour les besoins de la défense. Il concerne le démantèlement des quatre unités constituant l'usine d'enrichissement par diffusion gazeuse, dite « usine militaire », comprenant 4 192 diffuseurs et 9 millions de barrières de diffusion gazeuse. Un atelier spécifique, le « bâtiment diffuseurs », a été construit pour traiter les diffuseurs et leurs barrières. Après l'achèvement de la



Dans UP1, le démantèlement des appareils annexes aux diffuseurs a été entrepris.

### EXERCICE INTERNATIONAL DE CARTOGRAPHIE AÉROPORTÉE

Le CEA a participé en août à un exercice international de cartographie aéroportée, organisé par la Centrale nationale d'alarme suisse de l'Office fédéral de la protection de la population, près de Bâle. Objectifs : établir des cartes de la radioactivité naturelle d'une zone transfrontalière et de deux centrales nucléaires suisses et mettre au point une base de données commune de référence. Le système de cartographie gamma Hélinuc, capable d'identifier les différents radionucléides présents, a été utilisé.



Hélinuc a permis la cartographie de la radioactivité naturelle.

phase de dépose et de traitement de ces diffuseurs fin 2006, le démantèlement de tous les appareils annexes a été entrepris en 2007. L'avancement de ces opérations se poursuit au rythme prévu et permet de confirmer que le programme Ardemu sera achevé fin 2010.

### LA SÉCURITÉ ET LA NON-PROLIFÉRATION

En raison de ses capacités uniques dans le domaine nucléaire civil et militaire, le CEA assure depuis de nombreuses années une mission d'appui technique auprès des autorités nationales pour les questions de désarmement et de lutte contre la prolifération nucléaire.

À ce titre, il est directement impliqué dans la surveillance des grands traités (Traité de non-prolifération nucléaire, Traité d'interdiction complète des essais nucléaires).

En 2007, les actions techniques en soutien à l'Otice (Organisation du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires) se sont poursuivies avec la certification de deux stations situées aux îles Kerguelen : une station radionucléides (installée en 2006) et une station de mesure des infrasons (installée en 2007). Le nombre de stations installées par la France est désormais de 22 sur les 24 prévues à terme.

L'expertise de la DAM a été largement mise à contribution par les autorités pour traiter les nombreux dossiers d'actualité dans le domaine de la non-prolifération. Les études visant à améliorer les moyens d'analyse se sont poursuivies. Dans le cadre de sa mission au profit du ministère de la Défense, la DAM a participé à deux exercices d'intervention nucléaire de niveau national à Toulon et à Luxeuil. Ces exercices de niveau 4, impliquant une partie de la population, ont permis de tester l'ensemble de l'organisation nationale de crise de la défense. Le CEA a participé en avril 2007 à l'exercice majeur de gestion de crise terroriste à dominante radiologique, Piratome 07, organisé par le SGDN. Il a également été impliqué dans un exercice international de cartographie aéroportée (voir l'encadré ci-dessus).

Des avancées significatives dans le cadre du programme interministériel de R&D confié au CEA dans le domaine de la lutte contre le terrorisme NRBC/E permettent aujourd'hui d'envisager plusieurs transferts technologiques vers l'industrie (balise de détection et identification radiologique, par exemple).

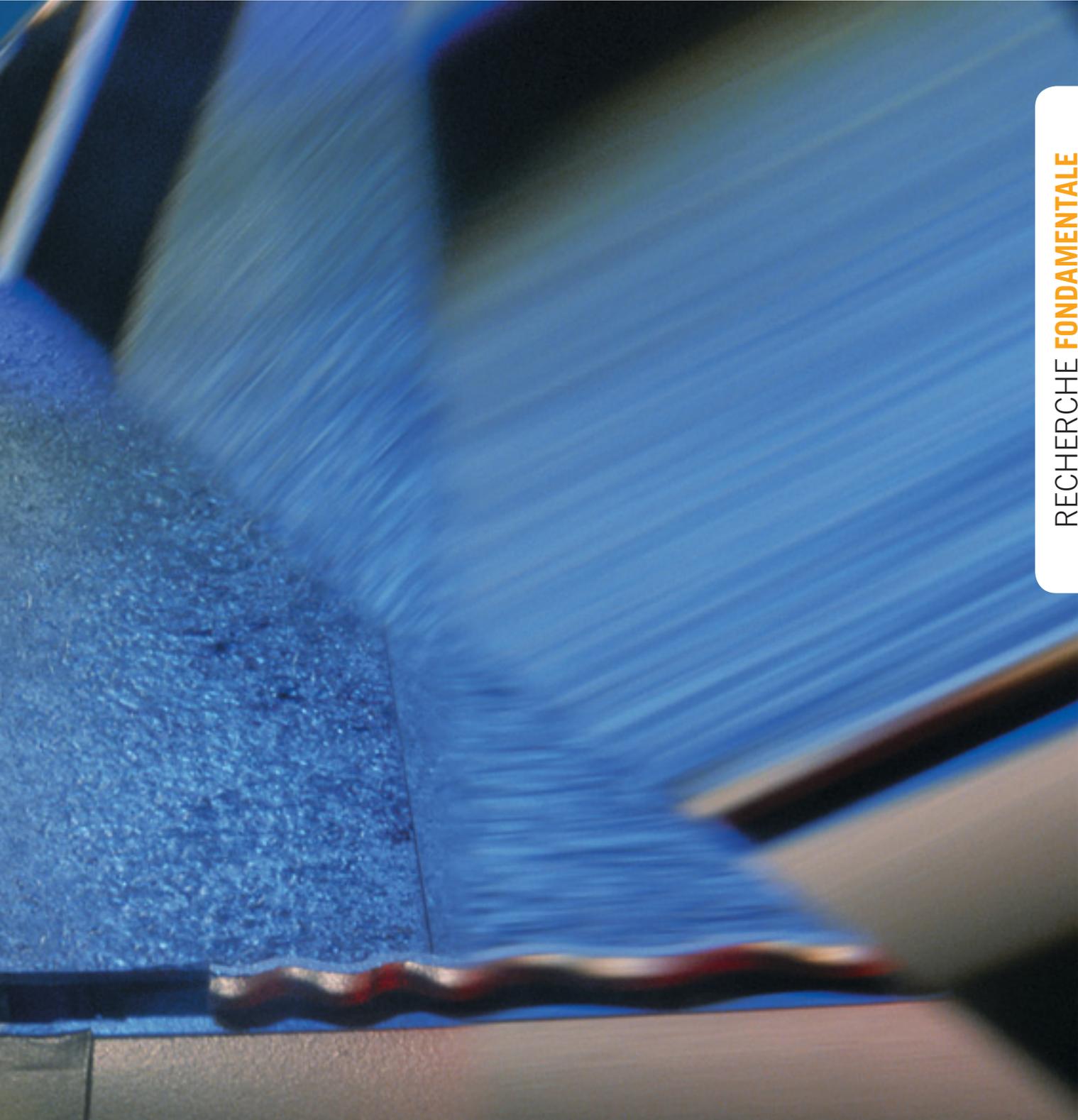
Lors des premiers Trophées de la Défense civile, l'Institut List (Direction de la recherche technologique) a reçu le prix de l'innovation technologique 2007 pour le projet Euritrack de détection de matières illicites dans les conteneurs maritimes. L'année 2007 a également permis le démarrage de projets ANR-Sécurité et l'initiation de trois projets transverses dans le domaine de la détection des explosifs.



Développement de démonstrateurs de terrain de détection de gaz toxiques pour l'environnement.

# DÉVELOPPER LES ÉNERGIES QUI PRÉSERVENT VOTRE ENVIRONNEMENT

DES ÉNERGIES NON ÉMETTRICES  
DE GAZ À EFFET DE SERRE CONTRE  
LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

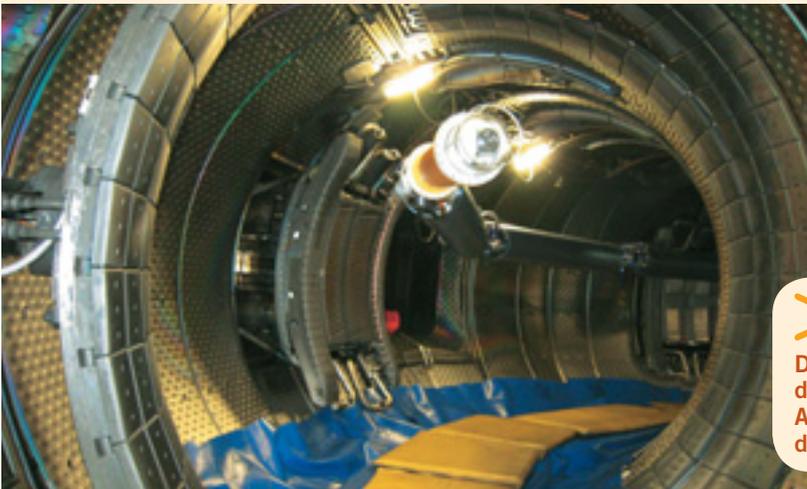


RECHERCHE **FONDAMENTALE**

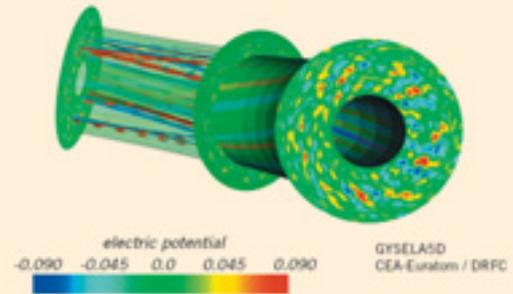
# FUSION PAR CONFINEMENT MAGNÉTIQUE

## LE PLEIN D'ÉNERGIE POUR LE FUTUR

La fusion de noyaux atomiques légers comme les isotopes de l'hydrogène offre des potentialités sans équivalent pour la production d'énergie. Les recherches fondamentales sur de tels processus nucléaires et le développement de technologies associées, en particulier en robotique, sur les matériaux et le cryo-magnétisme, constituent un enjeu scientifique et technologique majeur pour le CEA. Elles sont pilotées par l'Institut de recherche sur la fusion par confinement magnétique (IRFM), à la Direction des sciences de la matière. La décision des partenaires du projet ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) d'implanter le réacteur expérimental d'intérêt mondial à Cadarache constitue une marque de reconnaissance des compétences des équipes du CEA dans ce domaine.



Simulation de transport  
de chaleur du plasma



### >> Simulation sur Tera 10 du transport turbulent de chaleur dans un plasma de tokamak

Les simulations « premiers principes » réalisées sur Tera 10 en 2007 montrent que les structures à grande échelle générées par l'auto-organisation de la turbulence du plasma tendent à réduire les pertes de chaleur. Ce mécanisme intrinsèque est un facteur crucial d'amélioration de la performance énergétique d'ITER.

### >> Premier déploiement d'un bras robotisé dans Tore Supra

Le robot AIA (Articulated Inspection Arm) a été déployé pour la première fois le 13 septembre 2007 dans l'enceinte de Tore Supra. L'objectif du projet AIA est de qualifier un bras robot poly-articulé équipé à son extrémité de moyen de mesure ou d'intervention capable de se déployer dans l'enceinte à vide d'un tokamak sans perte du conditionnement en température et pression.



Déploiement  
du bras articulé  
AIA à l'intérieur  
de Tore Supra.

# CLIMAT ET ENVIRONNEMENT

## POURQUOI ÇA CHAUFFE ?

Au meilleur niveau mondial, les équipes du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE - CEA-CNRS-Université de Versailles/St-Quentin) mènent des recherches sur la variabilité naturelle du climat à toutes les échelles de temps ainsi que sur les interactions entre l'activité humaine, l'environnement et le climat. Elles s'intéressent aux composantes qui interagissent avec le climat comme le cycle du carbone, les gaz à effet de serre, les aérosols, la végétation et la circulation océanique. Le LSCE dispose de moyens dédiés à la simulation numérique et à l'étude des variations paléoclimatiques dans les sédiments marins et les glaces polaires.

### >> Toujours plus de carbone dans l'atmosphère

Différentes études, publiées par le LSCE en collaboration avec d'autres laboratoires du domaine à l'échelle internationale, vont dans le sens d'une accélération de l'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique au cours des prochaines décennies. Ces résultats ont fait l'objet de près d'une publication scientifique de premier plan (*Nature, Science...*) par mois tout au long de l'année 2007. Ainsi, le total des émissions anthropiques de carbone s'est élevé à 9,9 gigatonnes en 2006,



Installation d'instruments automatiques de mesure, sur le site d'Ivittuut au Groenland.

avec une accélération spectaculaire des émissions (+ 1,3 % par an entre 1990 et 1999 ; + 3,3 % par an entre 2000 et 2006). 45 % de toutes les émissions s'accumulent dans l'atmosphère tandis que 55 % sont absorbés par les puits naturels : forêts et océans.

### >> Des puits de carbone moins efficaces

- La fraction absorbée par l'océan a décliné au cours des 50 dernières années. En particulier, l'efficacité d'absorption du carbone dans l'océan Austral a baissé de 30 % en 20 ans. L'intensification des vents dans cette zone conduit à un brassage des eaux de surface avec les eaux océaniques profondes, riches en CO<sub>2</sub>, limitant ainsi le pompage par les eaux de surface du CO<sub>2</sub> atmosphérique.
- Le pompage de CO<sub>2</sub> dans les eaux froides de l'hémisphère sud est resté à peu près constant depuis près de 25 ans, malgré la forte augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> anthropiques (+ 40 % depuis 1981) et le réchauffement climatique.
- Le puits de carbone aux moyennes latitudes Nord, estimé par les récentes études en modélisation inverse, serait surévalué, tandis que la capacité des forêts tropicales à absorber le CO<sub>2</sub> semble avoir été sous-estimée.



Réunion de travail au LSCE.

## UNE PART SIGNIFICATIVE DU PRIX NOBEL DE LA PAIX

Neuf chercheurs du LSCE sont associés, en tant qu'auteurs principaux à la rédaction de rapports du Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat (Giec). EN 2007, le prix Nobel de la paix a été attribué conjointement à l'ancien vice-président américain Al Gore et au Giec.



Ligne d'éjection  
du faisceau d'ions  
du cyclotron  
Cime au Ganil.



## LOIS FONDAMENTALES DE L'UNIVERS

### TOUTES LES ÉCHELLES DE LA MATIÈRE ET DE L'ÉNERGIE

La compréhension des lois fondamentales qui gouvernent notre Univers exige l'étude de la matière et de l'énergie aux échelles les plus grandes et les plus petites accessibles. Les équipes de l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (Irfu), à la Direction des sciences de la matière, mènent des recherches et développent l'instrumentation associée en astrophysique, en physique nucléaire et en physique des particules, en particulier dans le cadre du nouveau grand collisionneur du Cern, le LHC (voir faits marquants relatifs au LHC en pages 28 et 29).

Les physiciens nucléaires du Grand accélérateur national d'ions lourds (Ganil) et de l'Irfu cherchent à comprendre les propriétés des noyaux des atomes, du simple nucléon au noyau super lourd, et de leurs composants. Les chercheurs de l'Institut de physique théorique (IPhT) contribuent à développer des formalismes mathématiques dans de nombreux domaines de la physique fondamentale à la biologie en passant par les matériaux et les mathématiques.

### >> Nouvelle particule découverte par DO

Les scientifiques de l'expérience DO (Fermilab, USA), à laquelle participent l'IN2P3 et l'Irfu, ont découvert la particule appelée baryon Ksi-b à une masse de  $5.774 \pm 0.019 \text{ GeV}/c^2$ , c'est-à-dire environ 6 fois la masse du proton. Bien que les protons et les neutrons constituent la majorité de la matière connue aujourd'hui, des baryons composés de quarks plus lourds, comme le Ksi-b, étaient aussi présents en abondance peu après le Big Bang, au début de notre Univers. Cette particule, prévue dans le modèle standard, n'avait jamais été observée. Sa découverte et la mesure de sa masse fournissent des informations supplémentaires pour comprendre l'action de l'interaction forte sur les quarks.

### >> La forme du silicium 42

Les physiciens du Ganil ont démontré que le noyau exotique de silicium 42 a une forme aplatie de soucoupe volante alors qu'avec ses 28 neutrons, il était attendu « magique » et par conséquent de forme sphérique. De nouvelles expériences devraient permettre aux physiciens de mieux comprendre quelle composante particulière de l'interaction nucléon-nucléon pourrait être responsable des changements structurels observés.

### >> Miri pour observer l'Univers dans l'infrarouge thermique

L'accord qui scelle la participation de l'Agence spatiale européenne (ESA) au programme James Webb Space Telescope (JWST) de la NASA a été signé le 18 juin 2007. Le JWST, successeur du Hubble Space Telescope (HST), sera lancé en 2013. Le CEA conduit, avec le CNES, la contribution française à Miri, l'un des quatre instruments du JWST. Cette contribution consiste à fournir l'imageur de Miri : un prototype a été livré en 2007 par le CEA au Rutherford Appleton Laboratory (RAL, Grande-Bretagne).

### CHIMIE, BIOLOGIE ET INTERACTION RAYONNEMENT-MATIÈRE

Les études sur les interactions radiation-matière couvrent des domaines comme la photochimie et la photophysique, l'irradiation et la radiolyse, les interfaces avec la biologie et la dynamique réactionnelle.

### >> La diffusion de neutrons pour l'exploration des matériaux multi-ferroïques

Une équipe de l'Iramis (Institut rayonnement-matière), à la Direction des sciences de la matière, a utilisé les faisceaux de neutrons du réacteur de recherche Orphée (Laboratoire Léon Brillouin) pour étudier les effets dynamiques dans les matériaux multi-ferroïques. Dans de tels matériaux, il est possible



Préparation de l'imageur de Miri, du télescope spatial JWST.

de modifier l'action d'un champ électrique, ou sa polarisation électrique par l'action d'un champ magnétique (effet magnétoélectrique). Les expériences de diffusion des neutrons, réalisées au LLB, représentent ici l'outil de choix puisque les neutrons possèdent le grand avantage d'être sensibles à la fois à l'ordre spatial et à l'ordre magnétique.

### >> Des polymères très accrocheurs

Un nouveau procédé de fonctionnalisation de surfaces a été mis au point par une équipe de l'Iramis : le procédé Graftfast® permet de greffer en une seule étape tout type de polymère sur n'importe quelle surface conductrice ou non de l'électricité sans avoir recours à la voie électrochimique utilisée jusqu'à présent. Il est ainsi possible de fonctionnaliser des matériaux aussi variés que le verre, le diamant, le téflon, des nanotubes de carbone mais également tous les types de métaux (or, acier, titane, fer, zinc, cuivre, etc.).

### >> Nouvelle cible cryogénique pour l'étude de réactions de spallation

Une nouvelle cible d'hydrogène liquide conçue par les équipes de l'Irfu a été mise en place dans le cadre du programme Spaladin au GSI-Darmstadt (Allemagne) qui étudie les interactions entre des ions lourds et des protons, et plus particulièrement des réactions de spallation. Elle permet de réduire d'un facteur dix les réactions nucléaires parasites de celles étudiées.



Mise en place d'un échantillon dans l'enceinte étanche du réacteur Orphée.

# FOCUS SUR...



Salle de culture cellulaire.

## IQGAP1 ET VEGF CONTRÔLENT LA MIGRATION DES CELLULES PROGÉNITRICES NEURALES CHEZ L'ADULTE

Les résultats de la collaboration de trois équipes de l'IRTSV (CEA Grenoble) et d'un laboratoire de l'Université de Harvard (USA), ont permis de mettre en évidence, pour la première fois, le rôle clé de la protéine IQGAP1 dans la régulation de la neurogénèse adulte. Cette protéine exprimée par les progéniteurs et les précurseurs neuronaux module la mobilité et la différenciation des progéniteurs. La démonstration d'un rôle pour IQGAP1 dans la migration des CPNs permet maintenant d'envisager un rôle pour cette protéine dans la migration des cellules souches cancéreuses des glioblastomes et ouvre de nouvelles perspectives pour comprendre la biologie de ce type de tumeurs.

### >> Réparation de l'ADN :

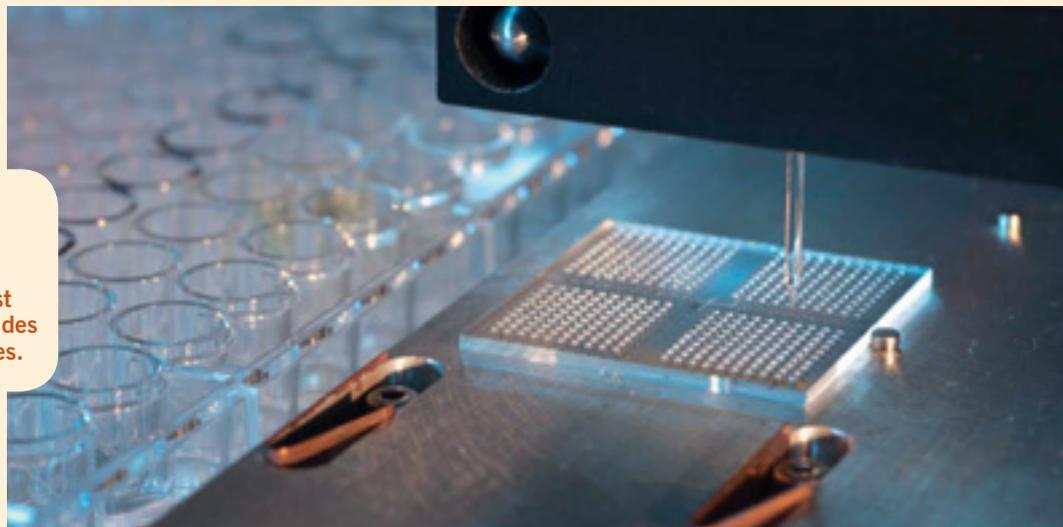
#### le travail des enzymes observé vite et bien

Une équipe de l'Inac a développé et breveté un test miniaturisé qui fournit une mesure quantitative rapide de l'action de réparation de diverses lésions de l'ADN par différentes familles d'enzymes. Ce test a été appliqué au cas de *xeroderma pigmentosum*, une maladie orpheline sans traitement à ce jour, dégénérant entre autres en cancer de la peau, et qui

abaisse l'espérance de vie des malades en dessous de 40 ans. La méthode traditionnelle de diagnostic utilisait un marquage radioactif et fournissait, en 15 jours, une réponse peu spécifique. Le nouveau test, fondé sur une technologie biopuce et le marquage fluorescent, quantifie, en une journée, la capacité réparatrice de chaque enzyme pour chaque type de lésion à partir d'un extrait cellulaire.



Le but des phénopuces est de développer des puces à cellules.



## DU CUIVRE POUR LA DÉTECTION D'UN STRESS

Le Laboratoire de biologie du développement des plantes (iBEB, CEA Cadarache) a révélé le rôle crucial de deux oxydases à cuivre (Multicopper Oxidase, MCO) dans la détection de milieu pauvre en phosphate chez la plante *Arabidopsis thaliana*. Ils ont ainsi, pour la première fois, mis en évidence le fait que la « coiffe », tissu localisé à l'extrémité exploratrice de la racine, est l'organe de détection de l'état physico-chimique du sol. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives dans la biologie du développement avec de potentielles applications agronomiques (nutrition, phytoremédiation). *Plant, Cell and Environment* (2006) 29 : 115-125. *Nature Genetics* (2007) EOP



*Arabidopsis thaliana.*

## RADIOBIOLOGIE

### ÉVALUER L'IMPACT DES ACTIVITÉS NUCLÉAIRES SUR L'HOMME ET L'ENVIRONNEMENT

Les recherches en radiobiologie ont pour objectif de progresser dans la compréhension des effets des rayonnements sur le vivant, et ce, à ses différents niveaux d'organisation. Les résultats obtenus par les équipes du CEA contribuent à l'évaluation des risques à court et à long terme et, par là même, participent à l'élaboration de la réglementation nucléaire internationale.

Les différentes approches mises en œuvre au sein des laboratoires du CEA (génomique fonctionnelle, structurale, protéomique, méthodes d'analyse haut débit...) visent notamment à disposer de méthodes de

comparaison adaptées en fonction des doses reçues. En 2007, l'étude d'une collection de prélèvements sanguins de personnes apparentées a permis de démontrer l'héritabilité de la susceptibilité à la mort cellulaire programmée radio-induite de certaines cellules du sang, les lymphocytes. (IRCM, *Int.J. Rad. Onco. Biol. Phys.* (2007) 68, 1169 – 1177).

La troisième réunion annuelle « Plasticité et instabilité des génomes » a démontré l'importance des brassages culturels entre biologistes, chimistes et physiciens, avec la mise en œuvre de nouvelles technologies pour visualiser l'effet des radiations sur l'ADN. Par ailleurs, une initiative a vu le jour pour soutenir les recherches fondamentales et appliquées dans ce domaine.

Ces recherches permettent de dégager de nouvelles pistes pour des thérapies réparatrices (cellules-souches, anti-oxydants...).

# FOCUS SUR...

Étude d'ADN par électrophorèse.



## EFFETS DU CADMIUM SUR LA RÉPARATION DE L'ADN

Des chercheurs de l'IRTSV, de l'iBEB et de l'Inac ont révélé les effets différentiels du cadmium sur la réparation de l'ADN des composants du système immunitaire murin. *In vitro*, le cadmium entraîne en quelques heures la mort par apoptose des lymphocytes isolés. *In vivo*, la survie et le développement des lymphocytes T ne sont pas affectés.

Après supplémentation en cadmium de l'eau de boisson, l'accumulation de ce métal lourd est importante dans le foie et dans les reins. Pourtant, l'ADN isolé de ces organes ne présente aucun excès de lésions oxydatives. Ces résultats soulignent l'importance du mode d'exposition sur les effets observés.

## TOXICOLOGIE NUCLÉAIRE

### LE PROGRAMME TOXNUC-E

Les recherches en toxicologie nucléaire ont pour finalité de comprendre les effets toxiques des éléments utilisés dans la recherche et l'industrie nucléaire (radionucléides, métaux lourds) ainsi que leur mode d'action.

