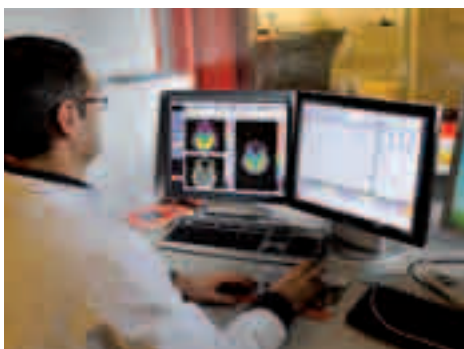
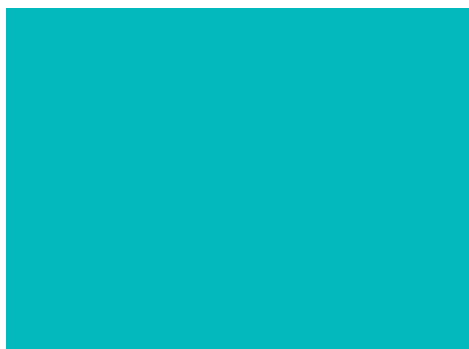
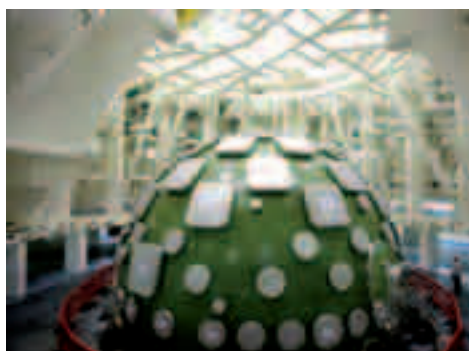
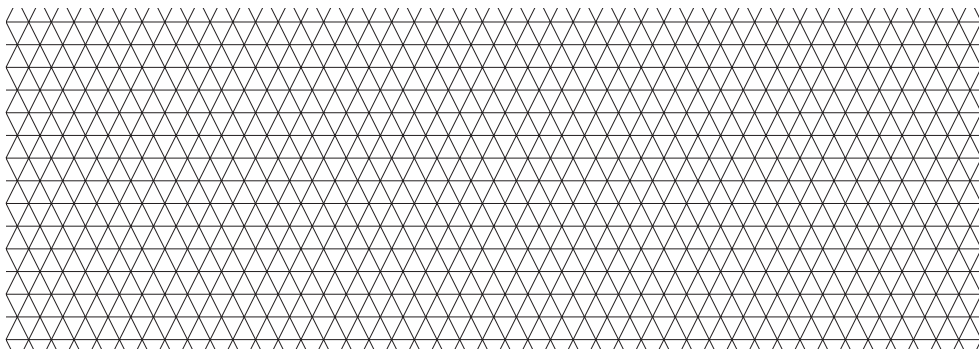


CEA
Rapport annuel
/2010



SOMMAIRE

Avant-Propos de M. Bigot	2
Avant-Propos de Mme Cesarshy	4
Contrats d'objectifs et de performances 2010-2013	6

PARTIE / 01

Les programmes

/01.A Les énergies bas carbone et les recherches associées	10
/01.B La Défense et la sécurité globale et les recherches de base associées	28
/01.C Les technologies pour l'information et les recherches associées	36
/01.D Les technologies pour la santé et les recherches associées	44
/01.E Les très grandes infrastructures de recherche fondamentale	52

PARTIE / 02

Le bilan scientifique

/02.A L'évaluation	60
/02.B L'enseignement et la formation	61
/02.C La valorisation des activités de recherche au CEA	62
/02.D L'accompagnement à la valorisation	63
/02.E Les prix et distinctions	64

PARTIE / 03

L'accompagnement des programmes

/03.A Les ressources humaines	68
/03.B Les relations internationales	69

/03.C

La communication et diffusion
de l'information 70

/03.D

La maîtrise des risques 71

/03.E

Les systèmes d'information 74

/03.F

L'écoresponsabilité 74

PARTIE / 04

La structure du CEA

Organigramme	76
Gouvernance d'entreprise	77

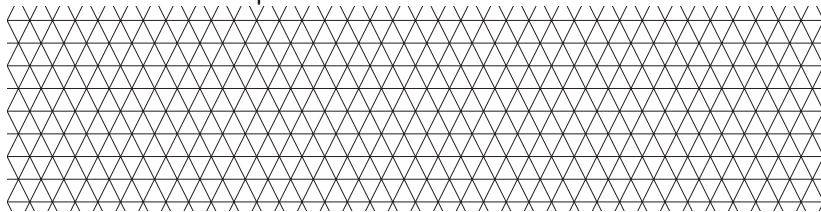
FAITS MARQUANTS

Retrouvez la rétrospective 2010 CEA
dans "Les Défis du CEA" hors série,
consultable et téléchargeable
sur le site www.cea.fr
lien direct :
defis.cea.fr



● Réseau
des conseillers CEA
en Ambassade

Profil



Le CEA intervient dans quatre grands domaines : l'énergie, la défense et la sécurité globale, les technologies pour l'information et les technologies pour la santé, associés à une recherche fondamentale d'excellence, et sur la conception et l'exploitation des très grandes infrastructures de recherche.

Organisme public singulier, le CEA occupe une place à part dans le paysage français de la recherche où il est désormais l'opérateur majeur de la recherche scientifique et technologique dans le champ des énergies bas carbone en complément des missions qui lui avaient été déjà confiées antérieurement.

Aujourd'hui Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, l'évolution du nom du CEA concrétise ses recherches menées depuis de nombreuses années sur une large part de l'ensemble des énergies bas carbone : énergie nucléaire avec notamment la quatrième génération de réacteurs, et nouvelles technologies de l'énergie avec l'énergie solaire, le stockage d'électricité pour le transport et la valorisation de la biomasse.

Grâce à ses compétences internationalement reconnues, le CEA constitue une force d'expertise et de proposition pour les pouvoirs publics. À l'interface entre le monde industriel, scientifique et le monde académique, le CEA a su tisser des liens structurés avec l'industrie tout en développant une collaboration étroite avec l'Université. Dans le même temps, le CEA développe une recherche fondamentale reconnue au plus haut niveau international, irriguant ainsi les objectifs finalisés de l'organisme.

La volonté du CEA pour les années à venir est d'intensifier encore ses collaborations stratégiques dans une logique de proximité régionale. Ainsi chacun de ses dix centres est impliqué au travers de la participation aux enseignements avec les universités et des partenariats de recherche avec les grandes entreprises et les PME.

LE CEA en chiffres*

10
centres
de recherche

13
EquipeX
[Équipements
d'excellence]**

15
Labex
[Laboratoires
d'excellence]**

136 start-up
depuis 1984
dans le secteur
des technologies
innovantes

4,2 milliards
d'euros de
budget

15 982
techniciens,
ingénieurs,
chercheurs et
collaborateurs

4 257
publications en
2009 dans des
revues à comité
de lecture

613
dépôts
de brevets
prioritaires

1 488
thésards
et **287**
post-doctorants

51
unités mixtes de
recherche [UMR]

55
accords
cadres avec
les universités
et les écoles

Plus de
450 projets
européens
obtenus avec
la participation
du CEA dans
le cadre du FP7
depuis 2007

22 pôles de
compétitivité
auxquels
participe
le CEA dont
5 mondiaux

* au 31/12/2010

** 1^{er} rappel

Avant-propos

Bernard Bigot
Administrateur général

“

Notre feuille de route est claire, le CEA est fortement mobilisé sur plusieurs grandes priorités du pays : énergies renouvelables et énergie nucléaire comme alternatives aux énergies fossiles, technologies de l'information, technologies pour la santé, défense et sécurité globale, sciences de la matière et sciences du vivant.

”



L'année 2010 a permis au CEA de poser, dans la continuité de son histoire et de sa culture d'entreprise, des fondations nouvelles, que nous voulons solides, pour lui permettre d'atteindre les objectifs ambitieux qui lui ont été fixés par le Gouvernement pour les prochaines années. En effet, à l'issue d'un audit réalisé dans le cadre de la procédure de « Révision générale des politiques publiques », nous avons élaboré un nouveau contrat d'objectifs et de performance entre l'Etat et le CEA pour la période 2010-2013. Ce contrat a été signé avec cinq ministres. Notre feuille de route est claire, le CEA est fortement mobilisé sur plusieurs grandes priorités du pays : énergies renouvelables et énergie nucléaire comme alternatives aux énergies fossiles, technologies

de l'information, technologies pour la santé, défense et sécurité globale, sciences de la matière et sciences du vivant. Notre organisation est ajustée pour remplir ces objectifs selon un modèle qui a été reconnu pertinent au vu des résultats acquis. Il allie une recherche fondamentale d'excellence sur des thématiques précises à un soutien de l'activité économique par l'innovation technologique.

Le CEA demeure ainsi le premier organisme public français de recherche et d'innovation en déposant plus de 613 brevets en 2010 et en poursuivant la création d'entreprises technologiques innovantes (12 en 2010) et d'emplois hautement qualifiés grâce à des partenariats actifs avec l'industrie. Sur ces fondations nouvelles, le CEA a mené

à bien en 2010 de grands chantiers et des programmes de recherche ambitieux, dont certains ont donné lieu à des visites de personnalités ou des récompenses prestigieuses.

Les différents chapitres de ce rapport annuel 2010 vous présentent en détail les résultats obtenus par les équipes du CEA dans les différents domaines d'activité du contrat d'objectifs et de performance. Permettez-moi de citer ici quelques exemples pour illustrer ce dynamisme.

Le Président de la République nous a honoré de trois visites en 2010, à NeuroSpin, sur un site dédié à l'imagerie médicale, sur le chantier de Nano-Innov (nano-électronique) sur le plateau de Saclay et enfin au Cesta près de Bordeaux afin d'apprécier l'avancement des travaux du laser Mégajoule.

Le chantier du futur réacteur Jules Horowitz à Cadarache a reçu la visite du Premier Ministre et du Commissaire général à l'investissement en mai 2010 ; dédié à la recherche sur les matériaux pour le nucléaire, ce réacteur produira également des radioéléments à fins médicales pour la France et l'Europe. Il bénéficie d'un soutien financier important au titre des investissements d'avenir. A Bruyères-le-Châtel, c'est le bâtiment du Très grand centre de calcul, dédié à l'accueil du futur ordinateur européen de puissance pétaflopique que la ministre de la Recherche est venue inaugurer.

Enfin le CEA a été très justement distingué grâce à une première mondiale en thérapie génique qui a permis de soigner un jeune adulte atteint d'une maladie grave du sang, la bêta-thalassémie. Toutes ces réalisations et ces recherches n'auraient pu être menées avec succès sans une bonne articulation entre un socle de recherche fondamentale d'excellence, de grandes plateformes technologiques et des équipements scientifiques partagés avec nos partenaires académiques, une innovation développée avec des entreprises et surtout des équipes motivées et compétentes.

Elles ont été très fortement sollicitées en 2010, car le CEA a notamment répondu massivement aux appels à projets du Commissariat général à l'investissement en déposant de nombreux dossiers sur les priorités qui figurent dans notre contrat d'objectifs et de performance.

Deux conventions ont ainsi été signées pour contribuer au financement du réacteur Jules Horowitz ainsi que pour conduire les études

de conception d'un prototype industriel de réacteur de 4^e génération, Astrid, répondant aux critères de durabilité de l'énergie nucléaire.

Le CEA a également fortement intensifié ses efforts en faveur du développement des énergies renouvelables, en conformité avec son nouveau nom de Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives inscrit dans la loi du 10 mars 2010. Le CEA aspire à renforcer ce rôle d'organisme public de R&D de référence en matière d'énergies nouvelles : énergies solaires, énergies marines, stockage de l'énergie avec notamment les batteries pour véhicules électriques, sobriété énergétique, technologies hydrogène et biocarburants de 2^e et 3^e génération, issus de la biomasse et des micro-algues. L'enjeu est considérable.

Ces programmes de recherche sont menés avec des entreprises afin de contribuer à l'élaboration de filières industrielles dans ces domaines.

La participation active du CEA aux Alliances programmatiques, et tout particulièrement Ancre pour ce qui concerne l'énergie, permet une meilleure coordination de la programmation des axes de recherche des organismes partenaires. En cohérence avec notre contrat d'objectifs et de performance, la stratégie internationale du CEA a été revisitée. Bien sûr, l'Europe est très présente dans cette politique. Les 35 % de réussite que les propositions du CEA ont obtenu en réponse aux appels d'offres du 7^e PCRD qui ont été publiés jusqu'à ce jour, soit le meilleur score parmi les 30 premières institutions européennes, sont un formidable encouragement à maintenir notre effort. Je souhaite aussi mentionner, au-delà d'une coopération exemplaire avec le Japon et les Etats-Unis, deux accords importants signés en 2010, l'un avec notre homologue indien, l'autre avec Rosatom en Russie. Ils traduisent des avancées concrètes dans nos relations avec ces deux grands pays partenaires. Notre coopération avec la Chine est, de même, très active et fructueuse.

Enfin, dans le domaine de la défense, l'accord de coopération entre la France et le Royaume-Uni, annoncé en novembre dernier, vise à mettre en commun des installations du CEA, en relation avec les programmes de simulation. Le CEA est fier de contribuer à cette étape majeure dans la coopération de défense franco-britannique.

Les opérations d'assainissement-démantèlement de nos anciennes installations nucléaires avancent de façon satisfaisante, avec une attention, qui doit

être portée au plus haut niveau, à la vigilance dans le domaine de la sûreté et de la sécurité. Je souhaite ici rendre hommage à la compétence et au professionnalisme de nos équipes.

2011 sera l'année de la consolidation des bases solides posées en 2010. Nous avons là une feuille de route claire qui donne de la visibilité à notre action et assure une compréhension des enjeux par nos partenaires comme par chacun des personnels du CEA qui sont parfaitement et totalement mobilisés pour atteindre les objectifs que nous nous sommes assignés.

Je souhaite avec vous que, grâce à la contribution du CEA, les résultats des années à venir soient, pour notre pays, à la hauteur des efforts qu'il a engagé en 2010 et de ses espoirs de réussite scientifique et technique.



Je souhaite avec vous que, grâce à la contribution du CEA, les résultats des années à venir soient, pour notre pays, à la hauteur des efforts qu'il a engagé en 2010 et de ses espoirs de réussite scientifique et technique.



Avant-propos

Catherine Cesarisky
Haut-commissaire
à l'énergie atomique

“

Les Très grandes infrastructures de recherche contribuent à la résolution de défis sociétaux en matière de santé, de nouveaux matériaux et d'énergie ou pour la défense et la sécurité.

”



Fort de ses 15 982 chercheurs et collaborateurs, le CEA constitue une force d'expertise, aux compétences internationalement reconnues et une force de proposition pour les pouvoirs publics.

En sciences de la matière, les résultats scientifiques de classe mondiale sont à nouveau très nombreux. À Grenoble, des chercheurs ont réalisé une source de photons unique de qualité exceptionnelle basée sur une boîte quantique insérée dans un fil photonique de taille nanométrique. D'autres, à Saclay, ont levé le voile sur un mécanisme complexe permettant d'expliquer le rendement remarquable des cellules photovoltaïques élaborées à partir de couches minces qui atteignent aujourd'hui des performances

à même de concurrencer les cellules à base de silicium les plus performantes. En astrophysique spatiale, les résultats d'Herschel, à la fois satellite scientifique et Grand Instrument, confortent notre compréhension de l'évolution des galaxies et bouleversent nos connaissances sur la formation des étoiles. Ils montrent notamment que la masse des étoiles est déterminée par la structuration du gaz avant que les étoiles ne se forment. Dans le domaine de la fusion, les équipes du CEA à Cadarache étudient la meilleure manière de contribuer à la préparation de l'exploitation scientifique d'ITER, que ce soit en intensifiant leurs activités de modélisation numérique ou en proposant Tore Supra comme un banc de test au service de l'opération d'ITER.

