

**15 332**  
salariés

Direction  
des applications  
militaires :  
**4 500**  
personnes

**97**  
nouvelles entreprises  
créées depuis 1984  
dans le secteur des  
hautes technologies

Direction  
des sciences  
du vivant :  
**1 053**  
personnes

Direction  
de la recherche  
technologique :  
**2 213**  
personnes

Direction  
des sciences  
de la matière :  
**2 335**  
personnes

Direction  
de l'énergie  
nucléaire :  
**4 495**  
personnes

**346**  
dépôts  
de brevets  
prioritaires

**3,3**  
milliards  
d'euros  
de budget

**9**  
centres  
de  
recherche

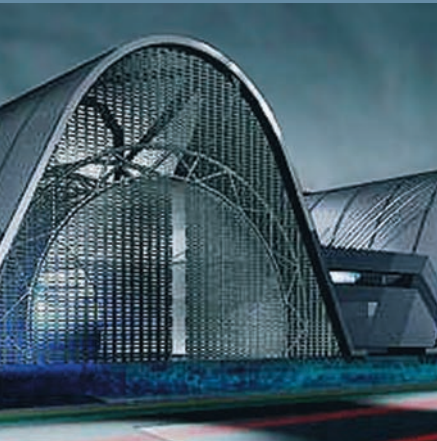
**65**  
laboratoires  
de recherche  
correspondants  
(LRC)

**65**  
unités mixtes  
de recherche  
(UMR)

**1 389**  
brevets prioritaires\*  
(ou inventions)  
délivrés et en vigueur  
en portefeuille



# 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 15 332 chercheurs et collaborateurs aux compétences internationalement reconnues, le CEA constitue une force d'expertise et de proposition 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.

\* Ce décompte est conforme aux usages internationaux en vigueur. Par ailleurs, l'Observatoire des sciences et des techniques (OST) a conduit une étude comparative (au 31/12/01) des principaux organismes publics de recherche, basée sur le décompte des brevets en vigueur (pas nécessairement prioritaires). Compte tenu des extensions à l'étranger (en moyenne 5 par brevet prioritaire), c'est un portefeuille de plus de 5 000 brevets que gère le CEA.

## > SOMMAIRE

- 2 AVANT-PROPOS DE L'ADMINISTRATEUR GÉNÉRAL
- 3 AVANT-PROPOS DU HAUT-COMMISSAIRE À L'ÉNERGIE ATOMIQUE
- 4 ORGANISATION DU CEA
- 10 DÉFENSE ET SÉCURITÉ  
CAHIER RECHERCHE DE BASE
- 16 ÉNERGIE  
CAHIER RECHERCHE FONDAMENTALE
- 24 TECHNOLOGIES POUR L'INFORMATION ET LA SANTÉ  
CAHIER RECHERCHE FONDAMENTALE
- 32 LES TRÈS GRANDS ÉQUIPEMENTS D'ACCUEIL
- 34 BILAN SCIENTIFIQUE
- 38 ACCOMPAGNEMENT DES PROGRAMMES





# AVANT-PROPOS DE L'ADMINISTRATEUR GÉNÉRAL



2006 ? Année exceptionnelle pour le CEA ! Non seulement l'organisme franchit une nouvelle étape de son tableau de marche, conforme au plan à moyen et long terme de 2004, et affirme son ambition de premier organisme de recherche technologique en Europe, mais il met en place les fondements de son développement futur.

Le tableau de marche, c'est d'abord et en dépit des fortes contraintes budgétaires, l'amélioration de nos performances en termes de sûreté et de sécurité, un niveau record

d'investissement à 572 millions d'euros, l'entrée en service d'infrastructures de recherche au meilleur niveau mondial, comme Minatec, NeuroSpin, Soleil, Ter@tec, ou incontournables pour un développement durable des activités nucléaires comme Cedra. C'est aussi un programme de démantèlement des anciennes installations nucléaires à maturité, aux plans financier, technique, contractuel comme au plan de la gouvernance ; plus de 450 millions d'euros de travaux en 2006. C'est enfin des gestes forts pour le fonctionnement de notre maison : la signature du Contrat d'objectifs avec l'État, le transfert du siège à Saclay en juin et l'engagement en novembre de la dernière étape du projet PEPS Management d'amélioration de la fluidité des processus et de l'efficacité.

La préparation du septième programme cadre de recherche et développement, le rôle primordial joué dans la préparation d'une plate-forme fission et dans la définition de la nouvelle politique énergétique européenne, l'accroissement significatif des ressources financières en provenance de l'Union européenne sont autant de marques de la place majeure du CEA dans le paysage de la recherche européenne. J'y ajouterai également le développement de partenariats privilégiés avec nos grands homologues européens, faisant émerger de véritables réseaux transnationaux complémentaires, par exemple dans les Nouvelles technologies de l'énergie (NTE) ou les technologies pour l'information.

Mais 2006 a vu aussi la préparation du développement futur. En France, le CEA s'est totalement approprié

les nouveaux outils de recherche mis en place par la loi ; RTRA, CTRS, Instituts Carnot, ANR, qui se sont ajoutés aux pôles de compétitivité. Nous sommes présents, et actifs, autour de nos centres comme au niveau national. Développement international avec la mise en place des représentations à Berlin et à Budapest et en préparation à Helsinki, New Delhi et Londres, avec un rôle accru dans le forum Génération IV, avec un soutien efficace au démarrage du projet ITER.

L'amélioration des synergies internes s'est traduite par la création de cinq programmes transversaux. Dans le domaine de la Défense, les jalons majeurs franchis par les programmes laser Mégajoule (LMJ), Tera ou TNA comme l'engagement, si important, du programme Barracuda de sous-marins d'attaque futurs, donnent une grande visibilité à la Direction des applications militaires.

Dans le domaine social, la modernisation de notre politique de ressources humaines a été entreprise. Jointe à une politique de rémunération que je souhaite la plus motivante possible dans les contraintes actuelles, elle nous permettra d'affronter les défis de demain et en particulier celui que représente la renaissance du nucléaire en termes de compétence et de formation.

Le dernier mot, peut-être le plus important, c'est celui de l'excellence. La qualité, l'originalité des résultats scientifiques et technologiques de l'année écoulée donnent un sens à tous les efforts entrepris et en sont la meilleure récompense.

**Alain Bugat**  
Administrateur général





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

**D**ès sa création, le CEA a fondé sa stratégie d'excellence scientifique et technologique au service des missions qui lui sont confiées, sur une double culture de recherche fondamentale et d'ingénierie de projet. L'ensemble des travaux ainsi conduits a permis de répondre avec un remarquable taux de succès aux objectifs assignés. Force est de constater la pertinence de cette alchimie qui permet au CEA, en coopération étroite avec de

prestigieuses institutions françaises et étrangères, de relever des défis toujours plus ambitieux. Ce rapport d'activité 2006 en témoigne brillamment. Le mérite en revient à tous les chercheurs, ingénieurs et techniciens du CEA à qui je souhaite rendre, cette année encore, un hommage appuyé. Les quelques exemples qui suivent illustrent l'excellence des travaux 2006. En matière nucléaire, le Président de la République a confié au CEA la responsabilité de la conception d'un prototype de réacteur à neutrons rapides avec des objectifs élevés en termes de sûreté, de compétitivité économique, d'opérabilité et de calendrier de déploiement. La mobilisation immédiate et le renforcement des équipes du CEA sur ce nouvel objectif ont permis d'identifier les pistes les plus prometteuses à explorer dans les prochaines années. En cohérence avec cet objectif, la nouvelle loi relative à la gestion durable des déchets radioactifs a intégré les avancées majeures obtenues en matière de conditionnement des déchets de haute activité, de séparation et de transmutation des actinides mineurs offrant ainsi une vision globale des technologies envisageables pour les réacteurs et les cycles de 4<sup>e</sup> génération, dans des conditions propres à répondre aux attentes les plus exigeantes de nos concitoyens.

En matière de fusion thermonucléaire, sur le chemin critique de la construction de ITER, l'avancée majeure de 2006 porte sur les matériaux supraconducteurs dont les performances requises sont aux limites des savoir-faire industriels actuels.

Les études pour les énergies non émettrices de gaz à effet de serre ont permis des progrès importants dans la gazéification de la biomasse en vue de produire du biodiesel de synthèse, dans la production de silicium à coût réduit destiné à des cellules photovoltaïques, et dans la production d'hydrogène par électrolyse haute température sans oublier le gain de fiabilité des piles à combustible.

La recherche dans le domaine des nanomatériaux est à la croisée de nombreuses technologies : dépistage des mutations de brins d'ADN sur puces, mise en évidence du comportement quantique d'un circuit électronique miniaturisé, interconnexion de transistors CMOS par des nanotubes de carbone...

S'appuyant sur les remarquables compétences en instrumentation des équipes du CEA, NeuroSpin est devenue l'infrastructure de référence en neuro-imagerie cérébrale.

Le calculateur Tera 10, en association avec la nouvelle machine du CCRT, dote le CEA d'équipements de calcul haute performance parmi les plus puissants d'Europe, aptes à traiter, comme cela n'avait jamais pu être fait, de multiples questions (simulation des armes, astrophysique, génomique, imagerie des tumeurs, climatologie, matériaux...).

Ces résultats, j'en suis convaincu, sont des étapes essentielles qui préparent notre pays à faire face aux défis de ce siècle.

**Bernard Bigot**

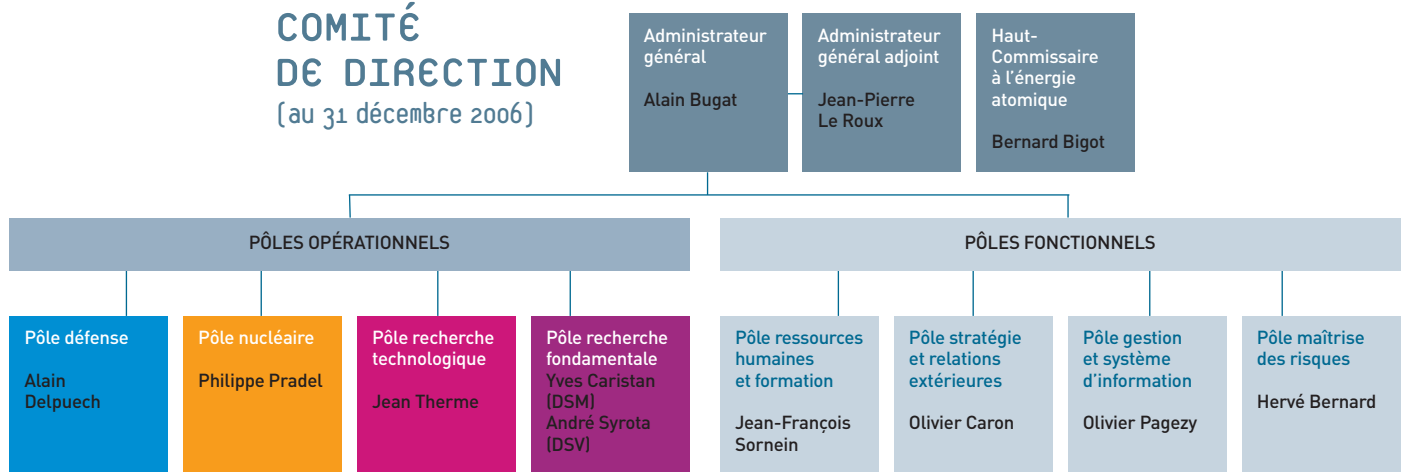
Haut-Commissaire à l'énergie atomique





# ORGANISATION DU CEA

## COMITÉ DE DIRECTION (au 31 décembre 2006)



## GOVERNANCE D'ENTREPRISE (au 31 décembre 2006)

### 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.

### Gouvernance 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, ainsi que le rapport annuel d'activité et de

gestion sont soumis à son approbation. Il approuve également les programmes de recherche du CEA et les budgets nécessaires à leur réalisation.

### ses travaux en 2006

Au cours des huit séances intervenues durant l'année 2006, le Conseil d'administration a adopté, par voie de délibération, plusieurs décisions et orientations importantes :

- transfert du siège à Saclay,
- contrat d'objectifs Etat-CEA 2006-2009,
- création de l'Agence ITER-France,
- création des directions de programme transversal ou d'objectifs transversaux,
- échange de propriétés immobilières Pierrelatte-Marcoule,
- participation du CEA à différentes fondations de coopération scientifique.

Il a, en outre, été informé de l'évolution de projets scientifiques et techniques majeurs :

- projet d'Institut de chimie séparative de Marcoule (ICSM),
- segment de programmes « Imagerie fonctionnelle et médecine nucléaire »,
- segment de programmes « Sciences du climat et de l'environnement »,
- projet d'aimant IRM à Haut Champ Corps Entier « Inumac ».

### 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 5 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'Industrie
- M. Gilles Bloch, Directeur général de la recherche et de l'innovation - ministère délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche - ministère de l'Éducation nationale, 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'Industrie

- 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'Industrie
- M. Bruno Sainjon, Chef du Service des programmes nucléaires et des missiles - Direction des systèmes d'armes - Délégation générale pour l'armement
- M. Cyrille Vincent, Sous-directeur de l'Industrie nucléaire - Direction générale de l'énergie et des matières premières - ministère délégué à l'Industrie - ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie.

### 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, Président-directeur général de CDC PME
- M. Claude Jablon, Directeur scientifique - Total
- M. Laurent Stricker, Directeur délégué de la Production ingénierie - 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 - Assistante à la Direction du 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).

### assistants aux séances avec voix consultative

- M. Serge Perez, Secrétaire du Comité national
- M. Jean-Marie Rossinot, Membre du corps du contrôle général économique et financier.

### secrétaire

- M. Jean-Michel Bouldoires, 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 Béhar, Directeur
- CEA Fontenay-aux-Roses, Pôle recherche fondamentale sciences du vivant : Maurice Mazière, 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 : Robert Isnard, 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 2006

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,
- projet de budget annuel et révisions semestrielles,
- projet de plan annuel d'audit.

### ses membres

- M. Albert Ollivier
- Mme Florence Fouquet puis M. Cyrille Vincent
- M. Guillaume Gaubert
- M. Dominique Ghaleb
- M. Paul Auguste
- M. Jean-Michel Bouldoires, 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.

## deux comités de surveillance indépendants

pour contrôler la gestion des Fonds dédiés aux dépenses à long terme d'assainissement-démantèlement.

Les fonds civils et défense sont gérés par application d'une charte de gestion spécifique.

### 1 - comité de surveillance du fonds dédié au financement des dépenses d'assainissement-démantèlement des centres civils

#### ses missions

Créé en 2001 et doté d'un Comité de surveillance composé d'administrateurs ou de personnalités

externes, ce Comité a pour missions :

- d'examiner le plan pluriannuel d'exécution des travaux et le budget annuel des dépenses,
- d'examiner les comptes annuels du Fonds,
- de formuler des avis sur la politique de gestion des actifs financiers du Fonds proposée par le CEA.

### ses travaux en 2006

Le Comité de surveillance du fonds civil s'est réuni quatre fois. Il a notamment examiné les points suivants :

- examen des comptes 2005,
- analyse de l'exécution du budget 2006,
- examen de la politique de gestion des actifs.

### ses membres

- 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
- 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, Secrétaire

### 2 - comité de surveillance du fonds dédié au financement des dépenses d'assainissement-démantèlement des installations de Marcoule et Pierrelatte

#### ses missions

Le fonds défense a été créé en novembre 2004 et s'appuie sur un Comité de surveillance propre, dont les missions sont identiques à celles du Comité de surveillance du fonds civil. Il a reçu ses premières allocations des contributeurs du programme CODEM en décembre de la même année.

### ses travaux en 2006

Le Comité de surveillance du Fonds dédié au financement des dépenses d'assainissement-démantèlement s'est réuni quatre fois. Il a notamment examiné les points suivants :

- examen des comptes 2005,

- analyse de l'exécution du budget 2006,
- examen de la politique de gestion des actifs.

### ses membres

- 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, secrétaire.

### autres instances

#### comité mixte Armées-CEA

Le Comité mixte Armées-CEA 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.

#### Membres Défense

- Président : Vice-amiral d'escadre Christian Penillard, sous-chef plans à l'État-major des Armées
- IGA Dominique Monvoisin, Sous-directeur des affaires nucléaires, biologiques et chimiques à la DGA/Service des programmes nucléaires
- M. Jean-Baptiste Gillet, Directeur des affaires financières, ministère de la Défense.

#### Membres CEA

- Vice-président : M. Alain Delpuech, Directeur des applications militaires
- M. Jean-Claude Petit, Directeur des programmes
- M. Olivier Pagezy, Directeur financier.

#### 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
- Secrétaire M. Patrick Massicot
- Secrétaire-adjoint M. Alain Angélie.



# COMITÉS, CONSEILS ET COMMISSIONS (AU 31 DÉCEMBRE 2006)

## 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 Sécurité 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 radio-protection et de sûreté nucléaire.

### personnalités qualifiées dans le domaine scienti- fique 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 du 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

- M. Augustin Martinez, CNRS/LAAS, Toulouse
- Daniel Louvard, Institut Curie, Paris
- André Pineau, Ecole des Mines, Evry
- Pierre Guillon, DGA, Paris
- Patrick Le Tallec, Ecole Polytechnique
- Henri Van Damme, ESPCI, Paris
- Claude Detraz, CERN, Genève

### membres du cca

- M. Roger Balian, DSM/SPHT
- Jean-Frédéric Clerc, DRT/DPSE
- Jean Jouzel, DSM/LSCE
- Charles Madic, DEN/Dir
- André Menez, DSV/DIR
- Massimo Salvatores, DEN/DIR.

### représentants du personnel

- Jean-Pierre Bruhat, CFE-CGC – DAM/Dir
- Gilles Cohen-Tannoudji, CGT – DSM/Dir
- Jean-Eric Ducret, CFDT – DSM/Dapnia
- 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. Le Visiting Committee est chargé de fournir un point de vue sur les stratégies et les orientations de la recherche du CEA.

### Membres permanents

- M. Serge Haroche, Collège de France, Ecole normale supérieure
- Michel Lazdunski, Médaille d'or du CNRS 2000, CNRS
- Nicole Le Douarin, Collège de France, CNRS
- Jean-Marie Lehn, Prix Nobel 1987, Université Louis Pasteur
- Pierre-Louis Lions, Médaille Fields 1994, Université Paris Dauphine
- Burton Richter, Prix Nobel 1976, Stanford Linear Accelerator Center USA
- Horst Stormer, Prix Nobel 1998, Columbia University, USA.

### Membres invités

- Joachim Luther, Prix Becquerel 2005, Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg, Allemagne
- Antony Kucernak, Imperial College, Londres, UK
- Roland Douce, Université Joseph Fourier, Grenoble.

## mission du service du contrôle général économique et financier près le cca

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

- Mme Anne-Dominique Fauvet, Chef de la Mission de contrôle
- M. Frédéric Bioche, Contrôleur général des Armées
- M. Tony Cavatorta, Contrôleur général des Armées
- M. Jean-Marie Rossinot, Contrôleur général d'État.



# FAITS MARQUANTS

a. Sous-marin nucléaire d'attaque.

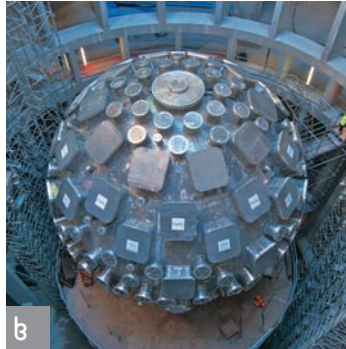
b. Arrivée de la chambre d'expériences du laser Mégajoule.

c. Dessin d'un réacteur RNR-Sodium.

## DÉFENSE ET SÉCURITÉ

### Direction des applications militaires (DAM)

- Le 4 juillet, les collectivités territoriales (région Centre, département d'Indre-et-Loire, communauté de communes du Val d'Indre et de la confluence), le CEA, les universités d'Orléans et François Rabelais de Tours, ainsi que les entreprises partenaires (Dalkia, Ullit et Raigi) ont signé **une convention de création d'un pôle d'excellence** dans les domaines du génie des matériaux et des énergies. Baptisé « ALHyance innovation », il constitue une nouvelle zone d'activité au Ripault.
- **Le lancement du programme Barracuda** de sous-marins nucléaires d'attaque (SNA) est effectif depuis le 22 décembre 2006. Cette réalisation englobe le développement, la qualification et la construction de six sous-marins ainsi que les premières années de maintien en condition opérationnelle. Ce marché a été notifié aux deux industriels DCN et Areva TA, en cotraitance. La Délégation générale pour l'armement (DGA) et le CEA sont associés au sein d'une maîtrise d'ouvrage commune.



Ce programme répond au besoin de la Marine nationale de disposer de sous-marins nucléaires d'attaque aux performances accrues, notamment en termes de discrétion acoustique et de système d'armes embarqué (missiles de croisière).

- Le 29 novembre 2006, **la chambre d'expériences du laser Mégajoule (LMJ)** - une sphère en aluminium de 10 mètres de diamètre et 140 tonnes - **a été introduite dans le bâtiment LMJ.** Elle a été mise en place avec succès sur son piédestal, au centre du hall d'expériences de la future installation du CEA en cours de construction sur le site du Cesta. Cette opération constitue une étape majeure de la réalisation du laser Mégajoule, outil expérimental du programme Simulation destiné à garantir la fiabilité et la sûreté des armes nucléaires.

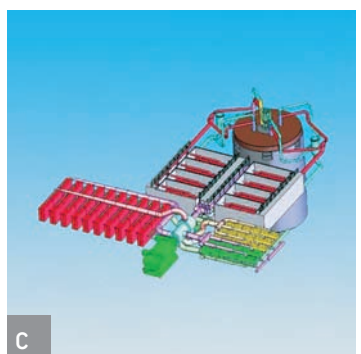
## ÉNERGIE

### Direction de l'énergie nucléaire (DEN)

- **La dernière version du code de neutronique APOLLO-2** a été mise à la disposition des équipes d'Areva NP et d'EDF. Cette version majeure est le résultat d'une collaboration étroite Areva-CEA dans le cadre du projet Convergence

(initié en 2001). Ces travaux visent à proposer une plate-forme unique d'outils de calcul pour les Réacteurs à eau sous pression (REP) et les Réacteurs à eau bouillante (REB), et ceci pour les trois régions d'Areva NP (France, Allemagne, États-Unis). Elle sera à la base du système de neutronique d'Areva NP pour la modélisation des REP et des REB dans les quinze prochaines années.

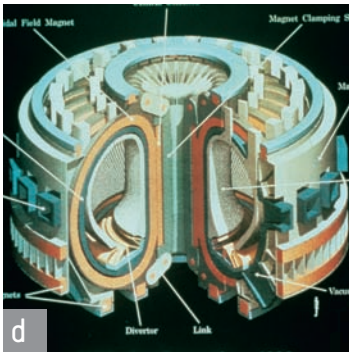
- **Six accords bilatéraux ont été signés entre le CEA et ses partenaires** (EDF, Areva, NRI/République tchèque, CIEMAT/Espagne, VTT/Finlande et SCK-CEN/Belgique) afin de finaliser le financement du RJH, suivi par un accord spécifique avec la Commission européenne.
- L'année 2006 a été décisive **pour définir les programmes d'étude et de recherche sur les deux filières suivantes :**
  - Pour le **RNR-Na**, des premiers dessins de cœur ont été effectués pour réduire l'effet en réactivité d'une vidange du sodium et pour minimiser le recours aux couvertures fertiles propres à régénérer le plutonium ;
  - Pour le **RNR-G**, le choix d'un concept de référence de 2 400 MWth a pu être validé avec, en particulier, un cœur isogénérateur sans couverture.



## RECHERCHE FONDAMENTALE (ÉNERGIE)

### Direction des sciences du vivant (DSV)

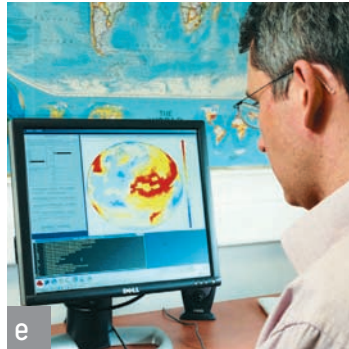
- **L'inhibition de la recombinaison homologue** - l'un des mécanismes de réparation des lésions générées sur l'ADN - a été démontrée en tant que facteur de régulation de l'efficacité de la mort cellulaire programmée.
- Une avancée capitale dans la guérison à long terme des effets secondaires de la radiothérapie vient d'être enfin obtenue. Ainsi, **un traitement contre les fibroses** (brevet CEA et AP-HP) s'est révélé concluant (essais cliniques phases II et III) en remettant en question l'irréversibilité des séquelles radio-induites.



### Direction des sciences de la matière (DSM)

- **Le traité international du projet ITER** a été signé le 20 novembre 2006. Il fixe le cadre juridique et financier de la coopération entre les sept partenaires : l'Union européenne, la Russie, la Chine, les États-Unis, le Japon, la Corée du Sud et l'Inde. ITER va permettre, à Cadarache, la construction du plus grand tokamak de fusion nucléaire, pour étudier la faisabilité scientifique et technologique d'un réacteur électrogène de fusion.
- Grâce à la dynamique internationale du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), de **nouvelles simulations** ont été réalisées et analysées. Ces expériences ont inclus le couplage entre le climat et les cycles biogéochimiques

(y compris celui du carbone interactif) avec un double objectif : quantifier l'amplification du changement climatique futur et caractériser les causes d'incertitude par rapport aux modèles de référence.



## TECHNOLOGIES POUR L'INFORMATION ET LA SANTÉ (TIS)

### Direction de la recherche technologique (DRT)

- Conformément aux prévisions, **Minatec a été inauguré**, mi-2006, avec notamment la mise en service du centre de nanocaractérisation, et l'installation opérationnelle des équipes dans les nouveaux locaux (bâtiment des hautes technologies, bâtiment des objets communicants et maison des micro-nanotechnologies).
- **Une convention a été signée entre trois partenaires de Digiteo Labs** (CEA, CNRS, École Polytechnique). Cet accord a pour objectif de constituer une Équipe de recherche commune (ERC) pour la modélisation et l'analyse de systèmes complexes (logiciel, matériel et environnement physique).

## RECHERCHE FONDAMENTALE (TIS)

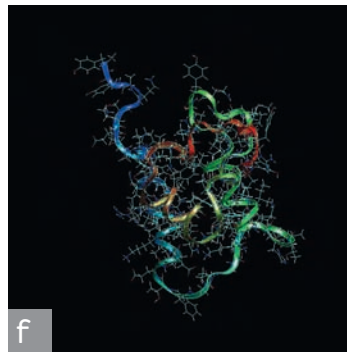
### Direction des sciences de la matière (DSM)

- Le CEA est **partie prenante dans deux RTRA** (Réseaux thématiques de recherche avancée)

concernant les nanosciences :  
 - le « Triangle de la physique » (complémentaire de System@tic et Medicen) sur les sites de Palaiseau-Orsay-Saclay,  
 - et « Nanosciences aux limites de la nanoélectronique » couplé avec Minatéc à Grenoble qui sera en interface des deux pôles de compétitivité Minalogic et Lyon Biopôle.

### Direction des sciences du vivant (DSV)

- Le CEA a conçu un **modèle permettant de prédire le comportement structural et dynamique des protéines dépliées** (sur la base de leur structure primaire). Ce modèle est actuellement utilisé pour comprendre l'importance de l'ordre et du désordre associés à deux molécules naturellement désordonnées et fortement impliquées dans le développement des maladies neurodégénératives.



d. Projet ITER qui sera implanté à Cadarache.

e. Modélisation de chimie atmosphérique.

f. Simulation numérique du dépliement de la protéine prion.

g. Laboratoire de nano-fabrication.





# > DÉFENSE & SÉCURITÉ

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



a

**D**

ans le domaine de la dissuasion nucléaire, le CEA joue un rôle central. Sa Direction des applications militaires (DAM) remplit deux missions essentielles :

- elle conçoit, fabrique et entretient les têtes nucléaires des missiles équipant les forces stratégiques océaniques et aéroportées ;
- elle est responsable de la conception, de la réalisation et de l'entretien des chaufferies des bâtiments à propulsion nucléaire de la Marine nationale (sous-marins et porte-avions).