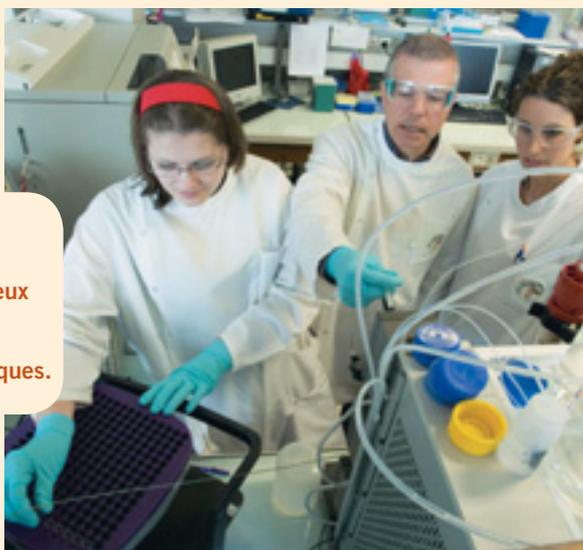
### >> Un programme mêlant recherche fondamentale et développements technologiques

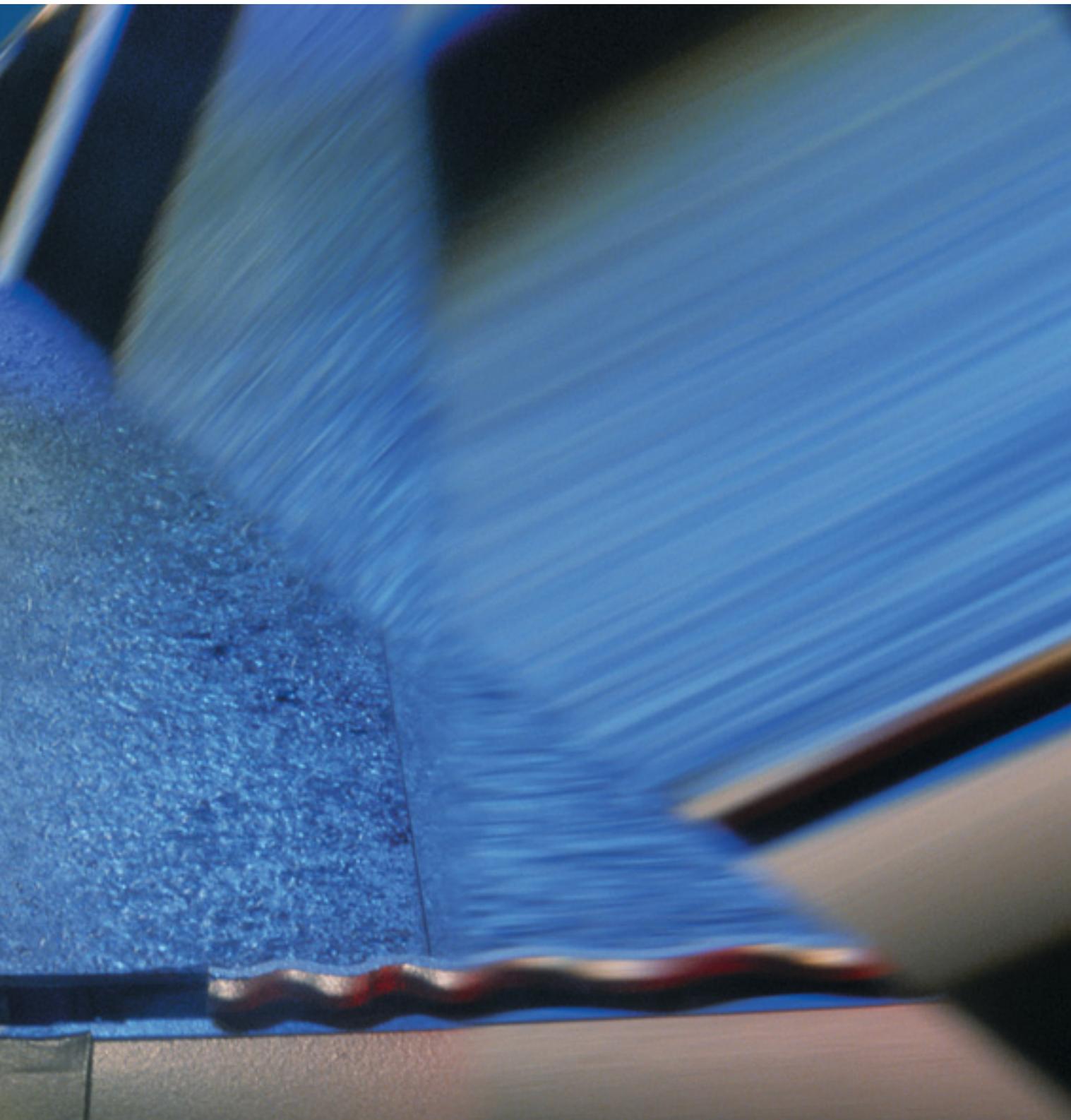
Initié en 2001, puis élargi en 2004 à d'autres organismes de recherche (CNRS, Inra, Inserm), le programme de recherche Toxicologie nucléaire environnementale, piloté par la Direction des sciences du vivant, fédère, au niveau national, une communauté scientifique pluridisciplinaire. Les enjeux liés à ce programme sont, d'une part, de proposer des dispositifs de surveillance et de détection efficaces et, d'autre part, de mettre en œuvre des procédés de décontamination des personnes ou de dépollution des sols.

Avec plus de 400 publications dans les domaines de la biologie cellulaire et moléculaire, de la biochimie, de la médecine et de la chimie, les retombées de ces recherches dépassent le cadre de la recherche nucléaire et contribuent à une relance des recherches en toxicologie au niveau national. L'année 2007 a été marquée par la clôture de la 2<sup>e</sup> phase de ce programme dont les résultats et principales avancées sont publiés sur un site Internet dédié <http://www.toxnuc-e.org/>. Une réflexion est engagée pour définir un nouveau programme de toxicologie nucléaire et environnementale qui s'inscrira dans le programme national de toxicologie en cours d'élaboration.



Analyse de milieux complexes par des techniques chromatographiques.

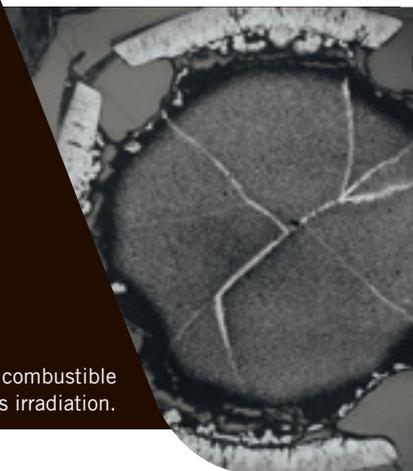




Dans un contexte où le réchauffement climatique est un défi majeur, le CEA mène des recherches sur les énergies non-émettrices de gaz à effet de serre. Au premier plan, vient l'énergie nucléaire – de la fission à la fusion – qui est au cœur des recherches du CEA depuis sa création. Puis progressivement, d'autres énergies alternatives, non polluantes, font l'objet d'études. Elles concernent l'hydrogène, les piles à combustible, le photovoltaïque et les biorcarburants. Dans cet élan de progrès, la R&D s'appuie sur une recherche fondamentale d'excellence tant dans les sciences de la matière que dans les sciences du vivant.

# FOCUS SUR...

Macrographie de combustible après irradiation.



## VERCORS

Un séminaire international organisé par le CEA, EDF et IRSN, consacré au programme Vercors, s'est déroulé en octobre 2007, rassemblant près de 100 participants, représentant plus de 10 pays. Ce programme est destiné à quantifier, pour un REP en situation d'accident grave, le terme source en produits de fission susceptible d'être relâché hors du cœur et transféré dans l'enceinte de confinement. 17 essais à effets séparés ont été réalisés au CEA Grenoble entre 1989 et 2002. La base de données expérimentale ainsi élaborée est sans conteste la plus riche au plan mondial et reconnue comme référence internationale. Elle est utilisée par EDF, IRSN et par les pouvoirs publics.

## L'OPTIMISATION DU NUCLÉAIRE INDUSTRIEL

Les objectifs de R&D sont dictés principalement par les enjeux technico-économiques d'EDF pour son parc de réacteurs et d'Areva NC pour l'usine de traitement des combustibles usés de La Hague. Ils sont également liés au soutien du déploiement, par ces deux industriels, de technologies clés à l'international.

### RÉACTEURS

Les enjeux consistent principalement à maintenir, voire accroître le niveau de performance des réacteurs existants, fournir les éléments de justification du comportement des matériaux et structures irradiés, dans l'objectif de prolonger leur durée de vie.

#### >> Des méthodes de calcul avancées pour anticiper l'évolution des centrales

2007 a vu, dans le cadre du dossier cuve pour l'extension de la durée de vie des réacteurs, le début des discussions avec l'Autorité de sûreté (ASN), à partir des résultats obtenus par le CEA, pour la codification éventuelle de l'effet bénéfique du pré-chargement à chaud de la cuve en cas de choc froid. L'année 2007 a été également marquée par la réalisation de l'expérience Fluole dans le réacteur Éole de Cadarache et le début de son interprétation avec le code Tripoli 4. L'objectif est d'apporter des éléments de qualification du schéma de calcul de la fluence cuve dans une géométrie représentative d'un REP 1300 MWe. L'analyse des résultats de cette expérience constitue un élément clé du Programme de surveillance de la cuve (PSI).

Dans le domaine de la radioprotection, la réalisation de la plate-forme Oscar V1.0, livrée aux partenaires en décembre 2007, constitue une étape importante pour la capacité de prédiction du

comportement des produits de corrosion activés et des produits de fissions relâchés en cas d'iné-tanchéité de gaine de crayons combustibles.

### COMBUSTIBLES

Les enjeux portent principalement sur l'amélioration des performances des combustibles UO<sub>2</sub> et MOx par l'accroissement des taux de combustion et par le développement d'un combustible UO<sub>2</sub> « remède » à l'interaction pastille-gaine (IPG) pour une application progressive au parc.

#### >> Conforter la parité MOx et préparer les remèdes IPG

La première recharge Parité MOx a été introduite en réacteur, après autorisation de l'ASN, obtenue en 2006, suivie de nouvelles actions de R&D pour la conforter. Il y a lieu en effet de « définir » une Parité MOx NT (nouvelle teneur) qui, pour maintenir le taux de combustion de Parité MOx, nécessite d'augmenter la teneur en plutonium du combustible. Cette définition doit tenir compte de sa moindre qualité isotopique, conséquence de l'accroissement du taux de combustion au déchargement du combustible UO<sub>2</sub>. Concernant le combustible remède IPG, l'accent a été mis sur la compréhension des phénomènes mis en jeu dans un combustible dopé lors d'un transitoire incidentel de type IPG. Les travaux réalisés ont fait l'objet de discussions avec les partenaires industriels et de définition des orientations du programme de R&D « IPG » pour les années à venir.

### SÛRETÉ DES RÉACTEURS

Dans un contexte marqué par la volonté d'EDF d'accroître la durée de vie de ses réacteurs, des actions de R&D sont menées au CEA, en soutien direct à l'exploitant ou en collaboration avec l'IRSN. Une part importante de ces actions se déroule dans un cadre international (projets OCDE, 7<sup>e</sup> PCRD), afin d'en partager les coûts.

## COEX™ OU COMMENT RECYCLER ENSEMBLE URANIUM ET PLUTONIUM

Dans le cadre des études en collaboration avec Areva NC sur le traitement des combustibles usés, les procédés mis en œuvre devront présenter une résistance accrue aux risques de prolifération. Le procédé COEX™ répond à cet objectif en évitant que le plutonium ne se trouve à l'état pur, quel que soit le stade du procédé. COEX™ vise aussi à simplifier les étapes de fabrication du combustible MOx puisqu'il permet l'obtention d'une poudre d'oxyde mixte (UPu)O<sub>2</sub> homogène dès l'étape de conversion. Un essai du procédé COEX™ a été mené avec succès en 2007 à Marcoule, dans les laboratoires d'Atalante.

Chaîne blindée où sont réalisées des opérations de retraitement sur combustibles irradiés.



## LE FORUM GÉNÉRATION IV

Sous présidence française depuis novembre 2006, le Forum International Génération IV (GIF) promeut la collaboration internationale en matière de R&D relative aux systèmes de 4<sup>e</sup> génération. En 2007, l'avancée substantielle dans le travail d'élaboration d'un cadre juridique a permis l'accélération de la coopération technique. Après la signature de l'Arrangement Système du RNR-Na, suivies celles, en novembre 2006, du VHTR (réacteur à très haute température), du RNR-G et du SCWR (réacteur à eau supercritique), confirmant la volonté marquée du GIF d'étudier la faisabilité d'alternatives possibles à la technologie du refroidissement par le sodium.

### >> Accroître les connaissances

Les programmes dans le domaine de la sûreté permettent l'acquisition de connaissances relatives au comportement des réacteurs nucléaires en situations incidentelles et accidentelles. Sur les accidents de dimensionnement, EDF et IRSN ont signé un accord avec le CEA pour la réalisation du programme expérimental Prometra d'essais mécaniques sur gaines irradiées en conditions représentatives du RIA. Concernant les accidents graves, les programmes OCDE-Seth 2 et Serena 2, relatifs respectivement au risque hydrogène et à l'explosion de vapeur, ont été signés. Ils confient au CEA la réalisation d'une partie du programme d'essais. Par ailleurs, la Direction de l'énergie nucléaire a été chargée par EDF de développer un logiciel d'évaluation probabiliste décrivant la progression du corium en cuve et hors-cuve (logiciel Leonar) en cas d'accident grave. En 2007, les versions 1 et 2 ont été livrées à EDF.

## COMBUSTIBLES USÉS

### >> Maintenir une capacité industrielle de pointe

Pour les usines de traitement des combustibles usés, l'enjeu majeur du retraitement consiste à optimiser le fonctionnement de l'usine de La Hague pour s'accommoder de variations de charges (capacité), du traitement de combustible plus irradié, de combustible de recherche et de combustible non standard, et également du vieillissement de certains composants. L'installation prototype échelle 1 de vitrification des déchets de haute activité, appelée CFN (Creuset froid nucléarisé), construite à Marcoule et démarrée avec succès mi 2006, a fait l'objet de nombreux essais en 2007 afin d'en vérifier les performances.

### >> Préparer de nouveaux concepts performants face à l'évolution du marché

Dans le contexte de relance du nucléaire, le CEA mène une réflexion avec Areva NC sur les procédés à mettre en œuvre pour le traitement des combustibles usés, sur la base d'un concept d'économie d'investissement et d'exploitation mais également de renforcement de la résistance à la prolifération.

## SYSTÈMES NUCLÉAIRES DU FUTUR

Pour le développement des systèmes nucléaires du futur, la priorité de la R&D est donnée aux réacteurs à neutrons rapides avec en perspective la mise en service d'un prototype en 2020.

## LES RÉACTEURS DE 4<sup>e</sup> GÉNÉRATION

Le **réacteur rapide refroidi au sodium** (RNR-Na) est identifié comme filière de référence, avec l'objectif d'en améliorer la compétitivité économique, les conditions d'exploitation et la sûreté par des innovations. D'où le programme tripartite RNR-Na édité en 2007 par le CEA, EDF et Areva NP, qui met en visibilité un jalon 2012 pour décider des grands choix de technologies, avec un jalon intermédiaire en 2009 pour tirer les conclusions des études d'innovation. Les études se poursuivent sur deux familles de concepts, un **réacteur intégré** (cœur et échangeurs intermédiaires sodium-sodium intégrés dans une même cuve) et un **réacteur à boucles** (échangeur intermédiaire déporté à l'extérieur de la cuve).

Le **réacteur rapide refroidi au gaz** (RNR-G) est retenu comme filière alternative avec pour objectif prioritaire d'en démontrer la faisabilité. Avec l'achèvement fin 2007 du dossier de faisabilité préliminaire du RNR-G (concept 2 400 MWth), une étape déterminante a été franchie. Ce document présente un remontage cohérent du réacteur, de son élément combustible, des matériaux du cœur et de l'architecture globale du réacteur. Sur la filière HTR/VHTR, la Direction de l'énergie nucléaire a enregistré en 2007 des résultats décisifs dans la maîtrise de la fabrication du combustible à particules. Il s'agit de particules millimétriques composées d'un noyau de matière fissile UO<sub>2</sub> enrichi, enrobé de couches de matériaux réfractaires, et dispersées dans une matrice en graphite. Le procédé d'obtention des noyaux d'UO<sub>2</sub> repose sur un procédé de type Sol-gel, pour lequel un pilote a été construit à Cadarache.



Prototype évolutif de vitrification à Marcoule.

# FOCUS SUR...

Insertion du faisceau d'aiguilles dans la capsule d'irradiation Futurix.



## FUTURIX : SEPT NOUVELLES EXPÉRIMENTATIONS DANS LE CŒUR DE PHÉNIX

En mai 2007, le cœur du réacteur de Marcoule s'est enrichi de sept nouveaux objets expérimentaux qui y séjourneront jusqu'au dernier cycle de fonctionnement, en 2009.

Il s'agit de deux capsules du programme de transmutation CAMIX-COCHIX, portant sur le comportement de cibles d'oxyde d'américium dilué dans des matrices inertes, et de cinq objets du programme international Futurix-FTA, relatif au développement des combustibles du futur.

Le programme Futurix-FTA est mené en collaboration avec le Department of Energy américain (DoE), l'ITU de Karlsruhe (Allemagne), et la Japan Atomic Energy Agency (JAEA).



Études de R&D sur les procédés de fabrication des combustibles au plutonium.

Des avancées significatives permettent aujourd'hui de définir un point de fonctionnement conduisant à des noyaux conformes aux spécifications, avec un rendement supérieur à 90 %.

### L'INNOVATION DANS LES RÉACTEURS À EAU LÉGÈRE (REL)

Une synthèse a été réalisée en 2007 sur les innovations REL. Il en ressort comme axes de progrès la mise en œuvre de combustibles froids ou robustes, les améliorations liées à l'évolution des matériaux comme les bétons ou certains composites, les options pour une rétention en cuve du corium... Des concepts comme les REP sans bore, les REP à basse pression, les concepts intégrés comme SCOR (Simple COmpact Reactor) permettent aussi d'intégrer des simplifications en réduisant le nombre de circuits ou de composants.

## LA GESTION DURABLE DES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS

Les principes de la gestion durable des déchets radioactifs sont désormais inscrits dans la législation française : la loi du 28 juin 2006 donne les étapes de mise en œuvre des solutions et oriente fortement l'ensemble de la R&D, notamment pour la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue et le stockage géologique. Les recherches se font en cohérence avec celles sur les systèmes d'énergie nucléaire du futur (prototype 2020).

### MAÎTRISER LA FABRICATION DE NOUVEAUX COMBUSTIBLES

Deux modes de récupération sont étudiés : la séparation groupée (Ganex) des éléments transuraniens (Pu, Am, Np, Cm) et la séparation poussée spécifique

(DiameX/Sanex) des actinides mineurs (Am, Np, Cm). Un enjeu des études sur la séparation des actinides mineurs est d'optimiser les procédés développés, en vue de les simplifier pour progresser vers la faisabilité industrielle. À l'issue de l'étape de séparation, la faisabilité du multi-recyclage en réacteur à neutrons rapides des actinides mineurs est étudiée en vue de leur transmutation. Cela inclut notamment l'étape de fabrication d'éléments combustibles chargés en ces actinides. En 2007, deux résultats importants ont été acquis. Quelques milligrammes d'un composé ( $U_{0,9}Cm_{0,1}O_2$ ) ont été obtenus par co-précipitation oxalique, et les premiers combustibles chargés en actinides mineurs (Am, Cm et Np) ont été fabriqués dans Atalante.

### STOCKAGE DES DÉCHETS, CONDITIONNEMENT ET ENTREPOSAGE

#### >> Un nouvel accord CEA-Andra

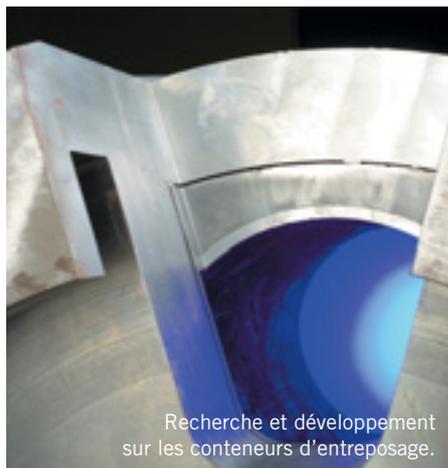
Le CEA et l'Andra ont signé le 11 juillet 2007 un nouvel accord de partenariat prolongeant leur collaboration pour la période 2007-2012. L'objectif est de mettre en place une coordination forte en termes de R&D et de diffusion de l'information. Le CEA mettra au service des programmes dont est responsable l'Andra dans les différents domaines des colis, des matériaux, de la géochimie et géophysique, de l'hydrogéologie, de la physico-chimie, de la modélisation, et de l'instrumentation.

#### >> Des modèles réalistes pour le comportement à long terme

Des dossiers de synthèse ont été établis sur le comportement à long terme des colis de déchets. Ainsi, pour les déchets vitrifiés, un modèle opérationnel d'altération a été établi, traduisant la meilleure connaissance sur le comportement de ces verres sur le long terme. Les enjeux, définis dans un nouveau programme CEA, sont de disposer des éléments nécessaires pour renforcer la robustesse des modèles opérationnels, de pouvoir prendre en compte les colis de déchets dans tout

## MONOGRAPHIE SUR LE PLUTONIUM

Un important travail de synthèse (Direction des applications militaires, Direction de l'énergie nucléaire, Direction des sciences du vivant) portant sur les impacts environnementaux et sanitaires des isotopes du plutonium a été finalisé en 2007. Il présente les principaux paramètres à prendre en compte lors d'une étude d'impact, propose une hiérarchisation de ces paramètres et en fournit des valeurs représentatives. Cette monographie sur le plutonium constitue une référence objective pour la maîtrise des risques associés à la mise en œuvre du plutonium dans les installations nucléaires.



Recherche et développement sur les conteneurs d'entreposage.

## RJH

Le 19 mars 2007, le CEA, EDF, Areva, CIEMAT (Espagne), NRI (République tchèque), le SCK-CEN (Belgique), VTT (Finlande) ont signé l'Accord de Consortium qui définit les règles de financement et d'exploitation du RJH. Le ministre de l'Industrie a par ailleurs posé la première pierre du RJH, lançant ainsi officiellement la phase de construction. Ce réacteur entrera en service en 2014.

leur cycle de vie et enfin de pouvoir envisager des voies de développement pour de nouveaux verres.

### >> Le transfert des connaissances dans le domaine de l'entreposage

Ce transfert des connaissances se poursuit sous la forme d'une revue commune des travaux réalisés par le CEA, permettant ainsi à l'Andra de s'appropriier l'ensemble des connaissances acquises. En 2007, les recherches et les développements technologiques sur les conteneurs d'entreposage ont également fait partie de cette revue. Les travaux menés par le CEA sur les conditions d'une ventilation naturelle pour refroidir les colis exothermiques et évacuer l'hydrogène de radiolyse des colis MAVL, tout en assurant des conditions d'environnement favorables à la durabilité des matériaux et au transport des gaz à travers les conteneurs en béton, ont été examinés.

concernent la neutronique (logiciels Apollo et Tripoli), la thermohydraulique diphasique (Neptune, avec les composants Cathare, Flica-OVAP et l'échelle fine CFD), la thermohydraulique monophasique (Trio-U, Castem-fluide), le combustible (Pleiades), les matériaux (Sinergy) et le stockage de déchets (Alliances). Ces trois dernières plates-formes s'appuient sur le logiciel de mécanique des structures CAST3M. Ces actions sont menées en général dans le cadre de collaborations avec les partenaires industriels. Ce partenariat est ouvert à l'international avec par exemple, au niveau européen, le Projet intégré Nuresim (6<sup>e</sup> PCRD) piloté par le CEA et qui réunit 18 organismes de 13 pays avec l'objectif d'élaborer la plate-forme logicielle européenne pour les réacteurs nucléaires.



Simulation numérique de la thermohydraulique dans un réacteur.

## UN ENSEMBLE D'OUTILS COHÉRENTS POUR LA R&D NUCLÉAIRE

### LA SIMULATION, OUTIL CENTRAL DE LA RECHERCHE

En complément d'outils de simulation numérique, éprouvés et utilisés couramment aujourd'hui par EDF, Areva ou l'IRSN, la Direction de l'énergie nucléaire a lancé le développement d'une nouvelle génération de logiciels, avec des perspectives à 10 ans et de forts jalons intermédiaires. L'aspect novateur réside dans une approche à la fois « multi-échelles » (allant du microscopique au macroscopique) et « multiphysiques » (prise en compte des interactions entre disciplines). Grâce au **Calcul intensif** (High Performance Computation) avec des supercalculateurs comme ceux du centre de calcul (CCRT) du CEA, les principaux développements en cours

### LE RÉACTEUR JULES HOROWITZ, UN RÉACTEUR DE RECHERCHE POUR L'EUROPE

L'année 2007 est celle du lancement de la construction du RJH. Cette étape majeure concrétise d'abord les efforts des techniciens du CEA et de l'ingénierie constituée des équipes d'Areva et EDF qui ont porté à maturité la conception du projet dans une dimension européenne et internationale. Sur la dynamique du lancement du consortium RJH, le CEA et JAEA (Japon) ont signé un accord bilatéral permettant à JAEA d'accéder à la capacité expérimentale du RJH. De plus, le DAE (Inde) et Vattenfall (électricien suédois) ont confirmé leur accord pour participer au projet. Du point de vue réglementaire, l'année 2007 a vu se concrétiser l'enquête publique (mars) et le permis de construire a été obtenu (septembre). Le rapport préliminaire de sûreté (RPrS) a fait l'objet d'une instruction en groupe permanent.

### LE MAINTIEN À NIVEAU DES « LABOS CHAUDS » DU CEA

Les expériences sur le combustible et les matériaux irradiés nécessitent le maintien au meilleur niveau des installations du CEA comme le réacteur

# FOCUS SUR...

Démantèlement d'une salle de dissolution des combustibles dans UP1.



## SILOETTE : LE DÉCLASSEMENT

Siloette permettait de tester les configurations des cœurs de Siloe et était également dédié à la formation. Dans le cadre du projet Passage de dénucléarisation du centre de Grenoble, le réacteur a été mis à l'arrêt et démantelé. Il est à présent déclassé.