En sciences du vivant, un consortium international auquel participe le Génoscope a publié dans la revue *Nature* le premier séquençage de l'ensemble des gènes des bactéries hébergées par le tube digestif humain (le métagénome). Enneurosciences, le Centre d'acquisition et de traitement d'image, un autre consortium dirigé par la Direction des sciences du vivant (DSV), dont la mission est d'établir un dialogue entre la recherche clinique et la recherche algorithmique de traitement de l'image, a été lancé en novembre dans le cadre national du Plan Alzheimer. Les chercheurs de la DSV contribuent également au domaine de la sécurité et, dans le cadre du programme NRBC-E (nucléaire, radiologique, biologique, chimique et explosifs), ils ont découvert, en collaboration avec l'Institut Curie, le CNRS, l'Afssaps et l'Université de Montpellier, la première molécule efficace chez la souris pour la protéger de la toxicité de la ricine. 2010 a aussi été l'occasion pour la DSV de se positionner dans le champ des énergies décarbonées en créant un programme d'action « Bioénergies » couvrant les deux approches, ingénierie biologique et approche bio-mimétique.

En recherche technologique, l'année 2010 a été extrêmement importante pour l'avenir. Le nombre des laboratoires communs a eu une croissance importante grâce aux plates-formes ouvertes où on reconnaît l'effet de levier des trois Instituts Carnot Leti, List et Liten. Leurs collaborations industrielles ont alimenté une dynamique de croissance et de diversification en dégageant des ressources pour la recherche amont. Ainsi en micro-nanoélectronique, les capacités technologiques les plus avancées sont disponibles sur les sites de Grenoble et de STMicroelectronics à Crolles pour réaliser de grands circuits en 3D, 3 dimensions, à la fois très puissants et très économes en énergie.

Dans le secteur des **Nouvelles technologies de l'énergie**, nous pouvons nous féliciter de la création du premier réseau français de recherche et technologie sur les batteries. Le partenariat stratégique Renault-CEA pour la production et le recyclage de nouvelles générations de batteries préfigure la mise en place d'une filière industrielle française répondant aux besoins du marché automobile. Dans le défi de réduction du coût des panneaux photovoltaïques, parmi les nombreuses voies nouvelles, je citerai les résultats prometteurs obtenus à l'INES à Chambéry et la société ECM Technologies, spécialiste

grenoblois des traitements thermiques et fabricant de fours de cristallisation. Ce programme engagé en avril 2010 a déjà produit des lingots de plus de 600 kg de silicium métallurgique de qualité photovoltaïque, contre le standard mondial actuel de 450 kg. Ceci illustre l'attractivité d'une plate-forme de recherche et innovation telle qu'INES pour les industriels, et en particulier les PME très innovantes du domaine des nouvelles technologies de l'énergie.

Dans le domaine de **l'énergie nucléaire**, chacun se mobilise que ce soit pour la conception de nouveaux réacteurs ou la fourniture de services et de R&D à nos partenaires depuis l'amont jusqu'à l'aval du cycle du combustible, sans oublier la sûreté des réacteurs, thématique pour laquelle le CEA a récemment montré une capacité d'analyses et d'expertises indispensable. Le CEA, fort de ses compétences et des collaborations qu'il a su nouer aussi bien avec des partenaires académiques qu'industriels, a une responsabilité particulière face aux grands enjeux que l'utilisation pérenne et largement acceptée de cette énergie pose à notre pays. Suite aux recommandations de l'Académie, CEA, CNRS et Universités ont lancé le programme de recherche Odisee en partenariat avec les industriels Areva, EDF et Mécachrome. Cette action de recherche de base concerne les aciers renforcés par dispersoïdes, pour une très bonne tenue à la température et à l'irradiation applicable aux réacteurs de fission et aussi de fusion. Un programme de développement technologique est en cours dans le cadre de l'accord tripartite CEA-EDF-Areva et complète cette recherche.

Dans des programmes très divers du CEA, les chercheurs s'appuient largement sur les **Très grandes infrastructures de recherche**, qui permettent d'apporter des réponses à des problèmes scientifiques fondamentaux et qui contribuent à la résolution de défis sociétaux en matière de santé, de nouveaux matériaux et d'énergie ou pour la défense et la sécurité.

Dans le domaine de **la défense**, le CEA s'est ainsi doté du premier supercalculateur construit et mis au point en Europe à avoir passé la barre du pétaflops, soit plus d'un million de milliards d'opérations par seconde. Le grand instrument laser Mégajoule est également un pilier du programme de simulation. A ce jour, les principaux

défis techniques pour la réalisation de ce grand instrument ont été relevés avec succès. Conformément à la politique approuvée par le ministère de la Défense en 2002, l'ouverture menée par le CEA en complète l'utilité notamment avec la création de l'Institut Laser et Plasmas en commun avec le CNRS, l'Ecole Polytechnique et l'Université de Bordeaux I. Ainsi 20 % des expériences réalisées actuellement sur la Ligne d'intégration laser le sont au profit de la communauté civile.

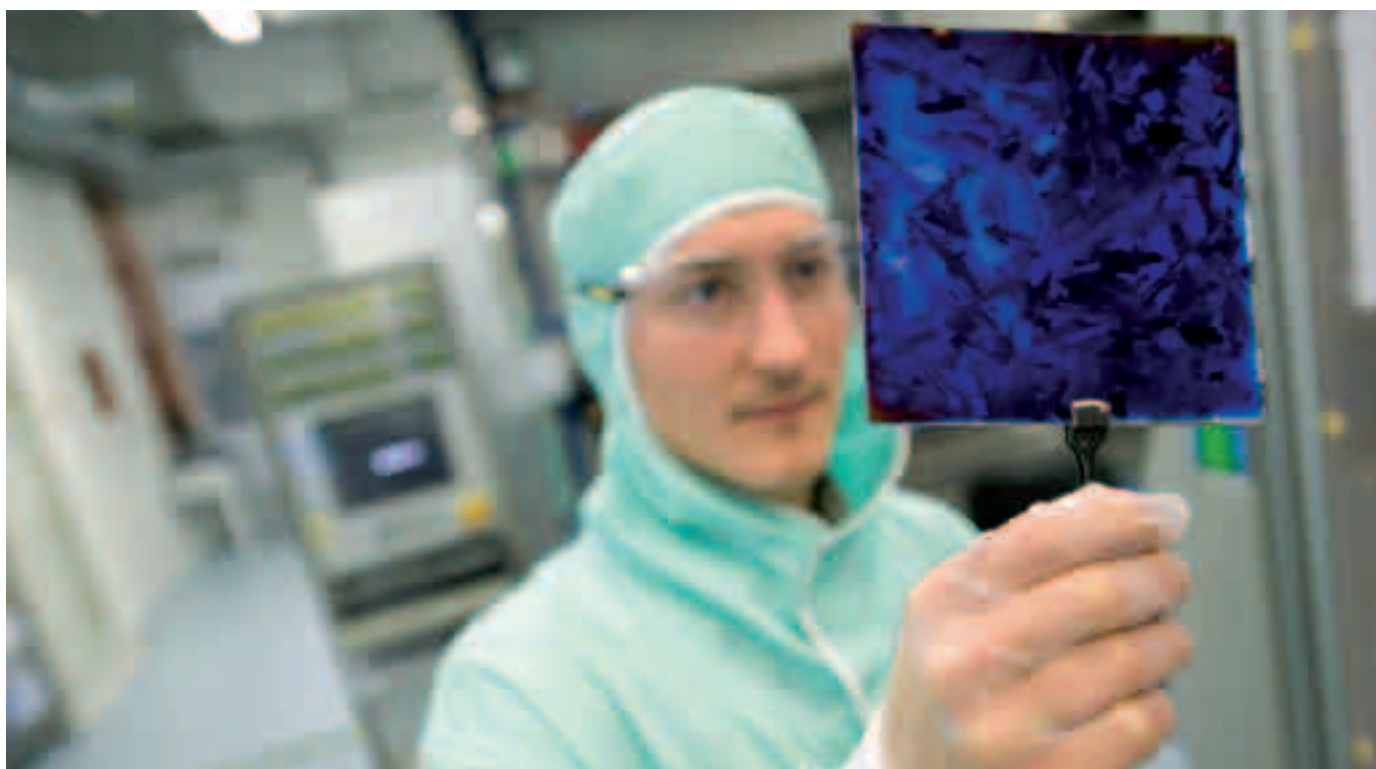
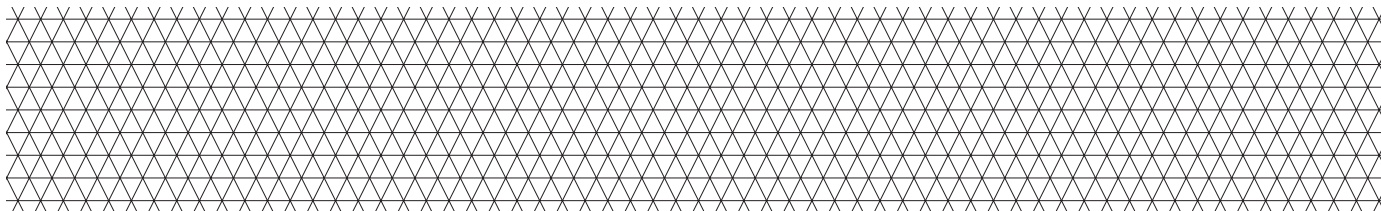
2010 a vu la mise en place de l'Institut international de l'énergie nucléaire (I2EN), souhaité par le Président de la République afin de présenter à l'international l'ensemble du dispositif français de formation dans le domaine du nucléaire civil. Rassemblant 24 partenaires académiques, industriels, organismes de recherches, ministère, l'I2EN est co-localisé sur le centre de Saclay à l'INSTN, là même où sont déjà accueillis les étudiants du génie atomique et beaucoup de ceux du Master Nuclear Energy.



2010 a vu la mise en place de l'Institut international de l'énergie nucléaire [I2EN], afin de présenter à l'international l'ensemble du dispositif français de formation dans le domaine du nucléaire civil.



COP 2010-2013



Cellule photovoltaïque.

L'année 2010 s'est déroulée dans le cadre du nouveau contrat d'objectifs et de performance (COP) entre l'Etat et le CEA. Ce contrat consacre les missions confiées à ce dernier dans le domaine civil, dont le périmètre a été élargi, en cohérence avec le changement de dénomination du CEA, devenu en 2010 Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives.

Il présente l'organisation de l'activité sur quatre années pour répondre aux orientations stratégiques fixées par l'Etat.

Il affirme le positionnement stratégique du CEA :

- / comme outil dont la puissance publique s'est dotée depuis plus de 60 ans pour conduire des programmes de recherche en vue d'accroître la connaissance scientifique et de stimuler l'innovation et les transferts de technologies dans des domaines spécifiques représentant des enjeux stratégiques et sociétaux majeurs ;
- / comme organisme de recherche technologique appuyé sur un socle de recherche fondamentale d'excellence, déployant son activité dans le domaine civil sur les champs **des énergies bas carbone, des technologies pour l'information et pour la santé**, et de la **conception et de l'exploitation des très grandes infrastructures de recherche**.

Le COP rappelle l'insertion du CEA au sein du système français de recherche et d'innovation,

notamment au sein des Alliances, des opérations Campus et des investissements d'avenir, ainsi que l'implication internationale forte du CEA comme représentant de la France à l'AIEA, présent dans de nombreuses collaborations internationales, comme ITER ou le Cern, et acteur structurant de la recherche européenne. Il souligne également le **lien étroit à la fois avec la recherche académique et avec le monde industriel.**

Dans le domaine des **énergies bas carbone et de la recherche fondamentale associée**, l'objectif exprimé dans le COP est de « *permettre à la France de s'assurer une indépendance énergétique quasi-complète à l'horizon 2040-2050* » et d'« *atteindre 23 % de consommation finale d'énergie à partir de sources renouvelables dès 2020* ». La stratégie dans ce domaine s'appuie sur une synergie entre la production d'électricité à partir du nucléaire de fission et la production intermittente par les sources d'énergies renouvelables, au travers :

- / 1 de la **R&D sur le nucléaire de 2^e et 3^e générations** en soutien au parc existant, du **développement de systèmes nucléaires de 4^e génération**, ainsi que de l'**assainissement et du démantèlement nucléaire** des anciennes installations du CEA
- / 2 du renforcement du développement des **nouvelles technologies de l'énergie** autour notamment de l'énergie solaire, de la mise en place d'une filière industrielle française de batteries électriques pour les véhicules, du stockage de l'énergie (hydrogène, pile à combustible...) et la transformation de la biomasse par voie thermochimique pour les biocarburants de 2^e génération.

Ces développements s'appuient sur une **recherche fondamentale** importante qui apporte de nouvelles connaissances qui conditionnent les avancées sur les énergies : fusion nucléaire contrôlée, production d'énergies renouvelables par voie biologique ou biomimétique, concepts innovants pour l'énergie (nouveaux catalyseurs et matériaux), compréhension de l'impact des énergies sur l'homme, le climat et l'environnement.

Dans le domaine des **technologies pour l'information et des technologies pour la santé**, l'objectif exprimé dans le COP est de « *permettre à l'industrie française et européenne de tirer le meilleur parti de la maîtrise de ces technologies, vitales pour les gains de*

productivité de l'économie et qui constituent un moteur de l'évolution sociétale », et de « *tirer le plus possible parti des avancées technologiques pour développer de nouvelles méthodes et nouveaux outils diagnostiques et thérapeutiques* ». La stratégie dans le domaine des technologies pour l'information est orientée vers l'**innovation dans les micro et nanotechnologies**, en appui à la compétitivité de l'industrie microélectronique nationale. Les secteurs de la santé, des objets communicants, de l'énergie, de l'automobile et du bâtiment bénéficient des recherches menées sur les technologies innovantes des systèmes numériques appuyées sur des plates-formes au sein de Giant à Grenoble ainsi que sur le plateau de Saclay. Ici encore, des développements en recherche fondamentale sont un enjeu majeur. En ce qui concerne les technologies pour la santé, l'objectif est de réaliser les recherches en sciences du vivant au travers de développements méthodologiques et technologiques autour de problématiques de la santé (thérapie génique appliquée à certaines maladies dégénératives, compréhension du fonctionnement du cerveau) et de la sécurité (détection d'agents toxiques), en s'appuyant sur des plates-formes d'intérêt national et européen et sur une recherche fondamentale forte.

Enfin, l'objectif du domaine « **conception et exploitation des très grandes infrastructures de recherche et recherche fondamentale associée** » est de « *contribuer au meilleur niveau d'efficacité et de performance scientifique et technique aux très grands instruments de recherche de dimension européenne, indispensables aux progrès de la connaissance et de l'innovation* ». Le CEA possède ici une compétence reconnue internationalement, aussi bien en ce qui concerne la conception et l'exploitation de ces grands équipements qu'en ce qui concerne les recherches menées à l'aide de ceux-ci.