En outre, depuis plusieurs années, le CEA contribue à la surveillance des traités internationaux ainsi qu'à la lutte contre la prolifération nucléaire et le terrorisme. Du fait de leur importance croissante, ces activités ont été placées en 2006 sous le pilotage d'une nouvelle direction d'objectifs transversaux.




b



c

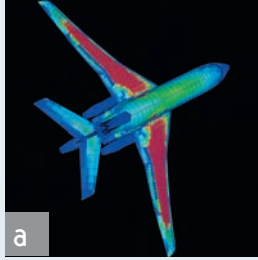




RECHERCHE  
DE BASE



# RECHERCHE DE BASE



a

## LES ARMES NUCLÉAIRES, OBJETS DE RECHERCHES AVANCÉES

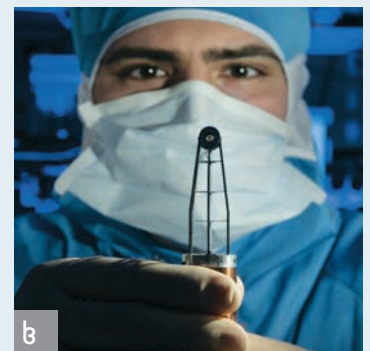
La Direction des applications militaires du CEA est responsable des recherches de base afférentes à ses missions en particulier dans les domaines spécifiques aux armes nucléaires (science des explosifs, comportement des matériaux sous forte sollicitation, plasmas, hydrodynamique radiative, lasers et neutronique...), ainsi que dans les domaines de la surveillance et de la lutte contre la prolifération (sismique, infrasons, transport des radionucléides, capteurs...).

### comportement et élaboration des matériaux: des réalisations importantes

En matière d'explosifs, le défi consiste à réaliser les meilleurs compromis entre performances énergétiques, fiabilité et stabilité face aux agressions thermiques et mécaniques et sûreté. Le contrôle et la connaissance du comportement de ces substances

lors de leur vieillissement est aussi un objectif essentiel. Ainsi, en 2006 le développement de nouveaux explosifs nanostructurés a permis de progresser dans la synthèse de ces matériaux.

Lors du fonctionnement d'une arme nucléaire, les matériaux qui la constituent sont soumis à des sollicitations extrêmes. C'est pourquoi l'extension des connaissances des équations d'état et des coefficients de transport (rayonnement, conduction thermique) fait l'objet de recherches importantes. Les approches théoriques et les simulations numériques mettent à profit les développements des codes de mécanique quantique et de dynamique moléculaire ainsi que les moyens de calcul de plus en plus puissants. Des méthodes multiéchelles - couplant le



b

microscopique, les échelles intermédiaires (dislocations, grains) et le macroscopique - aident notamment à expliquer les comportements dynamiques très complexes des matériaux. Par ailleurs, les développements technologiques actuels permettent de mieux maîtriser les procédés d'élaboration des matériaux et les traitements de surface. Par exemple, en 2006, des couches nanostructurées fonctionnalisées (revêtements aux propriétés spécifiques pour applications laser) et des systèmes submillimétriques de haute précision (cibles du laser Mégajoule) ont pu être réalisés.

### Des progrès multiples en physique de base, simulation et expérimentation

Le CEA a mené - le plus souvent en partenariat avec les autres grands organismes - des recherches continues dans les domaines de la physique nucléaire, atomique et des plasmas. Des expérimentations ont notamment mis en évidence les phénomènes de diffusion super-élastique de neutrons sur des noyaux de lutecium 177 préalablement excités, processus rare dans lequel le noyau fournit au neutron une partie de l'énergie stockée.

La mise en service, au cours de cette année de la machine Tera 10, a permis des simulations remarquables dans le cadre des grands challenges Ter@tec, portant en particulier sur le génome, l'imagerie du corps humain, l'aéronautique et les phénomènes de propagation atmosphérique.

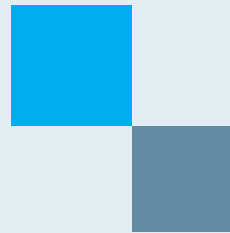
Les modèles numériques 3D ont fait progresser la description des écoulements hydrodynamiques de milieux diphasiques (liquide/gaz), où instabilités et turbulence sont intimement liées. Les récentes études effectuées sur l'interaction laser/matière - mêlant plusieurs domaines de physique et

différentes échelles d'espace et de temps - ont démontré que la fusion pourra être atteinte sur le laser Mégajoule (LMJ) en utilisant un nombre réduit de faisceaux. Ce constat est également dû aux avancées parallèles obtenues dans l'élaboration des cibles.

Actuellement, la recherche en mathématiques appliquées s'attache à fiabiliser les simulations. Dans cet objectif, le CEA s'est concentré sur l'évaluation des erreurs inhérentes aux méthodes de calcul et d'approximation, ainsi qu'à la sensibilité des résultats aux incertitudes liées aux paramètres d'entrée.

Dans le domaine des expériences laser, la propagation d'une impulsion laser femto-seconde dans l'atmosphère a été conçue par des physiciens de CEA DAM-Île-de-France et mise en œuvre, en mars 2006, au CEA Cesta.

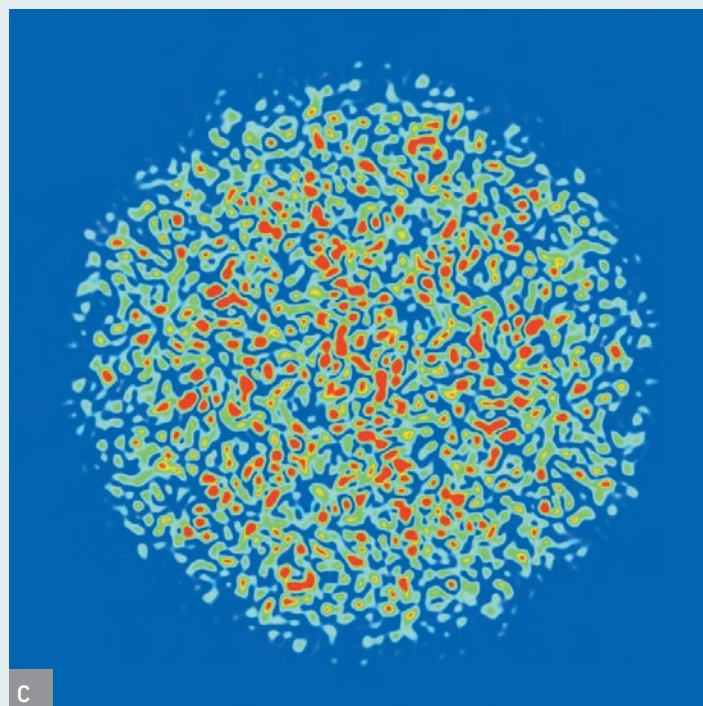
En juillet a eu lieu une campagne d'expérimentations ouvertes sur la Ligne d'intégration laser (LIL). Au-delà de son rôle de prototype du LMJ, cette installation est aujourd'hui dédiée à la recherche en physique des plasmas de haute densité d'énergie.

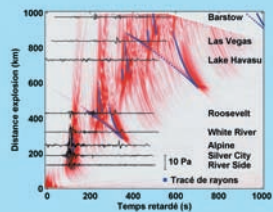


a. Simulation numérique appliquée à l'aéronautique.

b. Bâti d'assemblage des cibles préparées pour la LIL.

c. Simulation de la propagation d'un faisceau laser dans un plasma.

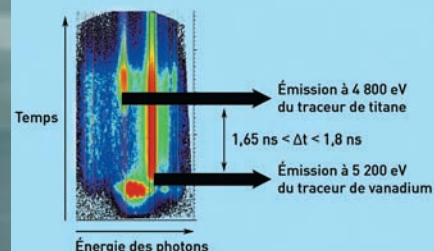




FOCUS SUR

## LE GRAND CHALLENGE DU CALCUL INTENSIF

En 1987, une expérience de détonation de 5 000 tonnes d'un mélange fuel-nitrate d'ammonium en surface du sol, avait eu lieu au Nouveau Mexique. À cette occasion, le CEA avait installé plusieurs stations d'enregistrement jusqu'à 1 000 km du point d'explosion, et mesuré les infrasons. En septembre 2006, la puissance du ordinateur Tera 10 a permis de réaliser une simulation détaillée de la propagation de ces ondes infrasonores dans l'atmosphère terrestre. Une comparaison précise entre la théorie (en rouge) et l'expérience (en noir) a pu ainsi être effectuée validant le code de calcul développé.



FOCUS SUR

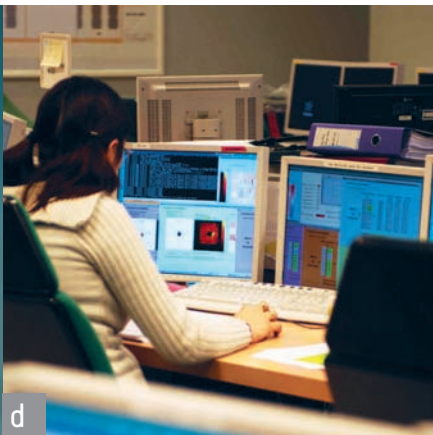
## EXPÉRIENCES OUVERTES SUR LA LIGNE D'INTÉGRATION LASER (LIL)

Sur proposition du Celia\*, une série d'expériences a été menée auprès de la LIL. Le CEA a effectué des mesures de flux de chaleur dans un plasma. Cela a permis de calculer la propagation d'une onde thermique induite par l'éclairement laser dans une cible solide. Cette opération a été réalisée dans des conditions comparables à celles prévues dans les cibles de fusion par confinement inertiel qui seront expérimentées sur le LMJ.

La propagation de l'onde thermique a pu être suivie grâce à l'observation des raies d'émission lumineuse de traceurs [vanadium ou titane]. La théorie de la conduction thermique électronique (phénomènes non linéaires et effets magnétiques) a ainsi été corroborée avec succès [PRL vol.98 sous presse].

\* Centre lasers intenses et applications.





d

## CHIFFRES CLÉS DE LA DIRECTION DES APPLICATIONS MILITAIRES (DAM)

4  
centres d'études



e

130  
doctorants  
et post-doctorants

FOCUS SUR

### MISE EN EXPLOITATION DE TERA 10

Début 2006, de nombreux tests de fonctionnement et d'adaptation de logiciels ont été effectués sur Tera 10. À la suite de ces opérations, le supercalculateur a été mis en exploitation. Il est à la disposition des utilisateurs pour des calculs réels au profit du programme Simulation ou pour d'autres applications nécessitant une grande puissance de calcul.

258  
brevets actifs,  
dont 31 déposés  
en 2006

FOCUS SUR

### TERA 10 CLASSÉ N°1 EN EUROPE AU TOP 500

Le supercalculateur Tera 10 a été classé n°1 en Europe par la 27<sup>e</sup> édition du Top 500, publiée le 28 juin 2006 au Salon international du calcul haute performance ISC2006 (International Super Computing) à Dresde en Allemagne.

a. Supercalculateur Tera 10, d'une puissance de 50 téraflops.

b. Chambre d'expériences de la Ligne d'intégration laser (LIL).

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

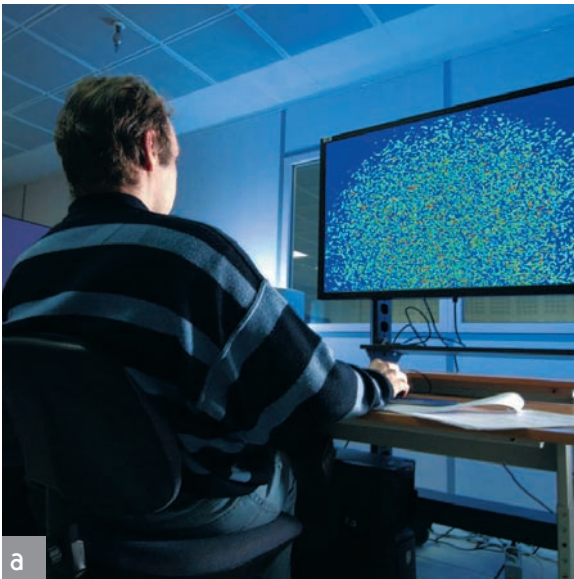
d. Poste de conduite de la Ligne d'intégration laser (LIL).

e. Simulation numérique.

f. Sous-marin nucléaire lanceur d'engins (SNLE).



f



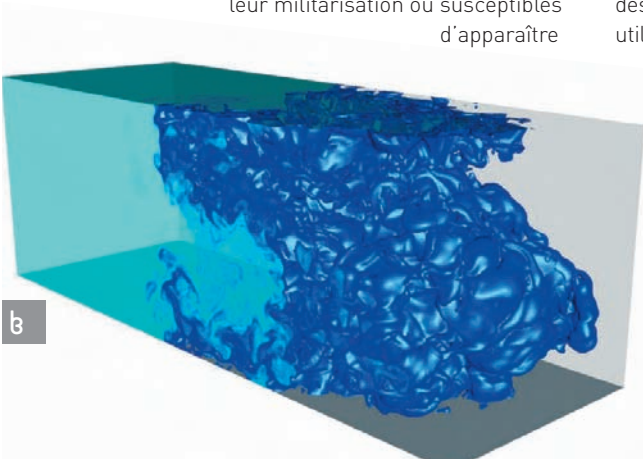
a



## LE PROGRAMME SIMULATION : PÉRENNITÉ DE LA DISSUASION SANS ESSAIS NUCLÉAIRES

Destiné à assurer le maintien à long terme d'une capacité de dissuasion fiable et sûre, le programme Simulation a été lancé en 1996, après l'arrêt définitif des essais nucléaires français.

Les têtes nucléaires, qui prendront la relève lors de la fin de vie des armes actuelles, doivent être garanties sans nouveaux essais. Elles font appel au concept de charges robustes, fondé sur un fonctionnement peu sensible aux variations technologiques et testé lors de l'ultime campagne d'essais en 1995-1996. Cependant, entre les charges expérimentées en Polynésie et celles équipant les armes futures, il y aura nécessairement des écarts dus à leur militarisation ou susceptibles d'apparaître



b

au cours de leur vie opérationnelle. Aussi, le programme Simulation a été construit et dimensionné pour garantir leur fonctionnement et leur sûreté en tenant compte de ces écarts. Son calendrier a été fixé pour que les spécialistes ayant connu les essais puissent transmettre leurs connaissances et apporter leur caution scientifique aux nouvelles équipes.

### une chaîne complète de logiciels...

L'épine dorsale du programme Simulation est une chaîne de logiciels qui permet de reproduire par le calcul, les différentes phases du fonctionnement d'une arme nucléaire. En l'absence d'essais, il est impératif d'avoir une modélisation détaillée et prédictive de tous les phénomènes physiques mis en jeu. Cela implique des travaux approfondis de physique de base et une augmentation importante de la puissance de calcul disponible. La puissance nécessaire est estimée à 500 téraflops (500 mille milliards d'opérations par seconde), soit 10 000 fois celle dont disposait la Direction des applications militaires (DAM) en 1996. En 2006, une étape importante a été franchie avec la mise en service du supercalculateur Tera 10 qui est actuellement une des machines les plus performantes d'Europe, avec une puissance crête de 50 téraflops.

### ... validée grâce à de puissants moyens expérimentaux

La garantie de fiabilité et de sûreté des armes passe par une validation des calculs. Celle-ci est obtenue en utilisant les résultats des essais nucléaires passés et de nouveaux moyens expérimentaux : la machine de radiographie Airix pour contrôler les phénomènes de la phase non nucléaire du fonctionnement, et le laser Mégajoule (LMJ), pour valider la phase nucléaire. En 2006, l'exploitation d'Airix à Moronvilliers s'est

poursuivie au rythme soutenu imposé par le calendrier du programme Simulation. Ainsi, les équipes de concepteurs d'armes ont pu disposer de résultats essentiels. Pour le LMJ, en construction sur le centre CEA Cesta, cette année a été marquée par l'achèvement des principaux chantiers de génie civil et la mise en place d'une sphère métallique de 10 m de diamètre (enceinte sous vide destinée à contenir la cible). Les premières expériences sont prévues fin 2012. Enfin, le retour d'expériences de la Ligne d'intégration laser (LIL), installation prototype du LMJ, et les progrès réalisés en modélisation ont permis des avancées significatives en conception des cibles pour la fusion. Un support de cible cryogénique, conçu et développé à la Direction des sciences de la matière, a été livré en 2006 au Cesta.



## DES MOYENS OUVERTS À LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE

Éléments clés du programme Simulation, les moyens numériques comme Tera 10 et expérimentaux comme le LMJ et la LIL constituent des réalisations exceptionnelles, du fait de leurs caractéristiques techniques et de leurs performances. Conformément à la politique d'ouverture approuvée en 2002 par le ministère de la Défense, ces moyens sont mis à la disposition de la communauté scientifique nationale et internationale.

### Ter@tec et La «Route des Lasers»

L'association Ter@tec réunit les acteurs de la recherche, de l'enseignement et de l'industrie, autour du

développement du calcul hautes performances. Soutenu par le Conseil général de l'Essonne, il a conduit à la création, en 2003, du Centre de calcul recherche et technologie (CCRT) du CEA dont les partenaires ont ainsi accès à des moyens de calcul et de traitement parmi les plus puissants au monde. Ter@tec est intégré au pôle de compétitivité System@tic Paris-Région, consacré aux logiciels et systèmes complexes. En 2006, 17 nouveaux partenaires - sur un total de 43 - ont rejoint le projet.

En parallèle, le programme de développement territorial « *Route des lasers* » fédère et élargit les activités scientifiques et industrielles autour



du LMJ. Dans ce cadre, le 8 juin 2006, la zone d'activités Laseris 1 a été inaugurée. Voisine du laser Mégajoule, Laseris 1 accueille aujourd'hui plusieurs entreprises comme Sagem, Thalès-Gérac et Elyo-Suez. D'autres implantations sont attendues dans les prochaines années, notamment le bâtiment de l'Institut Lasers et Plasmas (ILP), structure de coordination créée en 2003 et rassemblant 27 laboratoires français. L'ILP est le point d'entrée pour les expériences réalisées par la communauté scientifique nationale et européenne sur la LIL et le LMJ.

Par ailleurs, les études relatives au laser Pétawatt se sont poursuivies activement en 2006. Ce laser qui sera implanté sur la LIL, sous l'égide de la région Aquitaine, constituera un équipement unique au monde pour la recherche scientifique.



## TÊTES NUCLÉAIRES : LA RELÈVE SE PRÉPARE

À partir de 2009, les TN81 qui équipent actuellement les Forces aériennes stratégiques, seront remplacées par les TNA (Têtes nucléaires aéroportées). Aboutissement de plus de cinq ans de travaux théoriques et expérimentaux, le dossier de garantie de fonctionnement de la TNA a été finalisé en décembre 2006. Cette tête nucléaire sera la première au monde dont la sécurité et la fiabilité auront été démontrées sans essais nucléaires, à l'aide du programme Simulation.

Les études de définition de la Tête nucléaire océanique (TNO), destinée à succéder, à partir de 2015, à la TN75 actuellement en service, se sont poursuivies conformément au calendrier prévu.

Le 9 novembre 2006, le premier vol expérimental du missile stratégique M51 a été réalisé avec succès. Le M51, dont l'entrée en service est prévue en 2010, sera embarqué à bord des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins de nouvelle génération de la Force océanique stratégique. Lors de cet essai en vol, deux objets réalisés par le CEA dans le cadre des programmes TN75 et TNO, ont été embarqués sur le missile.



## LA PROPULSION NUCLÉAIRE

En tant que responsable des chaufferies nucléaires des bâtiments de la Marine nationale, le CEA/DAM a assuré en 2006 sa mission de soutien à la flotte en service. Rappelons que celle-ci est composée de 4 sous-marins lanceurs d'engins (SNLE) - dont 3 de nouvelle génération (NG) - de 6 sous-marins nucléaires d'attaque (SNA) et du porte-avions *Charles de Gaulle*. La réalisation de la chaufferie du 4<sup>e</sup> SNLE-NG, *Le Terrible*, s'est poursuivie cette année afin d'assurer sa mise en service en 2010. La fabrication de son cœur

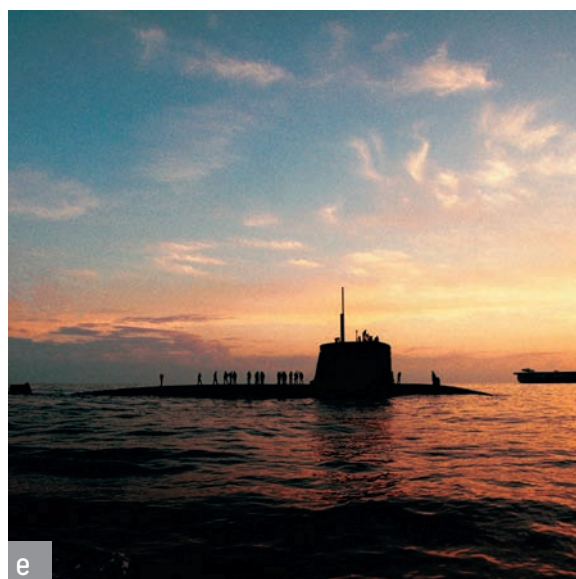
a. Mur d'images permettant la restitution visuelle des calculs de simulation.

b. Simulation numérique de turbulences à l'interface de deux milieux différents, dues à une onde de choc.

c. Arrivée de la sphère de la chambre d'expériences du laser Mégajoule.

d. Bâti d'assemblage des cibles préparées pour la LIL.

e. Sous-marin nucléaire lanceur d'engins.







est très avancée, son embarquement étant prévu en 2008.

Fin 2006, le marché pour le développement et la réalisation des 6 futurs SNA a été notifié aux industriels DCN et Areva TA. À partir de 2017, cette nouvelle génération – qui fait l'objet du programme *Barracuda* – remplacera la flotte actuelle. Parallèlement, la rénovation des installations d'essais à terre de la propulsion nucléaire s'est poursuivie à Cadarache, avec le programme RES (Réacteur d'essai) qui comprend deux modules : une piscine d'entreposage et d'examen des combustibles, ainsi que le réacteur équipé d'une instrumentation poussée. La piscine a été mise en service en 2005 et la première divergence du réacteur doit avoir lieu en 2010.

L'année 2006 a été marquée par la poursuite du chantier de génie civil du réacteur et la recette en usine de la cuve et du générateur de vapeur.



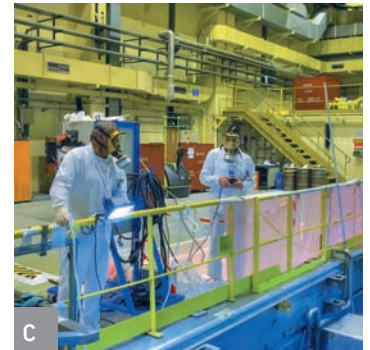
## LE DÉMANTÈLEMENT DES INSTALLATIONS DE LA VALLÉE DU RHÔNE

**Lancé en 1995, le programme de mise à l'arrêt définitif des installations de production d'uranium enrichi et de plutonium s'est poursuivi en 2006.**

À Marcoule, le CEA a assuré son double rôle de responsable du site et d'exploitant nucléaire, conformément à la réorganisation effectuée en 2005. Pour les installations G2-G3, l'objectif est de démanteler les blocs réacteurs, ce qui constituera la dernière étape du programme d'assainissement et de démantèlement.

Par ailleurs, les études de démolition des bâtiments de commande ont été lancées cette année afin de réaliser les travaux en 2008. Concernant la mise à l'arrêt des installations tritigènes Célestins et ATM, l'année 2006 a été consacrée à l'élaboration des opérations et au lancement de la phase de définition. L'objectif est de commencer la cessation définitive d'exploitation des réacteurs Célestins à la fin 2010.

À Pierrelatte, le CEA/DAM est resté maître d'ouvrage du programme Ardemu qui a avancé conformément au calendrier.



En décembre 2006, la dépose des groupes de diffusion et le traitement des barrières ont ainsi été achevés.



## LA LUTTE CONTRE LA PROLIFÉRATION ET LE CONTRÔLE DES TRAITÉS INTERNATIONAUX

Le CEA assure depuis de nombreuses années, principalement au travers de la Direction des applications militaires et de la Direction des relations internationales, une mission d'appui technique auprès des autorités nationales pour les questions de dissuasion, 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).



Ainsi, en 2006, les experts du CEA ont été fortement mobilisés sur les grands dossiers liés à la prolifération des armes nucléaires. Par ailleurs, grâce au travail effectué par la DAM, le ministre de la Défense a été un des premiers responsables des grandes puissances occidentales à annoncer que l'explosion du 9 octobre 2006 en Corée du Nord était de faible énergie et qu'il s'agissait probablement d'un échec.



d

Le CEA contribue également aux actions menées par la France en soutien aux instances internationales de contrôle, en particulier au travers :

- d'expertises techniques pour le compte de l'AIEA ;
- de la mise en œuvre de stations du Système de surveillance international (SSI) pour le compte

de l'OTICE (Organisation du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires).

Dans ce cadre, la nouvelle station des Îles Kerguelen pour la détection des radionucléides a été installée et certifiée. Sur les 24 stations que le CEA a sous sa responsabilité, 21 sont désormais installées et 16 d'entre elles ont déjà obtenu leur certification par l'OTICE.



## LA SÉCURITÉ GLOBALE ET LA LUTTE CONTRE LE TERRORISME

Le CEA est un acteur de la stratégie de prévention et de réponse aux nouvelles menaces susceptibles d'affecter la sécurité de notre pays, en particulier le terrorisme. Pour faire face à ces nouveaux enjeux, le CEA s'est doté en 2006 d'une Direction d'objectifs transversaux Sécurité et Non-Prolifération destinée à coordonner l'ensemble des projets. C'est dans ce cadre

que se situe le programme inter-ministériel de recherche et développement confié au CEA en 2005 et visant à mettre au point les briques technologiques indispensables pour la prise en compte des menaces NRBC et E (nucléaire, radiologique, bactériologique, chimique et explosif). Ce programme, mené en cohérence avec les actions engagées par le ministère de la Défense - via une cellule de pilotage exécutive CEA-DGA -, implique l'ensemble des pôles du CEA et de nombreux laboratoires extérieurs.

En 2006, des avancées importantes ont été réalisées dans tous les domaines, avec en particulier :

- le développement d'une balise de détection radiologique d'objets en mouvement, testée sur des piétons et des véhicules ;
- et une démonstration réussie de détection d'agents pathogènes sur puces.

a. Porte-avions Charles de Gaulle.

b. Chantier de construction du RES.

c. Scène de démantèlement à Marcoule.

d. Préparation d'échantillons en vue d'une analyse radiochimique.

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



e

Le CEA est un acteur de la stratégie de prévention et de réponse aux nouvelles menaces susceptibles d'affecter la sécurité de notre pays, comme le terrorisme

# > ÉNERGIE

L'énergie nucléaire  
de fission et de  
fusion et les autres  
technologies  
non productrices  
de gaz à effet  
de serre



a

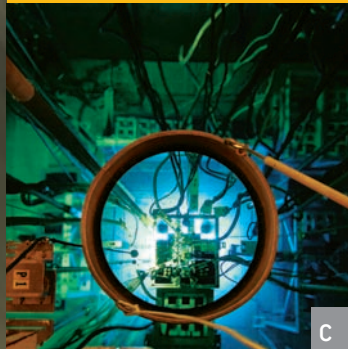


Le domaine d'activité  
Énergie recouvre six  
champs d'investigation  
et d'innovation dans

lesquels le CEA est un acteur majeur  
et responsable qui agit en faveur  
d'un environnement meilleur.  
Ses missions consistent à tirer  
le meilleur parti du nucléaire et à  
développer de nouvelles technologies  
alternatives.



b



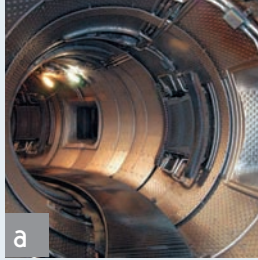
c

# > RECHERCHE FONDAMENTALE

LA RECHERCHE FONDAMENTALE  
D'EXCELLENCE EN SCIENCES  
DE LA MATIÈRE ET DU VIVANT  
CONSTITUE LE SOCLE DE LA  
RECHERCHE TECHNOLOGIQUE  
DANS LE DOMAINE DE L'ÉNERGIE



# DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE



a

## FUSION NUCLÉAIRE CONTRÔLÉE

La fusion nucléaire par confinement magnétique offre des perspectives à long terme de production d'énergie, cohérentes avec l'exigence de développement durable. Ce programme interdisciplinaire et international, mené par le Département de recherche sur la fusion contrôlée (DRFC), repose sur l'exploitation du tokamak Tore Supra à Cadarache, la participation à de nombreuses expériences

scientifiques au Jet, machine européenne implantée en Angleterre, et la préparation du projet ITER.