Installation La Rotonde à Cadarache.

expérimental Osiris à Saclay, ou les laboratoires « chauds » à Cadarache et Marcoule. D'une part, il faut répondre à des exigences de sûreté toujours croissantes, ce qui a motivé les projets de rénovation du Leci (Saclay) et du Leca (Cadarache) maintenant achevés ou encore ceux du Lefca (Cadarache) et d'Atalante (Marcoule) qui se poursuivent actuellement. D'autre part, les équipements scientifiques doivent suivre l'évolution des techniques et des besoins des clients.

## DÉMANTÈLEMENT ET ASSAINISSEMENT

Conduire la R&D dans le domaine nucléaire implique un parc d'installations nécessairement en évolution (besoins nouveaux, procédés plus performants, regroupement de moyens, évolution de la sûreté...). Des programmes de construction ou rénovation d'installations et des programmes de démantèlement des installations en fin de vie sont menés en parallèle. Gérer ce démantèlement de façon responsable est un des objectifs majeurs du CEA, et une exigence pour la renaissance du nucléaire.

### LE RESPECT DES ENGAGEMENTS

Le programme d'assainissement et de démantèlement des centres civils du CEA concerne la gestion des combustibles usés, la Reprise et le conditionnement des déchets anciens (RCD) et l'assainissement/démantèlement des installations nucléaires du CEA civil mises à l'arrêt entre 1980 et 2010, et de l'Usine UP1 de Marcoule. Parmi les faits marquants de 2007, on notera le déclassé de Siloette à Grenoble, la demande de déclassé de réacteur Harmonie à Cadarache et la modification du périmètre des INB(s) de Fontenay-aux-Roses.

### INSTALLATIONS ET TRANSPORTS

**Le renouvellement des installations de service et des moyens de transport**

Pour répondre à ses besoins de R&D et d'assainissement/démantèlement, le CEA est amené à renouveler

ses installations de traitement de déchets et son parc d'emballages de transport, en fin de vie ou devenus en partie obsolètes en regard des nouvelles exigences de sûreté.

### >> La gestion des effluents radioactifs

Parmi les orientations retenues par le CEA pour harmoniser la gestion des déchets, deux pôles de traitement des effluents aqueux ont été créés. Stella-Opale à Saclay et Agate à Cadarache pour le conditionnement des concentrats produits sur le site de Marcoule.

### >> La gestion des déchets solides radioactifs

**La Rotonde à Cadarache** : la construction de cette installation, destinée à recevoir et caractériser les déchets faiblement ou très faiblement radioactifs avant leur envoi vers les exutoires, est terminée. La réception de l'ensemble des lots de travaux a eu lieu le 13 juillet 2007, sa mise en exploitation le 11 décembre 2007. **Diadem à Marcoule** : les études préliminaires du projet d'entreposage, Diadem, de Déchets irradiants activés issus du démantèlement, se sont terminées en 2007 et un appel d'offres a été lancé en vue d'une contractualisation en 2008.

### >> La gestion des matières nucléaires

**Magenta à Cadarache** : La recevabilité des dossiers réglementaires du projet Magenta (Magasin d'entreposage de matières) a été reçue de l'ASN et l'Enquête publique s'est terminée par un avis favorable rendu en début 2007. Le début de la phase de réalisation a été effectif en août 2007 et le premier béton de Magenta coulé le 9 décembre 2007.

### >> Le parc des emballages de transport de matières radioactives

Le renouvellement du parc des emballages de transport est indispensable à la fois pour la réalisation des activités de recherche sur matériaux et combustibles irradiés, et pour une gestion optimisée des déchets radioactifs. En 2007, deux nouveaux emballages ont été fabriqués pour les besoins de la propulsion navale (IR800, PN/CN) et le premier transport de combustibles irradiés avec l'IR500 a été réalisé le 6 septembre 2007 entre Marcoule et Cadarache.

# LES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'ÉNERGIE (NTE)

Presse permettant d'assembler les modules des piles à combustible.

**Le programme NTE du CEA comprend les axes Hydrogène et Piles à combustible, Photovoltaïque et intégration dans l'habitat, Matériaux pour l'Énergie et Biocarburants de 2<sup>e</sup> génération.**

## L'AXE HYDROGÈNE

Dans le contexte fortement porteur du Grenelle de l'environnement, le développement des NTE au CEA est en phase avec les priorités rappelées par le président de la République en octobre 2007, et celles de l'Union européenne (les 3x20 en 2020\*) et du plan ambitieux européen : le SET-Plan. Sur l'hydrogène, le CEA, leader européen de la recherche, a piloté en 2007 le regroupement de la recherche européenne afin de rejoindre le JTI HFC. Le CEA, présent au sein de l'IEA préside pour 2 ans un comité de l'accord IPHE entre 17 pays sur l'hydrogène. À noter le décollage de contrats pour des marchés de niche, tels que les matériels agricoles, le nautisme et les drones, pour l'industrialisation de nouvelles technologies de piles à combustible. Par ailleurs, un projet de grande ampleur H2E (200 M€) visant les marchés précoces de l'hydrogène, piloté par Air Liquide a été validé par Oséo, le CEA se positionnant sur les technologies stockage, piles, sécurité. En 2007, la forte croissance au CEA de la R&D sur l'électrolyse à haute température permettra la mise au point de procédés propres de production d'hydrogène couplés à des sources ENR ou nucléaire. La plate-forme expérimentale Sushypro à Cadarache, à vocation européenne sur les procédés haute température de production d'hydrogène, a reçu une aide significative de la région Paca pour son développement. Au CEA, les résultats les plus notables sont :

- la réduction d'un facteur 3 de la quantité de platine au sein des Piles à combustible PEMFC (0,4 g/kW), pas important vers la faisabilité dans l'automobile ; l'optimisation des conditions de fonctionnement permettront de tripler leur durée de vie ;
- la qualification d'un réservoir de stockage d'hydrogène 700 bars (programme européen STORHY), et la réduction d'un facteur 10 du temps de cycle de fabrication par rotomoulage, ouvrent la voie à sa commercialisation ;
- la fourniture à General Atomic d'une partie du prototype de test du procédé Iode Soufre (section Bunsen), pour la production d'hydrogène utilisant les réacteurs à haute température Génération IV ;
- l'installation expérimentale Garage à Saclay permettra d'étudier les conditions expérimentales d'écoulement d'hydrogène en milieu confiné, de vali-

der des simulations, limiter les risques d'explosion. La signature d'un accord en juillet avec ST Microelectronics sur les microsources accélérera la mise sur le marché de ruptures technologiques dans les quatre années à venir avec un laboratoire commun en place.

## L'AXE PHOTOVOLTAÏQUE

L'année 2007 a été marquée par la montée en puissance d'INES à Chambéry avec plus de 100 personnes installées. Un accord passé avec le coréen Jusung sur le développement des batteries Lithium montre l'attractivité déjà forte d'INES au niveau international. À noter également :

- l'obtention du niveau de pureté requise pour des tranches de silicium de qualité photovoltaïque grâce à la mise au point du procédé Photosil sur INES ;
- un rendement de 16,6 % en photovoltaïque sur du silicium multicristallin de grande dimension (150x150 mm) ;
- la réalisation d'éléments haute densité d'énergie sur les batteries Li-ion (220 Wh/kg).

## L'AXE BIOCARBURANTS

Sur les biocarburants synthétisés par voie thermochimique, le couplage en 2007 entre l'installation de lit fluidisé et l'étage haute température destiné à éliminer impuretés et goudrons a concrétisé les avancées du CEA sur la scène internationale. Par exemple, ECN (Energy research Centre of the Netherlands) a contracté avec le CEA sur des essais spécifiques qu'ils n'étaient pas à même de réaliser. Des résultats prometteurs sur les matériaux bio-inspirés des mécanismes de photosynthèse chez les micro-algues ouvrent la possibilité d'un prototype de cellule photochimique sans platine ont été obtenus.

Un projet d'unité pilote de production de biocarburants de 2<sup>e</sup> génération est soutenu par le CEA dans le cadre du programme d'accompagnement économique du laboratoire de l'Andra à Bure-Saudron, programme inscrit dans le cadre de la loi du 28 juin 2006. Ce projet a été intégré en 2007 dans les plans de développement des deux départements Meuse et Haute-Marne. Il constituera une « première en France » dans le domaine du « Biomass to Liquid » ; le projet est actuellement dans sa phase de pré-lancement, avec des études préalables (caractérisation du site retenu dans la zone interdépartementale, étude d'intégration de la chaîne de procédés, business plan...) et la préparation du dossier de consultation pour la conception et la réalisation de l'installation.



**Châssis de test de cellules photovoltaïques.**



**400 chercheurs.**

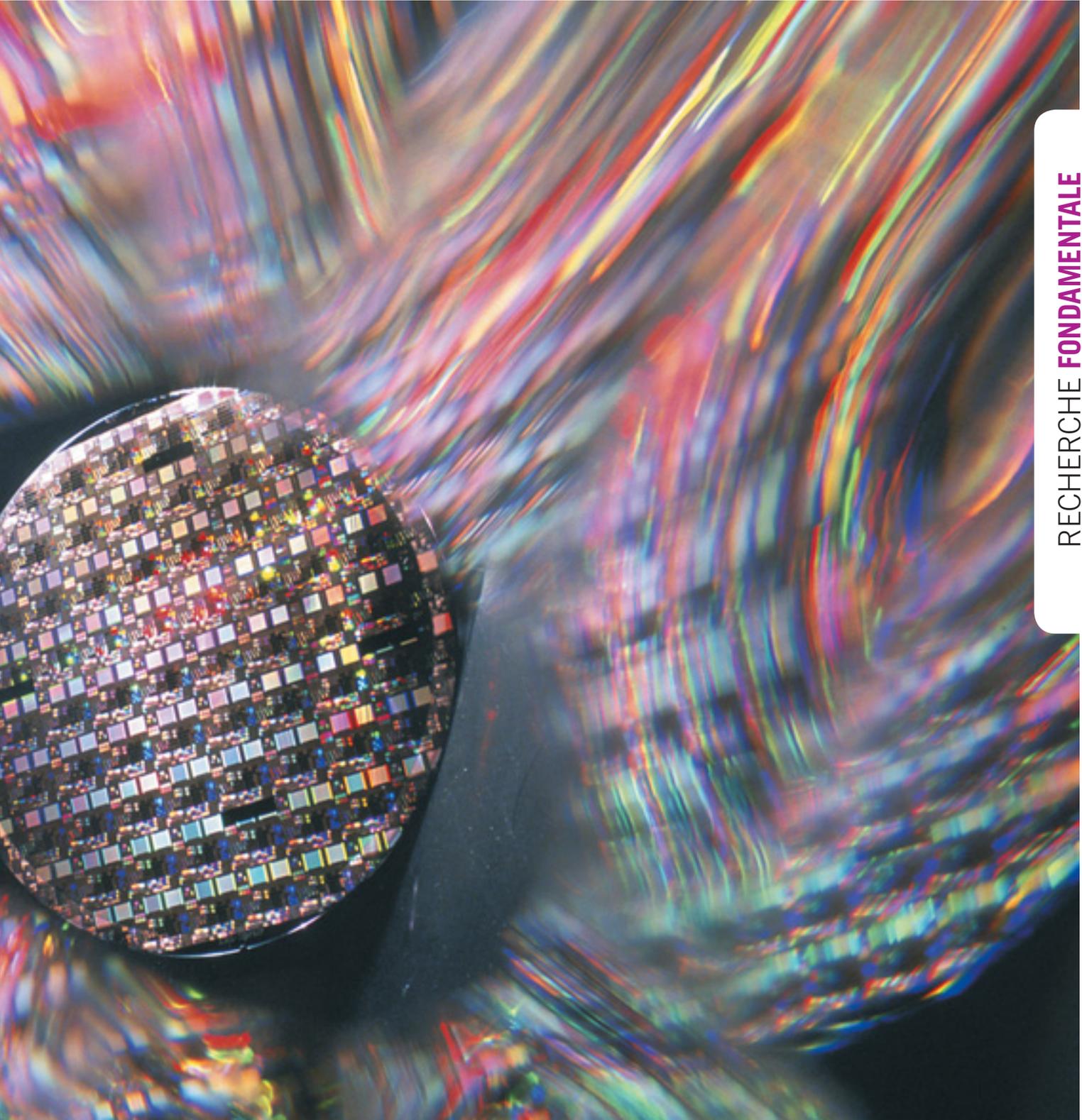
**51 MEUR de budget.**

**28 MEUR de subventions, une participation de l'ANR, d'Oséo, des régions Rhône-Alpes, l'Isère, Paca et le Centre, l'Europe et les industriels.**

\* Gain de 20 % d'efficacité énergétique, et de GES, 20 % d'ENR dans le mix.

# INVENTER LES TECHNOLOGIES QUI AMÉLIORERONT VOTRE QUALITÉ DE VIE

DES **AVANCÉES MAJEURES**  
DANS LES SCIENCES & TECHNOLOGIES  
DESTINÉES À L'INFORMATION,  
LA COMMUNICATION ET LA SANTÉ



RECHERCHE **FONDAMENTALE**

# FOCUS SUR...



Atelier de nanofabrication.

## NOUVEL ATELIER DE NANOFABRICATION

Le nouvel atelier de nanofabrication de l'Iramis a été inauguré en 2007. Il s'agit d'une nouvelle salle blanche et d'équipements, qui viennent enrichir et moderniser l'atelier utilisé par plusieurs équipes du CEA depuis 1988 pour la fabrication de nanostructures et de dispositifs électroniques. Il est ouvert, aux collaborations avec des chercheurs d'autres institutions et entreprises de la région Île-de-France.

## NANOSCIENCES

### À LA CROISÉE DES MONDES CLASSIQUE ET QUANTIQUE

Deux instituts de la Direction des sciences de la matière conduisent des recherches dans le domaine des nanosciences : l'Institut rayonnement matière de Saclay (Iramis) et l'Institut nanosciences et cryogénie (Inac) à Grenoble. Ces recherches répondent à des enjeux en termes de connaissance scientifique fondamentale et de société (maîtrise des risques potentiels). Elles sont des sources d'innovation dans le développement des micro et nano-technologies qui seront appliquées en

particulier par les instituts de la Direction de la recherche technologique du CEA.

### >> Maîtriser les propriétés de nano-objets

Des progrès significatifs ont été obtenus en 2007 par l'Inac et l'Iramis dans le contrôle des procédés de production de nanofils et de nanotubes et ouvrent des champs nouveaux d'applications spécifiques. En voici quelques exemples :

- Des transistors ont été créés à partir de nanotubes de carbone sur substrat de silicium. De tels composants pourraient, à terme, trouver leur place dans des applications grand public nécessitant des fréquences de fonctionnement élevées.
- Pour la première fois, a été réalisée une mesure de la résistance électrique sur un nanofil de silicium dopé au bore obtenu par croissance.
- L'insertion de séléniure de cadmium (CdSe) dans des nanofils de séléniure de zinc (ZnSe) de très faible diamètre (10 nanomètres) et de grande qualité structurale a permis de réaliser des boîtes quantiques capables d'émettre de la lumière de façon particulièrement efficace. Ces structures sont très prometteuses pour la réalisation de source de photons uniques, pour la mécanique quantique expérimentale et pour des applications comme la cryptographie quantique et la métrologie.
- Les mécanismes de contrôle de la morphologie de grains (sphères, tores, coquilles)



Image d'une hélice à base de nanofils de silicium.

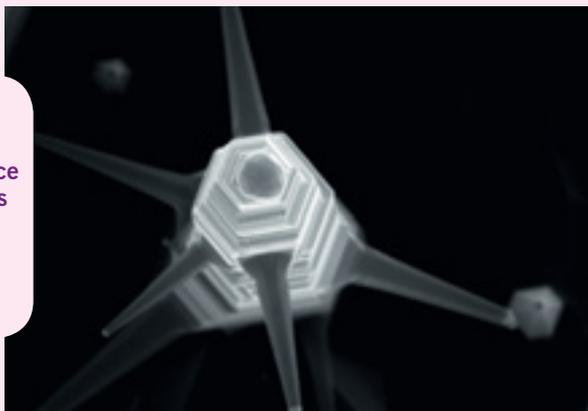




Image de nanomatériaux obtenue grâce au microscope électronique à balayage.

ainsi que l'arrangement interne des nanoparticules dans les grains ont été étudiés grâce au rayonnement synchrotron. La connaissance de ces mécanismes doit permettre de maîtriser la préparation de nouveaux matériaux, par exemple pour l'innovation dans les procédés industriels de fabrication des produits manufacturés sous forme de poudres.

## SCIENCES DES MATÉRIAUX

### DU NANO AU MACRO

#### >> Composants électroniques

Des chercheurs de l'Inac ont obtenu plusieurs résultats relatifs aux propriétés électroniques de composants innovants :

- Un monocristal ultrafin de rubrène (une grosse molécule comportant plusieurs cycles aromatiques, proche du naphthalène) a été obtenu et ses propriétés de transport électronique caractérisées. Les très bonnes performances d'un tel transistor organique pourraient être encore améliorées en maîtrisant mieux la propreté des interfaces dans le procédé de fabrication.
- La possibilité de piloter les propriétés magnétiques intrinsèques de couches ferromagnétiques ultrafines par le champ

électrique d'un électrolyte a été démontrée. Cette possibilité permet d'envisager des dispositifs actifs de contrôle ou de commutation à faible consommation électrique.

- Le laboratoire Spintec met au point des mémoires magnétiques MRAM utilisant un mode d'écriture original qui associe l'application d'un champ magnétique avec le chauffage de chaque point mémoire. Le point mémoire est constitué d'un matériau multicouche, contenant notamment une couche magnétique dont l'aimantation peut être modifiée pour l'écriture, mais qui est figée si le point mémoire est en dessous d'une température dite « de blocage ». En utilisant cet effet lors du chauffage puis du refroidissement du point mémoire, il est possible d'accéder aux valeurs absolues de la conductivité thermique et de la capacité calorifique des matériaux multicouches qui constituent le point mémoire, paramètres essentiels dans la maîtrise des matériaux mis en œuvre dans les MRAM.

### IMAGERIE & TECHNOLOGIES BIOMÉDICALES

#### >> La RMN dix fois plus sensible

Appliquée à l'imagerie médicale, la résonance magnétique nucléaire (RMN) permet d'obtenir des images en deux ou trois dimensions d'une partie du corps humain. Si elle permet d'accéder à une très riche information physico-chimique



L'IRM permet aujourd'hui de cartographier les « autoroutes de l'information » du cerveau.

au cœur même de la matière, la RMN reste cependant une technique peu sensible, ce qui rend son emploi très difficile sur de petites quantités de matière solide ou hétérogène. Un groupe de chercheurs de l'Iramis a repoussé cette limite grâce à l'utilisation de détecteurs mobiles miniaturisés permettant d'obtenir un signal RMN à haute résolution avec un gain de sensibilité de 10 pour des volumes d'échantillon de quelques centaines de nanolitres.

## BIOLOGIE & SYSTÈMES COMPLEXES

### >> Hélice ARN à un brin : prédiction théorique confirmée par l'expérience

En collaboration avec l'Université d'Arizona, des théoriciens de l'Inac ont déterminé quantitativement des grandeurs structurales et thermodynamiques de molécules d'ARN permettant de mieux en décrire la structure et les propriétés. En 2004, leur calcul théorique prédisait que des mesures de traction d'un simple brin d'ADN ou d'ARN permettraient de mettre en évidence et de confirmer l'existence de structures en hélices dans les monobrins. Une expérience a été réalisée par les chercheurs de l'Université d'Arizona sur différents ARN de synthèse : elle valide la prédiction et permet d'accéder à la mesure de la flexibilité de la molécule, à la distance entre les bases qui la composent ainsi qu'à leur énergie d'interaction, en fonction de leur nature (adénosine, cytosine...).



Étude de l'effet magnéto-dynamique sur l'installation VKS.



### >> La dynamique du champ magnétique terrestre reproduite en laboratoire

La Terre a subi au cours des âges géologiques plusieurs renversements erratiques de son champ magnétique. Celui du soleil se renverse quant à lui périodiquement selon son cycle d'activité de 22 ans. Ces dynamiques magnétiques, encore assez mystérieuses, jouent un rôle dans l'exposition de notre planète aux rayons cosmiques. Pour la première fois, des renversements d'un champ magnétique similaires à ceux de la Terre ont été observés en laboratoire, dans un écoulement très turbulent de sodium liquide grâce à une expérience développée à Cadarache.



Préparation d'échantillons pour l'analyse structurale de molécules organiques et inorganiques par RMN.



Les chercheurs travaillent sur la problématique du refroidissement des détecteurs embarqués sur les satellites.

## CRYOTECHNOLOGIES

**LES TRÈS BASSES TEMPÉRATURES  
NÉCESSAIRES POUR DE NOMBREUX  
GRANDS PROJETS DU CEA**

Les équipes de l'Inac ont acquis une expertise mondiale dans les techniques cryogéniques (températures de l'azote et de l'hélium liquides) nécessaires, entre autres, pour les accélérateurs de particules, les expériences de fusion et l'imagerie médicale à hauts champs. Elles mettent en œuvre ces techniques pour obtenir des champs magnétiques intenses et des vides poussés, pour améliorer la sensibilité de détecteurs spatiaux ou pour fournir les glaçons d'hydrogène, de deutérium ou de tritium nécessaires dans les réacteurs de fusion.

### >> L'ESA choisit les cryotechnologies du CEA

L'Inac a remporté trois appels d'offres de l'Agence spatiale européenne (ESA). Le premier vise à l'utilisation des gaz de l'atmosphère de Mars comme source d'énergie pour le déplacement autonome des expériences au sol. Le second, remporté en consortium avec Air Liquide, concerne la réalisation de nouveaux cryo-réfrigérateurs de type « pulse tube » fonctionnant à 20 K ou moins. Enfin, l'ESA a sélectionné les pulse tubes, cryogénérateurs conçus à l'Inac, comme solution nominale pour refroidir les photodétecteurs infrarouge qui équiperont les imageurs du futur satellite Météosat de troisième génération (MTG), en 2015.

## IMAGERIE FONCTIONNELLE ET MÉDECINE NUCLÉAIRE

L'imagerie biomédicale permet de visualiser des processus biologiques au sein même des organismes vivants. Elle constitue une méthode unique pour la mise au point d'outils de diagnostic et de traitement des pathologies, en particulier neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson, Huntington...), cancéreuses ou psychiatriques.

Les recherches dans le domaine de l'imagerie médicale portent sur le développement de nouveaux outils et de nouvelles méthodes afin d'accéder à des informations essentielles sur les organes en fonctionnement. 2007 a été marquée par la mise en service de NeuroSpin, sur le centre CEA de Saclay. Inaugurée en fin d'année 2006, cette installation d'imagerie par résonance magnétique (IRM) en champs intense a pour objectifs de permettre une meilleure connaissance du cerveau humain, son développement, son fonctionnement et ses pathologies. NeuroSpin a d'ores et déjà permis d'acquérir, pour la première fois en France, les images de cerveau humain avec un système IRM de 7 teslas.

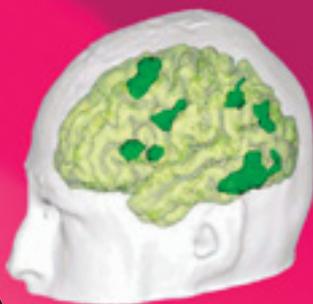
NeuroSpin fait partie du réseau européen Eatris, nouvelle infrastructure européenne dédiée à la recherche translationnelle. En 2007, la Direction des sciences du vivant



**IRM 7 teslas  
dédiée aux études  
pré-cliniques  
et cliniques  
à NeuroSpin.**

# FOCUS SUR...

Sous-ensemble de régions cérébrales impliqués lors du processus de lecture.

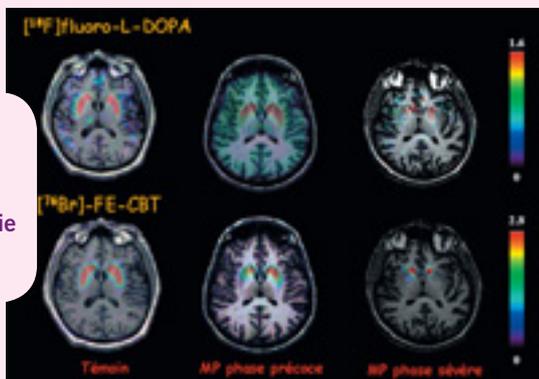


## LA LECTURE, UNE HISTOIRE DE CULTURE

Dans le domaine de l'imagerie fonctionnelle du cerveau en sciences cognitives, une équipe de chercheurs du laboratoire de neuroimagerie cognitive (unité mixte CEA-Inserm 562) de NeuroSpin (I<sup>2</sup>BM) collabore avec l'AP-HP et l'université Paris VI. Ensemble, ils ont montré, grâce à l'IRM, que lorsque nous apprenons à lire, le cortex visuel de l'hémisphère gauche « apprend » les régularités statistiques dans la combinaison des lettres. Ces régularités sont tout à fait spécifiques à l'écriture et à la langue considérée. C'est une empreinte cérébrale précise de cet acquis culturel qu'est la lecture.



Images TEP dans la maladie de Parkinson.



## MALADIE D'ALZHEIMER : PLUSIEURS AVANCÉES

Concernant la maladie d'Alzheimer, plusieurs avancées dans la recherche ont été publiées en 2007. Ainsi, grâce à la RMN (résonance magnétique nucléaire), les chercheurs sont parvenus à identifier la structure 3D d'une protéine impliquée dans cette maladie. Cette observation a des implications importantes dans la compréhension de la transition de la forme physiologique et soluble de la protéine vers sa forme pathologique, entraînant la formation de plaques amyloïdes. D'autres équipes ont mis au point une méthode de quantification *in vivo*, par IRM, des lésions de la maladie d'Alzheimer. Des travaux, réalisés chez le rongeur, montrent comment il sera possible de détecter ces lésions par IRM, y compris chez l'homme, et de suivre en temps réel l'efficacité de nouveaux traitements dont le but est de prévenir l'apparition des plaques amyloïdes.

a complété son réseau de plates-formes dédiées à l'imagerie biomédicale en Île-de-France avec la construction de l'installation MIRCen sur le centre de Fontenay-aux-Roses. Cette nouvelle plate-forme d'imagerie pré-clinique a pour mission l'étude des pathologies neurodégénératives, cardiaques, hépatiques et infectieuses. Développée avec l'Inserm, elle sera mise en service au cours du deuxième semestre 2008.