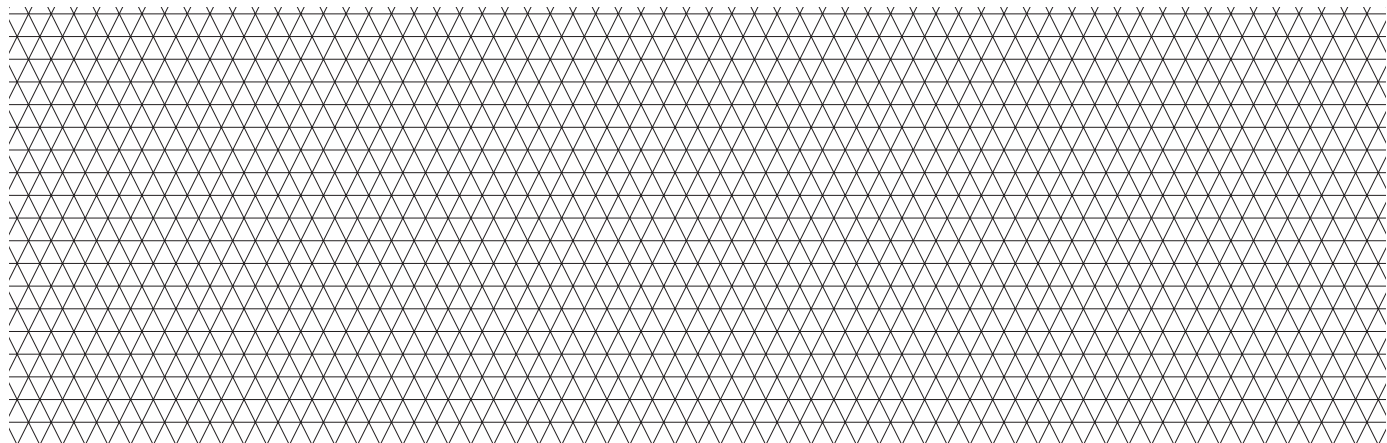
Le COP présente également la gouvernance mise en place au CEA pour mener ces programmes, renforcer son pilotage stratégique et la coordination avec les tutelles, ainsi que les moyens, humains et financiers, nécessaires pour mener à bien ses missions.

Enfin, un chapitre est consacré aux outils qui permettent de mesurer la façon dont le CEA remplit ses missions, au travers de 81 jalons liés

à des étapes clé des programmes et de 24 indicateurs de performance, organisés autour de quatre objectifs concernant l'excellence scientifique, l'innovation et la valorisation des résultats de la recherche, l'attractivité et la politique partenariale, la gestion performante et la politique des ressources.

Ce contrat d'objectifs et de performance 2010-2013 marque une nouvelle étape dans la relation entre le CEA et l'Etat contractualisée au travers des contrats d'objectifs signés depuis 1995.

Il constitue une affirmation claire de l'ensemble de ses missions civiles au service de la puissance publique pour les années à venir.



sommaire

///

/01.A

Les énergies bas carbone
et les recherches
associées

///

/01.B

La Défense et la sécurité
globale et les recherches
de base associées

///

/01.C

Les technologies pour
l'information et
les recherches associées

///

/01.D

Les technologies
pour la santé et
les recherches associées

///

/01.E

Très grandes
infrastructures de
recherche fondamentale

A man in a dark blue sweater is working on a large array of solar panels in an open field. The panels are tilted and arranged in rows. In the background, there are mountains under a clear blue sky. The man is looking towards the panels, and his hands are visible as he works on them.

Les
programmes
du CEA

PARTIE /01



/01A

Les énergies bas carbone et les recherches associées

Énergie nucléaire de fission

- / Systèmes industriels nucléaires du futur **12**
- / Optimisation du nucléaire industriel actuel **13**
- / Grands outils pour le développement nucléaire **14**
- / Assainissement et démantèlement **15**

Nouvelles technologies de l'énergie

- / Solaire **18**
- / Transport innovant **19**
- / Matériaux **20**
- / Hydrogène et pile à combustible **20**
- / Biomasse et énergie **21**
- / Bioénergie **22**
- / Recherche fondamentale **23**

Disposer de formes d'énergie compétitives, sûres et propres, non émettrices de gaz à effet de serre.

Pour répondre à ces objectifs, le CEA travaille sur le mix énergétique. Il intervient en parallèle sur les enjeux de l'énergie nucléaire actuelle et future, sur les réacteurs (technologies, sûreté, démantèlement) et les cycles du combustible associés (amont, gestion des déchets) ainsi que sur les nouvelles technologies de l'énergie.

Le CEA est un acteur majeur de la recherche dans les domaines de l'énergie solaire (habitat, mobilité solaire...) de la production et du stockage de l'énergie (hydrogène, pile à combustible, batteries pour les véhicules électriques, développement des biocarburants de 2^e et 3^e génération), et des nanomatériaux pour l'énergie.

Il répond ainsi pleinement aux deux défis liés à l'énergie et à l'environnement qui sont : contribuer à l'indépendance énergétique et lutter contre le réchauffement climatique.

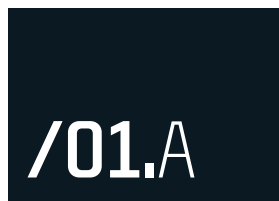


Illustration du cœur à conception innovante (prototype Astrid).



Installation de filage de tubes pour les gaines d'acier ODS (4^e génération) et pour certaines études innovantes sur le gainage combustible des REP.

Énergie nucléaire de fission

En appui des industriels, le CEA cherche à optimiser le parc actuel des réacteurs nucléaires et à mettre au point des solutions techniques pour la gestion des déchets radioactifs.

Il développe des programmes de recherche internationaux sur les réacteurs et combustibles nucléaires du futur qui assureront, une production à la fois plus économique, plus sûre et générant moins de déchets.



Rupture intergranulaire de matériau de vis d'interne REP.
Haut : vis d'interne. Bas : faciès intergranulaire.

/Systèmes industriels nucléaires du futur

RÉACTEURS DE 4^e GÉNÉRATION

Dans le domaine des réacteurs de 4^e génération, le CEA s'est vu confier par le Gouvernement la responsabilité du programme Astrid (Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration).

Il comporte les études de conception du réacteur Astrid, de son atelier de fabrication du combustible, la construction d'installations de validation technologique, la rénovation de la maquette critique⁽¹⁾ Masurca, un programme spécifique sur les accidents graves et les études sur les objectifs de transmutation dans ce réacteur. L'année 2010 a été marquée le 9 septembre par la signature entre le CEA et l'Etat de la convention relative au programme d'investissements d'avenir (action « réacteur de 4^e génération Astrid ») qui établit le financement de ce programme.

Elle a aussi été ponctuée par la mise en place, par le CEA, de l'organisation permettant de lancer les études d'avant-projet sommaire de ce programme en incluant les partenaires industriels. Ces études de conception s'accompagnent d'un programme de R&D significatif dans la mesure où les objectifs fixés au prototype Astrid sont très ambitieux en termes de démonstration de sûreté et d'opérabilité industrielle. En 2010, un brevet concernant un cœur à conception innovante (dit « cœur CFV ») a ainsi été déposé par le CEA et EDF. La conception d'Astrid intégrera d'autres innovations comme par exemple une simplification des circuits primaire et secondaire, une conception robuste des générateurs de vapeur permettant une meilleure protection contre les réactions sodium-eau, ou bien encore un remplacement de la turbine à vapeur par une turbine à gaz, une instrumentation moderne, des techniques d'inspection et de réparation avancées...

AVAL DU CYCLE FUTUR

Le recyclage des matières, au sein de réacteurs aptes à les utiliser de la manière la plus efficace, est la clé de voûte du développement d'options

nucléaires durables. La loi de 2006 précise les étapes de mise en œuvre des solutions pour la gestion durable des matières et déchets radioactifs et oriente la R&D, confiée au CEA, dans deux domaines complémentaires : la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue.

Les actions menées par le CEA concernent, en premier lieu, l'étude des possibilités de recycler de façon récurrente l'uranium et le plutonium dans les réacteurs de 4^e génération. En second lieu, elles concernent, dans une perspective plus lointaine, l'exploration d'options permettant de réduire la radiotoxicité à long terme des déchets ultimes (séparation et transmutation de l'américium notamment).

Parmi les avancées de l'année 2010, on peut noter le lancement des études relatives au développement de technologies avancées pour le traitement/recyclage des combustibles oxydes (il s'agit d'une option de référence pour les réacteurs rapides au sodium, mais le traitement des combustibles des réacteurs à eau pourra également bénéficier de ce progrès). Dans le cadre de ces études, a notamment été identifiée une nouvelle famille de molécules qui pourrait permettre de simplifier considérablement les procédés de récupération et de purification de l'uranium et du plutonium (concept en un seul cycle, sans réactions d'oxydo-réductions génératrices de sous-produits délicats à gérer).

À l'échelle du laboratoire (dans l'installation Atalante), des essais de mise en œuvre de divers concepts étudiés pour la séparation des actinides mineurs sont en fin de phase de validation. L'ensemble des résultats obtenus sur les dits concepts de séparation poussée (EXAm, Diamex, Sanex) ou groupée (Ganex) a fait l'objet d'un rapport de synthèse, marquant l'achèvement de cette étape importante de démonstration au laboratoire de la viabilité des concepts développés (de l'ordre de 99,9 % de taux de récupération des actinides pour l'ensemble des procédés expérimentés).

Par ailleurs, la préparation des premières expériences d'irradiation relatives au concept prometteur de « couvertures chargées en américium » a été réalisée en 2010, avec notamment

(1) Il s'agit d'un réacteur de très faible puissance permettant de réaliser des mesures concernant la neutronique du combustible et de qualifier et valider les codes de calcul utilisés pour la conception des réacteurs de puissance.



L'installation pilote de creuset froid nucléarisé au centre de Marcoule.

/01.A

la fabrication dans Atalante des aiguilles expérimentales UO_2-AmO_2 livrées à Petten (Pays-Bas) pour une irradiation à partir de 2011. Un rapport d'étape dressant un premier bilan des résultats acquis et des enseignements qui peuvent déjà être retirés sur les options de transmutation des déchets vient d'être réalisé, suite à la mise en place par le CEA d'un groupe de travail baptisé GT-TES (Groupe de Travail Technico-Economie et Scénarios), associant EDF, Areva NP et Areva NC. Ce premier rapport est une étape permettant la préparation de l'échéance 2012, où un dossier établissant une évaluation des perspectives industrielles des filières de séparation et de transmutation des radio-éléments à vie longue doit être réalisé.

Ce premier bilan permet d'évaluer :

- / les inventaires et les caractéristiques des matières et des déchets induits par les différents scénarios,
- / les caractéristiques des installations (réacteurs, usines, entreposages) et les besoins en transport spécifiques à chaque scénario,
- / l'impact sur le stockage géologique (emprise, sûreté),
- / le niveau de performance économique de chaque scénario,
- / la maturité technologique, la flexibilité et la progressivité des différentes options...

Il ressort de ces premières études que la transmutation des actinides mineurs permet en effet de réduire sensiblement la toxicité à long terme, cela ne concernant que les déchets à venir. Par ailleurs, la réduction de la charge thermique des déchets haute activité que permet la transmutation de l'américium peut conduire à diminuer sensiblement l'emprise souterraine des modules de stockage.

/Optimisation du nucléaire industriel actuel

RÉACTEURS DE 2^e ET 3^e GÉNÉRATION

Le CEA mène des programmes de R&D en coopération avec ses partenaires, EDF, Areva et l'IRSN, sur les réacteurs en exploitation du parc

français. Ils répondent aux enjeux d'optimisation des performances des réacteurs et de prolongation de leur durée de fonctionnement.

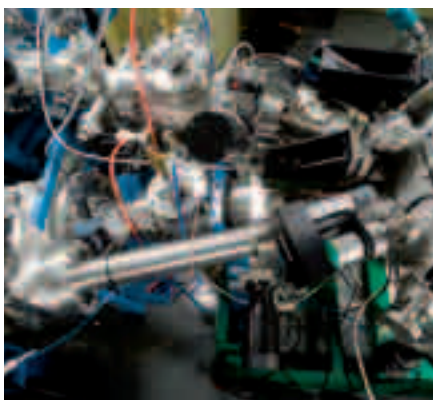
Dans ce domaine, la première phase du programme, mené en 2010 en collaboration avec EDF, Areva, Electric Power Research Institute (EPRI) et GDF Suez, sur l'étude du gonflement potentiel des aciers austénitiques des internes de cuve REP dans des conditions d'irradiation représentatives des REP, s'est achevée après cinq ans d'irradiation dans le réacteur Osiris. Cette expérience a permis d'atteindre, sur certains matériaux prélevés dans des composants REP, des doses représentatives de 40 ans de fonctionnement. Les matériaux des vis d'internes (316) et des soudures (308) ne présentent aucun gonflement. En revanche, les résultats obtenus sur certains aciers 304 des cloisons semblent indiquer un début de gonflement.

Le programme d'irradiation va maintenant se poursuivre dans Osiris pour atteindre un niveau d'irradiation représentatif d'une durée de fonctionnement en réacteur de 60 ans et confirmer le comportement des aciers 304.

AVAL DU CYCLE ACTUEL

Les programmes de recherche s'opèrent, d'une part, en soutien à Areva pour l'usine de recyclage de La Hague et pour l'export. L'enjeu est d'optimiser le procédé, de façon à l'adapter à la variabilité de la nature des combustibles à traiter et de manière à rationaliser les consommables et les déchets produits. Dans ce cadre, l'année 2010 a été marquée le 17 avril par la mise en service actif avec succès du creuset froid de vitrification dans la chaîne B de l'atelier R7 de La Hague. Cette étape marque l'aboutissement de vingt-cinq années de recherche et ouvre, pour Areva, des perspectives d'augmentation de la capacité des chaînes de vitrification.

Les programmes de recherche dans l'aval du cycle actuel interviennent, d'autre part, dans le cadre de la loi de programme du 28 juin 2006, en soutien aux producteurs de déchets et à l'Andra pour l'entreposage et le stockage. Parmi les faits marquants de 2010, on notera, dans le domaine du traitement/conditionnement



Chambre triple faisceau de la plate-forme JANNuS (à Saclay).



Chantier de construction du RJH sur le site de Cadarache.

de déchets anciens, l'avancée des réflexions sur les procédés d'incinération/vitrification pour le traitement des déchets mixtes organiques-métalliques. Ces études répondent à une demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) afin d'améliorer les performances du stockage. Elles sont menées avec Areva et bénéficieront de la participation de l'Andra dans le cadre des investissements d'avenir. L'objectif est de disposer d'une installation pilote à l'horizon 2015-2016.

/Grands outils pour le développement du nucléaire

Les programmes de R&D nucléaire pour le soutien aux systèmes existants, ainsi que pour la préparation des systèmes futurs, nécessitent des outils expérimentaux adaptés et des outils de simulation numérique performants, prenant en compte l'aspect « multiphysique » de l'environnement en réacteurs.

RÉACTEUR JULES HOROWITZ

Dans ce contexte, les programmes de R&D s'appuient sur un ensemble d'outils expérimentaux, principalement les réacteurs de recherche et les labos chauds.

Dans le domaine de l'étude du comportement des matériaux et des combustibles sous irradiation, le réacteur Jules Horowitz (RJH) est destiné à prendre la suite du réacteur Osiris à Saclay.

Le RJH est réalisé par le CEA avec des partenaires français et étrangers dans le cadre d'un consortium international établi en 2007. Il a bénéficié, en 2010, d'un soutien de l'Emprunt national (Programme des investissements d'avenir) sous la forme d'une participation financière en vue d'assurer une production pérenne de radionucléides à usage médical.

La construction de l'îlot nucléaire a débuté en 2009. L'année 2010 a été marquée par la réalisation du radier supérieur appuyé sur le dispositif d'isolation parasismique et par

la contractualisation des principaux marchés électromécaniques pour la réalisation du réacteur.