Concernant Tore Supra, cette installation a enregistré, sur l'ensemble de l'année 2006, deux records : une disponibilité de l'ordre de 75 % et un total d'énergie injectée supérieur à 50 GJ.

## SCIENCES DU CLIMAT ET DE L'ENVIRONNEMENT

Le CEA oriente ses recherches sur la variabilité du système climatique et sa vulnérabilité. Ces études sont dirigées par le Laboratoire sur les sciences du climat et de l'environnement (LSCE), centre d'excellence en mesures isotopiques et d'expertise en

FOCUS SUR

### TURBULENCE EN 5D...

Modéliser un plasma dans un tokamak en fusion est complexe. De très nombreux paramètres sont à prendre en compte, dont la taille extrêmement réduite des éléments et le nombre des turbulences. Dans le cadre d'un projet « Grand Challenge », cette modélisation à cinq dimensions a été réalisée sur le supercalculateur Tera 10 à l'aide du code gyrocinétique GYSELA (GYrokinetic SEmi-LAgrangian), nécessitant 3 jours de calculs et 64 processeurs.

FOCUS SUR

### LA SIGNATURE D'ITER

Le 21 novembre 2006, l'accord international ITER entre les sept partenaires a été signé à Paris. La future machine sera implantée à Cadarache.



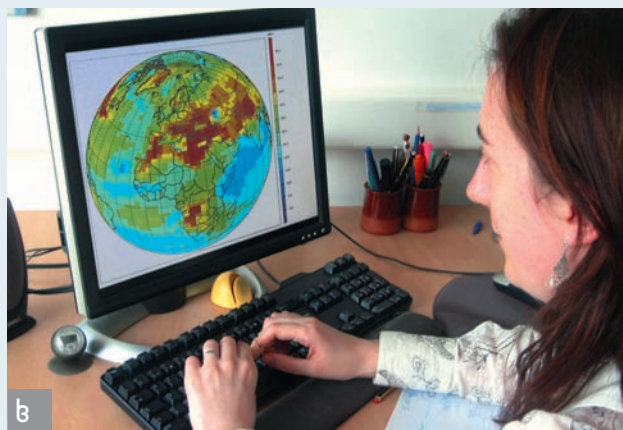
campagnes de terrain, au sein d'un ensemble régional plus large sur cette thématique, l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL).

## L'évolution climatique en observation

En paléoclimatologie continentale, le travail de carottage dans les lacs d'Annecy, d'Ammersee, d'Iseo, d'Idro, de Mondsee et Jezioro Hancz a été finalisé dans le cadre du projet ESF Declakes. Cette expérimentation vise à caractériser la variabilité climatique à l'échelle décennale au cours de l'holocène (époque géologique de ces 10 000 dernières années) sur le pourtour des Alpes.

## À la découverte des cycles biogéochimiques...

L'action « réseau carbone » a été initiée. Elle doit fournir les mesures des gaz atmosphériques intervenant systématiquement dans le cycle du carbone. Ces informations seront obtenues grâce à l'acquisition des stations du réseau Ramces et à son extension, ainsi que grâce au nouvel instrument Caribou, une station de mesure de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'air réalisé par le Département d'astrophysique, de physique des particules, de physique nucléaire et de l'instrumentation associée (Dapnia) au CEA.



## L'analyse de l'ère anthropocène

Les simulations réalisées à l'IPSL, dont fait partie le LSCE, ont été analysées pour le 4<sup>e</sup> rapport du GIEC. Le modèle tridimensionnel (étude des changements de caractéristiques de la variabilité tropicale, étude du rôle de la circulation thermohaline) de l'IPSL inclut une représentation de la fonte des glaciers, ayant un effet direct sur le flux d'eau douce, sur l'océan puis, par conséquent, sur le climat. Les résultats ont montré que le ralentissement de la circulation thermohaline permet un ralentissement du réchauffement climatique sur l'océan Atlantique nord et l'Arctique. Une première quantification des rétroactions liées aux interactions entre l'atmosphère, l'océan et la glace de mer a été fournie.

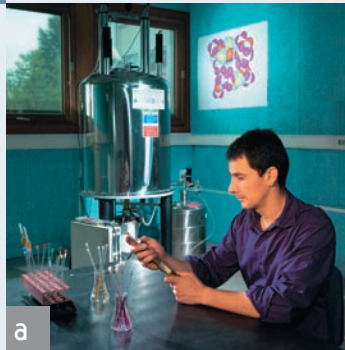
a. Intérieur du tokamak Tore Supra.

b. Simulation numérique en climatologie.

FOCUS SUR

## 23 NOUVELLES STATIONS DE CAROTTAGE

Dans le cadre de la campagne océanographique Marco Polo 2, un ensemble de vingt-trois stations de carottage a été réalisé depuis la côte chinoise jusqu'au sud de Mindanao (île méridionale des Philippines). Il a pour but de reconstituer les changements du régime de mousson au cours des derniers cycles climatiques et de définir le rôle des modifications de niveaux marins sur la redistribution des grands courants océaniques.



## CHIMIE ET INTERACTIONS RAYONNEMENT-MATIÈRE

Ces programmes, menés le plus souvent en collaboration avec le CNRS dans des laboratoires mixtes ou associés, se situent en amont des recherches sur le nucléaire.

Les principales réalisations 2006 sont les suivantes :

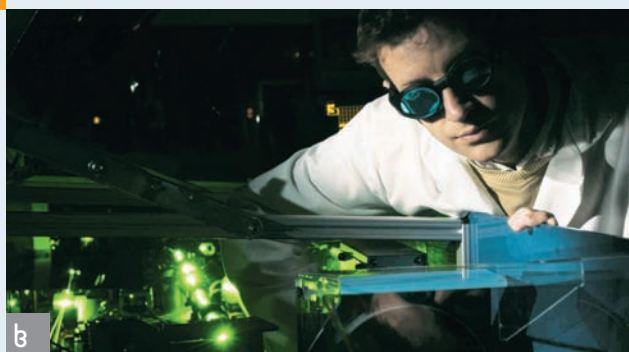
- la synthèse d'une molécule organique utilisable, soit en agent de contraste en imagerie par résonance magnétique (IRM), soit en marqueur luminescent selon la nature du lanthanide complexé ;
- le laser à Ultra-haute intensité (UH110) au Département de

recherche sur l'état condensé, les atomes et les molécules (Drecom) a servi à produire des faisceaux d'électrons de haute énergie ( $\rightarrow$  50 MeV) par interaction laser-gaz, ce qui a permis d'engendrer des réactions photo-nucléaires sur des cibles d'or. Ces recherches sont réalisées dans le cadre des démonstrations de la transmutation et des études de cinétique rapide ;

- un détecteur de neutrons a été réalisé et installé au sein de la cible de spallation (en métal liquide, plomb et bismuth). Cette expérience internationale Megapie, impliquant le Dapnia, vise à étudier les capacités d'incinération des actinides mineurs.

## LOIS FONDAMENTALES DE L'UNIVERS

Le CEA a pour mission d'apporter ses compétences scientifiques et techniques à la compréhension de la matière et de son organisation, à l'échelle des particules élémentaires comme à celle de l'Univers. Elles permettent à la France d'être présente au meilleur niveau scientifique international et bénéficient de la complémentarité des compétences chercheur-ingénieur qui est à la base des activités du CEA.





C

a. Préparation d'échantillons pour l'analyse structurale de molécules organiques et inorganiques par résonance magnétique nucléaire (RMN) à 400 MHz.

b. Étireur optique et étages amplificateurs de l'installation laser 10 TW de Saclay (UH110).

c. Détecteur cryogénique utilisé dans l'expérience Edelweiss.

## La physique des particules : pour voir la « matière noire »

Le 31 mars 2006, dans le laboratoire souterrain de Modane, l'expérience Edelweiss II a été inaugurée. Elle vise à mettre en évidence l'existence de wimps (Weakly Interacting Massive Particules), qui pourraient constituer une partie de la matière noire, par une détection bolométrique (de chaleur).

## L'astrophysique, rayonnement cosmique de haute énergie

Au sein de l'observatoire international HESS, le CEA a effectué la mesure précise de l'intensité et de la répartition énergétique des rayons gamma de très haute énergie en provenance de nuages de gaz géants. Il a ainsi été démontré que les rayons cosmiques sont bien plus nombreux et plus énergétiques au centre de la Voie Lactée qu'à proximité de la Terre. En 2006 également, le CEA a réalisé sur ses calculateurs, des simulations numériques qui ont pu expliquer la structuration particulière de la galaxie d'Andromède, formée d'anneaux concentriques résultant d'une collision avec une autre galaxie.

FOCUS SUR

### LANCEMENT DE DOUBLE CHOOZ

La première phase du projet Double Chooz d'étude des neutrinos a été lancée. Deux détecteurs identiques doivent être placés près de la centrale nucléaire de Chooz (Ardennes), à des distances différentes des réacteurs pour pouvoir mesurer avec précision le changement de nature des neutrinos qu'on appelle « oscillation ». Ces particules sont très difficiles à détecter.

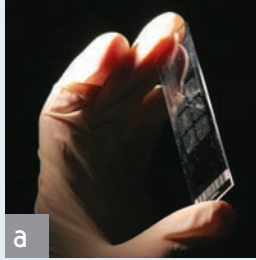
FOCUS SUR

### EXPÉRIENCE ATLAS AU CERN

Un courant de 21 000 ampères a été injecté, avec succès, le 9 novembre 2006 dans les 8 bobines de l'aimant Atlas, soit 500 ampères de plus que le courant nécessaire pour produire le champ magnétique prévu. Le système d'alignement du spectromètre a fonctionné avec précision sous la responsabilité du Dapnia et des trajectoires de muons cosmiques, courbées par le champ magnétique, ont été reconstruites grâce aux logiciels développés au Dapnia.



# DIRECTION DES SCIENCES DU VIVANT



a

## RADIOBIOLOGIE- TOXICOLOGIE NUCLÉAIRE : PLUSIEURS PAS EN AVANT

Les recherches en radiobiologie et toxicologie nucléaire constituent le fondement d'une évaluation scientifique des risques liés aux rayonnements ionisants. Ils contribuent à l'évaluation des risques à court et long termes et par là même, participent à l'élaboration de la réglementation internationale sur le nucléaire.

## radiobiologie : de la connaissance des mécanismes aux nouveaux traitements

La radiobiologie permet de mieux comprendre les effets des rayonnements aux différents niveaux d'organisation du vivant. Les recherches en la matière s'appuient sur les outils de la génomique fonctionnelle et structurale, couplés aux autres méthodes d'analyse à haut débit, à la protéomique, à la RMN, ou encore à l'imagerie. Ces approches fournissent des méthodes de comparaison adaptées en fonction des doses reçues.

L'année 2006 a été importante dans le domaine de la caractérisation des mécanismes moléculaires en réponse à une exposition aux rayonnements :

- les mécanismes intimes d'élimination des radicaux superoxydés ont été identifiés ;
- l'utilisation d'approches globales à grande échelle (puces à ADN et comparaison de l'expression des gènes) a permis d'identifier plus de cinquante gènes différemment exprimés dans les cellules souches ;



b





d

- enfin, une avancée capitale a pu être obtenue pour le traitement à long terme des effets secondaires de la radiothérapie, avec la mise au point d'un traitement efficace contre les fibroses, validé cliniquement, lequel remet en cause l'irréversibilité des séquelles radio-induites.

### La toxicologie nucléaire : du nouveau sur les acteurs responsables...

Ce programme fédère une communauté scientifique pluridisciplinaire avec pour objectif de préciser les effets toxiques d'éléments utilisés dans la recherche et l'industrie nucléaires.

En 2006, des analyses biophysiques ont fourni des données nouvelles sur les acteurs responsables du

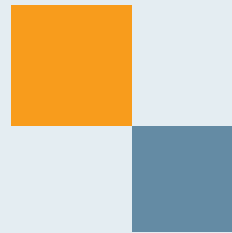


d

transfert de certains toxiques (métaux lourds) dans les organismes vivants et sur leur implication dans les mécanismes de résistance.

Ainsi, la compréhension des modes d'action des toxiques a été marquée cette année par trois étapes :

- une méthode originale - combinant deux techniques de marquage pour l'analyse du degré d'oxydoréduction au sein des cellules - a été mise au point. Elle a montré qu'en condition de stress oxydant, l'oxydation globale de la cellule augmente seulement pour un nombre très limité de protéines ;
- l'identification précise des mécanismes oxydants responsables de la toxicité du cadmium a permis de décrire les étapes successives conduisant à la mort cellulaire. Il s'avère que celle-ci est provoquée par l'accumulation d' $O_2$  et la peroxydation des membranes, et non pas, par la production précoce d' $H_2O_2$  ;
- la caractérisation des mécanismes induits par le cadmium a démontré l'inhibition transitoire quasi totale de l'activité d'une protéine (hOGG1) nécessaire à la réparation des dommages de l'ADN qu'il génère.

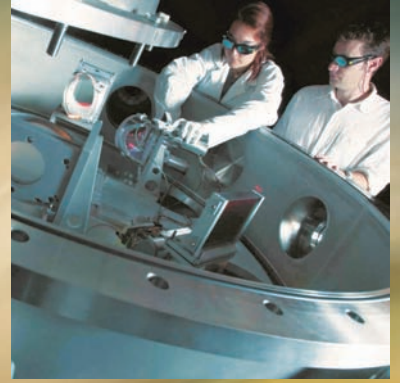


a. Puces à ADN.

b. Réglage d'un spectromètre au Laboratoire de protéomique.

c. Extraction de cellules de l'épiderme.

d. Préparation de plaques d'échantillons.



FOCUS SUR

## MISE EN ÉVIDENCE DES EFFETS COOPÉRATIFS

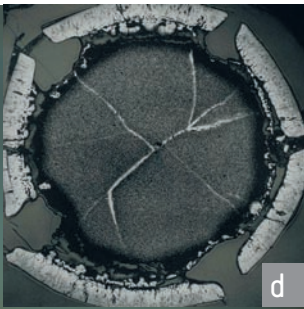
Une étude en solution de doubles hélices modèles d'ADN a montré que l'absorption de rayonnement ultra-violet peut peupler des états électroniquement excités, et produire une ionisation pour des énergies inférieures à celle nécessaire pour des monomères en solution. Ces travaux s'inscrivent dans la compréhension et l'identification des mécanismes à l'origine des dommages créés à l'ADN.



FOCUS SUR

## DES CELLULES SOUCHES ISOLÉES POUR LA PREMIÈRE FOIS

La mise en œuvre d'une procédure permettant, pour la première fois, d'isoler des cellules souches de l'épiderme a permis une avancée importante en radiopathologie. En effet, ces cellules sont capables de générer en culture une descendance assez importante pour recouvrir la totalité du corps humain. Ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes pour améliorer la qualité des greffes de peau pour les irradiés accidentels.



FOCUS SUR

## LES DÉBUTS DU « TERME SOURCE »

2006 a vu le lancement du programme international « Terme Source » dont les premiers essais sur l'installation Verdon du Leca-Star sont prévus en 2009. En parallèle, le CEA a rédigé la synthèse des travaux expérimentaux du programme Vercors concernant les mécanismes de relâchement des produits de fission et des actinides hors d'un crayon combustible irradié en situation d'accident grave.

CHIFFRES CLÉS  
DE LA  
DIRECTION  
DE L'ÉNERGIE  
NUCLÉAIRE  
(DEN)

6

centres de  
recherche  
accueillent des  
programmes  
de la DEN

FOCUS SUR

## UN NOUVEAU BREVET

L'année 2006 a permis de développer encore les procédés de séparation (Ganex et Diamex-Sanex) des actinides mineurs. Une nouvelle technique de cogestion (Coex) de l'uranium et du plutonium, applicable à moyen terme, a été brevetée.



FOCUS SUR

## L'AVENIR EST À LA « GRANDE TAILLE »

Des cellules photovoltaïques de grande taille, interdigitées en face arrière, ont été réalisées sur la plate-forme « Restaure » avec une technologie entièrement sérigraphiée, compatible avec un procédé industriel. Autorisant de hauts rendements et une mise en module simplifiée, ce type de structure est très prometteur.

192

doctorants  
et post-doctorants

31

brevets déposés  
en 2006



FOCUS SUR

## HUIT ESSAIS SOUS INFLUENCE...

Huit essais ont eu lieu sur l'installation LFHT (Lit fluidisé à haute température), pour mesurer les effets respectifs de la pyrolyse du bois et de la gazéification, l'influence de la température dans la gamme 800-900°C et celle de la pression partielle d'eau.

a. Génération 2006 de micro-piles à combustible.

b. Télémanipulateur dans l'installation Osiris.

c. Cœur de réacteur de recherche Osiris.

d. Macrographie de combustible après essai Vercors, irradiation en REP.

e. Plaques de silicium 200 x 200 mm sur la pelle de chargement du four de l'installation Restaure.

f. Installation Lit fluidisé haute température (LFHT).





a

## > LES PROGRÈS DU NUCLÉAIRE INDUSTRIEL

Les programmes de recherche sur le soutien du parc actuel répondent aux besoins des industriels et des partenaires de R&D (EDF, Areva NP, Areva NC, Andra, IRSN), ainsi que des pays actifs dans cette filière. Ils s'inscrivent dans le cadre de la construction de l'Espace européen de la recherche (simulation et réacteurs expérimentaux), et des accords de partenariat bilatéraux, notamment avec la Chine.

### Les réacteurs : pérennité, performance et sûreté

En 2006, le CEA a étudié les réacteurs selon trois axes :

- **l'extension de leur durée de vie** avec la poursuite des irradiations dans Osiris, de matériaux représentatifs des aciers de cuve jusqu'à une fluence égale à 60 ans de fonctionnement ;
- **l'amélioration de leurs performances** via la fourniture du rapport R2 de qualification d'Apollo-2 et la réalisation de la première phase du programme coopératif (EDF/EPRI) Nestor, visant à mieux évaluer les gains



b

potentiels de marge de fonctionnement des REP ;

- et **une sûreté croissante** avec la suite des travaux sur l'interaction corium-béton dans les installations Vulcano et Artemis, et la remise en service de Krotos pour étudier l'interaction corium-eau dans un cadre national et international.

### Les combustibles : expérimentations, traitement et enrichissement

Les enjeux portent sur l'amélioration des performances des combustibles UOx et MOx par l'accroissement des taux de combustion et par le développement d'un combustible UOx, « remède » à l'interaction pastille-gaine (IPG) pour une application à l'EPR, puis progressivement au parc actuel.

Le programme de R&D sur le MOx a été poursuivi pour finaliser le dossier parité, notamment sur le relâchement des gaz de fission et d'hélium. Les bons résultats obtenus sur des crayons MOx expérimentaux irradiés 4 cycles et une irradiation (Regate Hélium) réalisée dans Osiris ont permis à EDF de conforter le dossier de la « gestion parité MOx » et d'obtenir de l'ASN, en décembre 2006, l'autorisation de charger en cœur ce type de combustible.

Par ailleurs, des « rampes de puissance » ont été réalisées dans Osiris sur le combustible UO<sub>2</sub> dopé au chrome conformément aux demandes des partenaires.

Les performances décevantes constatées sur ce combustible précurseur du remède IPG, amènent EDF et Areva NP, en relation avec le CEA, à définir une nouvelle stratégie de développement du produit.

Plusieurs autres réalisations ont marqué 2006.

En **matière de traitement** des combustibles usés :

- des résultats importants ont permis d'accroître l'offre d'Areva NC notamment vis-à-vis de la vitrification. Un prototype de Creuset froid nucléarisé (CFN) – pour vitrifier des effluents PF entreposés à La Hague – a été construit à Marcoule et démarré mi-2006 conformément au planning ;
- la retraitabilité du combustible MOx a été confirmée ;



c

- le CEA a également aidé Areva NC à répondre à des appels d'offres internationaux (vitrification d'effluents du DOE).

En **matière d'enrichissement**

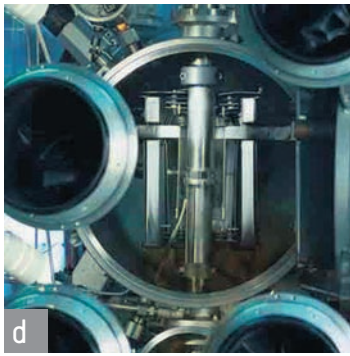
- des procédés avancés ou innovants (Vortex, Silex, Soup) ont été expertisés pour Areva NC ;

### FOCUS SUR

## « MASTER CURVE » POUR LA PÉRENNITÉ DES CUVES...

L'application de la méthodologie « Master Curve » a été analysée. Dans le cadre du programme européen Smile, des méthodes de démonstration plus réalistes ont permis de tenir compte de transitoires thermiques survenant au cours des accidents de dimensionnement (effet de « préchargement à chaud ») afin d'évaluer le risque de rupture par clivage d'aciers irradiés et d'améliorer de manière significative les marges pour des accidents de perte de réfrigérant.





- dans le domaine de la chimie du fluor, des méthodes de purification de l'UF<sub>6</sub> ont été évaluées en collaboration avec Comurhex ;
- le développement d'un modèle de simulation du réacteur à flamme a été initié afin de mieux comprendre son fonctionnement et d'optimiser ce composant.



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

### La simulation : outil central de la recherche finalisée

La simulation numérique s'impose aujourd'hui pour faire progresser la technologie des réacteurs. Ainsi, le CEA continue de développer des outils de modélisation du fonctionnement de tout ou partie d'une installation nucléaire en situation normale ou accidentelle.

En 2006, des étapes significatives ont été franchies :

- une nouvelle version de la plate-forme logicielle Alliances pour le stockage des déchets (prise en compte de plusieurs couplages), a été livrée à l'Andra ;
- le projet intégré Nuresim coordonné par le CEA, a bien progressé. Le séminaire international Nuresim, tenu à Paris en novembre, a montré en particulier que la plate-forme « open-source » Salomé devient

l'outil opérationnel d'intégration des développements ;

- le projet Infrastructure et outils logiciels pour la simulation (IOLS) du pôle de compétitivité Systematic de Paris-Île de France (l'un des six « pôles mondiaux » labellisés par l'État) s'est poursuivi avec une contribution centrale du CEA qui met à la disposition de ses partenaires, la plate-forme Salomé et l'adapte avec eux, aux très grands calculs multiphysiques et multiéchelles ;
- une nouvelle version du code de neutronique réseau Apollo a été livrée à Areva. Cette version 2.8 a été choisie par Areva NP dans le cadre de son projet « convergence » (convergence des trois régions géographiques d'Areva NP vers un produit commun autour des applications REP et REB).

### Les réacteurs expérimentaux : une stratégie d'action au niveau européen

Les programmes de R&D pour le soutien aux systèmes existants, ainsi que pour la préparation des systèmes futurs, nécessitent des outils expérimentaux, dont les réacteurs de recherche ; leur rationalisation, leur optimisation et leur renouvellement font l'objet d'une politique définie à l'échelle européenne.

Dans la logique de cette stratégie, le réacteur Jules Horowitz (RJH) remplacera le réacteur expérimental Osiris, dont l'arrêt est programmé au début de la prochaine décennie. Par ailleurs, une réflexion est engagée sur le devenir du réacteur Phébus dédié aux essais en situations accidentelles.

Les principales réalisations de l'année sont les suivantes :

- **Osiris** a fonctionné 163 jours avec, toujours en priorité, les programmes d'irradiation technologique demandés par les partenaires. **Isis** (sa maquette neutronique) a été remis en service en mai 2006 après la mise à niveau de son contrôle commande, destinée à l'adapter à des activités de formation ;

- **RJH** a connu, après trois ans d'étude de définition, des étapes importantes dont le lancement de la phase de développement du projet (objectif : une mise en service en 2014) et la finalisation du financement avec la signature de six accords bilatéraux entre le CEA et ses partenaires (EDF, Areva, NRI/République tchèque, CIEMAT/Espagne, VTT/Finlande et SCK-CEN/Belgique), et d'un accord spécifique avec la Commission européenne.
- **Cabri/Phébus** : la rénovation de l'installation Cabri a fait l'objet de décisions importantes (nouvelle organisation avec pilotage unique des lignes projets, et échéance de fin 2009). Concernant Phébus, le démantèlement de son caisson a été engagé en télé-opération.

### Les laboratoires chauds constitués en pôles de compétences

Afin de disposer d'un ensemble cohérent de moyens expérimentaux, le CEA a constitué trois pôles de compétences : combustibles à Cadarache avec le Leca-Star et le Lefca, matériaux à Saclay avec le Leci et sa nouvelle ligne M, cycle du combustible et déchets à Marcoule avec les laboratoires Atalante, G1-CD et Héra.

- **Leca** : les travaux de rénovation s'achèvent et ceux de génie civil parasismique sont avancés à 80 %. Les installations expérimentales ont redémarré fin 2006.

a. Dispositif d'irradiation dans Osiris.

b. Préparation d'une expérience dans le réacteur de recherche Osiris.

c. Caractérisation au laboratoire UO<sub>2</sub>.

d. Essais mécaniques sur les combustibles MOX.

e. Salle de contrôle du réacteur Phébus.





a. Télémanipulateurs dans le laboratoire d'examen et d'essai sur matériaux irradiés.

b. Préparation du dispositif d'irradiation Futurix-FTA dans Phénix.

c. Conditionnement d'échantillons, en boîte à gants sur l'installation Atalante.

d. Visite d'élèves au Visiatome.

e. Étude de conte-neurs, au Hall Héra.

- **Leci** : en juillet, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a autorisé l'entrée de combustible irradié dans la nouvelle ligne M, et en décembre, elle a accepté la mise en actif de la boucle d'autoclaves de la cellule K1.
- **G1-CD** : l'aménagement de l'atelier G1 pour les besoins des procédés des systèmes du futur a bien progressé.
- **Chicade-Comir** : le transfert des activités de R&D menées à Comir, vers d'autres installations s'est poursuivi. Et les études de réalisation de la casemate d'irradiation Cinphonie « de grande surface » ont été lancées à la fin de l'année.



## LA GESTION DURABLE DES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS

Après les conclusions du débat public sur la gestion des déchets radioactifs et le bilan réalisé en janvier par la Commission particulière, l'année 2006 a marqué l'aboutissement des 15 années de recherches voulues par la loi Bataille en 1991. Avec la promulgation, le 28 juin

2006, de la loi de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs, les principes de la gestion durable sont désormais inscrits dans la législation française qui prévoit qu'un effort de R&D soit poursuivi dans le sillage des axes de recherche ouverts par la loi de 1991, notamment pour la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue et le stockage géologique.

### séparation/ transmutation : focus sur les déchets ultimes

Ce programme, qui vise à réduire la quantité et la nocivité des déchets radioactifs ultimes, porte sur l'évaluation des techniques de séparation chimique des éléments à vie longue les plus radiotoxiques, présents dans les combustibles usés, ainsi que sur leur transmutation.

Plusieurs options ont été explorées en 2006 :

- **la séparation poussée** des actinides mineurs : après la démonstration de la faisabilité technique en 2005, les essais menés ont fait l'objet d'un bilan détaillé et exhaustif qui a ouvert de nouvelles pistes pour simplifier les procédés et progresser ainsi vers l'application industrielle. En 2006, trois options de procédés améliorés ont été retenues en vue de leur mise en œuvre future dans Atalante ;
- **les expériences de transmutation** : le réacteur Phénix est l'outil de référence dans le cadre des recherches effectuées sur la transmutation. Son utilisation pour de nombreuses expériences d'irradiation (Metaphix 2, Matina 2-3, Futurix...) permet d'obtenir un grand nombre d'informations sur le comportement sous flux de neutrons rapides, les combustibles incorporant des actinides mineurs



et également des futurs matériaux de cœur des réacteurs. On citera notamment pour 2006, la fin de l'expérience Ecrix-H première cible contenant de l'américium transmuté.