## SPÉCIALISATION HÉMISPHERIQUE MOINDRE POUR LE LANGAGE CHEZ DES PATIENTS ATTEINTS DE SCHIZOPHRÉNIE

Une équipe mixte CEA-CNRS du centre d'imagerie neurosciences et d'applications aux pathologies (I<sup>2</sup>BM), en collaboration avec les universités de Caen et Paris V, et le CHU de Caen, vient de montrer la persistance dans le temps d'une modification de la latéralisation hémisphérique pour le langage chez des patients droitiers atteints de schizophrénie. Ces résultats, obtenus grâce à l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), pourraient avoir un impact important dans le maniement d'une nouvelle thérapie : la stimulation magnétique transcrânienne répétitive (rTMS). Cette technique est préconisée dans le traitement des hallucinations auditives des patients schizophrènes. *Biol Psychiatry (2007) 57(9) :1020-1028.*

## LUTTE CONTRE LE STRESS OXYDANT

Des résultats obtenus par l'IRTSV permettent de mieux comprendre par quels mécanismes la cellule peut lutter très efficacement contre les espèces toxiques dérivées de l'oxygène. (Science 2007) 316, 449 ; Journal of Biological Chemistry (2007) 282, 22207-22216.



Étude de la réaction des protéines aux oxydants.

## MISE EN ÉVIDENCE *IN VIVO* D'UN MÉCANISME DE PHOTO-PROTECTION DES PLANTES

Comment les plantes se protègent-elles d'un excès de lumière ? Pour l'Institut de biologie et technologies-Saclay, la découverte des mécanismes moléculaires permettant cette protection pourrait déboucher sur des applications en agronomie mais aussi pour le développement de nouvelles technologies utilisant l'énergie solaire, ainsi que pour la recherche en opto-électronique.



RECHERCHE FONDAMENTALE

## MARQUAGE BIOMOLÉCULAIRE, INGÉNIERIE ET STRUCTURE DES BIOMOLÉCULES

Les recherches dans ce domaine visent à élucider les structures des macromolécules biologiques, telles que les protéines, et à comprendre leur fonctionnement afin de pouvoir les manipuler et les modifier pour des applications biomédicales ou biotechnologiques.

Les marquages de molécules restent une spécialité des équipes de la Direction des sciences du vivant du CEA, appliqués aujourd'hui aux nano-objets. De nouvelles méthodes biophysiques innovantes permettent également d'affiner notre connaissance des macromolécules, en particulier dans leur dynamique de repliement et/ou de changement de configuration.

## BACTÉRIES PATHOGÈNES : DE NOUVELLES CIBLES POUR LE DÉVELOPPEMENT D'ANTIBIOTIQUES

Deux équipes du CEA de Grenoble, du Laboratoire de biochimie et biophysique des systèmes intégrés (IRTSV) et du Laboratoire des protéines membranaires (IBS), ont découvert le mécanisme qui contrôle l'assemblage de la machinerie d'injection des toxines des bactéries pathogènes. Ces résultats vont permettre d'identifier et de caractériser une nouvelle cible pour un développement de nouveaux antibiotiques dirigés contre les facteurs de pathogénicité.



Robot de cristallisation pour l'étude des protéines.

# FOCUS SUR...

Étude protéomique par immunoanalyse  
des protéines à l'aide de biopuces.



## LA CRÉATION DE L'INSTITUT GÉNOMIQUE

Depuis le 1<sup>er</sup> mai 2007, le Genoscope et le CNG ont intégré le CEA au travers de la création de l'Institut de génomique. Le rattachement de ces deux grands centres nationaux à un organisme de recherche comme le CEA permettra de développer de nouvelles synergies dans le sens d'un développement technologique accru. Objectif : placer la France dans le peloton de tête de la compétition internationale dans le domaine de la post-génomique, ce qui nécessite de faire appel à des développements bioinformatiques et technologiques spécifiques.

## TECHNOLOGIES POUR LA SANTÉ – DIAGNOSTIC

Les recherches du CEA dans le domaine des maladies neurodégénératives en général, et de la maladie d'Alzheimer en particulier, visent à comprendre les mécanismes moléculaires de ces maladies, à mettre au point des outils pour le diagnostic et le suivi thérapeutique, à concevoir, tester et valider des stratégies thérapeutiques innovantes mais également à développer les moyens logiciels et technologiques permettant le suivi de la personne âgée. Le CEA dispose

d'infrastructures et de savoir-faire : modèles animaux, plates-formes d'imagerie, Institut de génomique, Institut de biologie structurale, moyens logiciels et compétences en micro-technologies... L'ensemble des méthodologies et nouvelles stratégies sont développées en vue de leur transfert pour des applications cliniques.

## GÉNOMIQUE

Les recherches en génomique s'appuient sur deux plates-formes nationales : le Genoscope et le Centre national de génotypage (CNG). Ces plates-formes nationales ont pour mission de produire des données au service de la communauté scientifique et de développer leurs propres programmes de recherche. Ceux-ci concernent notamment la recherche de capacités microbiennes d'intérêt industriel pour la chimie et l'environnement et la recherche d'interactions entre gènes et environnement dans le cadre du développement de cancers ou de maladies neurodégénératives afin d'évoluer vers une médecine personnalisée.



Recherches  
en génomique  
environnementale  
au Genoscope.





Le CEA est un acteur incontournable pour toutes les nouvelles technologies, de la micro à la nano-électronique, des biotechnologies, des systèmes embarqués et interactifs, des technologies logicielles, des capteurs et du traitement du signal. Au-delà des compétences internes et des infrastructures de recherche, la participation à des alliances internationales contribue à sa compétitivité.

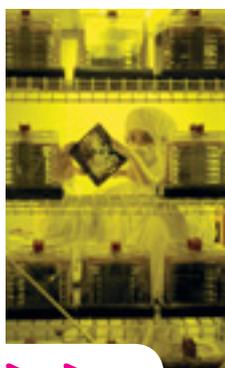
Afin d'être en amont et apporter de réelles innovations, le CEA s'appuie sur son pôle de recherche fondamentale : Direction des sciences de la matière et Direction des sciences du vivant.

# FOCUS SUR...

Des puces électroniques intégrées dans un tissage.

## DIABOLO, UN FIL TISSÉ DE PUCES

Il est désormais possible d'insérer des puces électroniques de tous types (RFID, circuit intégré silicium...) dans un tissage grâce à la technologie Diabolo. Les textiles deviennent ainsi « intelligents » et peuvent être utilisés dans l'habillement, la maroquinerie, le bâtiment et la construction, les composites, etc.



Observation d'un masque pour la lithographie optique.

## INNOVER ET TRANSFÉRER À L'INDUSTRIE

L'Institut Leti, laboratoire de la Direction de la recherche technologique du CEA, joue un rôle de passerelle entre la recherche amont et l'industrie, en intégrant les résultats issus des meilleurs laboratoires académiques pour les rendre « livrables » et disponibles à de multiples secteurs applicatifs : télécommunications, santé, électronique grand public, sécurité et défense, transports, sports et loisirs, bâtiment, environnement...

### LES MICRO ET NANOTECHNOLOGIES, CŒUR DE L'ACTIVITÉ

Grâce aux procédés collectifs de la microélectronique et à la réduction régulière de la taille des composants, les recherches menées à l'Institut Leti permettent de proposer des fonctions toujours plus complexes à des coûts toujours plus bas. Elles contribuent ainsi à améliorer les produits existants, à en créer de nouveaux, et s'ouvrent aujourd'hui à des secteurs traditionnels comme le papier ou le textile. L'institut collabore à la fois avec des laboratoires amont, pour bénéficier des dernières avancées fondamentales, et avec les industriels à qui il propose des fonctions et des systèmes complets adaptés à leur métier.

Les personnels de l'Institut ont acquis une forte culture métier dans les secteurs d'activité avec lesquels ils collaborent. Ils cherchent eux-mêmes à mieux faire comprendre les usages possibles des technologies à leur disposition, par exemple dans le cadre du show-room « objets communicants », visité par de nombreux industriels.

### UNE SOLIDE POLITIQUE DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'Institut Leti gère un portefeuille de plus de 1 400 brevets et en a déposé 200 nouveaux en

2007, afin d'assurer à ses partenaires industriels une protection efficace des développements réalisés et une large liberté d'exploitation. Dans le cadre des collaborations avec l'industrie, les modalités de propriété et d'exploitation des futurs brevets sont définies par contrat avant le démarrage des travaux.

## L'INSTITUT LETI AU CŒUR DES ENJEUX DE LA RECHERCHE TECHNOLOGIQUE EN EUROPE

**En amont d'industriels confrontés à la mondialisation, les instituts de recherche technologique se doivent d'être compétitifs au plan international. En 2007, l'Institut Leti s'est fortement engagé dans de nouvelles alliances, pour renforcer sa capacité d'innovation et de transfert à l'industrie, tant dans le domaine des développements technologiques que pour son activité intégrative au plus près des applications.**

### UNE COOPÉRATION ÉLARGIE EN TECHNOLOGIES CMOS

L'année 2007 a marqué la dernière année du partenariat industriel de l'Alliance Crolles 2, entre ST Microelectronics, NXP et Freescale. Cette coopération de quatre ans a parfaitement tenu sa feuille de route, permettant le déploiement industriel à Crolles de filières CMOS 65 et 45 nm. L'Institut a largement contribué à ces réussites et 2007 a permis d'établir plusieurs résultats de premier rang mondial.

Face aux défis identifiés pour le développement des futures générations CMOS, les besoins de

## LES NANOCOMPOSANTS SORTENT DU LABORATOIRE

Les NEMS sortent du laboratoire avec la réalisation de premières tranches 200 mm comportant plus de 2,5 millions de composants, à l'aide de procédés et outils de la microélectronique. Un succès obtenu dans le cadre de la collaboration engagée avec Caltech.



Carte électronique pour le pilotage des imageurs infrarouge.

## DES IMAGEURS INFRAROUGE TOUJOURS PLUS SENSIBLES

Les premières photodiodes à avalanche en HgCdTe ont été réalisées, avec des rendements technologiques excellents qui garantissent le devenir industriel de la filière. Leurs performances en amplification et en rapport signal/bruit ouvrent la voie au développement d'imageurs infrarouge à très haute sensibilité.

R&D s'amplifient et requièrent un partage élargi. Ainsi, Freescale puis ST Microelectronics ont décidé de rejoindre l'Alliance proposée par IBM regroupant une dizaine d'acteurs de premier plan mondial. Dans ce nouveau contexte, l'Institut Leti travaille en amont et en coopération avec cet ensemble élargi d'industriels.

## LES FONCTIONS INTÉGRÉES SUR SILICIUM, UNE PRIORITÉ POUR L'EUROPE

Depuis quelques années, la maîtrise des technologies dites « dérivées » (mémoires, fonctions radiofréquence, imageurs et optique, intégration 3D...), permettant de réaliser des fonctions complexes sur la puce en les combinant avec la puissance du CMOS, est devenue un enjeu stratégique.

Les réflexions industrielles ont identifié cet axe dit « More Than Moore » comme prioritaire, pour signifier que le potentiel du silicium s'exprimait aussi au-delà de la densification prévue par la loi de Moore.

Les marchés concernent le téléphone mobile, l'informatique, les loisirs, l'automobile et de nouveaux marchés comme le bâtiment, la santé ou l'environnement.

L'Institut a, de longue date, investi dans ces technologies. Démarrée en 2006, la ligne 200 mm qui leur est dédiée était pleinement opérationnelle en 2007, avec une forte activité supportant plus de 40 projets et 10 partenariats industriels. Opérée en continu, elle répond aux besoins de R&D et permet d'assurer le besoin de ligne pilote.

## UNE ALLIANCE EUROPÉENNE D'INSTITUTS DE RECHERCHE

En complément des technologies silicium, l'intégration de fonctions hétérogènes pour réaliser des produits de forte complexité est un enjeu technologique majeur. Il requiert de maîtriser un ensemble de savoirs et de moyens qui dépassent la capacité de tout institut de recherche isolé. Reconnaisant ce fait, l'Institut Leti, le CSEM

(Suisse) et les instituts Fraunhofer (Allemagne) ont créé l'**Alliance pour les Technologies Hétérogènes** (HTA). En 2007, le HTA s'est élargi à l'institut finlandais VTT, s'ouvrant ainsi aux pays nordiques, et constitue de fait **le premier institut de recherche technologique européen**, avec 5 000 chercheurs et plus de 3 000 brevets au service de l'industrie.

Dans le domaine médical, **Clinatec** permettra d'expérimenter dans un cadre hospitalier des technologies émergentes pour la santé.

**La plate-forme industries intégratives** de Minatec mettra à la disposition des industries traditionnelles (textile, transport, sport, habitat...), les composants capables de créer de la valeur ajoutée par apport d'intelligence afin de maintenir une activité industrielle forte dans tous les secteurs de l'économie française et européenne. Cette volonté de servir les intérêts de la société se traduit également par la mise en œuvre de compétences en sciences humaines et sociales dans les projets de recherche et développement dans le cadre d'un partenariat avec l'UPMF et l'Université Stendhal de Grenoble.



Microscope à force atomique pour l'imagerie des micro et nanocomposants.

# FOCUS SUR...



Remplissage du réservoir d'un laboratoire sur puce.

## UN ÉCHANTILLON SANGUIN ENTIÈREMENT PRÉPARÉ SUR PUCE

Un microsystème sur puce capable de réaliser la purification d'ADN à partir de 0,26 µl de sang a été réalisé. Il effectue en 16 étapes le protocole commercial de référence, en déplaçant des microgouttes par électro-mouillage. Le diagnostic de la mucoviscidose est une des applications possibles de cette technique.

## ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES ET RESSOURCEMENT, UN LEVIER ESSENTIEL POUR INNOVER ET CRÉER DE LA VALEUR

Attaché à transformer des nouveaux concepts en futurs produits, l'Institut Leti doit se nourrir de fortes compétences scientifiques amont. Il peut ainsi assimiler les dernières avancées des micro et nanotechnologies et intégrer ces innovations dans des composants de domaines applicatifs toujours plus étendus. L'année 2007 a été marquée par le renforcement de ces activités de recherche amont et des partenariats associés.

### UNE RELANCE EN AMONT

Suite à l'attribution du label Carnot, qui reconnaît la qualité de la recherche partenariale à l'Institut Leti, quinze projets sur des sujets en rupture ont été lancés pour préparer de futures valorisations industrielles. Transverses, générateurs de nombreux brevets, ces projets vont jusqu'au démonstrateur technologique et fonctionnel.

Ces actions ont déjà permis deux transferts vers des sociétés du secteur biomédical, dans le domaine de l'imagerie de fluorescence et dans celui de l'enregistrement et de la stimulation de l'activité des neurones.

Deux start-up directement issues de ces projets sont maintenant en incubation.

### DE FORTES COOPÉRATIONS NATIONALES

La relance en amont se fait en étroite coopération avec les équipes universitaires et le CNRS, avec

lesquelles l'Institut Leti réalise une partie de sa recherche.

Le campus d'excellence **Minatec** a renforcé cette dynamique. Une centaine de projets de recherche sont en cours entre différentes équipes académiques et l'Institut.

Le LTM, laboratoire académique hébergé au sein de l'Institut Leti, s'est fortement renforcé. Cent chercheurs se consacrent désormais aux procédés avancés de microélectronique.

La plate-forme de nanocaractérisation, mutualisée au sein de Minatec, continue de repousser les frontières de la caractérisation à l'échelle nanométrique.

Au-delà de Minatec, l'Institut a également renforcé ses collaborations au plan national.

Le réseau des **instituts Carnot** a permis le démarrage de projets transverses, visant le développement commun de nouveaux partenariats industriels.

Des partenariats majeurs ont été mis en place avec le GET, le LAAS, l'IEMN et l'ONERA en télécommunications, et avec l'Institut Pasteur et l'INSERM en biologie et santé.

### CALTECH, UNE RÉFÉRENCE MONDIALE SUR LES NEMS

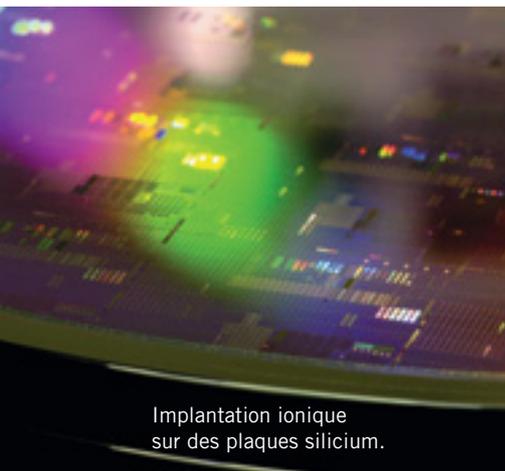
Basé en Californie, Caltech est le laboratoire mondial leader sur les NEMS, avec une approche amont portée par son directeur Michael Roukes. Son objectif était d'intégrer ses concepts dans des filières technologiques stabilisées, pour donner naissance à des nano-systèmes industriels. Il a choisi de le faire avec l'Institut, malgré les 10 000 km qui séparent les deux organismes.

La collaboration a débuté en février 2007. Dès octobre, les premiers NEMS sur wafer 200 mm sortaient des salles blanches de Grenoble.

Les résultats de très bon niveau permettent de poursuivre la mise au point de nanocapteurs de gaz ou de masse. Ces derniers devraient être assez précis pour autoriser la détection de molécules uniques sur des spectromètres de masse. Dès 2009, Caltech et l'Institut initieront ensemble la valorisation de leurs travaux avec des industriels américains et européens.



>>>  
Développement d'un tomographe 3D à fluorescence pour le petit animal.



Implantation ionique sur des plaques silicium.

## VERS UN LIEN OPTIQUE COMPLET SUR SILICIUM

Transmettre de l'information par voie optique sur une puce silicium, c'est possible : l'Institut Leti l'a démontré en intégrant sur un substrat silicium une source laser 1,55  $\mu\text{m}$ , un guide d'onde silicium et une photodiode de détection, avec des technologies qui devraient permettre une fabrication collective bas coût.



Microscope à force atomique pour l'observation et la mesure de reliefs sur plaques 300 mm.

## UNE INFRASTRUCTURE UNIQUE DE RECHERCHE

Les plates-formes 300 mm, MEMS 200 mm et nanocaractérisation dotent l'Institut Leti d'un parc d'équipements de recherche unique en Europe, pour des travaux à caractère amont comme pour la production en présérie de centaines de milliers de composants.

### LA PLATE-FORME 300 MM S'ÉTEND ET S'ÉQUIPE

La salle blanche 300 mm s'est agrandie avec l'ouverture en milieu d'année 2007 de 800 m<sup>2</sup> supplémentaires. Elle s'est équipée d'un nouvel équipement e-beam qui permettra à terme d'atteindre des résolutions de 20 nm avec des débits de plaques multipliés par 20 par rapport au shape beam classique.

### PREMIER TRANSFERT INDUSTRIEL POUR LA PLATE-FORME MEMS 200

Des équipements spécifiques majeurs ont été mis en œuvre en 2007 sur la plate-forme MEMS 200. Leur qualification et celle des procédés associés s'est effectuée en parallèle au démarrage de projets.

Le tout premier transfert technologique a été réalisé en fin d'année pour le compte d'une société de la région Rhône-Alpes. La plate-forme a confirmé par ailleurs sa vocation préindustrielle avec la fabrication de 220 000 capteurs, pour un partenaire désireux d'échantillonner ses produits auprès de futurs utilisateurs.

### PLUSIEURS PREMIÈRES POUR LA PLATE-FORME DE NANOCARACTÉRISATION MINATEC

La plate-forme de nanocaractérisation a continué à intégrer de nouveaux équipements de pointe

et a permis de réaliser plusieurs premières :

- visualisation du chlore dans des lignes de cuivre de 400 nm de largeur ;
- obtention d'une résolution latérale inférieure à 100 nm sur des nanofils de silicium, en microscopie de surface.

La plate-forme a également permis de réaliser la caractérisation électrique de nanofibres de carbone individuelles, et la caractérisation par microspectrométrie Raman de nanofils de silicium.

### LE SHOWROOM STIMULE LA CRÉATIVITÉ

Installé sur 125 m<sup>2</sup>, le showroom « objets communicants » de l'Institut Leti présente une vingtaine de maquettes fonctionnelles sur des sujets comme la capture de mouvement, les étiquettes RFID ou la récupération d'énergie. Il a reçu en dix mois plus de 120 visites d'industriels, de partenaires institutionnels et de laboratoires de recherche.

La présentation concrète et compréhensible de technologies émergentes stimule la créativité des visiteurs et des chercheurs, et a déjà donné naissance à de nouvelles idées. Elle prépare des transferts industriels, puisque les maquettes constituent souvent des avant-prototypes dans lesquels les partenaires peuvent aisément projeter de futures applications.

Cette salle préfigure le showroom de 800 m<sup>2</sup> du futur bâtiment des industries intégratives de Minatec.



Séance de réflexion à Minatec Ideas Laboratory®.

# FOCUS SUR...

La réalité virtuelle, une aide précieuse pour faciliter les opérations de démantèlement.



## UN CHANTIER NUCLÉAIRE VIRTUEL

L'outil logiciel Chavir (Chantier Virtuel) permet de simuler une intervention humaine ou robotisée au sein d'une maquette numérique 3D. Il prend ainsi en compte les spécificités du chantier (géométries complexes, sources radioactives, écrans de radioprotection) ainsi que les informations radiologiques afin de faciliter les opérations d'assainissement, de démantèlement, de maintenance ou de construction. Le CEA et Euriware, filiale d'Areva, ont signé un accord de licence pour développer et commercialiser cet outil logiciel.

## UN RESSOURCEMENT TECHNOLOGIQUE POUR L'INSTITUT LIST

**Au CEA, les recherches dans le domaine des systèmes à dominante logicielle sont menées par l'Institut List (Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies).**

Pour développer une recherche de pointe, l'Institut List a renforcé son ressourcement technologique grâce à la dynamique des instituts Carnot. Il a également construit un partenariat scientifique amont dans le cadre de Digiteo, premier parc de recherche français sur les STIC, réunissant les principaux acteurs de la recherche du Plateau de Saclay. L'excellence de la recherche partenariale de l'Institut et sa capacité à anticiper les besoins des industriels en ont fait un partenaire majeur du pôle mondial System@TIC dédié aux systèmes complexes.

L'Institut participe également à plusieurs autres pôles de compétitivité, notamment Cap Digital, Aerospace Valley, Moveo et Medicen. Dans le prolongement de ces actions, l'Institut List s'implique fortement dans la recherche européenne, notamment par une forte mobilisation dans le 7<sup>e</sup> PCRD et la construction de la plateforme technologique Artemis sur les systèmes embarqués.



Étude de fonctionnalités pour l'industrie automobile, grâce à la réalité virtuelle.

### DIGITEO : MATURATION DE PROJETS INNOVANTS

Digiteo a mis en place l'opération « Organisation mutualisée de la valorisation » pour la maturation technologique, marketing et juridique de quatre projets. Dans ce cadre, le projet SemanticVox, démonstrateur de moteur de recherche vidéo, a permis une avancée importante dans la recherche d'extraits vidéo à partir du texte prononcé, à l'instar des requêtes sur le web.

### DES IMPLANTS RÉTINIENS GRÂCE AU DIAMANT

Le projet DREAMS a pour objectif de développer une micro-interface en diamant pour des implants rétiniens destinés à stimuler les neurones de la rétine et restaurer une bonne qualité de vision à des patients atteints de dégénérescence maculaire. Grâce à sa maîtrise de technologie de capteurs diamant, l'Institut List a développé une électrode synthétique qui permet d'éviter la prolifération de cellules gliales autour de l'implant empêchant son bon fonctionnement. Cette technologie stable et reproductible a fait l'objet d'un dépôt de brevet.

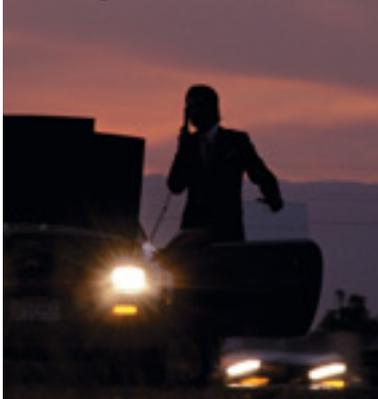
### CAVEAT CHEZ AIRBUS

L'outil Caveat de preuve mathématique des codes informatiques a obtenu sa qualification par la Direction des programmes de l'aviation civile, permettant ainsi à Airbus de s'assurer – sans test – de la sûreté de ses codes les plus critiques (niveau A). L'intégration de Caveat au processus de développement logiciel d'Airbus lui a permis d'améliorer significativement la vitesse de production de code qualifié.

## ROBOTIQUE D'ASSISTANCE

Dans le cadre du projet européen ITEA-ANSO, l'Institut List a développé un système robotique permettant d'assister les personnes handicapées. Un bras manipulateur installé sur une base mobile autonome a mené avec succès la démonstration « Get me a drink » (Va me chercher une boisson) : le robot est capable de se diriger seul dans la maison, de se saisir de la boisson demandée et de la ramener à son utilisateur.

Une technologie embarquée pour diagnostiquer les pannes.



## DIAGNOSTIC EMBARQUÉ POUR LES RÉSEAUX FILAIRES

Les fonctions électroniques d'un véhicule étant réparties sur plusieurs composants, les défauts dans les réseaux de câbles peuvent perturber le système électronique global. Pour diagnostiquer ceux-ci en fonctionnement, l'Institut List a proposé une technologie innovante, s'appuyant sur l'analyse de signaux injectés dans le réseau filaire. Ce système de diagnostic embarqué, purement numérique, permet de localiser les défauts et constitue la seule technique de « test en ligne » à ce jour. Un brevet a été déposé pour protéger cette innovation.

## SYSTÈMES INTERACTIFS

Les recherches portent sur l'interaction Homme-Machine, afin d'améliorer la convivialité des interfaces, d'exploiter l'intelligence ambiante et la multimodalité sensorielle, pour offrir à l'utilisateur un accès de plus en plus intuitif à de nouvelles fonctionnalités. Les programmes de l'Institut List s'organisent autour de 3 axes : réalité virtuelle, ingénierie de la connaissance et robotique.