Parmi les outils expérimentaux du CEA, l'installation JANNuS (Jumelage d'accélérateurs pour les nanosciences, le nucléaire et la simulation) de Saclay a pour mission de simuler par des particules chargées des irradiations neutroniques, afin d'étudier le comportement des matériaux sous irradiation. La première expérience d'irradiation en mode triple faisceau s'est déroulée avec succès le 11 mars 2010. Un acier avancé, développé pour les réacteurs du futur (alliage modèle Fe-12Cr et son homologue renforcé par dispersion d'oxyde d'yttrium), a été simultanément bombardé par un faisceau d'ions fer de 24 MeV, par un faisceau d'ions hélium de 1,9 MeV et par un faisceau de protons de 600 keV. L'irradiation a été conduite à la température contrôlée de 21 °C pendant cinq heures pour atteindre un taux d'endommagement d'environ sept déplacements par atome, c'est-à-dire que chaque atome de la cible a été déplacé de son site sept fois en moyenne. Cela correspond au dommage subi par une gaine de réacteur à eau pressurisée pendant quatre ans ou par une gaine de réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium pendant trois mois.

SIMULATION

La simulation numérique repose sur un ensemble de plates-formes logicielles polyvalentes, développées en partenariat français et international. Les grands défis de la simulation numérique se déclinent selon ces plates-formes et leur combinaison.

/ Une première famille correspond aux quatre grandes disciplines du nucléaire : neutronique, thermohydraulique, comportement des matériaux sous irradiation, mécanique des structures.

/ La deuxième famille est multidisciplinaire. Intégrant des couplages entre les plates-formes de la première famille, elle rassemble certaines destinées à des applications spécifiques : réacteurs de 2^e et 3^e génération, réacteurs expérimentaux, combustible, entreposage et stockage des déchets.



Emballage Castor.



Le hall de Siloé en cours de démantèlement (Grenoble).

/01.A

En neutronique, la dernière version majeure du code Apollo2 a été livrée en 2010 à Areva et EDF. Son successeur Apollo3, en phase de développement, a été mis en œuvre dans le cadre d'un grand challenge sur la machine Tera 100 sur plus de 10 000 processeurs pour une application de réacteurs à neutrons rapides (RNR-Na), ce qui illustre bien sa vocation multifilière.

Concernant les plates-formes multidisciplinaires, l'année 2010 a notamment vu le lancement du développement de deux plates-formes relatives au cycle du combustible : l'une concerne la modélisation du recyclage, l'autre la modélisation du procédé de vitrification.

/Assainissement et démantèlement

Conduire la R&D dans le domaine nucléaire implique de mener en parallèle des programmes de construction et de rénovation d'installations ainsi que des programmes de démantèlement des installations en fin de vie. Gérer ce démantèlement de façon responsable est un des objectifs majeurs du CEA et une exigence pour la renaissance du nucléaire.

Les installations du CEA, aujourd'hui à l'arrêt ou en passe d'être arrêtées, sont à la fois multiples et de natures variées (réacteurs de différents types, maquettes critiques, laboratoires et ateliers, installations de traitement et d'entreposage des déchets). Elles présentent également des états diversifiés (niveaux d'assainissement) de par leur historique de fonctionnement. De ce fait, chacun des projets d'assainissement-démantèlement présente un caractère unique, même si l'expérience acquise sur un projet bénéficie largement aux autres projets. Cette multiplicité et cette diversité des projets à mener sont prises en compte dans la définition d'une stratégie d'ensemble pour les installations civiles du CEA, dans un contexte budgétaire contraint.

L'objectif poursuivi par le CEA est de mener à bien, en toute sûreté et dans le strict respect des coûts et des délais, les programmes d'assainissement

et de démantèlement des installations nucléaires de base (INB) civiles avec les priorités suivantes :

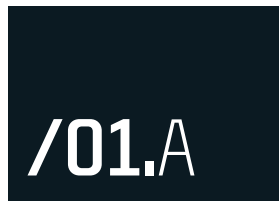
- / finir le programme d'assainissement/démantèlement de Grenoble ;
- / assainir et démanteler les installations de Fontenay-aux-Roses ;
- / démanteler UP1 en priorité par rapport à Phénix et à l'APM à Marcoule.

L'AVANCÉE DES PROJETS DE DÉMANTÈLEMENT

Parmi les faits marquants de 2010, on notera : La poursuite du projet Passage qui vise à la dénucléarisation du site de Grenoble avec deux avancées significatives :

- / la fin de l'évacuation des déchets irradiants de l'INB 79 commencée en 2006 ;
- / la fin des importantes opérations de démantèlement du réacteur Siloé qui consistaient aux travaux de démolition des structures internes du hall réacteur par des moyens mécanisés sophistiqués et au traitement et démontage du système de ventilation nucléaire et de la cheminée. Les contrôles radiologiques finaux de l'installation ont également débuté.

À Fontenay-aux-Roses, les opérations de démantèlement des chaînes blindées du bâtiment 18 se poursuivent à un rythme soutenu. L'assainissement des chaînes blindées Antinea et Candide s'est terminé en 2010 et le chantier de démantèlement des chaînes Eole, Gascogne et Guyenne a commencé début 2010. En parallèle et après une étape majeure d'assainissement franchie en 2009 de la chaîne Petrus, les marchés industriels relatifs aux aménagements permettant de démanteler l'ensemble ont été engagés en 2010. Le dossier de démantèlement a été transmis fin juin 2010 à l'ASN qui a débuté l'instruction de ce dossier complexe techniquement. Sur le site de Marcoule, après la fin de fonctionnement du réacteur à neutrons rapides Phénix en février 2010, plusieurs opérations préparatoires à la mise à l'arrêt définitif ont été lancées durant l'année, en particulier, les travaux de désamiantage et d'isolement mécanique et électrique de l'installation de production d'électricité. On notera également l'évacuation



Chargement d'une pompe secondaire provenant du réacteur Phénix (Marcoule).



Arrivée d'un château de transport et opération de réception de colis sur l'installation Cedra.

en l'état d'une pompe secondaire de 20 tonnes vers le site de stockage des déchets très faiblement radioactifs (TFA) de l'Andra.

Concernant les travaux prioritaires d'assainissement et de démantèlement de l'usine UP1 du site de Marcoule, les multiples chantiers de l'ancienne usine se sont déroulés avec des résultats notables en 2010. Dans le secteur haute activité de l'installation, un procédé innovant de décontamination à l'aide de mousses chimiques a été mis en œuvre avec succès. L'efficacité des décontaminations a permis d'évacuer certains dispositifs caractérisés en TFA, tout en évitant des opérations de découpes supplémentaires. Dans sa partie moyenne activité, le démantèlement du dernier des 21 tanks de 350 m³ est intervenu en fin d'année 2010.

GESTION DES FLUX DE DÉCHETS ET DE MATIÈRES

La gestion des flux de déchets radioactifs, des matières et des combustibles sans emploi est un enjeu essentiel pour permettre le déroulement nominal des activités de R&D et des programmes d'assainissement et de démantèlement. Les objectifs principaux pour le CEA sont de disposer de filières opérationnelles permettant d'évacuer en ligne les déchets radioactifs courants, et ceci dans un contexte technico-économique optimisé. La stratégie du CEA s'appuie sur une bonne connaissance des inventaires et des flux de

déchets et matières, ce qui lui permet de dimensionner au plus juste son parc d'installations de traitement et d'entreposage des déchets.

En 2010, la Direction de l'assainissement et du démantèlement nucléaire du CEA a lancé, pour cela, le développement d'un outil informatique – Influx – qui s'appuiera sur une base de données unique et permettra de fournir les données consolidées aux différentes instances (ASN, Andra) dans le cadre des lois « déchets » et « Transparence sûreté nucléaire » de 2006. Par ailleurs, le groupement d'intérêt public créé entre le CEA et Cisbio en 2009, pour la collecte, le transport des sources usagées et le conditionnement en colis de déchets agréés, a défini en 2010 la stratégie de gestion des sources scellées usagées en cohérence avec les orientations du Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs, issu de la loi de programme du 28 juin 2006. Sur le plan technique, on notera à Saclay la mise en exploitation de la cellule Cerise du Laboratoire haute activité (LHA) pour la reprise des sources de faible activité.

INSTALLATIONS DE SERVICE NUCLÉAIRE

Pour gérer ses déchets, le CEA s'appuie sur un important parc d'installations de service nucléaire. Elles lui permettent d'entreposer ses matières nucléaires, de conteneuriser et d'entreposer les combustibles usés issus de



La cellule Cerise à Saclay.



Le nouvel emballage LR144 pour les effluents liquides.



L'installation Stella à Saclay.

ses réacteurs expérimentaux ou des expériences menées sur les combustibles EDF (avant envoi pour retraitement à La Hague) et de traiter ses effluents liquides et déchets solides. Beaucoup de ces installations, datant de la création des centres CEA, ont fait l'objet d'importants travaux de rénovation ou sont remplacées par de nouveaux bâtiments.

L'installation Magenta, inaugurée en 2010, est destinée à accueillir l'entreposage des matières nucléaires du CEA civil. L'ancien bâtiment d'entreposage, appelé MCMF, sera fermé lorsque toutes les matières auront été transférées dans Magenta.

Les centres de Saclay, Cadarache et Marcoule disposent chacun d'une station de traitement des effluents liquides radioactifs, qui permet de concentrer par évaporation, de filtrer et conditionner les radionucléides en vue de leur stockage par l'Andra. Ces trois installations font l'objet de travaux importants de rénovation et construction, afin de respecter les normes parasismiques actuelles (pour les centres du Sud-est) et de se doter d'ateliers de cimentation des effluents adaptés (en remplacement du bitumage actuellement utilisé sur Marcoule).

Le projet de rénovation sur le site de Marcoule n'est encore qu'en phase préparatoire détaillée. En revanche, ceux sur Cadarache et Saclay sont en cours d'achèvement : l'installation Agate est en fin de construction à Cadarache, l'installation Stella de Saclay a reçu en novembre 2010 son autorisation de fonctionnement de l'ASN.

TRANSPORTS

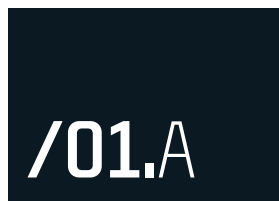
Pour transporter tous ces déchets et effluents, un parc d'emballages de transport est nécessaire. En 2010, un nouvel emballage pour les effluents de très haute activité a ainsi été mis en service (LR144).

À Cadarache, les 33 étuis de combustibles anciennement irradiés dans le réacteur Allemand KNK II de Karlsruhe, expertisés par le CEA et entreposés depuis 1988 dans la piscine de l'INB 22 Pegase, ont été expédiés dans quatre emballages « Castor », vers le centre d'entreposage de Lubmin en Allemagne où ils ont été réceptionnés

le 16 décembre 2010. Cette expédition marque l'achèvement d'une des étapes du désentreposage de l'installation.



L'installation Magenta à Cadarache.



Four de cristallisation de capacité 800 kg.



Caractérisation de cellules photovoltaïques.

Nouvelles technologies de l'énergie

Le programme Nouvelles technologies de l'énergie (NTE) vise à développer des technologies pour réduire la dépendance vis-à-vis des énergies fossiles et les émissions de gaz à effet de serre associées, avec la volonté constante de valoriser le résultat de ces recherches auprès des entreprises, et une attention particulière en direction des PME et Entreprises de taille intermédiaire innovantes, fortement créatrices d'emplois.

La recherche sur les NTE au CEA, associée à une logique d'efficacité énergétique et d'innovation technologique dans les usages, concerne donc les deux grands secteurs consommateurs d'énergies fossiles en France que sont le bâtiment et le transport. Les priorités du CEA sont articulées sur trois axes :

- / la production d'électricité sans gaz à effet de serre via le solaire photovoltaïque ou thermodynamique ;
- / l'adaptation instantanée entre offre et demande d'électricité via les différents modes de stockage massifs ou diffus de l'électricité (hydrogène, biocarburants, stockage électrochimique), et l'intelligence dans la gestion des systèmes électriques ;
- / le développement des véhicules hybrides et électriques basés sur l'utilisation de l'électricité bas carbone.

/Solaire

CRISTALLISATION DU SILICIUM MÉTALLURGIQUE MAÎTRISÉE

Dans le cadre de la plate-forme SUSI (Substrat Silicium), un four de cristallisation de capacité maximum de 800 kg a été installé en coopération avec la société ECM. Plusieurs charges de 450 kg ont été élaborées et caractérisées. Les rendements mesurés sur des cellules extraites de ces charges ont atteint les 16 %. Deux charges de 650 kg ont également été cristallisées dans le four. L'utilisation de la simulation numérique a permis de réussir ce changement d'échelle (400 à 650 kg) au premier essai. La phase d'optimisation toujours en cours vise à réduire le temps de cycle tout en augmentant la qualité cristalline des lingots.

NOUVELLE TECHNOLOGIE DE CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

Des rendements de 18,5 % ont été obtenus sur des cellules de 150 cm² développées au Liten (Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux), à partir de silicium de type n. Contrairement à la technologie standard de type p, le type n présente l'avantage d'être plus tolérant vis-à-vis des impuretés

métalliques présents dans le silicium, et insensible au phénomène de dégradation sous éclairement. Ce rendement comparable aux meilleurs résultats mondiaux a été atteint grâce au développement d'un procédé spécifique pour la fabrication de l'émetteur. Les recherches se poursuivent pour augmenter les rendements tout en simplifiant les étapes du procédé.

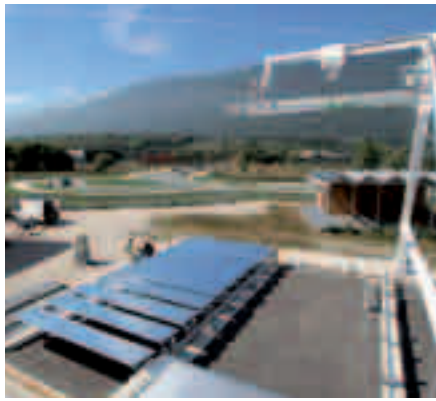
PRODUCTIBLE D'UN PANNEAU SOLAIRE ÉVALUÉ

Le Liten a développé un outil capable d'évaluer le productible (production d'électricité photovoltaïque que l'on pourrait attendre d'un système d'une puissance donnée (kWh/kWc) d'un panneau en fonction de la ressource solaire, de la puissance nominale du module et de son indice de performance (rendement fonction de l'éclairement). L'utilisation de cet outil permet par exemple de piloter l'orientation et ou l'inclinaison de panneaux dotés d'un asservissement montés sur tracker pour adapter la production en fonction de la charge demandée.

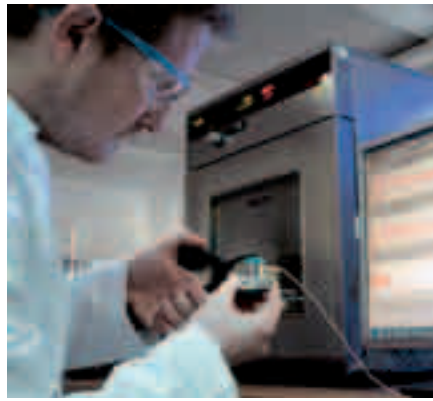
MAQUETTE DE SOLAIRE THERMIQUE À CONCENTRATION

Une première maquette de champ solaire de type Fresnel a été fabriquée et installée à l'INES (Institut national de l'énergie solaire). Cette maquette met en œuvre des miroirs de 50 m² préfigurant l'installation future du prototype de centrale solaire à Cadarache nécessitant quelque 1 000 m² de miroirs. Cette maquette est constituée d'un champ de réflecteurs qui sont entraînés en rotation afin de focaliser le rayonnement solaire sur le récepteur solaire situé à 7 mètres du sol. Les réflecteurs sont constitués de miroirs en verre mince légèrement cintrés et collés sur des supports métalliques. Ceux-ci ont été dimensionnés de sorte à limiter leur déformation sous l'action conjuguée de leur poids propre et du vent.