### objectif : stockage optimal

La collaboration avec l'Andra, EDF et Areva est destinée à produire toutes les connaissances nécessaires pour pouvoir entreposer, puis stocker de manière sûre, les déchets de haute activité (HA). Ainsi en 2006, la plateforme Alliances, de modélisation des situations de stockage, a été enrichie de modèles complémentaires. Les principales réalisations 2006 ont été les suivantes :

- **le Cecer** : le Visiatome a poursuivi son action de diffusion de la connaissance auprès du public : plus de 26 000 visiteurs ont été accueillis ;
- **le transfert de connaissances dans l'entreposage** : dans le cadre de la loi de 2006, l'Andra est chargée de mettre en œuvre des entreposages de déchets HA et Moyenne activité à vie longue (MAVL) en relation avec le stockage. Avec le CEA, ils ont entamé, mi-2006, une revue d'ensemble du programme réalisé afin de transférer dans les meilleures conditions, les connaissances issues des études menées jusqu'en 2005 par le CEA ;
- **le comportement des colis de déchets HAVL et du combustible usé** : la phénoménologie du comportement à long terme a été approfondie afin de diminuer les marges de dimensionnement des modèles opérationnels. En outre, un volet spécifique a été mis en place avec EDF, sur l'évolution du comportement des combustibles usés en entreposage industriel sous eau.



FOCUS SUR

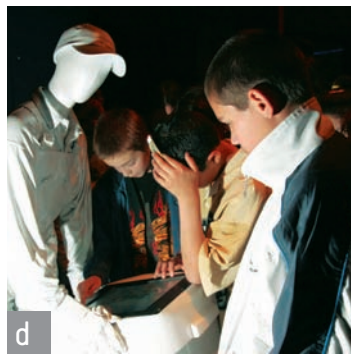
### LA TRANSMUTATION À L'ÉTUDE

Un scénario utilisant le recyclage hétérogène des actinides mineurs - sur support  $UO_2$  positionné en périphérie d'un RNR-Na - a été étudié. Il a démontré qu'une fraction limitée du parc de RNR suffit pour stabiliser toute la production d'actinides mineurs. Cette option intéressante sera optimisée dans le futur.

## Les déchets de moyenne activité à vie longue

Ces programmes, aux objectifs similaires à ceux des déchets Haute activité à vie longue (HAVL), incluent en plus des recherches sur la caractérisation, la décontamination et le conditionnement de ces déchets. Les études menées par le CEA cette année ont englobé divers axes d'intervention :

- **les procédés de traitement et de conditionnement des radio-nucléides** : le dossier relatif à la reprise industrielle des boues (effluents de la station de traitement STE2 de La Hague) a été conforté. Areva NC a ainsi pu obtenir l'auto-risation de bitumage des boues ;
- **le comportement à long terme des colis de déchets** : la phénoménologie a été étudiée selon la même logique de résultats que pour les déchets HAVL ;
- **les méthodes de caractérisation** ont été développées, en particulier pour les radionucléides à vie longue, afin de faciliter la connaissance des colis ;
- **le soutien aux recherches de l'Andra** : le CEA a poursuivi sa collaboration avec l'Andra, notamment pour la diffusion de traceurs radioactifs dans le laboratoire souterrain de Bure.



**préservant les ressources en uranium, produisant moins de déchets et ouvert à d'autres applications que la production d'électricité, et également des innovations pour les réacteurs à eau de 3<sup>e</sup> génération.**

## Des avancées pour les REP et la gestion du plutonium

Plusieurs scénarios ont été étudiés, dont une estimation de l'évolution de la consommation mondiale d'uranium et de son incidence sur le coût de l'uranium naturel. Il s'agit de mieux fixer l'échéance envisageable pour le déploiement des systèmes de 4<sup>e</sup> génération à neutrons rapides. Par ailleurs, la version 6 du code Cosi a fait l'objet d'un accord de licence avec l'ENEA, ANL et FzK. L'année 2006 a également connu plusieurs avancées en matière de développements technologiques pour le combustible REP : confirmation des potentialités du composite Cermet (céramique/métal) pour réduire les températures de fonctionnement en situation normale et accidentelle.

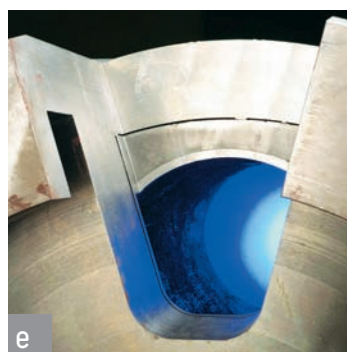
## Réacteurs à neutrons rapides : des innovations pour un nucléaire durable

L'année 2006 a été marquée par deux événements : la décision du Président de la République de confier au CEA les études de conception d'un prototype de réacteur de 4<sup>e</sup> génération pour une entrée en service en 2020, et la loi de programme du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs. Cette loi prévoit un lien explicite entre les recherches sur la séparation et la transmutation des radionucléides à vie longue, et celles sur les réacteurs rapides de 4<sup>e</sup> génération.

Ces orientations désignent le réacteur rapide à caloporteur sodium comme filière de référence avec un prototype français à concevoir d'ici 2020 et la filière réacteur rapide à caloporteur gaz, comme filière alternative (avec en perspective la réalisation en Europe d'un réacteur expérimental à caloporteur gaz). Sur la voie sodium, afin d'optimiser leur action dans la perspective du prototype 2020, le CEA et ses partenaires Areva et EDF ont défini un programme de R&D en commun. Les premières études réalisées en 2006 aboutissent à une proposition de cœur de référence 3 600 MWth (~ 1 500 MWe). Une étude similaire sur des cœurs de faible puissance (1 200 MWth, ~ 500 MWe) a été réalisée, avec une première recherche d'optimisation de la manutention, du dimensionnement des échangeurs, et des systèmes d'extraction de puissance. Concernant la voie alternative, les recherches de 2006 ont porté sur le développement d'un combustible de référence performant (plaque à pastilles) en céramique composite SiC-SiCf, sur la stratégie de gestion de l'accident de dépressurisation et les premières études conceptuelles du réacteur expérimental à gaz REDT (50 MWth).

## Réacteurs à haute température : la poursuite du soutien à Areva

La continuité du soutien du CEA à Areva pour le projet Antares s'est portée sur deux domaines d'intervention : le procédé de fabrication de combustible à particules avec qualification sous irradiation dans Osiris ; et la technologie des circuits d'hélium à haute température.



## LES SYSTÈMES NUCLÉAIRES DU FUTUR

Les recherches en la matière portent sur des innovations pour les réacteurs, les combustibles et le cycle du combustible pour la production d'énergie, en rupture technologique avec les projets industriels actuels. Ces programmes s'organisent selon plusieurs orientations stratégiques. Ils visent des systèmes de 4<sup>e</sup> génération pour un nucléaire durable,







a. Installation Jannus, dédiée à l'étude des matériaux sous irradiation.

b. Billes combustibles dans l'installation Gaïa.

c. Expérimentation en boîte à gants.

d. Pile à combustible Genepac.

e. Cellules photovoltaïques sur silicium.

## La recherche de base

Le développement d'une base de données thermodynamiques pour les futurs combustibles a été entrepris à l'échelle européenne via le réseau Actinet. La construction sur deux sites (Saclay et Orsay) de l'installation Jannus, destinée à l'étude des matériaux sous irradiation, progresse avec le soutien du Conseil général de l'Essonne (subvention Astre). Une réflexion avec le CNRS sur les groupements de recherche dans le domaine de l'énergie a conduit à renforcer la coopération sur les matériaux pour les systèmes nucléaires du futur dans le cadre de « Matinex » (nouveau groupement se substituant à « Nomade »). Enfin, une activité de recherche et de veille technologique a été maintenue sur des filières plus prospectives, telles que les réacteurs à eau, supercritiques, et ceux à sels fondus (avec une contribution du CNRS).

## La maîtrise des risques

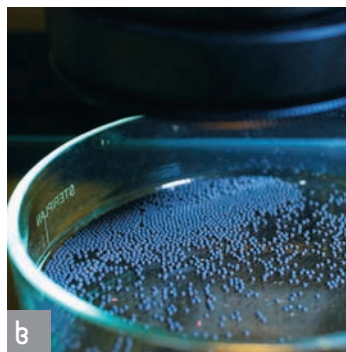
Les actions suivantes ont été conduites dans trois directions :

- la sûreté des futures installations nucléaires avec la poursuite des travaux sur la méthodologie « risk-informed », et le lancement d'une démarche coopérative sur la quantification des risques liés au facteur humain ;
- l'impact environnemental via les études du groupe de travail des

directions de l'énergie nucléaire (DEN), des applications militaires (DAM) et Protection et sûreté nucléaire (DPSN), une implication dans les projets Emras (AIEA) et Erica (UE), et l'analyse de la migration de polluants en zone insaturée dans les sols ;

- les mécanismes de transfert des radionucléides (RN) et leurs effets sur l'homme ; ces études ont avancé grâce au projet européen Funmig et au bilan des contributions DEN au programme ToxNuc-E (fin de la phase II).

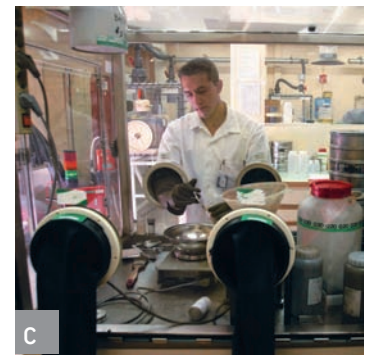
Les recherches menées au CEA dans le domaine de la production d'énergie et de l'impact sur la santé et l'environnement conduisent les chercheurs et ingénieurs à contribuer à l'expertise dans les domaines de la sûreté, des bases biologiques de la radioprotection, de la dosimétrie, de la toxicologie d'éléments chimiques et/ou radioactifs. Cette expertise, impliquant toutes les directions du CEA, est le relais indispensable pour traduire de



manière adaptée les connaissances scientifiques et technologiques en recommandations, réglementations et procédures qui seront ensuite appliquées aux activités industrielles, médicales... et plus généralement tout au long du cycle de vie d'un produit issu des technologies développées au CEA. Pour ne citer que les instances internationales en sûreté et radioprotection, les experts du CEA participent notamment à :

- l'UNSCEAR, comité scientifique de l'ONU qui élabore des synthèses scientifiques actualisées sur les sources et effets des rayonnements (Direction des sciences du vivant) ;

- aux comités de l'AIEA élaborant des recommandations internationales, les « standards », sur la sûreté des installations nucléaires (NUSSC) et des déchets (WASSC) et en radioprotection (RASSC) ;
- au comité de radioprotection et santé publique (CRPPH) de l'AEN ;
- au sein de comités techniques de l'ISO et de la CEI ;



- à différentes instances européennes relevant du traité Euratom comme les experts article 31 et 37, les comités consultatifs des programmes cadre Euratom en Fusion et en Fission.

## Assainissement et démantèlement

Dans le secteur de l'assainissement et du démantèlement, le CEA fait preuve d'innovations tant méthodologiques que technologiques, permettant ainsi de démontrer son savoir-faire durant toute la durée du cycle de vie des installations nucléaires. En parallèle, la gestion des déchets anciens ou nouvellement produits, qui s'articule avec la mise en place des moyens pour les traiter et les entreposer et le renouvellement des installations de traitement et du parc d'emballages de transport, est une activité cruciale pilotée par la DEN, en cohérence avec la loi sur les déchets votée en 2006.

À Marcoule, les chantiers d'assainissement et de démantèlement ont avancé en respectant les délais, les coûts et la sécurité, pour tous les programmes en cours (UP1, APM, reprise et conditionnement de fûts de bitume...). À Fontenay-aux-Roses, l'assainissement radioactif du site s'est poursuivi

## SUCCÈS DE LA CIBLE DE SPALLATION

La cible de spallation Megapie à plomb-bismuth liquide, prototype de la cible d'un ADS de puissance, a fonctionné avec succès à PSI (Suisse) pendant quatre mois, dans les conditions nominales. Et, dans le cadre du projet Eurotrans, l'expérience de couplage accélérateur-réacteur sous critique Guinevere, a été lancée avec le réacteur Vénus du centre belge de Mol et l'accélérateur Genepi du CNRS.

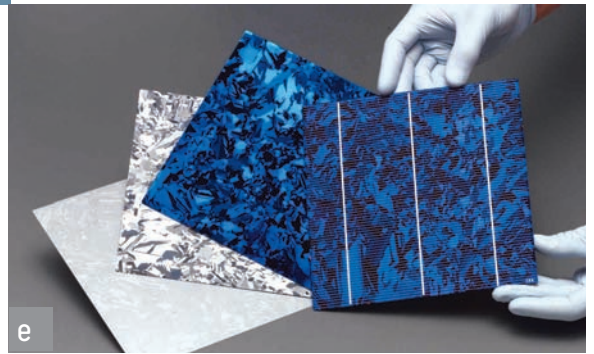


en 2006, avec l'engagement de travaux préparatoires au démantèlement de la chaîne Petrus, le début de démantèlement des chaînes blindées et boîtes à gants d'un bâtiment du site. À Grenoble, l'assainissement du site est en cours avec la poursuite du démantèlement du réacteur Siloe (découpe du cuvelage de la piscine principale), la fin des travaux pour le réacteur Siloette et le démontage des équipements/procédés de traitement de déchets de la Sted. À Saclay, l'année 2006 a été marquée par la poursuite de l'assainissement du LHA (Laboratoire de Haute Activité) et le déclassement de l'ALS (Accélérateur Linéaire de Saclay). À Cadarache, enfin, la procédure de déclassement du réacteur Harmonie a été engagée en 2006.

Un premier prototype de système de stockage réversible d'hydrogène sous forme d'hydrures métalliques a été développé pour les applications stationnaires.

Le CEA a inauguré en 2006 la plateforme de développement AlHyance sur le centre du Ripault où seront développés les réservoirs d'hydrogène à haute pression, les SOFC et les composants pour les PEMFC ainsi que le laboratoire FC-LAB à Belfort commun entre le CEA, CNRS, Inrets, et les universités locales et dédié aux études et tests des systèmes piles pour les transports.

Nokia a choisi la technologie de micropiles à combustible du CEA dans le cadre d'un consortium réunissant Nokia, BIC, ST Microelectronics et le CEA.



casser les molécules de goudrons et méthane préjudiciables à la synthèse du biodiesel.

### solaires, des moyens regroupés...

L'année 2006 est marquée par la signature du protocole d'accord portant création de l'Institut national de l'énergie solaire (INES) avec le Conseil général de la Savoie, la Région Rhône-Alpes, le CEA, le CNRS, le CSTB, et l'Université de Savoie.

Les activités photovoltaïques portent sur la production du matériau silicium, les cellules à haut rendement, les modules et l'optimisation des systèmes ainsi que sur le stockage, notamment les batteries de type lithium-ion. La conception d'échangeurs thermiques innovants et la mise au point de nouvelles technologies du froid permettent d'améliorer l'efficacité énergétique de l'habitat. Les recherches intègrent la vision de système énergétique global, c'est-à-dire la gestion et l'optimisation des sources et charges d'énergie thermique et électrique de l'habitat.

Ainsi, en 2006, des rendements de conversion moyens de 16 % ont été obtenus avec des cellules photovoltaïques multicristallines de taille 150 mm x 150 mm.

Un prototype innovant de pompe à chaleur fonctionnant sur un cycle transcritique au dioxyde de carbone a été développé pour la production d'eau chaude sanitaire.



## LES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'ÉNERGIE

**Le CEA soutient l'effort français et européen d'intégration des technologies des énergies non émettrices de gaz à effet de serre afin de lutter contre le changement climatique et diminuer la dépendance aux énergies fossiles. Son action se focalise sur le développement des filières hydrogène, notamment pour les transports, les biocarburants de deuxième génération et le solaire photovoltaïque et son intégration dans l'habitat.**

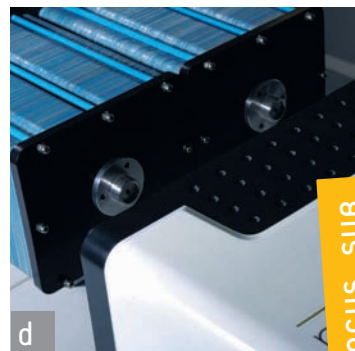
### hydrogène et piles à combustible : des résultats significatifs

Les recherches menées au CEA couvrent toutes les étapes de la filière depuis la production massive d'hydrogène (cycles thermochimiques et électrolyse haute température), son stockage et sa distribution jusqu'à son utilisation finale dans les piles à combustibles. Un réservoir haute pression à 700 bars a été validé.

### biocarburants de 2<sup>e</sup> génération : la biomasse sur la voie de la gazéification

Le CEA porte ses efforts sur l'étape de gazéification de la biomasse, point clé de cette filière, en développant un procédé innovant permettant de produire un gaz de synthèse par apport externe d'énergie sous forme de chaleur, d'hydrogène ou d'électricité. Ce gaz ultra pur peut ensuite être synthétisé en carburants liquides utilisables dans les moteurs traditionnels.

En 2006, la mise en service de l'installation Pegase a permis de démontrer expérimentalement la validité d'un processus de purification, à haute température à 1500°C et en présence de vapeur d'eau, permettant de



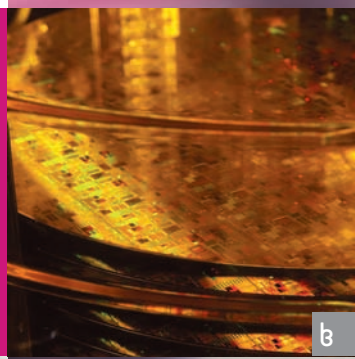
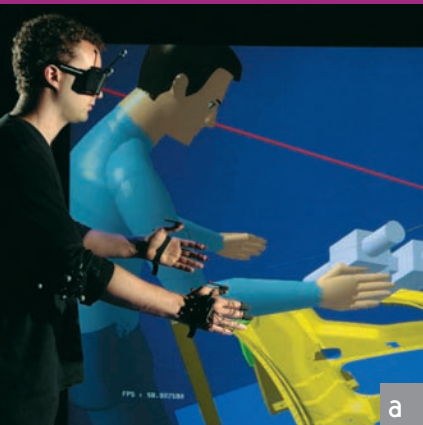
FOCUS SUR

### LA PILE GENEPAC AU « TOP » MONDIAL

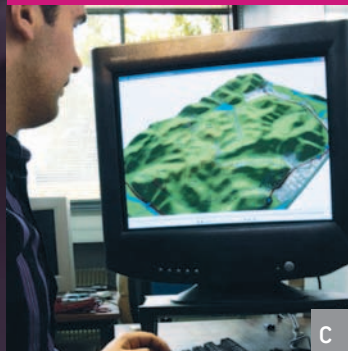
Les tests de réception finale par PSA de la pile Genepac 80 kWe, développée dans le cadre d'un partenariat CEA/PSA, ont été probants. Cette technologie situe désormais les équipes de recherche du CEA au meilleur niveau mondial.

# > TECHNOLOGIES POUR L'INFORMATION ET LA SANTÉ

Des avancées  
majeures dans  
les sciences et  
technologies pour  
l'information,  
la communication  
et la santé



**L**es programmes de recherche sur les technologies pour l'information et la santé sont structurés selon quatre thématiques : les micro-nanotechnologies, les technologies logicielles et systèmes, la recherche fondamentale pour l'innovation industrielle, les technologies nucléaires pour la santé et les biotechnologies.

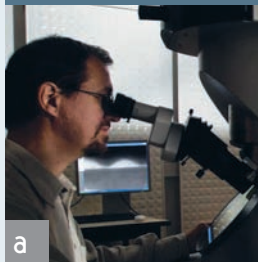


# > RECHERCHE FONDAMENTALE

LA RECHERCHE FONDAMENTALE  
AU SERVICE DE L'INNOVATION  
TECHNOLOGIQUE ET DE LA SANTÉ



# DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE



## NANOPHYSIQUE ET NANOSCIENCES

Le développement des micro et nanotechnologies du CEA repose sur un programme ambitieux de recherche fondamentale, dans les domaines de la nanophysique des nanosciences, des matériaux.

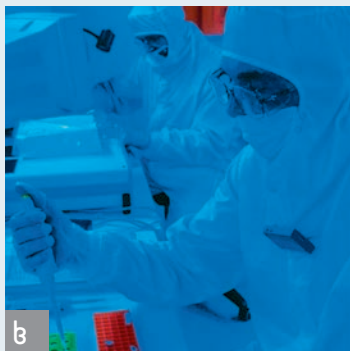
### nanophysique et ingénierie moléculaire : sur la voie quantique...

Les systèmes de taille intermédiaire entre l'atome et l'assemblage macroscopique présentent des caractéristiques radicalement

nouvelles ou supérieures aux systèmes utilisés actuellement. Les recherches visent à comprendre les propriétés (électroniques, magnétiques, optiques, mécaniques) de ces objets sachant que la mécanique quantique donne lieu à des manifestations sans équivalent par rapport aux échelles explorées jusqu'à présent dans la fabrication de composants.

Les principales réalisations 2006 ont été les suivantes :

- Une démonstration de **dépistage des mutations de brins d'ADN** a été effectuée sur des puces à ADN grâce à la technique d'imagerie par résonance plasmonique de surface,

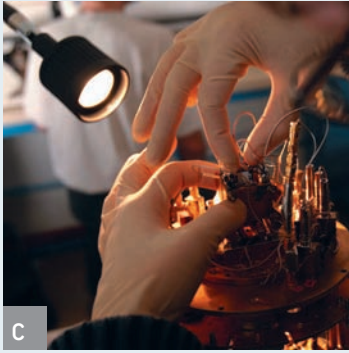


FOCUS SUR

## UN CAPTEUR SÉLECTIF

Un capteur chimique sélectif de formaldéhyde a été mis au point. Composé d'une matrice poreuse de silicate - dopée par du Fluoral-P -, ce système a l'avantage d'être peu coûteux, sélectif et très sensible grâce à la détection de fluorescence. Il permet de détecter les composés organiques volatiles et les polluants.





associée à un contrôle précis de la température. L'absorption de lumière crée d'une part une oscillation de surface de l'or, et d'autre part est liée à la « masse accrochée » à la surface. Ce procédé mesure les vibrations extrêmement sensibles de masse sur la surface (ou plasmon). Cette technique éviterait la procédure longue et coûteuse de séquençage des gènes ;



- Une équipe mixte ENS/CNRS/CEA a mis en évidence expérimentalement, **pour la première fois, la déviation des lois fondamentales de l'électricité** dans les propriétés d'un circuit électronique de dimensions nanométriques.

### science des matériaux du nano au macro : l'importance de la prédiction

Le développement de technologies nouvelles nécessite la maîtrise des matériaux, de la conception à la prédiction de leur comportement.

Cette science – de portée générale, mais développée en fonction des besoins du CEA – doit permettre de « comprendre et simuler pour prévoir ».

Les recherches menées dans ce domaine ont été nombreuses, cette année.

- **Une surface nanostructurée de triage moléculaire** a été fabriquée et utilisée pour réguler les déplacements de molécules individuelles selon leur taille ou leur forme ; leur mouvement sur ce tamis moléculaire a été observé en temps réel avec un microscope à effet tunnel (STM). L'un des enjeux des nanotechnologies est de comprendre et de contrôler simultanément l'organisation des molécules à l'échelle nanométrique.

- **Un microscope combiné, à force atomique et à effet tunnel**, a été conçu. Ce double mode de fonctionnement rend possible l'étude de nombreux phénomènes électroniques mésoscopiques (c'est-à-dire intervenant entre le milieu microscopique et le milieu nanométrique) qui étaient auparavant difficilement accessibles dans les nanocircuits très divers (isolants, semi-conducteurs, ferromagnétiques, supraconducteurs, nanotubes de carbone, etc.).

a. Le microscope électronique à transmission Titan permet une caractérisation des matériaux pour les nanotechnologies et les nanosciences.

b. Préparation d'une solution d'ADN cibles sous lumière bleue.

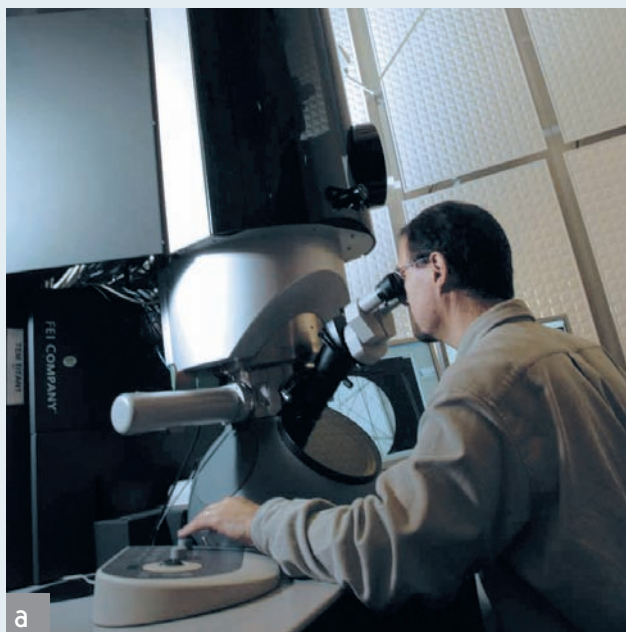
c. Poste expérimental pour réaliser des expériences d'électronique fondamentale sur des nano-circuits.

d. Microscope à effet tunnel.

FOCUS SUR

### OPÉRATION NANOCARAC

La plate-forme scientifique et technique « Nanocarac », composante amont de Minatec, a été rendue opérationnelle. Cette étape implique des équipes des Directions des sciences de la matière et de la recherche technologique du CEA et rassemble des techniques d'analyse pour les nanosciences et les nanotechnologies.



a. Microscope électronique à transmission Titan.

b. Nanotubes de carbone.

- **Un ordre magnétique caché a été mis en évidence** dans des échantillons supraconducteurs à haute température critique via des expériences de diffusion de neutrons polarisés, effectuées au Laboratoire Léon Brillouin. Cette découverte fait progresser la compréhension des propriétés de ces matériaux révolutionnaires que sont les supraconducteurs à haute température critique (soit la température en dessous de laquelle le système devient supraconducteur).

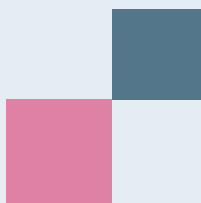
### cryotechnologie : Le cryomagnétisme en tête

Le CEA possède des compétences internationalement reconnues dans le domaine du cryomagnétisme,

couvrant la conception, les tests et la protection d'aimants supraconducteurs de très haute technologie. Ces compétences sont mises en œuvre dans le développement d'accélérateurs de détecteurs très performants pour la physique des particules, la physique nucléaire et l'astrophysique, ainsi que l'imagerie biomédicale et l'instrumentation embarquée sur les satellites.

L'exercice 2006 a connu les événements suivants :

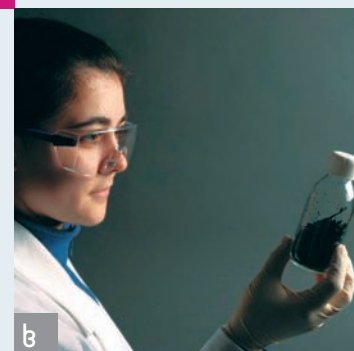
- **Un choix de chambres Micromegas** a été élaboré, grâce à la collaboration internationale T2K (Tokai to Kamioka), pour équiper le détecteur proche, installé à Tokai. Cette expérience située au Japon vise à mesurer les changements de nature des neutrinos ou « oscillations ».
- **Une station de lévitation magnétique** - nommée Olga (Oxygen Low Gravity Apparatus) - a été mise en service pour l'oxygène liquide, dans le cadre d'une collaboration CEA-Air Liquide-CNES. Cette station unique permet la mesure du comportement des fluides en apesanteur, notamment pour les missions spatiales.



FOCUS SUR

### UN CRYORÉFRIGÉRATEUR INNOVANT

Un nouveau tube à gaz pulsé haute fréquence (58 Hz) a été développé. Ses capacités d'extraction couvrent une puissance de 205 W à 65 K ou 302 W à 77 K. Ce type de machine pourra notamment produire la liquéfaction du dioxyde de carbone, afin de purifier l'air dans les sous-marins.





# DIRECTION DES SCIENCES DU VIVANT



c

## TECHNOLOGIES NUCLÉAIRES POUR LA SANTÉ, ET BIOTECHNO- LOGIES

Ces recherches concernent les applications des technologies issues du nucléaire à la santé et aux biotechnologies. Elles visent à développer de nouveaux outils indispensables pour appréhender dans toute sa complexité la structure et le fonctionnement du vivant tant *in vivo* (imagerie médicale) que *in vitro* (mises au point de diagnostic, structure et ingénierie des biomolécules).