## LES CAPTEURS ET LE TRAITEMENT DU SIGNAL

Les systèmes intelligents intègrent de façon croissante les capteurs et actionneurs favorisant les interactions avec leur environnement physique. Les recherches de l'Institut sont centrées sur le contrôle industriel, l'instrumentation et la métrologie des rayonnements ionisants, avec de nouvelles perspectives dans le domaine des technologies pour la santé et la sécurité.

## LES SYSTÈMES EMBARQUÉS

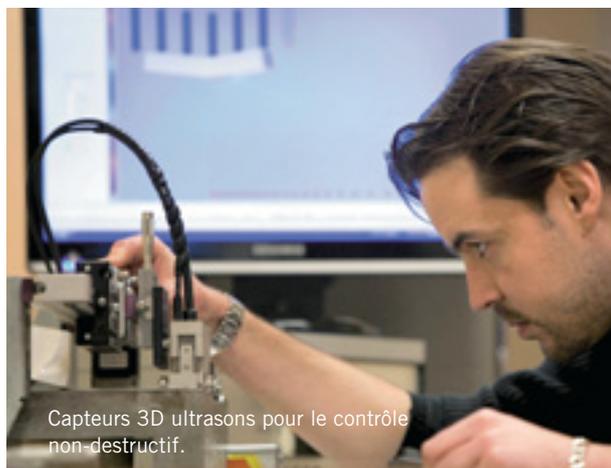
Les recherches de l'Institut dans ce domaine visent au développement des méthodes, outils et architectures nécessaires au développement de systèmes embarqués, en garantissant un haut niveau de fiabilité et de performance (puissance, consommation). Les programmes de l'Institut sont focalisés sur les architectures, les outils logiciels pour la sécurité et la sûreté, et les systèmes de vision.

## 22 MILLIONS D'IMAGES PASSÉES AU CRIBLE EN 6 SECONDES

Dans le cadre du projet Fame2 du pôle de compétitivité System@TIC, le CEA a développé un moteur de recherche d'images par le contenu adapté aux architectures parallèles multiprocesseurs de Bull. Particulièrement performant, il est parvenu à retrouver une image parmi 22 millions en à peine 6 secondes.

## TRANSFERT DE LICENCE DE CAPTEURS ULTRASONS 3D À IMASONIC

Le contrôle non-destructif industriel est souvent limité par les géométries complexes des pièces à examiner. Pour surmonter cette difficulté, de l'Institut List a développé et transféré à la société Imasonic une technologie innovante de capteurs 3D ultrasons conformables. Un transducteur multiéléments flexible, composé d'une matrice de soixante éléments piézoélectriques noyés dans une résine souple, permet de s'adapter aux surfaces les plus variées pour un contrôle optimal.

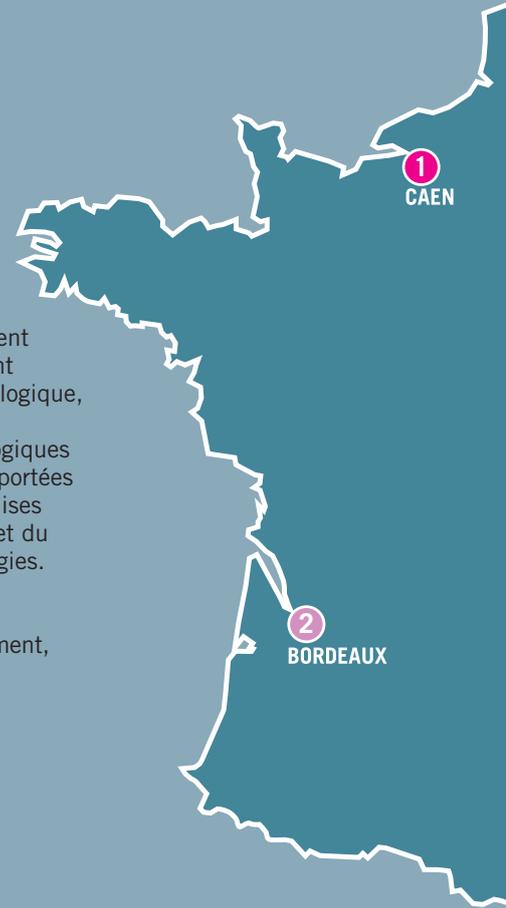


Capteurs 3D ultrasons pour le contrôle non-destructif.

# LES TRÈS GRANDS ÉQUIPEMENTS

La recherche fondamentale, et aujourd'hui la recherche appliquée, requièrent l'accès à de très grands équipements (TGE) d'observation ou d'analyse comme les accélérateurs, les synchrotrons, les sources intenses de neutrons, les tokamaks...

Ces TGE sont construits et exploités dans le cadre de collaborations internationales par de vastes communautés d'utilisateurs qui, souvent elles-mêmes à leur initiative, apportent leurs expertises scientifique et technologique, de la conception à la mise en œuvre. De plus en plus, les ruptures technologiques franchies grâce aux connaissances apportées par la recherche fondamentale sont mises au service de la recherche appliquée et du développement de nouvelles technologies. On distingue les TGE nationaux et internationaux en fonction de l'équipe qui conçoit, réalise et exploite l'instrument, et de l'origine du financement. Dans tous les cas, ces instruments sont destinés à une large communauté scientifique internationale.



## GANIL 1

### PHYSIQUE NUCLÉAIRE

Près de Caen, le Ganil (Grand accélérateur d'ions lourds) est un instrument national, dédié à la physique nucléaire. Le Ganil, Spiral et bientôt Spiral 2, contribuent à l'amélioration des connaissances des noyaux exotiques pour la physique, l'astrophysique nucléaire et l'étude des matériaux sous irradiation, pour le domaine médical et celui de l'énergie.



## FOCUS SUR...

### 1 280 SCIENTIFIQUES À CAEN POUR LE PROJET SPIRAL 2

Du 26 au 30 novembre 2007, plus de 280 scientifiques du monde entier étaient réunis à Caen pour présenter et discuter de l'avancée du projet Spiral 2. Celui-ci, porté par le Ganil,

sera une nouvelle infrastructure de recherche destinée à produire en abondance des noyaux exotiques, noyaux n'existant pas à l'état naturel sur Terre. Fruit de collaborations techniques et scientifiques entre des laboratoires français, européens et internationaux, Spiral 2 doublera le potentiel de recherche du Ganil et le rendra unique au monde.

## ATALANTE 3

### INSTALLATION POUR LE CYCLE DU COMBUSTIBLE

Les objectifs de l'installation nationale Atalante sont de trouver les meilleurs procédés pour recycler uranium et plutonium, matières énergétiques valorisables présentes dans le combustible usé, réduire la radiotoxicité des déchets de haute activité et à vie longue, et les confiner de manière sûre et durable.



## LIL & LMJ 2

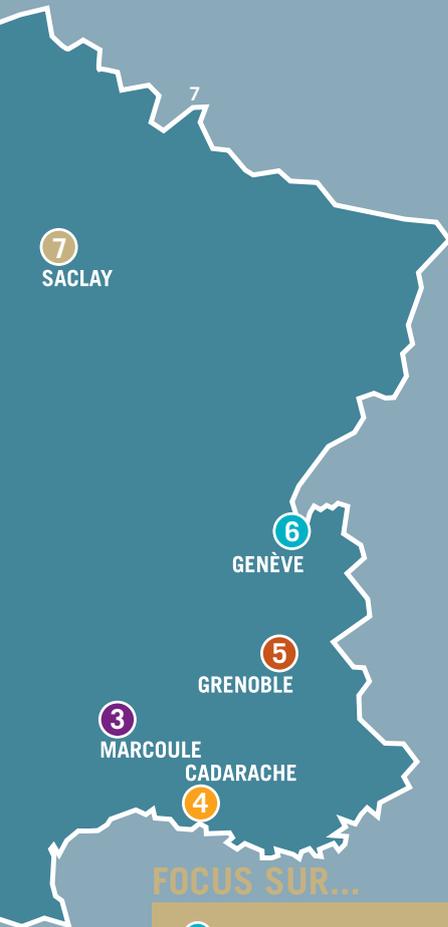
### LASERS

Au CEA Cesta, la Ligne d'intégration laser (LIL) est ouverte à la communauté scientifique internationale pour des études de matériaux sous conditions extrêmes, d'astrophysique et de physique nucléaire. Cette installation nationale est le prototype du futur Laser Mégajoule (LMJ) en construction sur le même site.

## ITER 4

### RÉACTEUR DE RECHERCHE (FUSION)

ITER est un réacteur expérimental de fusion par confinement magnétique. Il vise à montrer la faisabilité scientifique et technologique de la fusion nucléaire contrôlée. Son enjeu est de maîtriser l'énergie de fusion qui produira de l'électricité à échelle industrielle d'ici la fin du siècle.



## FOCUS SUR...

### 6 INAUGURATION DE LA CRYOGÉNIE DU LHC

En juin 2007, le premier secteur du LHC (3,5 km à 1,9 °Kelvin) au Cern a été mis en froid. Le rôle de l'Institut nanosciences et cryogénie (Inac, Direction des sciences de la matière, CEA Grenoble) a été déterminant dans la conception, le développement et la mise en œuvre des équipements cryogéniques du grand accélérateur.

## NEUROSPIN 7

### IMAGERIE

Pour la biologie, NeuroSpin est un centre national de neuro-imagerie cérébrale par résonance magnétique nucléaire (IRM) en champ intense. Il vise à repousser les limites actuelles de l'imagerie cérébrale pour observer le cerveau et ses pathologies.



## LHC 6

### PHYSIQUE DES PARTICULES

Au Cern, le LHC (*Large Hadron Collider*) est le collisionneur proton-proton le plus puissant du monde. Cet instrument international implanté en Suisse représente le pionnier, créé par des physiciens des particules. Leur mission : la découverte du boson de Higgs et l'exploration d'une nouvelle physique telle que la supersymétrie, le nouvel état de la matière ou la violation de CP.



## ESRF 5 & SOLEIL 7

### SYNCHROTRONS

Parmi les synchrotrons de 3<sup>e</sup> génération, source de photons X, deux installations : Soleil & ESRF.

**Soleil**, instrument national à Saint-Aubin, ouvre de nouvelles perspectives pour étudier la matière avec une résolution de l'ordre du milliardième de mètre. Ses applications concernent notamment la physique, la chimie, les sciences de l'environnement, la médecine et la biologie.

**ESRF** est une installation européenne de rayonnement synchrotron. Implanté à Grenoble, il reçoit 18 pays et permet d'étudier une large gamme de matériaux avec des applications en nanosciences, dans les semi-conducteurs et en biologie.



## FOCUS SUR...

### 6 L'AIMANT DU DÉTECTEUR CMS DESCEND DANS SA CAVERNE

Le 28 février 2007 au Cern, le gigantesque aimant supraconducteur de l'expérience *Compact Muon Solenoid* (CMS) est descendu dans sa caverne d'expérimentation à 100 mètres sous terre. Conçue par l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (Irfu, Direction des sciences de la matière, CEA Saclay), CMS a été montée, assemblée et testée dans un hall d'assemblage en surface.

Atlas, une autre des quatre expériences du Cern dans laquelle l'Irfu est impliqué, est assemblée et testée directement dans sa caverne sous terre.



## RJH 4 ORPHÉE LLB 7 OSIRIS 7 & ILL 5

### RÉACTEURS DE RECHERCHE (FISSION) ET SOURCE DE NEUTRONS

Le réacteur Jules Horowitz (RJH) est un outil international de recherche appliquée en cours de construction à Cadarache. Il sera destiné à étudier le comportement des matériaux et des combustibles sous flux, dans les différents environnements physiques et chimiques de tout type de réacteurs. À Saclay, le réacteur de recherche national, Orphée LLB (laboratoire Léon Brillouin), produit des neutrons destinés à l'étude de la matière. Le LLB exploite la grande majorité des lignes de neutrons et les met à disposition de la communauté internationale pour des applications en sciences des matériaux, magnétisme, supra-conductivité... Toujours à Saclay,

le réacteur de recherche national **Osiris** a pour but principal d'irradier sous haut flux de neutrons des éléments combustibles et des matériaux de structures des centrales électronucléaires de puissance, conformément aux exigences des clients tels qu'Areva et EDF. Il est engagé dans de nombreux programmes de recherche dans le domaine de l'électronucléaire et de production de radioisotopes pour le médical et l'industrie pharmaceutique.

**L'Institut Laue-Langevin (ILL)** est un instrument européen. Douze pays européens sont membres de l'ILL. C'est la source de neutrons de référence en Europe pour étudier la structure et la dynamique de la matière. L'ILL est précurseur dans les recherches sur les nouveaux matériaux polymères, magnéto-résistants ou supraconducteurs.

# ÉVALUATION SCIENTIFIQUE DU CEA



Conseil scientifique du CEA.



Des instances  
composées  
essentiellement  
d'experts  
extérieurs  
au CEA.

## DEUX INSTANCES D'ÉVALUATION

Conformément aux meilleures pratiques internationales et aujourd'hui en liaison avec la nouvelle Agence pour l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (AERES), l'ensemble des activités de recherche du CEA est évalué périodiquement par des instances composées d'experts internationaux en quasi-totalité extérieurs au CEA. Élément indispensable des dispositifs de recherche modernes, l'évaluation a pour but de recueillir des avis et des recommandations sur la qualité de la recherche effectuée au CEA, sur sa pertinence et sur son positionnement national et international. Le dispositif comprend deux niveaux : l'examen de la politique scientifique du CEA, confié au Conseil scientifique et au Visiting Committee du CEA, et l'évaluation des unités de recherche par des Conseils scientifiques spécialisés.

**Le Conseil scientifique du CEA**, présidé par le Haut Commissaire à l'énergie atomique, s'est réuni le 19 octobre 2007 à Saclay pour évaluer les recherches fondamentales en physique dans le domaine de la matière condensée, depuis l'atome jusqu'aux matériaux, en mettant en relief leur importance dans les grands programmes du CEA. Cette évaluation sera complétée en 2008 par un volet « Chimie » sur le même thème. Le Conseil scientifique a souligné l'excellence scientifique des travaux et a salué les premières mondiales obtenues au cours des quatre dernières années. Il a recommandé au CEA de mieux expliciter sa stratégie en précisant les défis à relever et d'améliorer les échanges entre les équipes de recherche fondamentale et appliquée, notamment dans le domaine des matériaux pour l'énergie en suivant l'exemple de la nanophysique. Il a rappelé l'importance de conserver un bon équilibre entre les travaux expérimentaux et la modélisation/simulation sur les matériaux.

Le **Visiting Committee**, instance constituée de personnalités scientifiques de renommée internationale, incluant plusieurs prix Nobel, examine les orientations de la recherche et les résultats obtenus, et analyse le positionnement du CEA dans le paysage international de la R&D. Il a procédé à l'évaluation du même thème que le Conseil scientifique les 30 et 31 janvier 2008. Une trentaine de **Conseils scientifiques** ou **Comités d'évaluation** des unités du CEA font appel à près de 450 experts internationaux dont un tiers sont étrangers et moins de 3 % issus du CEA. L'ensemble des activités est évalué sur une base quadriennale, 2007 étant la seconde année du cycle 2006-2009.

Dans le champ du nucléaire civil, l'évaluation des six thématiques relatives aux réacteurs à eau légère a progressé de manière significative. Des recommandations ont été émises sur le thème « Combustibles avancés et modélisation ». Les domaines scientifiques « Microélectronique et microtechnologies », « Instrumentation et contrôle non-destructif » et « Technologies pour la biologie et la santé » du pôle Recherche technologique ont bénéficié d'une évaluation en 2007 ; le périmètre des domaines scientifiques de ce pôle a également subi une légère adaptation à l'évolution des activités. Cinq unités du pôle Recherche fondamentale ont été évaluées : « Service de physique de l'état condensé », « Service de physique et de chimie des surfaces et des interfaces », « Département d'astrophysique, de physique des particules, de physique nucléaire et de l'instrumentation associée », « Département de recherche sur la fusion contrôlée » et « Service de physique théorique », première unité mixte (CEA-CNRS) du CEA évaluée par l'AERES. Les unités de la Direction des sciences du vivant, qui furent toutes évaluées en 2005, le seront à nouveau en 2009. Enfin, l'activité « Physique atomique et physique des plasmas » du pôle Défense a été évaluée.

# VALORISATION : CRÉATION DE VALEURS SCIENTIFIQUES ET ÉCONOMIQUES



Morphosense est un instrument de mesure de formes, de lignes et de surfaces dans l'espace.

## LE CEA : LEADER EN VALORISATION

**La dynamique de valorisation s'est accélérée au CEA durant l'année 2007 confirmant ainsi son rôle de leader au niveau des organismes de recherche français.**

La réussite de cette activité de valorisation repose avant tout sur les résultats générés par une recherche d'excellence mais aussi sur des outils et des équipes performantes au service des unités de recherche.

Ces équipes ont d'abord un rôle de conseil afin de choisir la meilleure voie pour valoriser les résultats de recherche : Transfert à un industriel existant ou création d'une start-up, vente de licence en exclusivité ou non-exclusivité, séquençage optimum du dépôt de brevet avec la parution d'une publication sont autant de questions auxquelles le chercheur est confronté régulièrement.

Les chercheurs trouvent auprès de ces équipes les compétences nécessaires pour mettre en œuvre la stratégie choisie, qui s'exerce dans les domaines de la propriété intellectuelle, du marketing et des contrats.

Les dépôts de brevets prioritaires, voie essentielle pour la sécurisation des acquis des programmes de recherche, ont passé pour la première fois la barre des 400 brevets déposés dans l'année (431), en ligne avec l'objectif de 500 brevets déposés en 2009.

Ces brevets ont permis de renforcer les partenariats contractuels avec les industriels, que ce soit dans le cadre de programmes de type consortium ou dans le cadre de relations bilatérales directes. De nombreux contrats ont été signés, qui ont vu les équipes de recherche du CEA et de leurs partenaires tant industriels qu'organismes de recherche et universités travailler ensemble sur des sujets à la pointe de la science et de la technologie.

Ce sont 4 nouvelles sociétés qui ont été créées, dont 2 par essaimage de technologies CEA, durant l'année 2007, et nous avons enregistré un regain très important dans le nombre de projets rentrant en phase d'incubation. Le dispositif d'essaimage a permis d'enregistrer la création de Movea, 100<sup>e</sup> entreprise de technologie créée sur des technologies issues du CEA. Les ingénieurs du CEA à l'origine de cette société ont pu s'appuyer sur les services de CEA-Valorisation, en charge de la prise de parts en capital dans nos start-up pour le bouclage de leur premier tour de financement.

Tous ces projets de recherche ou de création de start-up ont pu bénéficier des différents services offerts par le bureau d'études marketing afin de se positionner au plus juste en fonction des marchés potentiels.

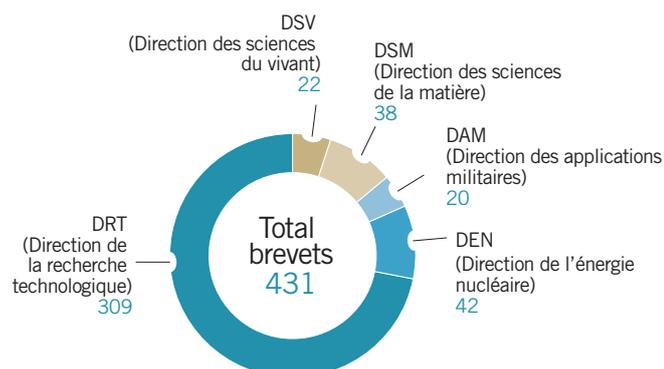
Un effort spécifique de promotion de nos technologies envers les industriels a été mis en place à travers les articles ciblés de *CEA-Technologies*, la relance du réseau d'experts CEA-Technologies-Conseils et la participation au projet « École de l'innovation » de l'ANRT ayant entre autres pour but de faciliter le montage de projets européens pour les PME. Enfin, la mise en commun de certaines de nos bonnes pratiques a commencé dans le cadre de projets de mutualisation avec d'autres organismes de recherche.

[www.cea-technologies.com](http://www.cea-technologies.com)



**Le dispositif d'essaimage a permis d'enregistrer la création de la 100<sup>e</sup> entreprise de technologie créée sur des technologies issues du CEA.**

### >> Répartition des dépôts de brevets au CEA



# VALORISATION : TRANSMISSION DES CONNAISSANCES ET DES SAVOIR-FAIRE



Travaux pratiques en licence professionnelle « Analyse pour les métiers de l'eau » à l'INSTN.



**L'INSTN accompagne les besoins du secteur nucléaire en personnels qualifiés.**

## ENSEIGNEMENT ET FORMATION

Établissement d'enseignement supérieur, l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN) contribue à transmettre les savoirs et savoir-faire du CEA. Pour ce faire, il s'attache à développer simultanément son corps professoral et son offre de formation, et à préserver la valeur ajoutée pédagogique des plates-formes techniques.

### CHERCHEURS-ENSEIGNANTS : DES SAVOIRS VALORISÉS

Durant l'année 2007 s'est déroulée une campagne de nomination de chercheurs-enseignants candidats au titre de professeur ou de maître de conférences. Les enseignants ont été évalués sur leur qualité scientifique et pédagogique ainsi que sur leur engagement et leurs responsabilités dans les enseignements de l'INSTN.

L'évaluation a abouti à 39 nouvelles nominations et 25 renouvellements. Les chercheurs-enseignants sélectionnés seront désignés par arrêté ministériel en 2008.

### FORMATIONS INITIALES NUCLÉAIRES : MONTÉE EN PUISSANCE

L'INSTN accompagne les besoins du secteur nucléaire en personnels qualifiés. Ainsi, un plan d'action a été adopté afin d'accroître le nombre

d'ingénieurs civils se spécialisant en génie atomique : de 50 en 2006, les effectifs ont été portés à 65 en 2007 et avoisineront la centaine en 2009. En outre, un master « *Nuclear Engineering* », proposé cette année à l'habilitation conjointe avec l'université Paris-Sud XI, contribuera dès 2008 à former des spécialistes de la physique des réacteurs. Par ailleurs, une première session de l'« *International School in Nuclear Engineering* », présentant l'état de l'art de la recherche nucléaire, a rassemblé plus de 60 étudiants, doctorants et ingénieurs-chercheurs. Le diplôme de qualification en physique radiologique et médicale a quant à lui vu ses effectifs croître de 40 à 50 étudiants dès septembre 2007. Cette mesure répond à la volonté des pouvoirs publics de « doubler en cinq ans le nombre de radiophysiciens » en France.

### FORMATION CONTINUE : UNE ANNÉE INTENSIVE

En 2007, l'INSTN a organisé 640 sessions réunissant plus de 7 500 participants. Près de 37 000 hommes x jours de formation ont ainsi été réalisés, dont 46 % en « exploitation des installations nucléaires et radioprotection », 28 % en « sciences et techniques nucléaires » et 14 % en « maîtrise des risques ».

43 % de l'activité a été consacré au CEA, 27 % aux grands comptes (Areva NC, EDF, ASN, IRSN, CNRS) et 30 % à des PME nucléaires.

### PLATES-FORMES PÉDAGOGIQUES : DE NOUVEAUX ENVIRONNEMENTS

Entré en service en 1961, le réacteur Ulysse (INB 18) est en phase de cessation définitive d'exploitation depuis février 2007. En mars, a débuté le transfert des enseignements pratiques vers le réacteur Isis exploité par la Direction de l'énergie nucléaire.

L'accélérateur Van de Graaff a intégré, en octobre 2007, la plate-forme Jannus dédiée à l'étude des matériaux sous irradiation par faisceaux d'ions. Les activités de formation reprendront dès la mise en route de l'accélérateur mi-2008.

Site : [www-instn.cea.fr](http://www-instn.cea.fr)



**TP sur l'accélérateur Van de Graff dans une session de Master à l'INSTN.**

# PRIX ET DISTINCTIONS

## PRIX

### • 9<sup>e</sup> concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes : six projets de chercheurs du CEA primés

Le CEA valorise ses technologies innovantes, notamment au travers de la création d'entreprises. Dans ce cadre, six de ses projets figurent au palmarès du 9<sup>e</sup> concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes organisé par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Cinq sont primés dans la catégorie création-développement :

- la société MicroOled, dirigée par Éric Marcellin-Dibon, associé à Gunther Haas et Christophe Prat de l'Institut LETI ;
- la société Movea, dirigée par Sam Guillaume, associé à Yanis Caritu et Bruno Flament de l'Institut LETI, et Marc Attia ;
- le projet d'entreprise Xedis TS, à partir d'une technologie conçue par Jean-Claude Sabattier du CEA DAM – Île-de-France ;
- la société Kwele dirigée par Rysvan Maleck-Rassoul du centre CEA DAM au Cesta ;
- le projet Nereus de Mathieu Deleignies du centre CEA DAM – Île-de-France.

En catégorie émergence, le projet Fluoptics piloté par Odile Allard de l'Institut LETI a également été primé.

• **Gaëlle Andreatta** (SPEC/IRAMIS/DSM) a été sélectionnée pour une bourse nationale L'Oréal-Unesco pour son travail de thèse sur le confinement de nanoparticules dans des films. Il s'agit d'une bourse décernée à dix étudiantes en deuxième année de thèse en France pour qu'elles puissent promouvoir pendant leur dernière année de thèse leur projet professionnel. C'est la première année que l'Unesco et l'Oréal créent cette bourse.

• **Giulio Biroli** (IPHT/DSM) a reçu le « *Young Scientist Award* », décerné par l'IUPAP (*International Union of Pure and Applied Physics*), pour ses travaux sur les systèmes vitreux. Il reçoit ce prix conjointement avec Tomohiro Sasamoto (Chiba University, Japon).

• **Jean Cadet** (INAC/DSM), spécialiste de chimie à l'interface avec la biologie en particulier dans la compréhension des lésions et de la réparation de l'ADN (SCIB/LAN), a reçu en juin 2007 le prix Charles Dhéré (prix biennal pour des travaux de chimie-biologie) de l'Académie des sciences ainsi que la médaille Berthelot que l'Académie décerne chaque année au lauréat de l'un des prix de chimie.

• **Gabriel Chardin** (SPP/IRFU/DSM) a reçu la médaille d'argent du CNRS. Les travaux de ce chercheur et directeur du CSNSM (à Orsay) portent ou ont porté sur la recherche de la matière cachée de l'univers, sur l'antimatière et sur la stabilité de la matière.