Dans les campagnes d'essais en cours, différentes configurations d'échangeurs et de récepteurs sont testées.



Maquette de système solaire thermodynamique à concentration installée à l'INES.



Instrumentation de cellules de batterie.



MAISONS INCAS : MESURES EN ACCORD AVEC LA SIMULATION

Une première campagne expérimentale a consisté à mesurer la performance énergétique des maisons Incas sur une semaine sans apport solaire (c'est-à-dire sans système de ventilation et avec les volets fermés). Les mesures ont confirmé les résultats de la simulation à savoir que l'inertie des bâtiments lisse les variations de température extérieure.

La prochaine campagne consistera à prendre en compte les apports solaires dans le modèle.

/Transport innovant

CAPACITÉS CALORIFIQUES DES BATTERIES MONTÉES EN PACK

Une méthode originale de mesure de capacité calorifique sur des cellules intégrées dans des packs batterie a été développée en utilisant une enceinte adiabatique disponible à l'INES. L'alimentation d'une feuille chauffante intégrée dans le pack entraîne un échauffement dépendant de la nature chimique de la batterie et de la géométrie des éléments la composant : à chimie identique, les cellules prismatiques présentent un comportement thermique différent de celui des cellules cylindriques. Les valeurs expérimentales ainsi obtenues seront utilisées dans les modèles thermiques de pack batterie complets afin de fiabiliser leur utilisation.

RECHARGE ET ÉQUILIBRAGE AUTOMATISÉ POUR VÉHICULE ÉLECTRIQUE

Dans le cadre des travaux menés au Liten sur les véhicules électriques, l'Institut est doté depuis 2007 d'une Citroën AX électrique afin de tester les dernières innovations (pack batteries, BMS (Battery Management System, soit système de gestion de batterie...)). Equipé à l'origine de batteries de type nickel-cadmium, ce véhicule a été amélioré par l'intégration d'un pack batterie de technologie lithium-ion conférant ainsi au véhicule une autonomie supérieure (90 à 110 km d'autonomie).

Aujourd'hui le Liten a développé un BMS qui apporte une solution globale. Il intègre des nouvelles cartes d'équilibrage interconnectées au réseau du système de monitoring. Ces cartes sont contrôlées désormais par un unique système intelligent qui gère les phases de charge, d'équilibrage et de roulage. Ce système rend le véhicule utilisable par des personnes non initiées.

D'autres évolutions sont en cours : la conception d'un nouveau pack batterie de plus forte capacité et équipé avec des capteurs de température, l'intégration prochaine des algorithmes de calculs, développés par l'INES sur les états de charge et de santé de la batterie.

BORNES DE RECHARGE POUR VÉHICULE ÉLECTRIQUE ET HYBRIDE

Des nouvelles plates-formes de recharge ont vu le jour à l'INES et dans le centre du CEA à Grenoble : il s'agit d'une part de parkings solaires pour lesquels des panneaux solaires sont installés sur

des ombrières et d'autre part d'une station dédiée à la recharge de bus. Cette dernière est constituée d'une ligne de contact facile à intégrer en ville (compacité) sans risque de collage lors des passages de courant grâce à des barres rigides acier présentant une partie cuivre, et d'une alimentation continue apte à recharger un bus sous 250 kW.

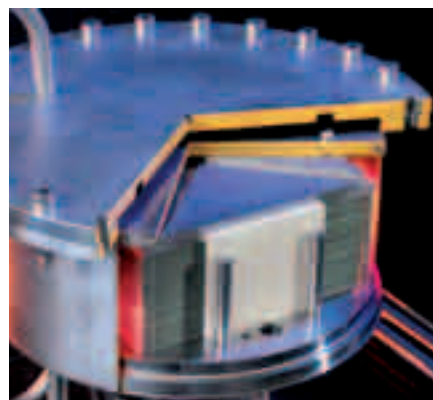
Concernant les stations de recharge solaire, (12 places sur le site de l'INES et six places sur le site du CEA Grenoble), elles sont intégralement instrumentées. Les véhicules hybrides rechargeables (prototypes fournis par Toyota dans le cadre d'un contrat de collaboration) sont également instrumentés. Ceci permet d'obtenir en temps réel les chiffres de production photovoltaïque, de consommation ou de réinjection éventuelle sur le réseau public, la consommation des véhicules en recharge et leur consommation de carburant. On peut en déduire la proportion d'énergie solaire utilisée pour la recharge du véhicule et le contenu CO₂ du km parcouru.



Parking solaire équipé de bornes de recharge rapide.



Microscope à force atomique pour mesures physiques de nanomatériaux pour cellules solaires.



Electrolyseur haute température.

/Matériaux

MICROSOURCE AUTONOME À HYDROGÈNE

Le système développé dans le cadre d'un partenariat avec la société BIC repose sur une pile à combustible planaire de type PEMFC (Pile combustible à membrane échangeuse de protons) alimentée par une cartouche d'hydrogène. La pile à combustible dont l'assemblage est entièrement réalisé à l'aide de matériaux plastiques est alimentée en air et en hydrogène. L'hydrogène est produit par hydrolyse de borohydrure. Un micro-détendeur permet d'acheminer le gaz vers la pile à une pression de quelques centaines de mbar. La puissance moyenne générée par ce système pile/cartouche fluctue autour de 3,6 W.

NANOFLUIDE PERFORMANT

Le Liten développe des fluides chargés de nanoparticules pour applications thermiques : ce sont les nanofluides. Les applications potentielles sont nombreuses : automobile, refroidissement électronique de puissance... Les travaux réalisés en 2010 ont porté d'une part sur la mise au point de différents nanofluides (synthèse de nanoparticules par micro-onde, dispersion dans des solutions stables) et d'autre part sur la mesure de leurs propriétés thermique et thermohydraulique (mise en route de boucles spécifiques permettant de travailler en régime laminaire ou turbulent). Un nanofluide à base aqueuse a été mis au point présentant des performances remarquables : une augmentation de la conductivité thermique de 30 % grâce à la présence des nanoparticules accompagnée d'une faible élévation de la viscosité permettant ainsi d'obtenir un gain énergétique global.

NANOMATÉRIAUX ET SÉCURITÉ

Le logiciel Nanosmile développé en partenariat avec l'Université Joseph Fourier poursuit son développement. Il a été complètement relooké en 2010 afin de le rendre plus attractif et pédagogique. Il comprend différents modules s'adressant à un large public : module « découverte » destiné au grand public, module « exploration » s'adressant à un public connaissant déjà les principes de base

des nanomatériaux et un module « savoir faire » pour assister les chercheurs et industriels à la formation à la maîtrise des risques en situation d'incertitude. Ce progiciel est constamment en évolution et intègre les derniers résultats de nos recherches.

/Hydrogène et Pile à combustible

ELECTROLYSEUR EVHT PERFORMANT

Un essai de durabilité de 3 000 h a été réalisé au Liten sur un empilement mettant en œuvre cinq cellules à électrode support de 100 cm² de surface active. Il a été conduit à 800 °C, pour une densité de courant de - 0.5 A/cm² et un gaz cathodique de type 90 % H₂O + 10 % H₂. Il s'agit de l'essai le plus long reporté en mode EVHT (vapeur d'eau à haute température). Sur les trois cellules centrales, le taux de dégradation moyen mesuré est voisin de 8 %/1 000 h ce qui le situe au niveau des taux les plus faibles mesurés sur des cellules élémentaires. Ce résultat obtenu en l'absence de revêtement protecteur sur les plaques bipolaires pourra encore être amélioré.

VOILIER ÉQUIPÉ D'UNE PILE À COMBUSTIBLE

Un système hybride « pile à combustible – batterie » a été conçu et implanté par le Liten dans un voilier de série de type RM 1 200. Le module de puissance à pile à combustible de 30 kW est dédié à la propulsion du voilier et aux batteries de secours 400 V. Il assure également la conversion électrique basse tension pour les servitudes et le chauffage de l'eau sanitaire. Après des essais en mer l'été dernier, le voilier baptisé « Zéro CO₂ », véritable outil de valorisation et de démonstration de solutions énergétiques innovantes, dispose désormais de l'autorisation de naviguer.

DES PILES À COMBUSTIBLE MOINS CHÈRES

De nouvelles plaques bipolaires métalliques ont été imaginées par le Liten permettant une baisse des coûts de celles-ci de 60 % par rapport à la



Membrane de pile à combustible PEMFC.



Échantillons de bois torréfié.

génération précédente tout en présentant les mêmes performances. Les modifications ont porté sur le dessin de la plaque, leur revêtement et sur le joint d'étanchéité. Des tests de durabilité sont actuellement en cours, les taux de dégradation mesurés jusqu'à présent sont les plus faibles obtenus dans nos laboratoires.

DES PILES « REFORMEUR COMPATIBLES »

Dans un certain nombre d'applications les piles à combustibles de type PEMFC devront fonctionner en présence d'un gaz hydrogène issu du reformage d'hydrocarbures. Mais ce gaz contient des éléments polluants, comme le monoxyde de carbone qui est un inhibiteur du catalyseur de la pile, et provoque donc une réduction des performances de la pile. Une des solutions consiste à utiliser à l'anode des catalyseurs multi-métalliques plus tolérants aux polluants. Le platine/ruthénium (Pt/Ru) est le catalyseur bimétallique le plus couramment employé, notamment dans les cœurs de pile commerciaux. Un nouveau catalyseur cathodique bimétallique platine/cobalt (Pt/Co) a permis de réaliser des cœurs de piles plus performants que ceux du commerce, permettant de fonctionner à des densités de courant plus élevées et contribuant à réduire les coûts, le cobalt étant moins cher que le platine ou le ruthénium.

MEMBRANES DE PEMFC STABLES EN TEMPÉRATURE

L'un des intérêts pour une pile PEMFC est de fonctionner à des températures supérieures à 70-80 °C et de réduire sa sensibilité à l'empoisonnement des catalyseurs lors de l'utilisation avec un hydrogène issu du reformage. Mais au moins deux difficultés majeures sont associées à un fonctionnement au-delà de 95-100 °C : l'assèchement de la membrane, et donc la diminution de sa conductivité ionique, et la baisse de ses propriétés mécaniques. Pour pallier ces difficultés, le CEA a développé des membranes Nafion chargées en argiles sulfonées et des membranes en PVDF (polyfluorure de vinylidène) chargées en silice sulfonée. À 95 °C ces nouvelles membranes présentent de meilleures performances en fonctionnement que celles du Nafion.

Les membranes PVDF chargées sont particulièrement intéressantes pour leur faible épaisseur, leur faible coût et leur possibilité à fonctionner sur une large plage de température.

/Biomasse-Énergie

Les réacteurs à flux entraîné sont l'une des technologies les plus prometteuses pour la gazéification de la biomasse. Pour assurer une bonne conversion dans ce type de gazéifieur, le produit doit être au préalable finement divisé. Or la biomasse présente une structure fibreuse et élastique, qui rend le broyage submicronique extrêmement coûteux en énergie. La torréfaction est l'une des techniques envisagées pour faciliter ce broyage. Il s'agit d'un traitement thermique doux (entre 250 et 300 °C), réalisé en l'absence d'oxygène, réputé altérer les propriétés mécaniques du matériau tout en limitant sa perte de masse. Les essais réalisés ont montré que la diminution de l'énergie requise pour le broyage était fonction de la température de torréfaction : ainsi à 275 °C l'énergie requise est quatre fois plus faible que sur le matériau brut. Par ailleurs la perte de masse que ce traitement induit est fonction du type de biomasse. L'optimum énergétique entre la perte de masse et la diminution du coût du broyage sera donc à déterminer pour chaque matériau.

Dans le cadre de l'accompagnement économique des territoires proches du laboratoire Andra de Bure-Saudron, prévu par la loi du 28 juin 2006 sur les déchets nucléaires, la Direction de l'énergie nucléaire s'est engagée dans le projet Syndièse. Ce projet de démonstrateur de production de biocarburants de 2^e génération s'inscrit dans les priorités nationales (Grenelle de l'environnement) et européennes (objectif 20 % d'énergies renouvelables en 2020). Ainsi, la production de biocarburants par le procédé Syndièse permet de démontrer la complémentarité de l'énergie nucléaire et des énergies renouvelables. En assurant une production massive d'électricité sans émission de gaz à effet de serre, le nucléaire permet d'obtenir de l'hydrogène par voie électrolytique. Par cette production continue, l'hydrogène est injecté dans le procédé de synthèse de biocarburants.



Production d'hydrogène sous flux lumineux par un photocatalyseur inorganico-bio-inspiré.

En 2009, le CEA a mis en place un programme pour le démonstrateur Syndièse, composé de quatre projets :

- / les études et la réalisation du démonstrateur « Biomass to Liquid » (BtL) incluant le suivi du marché d'études de conception et la viabilisation du site ;
- / la valorisation et l'approvisionnement en biomasse forestière et agricole non-exploitée actuellement, avec les acteurs implantés en Meuse/Lorraine et en Haute-Marne/Champagne-Ardenne ;
- / la définition et la mise en œuvre du montage industriel pour la distribution des carburants et du naphta ;
- / les études technico-économiques.

L'année 2010 a été principalement consacrée à la réalisation des études de l'avant-projet de l'usine et à son positionnement fonctionnel sur son site d'implantation.

Syndièse est le seul projet intégré et global sur un site unique de production de biocarburants de 2^e génération en France, dont l'approvisionnement en biomasse s'inscrit dans une dimension locale.

/Bioénergies : les recherches sur les biocarburants de 3^e génération

Tirant parti de son expertise en matière de recherche fondamentale sur la photosynthèse et les hydrogénases, et de savoir-faire plus appliqués, notamment en ce qui concerne la conception de catalyseurs, le CEA mène des recherches sur les bioénergies. Leur enjeu est de mettre au point des carburants de 3^e génération. Ceux-ci sont développés dans une logique de non-concurrence avec les cultures alimentaires et d'affranchissement d'une occupation des sols dédiés à la culture de la biomasse. Pour cela, deux grandes voies sont suivies par les scientifiques du CEA. Il s'agit, d'une part, de tirer partie du vivant pour faire émerger des molécules à forte teneur énergétique (hydrogène, lipides...) et, d'autre part, de développer des stratégies de production biomimétiques pour la production d'hydrogène. Depuis 2010, cet axe de recherche est inscrit dans sa programmation scientifique, concrétisant l'effort réalisé depuis 5 ans pour structurer ses compétences dans deux directions complémentaires :

- / l'exploration des capacités des micro-organismes à produire de l'hydrogène ou des composés carbonés énergétiques (lipides, éthanol...) par voies photosynthétique ou hétérotrophe en identifiant les verrous bloquants de ces productions et en proposant des voies d'optimisation ;
- / le développement, par une approche biomimétique dérivée de la connaissance des structures des hydrogénases, de catalyseurs économes en métaux précieux pour la production photocatalytique d'hydrogène et le fonctionnement des piles à combustible.

La mise au point de ces procédés s'appuie sur des recherches fondamentales en chimie et en photosynthèse, ainsi que sur des domaines complémentaires en biologie (génomique, biologie structurale, ingénierie métabolique, exploration de la biodiversité...). Ces recherches sont conduites en partenariat avec le CNRS et les universités d'Aix-Marseille, d'Orsay (Paris XI) et de Grenoble. De plus, par sa démarche de valorisation technologique, le CEA favorise l'émergence d'applications technologiques issues de ces recherches fondamentales. L'ambition est de doubler l'effort de recherche consacré à ce domaine sur la période 2010-2013.