### marquage biomolécules, biologie structurale, ingénierie des protéines : une expertise reconnue

Les recherches du CEA en la matière reposent sur ses compétences confirmées dans le domaine du marquage, de la structure, de la dynamique et de l'ingénierie des biomolécules. Ce secteur d'activité, à l'interface de la chimie, de la physique et de la biologie, est source de progrès déterminants

dans les domaines de la santé, du diagnostic et des biotechnologies. Ces différentes thématiques s'appuient sur les grands instruments internationaux tels que les sources de neutrons (ILL) ou de rayons X à l'ESRF, plates-formes technologiques et s'intègrent dans des réseaux de collaborations (pôles de compétitivité, réseaux thématiques de recherche avancée, partenariats européens...).



d

De nouvelles méthodes de marquage et de synthèse ultra-rapides et sélectives ont été mises au point en 2006.

- **La fonctionnalisation sélective de nanotubes de carbone** a permis de séparer d'un mélange, les nanotubes métalliques des semi-conducteurs ;

c. Plate-forme pour la biologie moléculaire.

d. Robot de cristallisation.



**a.** Appareil de laboratoire utilisé pour la résolution de structures tridimensionnelles de protéines.

**b.** Tomographie à émission de positons (TEP) au Service hospitalier Frédéric-Joliot.

**c.** Mise en évidence des principaux faisceaux de fibres du cerveau à partir de l'IRM de diffusion.

- **La synthèse par voie chimique de la Navelbine®** a été effectuée. Cette molécule est couramment utilisée dans le traitement de certains cancers du sein et des bronches.

Par ailleurs, les techniques d'ingénierie des biomolécules ont notamment contribué au développement d'inhibiteurs spécifiques d'une enzyme impliquée dans de nombreuses pathologies (athérosclérose, maladies pulmonaires...) pour lesquelles il n'existe à ce jour aucun traitement.

Cette année a été également marquée par l'élaboration de **stratégies originales pour l'identification et la caractérisation structurale des protéines.**

Ainsi par exemple, la mise en place d'un modèle à partir duquel le comportement structural et

dynamique des protéines dépliées peut être prédit à partir de leur structure primaire aide à mieux comprendre l'importance de l'ordre et du désordre associés à deux molécules impliquées dans le développement des maladies neurodégénératives.

**En bio-informatique**, plusieurs pas en avant ont été réalisés :

- un prototype correspondant à un nouveau module logiciel pour la manipulation des données de spectrométrie de masse, a été conçu ;
- de nouveaux outils d'analyse ont confirmé la cohérence des chimiothèques et la modélisation des résultats de criblage ;
- des méthodes biostatistiques et des outils innovants ont été élaborés pour l'étude des séquences protéiques ;
- et un procédé *in silico* de prédiction de l'efficacité des ARN interférant a été mis au point.

## Imagerie fonctionnelle des systèmes vivants : de nouvelles données précieuses

Les recherches conduites portent sur le développement de nouveaux outils et de nouvelles méthodes d'investigation atraumatique pour l'imagerie et leurs applications à l'étude fonctionnelle des organes, dont le cerveau.

Dans le domaine des sciences cognitives, les travaux menés en imagerie visent à créer une cartographie de plus en plus précise des fonctions cérébrales ainsi qu'une meilleure compréhension du développement du cerveau de l'enfant très jeune.

FOCUS SUR

## UNE DÉCOUVERTE ÉTONNANTE

Des études ont mis en évidence chez des nourrissons de trois mois, une organisation cérébrale pour le langage selon des mécanismes semblables à ceux des adultes, même si les bébés ne babillent que plus tard.



L'année 2006 a été notamment marquée par l'identification précise d'une région cérébrale impliquée dans la reconnaissance des mots écrits.

Concernant les addictions, il a pu être montré que la consommation d'alcool provoque une altération des matières grise et blanche du cerveau chez des sujets ayant une bonne insertion sociale. La consommation d'alcool à un âge précoce entraîne par ailleurs une diminution de la matière grise dans plusieurs zones cérébrales.

L'imagerie constitue une méthode unique pour comprendre le fonctionnement des organes, mais aussi **pour concevoir, mettre en œuvre et valider de nouvelles approches diagnostiques thérapeutiques**. Dans cette perspective, l'année 2006 a notamment été marquée par la mise en place d'un Master européen en imagerie moléculaire, coordonné par l'INSTN (accepté par la Commission de Bruxelles).

**D'autres développements méthodologiques dans le domaine technologique** sont à noter :

- l'inauguration de NeuroSpin, centre d'imagerie par Résonance magnétique nucléaire (RMN) en champs intense ;



- le soutien apporté par l'Agence de l'innovation industrielle (A2I) au projet Iseult/Inumac dédié à l'imagerie par résonance magnétique à très haut champ. Ce projet comprend notamment la mise au point d'une nouvelle génération d'imageurs atteignant un champ d'une puissance sans précédent, égal à 11,7 teslas.



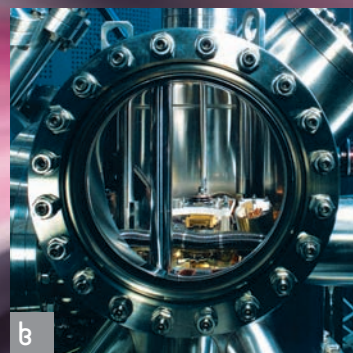
FOCUS SUR

## UN ESPOIR POUR LES PERSONNES ATTEINTES D'ALZHEIMER

Le CEA a effectué la caractérisation structurale - par cristallographie aux rayons X -, des sites de fixation des substrats et produits de l'acétylcholinestérase ; cette enzyme est impliquée dans la maladie d'Alzheimer. La structure du complexe, avec un putatif médicament anti-Alzheimer de seconde génération, a par ailleurs été résolue, ouvrant des perspectives de ralentissement du développement de la maladie et de traitement des symptômes.



a



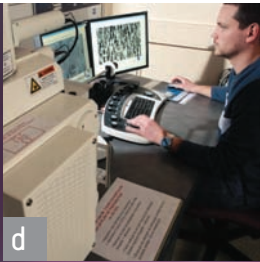
b

FOCUS SUR

## UNE ÉTAPE DANS LA COMPRÉHENSION DE « HUNTINGTON »

Les mécanismes d'action d'un candidat thérapeutique de la maladie de Huntington ont été caractérisés. En parallèle, l'identification d'un nouveau gène, baptisé Capucine, a été effectuée, ce qui pourrait constituer un marqueur d'évolution de cette maladie.





d

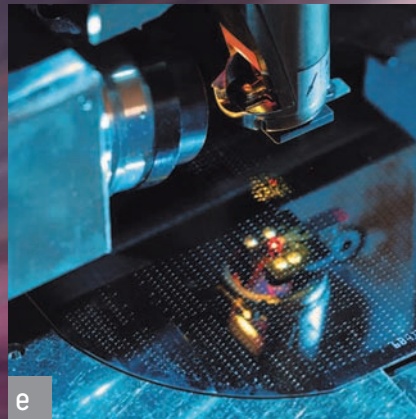
FOCUS SUR

## NOUVEAU CONTRAT DE COOPÉRATION TRIPARTITE

En janvier 2006, un contrat de coopération a été signé entre le CEA, le CSEM et l'association Fraunhofer. Il a pour objet la réalisation de projets de recherche communs ainsi que la mise au point de solutions et de produits innovants pour l'industrie. Cet accord renforce l'offre globale des trois partenaires tout en les rendant plus compétitifs dans un contexte concurrentiel accru.

CHIFFRES CLÉS  
DE LA  
DIRECTION DE  
LA RECHERCHE  
TECHNOLOGIQUE  
(DRT)

**4**  
centres d'études



e

**108**  
doctorants  
et post-doctorants

**227**  
brevets déposés  
en vigueur



f

a. Démonstration de réalité virtuelle dans la salle Phare.

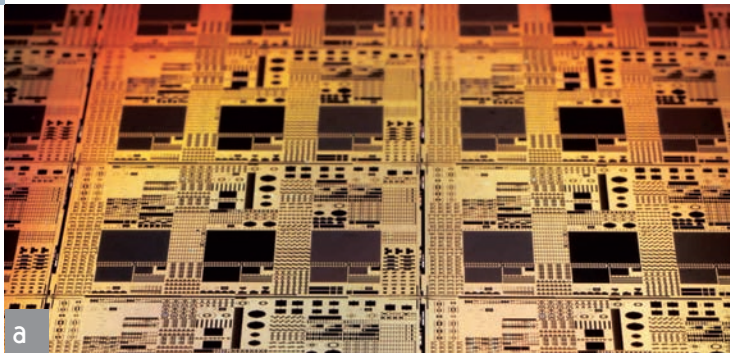
b. Equipement Raider ECD, zone électrolytique 300 mm.

c. Interface compact à retour d'effort Viflex, explorant une texture en 3D.

d. Imagerie de nanomatériaux.

e. Microscope à force atomique qui permet l'imagerie de nanocomposants.

f. Plaque de silicium 200 mm.



## MICRO ET NANO-TECHNOLOGIES

Les activités du Leti s'appuient sur un large socle en micro et nanotechnologies silicium pour ouvrir de nouvelles possibilités applicatives dans les secteurs clés de la biologie et la santé, des télécoms et des objets communicants.

### Le Leti « Labellisé »

En 2006, le Leti (Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information) a reçu la labellisation *Carnot* délivrée par le ministère délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, permettant le lancement de plusieurs projets, retenus pour leur ambition technologique, leur capacité à générer une propriété intellectuelle forte et les perspectives qu'ils offrent en terme d'applications.

Par ailleurs, le Leti est partenaire dans cinq des huit projets retenus

en 2006 par l'Agence pour l'innovation industrielle (A2I).

### La microélectronique : une année intensive

Les recherches en microélectronique menées au Leti visent selon trois axes, l'amélioration et la miniaturisation des dispositifs CMOS actuels (More Moore), la maîtrise de nouvelles approches permettant la fabrication d'objets nanométriques pour créer les successeurs aux transistors CMOS (Beyond CMOS), et l'ajout de fonctions additionnelles sur la puce CMOS (More Than Moore). Ces recherches sont focalisées sur le développement de substrats innovants, les matériaux et procédés et la lithographie ; elles sont soutenues par une importante activité de simulation, de modélisation et de caractérisation physico-chimique et électrique.

La plate-forme technologique silicium du Leti offre des niveaux de qualité et de vitesse d'exécution au meilleur niveau mondial. Les nouveaux moyens de nanocaractérisation de Minatec renforcent encore le potentiel d'investigation des équipes de R&D, permettant par exemple de contrôler au TEM des wafers 300 mm en cours de

process en moins de 4 heures (contre 24 auparavant), ou d'étudier les mécanismes de dégradation de lignes métal d'interconnexion à l'échelle du grain métallurgique.

Les activités sont menées de manière coordonnée en boucle courte sur les sites du Leti et de ST Microelectronics à Crolles. Ainsi dans le cadre du projet Nanotec 300 sur substrats 300 mm, le développement des modules technologiques en avance d'une ou de deux générations et la validation de nouveaux concepts de dispositifs sont conduits au Leti, tandis que le développement et l'intégration des filières sont menés sur le site industriel ST Microelectronics Crolles 2. Les activités sur substrats 200 mm concernent la validation des nouveaux substrats et dispositifs à l'échelle du circuit simple, ainsi que le développement des produits de grande diffusion comme les circuits radiofréquence et les imageurs visibles.

La mise en place de « tapis roulants » consistant à produire des lots à cadence régulière et resserrée, pour fournir aux chercheurs des retours d'information rapides sur des quantités statistiquement significatives, a permis d'atteindre des progrès en termes de productivité globale et de disponibilité des installations. Ainsi avoir pu mesurer et quantifier l'impact des phénomènes les plus fins, comme les effets de variabilité de substrats, a permis la réalisation de lots de transistors NMOS et PMOS en 4 à 6 semaines.



### FOCUS SUR

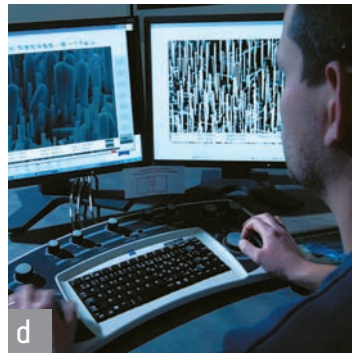
## DE NOUVEAUX MATÉRIAUX POUR DES TRANSISTORS TOUJOURS PLUS PERFORMANTS

Plusieurs matériaux à constante diélectrique élevée ont été synthétisés et intégrés avec succès notamment dans des transistors totalement désertés à grille métallique, pour remplacer l'oxyde de silicium en tant qu'isolant de grille. Ils permettent d'obtenir des épaisseurs d'oxyde équivalentes (EOT) de 1,1 nm tout en maintenant les performances des transistors au meilleur niveau. De nouveaux procédés ont été validés pour trois matériaux à base d'oxydes d'hafnium.



Les premiers transistors NMOS sur substrat 200 mm germanium sur isolant (GeOI) ont vu le jour. Ces résultats au meilleur niveau mondial démontrent le potentiel d'amélioration amené par l'introduction de nouveaux matériaux dans les filières CMOS sub 32-22 nm et placent le Leti parmi les centres d'excellence de premier plan mondial dans le domaine des matériaux pour la nanoélectronique. Cette réalisation est issue de la collaboration avec la société Soitec, leader mondial dans les substrats avancés silicium sur isolant.

Le Leti a également conçu les premiers transistors à matrice 3D de nanofils sur substrats SOI. Plusieurs canaux de conduction contrôlés par une grille enrobante fonctionnent en parallèle, ce qui autorise des densités de courant accrues par unité de surface. Cette architecture originale permettra aussi d'augmenter la densité d'intégration des circuits et le courant débité d'un facteur 5. Cette réalisation a été sélectionnée lors de la conférence internationale



IEDM qui promeut les initiatives les plus innovantes en nano-électronique.

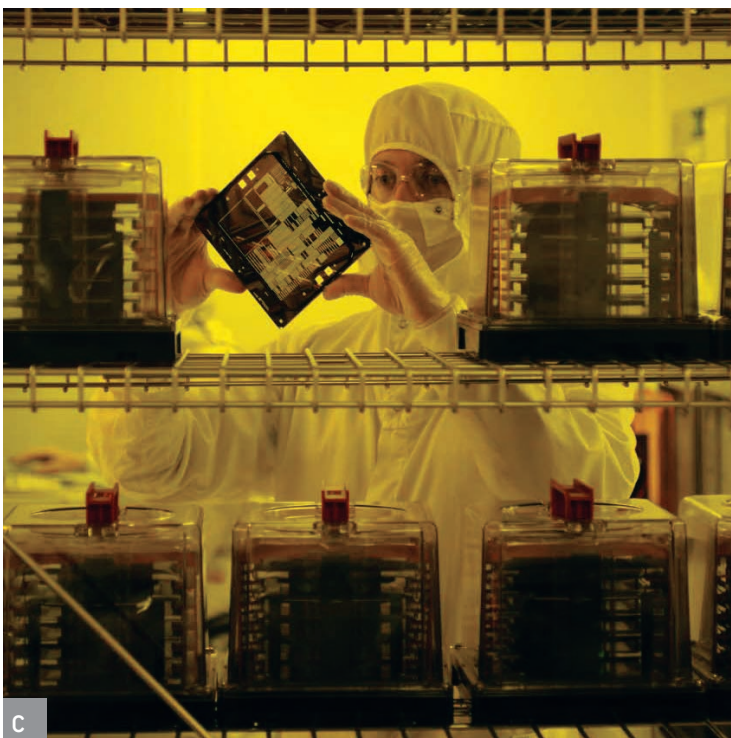
### Les nanotechnologies

Un grand nombre de recherches s'intéresse aux possibilités d'innovation offertes par les nanotechnologies dans les secteurs de l'information et de la communication, de l'énergie, de la sécurité ou de la santé. Les programmes au sein du CEA recouvrent à la fois les nanosciences (au sein de la Direction des sciences de la matière), et les nanotechnologies (au sein de la Direction de la recherche technologique) assurant le lien indispensable entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée. L'année 2006 a été marquée

par la réalisation de réseaux de lignes de 32 nm - espacées de 32 nm en lithographie optique UV à 193 nm en mode immersion obtenus sur un interféromètre à double étage de réseaux de diffraction développé au Leti.



en faveur de l'innovation industrielle, le CEA dispose d'une recherche technologique de haut niveau dans le domaine des micro et nanotechnologies, des télécoms et des objets communicants



Ces résultats à l'état de l'art témoignent de l'expertise apportée par le Leti à ST Microelectronics et ses partenaires de l'Alliance pour le développement de la lithographie par immersion pour les nœuds technologiques 45 nm et en dessous.

Le Leti a également lancé, en collaboration avec la société Soitec, NanoSmart, centre d'excellence pour les matériaux avancés, pour développer de nouvelles générations de substrats silicium sur isolant à fort contenu innovant ; les substrats devenant un enjeu croissant pour les nouvelles générations de circuits intégrés, à la fois pour accroître les performances des circuits et diminuer leur consommation, mais aussi pour ajouter des fonctions au-dessus des circuits.

a. Vue d'une plaquette avec un nouveau matériau, le GeOI.

b. Électronique de pilotage et baie de caractérisation des imageurs infrarouge.

c. Observation d'un masque pour la lithographie optique.

d. Imagerie de nano-matériaux.

a. Machine de dépôt métallique pour microsystèmes.

b. Élaboration de capteurs chimiques à transduction optique.



## Les microsystèmes : une nouvelle structure au service de l'industrie

L'activité microsystèmes du Leti couvre toutes les étapes de conception et d'intégration des composants jusqu'au transfert de filières complètes, et s'exerce à la fois sur des approches « stand alone » pour les « systems in package » (SIP) et « above IC » pour les « systems on chip ». Les microsystèmes visent des domaines d'application très divers : télécoms, automobile, biomédical, écrans plats, domotique...

L'année 2006 est marquée par le lancement de la plate-forme MEMS200 dédiée aux partenariats industriels pour le développement de filières technologiques complètes pour les microsystèmes sur substrats 200 mm, depuis la réalisation de démonstrateurs de faisabilité jusqu'à la production de prototypes voire de préséries industrielles.

La filière de réalisation de filtres à ondes acoustiques de volumes (BAW) a atteint un niveau de maturité quasi-industriel, notamment pour les interconnexions et l'encapsulation. Développés pour des applications en téléphonie, en biomédical et dans le domaine militaire, ces composants présentent de très bonnes performances électriques,

un facteur de qualité supérieur à 1 000 (consommation réduite d'un facteur 2) et offrent des gammes de fréquence élargies.

Une nouvelle filière technologique de micro-bolomètres a été transférée à la société Ulis, exploitant des principes de conception novateurs et permettant de déployer la couche sensible d'un détecteur IR bolométrique sur presque 100 % de la surface totale du détecteur. Un premier démonstrateur de matrice 240 x 320 au pas de 25 µm a été réalisé et la technologie devrait permettre de descendre sous les 20 µm, avec une excellente qualité d'image.

## Les télécoms et les objets communicants

Les activités télécoms préparent l'arrivée des terminaux mobiles du futur pour répondre aux tendances en termes de mobilité, de flexibilité et de personnalisation des services : évolution des technologies cellulaires vers le très haut débit (100 Mbit/s), accès large bande de type Wifi,

Wimax et Wimax mobile, systèmes de communication courte portée, trois thèmes traités dans la perspective d'une convergence au sein des objets nomades du futur.

L'année 2006 a vu la réalisation du circuit intégré Faust (Flexible Architecture of Unified System for Telecom) développé pour les applications hauts débits en multi-applications. Intégrant un réseau sur puce (NOC) pour la gestion des communications entre les fonctions et des mécanismes de contrôle et de synchronisation locale, le circuit Faust a été intégré dans une architecture de terminal cellulaire qui a atteint des débits de 110 Mbit/s en voie descendante et 80 Mbit/s en voie montante.

Les activités objets communicants visent l'intégration de nouvelles fonctions miniaturisées intelligentes dans les industries de pointe telles que la téléphonie mobile, les cartes à puce ou les implants médicaux, et les secteurs plus traditionnels comme les transports ou les infrastructures de génie civil.

Un capteur innovant pour l'automobile réalisé en première mondiale : en collaboration avec Michelin, le Leti a développé un capteur optique mesurant en temps réel la vitesse d'un véhicule (vitesse longitudinale et dérive) ainsi que la hauteur du châssis. Il fonctionne sur tous types de revêtements qu'ils soient secs ou mouillés, ce qui n'avait jamais été fait auparavant. Les performances sont exceptionnelles : vitesse longitudinale obtenue avec une erreur inférieure à 0,5 % entre 2 km/h et 400 km/h, erreurs sur la dérive inférieures à 0,1°.

FOCUS SUR

## IMAGEURS À SORTIE NUMÉRIQUE, EN PERSPECTIVE

Un premier démonstrateur de convertisseur A/N - adapté aux applications d'imagerie infrarouge à base de détecteurs refroidis - a été élaboré par le laboratoire commun Leti-Sofradir (Defir). Les caractéristiques de ce prototype permettent, d'une part, d'envisager la création d'imageurs à sortie numérique, et d'autre part, de renforcer la position de Sofradir sur ce marché en pleine évolution.

## Les systèmes pour la biologie et la santé

L'activité biologie et santé s'appuie sur des compétences d'architecture et d'intégration de briques technologiques (microélectronique, instrumentation, chimie et fonctionnalisation de surfaces, microfluidique, traitement de l'information) pour développer des détecteurs d'imagerie médicale, des systèmes d'imagerie moléculaire pour la mise au point de médicaments et le diagnostic précoce de maladies, des microdispositifs médicaux pour la surveillance et la thérapie, et des laboratoires sur puce pour le diagnostic et la recherche pharmaceutique.

Le remplacement des détecteurs à base de scintillateurs par des semiconducteurs permet des gains spectaculaires en résolution spatiale, taux de comptage, résolution en énergie et sensibilité. Ainsi, regroupant des industriels dans le cadre du projet Imalogic du pôle de compétitivité Minalogic, le Leti poursuit sa collaboration avec Trixell, pour l'étude de la nouvelle génération de détecteurs pour la radiologie X numérique.

La réalisation en 2006 d'un système original de tomographie 3D optique par fluorescence, permettant la visualisation en profondeur des tissus chez le petit animal, ouvre de nouvelles perspectives pour la mise au point de médicaments et le diagnostic précoce de maladies. Le traitement de la maladie de Parkinson par stimulation électrique profonde franchit une nouvelle étape avec la réalisation d'un prototype de stimulateur unique au monde, comportant cinq électrodes contre une seule habituellement, connectées à un multiplexeur programmable par télécommande. Cette nouvelle méthode permettra d'améliorer le traitement des symptômes de la maladie et de raccourcir

considérablement la durée de l'intervention. Le prototype sera testé en 2007 sur cinq patients.

## Lutte contre Les menaces NRBC

Le programme Lutte contre les menaces NRBC (nucléaire, radiologique, bactériologique, chimique) s'est poursuivi avec la réalisation de prototypes effectuant la concentration d'un échantillon de 10 ml en 10 µl et la détection d'éventuels pathogènes dans ce concentré par PCR quantitative. Ces deux prototypes vont être intégrés dans un module unique de 10 cm<sup>3</sup>, capable de remplacer un équipement traditionnel d'un m<sup>3</sup>.



## TECHNOLOGIES LOGICIELLES ET SYSTÈMES : DES DÉFIS EUROPÉENS

**La R&D menée au List (Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies) est centrée sur les systèmes à logiciel prépondérant, présents dans tous les grands secteurs de l'économie, afin de permettre à l'Europe de consolider son leadership dans ce domaine et maintenir sa capacité de production industrielle par l'utilisation extensive de nouvelles technologies numériques, notamment pour réduire le temps de développement des produits et améliorer les interfaces homme/système.**

Le List a reçu en 2006 la labellisation Carnot, délivrée par le ministère délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, reconnaissance de sa stratégie de recherche partenariale.



Cette année a également vu le lancement officiel du parc de recherche Digiteo Labs (CEA, INRIA, École Polytechnique, CNRS, Supélec et Université Paris XII) soutenu par les collectivités locales. Ce rassemblement d'expertises au meilleur niveau mondial, dans le domaine des sciences et technologies de l'information, a été récompensé par la labellisation Réseau thématique de recherche avancée (RTRA) de Digiteo, le 4 octobre 2006.

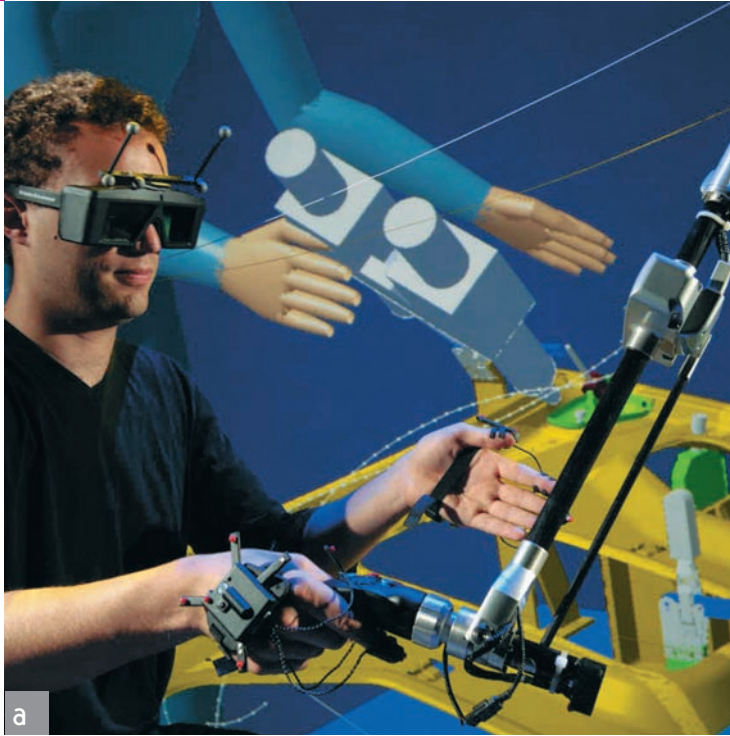
Enfin, le List participe activement au pôle de compétitivité mondial Systematic Paris-Région, notamment au travers de plus de 20 projets sur les thèmes des transports, de la sécurité, des télécommunications et des outils de conception.

FOCUS SUR

## SUR LA VOIE DES TÉLÉCOMS DE 4<sup>e</sup> GÉNÉRATION

Le CEA, STMicroelectronics, France Telecom et Mitsubishi ont implémenté sur silicium le premier circuit NOC (Network on Chip-réseau sur puce) pour les télécoms de 4<sup>e</sup> génération. Cette technologie autorise des débits supérieurs à 100 Mbits/s, soit 50 à 100 fois plus puissants que les UMTS. L'enjeu est le développement des solutions en rupture pour les systèmes sur puces (SOC) de nouvelle génération, destinés aux applications télécoms et multimédia.





a. Démonstration de réalité virtuelle dans la salle Phare.

b. Mésopince-mécanisme monolithique en alliage à mémoire de forme.

c. Logiciel CIVA qui reconstruit la structure, et détecte les défauts, par traitement de signaux sonores.

## Les systèmes interactifs

Les recherches menées au List 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 du List s'organisent autour de 3 axes : réalité virtuelle et interfaces sensorielles, ingénierie de la connaissance et robotique. Les enjeux des systèmes interactifs,

dans un environnement de plus en plus complexe, portent sur :

- un pilotage toujours plus efficace et précis (modélisation) des systèmes réels (robots) et virtuels (simulation) ;
- une optimisation des interactions cognitives pour l'intelligence embarquée (ingénierie de la connaissance) ;
- une communication plus naturelle avec l'homme (interfaces multisensorielles) ;
- la miniaturisation et la fabrication à partir de standards pour augmenter la diffusion de ces systèmes et en diminuer le coût.

Dans le domaine de la réalité virtuelle et des interfaces sensorielles, les chercheurs du List ont mis au point des prototypes numériques permettant de vérifier en temps réel la faisabilité de leur assemblage, leur utilisation et leur maintenance et de valider l'ergonomie d'un poste de travail grâce à l'utilisation d'avatars couplés à la maquette numérique. De plus, les interfaces communicantes bénéficient des avancées des technologies tactiles et sonores produisant une sensation accrue de réalisme.