• **Stanislas Dehaene** (NeuroSpin, CEA Saclay) vient de recevoir un prix pour mener à bien ses travaux sur la magnéto-encéphalographie par la fondation Bettencourt-Schueller.

• **Bernard Dieny** (INAC/DSM) a reçu le Prix européen de la recherche pour le projet Tamram (mémoire vive magnétique thermo-assistée – *Thermally Assisted Magnetic Random Access Memories*) présenté par le DRFMC, l'Institut LETI, la société allemande SINGULUS et le laboratoire portugais INESC. Tamram a été salué pour son apport de

solutions innovantes aux limitations antérieures des mémoires magnétiques non volatiles MRAM, améliorant grandement la sélectivité à l'écriture, l'immunité aux perturbations et présentant une bonne modularité en termes de consommation électrique.

• **Philippe Dillmann** (Laboratoire Pierre Sûe/IRAMIS/DSM) a reçu le prix Uguine René Castro, attribué par la SF2M, pour ses travaux sur le comportement des matériaux ferreux à très long terme, ceci dans les contextes de l'entreposage et du stockage des déchets nucléaires. Ce prix est décerné tous les deux ans à une personnalité française ou étrangère, dont les travaux ont fait progresser l'état des connaissances sur le comportement à long terme des matériaux, dans des environnements particuliers.

• Le prix européen Descartes récompense **l'équipe de l'Observatoire HESS** (IN2P3 et INSU du CNRS et IRFU du CEA) pour ses avancées en astronomie gamma de très haute énergie.

• **L'équipe VKS** (IRAMIS/DSM) a reçu le Prix des ingénieurs de l'année de l'Usine Nouvelle.

• **Alain Favier** (INAC/DSM) a reçu le Prix de la recherche Ajinomoto qui récompense, chaque année depuis 1991, l'œuvre d'un chercheur ou d'un médecin dans le domaine de la nutrition.

• **Benoît Fleury** (INAC/DSM) a reçu le « *Top 10 Award* » pour son poster au 11<sup>e</sup> congrès ISEC (*11<sup>th</sup> International Symposium on Electroanalytical Chemistry*, Changchun, 16-19 août 2007). Son travail, qui porte sur les mémoires moléculaires, est effectué en collaboration avec le SPrAM, dans le cadre du projet ANR « MEMO ».

• **Maïté Hanot** (IRAMIS/DSM) a reçu le prix Joseph Maisin-Jeune Chercheur lors du 8<sup>e</sup> Colloque international de radiobiologie fondamentale et appliquée (17-21 septembre 2007 à La Londe-les-Maures). Ce prix récompense ses travaux de recherche sur la réponse cellulaire suite à irradiation en mode ion par ion, thématique développée autour du nouveau dispositif d'irradiation installé sur la microsonde nucléaire.

• **L'Institut LITEN labellisé Carnot**. Le Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux (LITEN) de la Direction de la recherche technologique du CEA, à Grenoble, vient d'obtenir le label Carnot délivré par le ministère délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche.

• **L'Institut LETI reçoit le prix spécial « unité de recherche » des trophées INPI de l'innovation 2006**. Laurent Malier, Directeur de l'Institut LETI et Clothilde Turleque, chef du service accords et propriété intellectuelle ont reçu le prix spécial « unité de recherche » de la 9<sup>e</sup> édition des trophées INPI de l'innovation 2006.

Ce prix récompense la politique d'innovation de l'Institut LETI en matière de dépôts de brevet, partenariats industriels, dynamique de création de start-up et transferts de technologies. Il récompense également sa capacité à valoriser ses recherches et développement grâce à la propriété industrielle.

• **L'Institut LIST** a reçu le Prix de l'innovation des premiers trophées de la défense civile pour le projet européen Euritrack, récompensant une innovation technologique destinée à renforcer la sécurité et la protection des populations face à un risque ou à une menace majeure. Euritrack est un outil innovant d'inspection neutronique de conteneurs maritimes au service des autorités douanières dans leur lutte contre le trafic illicite.

# PRIX ET DISTINCTIONS

- **Ivan Kostov** (IPhT/DSM) a reçu le prix Servant de l'Académie des sciences. Ses travaux ont porté sur les théories de jauge à grand N (nombre des couleurs), les théories de cordes et de surfaces aléatoires, de la gravité quantique en basse dimension et des modèles de matrices. Une partie de ces travaux sont faits en collaboration avec **Volodya Kazakov**, avec qui il partage ce prix.
- **Guillaume Lambert** (IRAMIS/DSM) a reçu le prix Jeune Scientifique de la revue NIM, lors de la conférence internationale Free Electron Laser (FEL) Frontiers 07. Ce prix lui est attribué pour l'expérience d'injection de l'harmonique 5 produite dans les gaz, à 160 nm, sur le laser à électrons libres (LEL) du prototype Accélérateur SCSS au Japon (RIKEN, SPring-8).
- **Le LSCE mis à l'honneur par le prix Nobel de la paix.** Le prix Nobel de la paix a été attribué conjointement à l'ancien vice-président américain Al Gore et au Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Neuf chercheurs et professeurs du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) de Saclay ont contribué, comme auteurs principaux, à la rédaction du dernier rapport du GIEC. L'ensemble des ingénieurs et chercheurs du LSCE a participé à la construction du modèle de climat de l'Institut Pierre-Simon Laplace.
- **Natalie Malikova** (IRAMIS/DSM) a reçu le prix La Recherche 2007, mention Énergie, pour ses travaux sur la modélisation moléculaire pour l'industrie nucléaire du futur.
- **Hakima Mendil-Jakani**, ancienne doctorante au laboratoire Léon Brillouin (IRAMIS/DSM) a reçu le 6 décembre 2007 le prix Irène Joliot-Curie « Jeune femme scientifique 2007 ». Le prix Irène Joliot-Curie est destiné à promouvoir la place des femmes dans la recherche et la technologie en France.
- Le projet de sonochimie du **professeur Helmut Möhwald**, proposé par l'Institut de chimie séparative de Marcoule, a reçu le prix Gay-Lussac, décerné par le ministère de la Recherche. Cette distinction récompense les scientifiques allemands, de renommée internationale, ayant contribué à renforcer la coopération scientifique avec la France.
- **Cécile Monthus** (IPhT/DSM) a reçu le prix Gustave Ribaud de l'Académie des sciences pour ses travaux en physique statistique des systèmes désordonnés, classiques ou quantiques. Elle s'est intéressée notamment aux diffusions anormales en milieu aléatoire, à la dynamique hors équilibre des modèles de pièges, aux transitions de phases de polymères biologiques comme la dénaturation de l'ADN ou la transition de gel de l'ARN, aux transitions de localisation/délocalisation et aux points critiques des chaînes de spins quantiques désordonnées.
- Le ministre de la Défense, Hervé Morin, a remis ce lundi 17 décembre le prix « Science et Défense » à **Jean-Paul Périn**, directeur de recherches à la Direction des sciences de la matière du CEA, pour les techniques cryogéniques qu'il a développées avec son équipe sur le Laser Mégajoule, au centre CEA du Cesta (Aquitaine). Ce prix récompense chaque année les contributions scientifiques les plus significatives pour la défense nationale.
- **Jean-Christophe Perrin** (INAC/SPrAM) a obtenu le prix Jeune Chercheur Saint-Gobain de la Société française de physique pour sa thèse intitulée « Étude expérimentale multi-échelles de la dynamique de l'eau dans les membranes ionomères utilisées en piles à combustible ».
- **Gwenaëlle Philippon** (LSCE) a reçu le prix EADS 2007 de la meilleure thèse en sciences de la Terre et de l'univers, pour sa thèse sur le rôle des calottes glaciaires dans le système climatique : « Analyse des interactions entre un modèle de calotte de glace antarctique et un modèle de climat ».
- **Danas Ridikas** (IRFU/DSM) a reçu le Prix du ministère de l'Éducation et de la Recherche lituanien pour ses actions concernant la diffusion de la science, le développement des relations entre la Lituanie et les institutions scientifiques étrangères, le partage de son expérience scientifique et de gestion.
- **Yoann Roupioz** (SPrAM/INAC/DSM) a reçu le prix « Jeune Chercheur » de la Société française de biochimie et biologie moléculaire, délivré lors du forum annuel en octobre (île des Embiez, Var).
- **Le docteur Jean Weissenbach** (chef de l'Institut de génomique, Évry) a reçu le grand prix de la Fondation de la recherche médicale en hommage à sa contribution majeure dans le domaine de la génomique.

## DISTINCTIONS

- L'*International Biographic Center of Cambridge* a classé le **docteur Edgardo Carosella** (I2BM) dans le Top 100 des scientifiques pour l'année 2007.
- **Catherine Cesarsky**, astrophysicienne et ancienne directrice des sciences de la matière au CEA, a été élue, mardi 11 décembre, membre de l'Académie des sciences.
- Daniel Mansuy a remis à **Marc Fontecave** son épée d'académicien, suite à son élection du 25 novembre 2005, pour ses travaux à l'interface de la chimie et de la biologie sur les métaux.
- **André Sentenac**, conseiller scientifique du directeur des sciences du vivant du CEA a été membre de l'Académie des sciences.
- Dans le cadre du 7<sup>e</sup> programme cadre de recherche et développement (PCRD) de l'Union européenne, trois chercheurs de la Direction des sciences de la matière ont été distingués par le Conseil européen de la recherche (ERC) :
  - Le projet de **Sacha Brun** consiste à modéliser avec des moyens informatiques importants des phénomènes de turbulences solaires à l'origine, entre autres, des événements magnétiques observables depuis la Terre et pouvant avoir un impact sur les activités humaines.
  - **Dimitrios Sakellariou** développe un concept d'appareillage de résonance magnétique nucléaire très innovant, et à très haute résolution, ouvrant de grandes perspectives pour la médecine et la biochimie.
  - Le domaine d'activités de **Géraldine Servant** concerne la cosmologie et la physique des particules au-delà du modèle standard et plus particulièrement de la matière noire et de ses manifestations éventuelles, au sein du LHC.

# ACCOMPAGNEMENT DES PROGRAMMES

Stratification spontanée par ségrégation granulaire. Deux populations de grains de tailles et de rugosité différentes sont mis en écoulement dans un tambour. Non seulement les deux types de grains se séparent, mais en plus ils donnent naissance à un motif en strates régulières.

# PILOTAGE



Balise DIRAD (Détection et Identification des RADionucléides) couplée avec un logiciel de vidéosurveillance.



**De nouvelles « réunions-programmes » ont permis de constater la bonne dynamique créée par les programmes transversaux et les nouvelles synergies au CEA.**

## LE PILOTAGE DU CEA

Les programmes du CEA sont définis dans le cadre du contrat d'objectifs pluriannuel entre l'État et le CEA signé par les ministres de tutelle et l'Administrateur général en 2006. Ce contrat, déclinaison du Plan à moyen et long terme (PMLT) à 10 ans, fixe les orientations et les objectifs pour les programmes civils du CEA sur la période 2006-2009.

Il conforte les deux axes de recherches stratégiques civiles du CEA : les énergies non émettrices de gaz à effet de serre, dont le nucléaire (fusion et fission), et les technologies pour l'information et la santé, domaines essentiels dans lesquels le CEA joue un rôle unique en assurant une bonne articulation entre la recherche, l'innovation et l'industrie, promesse de développement économique et de création d'emplois. Par ailleurs, le contrat réaffirme la forte composante de recherche fondamentale, à laquelle est affecté un tiers des moyens.

L'action du CEA s'appuie notamment sur les outils du Pacte pour la Recherche (ANR, All désormais Oséo Innovation, labellisation Carnot...) et sur son intégration dans l'environnement européen (European research council, 7<sup>e</sup> PCRD) et international. La mise en place de jalons et d'indicateurs de performance permet de rendre compte régulièrement des grandes étapes franchies dans la réalisation des objectifs.

Le pilotage interne de l'établissement s'est poursuivi via un dispositif d'outils très efficaces. Ainsi, pour le suivi scientifique et technique, de nouvelles « réunions-programmes » ont été consacrées à des domaines comme l'implication

du CEA dans le 7<sup>e</sup> PCRD, la fusion thermonucléaire au regard de la construction d'ITER, l'instrumentation nucléaire, la toxicologie nucléaire, les plasmas, le calcul intensif, le démantèlement et l'assainissement des installations, les très grands instruments de la recherche, ainsi qu'aux cinq programmes transversaux récemment créés : technologies pour la santé, sécurité globale et non-prolifération, nanosciences, nouvelles technologies de l'énergie et matériaux à visibilité mondiale. Ces réunions regroupent les principaux décideurs du CEA, ainsi que des experts, et donnent lieu à des décisions dont l'application fait l'objet d'un suivi particulier. Elles ont été l'occasion de constater la bonne dynamique créée par les programmes transversaux et les nouvelles synergies qu'ils entraînent à l'intérieur du CEA.

Parmi les outils de pilotage financier, le « Comité d'investissement » permet d'examiner les grands investissements liés aux programmes de recherche, d'assainissement et de démantèlement ainsi que ceux liés aux opérations patrimoniales. Au cours de l'année 2007, les séances du Comité ont été principalement consacrées à l'analyse des projets d'installations de gestion des déchets Opale et Diadem, du démantèlement de Rapsodie et de deux projets majeurs d'installations nouvelles, le Réacteur Jules Horowitz et Spiral 2.

Par ailleurs, le « Conseil de direction restreint » et le « Conseil de direction opérationnel » se réunissent régulièrement autour de l'Administrateur général pour prendre les décisions afférentes aux orientations et au fonctionnement de l'établissement, et un séminaire d'information interne se réunit régulièrement pour mener une réflexion d'ensemble sur des sujets d'intérêts communs.

# LES RESSOURCES HUMAINES

Laboratoires de l'Institut de génomique à Evry.



## UNE POLITIQUE RH LISIBLE ET EFFICACE

Au 31 décembre 2007, le CEA comptait 15 612 salariés (55,5 % de cadres et 45,5 % de non-cadres), dont 11 133 dans le domaine civil et 4 479 à la Direction des applications militaires. Durant l'année 2007, 562 recrutements ont été réalisés, ainsi que 249 intégrations : 207 salariés de l'Institut de génomique, 12 salariés du Laboratoire des rayonnements appliqués - ex Cis-Bio, repris par le CEA, et les 30 derniers salariés concernés par le transfert de la responsabilité du centre de Marcoule au CEA.

Les recrutements ont en majorité concerné des cadres, même si le nombre de non-cadres recrutés (près de 40 %) est en augmentation par rapport aux années précédentes (35 % en moyenne sur les trois dernières années), traduisant la volonté du CEA de rechercher la meilleure adéquation entre qualifications et postes proposés. À noter également la part croissante des femmes, qui représentaient près de 40 % des recrutements en 2007, contre 37 % en 2006.

Dans le même temps, 592 salariés ont quitté le CEA, une majorité d'entre eux (58 %) partant à la retraite ou en cessation anticipée d'activité et près d'un quart pour un parcours professionnel à l'extérieur, de manière temporaire ou définitive. L'année 2007 a été marquée par la mise en place des revues de personnel. Réunissant managers concernés et représentants de la fonction RH, elles permettent d'examiner, une fois par an, de manière approfondie, en complément des entretiens annuels, la situation de chaque salarié d'une unité afin de mieux connaître ses compétences

et ses aspirations, d'identifier ceux qui sont susceptibles d'occuper certains postes clés et de faciliter les transitions professionnelles.

En 2007, la pratique de la revue de personnel a concerné près de 72 % du personnel ; elle sera étendue à l'ensemble du CEA en 2008.

Parallèlement, le CEA a poursuivi la rénovation de ses processus RH, en lançant deux applications majeures qui ont été déployées début 2008 : GDAI pour la gestion des augmentations individuelles de salaire et FORLAND pour la gestion de la formation professionnelle. Dans les deux cas, il s'agissait de disposer d'outils pérennes et intégrés au système d'information du CEA permettant d'automatiser tous les gestes qui peuvent l'être, de fluidifier la circulation de l'information, de gagner en cohérence et de responsabiliser les acteurs.

Enfin, 2007 a été une année riche pour le dialogue social, notamment marquée par le renouvellement – pour la première fois au CEA par vote électronique – des instances représentatives du personnel, nationales et locales.



**Rechercher la meilleure adéquation entre qualifications et postes proposés.**



**40 % de recrutements de femmes en 2007 (réacteur Orphée).**

# RELATIONS INTERNATIONALES



**Le CEA assure, à travers sa Direction des relations internationales, les rôles de conseiller du gouvernement pour la politique nucléaire extérieure, de gouverneur à l'AIEA, de secrétariat du Comité technique Euratom pour les garanties AIEA en France, ainsi que la promotion des collaborations dans les domaines du nucléaire et des autres thèmes de recherche.**

## LE DÉVELOPPEMENT DU CEA À L'INTERNATIONAL

Il s'est poursuivi en 2007 avec la création de trois nouveaux postes de conseillers à Londres, Rome, Helsinki (pays baltes et nordiques) et New Dehli, ce qui porte à 13 le nombre de postes de ce réseau. Cette présence sur le terrain contribue, par une connaissance accrue des acteurs locaux, à une meilleure structuration des partenariats du CEA. C'est ainsi que le CEA et la Helmholtz-Gemeinschaft, acteur majeur de la recherche en Allemagne, ont renforcé leur collaboration en matière de recherche sur l'énergie et le climat en signant le 3 décembre 2007 un protocole d'accord.

## LE CEA ET LA RELANCE MONDIALE DU NUCLÉAIRE

L'année 2007 a montré une demande très forte de pays voulant accéder au nucléaire ou le développer. Ils se tournent naturellement vers l'AIEA, mais aussi vers la France pour bénéficier de son retour d'expérience et de son réseau d'acteurs publics et industriels. Outre nos pays partenaires de longue date, engagés dans d'ambitieux programmes ou envisageant de développer leur parc (en Europe : Royaume-Uni, États Baltes, Pologne..., hors Europe : Chine, Japon, Corée, Inde, Russie, États-Unis, Afrique du Sud, Brésil), le CEA a été associé au développement des relations avec plusieurs pays qui envisagent de disposer d'une première centrale vers l'horizon 2020 (Émirats Arabes Unis, Maroc, Tunisie, Libye, Algérie, Vietnam, Thaïlande...).

La collaboration au niveau technique avec l'Inde s'est fortement développée cette année avec la signature de nouveaux accords sur la sûreté des réacteurs rapides à caloporteur métal, les déchets, la recherche de base et la modélisation et son intérêt pour participer au projet de réacteur Jules Horowitz.

Sur le plan multilatéral, la France a apporté son soutien à l'initiative américaine Global Nuclear Energy Partnership (GNEP), dont l'objectif à long terme est de faire partager les bénéfices d'un développement sûr de l'énergie nucléaire tout en prévenant le risque de prolifération.

## L'EUROPE N'EST PLUS EN RESTE, ELLE S'EST RÉVEILLÉE EN 2007

Cette année a été marquée par la confirmation au Conseil de printemps des fondamentaux de la politique énergétique communautaire : sécurité d'approvisionnement, compétitivité énergétique et lutte contre les émissions de carbone. Le CEA sera l'un des principaux acteurs de la mise en œuvre du plan stratégique pour les technologies énergétiques publié le 22 novembre, qui vise à concentrer les efforts de R&D et à organiser les recherches pour atteindre les objectifs aux échéances 2020 et 2050.

L'année 2007 a aussi été l'année du renouveau du nucléaire, avec la reconnaissance par l'Union européenne de son intérêt pour la réalisation de sa politique énergétique et avec l'adoption au Parlement européen des rapports Maldeikis et Reul, favorables au nucléaire. Par ailleurs, trois nouvelles instances ont été créées : le Groupe à haut niveau sur la sûreté nucléaire et la gestion des déchets, la Plate-forme technologique sur l'énergie nucléaire durable et le Forum européen pour l'énergie nucléaire. Le CEA apporte son expertise aux travaux de ces deux derniers.

## PMG8

Dans le cadre du Partenariat mondial contre la prolifération des armes de destruction massive et des matières connexes (PMG8), le CEA, mandaté par le gouvernement, a conduit diverses études de faisabilité et mis en place un cadre juridico-réglementaire permettant de débiter la réalisation d'actions de coopération dans les domaines nucléaire, chimique et biologique. Une quatrième action est en cours de lancement dans le domaine de la reconversion des scientifiques.

La phase d'études de faisabilité s'achevant, des actions de réalisation sont proposées, les principales étant des travaux de sécurisation nucléaire, des schémas d'évacuation des différentes matières pour l'ancienne base de sous-marins nucléaires de Gremikha, l'enlèvement de RTG (Radio isotope Thermal Generator), la réalisation d'un système de surveillance de l'environnement autour du site de destruction d'armes chimiques de Shchuchye.

Arrivé à mi-parcours, une réflexion a lieu actuellement entre les membres du G8 pour une extension géographique et peut-être thématique de ce programme. Le détail de ces actions est présenté sur le site [www-pmg8.cea.fr](http://www-pmg8.cea.fr).



**Développement sûr de l'énergie nucléaire en prévenant le risque de prolifération.**

# COMMUNICATION

Exposition « Séismes et volcans » au palais de la Découverte.



**La Direction de la communication est chargée de faire connaître, tant à l'interne qu'à l'externe, les enjeux des recherches menées au CEA, les valeurs et la stratégie qui sous-tendent son action et les résultats scientifiques et techniques obtenus.**

Organisme public de recherche, le CEA se doit de fournir à différents publics (jeunes, enseignants, élus, médias, « grand public ») les éléments qui leur permettront de suivre l'avancée de ses recherches et sa contribution pour relever certains des grands défis de ce siècle : approvisionnement en énergie, sécurité des citoyens, partage de l'information, droit à la santé. Dans ses domaines de compétence, le CEA met également à disposition du plus grand nombre (web, partenariats avec des éditeurs et les organismes de diffusion de la culture scientifique et technique) les outils pédagogiques nécessaires à une meilleure compréhension de ces défis et des solutions étudiées pour les relever.

## DIFFUSION DES CONNAISSANCES ET INFORMATION DU PUBLIC

L'action du CEA dans ce domaine s'appuie d'abord sur de fortes évolutions de son site internet ([www.cea.fr](http://www.cea.fr)) qui s'adapte en permanence aux attentes des visiteurs. En 2007, l'espace jeunes s'est enrichi de nouvelles productions multimédias, maintenant la forte attractivité de cet espace, également très utilisé par les enseignants qui l'ont fait savoir lors du salon Educatec auquel le CEA participait en novembre. Pour améliorer la visibilité et le référencement dans les moteurs de recherche (Google) des activités du CEA dans le domaine de l'énergie nucléaire, un nouveau site satellite a été créé ([www.nucleaire.cea.fr](http://www.nucleaire.cea.fr)) et un nouvel espace énergie-climat a été intégré au site du CEA à l'occasion du Grenelle de l'environnement. « *Clefs CEA* » ainsi que les « *Les Défis du CEA* » ont poursuivi leur action d'information scientifique pour le premier et de vulgarisation pour le second. 2007 a marqué la relance du Projet d'actions pédagogiques et tout particulièrement le développement des partenariats avec les éditeurs Imagine ton futur, Bayard et Play bac.

En partenariat avec les éditions Spécifique, le CEA a participé à la création d'une collection grand public « *On se bouge* ». Trois ouvrages ont été publiés sur les thématiques : climat, nanos, énergies. Rédigés avec des chercheurs du CEA, chaque thème est traité sous forme de 100 questions/réponses. Cette collection a reçu le prix du livre d'entreprise décerné en 2007 par l'UJJEF.

Dans le cadre de son développement à l'international, le CEA a lancé les trois premiers numéros de « *CEA news* », nouvelle revue rédigée en anglais diffusée par les conseillers nucléaires CEA à l'étranger. Son objectif est d'informer le public international sur les axes de recherche du CEA, son organisation et les collaborations qu'il noue dans ses domaines de compétence. L'exposition itinérante « *Au cœur de l'Énergie* » réalisée en 2007 fait le point sur la problématique énergétique. Disponible en versions française, anglaise et allemande, cette exposition a rencontré un vif succès auprès des collectivités territoriales et du milieu scolaire. Enfin, le CEA est partenaire de l'exposition présentée au palais de la Découverte à Paris depuis octobre 2007 : « *Séismes et Volcans* ».

## PRESSE ET MÉDIAS

Neuf actions thématiques (voyages et points presse) ont été organisées dont le bilan annuel « *maîtrise des risques* ». Elles ont été l'objet de reprises qualitativement et quantitativement positives, particulièrement sur les sujets : valorisation et création d'entreprise au CEA, micro-nanotechnologies et robotique, RJH et prototype Génération IV, filière hydrogène, robotique et handicap. Sur les 60 communiqués de presse publiés, 20 ont conduit à des reprises significatives : physique/astrophysique, imagerie médicale, technologies de l'information, NTE, RJH.

L'ouverture du capital d'Areva, la politique nucléaire extérieure de la France, les aspects économiques de l'énergie, la prolifération et les solutions pour les déchets nucléaires ont été l'objet de questionnement des journalistes ; avec l'appui de l'équipe presse, des réponses ont pu être données lors d'entretiens ou d'interviews avec les médias.

## COMMUNICATION INTERNE

La revue « *Talents* », les communiqués internes et l'intranet du CEA sont les vecteurs principaux de communication interne. Ils ont permis l'accompagnement des évolutions tant dans le domaine de l'organisation du CEA (projet PEPS management) que celui de ses systèmes d'information (Synergie évolution). Dans « *Talents* », les métiers de la sûreté nucléaire et de la gestion du patrimoine ont fait l'objet d'une mise en valeur particulière, rappelant qu'ils contribuent de façon déterminante à la bonne réalisation des programmes de recherche du CEA et à sa crédibilité. Ces moyens de communication interne ont permis également l'information du personnel sur les faits marquants des pôles, les nouveaux programmes, les activités internationales, les partenariats.



# SÛRETÉ ET SÉCURITÉ

Réglage et contrôle de l'un  
des sismographes installés à Cadarache.



>>>  
Exercice  
de crise  
sur le centre  
de Saclay.

## LA POLITIQUE DE SÛRETÉ DU CEA

### MANAGEMENT DE LA SÛRETÉ

Pour ses recherches et activités de développement des programmes nucléaires civils ou de défense, mais aussi pour la recherche fondamentale et l'enseignement, le CEA s'appuie sur des installations nucléaires du type installations nucléaires de base, installations individuelles d'INBS ou installations classées pour la protection de l'environnement. Ces installations sont d'une grande variété : réacteurs de recherche, laboratoires, installations de traitement de déchets et d'effluents... Elles doivent pouvoir évoluer rapidement et leurs conditions d'utilisation être suffisamment flexibles.