2010 a été marquée par :

- / la finalisation de la plate-forme technologique Héliobiotech, au CEA/Cadarache. Inscrite dans le contrat Etat-région, cette plate-forme constitue un pôle de compétence à fort potentiel d'innovation pour la biotechnologie des micro-algues. Un partenariat industriel avec la société Fermentalg s'y est mis en place pour l'étude du métabolisme des lipides en hétérotrophie ;
- / la découverte à l'Institut de génomique de la voie métabolique de production d'oxygène à partir du méthane chez la bactérie anaérobie *Methylomirabilis oxyfera* est un exemple de ce que la génomique de la biodiversité pourra apporter au domaine des bioénergies ;
- / le dépôt d'un brevet a été déposé concernant l'élaboration d'un matériau électro-catalytique destiné à la production d'hydrogène, basé sur le greffage de catalyseurs bio-inspirés à base de cobalt sur des nanotubes de carbone. La première démonstration dans une pile à combustible est d'ores et déjà prévue.

RECHERCHE FONDAMENTALE

Les énergies bas carbone



Vue de l'enceinte plasma de Tore Supra.



Vue générale de Tore Supra.

/Énergie de fusion

La fusion nucléaire par confinement magnétique offre des perspectives à long terme de production d'énergie cohérente avec l'exigence de développement durable. Ce programme, interdisciplinaire et international, repose sur l'exploitation du tokamak Tore Supra à Cadarache, sur la participation au JET en Angleterre, sur la préparation du projet ITER à Cadarache, ainsi que sur les actions de l'approche élargie d'ITER. L'Institut de recherche sur la fusion magnétique du CEA mène, en synergie, des recherches scientifiques et techniques (théorie des plasmas, modélisation et expériences sur Tore Supra et JET en particulier) et des actions de support finalisées aux projets (construction et exploitation d'ITER et approche élargie).

PARTICIPATION À LA CONSTRUCTION D'ITER

La plupart des études menées sont contractualisées avec ITER Organisation ou l'agence Européenne Fusion for Energy (F4E).

Les études de concepts pour les systèmes de chauffage et de génération de courant (antenne ICRH et système de génération de courant à la fréquence hybride basse) sont en cours.

Les réponses aux appels relatifs au développement des diagnostics infrarouge ont été préparées.

Les réalisations en anticipation financées par le plan de relance ont toutes été achevées avant fin 2010 (Banc test chauffage, salle de réalité virtuelle, caméra infrarouge bicolore...).

CONTRIBUTION AUX PROJETS DE L'APPROCHE ÉLARGIE JT60-SA, IFMIF-EVEDA, IFERC

Pour le projet JT60-SA, les appels d'offres pour la fabrication des bobines des aimants toroïdaux et des structures de support ont été lancés. Dans le cas d'IFMIF-EVEDA, les études de dynamique faisceau du prototype d'accélérateur ont été réalisées : du fait de l'intensité du faisceau qui détient le record absolu tant en courant crête qu'en courant continu. Les faisceaux d'IFMIF sont aussi les plus puissants à une énergie

donnée, au moins 10 fois plus que les accélérateurs existants ou en projet, des méthodologies originales mettant en œuvre des procédures spéciales ont donc dû être développées. Pour les équipements d'EVEDA : démarrage des tests de l'injecteur, réception des cavités prototypes du SC-DTL et fin des études pour la station RF qui sera installée à Saclay et qui permettra de valider les composants les plus critiques de l'accélérateur. Par ailleurs, la Direction des sciences de la matière fournit, directement au nom de l'Europe, le supercalculateur pour IFERC, qui sera le centre de calcul dédié à la fusion au Japon, ouvert aux utilisateurs scientifiques japonais et européens en 2012.

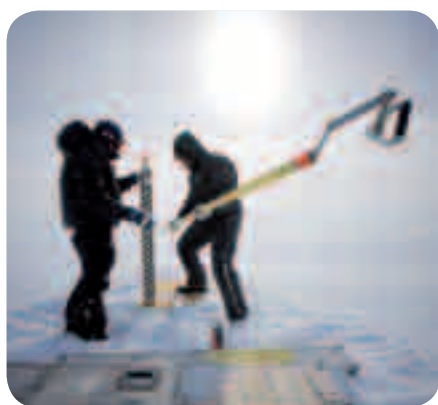
THÉORIE ET SIMULATION DE LA PHYSIQUE DES PLASMAS

On notera en particulier la poursuite du développement des codes basés sur les principes fondamentaux (ex. code gyrocinétique 5D Gysela) qui ont atteint pour la première fois une granulométrie adéquate pour simuler un plasma d'ITER et sont au cœur de la proposition de Labex VENUS. Des outils de simulation plus versatiles ont également été développés pour être intégrés dans la plate-forme de simulation intégrée Cronos ou dans la plate-forme européenne ITM, à laquelle le CEA prend une part éminente. Dans le cadre d'une collaboration CEA-IPP, le code de magnétohydrodynamique Jorek couplé au module Starwall a été validé avec succès dans le cas d'une paroi parfaitement conductrice. Les tests avec équilibre à frontière libre et paroi résistive sont en cours.

PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE

Pour Tore Supra, le système hybride dans le cadre du projet Cimes est progressivement monté en puissance, avec en particulier la qualification du nouveau coupleur PAM, extrapolable à ITER, dont les performances sont en total accord avec les attentes et pourraient même les dépasser.

Pour le JET, les expériences de la dernière campagne ont été interprétées et modélisées, notamment dans le domaine du transport, de la génération de courant non inductive par l'onde hybride basse et des études de couplage/propagation des ondes au plasma.



Opération de forage, projet NEEM.

/La recherche sur le climat et l'environnement

L'année 2010 a été marquée par les suites de la conférence de Copenhague sur le climat, dont l'issue a montré la mobilisation mondiale sur les questions liées à l'évolution du climat, mais aussi des freins économiques et politiques.

La conférence de Cancun a certes montré la volonté des Etats, dont la Chine et l'Inde, de mesurer et contrôler les émissions des gaz à effet de serre, principaux responsables du réchauffement climatique, mais elle n'a cependant pas réussi à définir la suite du protocole de Kyoto. Tout comme les controverses, locales ou internationales, cette conférence a montré que les sciences du climat sont entrées dans une nouvelle phase porteuse d'enjeux sociétaux et géopolitiques majeurs, car le changement climatique et ses impacts sont intimement liés à la politique énergétique future et au développement économique. Tout cela traduit aussi la demande de la société d'une base de connaissances fondamentales, notamment sur les incertitudes, pour une action optimale. La prise de conscience des enjeux d'adaptation et de mitigation aspire à créer un lien fort entre travaux scientifiques d'excellence sur le « système Terre » et acteurs de la société.

Le Laboratoire des sciences du climat & de l'environnement (LSCE, CEA-CNRS-UVSQ), avec ses partenaires de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), est au cœur de ces questions, en particulier avec sa tutelle universitaire (Université Versailles Saint-Quentin) qui aura, en lien étroit avec les autres tutelles et l'IPSL, un rôle croissant dans la formation, la diffusion et la médiation des connaissances.

Les travaux du LSCE sont en amont des demandes sociétales. Elles visent principalement à comprendre le fonctionnement du « système Terre », son évolution, ses variations, qu'elles soient naturelles ou d'origine anthropique.

Le laboratoire étudie notamment, par l'observation du présent et du passé et par la simulation numérique, l'équilibre complexe entre le climat et le cycle du carbone, les perturbations environnementales engendrées par le changement climatique, ainsi que

les pollutions de diverses natures. En 2010, le LSCE a produit 200 articles publiés dans les revues à comité de lecture, dont 13 dans les revues à fort impact.

C'est également dans le but de rapprocher les acteurs scientifiques, industriels et sociétaux que le LSCE a été le « fer de lance » de la réponse de la communauté française à l'appel d'offres européen de l'Institut européen de l'innovation et des technologies (EIT) sur le climat. Le lancement de la « KIC climat » est un outil pour réaliser cet objectif, dont les potentialités restent à explorer. En 2010, il a accueilli 50 étudiants européens dans le cadre de la première école d'été KIC, et a préparé deux projets d'innovation en collaboration avec des industriels : Carbocount (système de vérification de gaz à effet de serre sur une échelle régionale) et E3P (adaptation du secteur énergétique aux événements extrêmes).

Le projet d'Institut d'excellence sur les énergies décarbonées se positionne dans le même esprit, dans le but d'anticiper un marché énergétique porté à l'avenir par une croissance compatible avec un réchauffement climatique modéré. Dans le cadre de la préparation du 5^e rapport du GIEC, les groupes de modélisation du LSCE ont été fortement sollicités pour les simulations CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5). Cet ensemble de simulations couvre le climat actuel, le climat futur selon différents scénarios socio-économiques, le climat du XX^e siècle ainsi que celui de l'Holocène, du dernier maximum glaciaire et des derniers mille ans.

Des études de la pollution liée aux particules fines sur la région parisienne ont été menées dans le cadre de la campagne d'hiver du programme européen Megapoli. Un ensemble d'instruments avait été déployé pour suivre en temps réel la composition chimique des aérosols et de leurs précurseurs gazeux. Les résultats montrent l'importance des émissions locales liées au chauffage au bois et de l'apport des pollutions transfrontières. Le forage sur le site Groenlandais de NEEM a finalement atteint le socle rocheux à une profondeur de plus de 2500 m. Il ouvre la possibilité d'une analyse détaillée du dernier interglaciaire avec en particulier l'étude des mécanismes de la variabilité



Installation d'instruments de mesure du CO₂ et de l'oxygène atmosphérique à Ivittuut au Groenland.



Campagne Megapoli de contrôle qualité des particules atmosphériques.

naturelle du climat et de la contribution du Groënland au niveau des mers pendant cette période, plus chaude que la période actuelle, une situation vers laquelle nous risquons d'aller à cause du réchauffement anthropique.

Un Lidar Raman dédié à l'étude de la qualité de l'air a été développé. Les compétences techniques du LSCE ont permis de réagir très rapidement à l'éruption du volcan islandais en déployant un Lidar aéroporté qui a permis de cartographier le ciel européen pour y détecter la présence de cendres.

Le chantier Méditerranée (observations systématiques de recherches sur la compréhension du « fonctionnement environnemental » du Bassin Méditerranéen soumis aux changements globaux) initié par le Comité inter-organismes pour la recherche en environnement (CIO-E), a démarré en 2010. Le CEA est impliqué dans trois grands axes : Mermex (Impact des changements climatiques et de l'activité humaine sur l'environnement continental et marin), Paleomex (Étude des relations passées Homme-climat-environnement), et Charmex (Étude des pollutions atmosphériques et de leurs impacts).

Dans le cadre du Pôle climat-énergie-environnement qui a pour vocation de développer les liens entre formation, recherche et innovation dans ces domaines, plusieurs journées d'animation scientifique ont été organisées sur des thèmes variés tels que biocarburants, composés organiques volatiles, bilan des gaz à effet de serre et polluants.

/Chimie et interactions rayonnement-matière

Le CEA développe une activité scientifique sur les propriétés de la matière et sur ses interactions avec les rayonnements qui a de nombreuses retombées dans le domaine de l'énergie nucléaire, des nanosciences et des sciences du vivant. Ces programmes sont menés le plus souvent en collaboration avec le CNRS dans des laboratoires mixtes ou associés.

Les recherches sur les interactions rayonnement-matière bénéficient de la qualité des plates-formes intégrées dans des infrastructures européennes (NMI3 pour les neutrons, Spirit pour les ions de moyenne énergie, Laserlab pour les lasers ou encore ETSF pour la spectroscopie théorique) ou dans des réseaux nationaux.

Le réseau national d'accélérateurs d'électrons et d'ions EMIR qui regroupe cinq plates-formes nationales d'irradiation des matériaux, porté par le CEA, est entré en fonctionnement au 1^{er} janvier 2010 avec l'accueil des premiers utilisateurs.

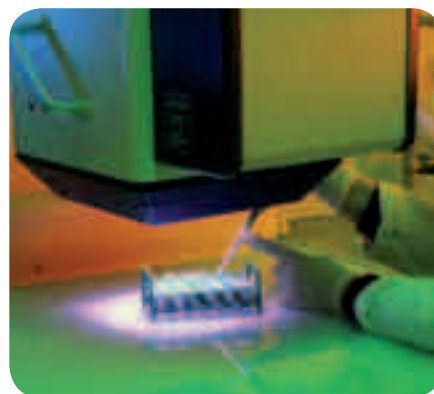
Ce réseau a obtenu un soutien financier du CNRS dans le cadre des très grands instruments de recherche, destiné à assurer l'accueil des utilisateurs et à contribuer aux développements des lignes d'expériences. Ainsi un dispositif de mesure d'absorption optique en ligne a été réalisé au Centre de recherche sur les ions, les matériaux et la photonique et une ligne d'irradiation cryogénique couplée à de la résonance paramagnétique électronique est développée au Laboratoire des solides irradiés.

L'année 2010 a vu l'achèvement de la réception de l'accélérateur d'électron Sirius, la finalisation des lignes d'expériences et la réalisation des démarches auprès de l'ASN destinées à obtenir l'autorisation de son exploitation. C'est ainsi que suite aux calculs de radioprotection demandés par l'ASN, des protections passives ont été ajoutées. Parallèlement à la compréhension de la stabilité des matériaux du nucléaire, ces plates-formes d'irradiation ou de lasers contribuent à mieux appréhender la nature des forces présentes dans la matière. Par exemple, la caractérisation spectroscopique fine de petits peptides contribue au raffinement des paramètres physiques utilisés pour déterminer par modélisation moléculaire les structures de protéines. Par ailleurs, des expériences d'irradiation de glace ternaire (H₂O, CO, NH₃) par des ions lourds ont mis en évidence la création des briques de base de la vie, modélisant ainsi en laboratoire certains comportements des grands nuages interstellaires.

RECHERCHE FONDAMENTALE



Laser LUCA (Laser Ultra-Court Accordable), dispositif d'imagerie ultra-rapide d'objets nanométriques par diffraction X.



Irradiation de cellules humaines pour l'étude de l'impact biologique du rayonnement UVA.

Les recherches portent également sur la chimie des métaux lourds et se placent alors en amont des problématiques du nucléaire, de la santé et de l'environnement. Elles conduisent alors à aborder les problématiques liées à la valorisation du CO₂. Ainsi, le mécanisme mis en jeu dans la formation du polyuréthane à partir du CO₂ a pu être explicité. Des travaux portent également sur le développement d'outils de caractérisation. Par exemple, à l'Iramis (Institut rayonnement matière de Saclay), un effort a été consacré au développement des premiers aimants permanents portables à champ ouvert ou à des capteurs magnétiques ultra-sensibles. Ces travaux visent à étendre le champ d'applications de l'IRM et de la RMN.

L'étude de la signature RMN du lithium, associée à son environnement, en particulier dans les batteries LiFePO₄, a permis à des chercheurs de l'Inac (Institut nanosciences et cryogénie) d'obtenir une différence très significative sur le signal du lithium entre les batteries fonctionnelles et non fonctionnelles après un certain nombre de cycles de charge/décharge, ce qui ouvre la voie à des applications très intéressantes.

/Radiobiologie

COMPRENDRE L'EFFET DES RAYONNEMENTS SUR LE VIVANT

Les recherches en radiobiologie du CEA ont pour objectif d'étudier l'impact sur la santé et l'environnement des rayonnements ionisants. Ils contribuent à définir les conditions de sécurité liées aux technologies du nucléaire développées au CEA. Au cœur de ces recherches : l'étude des mécanismes de réparation et de recombinaison de l'ADN, la prise en compte de la sensibilité de chaque individu aux rayonnements ionisants et la connaissance des processus de cancérogénèse. Les chercheurs du CEA ont, en 2010, caractérisé de nouvelles lésions, ainsi que les mécanismes qui permettent de les réparer. Des équipes s'intéressent également aux organismes naturellement radiorésistants que sont certaines bactéries, pour identifier les processus moléculaires impliqués dans la réponse à une irradiation.