Les technologies textuelles multilingues du List – licenciées à la start-up NewPhenix – permettant le classement sémantique automatisé des informations, ont été retenues par la société belge MIMS (Micro Informatique Médicale Software) pour son logiciel de gestion d'hôpitaux. Deux hôpitaux sont actuellement équipés, dont celui de Liège, avec une perspective d'extension à une trentaine d'établissements.

En robotique, le List a conçu un nouveau prototype de micro-drone ; grâce à l'utilisation de capteurs et d'un calculateur embarqué, la stabilisation, la navigation et l'évitement d'obstacles sont devenus autonomes, faisant du drone un « capteur volant » dont le pilotage est très intuitif.

### FOCUS SUR

## LA RAPIDITÉ A DU BON...

ST Microelectronics a inauguré une plateforme de diagnostic moléculaire rapide, basée sur la technologie « lab-on-chip ». L'architecture du composant silicium, la chimie de greffage et le prototype de lecteur par fluorescence ont été développés par le CEA. La première application prévue en coopération avec la société Veredus Laboratories est la détection rapide de la grippe aviaire.



## Les systèmes embarqués

Les recherches du List dans ce domaine visent à fournir aux industriels les méthodes et les outils nécessaires au développement de logiciels embarqués en garantissant leur fiabilité au meilleur rapport qualité/coût. Les programmes du List sont focalisés sur les architectures, les outils logiciels et les systèmes de vision.

Les enjeux des systèmes embarqués, interconnectés et communicants, portent sur :

- la maîtrise de la complexité des applications ;
- la sûreté des logiciels et des systèmes qui les accueillent ;
- la diminution du temps de développement des produits ;
- le traitement en temps réel d'un volume toujours croissant d'informations ;
- la robustesse des architectures matérielles et logicielles face aux contraintes d'environnement ;
- l'intégration de capteurs intelligents et autonomes (image et vidéo).

## un nouveau concept de palettiseur robotisé intégrant l'aide au diagnostic

Le projet CLIPS (Composants logiciels pour îlots de palettisation robotisés) a mobilisé durant deux ans les équipes du List autour de Newtec Case Palletizing, leader européen du domaine, pour la réalisation du système de contrôle et de supervision d'un nouveau type de palettiseur. Le projet, soutenu par le Réseau national des technologies logicielles (RNTL),

a été présenté le 25 septembre 2006 à l'ANR, qui a souligné son excellence. Les résultats obtenus ont fait l'objet de plusieurs communications en conférences, notamment lors de la 10<sup>e</sup> édition de la conférence internationale IEEE « Emerging Technologies and Factory Automation ».

Le transfert industriel de la technologie Oasis à Areva NP a permis à cette entreprise de proposer les seuls systèmes informatiques satisfaisant aux exigences de sûreté d'un système critique. Ce projet a donné naissance à une gamme d'équipements QDS (Qualified Display System) affichant les données classées « de sûreté », notamment pour la nouvelle génération de réacteurs nucléaires.

## 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 du List sont centrées sur le contrôle non-destructif, l'instrumentation et la métrologie des rayonnements ionisants.

Les enjeux dans ce domaine portent sur :

- la maîtrise des technologies-clés pour l'instrumentation ;
- la conception d'équipements de contrôle robustes.

La plate-forme logicielle CIVA pour la simulation des contrôles non-destructifs



(CND) a commercialisé en 2006 sa huitième version, intégrant de nouvelles fonctionnalités : ultrasons (capteurs multiéléments), simulation du contrôle sur des pièces complexes, calculs sur des matériaux anisotropes et hétérogènes et simulation de défauts par courants de Foucault. Utilisée par près de soixante-dix entreprises dans le monde, dont une quinzaine en France, CIVA est devenue une référence internationale.

Dans le cadre du projet FNDS-JIL mené avec le SCK/CEN, le CEA a effectué la validation industrielle d'un système de mesure des flux de neutrons rapides. Pour la première fois, les trois modes de fonctionnement de ce type de capteur (impulsion, fluctuation et courant) ont été mis en œuvre de façon nominale et continue, sans intervention extérieure, lors de la divergence du réacteur BR2 de Mol.

FOCUS SUR

### UNE NOUVELLE VICTOIRE POUR FLUCTUAT

L'outil d'analyse statique Fluctuat, déjà utilisé par EDF ou Airbus, a été testé avec succès par le motoriste Hispano-Suiza. Cette démonstration ouvre la voie de collaborations plus importantes avec de nouveaux industriels dans le domaine de la sûreté des systèmes embarqués.

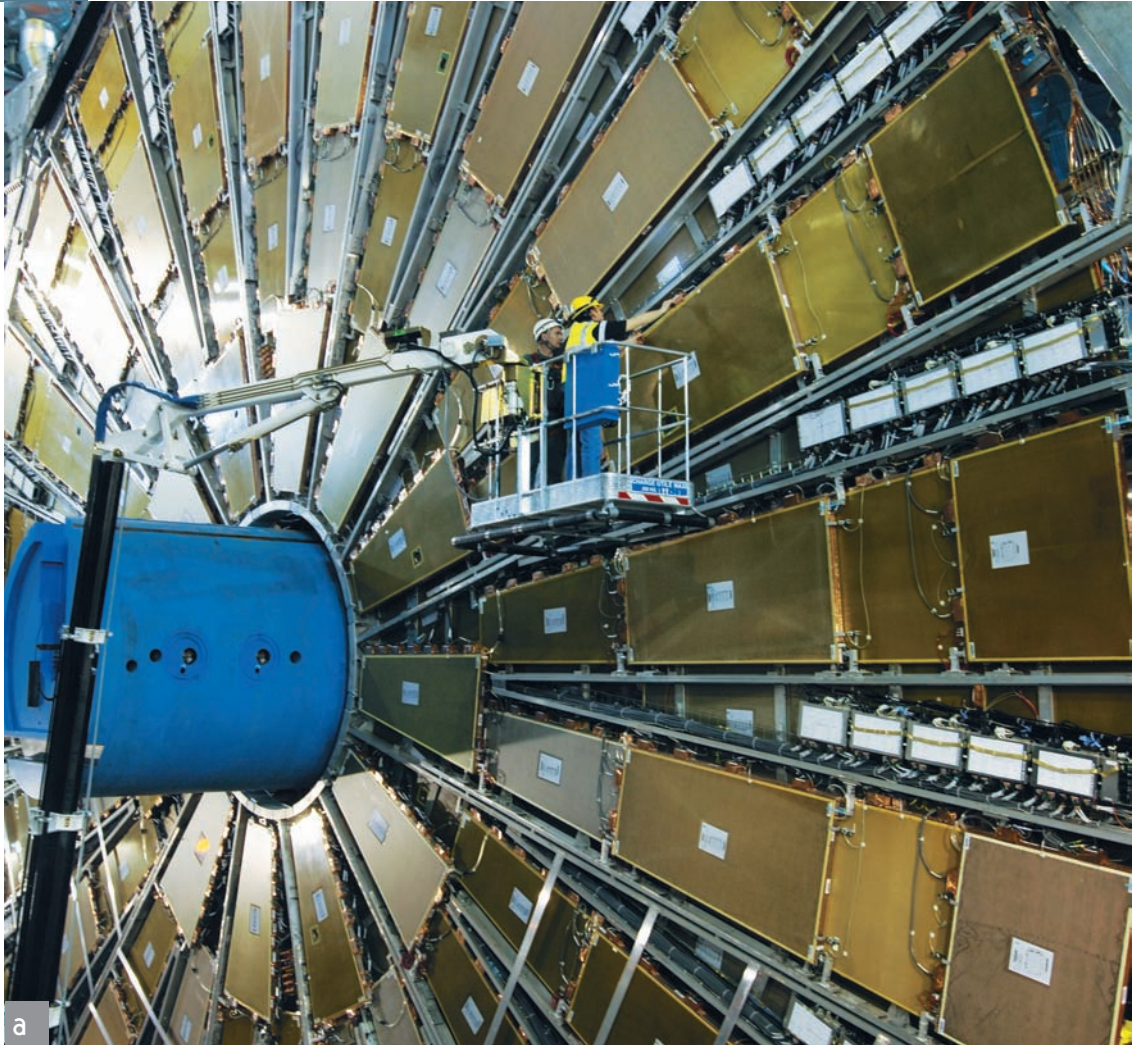
FOCUS SUR

### LA DÉTECTION ULTRA-RAPIDE

En partenariat avec la DAM, le CEA a conçu des photoconducteurs diamant ultrarapides. Ces dispositifs ont un temps de réponse d'un facteur 4 fois supérieur à celui des détecteurs commerciaux et sont beaucoup plus stables. Des tests seront réalisés dans Omega (Rochester, États-Unis), en vue d'une installation finale dans le laser Mégajoule vers 2010.



# LES TRÈS GRANDS ÉQUIPEMENTS D'ACCUEIL



a. Atlas, l'un des détecteurs du LHC, le collisionneur du Cern dédié à l'étude du boson de Higgs.

FOCUS SUR

## NEUTRONS : 25 ANS D'ORPHÉE

Les 25 ans d'activité du réacteur Orphée ont été célébrés en 2006. La vocation de ce Très grand équipement d'accueil (TGE), source nationale de neutrons, est de fournir à la communauté internationale, via le Laboratoire Léon Brillouin, des faisceaux de neutrons pour l'étude de la matière condensée. Cette installation est complémentaire du synchrotron Soleil. Avec ces deux TGE, le plateau de Saclay propose désormais à la communauté internationale une offre complète pour l'étude de la matière : magnétisme, nanostructures...



La recherche fondamentale du CEA requiert l'accès à de très grands équipements scientifiques, notamment dans les nanosciences, la chimie, l'imagerie biomédicale, les matériaux, la physique nucléaire et des particules, l'astrophysique et les plasmas.

Le CEA a une longue pratique de construction, d'exploitation et d'utilisation de ce type d'installations qui contribue largement à placer l'organisme au tout premier plan dans l'espace européen de la recherche. Les très grands équipements sont construits et exploités dans le cadre de collaborations nationales ou internationales. Ils ont un effet structurant pour les laboratoires, car ils sont non seulement des lieux de croisement des disciplines et de rencontre entre chercheurs, mais aussi des lieux de formation. À la demande de l'État, le CEA représente la France, souvent aux côtés du CNRS, dans les instances de pilotage des équipements d'envergure internationale.



## Rayonnement synchrotron : SOLEIL & ESRF

L'installation de rayonnement synchrotron Soleil (Saclay) a été inaugurée le 18 décembre 2006 par le Président de la République. Ce nouvel outil d'exploration a commencé à fonctionner le 20 septembre 2006 avec un courant de 300 mA stocké sur l'anneau. Cette puissance constitue la limite de courant possible avec le système RF actuellement disponible tout en étant conforme aux performances attendues. La ligne de lumière CRG-InterFaces BM32 de l'ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) à Grenoble a été dotée d'une station de micro-diffraction en faisceau « rose » (i.e. polychromatique privé des hautes énergies). Cela devrait permettre de cartographier en 2D les orientations cristallines et l'état de contrainte dans des polycristaux en couche mince. Une partie de l'opération est financée par des investissements au titre de la recherche technologique de base.

## Physique des particules : CERN

Le CEA est un des acteurs majeurs du nouvel accélérateur du Cern (frontière franco-suisse) de la Large Hadron Collider (LHC), et de ses deux grands dispositifs expérimentaux Atlas et CMS. S'agissant de l'accélérateur, le CEA a pris part à la conception et à la réalisation des 392 aimants quadripôles de focalisation des faisceaux, dans le cadre de la collaboration Cern-CEA-CNRS au titre de la contribution spéciale de la France au LHC.

En 2006, tous les tests de fonctionnement des 8 bobines d'Atlas, conçues et développées au CEA, ont réussi, faisant désormais de cet aimant toroidal, le plus grand supraconducteur au monde. Le solénoïde de CMS (Compact Muon Solenoid), également conçu et développé au CEA, a produit, le lundi 28 août 2006 à 12h25,

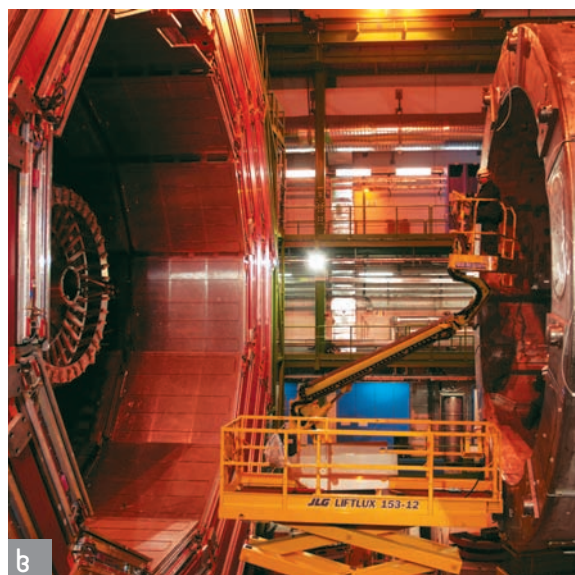
un champ magnétique de 4 teslas dans un volume supérieur à 460 m<sup>3</sup>. Record mondial, une telle intensité dans un si grand volume correspond au champ nominal prévu pour la mise en service de l'expérience.

## Physique du noyau atomique : GANIL

Le 4 septembre 2006, l'État, la Région Basse-Normandie, le Département du Calvados, la Ville de Caen et la Communauté d'agglomération Caen-la-Mer ont signé au Ganil (Caen) avec le CEA et le CNRS, la convention cadre relative à la future installation Spiral 2. Par cet acte fondateur, l'État et les collectivités territoriales s'engagent pour une durée de 6 ans, à contribuer au financement de ce projet par le Ganil. Le coût total de cette construction est estimé à 129 millions d'euros. Spiral 2 est destinée à produire en abondance des noyaux dits « exotiques » qui n'existent pas à l'état naturel sur Terre.

## Neuro-imagerie en champs intense : NeuroSpin

Le 24 novembre 2006, Dominique de Villepin, Premier Ministre, Xavier Bertrand, ministre de la Santé et des Solidarités, François Goulard, ministre délégué à la Recherche



et à l'Enseignement supérieur, Jean-Paul Huchon, Président du Conseil régional d'Île-de-France et Michel Berson, Président du Conseil général de l'Essonne ont inauguré NeuroSpin à Saclay. Cette plate-forme de neuro-imagerie en champ intense, d'une superficie de 11 000 m<sup>2</sup>, est d'ores et déjà équipée d'un IRM clinique de 3 teslas, et d'un autre, unique en France, de 7 teslas. Cette nouvelle grande infrastructure de recherche vise à repousser les limites actuelles de l'imagerie cérébrale par résonance magnétique nucléaire à haut champ (IRM). Les performances atteintes permettront d'observer le cerveau et ses pathologies avec une précision encore plus fine et à une échelle plus représentative des phénomènes qui l'animent.



b. CMS, l'un des détecteurs des expériences qui auront lieu au LHC, le collisionneur à protons du Cern.

c. Inauguration de NeuroSpin par Dominique de Villepin, Premier Ministre, et Alain Bugat, Administrateur général du CEA.



# BILAN SCIENTIFIQUE



## ÉVALUATION SCIENTIFIQUE DU CEA

Les activités de recherche du CEA sont évaluées régulièrement par différentes instances composées d'experts extérieurs au CEA en vue de recueillir des avis sur la qualité des travaux, leur pertinence, le positionnement au niveau national et international et des recommandations pour la poursuite des recherches. Le dispositif d'évaluation comprend deux niveaux :

- l'examen de la politique scientifique du CEA par le Conseil scientifique du CEA et le Visiting Committee ;
- et l'évaluation de l'activité des laboratoires par les Conseils scientifiques.

a. et b. Visite du Liten par le Visiting Committee au CEA Grenoble.

Le Conseil scientifique du CEA, composé de 20 experts français et présidé par le Haut-Commissaire, s'est réuni le 28 mars 2006 pour examiner le thème « Nouvelles technologies de l'énergie : filière hydrogène ». À l'issue de cette réunion, le Conseil scientifique a remis les conclusions suivantes :

- soutien aux choix du CEA sur les voies de réduction de l'effet de serre ;
- mise en valeur de la qualité des recherches et de la motivation des équipes ;
- recommandations sur la poursuite du développement des synergies internes afin d'optimiser le potentiel humain disponible notamment dans le domaine des matériaux ;
- conseil pour réaliser des démonstrateurs, déterminants pour l'identification des axes de recherches prioritaires et pour l'acceptation par le public, particulièrement dans le cas de la filière hydrogène.

Le Visiting Committee, instance constituée de personnalités scientifiques de renommée internationale incluant plusieurs prix Nobel, a également procédé à l'évaluation du thème « Nouvelles technologies de l'énergie » en novembre 2006, apportant ainsi une vision internationale sur la stratégie et les orientations des recherches du CEA dans ce domaine.

Les 36 **Conseils scientifiques** (ou **Comités d'évaluation** pour les unités mixtes) mis en place par le CEA sont composés très majoritairement d'experts extérieurs au CEA (97 %) dont un tiers sont étrangers. Au total, plus de 400 experts sont mobilisés pour ces évaluations qui



ont lieu en moyenne tous les 4 ans. L'année 2006 constitue la première année du nouveau cycle d'évaluation 2006-2009. Dans le domaine des sciences de la matière, quatre unités ont été examinées : « Chimie inorganique et biologie », « Structure et propriétés d'architectures », « Laboratoire Léon Brillouin » et « Centre interdisciplinaire de recherche ions lasers ». Pour la recherche technologique, un renouvellement partiel des membres des 6 Conseils scientifiques a été effectué et l'évaluation a porté sur les thèmes « Microélectronique du futur » et « Composants en microélectronique et microtechnologie ». Pour l'énergie nucléaire, la Direction a souhaité faire évoluer son système d'évaluation des domaines scientifiques aux domaines applicatifs. Six nouveaux thèmes relatifs aux réacteurs à eau légère ont été définis (combustibles avancés et modélisation, physique des réacteurs et expérimentation, simulation, allongement du temps de vie et matériaux, sûreté, fin de cycle du combustible). La totalité des unités des sciences du vivant a été examinée en 2005. Pour les activités de Défense, l'évaluation a porté sur les activités « Matériaux » et « Calcul intensif ».

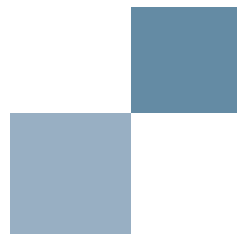






## PRIX ET DISTINCTIONS

- **Daniel Bonamy** (DRECAM/SPCSI) a reçu la Médaille Jean Rist 2006, distinguant de jeunes métallurgistes ou spécialistes de la science des matériaux français ou étrangers pour leurs travaux tant scientifiques qu'appliqués sur les matériaux.
- **Pierre Bonillo** (DRECAM/DIR/GA) a reçu le prix 91 d'or 2006 en tant que lauréat Maître d'Apprentissage pour la Formation, pour l'encadrement au sein du DRECAM, de 2004 à 2006, de Nicolas Bouloy, apprenti en maîtrise des sciences de gestion à l'AGESUP d'Ivry, décerné par le Conseil général d'Essonne.
- **Nicolas Bouloy** (DRECAM/DIR/GA) a reçu le prix 91 d'or 2006 en tant que lauréat apprenti pour la formation professionnelle.
- **Frédéric Bournaud** (DAPNIA) a reçu le Prix de thèse « SDU Sciences de la Terre et de l'Univers, Espace » décerné par la Fondation EADS pour son analyse dans sa thèse effectuée à l'École doctorale d'astronomie et d'astrophysique d'Île-de-France sur l'« Évolution des galaxies : interactions, fusions et accrétions de gaz ».
- **Emmanuel Clément** (thésard au DAPNIA/SPHN) a reçu le 1<sup>er</sup> prix des journées de physique nucléaire de la Société française de physique (SFP). E. Clément a soutenu sa thèse « Étude de la coexistence de formes dans les isotopes légers du krypton et du sélénium par excitation Coulombienne de faisceaux radioactifs » en juin 2006.
- Les travaux de recherche menés par **Stéphane Colasson, Alain Maréchal et Franck Haladjian**, chercheurs du CEA Liten, viennent d'être primés avec une équipe du Cemagref dans la 11<sup>e</sup> édition des Prix des Techniques innovantes pour l'environnement concédés par l'Ademe en partenariat avec différents magazines spécialisés et avec le soutien des ministères chargés de la Recherche et de l'Industrie. Le CEA Liten est lauréat dans la catégorie Maîtrise de l'énergie/Énergies renouvelables dans le cadre du projet « Conception et optimisation énergétique d'installations frigorifiques à impact environnemental réduit ».
- **Stéphane Corbel** (DAPNIA/SAP) a reçu le prix jeune enseignant chercheur de la Société française d'astronomie et d'astrophysique (SF2A). S. Corbel est maître de conférences à l'Université Denis Diderot et membre du laboratoire « Astrophysique interactions multi-échelles », équipe mixte CEA-Paris 7.
- Leçon inaugurale, en avril 2006, de **Stanislas Dehaene** (SHFJ) au Collège de France.
- **Mathieu Deleignies** (DIF/DCSA) et **Jean-Claude Sabattier** (DIF/ED) ont fait partie des lauréats du 8<sup>e</sup> concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes. Mathieu Deleignies pour le projet Nereus qui développe un dispositif de sécurité pour navires de pêche, permettant de larguer instantanément l'outil de pêche (chalut ou drague) en cas de croche (dispositif basé sur la technique pyrotechnique de charge creuse). Jean-Claude Sabattier a pour projet de créer une société éditrice de logiciels dans le domaine XML. Le premier logiciel commercialisé sera XedixTS, un système de gestion de bases de données XML native, mis au point à la DIF.
- **Thierry Douky** (DSM/DRFMC/SCIB) a reçu le prix New Investigator Award de l'American Society for Photobiology pour ses travaux sur l'induction des dommages de l'ADN par les UV dans les cellules cutanées.
- **Alain Favier** (DRFMC/SCIB) a reçu le prix 2006 de la Société francophone d'étude et de recherche sur les éléments toxiques et essentiels.
- **Christophe Grojean** (DSM/SPHT) a reçu le prix 2006 Jean Thibaud de la Fondation Thibaud pour ses travaux sur la théorie électrofaible sans boson de Higgs. Ce prix est attribué par l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon.
- **Benjamin Huard** (DRECAM/SPEC) a reçu le prix Saint Gobain de la Société française de physique pour sa thèse : « Interactions entre électrons, effet Josephson mésoscopique et fluctuations asymétriques du courant » soutenue le 22 septembre 2006.
- **Le Laboratoire des fluides supercritiques et membranes du CEA (LFSM)** a reçu, le 28 novembre à Lyon, l'un des prix que l'Ademe attribue afin de récompenser des techniques innovantes pour l'environnement. La distinction lui a été remise lors des Rencontres recherche - industrie que l'Ademe organise, chaque année, à l'occasion du salon professionnel Pollutec, pour ses travaux sur la destruction de déchets industriels dangereux.
- Les travaux du **Leti** ont également fait l'objet de trois distinctions :
  - Best oral paper Award au 37<sup>e</sup> IEEE Semiconductor Interface Specialists Conference (San Diego) ;
  - Best Paper Award at IEEE Int. SOI Conférence 2006 ;
  - prix Isabelle Attali lors de la conférence e-Smart 2006.



- Remise du prix Springer de recherche fondamentale intitulé « *FACJ Outstanding Young Researcher on Formal Methods Award* », et invitation à soumettre un article pour publication dans le journal international *Formal Aspects of Computing*, de Springer-Verlag au **List**, pour son article « *Towards slicing communicating extended automata* ». La conférence « *Formal Methods* » 2006 est l'une des plus prestigieuses conférences mondiales sur les méthodes formelles.
- Le prix Jean-Pierre Noblanc récompense l'excellence scientifique du **List**.
- Medea a décerné fin 2006, aux partenaires du projet Pics, le prix Jean-Pierre Noblanc « *Award for excellence 2006* », qui reconnaît la pertinence des résultats obtenus pour les applications industrielles telles que le développement d'un système de vision intelligente pour des applications de sécurité (surveillance de sites). Parmi ces partenaires (Thomson, Atmel, Philips, Thales, Faurecia), le **List** a développé une plate-forme de calcul reconfigurable, visant à démontrer l'intérêt des principes de reconfiguration dynamique pour des applications nécessitant un flot de données important telles que la vidéosurveillance.
- Les dosimètres diamant du **List** récompensés aux 45<sup>e</sup> journées scientifiques de la Société française de physique médicale (SFPM).
- L'INPI a décerné son « prix spécial » 2006 au **Leti** pour la qualité et la solidité de sa propriété intellectuelle.
- Le **Leti** a reçu la labellisation Carnot dans le domaine des sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC), délivrée par le ministère délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche.
- Le **List** a reçu la labellisation Carnot également, délivrée par le ministère délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche.
- La Société française de chimie a décerné le prix Le Bel à **Charles Miokowski** (DSV, IBITEC-S) pour le spectre très large de son travail en chimie bio-organique et en synthèse totale de molécules complexes en passant par le développement de méthodologies de synthèses originales, la cristallisation 2D de protéines et l'utilisation des anticorps catalytiques (Abzymes).
- **Charles Miokowski** (DSV, IBITEC-S) s'est vu décerner, en 2006, le prix Mentzer par la Société française de chimie thérapeutique.
- **Eva Pebay-Peyroula**, directrice de l'Institut de biologie structurale (IBS), élue à l'Académie des sciences en 2005, vient de recevoir la médaille d'argent du CNRS pour « l'originalité, la qualité et l'importance de ses travaux, reconnus sur le plan national et international ».
- **Louis Pierre Regnault** (DRFMC/SPSMS) a reçu le prix Langevin 2006, décerné par l'Académie des sciences pour récompenser la qualité des travaux de recherche fondamentale et appliquée.
- **Sylvie Sauvaigo** (DRFMC/SCIB) a reçu le prix du 8<sup>e</sup> concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes du ministère délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche. Son projet d'entreprise Cella BioSearch vise à valoriser des tests miniaturisés de mesure d'activité de réparation de l'ADN dans les domaines cosmétiques, de l'oncologie et de la toxicologie.
- La SFEN a décerné plusieurs récompenses :
  - le grand prix SFEN 2006 aux équipes du CEA (**Ch. Courtois, B. Boullis, D. Warin**) pour les résultats obtenus sur la séparation poussée, notamment au travers des expériences démonstratives menées en 2005 à Atalante. Ce grand prix est destiné « à couronner des avancées significatives en science et technique dans le domaine nucléaire ».
  - le prix spécial du jury au **Visiatome** ;
  - le prix du Forum atomique français (information du public) aux livres de **Stéphane Gin** (DTCD) sur les déchets nucléaires ;
  - le Prix Jacques Gaussons (jeune chercheur) à **Caroline Toffolon-Masclat** (DMN) et **Thomas Vercouter** (DPC) ;
  - le Prix Jean Bourgeois (thèse) à **Patrick Roux** (DER).
- La SF2M (Société française de métallurgie et de matériaux) a attribué à **Sofiane Terzi**, du Liten, le premier prix ex-aequo « *Bodycote 2006* » pour ses résultats de thèse. Celle-ci est focalisée sur l'optimisation d'un matériau métallique pour disques de turbine à gaz de grande taille et pouvant fonctionner à 700°C. Elle s'inscrit dans le cadre d'une collaboration avec Aubert et Duval qui vise à mettre au point un alliage pour disque de turbine de Réacteur nucléaire à haute température (RHT). Ces propriétés à chaud, ainsi que le modèle de prévision de comportement développé, ouvrent des perspectives d'applications pour des disques de turbines d'avions civils et militaires. Le LTH est partenaire d'un projet déposé à l'ANR et piloté par la Snecma qui utilisera largement ces résultats.
- **Michel Treuil** (DRECAM/LPS) a reçu le prix Dolomieu de l'Académie des sciences pour ses travaux sur la géochimie des éléments en traces, exploitant en particulier l'analyse par activation neutronique. Ce prix, fondé par le BRGM, récompense chercheurs ou ingénieurs de la Communauté européenne, pour un travail de recherche remarquable dans le domaine des sciences de la Terre.