Une démarche commune d'analyse de sûreté est applicable aux installations. En 2007, le CEA l'a formalisée sous forme d'une nouvelle recommandation qui enrichit son manuel de sûreté nucléaire.

La politique de sûreté du CEA est définie dans le plan triennal d'amélioration de la sûreté et de la sécurité. En matière de management de la sûreté, l'accent est mis sur la qualité des documents, des règles et des procédures, la rigueur dans leur respect et l'entretien de la culture de sûreté et la communication interne dans les installations et, plus globalement, la prise en compte des facteurs humains et organisationnels.

Sur le plan réglementaire, il faut noter la parution du décret n°2007-1557 du 2 novembre 2007 encore appelé décret « procédures », qui définit le cadre juridique relatif aux installations nucléaires de base à tous les stades de leur vie, en application de la loi « transparence et sécurité nucléaire » du 13 juin 2006.

La réalisation d'enquêtes publiques préalables se fait non plus seulement en cas de création d'INB mais aussi avant tout démantèlement. La consultation des collectivités locales et de la Commission locale d'information (CLI) est préconisée pour un grand nombre d'événements de la vie des INB.

Des textes comparables ont été publiés pour les installations individuelles d'INBS : décret 2007-758 du 10 mai 2007 (décret « global défense ») et arrêté du 31 juillet 2007 relatif aux caractéristiques des installations individuelles.

### FACTEURS HUMAINS & ORGANISATIONNELS

En 2007, la prise en compte des Facteurs humains & organisationnels (FH&O) s'est poursuivie sur l'ensemble des phases de vie des installations.

Un axe notable de cette année a porté sur la pérennisation d'une démarche d'analyse Facteurs humains dédiée aux non-spécialistes : l'outil LOFH (Losange des facteurs humains). Il vise à évaluer et améliorer le fonctionnement de situations de travail d'un point de vue Facteurs Humains, et fait l'objet d'une fiche technique mise au point par un groupe de travail chargé de son évolution périodique en fonction du retour d'expérience.

Le CEA a engagé en outre la réalisation d'auto-évaluations de la sûreté de certaines des installations du pôle Énergie nucléaire.

Ainsi, au-delà du développement du pôle de compétence FH&O regroupant les spécialistes du domaine, le CEA poursuit donc également son développement d'outils à destination des managers.

### PÔLES DE COMPÉTENCES EN SÛRETÉ

Les pôles de compétences sont des structures de soutien « sûreté », dans des domaines spécifiques. Ils sont mis à la disposition des chefs d'installations nucléaires et des chefs de projets pour répondre à plusieurs objectifs :

- fournir une assistance de spécialistes, en vue de mener à bien certaines études de sûreté complexes ;
- capitaliser l'expérience acquise lors de la réalisation d'études de sûreté afin d'assurer le maintien et le développement du savoir-faire et de l'autonomie technique ;



Exercice de crise sur le centre de Cadarache.

- améliorer la cohérence des positions de sûreté défendues par les différentes installations et assurer leur conformité avec la doctrine de sûreté et la stratégie du CEA.

En 2007, 18 pôles de compétences positionnés dans des unités opérationnelles couvrent des domaines techniques très divers : aléa sismique, incendie, criticité, mécanique, intégrité sismique, génie parasismique, contrôle commande, mesures, impact radiologique ou chimique, assistance à la maîtrise d'ouvrage pour les projets neufs et les démantèlements, risque chimique, facteur humain et organisationnel, déchets. Au cours de l'année, un nouveau pôle a été mis en place, dans le domaine du confinement et de la ventilation.

arrêt de travail. Cet indicateur enregistrait en 2006 une valeur de 12,3. Les résultats sécurité des entreprises extérieures qui interviennent au CEA demeurent bien meilleurs que ceux enregistrés au niveau national par leurs branches professionnelles respectives.

### PLAN TRIENNAL 2006-2008 : DES OBJECTIFS CHIFFRÉS

Le 6<sup>e</sup> plan triennal, lancé début 2006 par l'Administrateur général, fixe des objectifs chiffrés en matière de résultats sécurité. En 2007, une marge de progrès a été franchie qui doit être confirmée en 2008.

## RÉSULTATS SÉCURITÉ

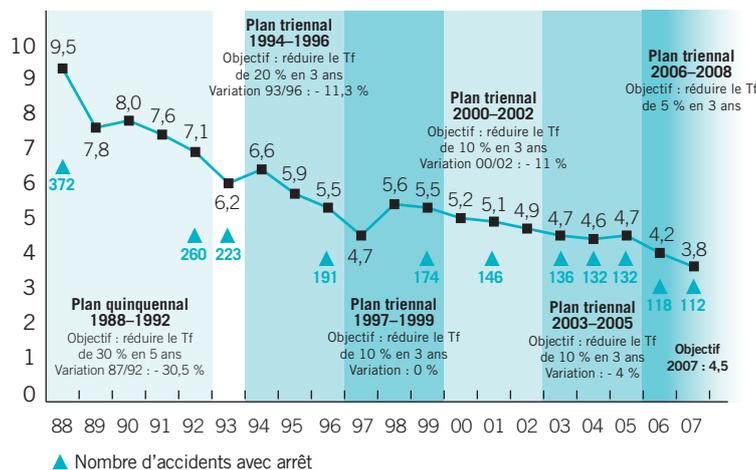
### L'année 2007 marque la deuxième année du 6<sup>e</sup> plan triennal (2006-2008) d'amélioration de la sécurité au CEA.

En 2007, 112 accidents du travail avec arrêt ont été déclarés à la Sécurité Sociale, contre 118 en 2006. Le taux de fréquence\* s'élève à 3,8 accidents par million d'heures travaillées contre 4,2 en 2006. Le résultat 2007 est très inférieur à l'objectif qui était fixé à 4,5. Le taux 2007 est également inférieur à celui de la branche professionnelle à laquelle appartient le CEA (7,2 en 2006 – dernier chiffre connu) et à celui de la moyenne nationale (25,7 en 2006 – dernier chiffre connu). Ces 112 accidents de travail ont entraîné 3 528 journées d'arrêt de travail (y compris les journées d'arrêt de travail avec rechute). Le taux de gravité\* qui en résulte est de 0,12 contre 0,15 en 2006.

En ce qui concerne les accidents du travail survenus à des salariés d'entreprises extérieures intervenant dans les installations du CEA, le taux de fréquence poursuit sa baisse et atteint la valeur de 11,5 en 2007, pour 138 accidents avec

Taux de fréquence	Résultats plan triennal 2000-2002	Résultats plan triennal 2003-2005	Objectifs du plan triennal 2006-2008
Accidents CEA avec arrêt	5,1	4,67 (-8 %)	4,4 (-5 %)
Accidents Entreprises Extérieures avec arrêt	14,1	15,4 (+5 %)	14,6 (-5 %)

### >> Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt – salariés CEA



\* La Caisse nationale d'assurance maladie a défini deux indicateurs nationaux :  
 - Le taux de fréquence correspond au nombre d'accidents du travail avec arrêt par million d'heures travaillées ;  
 - Le taux de gravité correspond au nombre de jours d'arrêt par millier d'heures travaillées.

# SÛRETÉ ET SÉCURITÉ

Auto-contrôle des gants et du poste de travail en fin de manipulation.



>>>  
Incinérateur des déchets technologiques.

## UNE DOSIMÉTRIE DU PERSONNEL INTERNE STABLE

Durant ces dernières années, les expositions professionnelles sur l'ensemble des sites du CEA affichent une relative stabilité pour les doses collectives et individuelles reçues par les personnels internes.

Ainsi, la dose moyenne annuelle par travailleur du CEA effectivement exposé est passée à 0,6 mSv en 2007 (contre 0,8 mSv en 2002).

En 2007, 7 260 salariés du CEA ont fait l'objet d'une surveillance. Parmi eux, 95 % n'ont pas reçu de dose. Par ailleurs, aucun n'a été exposé à une dose supérieure à 10 mSv, la dose maximale reçue par un salarié du CEA ayant été de 4,35 mSv.

## LE CONTRÔLE ENVIRONNEMENTAL

Les installations du CEA englobent des activités à caractère radiologique, chimique ou biologique. Leurs effluents sont traités et contrôlés avant rejet et maintenus au niveau le plus bas possible. Ces conditions garantissent l'absence d'impact sur les populations riveraines et leur environnement. Chaque site met en place une surveillance environnementale détaillée et adaptée aux activités exercées et aux caractéristiques locales.

## De l'expertise à l'information

Depuis le changement d'exploitant en avril 2006, le CEA assure l'ensemble de la surveillance de l'environnement du site de Marcoule. Elle s'étend des villages avoisinants jusqu'à la côte méditerranéenne.

Plus de 150 spécialistes sont chargés de surveiller, mesurer et interpréter l'impact du fonctionnement des installations sur les sites et leurs alentours. Ces équipes, déjà accréditées Cofrac pour les principales analyses, disposent maintenant de 134 agréments pour les mesures de radioactivité dans l'environnement délivrés par les ministères concernés.

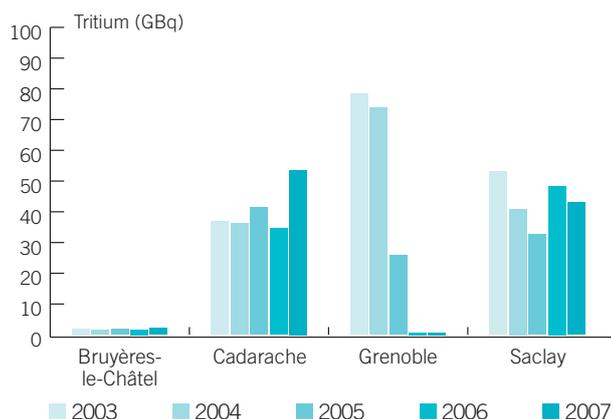
Tous les résultats sont communiqués aux autorités et largement diffusés en interne comme à l'externe.

## Des résultats satisfaisants

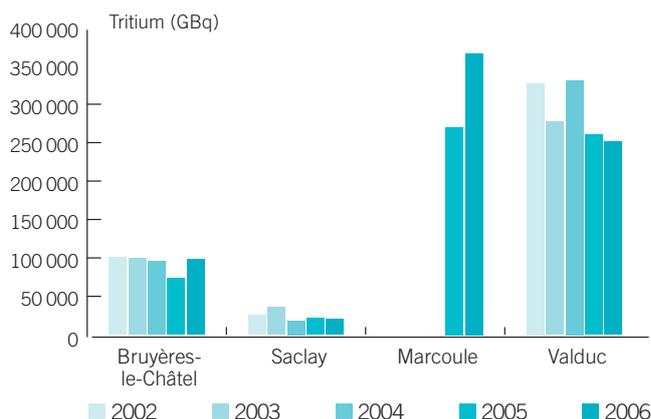
À Marcoule, les principaux rejets liquides qui ne figurent pas dans les histogrammes ci-dessous correspondent à l'exploitation des INBS du centre (15 800 GBq de tritium en 2007 en diminution de 9 % par rapport à 2006).

Sur les autres sites, les rejets radioactifs liquides et gazeux en 2007 sont partout assez stables par rapport aux années passées, légère hausse des rejets gazeux tritium à Marcoule due à l'exploitation de l'INBS. Ces quantités d'effluents rejetés sont toujours très inférieures aux limites autorisées sur chaque site.

>> Bilan 2003-2007 des rejets d'effluents liquides des principaux centres CEA



>> Bilan 2003-2007 des rejets d'effluents gazeux des principaux centres CEA



# SYSTÈMES D'INFORMATION : PRÉPARER L'AVENIR



Maintenance sur des serveurs informatiques.

## UNE ORGANISATION TOURNÉE VERS LE CLIENT

- La nouvelle organisation de la Direction des systèmes d'information est devenue effective début octobre. Voulu par la Direction générale, elle s'est appuyée sur une approche par processus orientée clients pour améliorer les services rendus aux utilisateurs, renforcer les compétences et optimiser les ressources.
- Parallèlement, certains Services des technologies de l'information et de la communication des centres (STIC), notamment Grenoble et Marcoule, ont pris la même approche dans leur centre pour faire évoluer leur organisation en 2008.
- Avec le renouvellement de son contrat d'infogérance, le STIC de Saclay s'est appuyé sur une démarche innovante pour redéfinir ses processus et structurer sa nouvelle infogérance pour faire évoluer le service rendu aux utilisateurs.

## UNE APPROCHE PRAGMATIQUE ET MODULAIRE POUR LES APPLICATIONS DE GESTION

Après le projet Synergie Migration, finalisé en 2006 par la montée de version SAP, le projet Synergie Évolution a pris le relais pour mieux répondre aux besoins des utilisateurs et s'adapter au changement de l'environnement économique et réglementaire du CEA. Ces nouvelles applications de gestion, développées pendant l'année 2007, apporteront en 2008 de nouvelles fonctionnalités, un gain de temps, une meilleure traçabilité et un reporting plus performant.

## RÉSEAU HAUT-DÉBIT : DES BESOINS TOUJOURS CROISSANTS

Les nouveaux usages de l'informatique et les besoins des grands projets nécessitent des trafics réseau sans cesse croissants. Deux nouveaux points de raccordement au réseau Renater ont été déployés à Bruyères-le-Châtel et Cadarache.

Ils permettent des liaisons de 1 Gb/s avec les autres centres raccordés à Renater. Par ailleurs, les phases amont concernant la migration des autres liaisons intercentres vers les technologies haut débit (1 à 10 Gb/s) ont été réalisées.

## LA MONTÉE EN PUISSANCE DU CCRT

Ouvert aux utilisateurs depuis 2003, le Centre de calcul recherche et technologie (CCRT) s'est doté en 2007 d'un nouveau calculateur Bull lui permettant une puissance totale disponible de 52 Téraflopps et de disposer d'une capacité de stockage de 420 To pour répondre aux besoins de ses partenaires en matière de calcul scientifique hautes performances.

## DONNER UNE NOUVELLE VIE AUX ARCHIVES

La poursuite de l'inventaire et du traitement des archives anciennes, suite au déménagement du Siège en 2006, a permis d'analyser et de reconditionner plus de 4 000 boîtes d'archives. Par ailleurs, le lancement du projet Informatisation de la gestion des archives intermédiaires et historiques permettra, à horizon 2010, à toutes les unités du CEA de disposer d'un outil unique de recherche des documents conservés par les cellules d'archives intermédiaires et le service archives.



Des archives  
en cours d'inventaire  
et de traitement.



Les besoins  
des grands  
projets  
nécessitent  
des trafics  
réseau  
sans cesse  
croissants.

# STRUCTURES DU CEA



Frotteurs couplés : modèle mécanique de séisme en laboratoire.  
Le déplacement relatif des plaques tectoniques est à l'origine  
des séismes. Ici, un ensemble de frotteurs couplés élastiquement  
permet de reproduire la statistique des événements sismiques.

# PÔLES ET PROGRAMMES TRANSVERSES

Laser Mégajoule au sein du pôle Défense : inspection d'un miroir en verre servant au transport des faisceaux laser.



## UNE ORGANISATION PLUS VISIBLE ET PLUS LISIBLE

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2001, le CEA s'est engagé dans une vaste réorganisation de ses Directions de recherche, ainsi que des Directions « fonctionnelles », pour mieux accompagner les programmes.

L'objectif était triple :

- renforcer la capacité du CEA à s'adapter, anticiper et répondre aux besoins des industriels ;
- prendre en compte les préoccupations de la société tout en continuant le développement de la connaissance scientifique ;
- permettre à l'organisme de relever les défis scientifiques et techniques du XXI<sup>e</sup> siècle.

Ainsi, les activités de recherche sont réparties en quatre pôles d'activité : Défense et Sécurité – Nucléaire – Recherche technologique – Recherche fondamentale.

Sous l'autorité de la Direction générale, les directions des pôles fixent les grandes orientations de recherche du pôle, les moyens nécessaires à la réalisation de leurs objectifs et contrôlent la bonne exécution des programmes. Elles s'appuient également sur des directions d'objectifs qui ont pour mission de coordonner les programmes autour d'une même thématique.

### PÔLES DE RECHERCHE

**Le pôle Défense et Sécurité** regroupe les programmes, les installations et les équipes liés à la conception, la fabrication et le maintien des têtes nucléaires en condition opérationnelle, et ce sans essai, ainsi que la garantie du fonctionnement des armes futures par la simulation. Son rôle est également important pour la surveillance du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICE). Il assure la maîtrise d'ouvrage en termes de propulsion nucléaire.

Ce pôle comprend trois directions d'objectifs : armes nucléaires – matières, surveillance, environnement – propulsion nucléaire, le tout soutenu par des équipes réalisant une recherche de base en amont.

Les grandes installations dédiées à ce pôle sont la machine de radiographie Airix, le supercalculateur Tera10, la Ligne d'intégration laser (LIL) prototype de la prochaine structure, le Laser Mégajoule.

Ce pôle est représenté par la Direction des applications militaires. Il est implanté sur 4 centres CEA : DAM-Île de France (Bruyères-le-Chatel près de Paris), Le Ripault (près de Tours), Cesta (près de Bordeaux) et Valduc (près de Dijon).

**Le pôle Nucléaire** coordonne tous les programmes liés aux applications civiles de cycle du combustible, réacteurs nucléaires actuels et futurs, matériaux sous irradiation, gestion des déchets, assainissement-démantèlement. Au sein de ce pôle, la Direction de l'énergie nucléaire comprend quatre directions d'objectifs qui définissent les programmes dans les domaines : développement



**Pôle Nucléaire :**  
salle de contrôle du réacteur Osiris à Saclay.



Salle blanche dans le pôle Recherche technologique.



**Pôle Énergie :  
boîte à gants  
pour l'étude  
des combustibles.**

et innovation nucléaires – soutien nucléaire industriel – simulation et outils expérimentaux – patrimoine et assainissement avec des directions opérationnelles qui se situent à Saclay, Cadarache et Marcoule. Pour répondre aux besoins des industriels et des pouvoirs publics, les responsables des programmes au sein des directions d'objectifs suivent une organisation dite « projets », afin de gagner en clarté et en lisibilité et jouer un rôle central en matière de proposition et d'innovation.

Situé à Grenoble, **le pôle Recherche technologique** prépare les développements dont l'industrie aura besoin dans les années à venir, pour ce qui concerne les matériaux et les nouvelles technologies de l'énergie.

Le couplage entre les équipes de recherche fondamentale, travaillant plus en amont au sein du pôle et d'autres pôles, et celles tournées vers le développement technologique est renforcé. Cette complémentarité permet d'identifier les ruptures technologiques, les approches originales qui ouvriront la voie à de nouveaux développements, tels que les puces à ADN, la micro et nanoélectronique...

La Direction de la recherche technologique dépend de ce pôle, elle est constituée de trois instituts :

- l'Institut Leti, qui mène des travaux de recherche technologique en micro et nanotechnologies pour la microélectronique, pour la biologie et la santé, en microsystèmes, en technologies d'imagerie et de communication et objets nomades ;
- l'Institut Liten, qui se positionne sur trois axes prioritaires : une filière hydrogène et pile à combustible pour l'application transports (PEMFC), le développement de l'énergie solaire et de la maîtrise de l'énergie, et enfin sur les innovations technologiques dans le domaine des matériaux, des procédés, des traceurs pour les thématiques liées aux technologies solaires, les technologies de l'hydrogène, les technologies des nanomatériaux ;
- l'Institut List, qui travaille sur les systèmes interactifs, les systèmes embarqués, les capteurs et le traitement du signal.

Ce pôle est essentiellement basé à Grenoble,

Chambéry, Saclay et Fontenay-aux-Roses.

Deux disciplines de **recherche fondamentale** sont indispensables pour développer les programmes de recherche technologique : les sciences du vivant et les sciences de la matière.

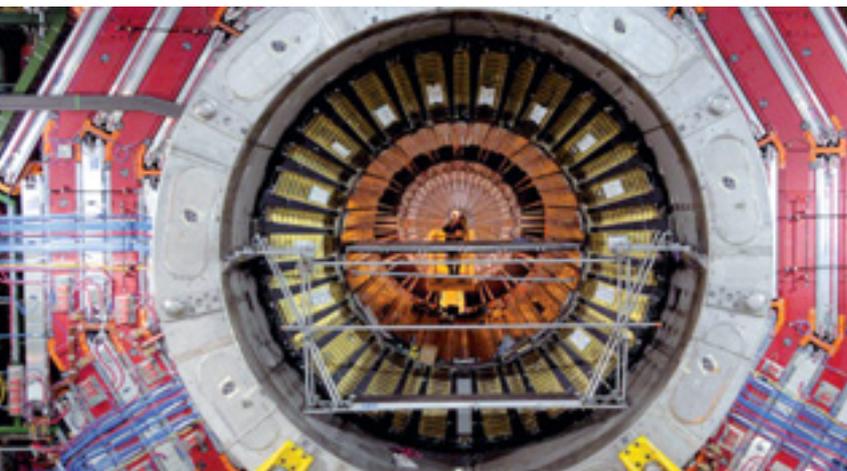
Elles représentent environ un tiers des activités de l'organisme et contribuent à l'ensemble des thématiques de recherche du CEA : défense, nucléaire - énergie et technologies pour l'information et la santé.

Pour les sciences de la matière, depuis fin 2007, les programmes sont répartis en 7 entités :

- Inac : Institut nanosciences et cryogénie (ex-DRFMC) ;
- iPhT : Institut de physique théorique (ex-SPHT) ;
- Iramis : Institut rayonnement matière de Saclay (ex-DRECAM) ;
- IRFM : Institut de recherche sur la fusion par confinement magnétique (ex-DRFC) ;
- IRFU : Institut de recherches sur les lois fondamentales de l'Univers (ex-DAPNIA) ;
- Ganil : Grand accélérateur national d'ions lourds ;
- LSCE : Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement

Pour les sciences du vivant, 8 instituts ont été créés en 2007, organisés autour d'axes thématiques et méthodologiques dominants :

- l'Institut de génomique ;
- l'Institut d'imagerie biomédicale (I<sup>2</sup>BM) ;
- l'Institut de biologie et technologies-Saclay (IBITEC-S) ;
- l'Institut de radiobiologie cellulaire et moléculaire (IRCM) ;
- l'Institut maladies émergentes et thérapies innovantes (IMETI) ;
- l'Institut de biologie structurale (IBS) ;
- l'Institut de recherches en technologies et sciences pour le vivant (IRTSV) ;
- l'Institut de biologie environnementale et de biotechnologie (IBEB).



<<

CMS est l'un des détecteurs implantés sur le LHC au Cern, un équipement de recherche fondamentale en physique des particules.



Étude de protéines par électrophorèse.

### PROGRAMMES TRANSVERSAUX

En lien avec le développement et les axes de recherche du CEA, cinq programmes transversaux ont été créés. Ils rassemblent les compétences, en recherche fondamentale ou appliquée, présentes dans l'organisme et les coordonnent autour de thématiques majeures.

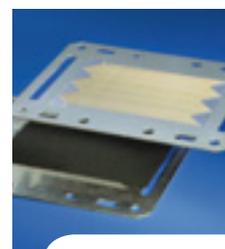
Ils répondent à une volonté du CEA de s'adapter aux nouvelles lois, aux nouveaux financements, aux nouveaux besoins de société, aux marchés émergents...

À la demande du gouvernement, le CEA s'est impliqué dans le programme de recherche français de lutte contre les menaces terroristes NRBC (risques nucléaires, radiologiques, biologiques et chimiques). **Le programme Sécurité globale et non-prolifération** développe des instruments de détection, des capteurs biologiques ou chimiques et des protocoles de tests, notamment. Pour apporter une approche globale, il a recours aux compétences de toutes les Directions : applications militaires, sciences du

vivant, sciences de la matière, énergie nucléaire, recherche technologique.

Parce que la mise au point de nouveaux matériaux est stratégique tant, par exemple, dans le secteur du nucléaire que dans celui de la fusion ou des piles à combustible, **le programme Matériaux** a vu le jour. Il s'appuie sur les synergies chercheurs-ingénieurs au CEA, tous pôles confondus, il opère également des couplages avec les autres organismes de recherche, les universités et les industriels. Du nano au macro, les matériaux sont omniprésents et devront faire l'objet d'innovations pour conquérir de nouveaux marchés. Partager les coûts, les compétences et les moyens entre les pôles du CEA et les partenaires est indispensable pour relever ces défis.

La recherche sur les **Nouvelles technologies de l'énergie** répond à plusieurs attentes, aux côtés du nucléaire : pouvoir disposer d'énergie non émettrice de gaz à effet de serre, apporter à la société des ressources énergétiques novatrices et durables,



Plaques bipolaires métalliques embouties et membrane d'une pile à combustible.



Spectromètre de masse qui permet l'analyse des isotopes de l'uranium et du plutonium, utilisé dans la lutte contre la prolifération et le terrorisme.

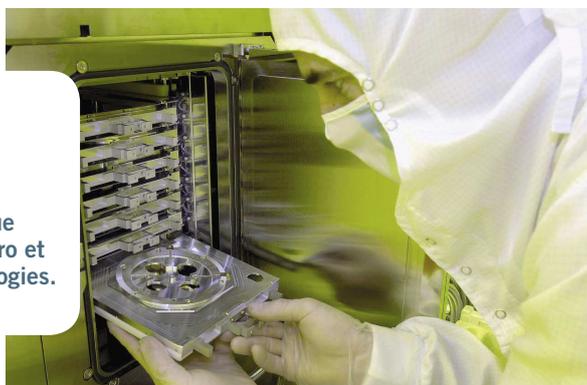
Banc d'essai comportant une chaudière centrale, des circuits de distribution, des éléments simulant le fonctionnement d'un habitat pour des études de solaire thermique.



>>  
Biopuces.

réduire la dépendance énergétique alors que les matières premières s'épuisent. Les recherches sont axées sur l'hydrogène et la pile à combustible, l'énergie solaire et photovoltaïque, la biomasse avec le développement de biocarburants de deuxième génération. Pour le second axe, l'INES (Institut national de l'énergie solaire) a été mis en place à Chambéry pour réunir sur un même site toutes les compétences liées au solaire. Au sein de ce programme, une centaine de projets sont poursuivis.