ÉTUDES SUR LES CELLULES SOUCHES

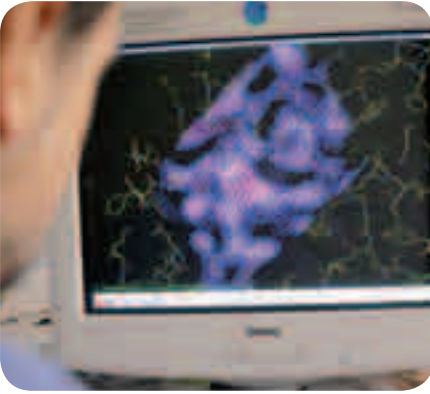
Parmi les systèmes biologiques étudiés, les cellules souches, responsables de la régénération tissulaire, font l'objet d'une attention particulière, afin de mieux connaître leur radiosensibilité et leur rôle potentiel dans les effets biologiques stochastiques, se manifestant plusieurs années après une irradiation, ainsi que l'impact des radiations sur les cellules souches germinales et leurs conséquences sur la descendance. En 2010, une équipe a mis en évidence la capacité accrue des cellules souches de la peau à réparer les dommages de l'ADN radio-induits. D'autres équipes étudient le rôle potentiel des « cellules souches cancéreuses » dans la radiorésistance de certains cancers ou dans les récurrences observées après un traitement par radiothérapie.

APPORTS DE LA GÉNOMIQUE

Tous les individus ne présentent pas la même radiosensibilité et de nombreux travaux portent sur la compréhension de cette inégalité, notamment par l'étude des facteurs génétiques responsables des radiosensibilités individuelles. Les capacités d'analyses génomiques du CEA à Evry sont utilisées dans ce cadre.

UNE ROADMAP EUROPÉENNE POUR LES FAIBLES DOSES

Les spécialistes de la radiobiologie s'intéressent également aux effets biologiques potentiels des faibles doses, pour lesquelles les études épidémiologiques ont montré leurs limites. Dans ce domaine, le CEA contribue à la plate-forme européenne Melodi (Multidisciplinary European Low Dose Initiative) dont l'objectif est de structurer les recherches et de favoriser la mise en place de projets de recherche communs, afin de répondre aux questions scientifiques prioritaires en radioprotection des faibles doses. Le CEA et l'IRSN, partenaires de Melodi pour la France, en ont organisé la 2^e workshop en octobre 2010, contribuant ainsi à la constitution de l'agenda stratégique de la plate-forme et à l'établissement de ses priorités pour les 20 ans à venir.



Étude de protéines et visualisation de structures de toxines sur ordinateur, grâce à un logiciel 3D.



Dosage d'échantillons contenant des métaux toxiques.

Toxicologie

APPRÉHENDER L'IMPACT DES TECHNOLOGIES ISSUES DU CEA SUR L'HOMME ET SON ENVIRONNEMENT

Les recherches en toxicologie du CEA ont pour mission d'apporter les connaissances dont il a besoin pour assumer ses responsabilités en tant que producteur ou utilisateur de nouveaux procédés technologiques, dans le domaine des énergies bas carbone. Ces procédés sont variés, allant des applications nucléaires aux matériaux à base de nanoparticules pour les nouvelles énergies. La caractérisation des dangers et de l'impact potentiel de ces technologies sur la santé ou l'environnement s'appuie sur les compétences pluridisciplinaires du CEA et sur sa capacité en recherche fondamentale. Les mécanismes toxicologiques sont étudiés sur des modèles biologiques bien maîtrisés et extrêmement sensibles, en mettant en œuvre à la fois des approches ciblées ou des méthodes sans *a priori*, comme la protéomique ou le criblage chimique. Ces recherches fondent une approche rationnelle des dangers et, à moyen terme, de nouvelles stratégies pour la prévention, la gestion et le traitement des crises. Un programme transversal a été mis en place en 2009 pour coordonner les actions internes du CEA en toxicologie et le représenter auprès des partenaires publics ou industriels.

TOXICOLOGIE NUCLÉAIRE

Dans le domaine du risque nucléaire, les travaux portent aussi bien sur des modèles cellulaires utiles pour la toxicologie humaine que sur des systèmes environnementaux qui permettent de comprendre les processus de remontée dans la chaîne trophique, ou de concevoir des procédés biologiques de remédiation. L'année 2010 a vu la concrétisation de plusieurs études qui fournissent des éléments originaux sur la régulation du transport d'iode dans la thyroïde ou l'action du cadmium au niveau du réticulum endoplasmique des plantes. On notera aussi les résultats décisifs obtenus sur l'homéostasie du phosphate, un ion qui accompagne nombre de cations métalliques toxiques. La plus-value apportée par la protéomique au domaine du diagnostic a été confirmée

par la découverte de nouveaux biomarqueurs, comme par exemple l'ostéopontine pour l'intoxication à l'uranium. L'analyse de la diversité microbienne sur un site minier à forte concentration en uranium a permis de comprendre les coopérations entre microorganismes, impliquées dans la résistance à cet élément.

TOXICOLOGIE DES NANOPARTICULES

Les nanoparticules occupent une place croissante dans les matériaux utilisés dans les secteurs du nucléaire, du photovoltaïque ou la filière hydrogène. Les toxicologues du CEA se mobilisent fortement pour en maîtriser les impacts biologiques. Les études en cours portent sur la relation entre propriétés physico-chimiques et toxicité, avec pour objectif d'identifier des règles de classement homogènes pour des composés allant des nanotubes de carbone aux oxydes métalliques. Les compétences en marquage sont fortement sollicitées pour préparer les traceurs indispensables aux études de biocinétique *in vivo*. On notera le lancement en 2010 du réseau Nanogenotox, une initiative européenne rassemblant une trentaine de laboratoires dans dix pays, pour standardiser les études de génotoxicité. Autre opération importante au niveau international, la mise en place du groupement de recherche franco-américain iCEINT (international Consortium for the Environmental Implication of Nanotechnology) pour l'étude de l'impact environnemental des nanoparticules.

VERS UNE TOXICOLOGIE PRÉDICTIVE

Dans tous ces domaines, l'évolution vers une toxicologie dite « prédictive », en complément d'une approche plus descriptive, se poursuit et les équipes du CEA ont une contribution remarquable dans le groupement d'intérêt scientifique Antiope, consacré à ce sujet. L'année 2010 a également vu la livraison du logiciel Cutadose[®] pour le calcul dosimétrique en cas de contamination cutanée et la mise en ligne de la base de données radiotoxicologiques Dactari. La toxicologie du CEA prend désormais en compte la nécessité de relier une recherche fondamentale très ouverte aux contraintes opérationnelles. Ce continuum représente la contribution originale de l'ensemble de l'organisme à ces thématiques à fort enjeu stratégique.



/01.B

La Défense et la sécurité globale et les recherches de base associées

Défense et sécurité globale

- / Les têtes nucléaires **30**
- / Le Programme simulation **30**
- / Ouverture à la communauté scientifique des moyens du programme Simulation **31**
- / Moyens de calcul **31**
- / La propulsion nucléaire **32**
- / Démantèlement et assainissement des installations de matières fissiles **32**
- / Lutte contre la prolifération et le terrorisme, intervention nucléaire **33**
- / La défense conventionnelle, une nouvelle mission pour le pôle Défense **33**
- / Recherche de base **34**

Acteur majeur de la dissuasion nucléaire et de la sécurité nationale et internationale, le pôle Défense du CEA a pour mission de concevoir, fabriquer, maintenir en condition opérationnelle puis démanteler les têtes nucléaires qui équipent les forces océaniques et aéroportées.

Il est chargé de la conception et de l'entretien des réacteurs nucléaires, assurant la propulsion des bâtiments de la Marine nationale, sous-marins et porte-avions. Il est également responsable de l'approvisionnement des matières nucléaires pour les besoins de la Défense. Le suivi de l'impact sur l'environnement de ses activités fait l'objet d'une attention soutenue.

Dans un monde en profonde mutation, le CEA contribue aux enjeux globaux de sécurité à travers l'appui technique qu'il apporte aux autorités, pour les questions de désarmement, de lutte contre la prolifération nucléaire et le terrorisme. Depuis le transfert des activités du centre de Gramat de la Direction générale de l'armement au CEA, la défense conventionnelle constitue une nouvelle mission à part entière. Pour mener à bien ces missions, il est responsable des études scientifiques et techniques de base, ciblées sur les programmes Défense.



Développement et fabrication de l'enveloppe de la tête nucléaire.



Réglage des mesures laser d'une expérience sur lanceur Z40 AIRIX.

Défense et sécurité globale

/Les têtes nucléaires

La maintenance des têtes nucléaires actuellement en service – TN81 pour la composante aéroportée et TN75 pour la composante océanique – se poursuit conformément aux échéances prévues. La Tête nucléaire aéroportée (TNA) remplace progressivement la TN81, première arme nucléaire garantie par la simulation. Les premières TNA ont été mises en service opérationnel en 2009. Le 1^{er} octobre 2009, le système d'armes Air-sol moyenne portée améliorée (ASMPA)/TNA a été déclaré opérationnel sur Mirage 2000N à Istres (Bouches-du-Rhône), puis le 1^{er} juillet 2010 sur Rafale à Saint-Dizier (Haute-Marne). La TN75 va être remplacée par la Tête nucléaire océanique (TNO), qui équipera les missiles stratégiques M51 à partir de 2015. Le passage en phase de développement de la TNO.1 a été prononcé en mars 2010.

Le 4^e essai en vol du M51 s'est déroulé en janvier depuis le Sous-marin nucléaire lanceur d'engins (SNLE) Le Terrible. Le succès de ce tir a été souligné par le ministre de la Défense et le Chef d'État-major particulier du Président de la République.

Le directeur des applications militaires a prononcé l'homologation de la TN75 pour son emport sur le M51.1 à l'issue de la revue d'homologation du 31 mai. Il s'agit d'un acte indispensable à la mise en service du nouveau système M51, prévu par instruction ministérielle. Un 2^e tir du missile M51 a été réalisé le 10 juillet à partir du *Terrible*. Il a permis de valider le système d'armes M51.1/TN75 pour ce SNLE admis au service actif en 2010.

/Le programme Simulation

Les têtes nucléaires, qui prennent progressivement la relève des armes en service lorsqu'elles arrivent en fin de vie, sont garanties sans nouveaux essais nucléaires. Le programme Simulation a été lancé en 1996 pour répondre à cet objectif. À ce jour, la garantie des têtes nucléaires s'appuie sur trois volets :

- / le concept des charges robustes, fondé sur un fonctionnement peu sensible aux variations technologiques et testé lors de l'ultime campagne d'essais en 1995-1996 ;
- / la validation par la simulation des écarts dus à la « militarisation » de la charge nucléaire ou susceptibles d'apparaître au cours de la vie opérationnelle de l'arme ;
- / la certification de nouvelles équipes chargées de garantir le bon fonctionnement des armes.

Le programme Simulation repose sur de grands équipements indispensables pour valider ces outils : supercalculateurs, machine radiographique Airix, laser Mégajoule (LMJ). Un des outils essentiels est une chaîne de logiciels qui permet de reproduire, par le calcul, les différentes phases de fonctionnement d'une arme nucléaire. Sa réalisation nécessite la mise au point de modèles physiques détaillés et le déploiement de puissants moyens de calculs.

Le standard de calcul 2010 pour les charges nucléaires a été homologué fin décembre par le directeur des armes nucléaires. Les premières exploitations ont démarré sur la machine Tera 100. Il est l'aboutissement d'un programme de travail de six années et représente une avancée forte dans la simulation des charges nucléaires. Il permettra d'apporter la garantie du fonctionnement et de sûreté de la charge nucléaire de la TNO.

Tera 10, conçu par Bull, est un supercalculateur à architecture parallèle, capable de faire travailler simultanément, sur une même simulation, un grand nombre de processeurs. Il dispose d'une puissance crête de 60 téraflops (60 mille milliards d'opérations par seconde). Tera 100, mis sous tension en mai, prend le relais de Tera 10. Il est le premier supercalculateur européen à avoir passé la barre du pétaflops, soit une capacité de calcul de plus d'un million de milliards d'opérations par seconde. Cette performance a été officialisée dans le classement international Top 500, qui le place au 6^e rang mondial des ordinateurs en termes de puissance, et au premier rang en termes d'efficacité, avec une efficacité record de 84 %. Ce succès résulte d'un travail important des



Salle de calcul de Tera 100.

équipes Bull et CEA, depuis le programme de R&D initié il y a deux ans, en passant par l'adaptation des infrastructures, jusqu'à la livraison et la stabilisation du calculateur.

La garantie de fonctionnement et de sûreté des armes impose une validation des simulations, obtenue en utilisant les résultats des essais nucléaires passés et les moyens expérimentaux que sont Airix et la Ligne d'intégration laser (LIL, prototype du LMJ) aujourd'hui, le LMJ et Epure demain. La machine de radiographie Airix, installée au Polygone d'expérimentation de Moronvilliers (PEM) en Champagne-Ardenne, permet de valider les modèles relatifs au début du fonctionnement de l'arme, dans sa phase non nucléaire. Fin octobre, Airix a pu fêter le 50^e tir avec 100 % de réussite depuis sa mise œuvre opérationnelle en 2000.

Dans le cadre du traité de Défense franco-britannique signé à Londres le 2 novembre, le Président de la République française et le Premier ministre britannique ont signé le 2 novembre un traité relatif au partage d'installations radiographiques et hydrodynamiques communes. La France et le Royaume-Uni ont décidé de partager deux installations de physique expérimentale, ce qui se traduira par la construction et l'exploitation commune d'une installation radiographique et hydrodynamique en France, Epure, sur le centre de Valduc, et d'une installation pour des développements technologiques communs au sein du Technology Development Center (TDC), sur le centre de l'Atomic Weapons Establishment à Aldermaston, au Royaume-Uni. Epure, qui sera dotée à terme de trois axes radiographiques de forte puissance, permettra de mesurer, avec la plus grande précision, l'état et le comportement des matériaux qui constituent les armes, dans des conditions de température et pression extrêmes. Les technologies indispensables pour y parvenir seront développées au TDC. Le premier béton des fondations d'Epure a été coulé le 19 novembre à Valduc.

Le LMJ, indispensable pour simuler le fonctionnement nucléaire de l'arme, est en cours de construction au Cesta, près de Bordeaux, pour des premières

expériences en 2014. Les opérations de montage des infrastructures de la Section amplificatrice hors amplificateurs (SAHA) se poursuivent dans les halls, au nombre de 4.

Le hall est-nord est entièrement monté (5 chaînes SAHA, soit 40 faisceaux) ; l'équipement du hall est-sud (7 chaînes SAHA, soit 56 faisceaux) a été achevé, l'équipement du hall ouest-nord a démarré.

La première source laser destinée à la qualification des modules pré-amplificateur a été réalisée par le CEA et livrée à la société Quantel, en charge de la réalisation de ces modules pour le LMJ. L'ensemble constitué par la source laser – qui a nécessité trois années de développement en opto-électronique – et le module pré-amplificateur, appelé pilote, a pour fonction de délivrer l'impulsion laser initiale injectée dans les chaînes laser de puissance.

Les campagnes d'expériences sur la LIL ont été conduites en respectant le planning directeur. Les tirs de puissance ont permis d'obtenir de nombreux résultats expérimentaux au profit de la physique des armes, de la physique des lasers pour le LMJ et de l'astrophysique.