## Nominations

- Nominations de **Edouardo Carosella** (DSV, I<sup>2</sup>BM) au grade de Chevalier dans l'Ordre national de la Légion d'honneur au titre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (promotion de Pâques).
- Nominations de **Edouardo Carosella** (DSV, I<sup>2</sup>BM), qui a reçu le titre de Doctor Honoris Causa de l'Université du Salvador de Buenos-Aires (Argentine).
- **Bernard Diény** (DRFMC/SPINTEC) a été nommé pour le prix Descartes de la Communauté européenne pour le projet Tam-Ram sur le développement des mémoires magnétiques non volatiles (MRAM).
- **Bernard Diény** (DRFMC/SPINTEC) a été élu au Comité de direction de la Société IEEE de magnétisme.
- **André Menez**, chef du Département d'ingénierie et d'études des protéines à la DSV depuis 1991, vient d'être nommé Président du Muséum national d'histoire naturelle, par décret du Président de la République en date du 17 juillet 2006.
- **Laurent Véron** (DIF/DCRE) a été élu membre de l'International Organizer Committee regroupant sept scientifiques de pays différents du domaine de la génération et des applications des hautes puissances pulsées lors de la « 1<sup>st</sup> Euro-Asian Pulsed Power Conference » qui s'est tenue du 18 au 22 septembre à Chengdu en Chine.

## communication

- **Prix ARC Jeunes Chercheurs « Kerner »** : 3<sup>e</sup> prix de vulgarisation scientifique attribué à Séverine Planel pour le résumé grand public de son travail de thèse intitulé « TIS11b ou comment mettre une tumeur au régime ».

- **Chrystel Ambard** (DIF/DASE) a obtenu le prix du meilleur poster de la session dédiée à la spéciation lors de la « Winter Conference on Plasma Spectrochemistry » qui s'est déroulée du 8 au 14 janvier à Tucson (Arizona). Cette étude, réalisée avec N. Baglan, F. Pointurier et J. Aupiais, porte sur la spéciation du plutonium à l'état de traces par le couplage électrophorèse capillaire - ICP-MS.

- **Luciana Capello** (DRFMC) a reçu le prix du comité scientifique de l'« Electrochemical Society meeting » de Cancun pour sa communication sur le collage.

- **Thérèse Delpech**, directeur chargé de la prospective à la DAM, a reçu le prix Montaigne de Bordeaux pour son ouvrage « *L'ensauvagement, le retour de la barbarie au XXI<sup>e</sup> siècle* », paru aux éditions Grasset.

- **Véronique Ferlet-Cavrois, Philippe Paillet et Jacques Baggio** (DIF/DCRE) ont reçu le prix du meilleur papier à la conférence NSREC 2006 (« *Nuclear and Space Radiation Effects Conference* »). Ce travail, basé en partie sur une collaboration avec le « Sandia National Laboratories » (USA), porte sur l'analyse statistique des effets des rayonnements sur des composants électroniques sous irradiation d'ions lourds et de protons. Cette distinction conforte la DAM dans son rôle d'expert majeur dans le domaine du durcissement des composants électroniques en environnement radiatif.

- **Pascale Hennequin, Dominique Gresillon, Cyrille Honore, Agnès Quemeneur, Jean-Marcel Rax et André Truc** (DRFC) ont reçu le prix du journal *La Recherche*, mention énergie pour leur article « *Contrôle et diagnostic des plasmas thermonucléaires dans les réacteurs tokamaks* ».

- **Franck Ledoux et Jean-Christophe Weill** (DIF/DSSI) ont reçu le prix du meilleur poster

technique pour leur poster décrivant un algorithme original de génération automatique de maillages 3D hexaédriques, lors de la 15<sup>e</sup> édition de l'« International Meshing Roundtable » qui a eu lieu à Birmingham (USA) et qui réunit tous les ans les meilleurs experts internationaux du maillage pour la simulation numérique.

- L'équipe du **List** a reçu le **prix du poster 2006 de la conférence**, dans le cadre du projet européen Maestro (Methods of Advanced Equipments and Simulation Treatment in Radio-Oncology). Le List a réalisé de nouveaux détecteurs de rayonnement en diamant synthétique.

- **Françoise Vimeux, Georg Hoffmann et Philippe Naveau** (LSCE) ont reçu le prix *La Recherche*, mention prix du ministère pour leurs travaux conjoints avec les collègues du Laboratoire de géographie physique du CNRS et de l'UR Great Ice de l'IRD, sur le thème : « *Le petit âge glaciaire dans les Andes tropicales : approche pluridisciplinaire* » [rubrique « lauréat »].



## ACCOMPAGNEMENT DES PROGRAMMES



Le 5 juillet 2006, au nouveau siège du CEA à Saclay, le contrat pluriannuel entre l'État et le CEA a été signé par les ministres Thierry Breton (Économie, Finances et Industrie), Gilles de Robien (Éducation nationale, Enseignement supérieur et Recherche), François Goulard (Enseignement supérieur et Recherche), François Loos (Industrie) et l'Administrateur général du CEA, Alain Bugat. 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 est le fruit d'un long processus de concertation entre les pouvoirs publics et le CEA, et constitue un véritable référentiel commun permettant d'être plus lisible, plus légitime et plus efficace dans les choix stratégiques de l'Établissement.





## UN PILOTAGE STRATÉGIQUE RÉAFFIRMÉ

### Le rôle unique du cea

Ce contrat conforte les deux axes de recherches stratégiques du CEA dans le domaine civil : 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. Le troisième axe, Défense et sécurité globale, n'est pas intégré dans le document et fait l'objet d'une procédure distincte. Dans ces trois domaines essentiels pour le pays, le CEA joue un rôle unique en assurant une bonne articulation entre la recherche, l'innovation et l'industrie, porteuse de développement économique et de création d'emplois. Par ailleurs, y est réaffirmée une des spécificités du CEA qui comprend une forte composante de recherche fondamentale, à laquelle est affecté un tiers des moyens. Face à ces enjeux, l'action du CEA s'appuie notamment sur les nouveaux outils mis en place par le gouvernement pour améliorer le système de recherche et d'innovation (ANR, A2I, labellisation Carnot...), et sur son intégration dans l'environnement européen (European Research Council, 7<sup>e</sup> PCRD) et international. Enfin, 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 de ce contrat.

### un processus décisionnel très précis

Le pilotage interne de l'établissement s'est poursuivi en s'appuyant sur les différents outils créés pour une meilleure efficacité globale du dispositif. Ainsi, pour le suivi scientifique et technique des programmes, des « Réunions-programmes » ont été consacrées à des domaines variés comme les recherches sur la physique nucléaire et des hautes énergies, le transport des matières radioactives, la stratégie et les programmes de recherche au sein de l'initiative Digiteo-Labs, la métrologie nucléaire, la transmission des connaissances dans le cadre de l'INSTN, la mécanique et les matériaux pour le nucléaire, ainsi qu'à deux des programmes transversaux nouvellement créés : les technologies pour la santé, et la sécurité globale et la non-prolifération. Présidées par l'Administrateur général, ces réunions regroupent le Haut-Commissaire à l'énergie atomique, l'Administrateur général adjoint, le directeur des programmes, les directeurs des pôles opérationnels et des experts invités en fonction du programme abordé. Les décisions qui s'ensuivent sont prises lors des « Comités d'orientations scientifiques » qui se tiennent juste après.

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 2006, les séances du Comité ont été principalement consacrées

à l'analyse des installations Agate et Cedra, au futur projet de démantèlement de la centrale Phénix, ainsi qu'à la rénovation du LNHB. Présidé par l'Administrateur général adjoint et réunissant la Direction financière, la Direction des achats et des ventes et la Direction des programmes, ce comité contribue à une meilleure harmonisation des décisions d'investissements sur les centres, et ainsi, à la conduite d'une véritable politique d'entreprise.

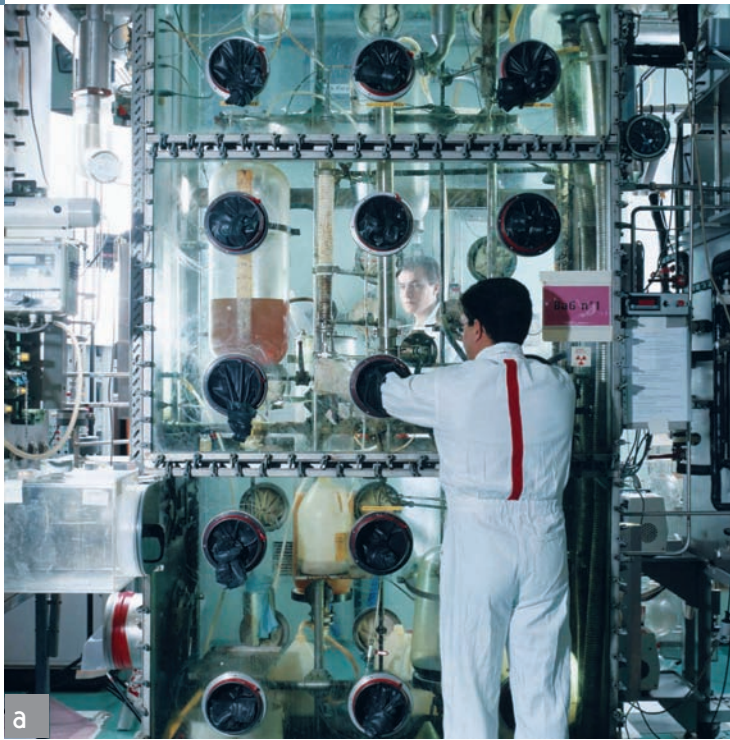
Par ailleurs, des « Conseils de direction restreints » et des « Conseils de direction opérationnels » se réunissent régulièrement autour de l'Administrateur général pour prendre les décisions afférentes aux orientations et au fonctionnement de l'établissement. De plus, un « Séminaire de direction » réunit régulièrement toute la hiérarchie du CEA pour mener une réflexion d'ensemble sur des sujets d'intérêt commun.

Le comité de pilotage contribue à une meilleure harmonisation des décisions d'investissement sur les centres, et à la conduite d'une véritable politique d'entreprise

a. Boîte à gants de décontamination de solvants à Fontenay-aux-Roses.

b. Chantier d'assainissement d'une sorbonne.

c. Salle de conduite du réacteur Osiris, à Saclay.



## RESSOURCES HUMAINES : UNE NOUVELLE APPROCHE DE GESTION DES COMPÉTENCES

Fin 2006, le CEA comptait 15 332 salariés, dont les trois quarts sont des personnels de recherche. L'évolution de ses programmes, au cours de ces dernières années a progressivement

amené le CEA à transformer la nature de ses emplois. Ainsi, le niveau de qualification de ses salariés s'est sensiblement élevé, passant la part des cadres de 44 à 55 % en dix ans.

Sur cette même période, la part des femmes a régulièrement augmenté pour atteindre près de 30 % en 2006 (26,5 % en 1996).

852 recrutements ont été réalisés, dont 249 au titre de l'intégration du personnel de Marcoule, faisant suite au transfert de la responsabilité du centre au CEA. L'année 2006 a également été marquée par la fin des opérations de transfert des 372 salariés du siège parisien. Désormais installés en grande partie à Saclay (Essonne), ils ont bénéficié d'un accompagnement social prévu par l'accord d'entreprise signé en 2004.

La stabilité annoncée de ses effectifs (autour de 15 600 salariés, conformément au plan à moyen et long terme) et la mise en œuvre d'une politique nationale d'allongement des carrières ont conduit le CEA à initier, en 2006,

des approches de gestion, collective et individuelle, des compétences. Cette démarche doit permettre une meilleure cohérence entre recrutement, mobilité et formation professionnelle continue afin d'optimiser l'adaptation et le renouvellement des ressources humaines nécessaires pour les programmes du CEA. Parmi les premières concrétisations, une approche de gestion des compétences critiques a été mise en œuvre dans certains pôles. Et le CEA a décidé de déployer en 2007 un processus de revue de personnel, basé sur les informations issues de l'entretien annuel de tout salarié avec son responsable hiérarchique direct.

Parallèlement, le CEA a poursuivi la modernisation de sa fonction RH, afin d'améliorer notamment le service au salarié, en simplifiant l'organisation et la répartition du travail à tous les niveaux de



responsabilité. Ainsi, des tâches auparavant morcelées ont été regroupées et de nouvelles fonctions créées (ex. les chargés de gestion RH).

Et le CEA a par ailleurs continué à rénover ses outils de gestion RH (ex. Moorea, pour aider au recrutement et à la mobilité).

Enfin, plusieurs accords collectifs ont été signés, en particulier sur les élections professionnelles, l'épargne temps et la mutuelle santé.





## ENSEIGNEMENT ET FORMATION

Établissement d'enseignement supérieur, l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN) contribue à transmettre les connaissances et savoir-faire développés au CEA. L'institut a célébré son cinquantenaire le 6 décembre 2006.

### une offre de masters élargie

En phase avec les projets ITER et laser Mégajoule, dix établissements d'enseignement supérieur français ont signé, le 17 mai 2006, une convention créant une coordination nationale d'un master en « Sciences de la fusion ». L'INSTN en assure le secrétariat permanent. Par ailleurs, porté conjointement par l'Université Joseph Fourier, l'Institut national polytechnique de Grenoble et l'INSTN, le master « Nanosciences, nanomatériaux, nanotechnologies » a été déposé cette année. Il va démarrer en 2007, en s'appuyant sur les compétences du pôle grenoblois (Directions de la recherche technologique - DRT, des sciences de la matière - DSM, et des sciences du vivant - DSV).

### formation continue : quelques chiffres clés

Fort, d'une part de la qualité et de la diversité de son corps enseignant, d'autre part de ses plates-formes technico-pédagogiques, l'INSTN a organisé en 2006 plus de 600 sessions d'études représentant 2 500 jours de formation et réunissant

environ 7 000 participants. 40 % de son activité a été consacré au CEA, 30 % aux grands comptes (Areva, EDF, ASN, IRSN) et 30 % à des PME de l'industrie nucléaire.

Parmi les actions 2006, il faut souligner en particulier :

- la refonte, en trois niveaux d'apprentissage, de la « Formation nucléaire de base » pour les nouveaux recrutés de la DEN - Direction de l'énergie nucléaire (794 h/j) ;
- la réédition de la formation « Radioprotection » dédiée aux personnels d'inspection de l'ASN - Autorité de sûreté nucléaire (630 h/j) ;
- la réalisation d'une formation « Anthropogammamétrie » réservée aux équipes des services de santé au travail des CNPE d'EDF (627 h/j).

En outre, une nouvelle formation « Valorisation de la recherche et innovation en entreprise », destinée aux doctorants du CEA, a été créée en 2006.

### une implication européenne active

Le projet de master européen d'imagerie moléculaire (EMMI), coordonné par l'INSTN en partenariat avec la DSV, a été lancé par la DG Éducation pour un démarrage en 2008. Il associe l'Université Paris 11 et trois universités belge, italienne et grecque. Ce master s'appuie sur les réseaux d'excellence EMIL (cancérologie) et DiMI (diagnostic), au sein desquels l'INSTN a réalisé cette année 21 formations réparties sur douze plates-formes technologiques. Par ailleurs, le master européen

L'Institut national des sciences et techniques nucléaires contribue à transmettre les connaissances et savoir-faire développés au CEA

en radioprotection (EMRP) est en cours de réalisation dans le cadre de l'action Enetrapp, dont l'INSTN est partenaire. Ce projet, piloté par l'Université Joseph Fourier, réunit l'INSTN et deux universités écossaise et tchèque. Il s'inscrit pleinement dans la démarche du réseau Euterp qui vise à harmoniser la reconnaissance mutuelle des diplômes et qualifications.

En outre, l'INSTN participe, en tant que rapporteur, à l'atelier « Compétences et formation » du forum nucléaire franco-britannique lancé le 29 novembre 2006. Cette initiative vient concrétiser une volonté commune d'échanges d'expériences dans ce domaine.



d. TP de licence professionnelle « Analyse pour les métiers de l'eau »

e. Cours européen de radiopharmacie.



a. Starwatch est le premier réseau de capteurs du mouvement humain sans fil. Ce système est transféré à la start-up Movea.



## LA VALORISATION TECHNOLOGIQUE

Ce domaine devient une composante essentielle et naturelle de l'activité des organismes de recherche. De plus, de nombreuses initiatives, notamment dans le cadre de la nouvelle Loi d'orientation de la recherche, incitent à développer la valorisation technologique. En la matière, le CEA s'est toujours efforcé d'optimiser ses actions et son organisation, avec un positionnement spécifique dans le dispositif français. Ses résultats ont été mis en exergue dans le récent rapport de l'Inspection générale des finances et de

l'administration de l'Éducation nationale et de la Recherche sur la valorisation de la recherche en France.

### Trois axes d'interventions prioritaires

Une direction spécifique, des équipes dédiées au sein de chaque pôle opérationnel, la Direction juridique et du contentieux, ainsi que l'entité CEA Valorisation ont permis à l'organisme en 2006 de progresser sur trois vecteurs porteurs.

Le CEA a mis en œuvre un **marketing stratégique** pour identifier les

besoins des clients, positionner les activités par marchés, et se faire mieux connaître dans l'environnement concurrentiel international. Le support de 24 études marketing effectuées dans les domaines clés du CEA lui a permis de mieux adapter l'offre de ses laboratoires aux demandes et aussi de prévalider les cibles ou les business models des start-up en incubation.

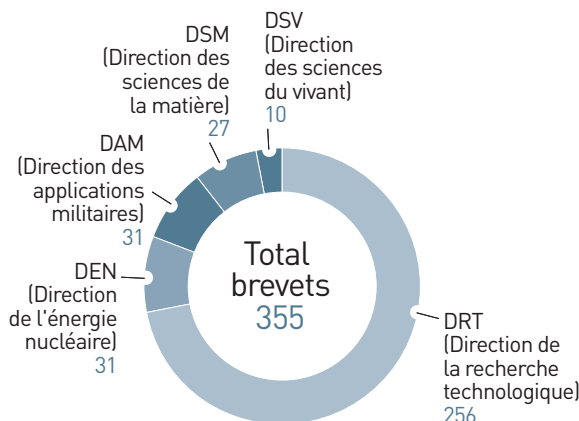
**Des accords basés sur la propriété intellectuelle** protègent et valorisent au mieux le fruit des études du CEA, dans le cadre de partenariats équilibrés avec les industriels et les autres organismes de recherche. Ainsi, cette année, 356 accords ont été signés par le CEA avec des partenaires nationaux et internationaux, soit un total de 1 733 accords en portefeuille. En 2006, 17 accords-cadres ont été signés ainsi que 71 nouvelles licences, ce qui porte le total à 412 licences actives en portefeuille. Au cours de ce même exercice, la politique dynamique menée par le CEA en matière de dépôts de brevets s'est concrétisée par 355 demandes, positionnant le CEA en 5<sup>e</sup> déposant français et 1<sup>er</sup> parmi les organismes publics de recherche. Le total des dossiers d'invention en vigueur s'élève à 2 302 représentant plus de 13 000 brevets nationaux.

En parallèle, **la stratégie active d'essaimage** du CEA a totalisé la création de 97 sociétés de haute technologie, dotées d'un potentiel susceptible d'en faire de futurs clients, en relation étroite avec CEA Valorisation.

De nouveaux projets devraient voir le jour en 2007.

Enfin, le CEA a renforcé la visibilité de son offre dédiée aux industriels, via la diffusion du support CEA-Technologies et la relance de CEA-Technologies Conseils. Avec cette double initiative, le CEA met à la disposition des dirigeants de l'industrie française, les compétences de ses experts dans les domaines intéressants notamment les PME.

### nombre de premiers dépôts de brevets (prioritaires) 2006







## 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 et de secrétariat du Comité Technique Euratom pour les garanties AIEA en France. Dans un contexte mondial de renaissance de l'énergie nucléaire, le CEA a poursuivi son internationalisation, notamment en élargissant son réseau de correspondants dans les ambassades (Berlin et Budapest).

### une forte implication dans l'espace européen de la recherche

Cette année, le CEA s'est fortement impliqué dans de grands programmes. Ainsi, dans le 6<sup>e</sup> PCRD, l'organisme est partie prenante de 335 projets - retenus pour un total de 50 millions d'euros de recettes -, et assure la coordination de 6 d'entre eux qui sont liés à d'importantes infrastructures de recherche. En parallèle, le CEA s'est investi aussi dans la préparation du 7<sup>e</sup> PCRD dont le budget a augmenté de 50 %.

Par ailleurs, le CEA a participé à des plates-formes européennes en soutenant en particulier le lancement de trois initiatives technologiques conjointes (JTI) : hydrogène et piles à combustible, systèmes embarqués (Artemis) et nanoélectronique (ENIAC).

Enfin, le CEA a signé en 2006 plusieurs accords-cadres :

- dans le domaine de l'énergie avec le Centre national finlandais de la recherche technique (VTT) ;
- un partenariat avec le ministère slovène de l'Enseignement supérieur de la Recherche et de la Technologie, dans les secteurs du nucléaire, des



a

nouvelles technologies de l'énergie, et de celles pour l'information et la santé.

### des coopérations bilatérales croissantes

Au-delà de la poursuite de nos collaborations avec nos grands partenaires historiques tels que les États-Unis, la Russie et le Japon, des partenariats nouveaux sont montés en puissance en 2006.

**Chine** : la coopération du CEA-CAEA a été renouvelée, comme l'accord d'application dans la R&D sur les réacteurs nucléaires et la gestion des déchets radioactifs. La consolidation de ce double partenariat stratégique a donné lieu à la création d'un nouveau laboratoire associé sur le thème des études probabilistes dans le domaine de la sûreté.

**Corée** : le Comité de coordination nucléaire franco-coréen s'est tenu en mai, et un séminaire franco-coréen a eu lieu en novembre sur les nouvelles technologies de l'énergie.

**Plusieurs sollicitations** : après le Vietnam, le CEA a été sollicité dans cette région du monde, notamment par l'Indonésie, la Malaisie et la Thaïlande, et en Afrique du Nord. À l'instar de l'Afrique du Sud et du Brésil, ces pays s'intéressent au développement de l'électronucléaire, à l'horizon 2015-2020.

**États-Unis** : un nouvel élan de la coopération a été donné avec la signature d'un avenant à l'accord entre le CEA et le DOE dans les

domaines des réacteurs nucléaires de type avancé et de l'aval du cycle.

### d'importants partenariats multilatéraux

Fin 2006, l'accord juridique et financier entre les pays partenaires du projet ITER a été signé à l'Élysée. Au forum international Génération IV (GIF), deux « arrangements-système » ont été signés par la France : SFR (Sodium Fast Reactor) et VHTR (Very High Temperature Reactor). Cette année, la Chine et la Russie ont rejoint ce Forum. Par ailleurs, le travail d'internationalisation du RJH (Réacteur Jules Horowitz) a aussi conduit à la signature d'accords bilatéraux en Europe et au Japon. Enfin, la France est associée au Partenariat mondial contre la prolifération des armes de destruction massive et des matières connexes (PMG8). Dans ce contexte, le CEA développe des coopérations franco-russes (et bientôt avec l'Ukraine) dans les domaines nucléaire, biologique et chimique. Ses actions sont présentées sur le site nouvellement créé : [www-pmg8.cea.fr](http://www-pmg8.cea.fr).



b

a. Signature du 9<sup>e</sup> protocole CEA CAEA Chine au Château de Cadarache le 18 juin 2006.

b. Page d'accueil du site web Partenariat mondial G8.



## LA COMMUNICATION

La Direction de la communication du CEA est chargée d'informer l'ensemble du personnel et ses différents publics (jeunes, enseignants, chercheurs, élus, médias) sur les activités, les programmes et la R&D de l'organisme. En outre, elle doit valoriser la stratégie du CEA et la faire partager par les centres et les directions de recherche.

### une information ciblée

Dix points presse et cinq voyages de presse ont permis d'exposer aux médias les programmes et les domaines d'expertise du CEA. En **défense et sécurité**, le super-calculateur Tera a été présenté et une visite ministérielle a été consacrée au programme NRBC. Dans le **domaine de l'énergie**, le CEA a communiqué sur les systèmes nucléaires du futur, les résultats de ses recherches sur les déchets et son programme d'assainissement-démantèlement. Dans **les technologies de l'information et de la santé**, Genepac, la pile à combustible réalisée avec Peugeot, le laboratoire des micro

a. Exposition « Trésors engloutis d'Égypte » au Grand Palais à Paris.

b. Nouveau siège CEA près du centre de Saclay.



et nanotechnologies, ou encore les systèmes embarqués pour l'automobile ont fait l'objet de plusieurs communiqués.

Le Pôle **maîtrise des risques** a présenté, comme chaque année, ses résultats.

Enfin, de grands événements ont été fortement relayés par les médias : la signature du nouveau contrat d'objectif, les 40 ans d'astrophysique au CEA, les 50 ans du centre de Grenoble, l'inauguration de Minatec et du pôle de compétitivité Digiteo Labs, le lancement de NeuroSpin et de la plate-forme AlHyance...

### un site au succès accru

Avec 1,1 million de visiteurs individuels en 2006, l'audience du site [www.cea.fr](http://www.cea.fr) a augmenté de plus de 30 %. « L'espace jeunes » a notamment confirmé son succès avec 800 000 visites. 2006 a été aussi l'année de la transformation avec une refonte à la fois éditoriale, ergonomique et graphique de [www.cea.fr](http://www.cea.fr). En parallèle, un nouvel outil de gestion de contenus a été mis en place. Ainsi, les internautes vont disposer d'un meilleur accès à l'information et d'une visibilité accrue sur les grands domaines de recherche du CEA.

### distinction, parution et inauguration

Pour la deuxième année consécutive, le prix de l'UJJEF de l'information vers le grand public a été décerné à la publication *Les Défis du CEA*. En outre, 2006 a été marquée par la parution de deux nouveaux *Clefs CEA* intitulés *Les mesures de l'extrême* et *Les déchets radioactifs*. La Direction de la communication a organisé

l'inauguration du nouveau siège du CEA à Saclay, en présence de quatre ministres : Thierry Breton, François Loos, François Goulard et Gilles de Robien.

### de nombreuses initiatives en interne

La Direction de la communication a sensibilisé son personnel à l'importance de leur rôle en interne pour valoriser les équipes et les métiers du CEA, et aussi pour accompagner les évolutions. Ainsi, en tissant des liens et en favorisant les transferts d'informations, la Direction a contribué à intéresser les salariés aux différents univers d'expertise de l'organisme.

En 2006, les outils de communication interne (*Talents*, communiqués, intranet...) ont largement relayé l'actualité très dense du CEA : inaugurations emblématiques (Minatec, le nouveau siège, Ines...), nouveaux projets et programmes, ITER, et bien sûr, les faits marquants des 5 pôles du CEA, les activités internationales et les ressources humaines. Dans le cadre de l'installation du siège à Saclay, la Direction a participé activement à la mise en place d'un dispositif informatique pour faciliter le déménagement des salariés.

### un autre regard sur la science

Toujours soucieux d'informer les jeunes publics, le CEA a noué un partenariat avec les créateurs d'un nouveau support intitulé « *Imagine ton futur* » qui est diffusé gratuitement à 270 000 exemplaires dans les collèges. Cette année, la Direction de la communication a été présente dans une dizaine de salons en France et à l'étranger (États-Unis, Vietnam, Chine...). À Paris, la participation du CEA à l'exposition « Trésors engloutis d'Égypte » au Grand Palais a été très remarquée. L'organisme y a présenté avec succès ses « technologies au service de l'art et de la culture ».



## QUALITÉ- SÉCURITÉ- ENVIRONNEMENT

### La régulation des visites avec HORUS

Désormais, la gestion des avis de rendez-vous des visiteurs du CEA est devenue à la fois plus simple et plus rapide grâce à Horus qui a été déployé avec succès en 2006 sur les centres civils. Cette application nationale, basée sur un logiciel commercial, est le fruit d'une étroite collaboration entre la Direction centrale de la sécurité, maître d'ouvrage rédacteur du cahier des charges, la Direction des systèmes d'information, maître d'œuvre et le centre de Grenoble qui a joué le rôle de site pilote.

### une application aux multiples atouts

Horus offre un large éventail de qualités au profit d'une bonne régulation des visites du CEA dans les meilleures conditions de sécurité. Sa conception ergonomique et évolutive en fait un outil d'une grande souplesse d'utilisation. Son serveur central permet de mutualiser les données pour l'ensemble du CEA, tout en assurant un filtrage rigoureux des visiteurs potentiels. Avec Horus, le directeur de centre peut arbitrer rapidement une autorisation d'accès en situation d'urgence ou lors de cas particuliers, car les informations lui parviennent directement par *workflow*, via son officier de sécurité.