**Le programme Technologies pour la santé** concrétise des collaborations entre les spécialistes du vivant et ceux de la technologie. Plusieurs projets sont en cours : faire émerger et accompagner des programmes technologiques innovants au service de la santé en associant différentes compétences du CEA. L'objectif est de déboucher rapidement sur des applications concrètes.



>>  
Plate-forme technologique pour les micro et nanotechnologies.

Les nanosciences et les nanotechnologies constituent un secteur de recherche stratégique, en croissance rapide, avec un fort potentiel de développement économique. Au CEA, l'ensemble des compétences est réuni pour être présent dans ce secteur sous l'égide d'un **programme transversal Nanosciences**. En recherche fondamentale, les chercheurs étudient les propriétés de la matière à l'échelle nanométrique. En recherche appliquée, ils utilisent ces propriétés pour concevoir et développer des applications en nanotechnologie. Un laboratoire a été créé pour analyser les questions de société sur ces thématiques. Plusieurs domaines s'intéressent aux recherches en nanosciences et nanotechnologies : les technologies pour l'information et la communication, l'énergie, la sécurité, la santé...

### PÔLES FONCTIONNELS

Depuis mi-2003, les directions dites « fonctionnelles » ont également été regroupées en pôles. Véritables soutiens aux programmes, ces directions assurent les missions de finances, gestion du personnel, juridique, sécurité... indispensables à la réalisation des programmes.

Au nombre de 4, ces pôles apportent une visibilité plus grande de l'organisation du CEA :

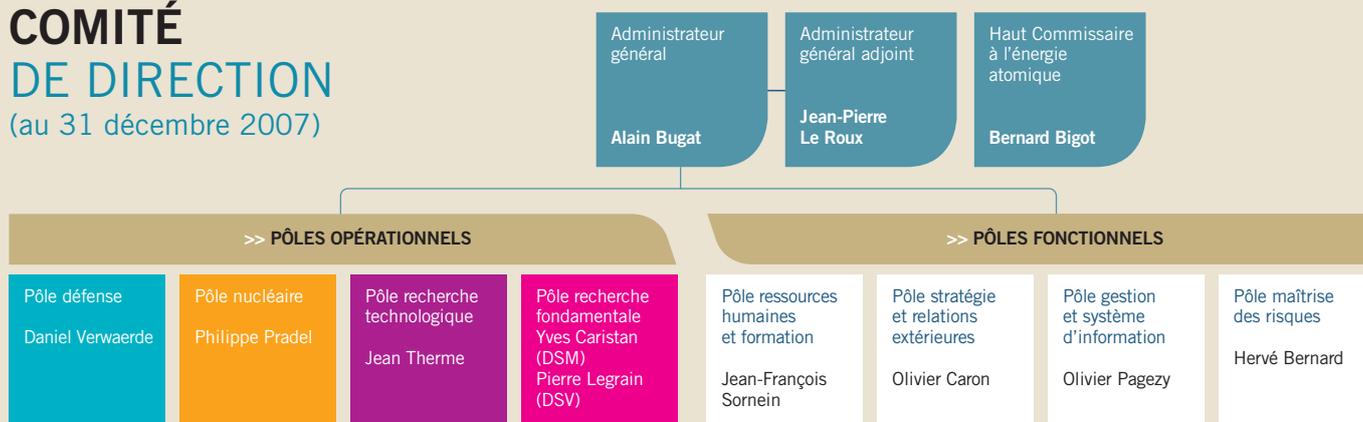
- le pôle Maîtrise des risques rassemble la Direction centrale de la sécurité, celle de la protection et de sûreté nucléaire, la Direction juridique et du contentieux et l'Inspection générale nucléaire ;
- le pôle Gestion et systèmes d'information inclut les directions des participations (suivi des filiales et des participations CEA), la Direction financière, la Direction des achats et des ventes, la Direction des systèmes d'information ;
- le pôle Stratégie et relations extérieures comprend la Direction des programmes, la Direction de la communication et la Direction des relations internationales ;
- le pôle Ressources humaines et formation.

# ORGANISATION DU CEA



Siège social du CEA à Saclay.

## COMITÉ DE DIRECTION (au 31 décembre 2007)



## GOVERNANCE D'ENTREPRISE

(au 31 décembre 2007)

### UN STATUT JURIDIQUE CLARIFIÉ

Avec la publication de la partie législative du Code de la recherche (ordonnance n° 2004-545 du 11 juin 2004 qui a abrogé l'ordonnance constitutive du 18 octobre 1945 portant création du Commissariat à l'énergie atomique), le CEA a vu son statut clarifié. En tant qu'établissement de recherche à caractère scientifique, technique et industriel, il constitue à lui seul une catégorie distincte d'établissement public de l'État, relevant de la classification des EPIC (établissements publics à caractère industriel et commercial). Son statut et ses missions sont désormais définis par les articles L. 332-1 à 332-7 du Code de la recherche.

### GOVERNANCE D'ENTREPRISE

Tout en disposant d'un statut d'établissement public, le CEA veille à respecter les règles et bonnes pratiques du gouvernement d'entreprise. Cette politique se traduit par une attention accrue portée au fonctionnement de ses organes de gestion et à la mise en place de systèmes d'évaluation des risques et de contrôle interne.

#### >> Charte des administrateurs

Une charte des administrateurs a été mise en place par le Conseil d'administration lors de la première séance de

son nouveau mandat, le 21 juillet 2004. Cette charte précise les droits et obligations des administrateurs. Chaque administrateur s'engage à maintenir son indépendance de jugement et à participer activement aux travaux du Conseil, grâce notamment aux informations transmises par l'établissement public. Il informe le Conseil des situations de conflit d'intérêt dans lesquelles il peut se trouver. Il exprime clairement son opposition éventuelle aux projets discutés en Conseil. Chaque administrateur a l'interdiction d'effectuer des opérations sur les titres des sociétés du groupe CEA/Areva ou de toute valeur mobilière s'y rattachant, ainsi que sur des opérations de même type, relatives à des sociétés sur lesquelles il détient des informations du fait de sa qualité d'administrateur du CEA.

**Le CEA est ainsi le premier établissement public dont le Conseil est doté d'une telle charte.**

### LE CONSEIL D'ADMINISTRATION

#### >> Ses missions

Le Conseil d'administration est appelé à délibérer sur les grandes orientations stratégiques, économiques et financières ou technologiques de l'activité de l'établissement, et en particulier sur le contrat pluriannuel avec l'État. Le budget annuel, l'arrêté des comptes sociaux et des comptes consolidés du groupe CEA, le rapport annuel d'activité et de gestion, ainsi que le rapport relatif au financement des charges de démantèlement des installations nucléaires et de gestion des combustibles irradiés et des déchets radioactifs sont soumis à son approbation. Il approuve également les programmes de recherche du CEA et les budgets nécessaires à leur réalisation.

# ORGANISATION DU CEA

## >> Ses travaux en 2007

Au cours des sept séances intervenues durant l'année 2007, le Conseil d'administration a adopté, par voie de délibération, plusieurs décisions et orientations importantes :

- participation du CEA au Groupement d'intérêt public (GIP) « Dispositifs de Fonctionnement Technique » du Pôle Minatec® ;
  - transfert au CEA (Direction des sciences du vivant) des activités et des actifs du Centre national de séquençage et du Centre national du génotypage relevant du GIP « Consortium National de Recherche en Génétique » (CNRG) ;
  - adhésion du CEA aux GIP Haute-Marne et Objectif Meuse ;
  - participation du CEA à différentes Fondations de coopération scientifique encadrant des centres thématiques de recherche et de soins ;
  - participation du CEA au capital de la société civile « Grand équipement national de calcul intensif » (SC GENCI) ;
  - attribution du label Carnot à l'Institut Liten-INPG Energies du futur ;
  - participation du CEA à l'association d'étude et de promotion de « La Chaîne Comprendre » ;
  - mise à disposition d'une parcelle du site de Marcoule (irradiateur Gammatec) ;
  - participation du CEA au GIP « H-238 ».
- Il a, en outre, été informé de l'évolution de projets scientifiques et techniques majeurs :
- missions des directions de programme transversal ou d'objectifs transversaux ;
  - projet d'accord tripartite de R&D « CEA/EDF/ Areva NP » ;
  - jalons et indicateurs du contrat d'objectifs 2006-2009 ;
  - évaluation scientifique 2006 (Conseil scientifique et Visiting Committee) ;
  - segment de programme « enseignement » ;
  - bilan de la politique industrielle ;
  - structures de recherche ayant la personnalité morale et auxquelles le CEA participe ;
  - suites données aux recommandations de la mission de l'Inspection générale nucléaire relative à l'exercice des métiers de la sécurité conventionnelle dans les installations du CEA ;
  - projet de protocole d'accord relatif à la mise en œuvre par Areva NC du procédé COEX à l'étranger.

## >> Ses membres

N.B. : le CEA est soumis aux dispositions de la loi n° 83-675 du 26 juillet 1983 relative à la démocratisation du secteur public (loi DSP) ; le mandat de l'ensemble des membres du Conseil est de cinq ans, de date à date, à compter du 21 juillet 2004.

## >> Représentants de l'État

- M. Alain Bugat, Administrateur général du CEA, Président ;
- M. Emmanuel Caquot, Chef du Service des industries manufacturières et des activités postales – Direction générale des entreprises – ministère de l'Économie, des Finances et de l'Emploi ;
- M. Gilles Bloch, Directeur général de la recherche et de l'innovation – ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche ;

- M. Henri Guillaume, Inspecteur général des finances – Inspection générale des finances – ministère de l'Économie, des Finances et de l'Emploi ;
- M. Guillaume Gaubert, Sous-Directeur à la 3<sup>e</sup> Sous-Direction – Direction du budget – ministère de l'Économie, des Finances et de l'Emploi ;
- M. Bruno Sainjon, Adjoint au Directeur des systèmes d'armes - Direction des systèmes d'armes – Délégation générale pour l'armement – ministère de la Défense ;
- M. Cyrille Vincent, Sous-Directeur de l'industrie nucléaire – Direction générale de l'énergie et des matières premières – ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables.

## >> Personnes nommées à qualité

- M. Bernard Bigot, Haut Commissaire à l'énergie atomique ;
- M. Francis Hardouin, Délégué régional à la recherche et à la technologie pour la région Aquitaine ;
- M. Albert Ollivier, Conseiller auprès du Secrétaire général – Caisse des dépôts et consignations ;
- M. Claude Jablon, ex-Directeur scientifique – Total ;
- M. Laurent Stricker, Conseiller du Président – Activités nucléaires – EDF.

## >> Représentants élus du personnel

- M. Paul Auguste, Ingénieur à la Direction de l'énergie nucléaire – CEA/Grenoble (CFDT) ;
- M. Jean-Charles Bellot, Ingénieur à la Direction des programmes/traitement et conditionnement des déchets – Cogema/La Hague (CFDT) ;
- Mlle Clarisse Bourdelle, Ingénieur à la Direction des sciences de la matière – CEA/Cadarache (CGT) ;
- Mme Martine Dozol, Ingénieur à la Direction de l'énergie nucléaire – CEA/Cadarache (FO) ;
- M. Dominique Ghaleb, Ingénieur à la Direction de l'énergie nucléaire – CEA/Valrhô-Marcoule (CGT) ;
- M. Bernard Verrey, Ingénieur à la Direction des applications militaires – CEA/Valduc (CFE-CGC).

## >> Assistent aux séances avec voix consultative

- M. Serge Perez, puis M. Christophe Lafon, Secrétaire du Comité national ;
- M. Jean-Marie Rossinot, membre du Service du contrôle général économique et financier.

## >> Secrétaire

- M. Jean-Michel Bouldoires, puis Mme Nathalie Moulet, Chef de service à la Direction juridique et du contentieux.

## >> Invités permanents

- M. Jean-Pierre Le Roux, Administrateur général adjoint.
- M. Olivier Caron, Directeur du Pôle stratégie et relations extérieures ;
- M. Olivier Pagezy, Directeur du Pôle gestion et systèmes d'information ;
- M. Jean-François Sornein, Directeur du Pôle ressources humaines et formation ;
- M. Marc Léger, Directeur juridique et du contentieux, Conseiller juridique auprès de l'Administrateur général.

## >> Les Centres CEA

- CEA Cadarache, Pôle nucléaire : Serge Durand, Directeur ;
- CEA Cesta, Pôle défense : Pierre Bouchet, Directeur ;
- CEA DAM-Île-de-France, Pôle défense : Christophe Behar, Directeur ;
- CEA Fontenay-aux-Roses, Pôle recherche fondamentale sciences du vivant : Roger Genet, Directeur ;
- CEA Grenoble, Pôle recherche technologique : Jean Therme, Directeur ;
- CEA Le Ripault, Pôle défense : Serge Dufort, Directeur ;
- CEA Saclay, Pôle recherche fondamentale sciences de la matière : Yves Caristan, Directeur ;
- CEA Valduc, Pôle défense : Régis Baudrillart, Directeur ;
- CEA Valrhô, Pôle nucléaire : Loïc Martin-Deidier, Directeur ;
- INSTN, Institut national des sciences et techniques nucléaires : Laurent Turpin, Directeur.

## LE COMITÉ D'AUDIT

### >> Ses missions

Mis en place en 2002, le Comité d'audit a pour missions :

- d'examiner du point de vue comptable et financier :
  - les projets de budget et de comptes annuels du CEA,
  - le projet de contrat pluriannuel avec l'État ainsi que le projet de plan stratégique,
  - le bilan du contrat avec l'État ;
- de réaliser des études ponctuelles à la demande du Conseil ou de sa propre initiative ;
- de contribuer à la définition des normes comptables, financières et déontologiques, compte tenu de la spécificité des règles applicables au CEA, et de s'assurer de la pertinence et de l'efficacité de ces normes ;
- de donner un avis au Conseil sur l'efficacité des procédures de contrôle interne ;
- de donner un avis au Conseil lors du renouvellement du mandat du commissaire aux comptes.

### >> Ses travaux en 2007

Le Comité d'audit s'est réuni pour sa part à quatre reprises et a procédé, notamment, à l'examen des points suivants :

- arrêté des comptes et rapport des commissaires aux comptes ;
- comptes consolidés du groupe CEA ;
- projet de budget annuel et révisions semestrielles ;
- projet de plan annuel d'audit.

### >> Ses membres

- M. Albert Ollivier ;
- M. Cyrille Vincent ;
- M. Guillaume Gaubert ;
- M. Dominique Ghaleb ;
- M. Paul Auguste ;
- M. Gilles Bloch, à partir du 20 juin 2007 ;
- M. Jean-Michel Bouldoires,  
puis Mme Nathalie Moulet, secrétaire.

### Invité permanent

- M. Jean-Marie Rossinot.

### Assistent aux réunions en tant que de besoin

- MM. Thierry Blanchetier et Laurent des Places,  
commissaires aux comptes.

## COMITÉS DE SUIVI DE LA COUVERTURE DES CHARGES D'ASSAINISSEMENT ET DE DÉMANTÈLEMENT DES INSTALLATIONS CIVILES ET DE DÉFENSE

Depuis la délibération du Conseil d'administration du 4 avril 2007, ils remplacent les Comités de surveillance qui avaient été créés en 2001 (civil) et 2004 (défense) et sont désormais placés au sein du Conseil d'administration.

Ils ont pour mission de contribuer au suivi du portefeuille d'actifs dédiés, constitué par le CEA pour couvrir les charges futures d'assainissement et de démantèlement des installations civiles et de défense de l'Établissement. À ce titre, ils proposent au Conseil d'administration le cadre d'une politique de constitution et de gestion des actifs de couverture, en respectant l'objet des actifs et les principes de prudence et de répartition des risques. Pour exercer leur mission, ils examinent chacun, pour avis :

- la Charte de gestion du Fonds dédié aux dépenses d'assainissement et de démantèlement des installations (civiles, pour l'un, et de défense, pour l'autre) ;
- le plan pluriannuel à 5 ans d'exécution des travaux d'assainissement et de démantèlement ainsi que le budget annuel ;
- les perspectives d'équilibre financier du fonds sur la totalité de sa durée de vie ;
- le devis des opérations couvertes par le Fonds et leur échéancier temporel ainsi que les incertitudes associées aux évaluations du passif ;
- les éventuelles évolutions du périmètre ;

- les comptes annuels du Fonds ;
- les modalités de constitution, de fonctionnement et de contrôle du Fonds ;
- la politique de gestion des actifs financiers du Fonds ;
- le dispositif de contrôle interne ;
- et, d'une façon générale, toutes questions relatives à l'application, par l'exploitant, des dispositions législatives et réglementaires relatives à la sécurisation du financement des charges nucléaires. Ils donnent un avis sur le rapport annuel d'activité et de gestion du Fonds, sur le rapport triennal relatif au financement des charges d'assainissement et de démantèlement, sur la note d'actualisation annuelle relative à ces charges ainsi que sur le rapport annuel relatif au contrôle interne du Fonds.

### >> Leurs travaux en 2007

Les Comités de surveillance se sont réunis pour la dernière fois le 21 mars 2007 pour examiner, notamment, les comptes de l'exercice 2006. Les Comités de suivi des Fonds dédiés civil et défense se sont réunis quatre fois à partir du 14 juin 2007. Ils ont notamment examiné les points suivants :

- analyse de l'exécution du budget 2007 ;
- rapport sur le contrôle interne ;
- rapport triennal relatif au financement des charges d'assainissement et de démantèlement ;
- projet de budget 2008 ;
- examen de la politique de gestion des actifs.

### >> Leurs membres

#### Comité de suivi de la couverture des charges d'assainissement et de démantèlement des installations civiles

- M. Henri Guillaume, Inspecteur général des finances, Président ;
- M. Philippe Jurgensen, Président de l'ACAM ;
- M. Guillaume Gaubert, Budget ;
- M. Cyrille Vincent, DGEMP ;
- M. Youenn Dupuis, Agence des participations de l'État, puis M. Rodolphe Chevalier ;
- M. Philippe Saint-Raymond, Conseil général des Mines ;
- M. Jean-Marie Rossinot, Mission du service du contrôle général économique et financier près le CEA ;
- M. Olivier Pagezy, Directeur financier CEA ;
- Mme Martine Dozol, ingénieur au CEA/Cadarache.

#### Comité de suivi de la couverture des charges d'assainissement et de démantèlement des installations de défense

- M. Henri Guillaume, Président ;
- M. Philippe Jurgensen, Président de l'ACAM ;
- M. Guillaume Gaubert, Budget ;
- M. Philippe Saint-Raymond, Conseil général des Mines ;
- M. Jean-Baptiste Gillet, ministère de la Défense ;
- M. Cyrille Vincent, DGEMP ;
- M. Frédéric Bioche, Mission du service du contrôle général économique et financier près le CEA ;
- M. Olivier Pagezy, Directeur financier CEA ;
- M. Bernard Verrey, ingénieur au CEA/Valduc.

## AUTRES INSTANCES

### >> Comité mixte Armées-CEA

Il examine les questions relatives à l'exécution des programmes nucléaires de défense, dont la responsabilité incombe au CEA, notamment sous leur aspect financier. Ses recommandations sont transmises au Conseil d'administration, au Premier ministre et aux ministres concernés.

### Membres Défense

- Président : Vice-amiral d'escadre Christian Pénillard, sous-chef plans à l'état-major des Armées ;
- IGA Dominique Monvoisin, Directeur de l'unité de management Nucléaire, Biologique et Chimique de la Direction des Systèmes d'Armes, DGA ;
- M. Jean-Baptiste Gillet, Directeur des affaires financières, ministère de la Défense.

### Membres CEA

- Vice-président : M. Daniel Verwaerde, Directeur des applications militaires ;
- M. Jean-Claude Petit, Directeur des programmes ;
- M. Olivier Pagezy, Directeur financier.



**Établissement public, le CEA veille à respecter les règles et bonnes pratiques de la gouvernance d'entreprise.**

### Membres avec voix consultative

- M. Frédéric Bioche, Contrôleur général des armées, représentant du chef de la Mission du service de contrôle général économique et financier près le CEA ;
- M. Pierre Chartagnac, Président des Comités de liaison ;
- M. Patrick Massicot, secrétaire ;
- M. Alain Angelié, secrétaire adjoint.

## COMITÉS, CONSEILS ET COMMISSIONS

(au 31 décembre 2007)

### COMITÉ DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**S'apparentant à un comité interministériel, le Comité de l'énergie atomique, dont le CEA assure le secrétariat, contribue principalement à la définition de la politique nucléaire de la France. Ses délibérations peuvent concerner directement les activités du CEA, comme celles de ses filiales nucléaires ou d'EDF ou de l'Andra.**

#### >> Président du Comité

Le Premier ministre ou un ministre ayant délégation et, à défaut, l'Administrateur général du CEA.

#### >> Membres de droit

- M. Alain Bugat, Administrateur général du CEA ;
- M. le général d'armée Jean-Louis Georgelin, chef d'état-major des Armées ;
- M. Philippe Faure, secrétaire général du ministère des Affaires étrangères ;
- M. François Lureau, Délégué général pour l'armement ;
- M. Christian Piotre, secrétaire général pour l'administration du ministère de la Défense ;
- M. Dominique Maillard, Directeur général de l'énergie et des matières premières ;
- M. Luc Rousseau, Directeur général des entreprises ;
- M. Philippe Josse, Directeur du budget ;
- M. Marcel Jurien de la Gravière, Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense ;
- M. Gilles Bloch, Directeur général de la recherche et de l'innovation ;
- Mme Catherine Brechignac, Présidente du Centre national de la recherche scientifique.

#### >> Personnalité choisie par le Premier ministre

- Mme Sophie Boissard, Directrice générale du Centre d'analyse stratégique.

#### >> Personnalité choisie par le ministre chargé de l'Environnement

- M. Jean-François Lacronique, Président de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.

#### >> Personnalités qualifiées dans le domaine scientifique et industriel

- M. Bernard Bigot, Haut Commissaire à l'énergie atomique ;
- M. Pierre Turq, professeur de chimie à l'Université Paris-VI ;
- M. Pierre Gadonneix, Président du Conseil d'administration d'EDF.

#### >> Assiste au Comité avec voix consultative

- Mme Anne-Dominique Fauvet, Chef de la Mission du service de contrôle général économique et financier près le CEA.

#### >> Assiste au Comité

- M. Jean-Pierre Le Roux, Administrateur général adjoint du CEA.

#### >> Secrétaire du Comité

- M. Jean-Claude Petit, Directeur des programmes du CEA.

### CONSEIL SCIENTIFIQUE

**Un Conseil scientifique assiste le Haut Commissaire à l'énergie atomique dans l'évaluation des activités de recherche du CEA et en proposant des orientations scientifiques.**

#### >> Président

- M. Bernard Bigot, Haut Commissaire à l'énergie atomique.

#### >> Personnalités extérieures :

- Hélène Bouchiat, CNRS/LPS, Orsay ;
- Marie Françoise Debreuille, AREVA NC, Paris ;
- Roland Douce, Université de Grenoble ;
- Bernard Dubuisson, DGA, Paris ;
- Olivier Joubert, CNRS, LTM, Grenoble ;
- Jean-Pierre Sauvage, Université de Strasbourg.

#### >> Membres du CEA :

- Elisabeth Bouchaud, DSM/Iramis ;
- Bernard Boullis, DEN/DDIN ;
- Hélène Burlat, DRT/LITEN ;
- Franck Carré, DEN/DDIN ;
- Denis Juraszek, DAM/DIF ;
- Vanina Ruhlmann-Kleider, DSM/Irfu.

#### >> Représentants du personnel :

- Jean-Pierre Bruhat, CGC – DAM/Dir ;
- Jean-Paul Crocombette, CGT – DEN/DMN ;
- Jean-Éric Ducret, CFDT – DSM/Irfu ;
- Mohamed Eid, CGT FO – DEN/DM2S ;
- Jean-Louis Gerstenmayer, CFTC – DRT ;
- Nicolas Parisot, SPAEN – DEN/DRSN.

### VISITING COMMITTEE

**À côté du Conseil scientifique, a été créé il y a six ans un Visiting Committee, constitué d'experts internationalement reconnus et chargé de fournir un point de vue sur les stratégies et les orientations de la recherche du CEA.**

- David Andelman, Université de Tel Aviv, Israël ;
- Giovanni Ciccotti, Université de Rome « La Sapienza », Italie ;
- Thomas Ebbesen, Université Louis Pasteur, Strasbourg ;
- Antoine Georges, École polytechnique, Palaiseau ;
- Serge Haroche, Collège de France, École Normale Supérieure, Paris ;
- Jacques Livage, Université Pierre et Marie Curie, Paris ;
- Krishnaswamy Ravi-Chandar, Université du Texas, Austin, USA ;
- Burton Richter, Prix Nobel 1976, Stanford Linear Accelerator Center, USA ;
- Marshall Stoneham, University College, Londres, UK ;
- Horst Stormer, Prix Nobel 1998, Université de Columbia, USA ;
- Sune Svanberg, Université de Lund, Suède.

### MISSION DU SERVICE DU CONTRÔLE GÉNÉRAL ÉCONOMIQUE ET FINANCIER PRÈS LE CEA

**Elle a pour mission de suivre la gestion financière et comptable de l'organisme. Composition :**

- Mme Anne-Dominique Fauvet, Chef de la Mission de contrôle ;
- M. Frédéric Bioche, Contrôleur général des Armées ;
- M. Tony Cavatorta, Administrateur civil hors classe ;
- M. Daniel Métayer, Contrôleur général d'État ;
- M. Jean-Marie Rossinot, Contrôleur général d'État.

### **Crédits photos**

Artechnique/CEA – P. Avavian/CEA – P. Bazoge/CEA – P. Brault/CEA – P. Dumas/CEA – C. Dupont/CEA – T. Foulon/CEA – P. Gentile/CEA  
L. Godart/CEA – A. Gonin/CEA – P. Lesenechal/CEA – L. Médard/CEA – A. Monot/Marine Nationale – C. Morel/CEA – C. Pichon, D. Aubert/CEA  
H. Raguét/Science&Avenir/CEA – F. Rhodes/CEA – P. Ruault – D. Sarraute/CEAP.Stroppa/CEA – F. Vigouroux/CEA – Phovoir – Photodisc  
CEA/Inserm – CEA.



Commissariat à l'énergie atomique

91191 Gif-sur-Yvette Cedex

[www.cea.fr](http://www cea fr)