Horus intègre bien sûr les exigences réglementaires actuelles en matière de protection des intérêts vitaux (lutte contre le terrorisme), du patrimoine scientifique et technique (intelligence économique), et satisfait également les besoins spécifiques des sites du CEA. Par ailleurs, du fait de la création d'une « zone partenaire » en conformité

avec la politique de sécurité des réseaux informatiques, Horus a été mis aussi à disposition des entités non CEA qui sont implantées sur les centres (Areva, IRSN, ITER JWS, Cisbio International, CNRS...). Les salariés autorisés de ces structures peuvent ainsi faire des demandes de visite avec les mêmes règles que leurs homologues du CEA.

Pour accompagner ce projet et en assurer le déploiement, la Direction centrale de la sécurité a rassemblé près de 1 200 personnes dans les amphithéâtres des 5 centres au cours d'une vingtaine de réunions explicatives et interactives.

### une démarche d'amélioration continue par la qualité

Les certifications ISO 9001 et 14001 obtenues par le CEA témoignent de l'engagement de l'ensemble des pôles opérationnels et fonctionnels à rationaliser leur fonctionnement par une démarche qualité. Cette dernière s'appuie notamment sur la description des processus de pilotage de leurs activités.

En 2006, l'état des certifications détenues par le CEA est le suivant :

La Direction des applications militaires est certifiée pour la conception, production, mise à disposition et maintien en condition opérationnelle des armes en incluant les activités de support de tous ses centres.

La Direction de l'énergie nucléaire est certifiée pour les recherches et développements et les activités contributives à l'énergie nucléaire, ce qui implique l'ensemble des sites qu'elle exploite ou dans lesquels elle est implantée.

La Direction de la recherche technologique est certifiée pour la recherche technologique de base et expertises, le développement industriel notamment dans les domaines de la micro-nanotechnologie, les systèmes à logiciel prépondérant et les nanomatériaux. La Direction des sciences de la



matière a été certifiée pour ses activités de support du centre de Saclay.

c. Secrétariat effectuant un avis de rendez-vous sur Horus.

Enfin, la Direction des sciences du vivant a obtenu la certification de sa plate-forme « Transcriptome » située au Génomètre d'Évry dont la mission est de contribuer à la diffusion de la technologie puces à ADN en sein de la communauté scientifique en distribuant des puces à ADN fiables et abordables. Par ailleurs, elle maintient la certification du centre de Fontenay-aux-Roses pour ses activités de support ainsi que pour celles d'un service implanté sur le site de Valrhô.

d. Exercice de secourisme.

Côté directions fonctionnelles, sont certifiés : l'INSTN pour ses actions de formation continue et la Direction des achats et des ventes pour l'ensemble de ses activités.

De façon complémentaire, l'accréditation de plusieurs laboratoires selon la norme 17025 permet une reconnaissance de la qualité de leurs prestations. Ces accréditations concernent notamment les laboratoires d'analyse de radiotoxicité et ceux en charge de la surveillance de l'environnement. La mise en place en 2006 d'un réseau regroupant ces laboratoires leur a apporté une aide méthodologique efficace dans l'obtention de leur accréditation.







a. Hall de départ et d'arrivée des camions transportant les déchets radioactifs.

b. Station de surveillance météorologique.

Le CEA a également renforcé sa démarche visant à fusionner progressivement les systèmes Qualité, Sécurité et sûreté nucléaire, Environnement pour obtenir à terme un système de management intégré (QSE). L'accomplissement de cet objectif a nécessité un programme d'extension des compétences des auditeurs internes, qui a été entrepris en 2006.

## La culture de sûreté

La sûreté nucléaire se décline à tous les stades et à tous les niveaux du CEA. Elle fait partie intégrante de la culture d'entreprise et s'appuie sur la mise en place de principes d'organisation et d'appropriation par l'ensemble des acteurs de la chaîne. Grâce aux moyens adéquats fournis et à l'exemplarité des dirigeants, les personnels s'impliquent sur le terrain.

Dans le cadre du plan triennal 2006-2008 d'amélioration de la sûreté, plusieurs campagnes de formation à ces comportements spécifiques ont été menées à partir d'un kit pédagogique actualisé. Centré sur le développement d'une attitude interrogative, d'une démarche rigoureuse et prudente, de la communication et du travail en équipe, le programme comprend six modules de base intitulés :

- la sûreté nucléaire : priorité du CEA ;
- un accident est-il encore possible ?
- le contexte de l'industrie nucléaire ;
- la maîtrise de la sûreté au quotidien ;
- la prise en compte de la fiabilité humaine ;
- les études de cas et la recherche d'axes d'amélioration.

Ces actions ont été organisées par des animateurs-relais CEA, préalablement préparés à ce rôle de sensibilisation et de responsabilisation très important pour la sécurité de l'ensemble du personnel des centres. En 2006, 20 animateurs-relais et plus de 150 agents ont bénéficié de cette formation.

## Assainissement et démantèlement

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) s'appuie notamment sur des groupes permanents d'experts et de représentants de l'Administration. Ils expriment leur avis, lors des réunions plénières, sur les grandes phases de vie des installations (création, mise en service, fonctionnement, arrêt, transports de matières radioactives). Ils étudient, en outre, les stratégies et les aspects génériques, en particulier, sur la gestion des déchets et les programmes de démantèlement.

Suite à l'examen en groupe permanent le 6 décembre 2006 du plan d'assainissement et de démantèlement des installations du CEA civil, à l'horizon 2015, l'ASN a donné un avis favorable à la mise en œuvre de ce plan moyennant la fourniture périodique de documents d'avancement des projets.

## un processus rigoureux d'autorisations internes

Le système d'autorisations internes - défini et formalisé par l'ASN - concerne aujourd'hui environ 20 installations nucléaires de base du CEA. Il permet aux directeurs des centres de procéder à des expériences et à des modifications d'équipements ou de référentiels de sûreté dans la mesure où ces initiatives ne remettent pas en cause notablement la démonstration initiale de sûreté.

Le système d'autorisations s'appuie sur la fourniture de dossiers rédigés par les exploitants des installations et évalués par les cellules de sûreté des centres avec l'appui d'experts. Ces derniers sont réunis, le cas échéant, par les directeurs de

centres, dans le cadre de commissions de sûreté, internes au CEA. En 2006, le CEA a renouvelé ses membres et ses experts, et a délivré, pour l'ensemble des centres civils, 37 autorisations dans ce contexte.

## bon démarrage du 6<sup>e</sup> plan triennal d'amélioration de la sécurité

Cette année, 118 accidents du travail avec arrêt ont été déclarés (132 en 2005). Le taux de fréquence associé\* s'élève à 4,2 accidents par million d'heures travaillées (4,7 en 2005). Ce résultat 2006 est nettement meilleur que l'objectif (fixé à 4,6). En outre, il est inférieur à celui de la branche professionnelle d'appartenance du CEA (7,7) et à celui de la moyenne nationale (26,1). Ces 118 accidents du travail ont entraîné 4 266 journées d'arrêt de travail (y compris les journées d'arrêt de travail avec rechute). Le taux de gravité\* qui en résulte est de 0,15 (0,17 en 2005).

Concernant les accidents du travail survenus à des salariés d'entreprises extérieures intervenant dans les installations du CEA, le taux de fréquence poursuit sa baisse (17,6 en 2004 et 15,6 en 2005) et atteint la valeur de 12,3 en 2006, pour 152 accidents avec arrêt. Par ailleurs, les résultats sécurité de ces entreprises restent meilleurs que ceux enregistrés au niveau national par leur branche professionnelle respective.

## 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. Une marge de progrès peut encore être franchie, en particulier pour les accidents des salariés d'entreprises extérieures.

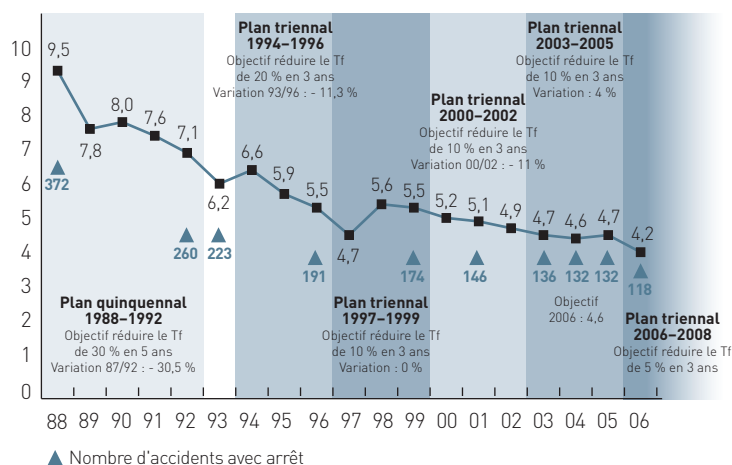
## une dosimétrie du personnel interne stable

Durant ces dernières années, les expositions professionnelles sur l'ensemble des sites du CEA affichent une relative stabilité pour

\* 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 million d'heures travaillées



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



les doses collectives et individuelles reçues par les personnels internes. Ainsi, la dose moyenne annuelle par travailleur du CEA effectivement exposé est passée à 0,7 mSv en 2006 (contre 0,91 mSv en 2001).

En 2006, 7 374 salariés du CEA ont fait l'objet d'une surveillance. Parmi eux, 93 % 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 5,15 mSv.

### un contrôle environnemental accru

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.

### 95 agréments

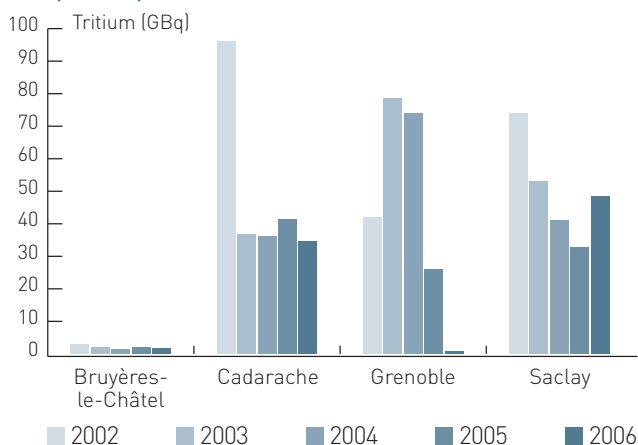
Depuis le changement d'exploitant en avril 2006, le CEA assure l'ensemble du contrôle de l'environnement du site de Marcoule qui couvre les villages voisins jusqu'à la côte méditerranéenne. Plus de 150 spécialistes sont chargés de surveiller, mesurer et interpréter l'impact du fonctionnement des installations sur les sites et leurs alentours. Ces équipes, déjà accréditées Cofrac pour les principales analyses, disposent mainte-

nant de 95 agréments - délivrés par les ministères concernés -, pour les mesures de radioactivité dans l'environnement. Tous les résultats sont communiqués aux autorités et largement diffusés en interne comme à l'externe.

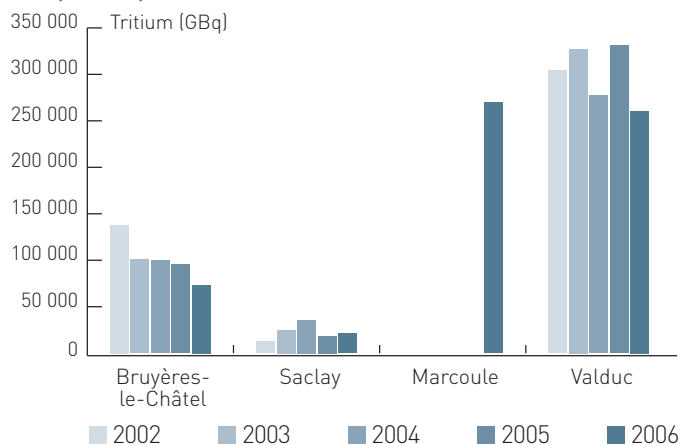
### des résultats satisfaisants

À Marcoule, les principaux rejets liquides correspondent à l'exploitation des INBS du centre (16 500 GBq de tritium en 2006). Sur les autres sites, les rejets radioactifs liquides et gazeux en 2006 sont partout assez stables par rapport aux années passées, voire globalement en baisse. Ces quantités d'effluents rejetés sont toujours très inférieures aux limites autorisées sur chaque site.

### Bilan 2002-2006 des rejets d'effluents liquides des principaux centres CEA



### Bilan 2002-2006 des rejets d'effluents gazeux des principaux centres CEA





# DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le CEA a été créé pour « poursuivre les recherches scientifiques et techniques en vue de l'utilisation de l'énergie atomique et de ses applications dans les domaines de la science, de l'industrie et de la défense nationale » et pour étudier « les mesures propres à assurer la protection des personnes et des biens ». Cette double mission a contribué à forger une culture propre à l'Établissement qui constitue un atout dans une perspective de développement durable.

Beaucoup de nos recherches s'inscrivent au cœur des priorités affichées dans la Déclaration de Rio ainsi que dans les réflexions nationales et internationales qui l'ont suivie.

- Énergie : énergies non émettrices de gaz à effet de serre. Énergie nucléaire (études de solutions innovantes produisant moins de déchets), énergies renouvelables,
- Santé : radiobiologie, toxicologie, maladies émergentes, technologies pour la santé, imagerie médicale,

- Eau : dépollution, dessalinisation,
- Biodiversité : microbiologie, biologie intégrative,
- Agriculture : biologie végétale (photosynthèse...),
- En recherche fondamentale, le CEA participe à l'étude du changement climatique et de ses conséquences sur l'environnement.

La maîtrise de l'impact des activités du CEA relève de plusieurs enjeux environnementaux parmi lesquels :

- limitation des rejets radioactifs et de toute forme de polluants,
- gestion écologiquement rationnelle des déchets radioactifs, des déchets dangereux et des déchets banals,
- préservation des ressources naturelles (eau douce, bois, énergies fossiles...),
- protection de l'atmosphère vis-à-vis du changement climatique,
- intégration paysagère des sites,
- réhabilitation des sols pollués.

Les centres du CEA forment la pierre angulaire de la politique de développement durable du CEA. Plusieurs d'entre eux sont déjà certifiés ISO 14001 (Valduc, Saclay, Valrhô). Le centre de Cadarache devrait l'être en 2007.

Ceux du Cesta, Le Ripault, Bruyères-le-Chatel et Grenoble ont poursuivi la mise en place d'un système de management environnemental.

## cesta

### des chevaux pour nettoyer Le Lacanau

Les chevaux ont remplacé les engins mécaniques pour nettoyer les rives et enlever les rondins de

bois qui contrarient l'écoulement des eaux du Lacanau, traversant le centre du Cesta.

Cette méthode ancienne, pratiquée par 15 personnes en France, a un atout principal : le respect de l'environnement où cohabitent une flore (osmondes, bruyères, fougères, droseras...) et une faune (écureuil, loir, fouine, lapin, furet...) diversifiées.

## Traitement des eaux usées

Depuis 2002, le centre du Cesta est équipé d'une station de traitement de toutes les eaux usées, d'une capacité de 1 700 équivalent habitants.

## grenoble

### un plan de déplacement d'entreprise performant

Le centre de Grenoble a déployé un plan de déplacement d'entreprise visant à aborder de manière globale et intégrée la problématique « transport » de l'entreprise. L'objectif de ramener de 70 à 50 % la part de voiture individuelle sur 5 ans et de réduire les déplacements en voiture autour et sur le site a été atteint en 3 ans. Pour cela, le centre incite le personnel à utiliser un « mode doux » de déplacement : une flotte de 300 vélos de service à disposition, ou la marche à pied. Un tiers de la superficie du Centre est ainsi en zone piétonnière et comprend des cheminements couverts.

Une participation sous forme d'abondement est accordée aux personnels qui utilisent les transports en commun.





b

### **mise en œuvre des nanomatériaux**

Très impliqué dans le développement de nouvelles technologies telles que les nanotechnologies, le CEA, en particulier le centre de Grenoble, mène une réflexion afin d'établir des règles de bonnes pratiques de prévention et de protection des salariés et de l'environnement, dans les installations où sont mis en œuvre des nanomatériaux.

Sans attendre une réglementation spécifique, des procédures ont été mises en place visant à assurer une traçabilité des activités menées et des conditions de manipulation.

### **saclay**

#### **recycler l'eau pour préserver les ressources**

Les installations du centre de Saclay sont alimentées en eau via deux réseaux : celui d'eau de ville et celui d'eau recyclée, produite à partir des effluents industriels traités et de l'eau brute prélevée dans le plan d'eau du centre.

L'eau de ville est utilisée principalement pour les besoins des laboratoires (procédés, lavage des matériels et équipements) et les besoins sanitaires.

La consommation d'eau de ville s'est élevée en 2006 à un peu moins de 1,3 million de m<sup>3</sup>. L'eau recyclée sert essentiellement au refroidissement des équipements générant de la chaleur. La production d'eau recyclée a été en 2006 de 1,7 million de m<sup>3</sup>. Cette valeur confirme tout l'intérêt du recyclage pour préserver la ressource en eau.

### **pile à combustible**

Le CEA a installé dans son nouveau bâtiment Siège à Saclay un groupe de secours utilisant une pile à combustible pour assurer la permanence de fourniture électrique du Centre de coordination de crise. L'objectif est de démontrer la fiabilité de l'utilisation des piles à combustible pour la réalisation de systèmes de secours électriques et de faire progresser les recherches dans ce secteur.

### **valrhô**

#### **L'engagement pour l'insertion des personnes handicapées**

Le CEA Valrhô a signé avec les partenaires sociaux le 18 mai 2006 un nouvel accord relatif à l'emploi et à l'insertion des travailleurs handicapés pour la période 2006-2008. Cet accord prévoit notamment des recrutements en contrat à durée indéterminée, l'accueil de 6 personnes handicapées en stage, impliquant la formation de plusieurs professionnels du centre (ressources humaines, assistante sociale, médecin, coordinatrice mission handicap).

Au cours de l'année 2006 et pour la troisième fois, le centre s'est engagé à « l'opération Agenda » proposée par l'ANPIHM de Garches. Ce réseau national permet de soutenir dans la proximité les personnes handicapées, leurs familles et leurs proches.

#### **un autre chauffage à Marcoule**

Le chauffage de Marcoule, jusqu'alors assuré par du gaz

naturel, utilise depuis fin 2006 la vapeur du réacteur de recherche Phénix, source non émettrice de gaz à effet de serre (pour 31 GWh).

### **Fontenay-aux-Roses**

#### **recyclage du papier et du carton**

Le centre de Fontenay-aux-Roses a mis en place un compacteur à cartons pour optimiser la réduction des volumes de déchets papier et carton.

En 2006, 64 tonnes de papier de bureau ont été collectées grâce à un tri à la source et à une collecte sélective des déchets de bureau, ce qui correspond à un recyclage de l'ordre de 75 %.

Cette valorisation concilie économie et écologie : le recyclage évite au détenteur de déchets de payer les coûts d'élimination.

### **Le Ripault**

#### **gestion des déchets chimiques**

Près de 60 % des déchets dangereux du Centre du Ripault sont des effluents de type industriel, provenant essentiellement des laboratoires de chimie.

Afin d'assurer toujours au mieux les conditions d'hygiène et de sécurité et de prévenir les risques de pollution accidentelle, les conditions d'entreposage des déchets dangereux ont été réorganisées en 2006. Les aires d'entreposage ont ainsi été redimensionnées sur le principe d'un enlèvement hebdomadaire majoré. Celles-ci sont aérées, protégées du soleil et des eaux de pluie et éloignées au maximum des lieux à risque.

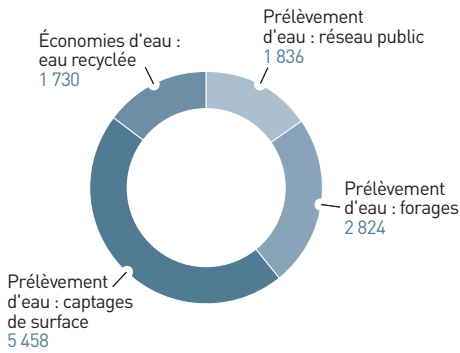
La séparation des déchets en fonction des incompatibilités y est également renforcée. Depuis 2006, les salariés et les entreprises extérieures sont sensibilisés au tri, ils reçoivent des consignes sur les actions à mettre en œuvre et les comportements à prohiber en matière de gestion des déchets.

a. Les rives du Lacanau sont nettoyées par des chevaux.

b. Les déplacements en vélo sont fréquents sur le centre de Grenoble.



## Prélèvements et économies d'eau au CEA en 2006 (en milliers de m<sup>3</sup>)



### valduc

#### une chaufferie « paille et bois »

Implanté dans une région agricole, le Centre de Valduc se chauffe grâce à une chaufferie AgroÉnergie fonctionnant à la paille et au bois. Ce projet valorisant les ressources locales, depuis sa conception jusqu'à son mode de fonctionnement, est ainsi en phase avec le développement durable. AgroÉnergie participe à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (6 390 tonnes par an de CO<sub>2</sub> d'origine fossile en moins dans l'atmosphère). Par ailleurs, le fonctionnement de cette usine entraîne une consolidation et la création de l'emploi local.

#### commission d'information

La structure publique d'information du centre de Valduc, mise en place depuis plus de 10 ans, rassemble

élus locaux, représentants d'associations, universitaires et organisations professionnelles. Ses travaux portent sur l'implication du centre en matière de préservation de l'environnement et de recherche et développement pour l'économie locale. Le retour d'expérience a été utile lors de la mise en place des Commissions d'informations placées auprès des sites nucléaires.

### DAM Île-de-France

#### économies d'énergies

Le chauffage du site est assuré pour un tiers par la géothermie soit, en 2006, 7 891 MWh issus des pompes à chaleur, sans émission polluante. En parallèle, la nouvelle conduite de la chaufferie centrale, prenant en compte les relevés météo pour la programmation, a permis une meilleure adéquation entre la quantité de chaleur fournie, la température extérieure et la température de « confort » exigible dans des locaux de travail.

### cadarache

#### amélioration de la performance énergétique

Le contrat de chauffage du Centre de Cadarache, géré avec une clause d'intéressement gagnant/gagnant dans le cadre d'un véritable contrat de performance énergétique,

a permis de réaliser des progrès notables sur la période de 1998 à 2006 :

- évolution des rendements de chauffage de 70 % à plus de 80 %,
- diminution de la consommation énergétique de 44 000 kWh/DJU à 35 000 kWh/DJU\*.

Les travaux effectués ont diminué significativement les pertes thermiques du réseau primaire, de 15 % à moins de 10 % sur la période. Ce mode de gestion a permis l'économie de 15 GWh pour la saison 2005-2006 représentant 660 000 euros, dans un contexte de surenchérissement de l'énergie.

### gestion des déchets au CEA

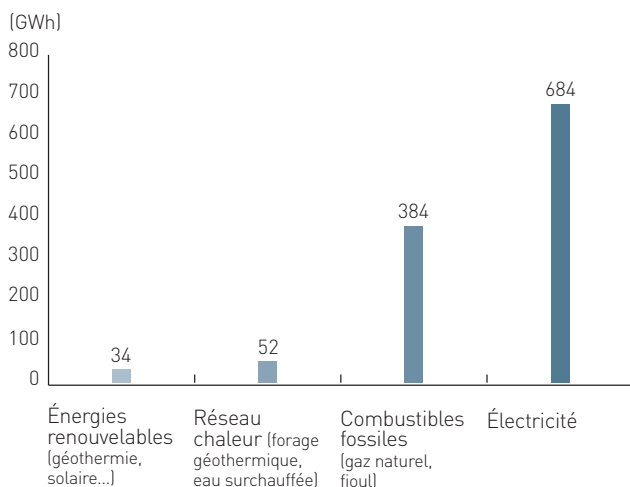
Le recyclage des déchets conventionnels permet d'économiser des ressources naturelles et de faire des économies. L'optimisation du tri est un point clé essentiel de la gestion des déchets : en exemple, 10 kg de papier carton recyclés économisent 230 litres d'eau et 3 kg de pétrole. Ainsi, dans le cadre de la mise en place de systèmes de management environnemental, les centres sont sensibilisés pour limiter à la source les achats, la consommation de produits générateurs de déchets, et améliorer les conditions de tri et de traitement.

La valorisation « matière » des déchets conventionnels non dangereux (papiers, cartons) correspond à un recyclage de plus de 80 % sur les centres de Saclay, Valduc et de 96 % à Valrhô (Marcoule). Le centre du Cesta a également mis en place une structure permettant une gestion globale de tous les déchets produits sur le site.

Une nette augmentation de la valorisation des déchets a été constatée, passant de 45 à 75 % en quatre ans.

\* DJU = degré jour unifié, indice permettant de comparer les années en les corrigeant des variations climatiques.

### consommation d'énergie au CEA en 2006





## SYSTÈMES D'INFORMATION : UNE ANNÉE DE CONSOLIDATION

Les systèmes d'information du CEA ont connu une année 2006 riche en finalisation d'opérations ou de projets démarrés lors de l'exercice précédent.

### évolution des architectures et des infrastructures

- Le projet Synergie-Migration, de changement de version du logiciel de gestion SAP, a mobilisé de nombreuses ressources. La Direction des systèmes d'information a effectué ce travail en collaboration avec d'autres Directions et quelques prestataires qui l'ont aidée à préparer, évaluer et valider les différentes étapes de la migration. Cette adaptation du système d'information aux évolutions technologiques et réglementaires, et aux besoins des programmes, s'est achevée à la date prévue,

par le redémarrage de Sigma dans des conditions nominales.

- L'architecture du réseau CEAnet et des services associés (messagerie, Active Directory...), nécessaire à la mise en place de la politique de sécurité des réseaux, a été optimisée. Cette évolution permet à la zone Intranet de disposer d'une meilleure protection informatique.
- Le CEA a mené des études pour définir la nouvelle architecture haut-débit de son réseau et la mise en œuvre du wi-fi avec des accès distants encore plus souples et efficaces. Ces améliorations s'imposent du fait de l'accroissement du trafic réseau et des nouveaux usages induits par les grands projets et les pratiques. La phase réalisation sera lancée en 2007.
- Le déménagement du siège historique du CEA - de Paris vers le centre de Saclay et au « Ponant » (Paris 15<sup>e</sup>) - a mobilisé la filière Systèmes d'information (mise en place de l'infrastructure), et le Service archives (accompagnement des unités pour réduire de 30 % les 3 km d'archives et réaliser systématiquement des tableaux de gestion).



b

a. Salle d'archives à Fontenay-aux-Roses.

b. Salle informatique à Saclay.

- Parallèlement, le SITI - qui héberge plus de 400 sites ou applications, 160 portails eDOC et 130 sites web Intranet et Internet - a entrepris la mise en infogérance de son parc informatique.

### deux trophées

Selon un processus désormais bien rodé, toutes les actions prévues dans le schéma directeur des systèmes d'information ont fait l'objet d'une étude présentée au Comité des systèmes d'information. Celui-ci est chargé de vérifier la pertinence et de valider l'opportunité du lancement de chaque projet.

En 2006, la Direction des systèmes d'information s'est vu décerner deux trophées :

- Le trophée « Pilotage des performances » pour l'application « Tableaux de bord achats » dédiée au suivi des dépenses selon quatre grands axes (fournisseurs, répartition financière du budget, segmentation par catégories et profil des commandes). 800 décideurs exploitent quotidiennement cette application en pilotant quelque deux milliards d'euros d'achats et 10 000 fournisseurs.
- Le trophée « LMI 2006 » dans la catégorie « Services publics » pour eDOC ; ce projet facilite, d'une part la création de portails d'échanges d'informations et de documents pour les missions et collaborations transverses inter-organismes, et d'autre part la diffusion des contenus scientifiques et/ou pédagogiques à des publics ciblés.



a

### crédit photos

Artechnique – P. Avavian - P. Bazoge – J.J. Bigot - M. Boulet - CEA – C. Dupont – Dassault - DR – P. Dumas – V. Elkouby,  
M. Perrin, C. Poupon, J.F. Mangin – T. Foulon - L. Godart – A. Gonin – M. Jary - E. Joly - P. Labèguerie - Le Senechal  
- Marine nationale – C. Morel - H. Raguet – F. Rhodes - P. Stroppa - Vasconi et associés – F. Vigouroux





Commissariat à l'énergie atomique  
91191 Gif-sur-Yvette Cedex  
[www.cea.fr](http://www.cea.fr)