/Ouverture à la communauté scientifique des moyens du programme Simulation

Les supercalculateurs, le LMJ et son prototype la LIL, sont des réalisations exceptionnelles tant par leurs caractéristiques techniques que par leurs performances. Celles-ci sont mises à la disposition de la communauté scientifique européenne, conformément à la politique approuvée par le ministère de la Défense en 2002. L'Institut lasers et plasmas (ILP) a vocation à stimuler, animer et coordonner les recherches dans le domaine des lasers de puissance et des plasmas. Sa principale mission est d'organiser l'ouverture des grandes installations laser du CEA à l'ensemble de la communauté scientifique. La Route des lasers, qui se développe autour de la LIL et du LMJ, fait partie des 39 pôles

de compétitivité qui ont atteint les objectifs de la politique nationale.

Fin septembre 2010, le président du Conseil régional d'Aquitaine et le directeur des applications militaires ont signé un accord pour le couplage de l'équipement scientifique PETAL (Pétawatt Aquitaine laser) au LMJ. Ce projet consiste à réaliser une chaîne laser multi-petawatt (impulsions ultra-brèves de quelques picosecondes) couplée à un laser à haute énergie (impulsions longues de quelques nanosecondes), le LMJ. Ce grand instrument permettra aux scientifiques français et étrangers d'explorer de nouveaux schémas de production d'énergie non carbonée, de recréer en laboratoire les conditions physiques rencontrées dans les étoiles et de tester diverses applications des lasers à la médecine, à l'industrie et la physique des lasers.

2010 est également l'année des 50 ans de la découverte du laser. Dans ce cadre, le Président de la République, accompagné de la ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, a visité le LMJ le 14 octobre et notamment le hall laser est-sud où sera implanté PETAL, puis le hall d'expériences où seront réalisées les expériences de physique à partir de 2014. Le président a rappelé dans son discours les potentialités du LMJ en termes de recherche, d'innovation et de développement économique.

/Moyens de calculs

Mis en service en 2003, le Centre de calcul recherche et technologie (CCRT) constitue, avec les supercalculateurs Tera, le complexe de calcul scientifique du CEA. Implanté sur le centre DAM Ile-de-France, à Bruyères-le-Châtel, il est aujourd'hui un des premiers centres de calculs européens. Il a vocation à satisfaire les besoins de ses nombreux partenaires (EDF, Snecma...) en matière de grandes simulations numériques. L'arrivée de deux nouveaux partenaires en mars, Inéris et Areva, ajoutée à la prolongation d'un an des partenariats actuels confirme la volonté du CEA de jouer son rôle de lien entre la recherche et l'industrie, en particulier dans le domaine du calcul haute-performance. En novembre,

/01.B



Sous-marin d'attaque nucléaire.



Démantèlement de l'usine de production d'uranium enrichi.

la 7^e édition des Journées scientifiques CCRT a réuni plus de 130 participants qui ont échangé sur les apports de la simulation numérique au sein des entreprises et des partenaires industriels et académiques du CCRT.

La ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche a inauguré en octobre 2010, le Très grand centre de calcul (TGCC) du CEA, jouxtant le site de Bruyères-le-Châtel. Cette infrastructure a été réalisée pour accueillir la machine européenne de puissance pétaflopique acquise par Genci (Grand équipement national de calcul intensif) dans le cadre du partenariat européen Prace (Partenariat for Advanced Computing in Europe) et avec le soutien financier du Conseil général de l'Essonne. Les premiers équipements de cette machine sont opérationnels.

/La propulsion nucléaire

Responsable des chaufferies nucléaires des bâtiments de la Marine nationale, le CEA a assuré tout au long de l'année sa mission de soutien à la flotte en service. Elle était composée en 2010 du porte-avions Charles de Gaulle, de six Sous-marins nucléaires d'attaque (SNA) et de quatre Sous-marins nucléaires lanceurs d'engins de nouvelle génération (SNLE NG).

La réalisation du programme Barracuda (renouvellement des SNA), lancée fin 2006 se poursuit. Un jalon essentiel concernant la sûreté des SNA de type Rubis a été franchi en juillet. Une première revue de sûreté a confirmé le bon niveau de sûreté des chaufferies de ces sous-marins. La réalisation de nouvelles installations d'essai à terre continue à Cadarache. Le programme RES (réacteur d'essai) comprend deux modules : une piscine d'entreposage et d'examen des combustibles, mise en service en 2005, et un réacteur équipé d'une instrumentation poussée. Le générateur de vapeur a été présenté sur sa cuve dans le compartiment chaufferie nucléaire en octobre. Cette opération est une étape importante du projet, après l'ouverture de l'Atelier de soutien et d'intervention en juillet. L'atelier peut désormais être exploité

dans sa configuration définitive. Les opérations de qualification de la piscine de l'Île Longue, rénovée et agrandie, se sont terminées fin juin conformément au planning fixé par la Marine. La fin de ces opérations marque la remise en service de la piscine permettant l'accueil des cœurs des SNLE. Ces opérations sont le résultat d'une mobilisation conjointe des équipes du CEA et du STXN (Service technique mixte CEA, Marine nationale) et de la Direction générale de l'armement (DGA).

/Démantèlement et assainissement des installations de matières fissiles

Lancé en 1995, le programme de démantèlement et d'assainissement des installations de production de plutonium et d'uranium enrichi s'est poursuivi en 2010.

Le démantèlement des usines de diffusion gazeuse de Pierrelatte, projet Ardemu d'Arrêt et démantèlement des usines, s'est terminé fin 2010 comme prévu. Le démantèlement a été entrepris après l'arrêt des usines en juin 1996 : il comprenait notamment la dépose et le traitement de tous les appareils contenus dans les groupes de diffusion et dans les locaux annexes, le conditionnement des déchets et l'assainissement des bâtiments. Il a été caractérisé par la taille considérable du chantier : 220 000 m² de plancher, 4 192 diffuseurs contenant 9 millions de barrières poreuses, 1 200 km de tuyauteries avec 100 000 vannes, de nombreux appareils annexes. Il a conduit à la production de 20 000 tonnes de déchets métalliques très faiblement actifs, progressivement évacués vers le centre de l'Andra. Après quarante-deux ans de bon fonctionnement et conformément au programme prévu, les réacteurs Célestin de Marcoule ont été mis à l'arrêt définitif le 23 décembre 2009. La phase d'assainissement a débuté dès janvier 2010 pour une durée de cinq ans. Le démantèlement de ces deux réacteurs a été entrepris dans la continuité et le transport des combustibles irradiés vers La Hague est en cours. Enfin, la Direction des applications militaires



Salle de contrôle des réseaux géophysiques.



Intérieur du site Hyperion à Gramat.

/01.B

a apporté une contribution concrète à la conférence d'examen du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP) qui s'est déroulée du 3 au 28 mai à New York, à travers l'organisation pilotée par le quai d'Orsay. Elle a contribué à l'élaboration des documents de travail ainsi que des outils de communication (plaquettes et site internet dédié), valorisant notamment le caractère irréversible du démantèlement des installations dédiées à la production de matières pour les armes nucléaires.

/Lutte contre la prolifération et le terrorisme, intervention nucléaire

En raison de ses capacités uniques dans le domaine du nucléaire militaire et civil, le CEA assure depuis de nombreuses années une mission d'appui technique auprès des autorités nationales pour les questions de dissuasion, désarmement et de lutte contre la prolifération nucléaire. À ce titre, il est directement impliqué dans la surveillance du respect des grands traités (TNP mais aussi Traité d'interdiction complète des essais nucléaires).

Fin novembre, l'ambassadrice de la Mission permanente française à Vienne et le Secrétaire exécutif de l'Organisation du traité d'interdiction complète des essais nucléaires ont signé le protocole d'accord pour la mise à disposition du Centre national de données français, situé à Bruyères-le-Châtel, des données d'une vingtaine de stations sismiques et hydroacoustiques du système de surveillance international. Ces données vont compléter celles des stations du CEA, du CNRS et des autres pays voisins qui constituent le réseau « *backbone* » (réseau robuste opérationnel d'alerte) du Centre d'alerte aux tsunamis (Cenalt) pour la détection et la caractérisation en temps quasi réel des séismes potentiellement générateurs de tsunami, créé en 2009 à Bruyères-le-Châtel. Après 1999 et 2001, un nouvel exercice international du réseau d'expertise des saisies et suivi des trafics de matière dans le cadre du G8 a été organisé. Il a impliqué neuf pays, experts mondiaux

en prolifération nucléaire. Ces expertises impliquent fortement la Direction des applications militaires. Un séminaire, rassemblant les laboratoires des neuf pays participants et consacré à l'analyse complète des résultats, a été organisé par Valduc à l'automne. Le CEA et le Département des garanties de l'AIEA ont poursuivi leur collaboration au travers du Programme français de soutien aux garanties.

Dans le cadre de sa mission au profit du ministère de la Défense, la Direction des applications militaires a participé à différents exercices d'intervention nucléaire, comme celui organisé à Toulon en novembre avec, pour scénario, un incident technique sur la chaufferie de propulsion nucléaire d'un SNA. Ces exercices confirment la qualité de son dispositif et sa bonne intégration dans l'Organisation nationale de crise de Défense (ONCD).

Des avancées significatives dans le cadre du programme interministériel de R&D confié au CEA dans le domaine de la lutte contre le terrorisme NRBC/E (radiologique, biologique, chimique – explosifs, nucléaire) ont été réalisées. La Direction des applications militaires a notamment développé des démonstrateurs de détection d'explosifs destinés à faire l'objet de tests opérationnels dans le domaine aéroportuaire. Ces travaux concernent la détection d'explosifs en trace ou en volume, sur des personnes ou dans des bagages.

/La défense conventionnelle, une nouvelle mission pour le pôle Défense

Depuis le 1^{er} janvier 2010, date du transfert au CEA des activités menées par le centre de Gramat au sein de la Direction générale de l'armement, la défense conventionnelle constitue une mission à part entière de la Direction des applications militaires. Les activités liées à cette mission sont conduites dans le cadre d'une convention partenariale CEA/DGA signée conjointement le 6 janvier 2010 par l'Administrateur général

du CEA et le Délégué général pour l'armement. Elle en précise le périmètre et les principales modalités de mise en œuvre.

Les ressources budgétaires sont mises en place dans le cadre d'une subvention annuelle, le suivi des activités est assuré par un comité directeur coprésidé par les deux parties.

Ces activités sont conduites essentiellement dans le cadre de programmes d'armement, de programmes d'études amont et d'études technico-opérationnelles afin de répondre aux besoins de la Défense en matière de charges militaires conventionnelles et d'applications électromagnétiques de défense. Ces dernières se rapportent à la fois à l'efficacité de ces armements conventionnels ainsi qu'à la vulnérabilité face à ces agressions de systèmes d'armes ou d'infrastructures.

RECHERCHE DE BASE

Défense et sécurité globale



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

/Fusion par confinement inertiel

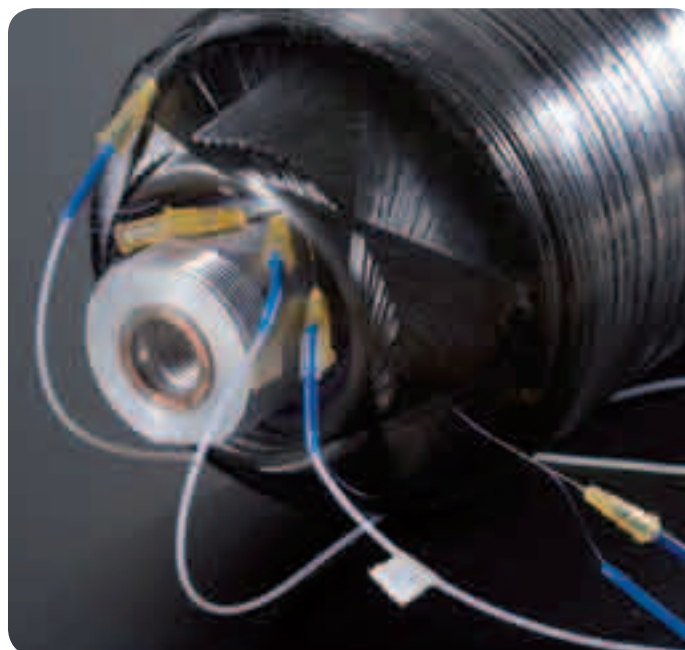
Les instabilités affectant la propagation d'un faisceau d'électrons relativistes dans un plasma sont étudiées depuis la naissance de la physique des plasmas. Ces études trouvent aujourd'hui leur motivation aussi bien dans la compréhension des chocs astrophysiques que dans l'application à l'allumage rapide de cibles de fusion par confinement inertiel.

De nombreuses avancées sur ce thème ont été obtenues depuis 2005 dans le cadre d'une collaboration entre la Direction des applications militaires et l'Universidad de Castilla-La Mancha, en Espagne. Pour la première fois, la relation de dispersion générale des modes instables affectant un système faisceau-plasma relativiste et cinétique a été résolue exactement dans une géométrie 2D pour différents types de fonctions de distribution. Les prédictions de ce modèle linéaire ont été validées par des simulations particle-in-cell 2D et 3D à l'aide du code Calder, confirmant aussi bien la hiérarchie des modes instables que leurs propriétés spectrales.

/Environnement

Le projet de microsatellite Taranis est destiné à l'étude des émissions lumineuses transitoires (sprites, jets, elves ou TLEs en anglais) et des flashes gamma d'origine terrestre (TGFs) qui se produisent au dessus des orages atmosphériques. Ces phénomènes s'accompagnent d'émissions électromagnétiques très intenses et sont associés à une avalanche d'électrons relativistes qui est injectée dans l'ionosphère et la magnétosphère. L'énergie des TGFs dépasse 30 MeV. Il s'agit des phénomènes les plus intenses de l'environnement de la terre, qui perturbent les satellites opérationnels de détection. L'objectif de Taranis est de disposer d'un ensemble instrumental unique pour caractériser ces émissions, déterminer leur origine et leur impact sur l'environnement. La Direction des applications militaires partage la responsabilité scientifique du projet avec le CNRS et est investigateur principal de l'expérience de mesures optiques.

Le projet vient de passer en phase de lancement de la réalisation des instrumentations, pour un lancement du microsatellite programmé début 2015.



Réservoir d'hydrogène.

/Matériaux

Un premier réservoir hyperbare entièrement thermoplastique a été réalisé par une équipe de la Direction des applications militaires, dans le Pôle polymères plasturgie et composite de la plate-forme Alhyance Innovation du Ripault inauguré en octobre. Entièrement conçu sur la base de technologies CEA, ce réservoir utilise un polymère commun pour le liner interne et la matrice composite. Les avantages en termes de durabilité, recyclabilité et sûreté sont en cours d'évaluation dans le cadre du projet Hype, financé par l'ANR et coordonné par PSA Peugeot-Citroën.



Intervention sur la chambre d'expériences, dans le hall de la LIL.

/Haute-pression

La connaissance de l'équation d'état de l'hydrogène est centrale dans de nombreuses applications. Il n'existe pas à l'heure actuelle de données expérimentales, en dehors de l'Hugoniot principal correspondant aux cibles cryogéniques, pour contraindre les différents modèles. Une campagne de tirs sur la LIL a permis d'obtenir des points d'équation d'état du deutérium dans le domaine des fortes densités, en partant de cibles pré-comprimées à 6 gigaPascals. Ces données devraient permettre de tester les modèles d'équation d'état de l'hydrogène.

/Matériaux

La courbe de fusion du tantale a été mesurée à l'aide de Cellules à enclumes de diamant à l'European Synchrotron Radiation Facility (ESRF, Grenoble) dans le cadre d'une collaboration CEA, ESRF et le synchrotron Soleil (Saclay). Des mesures de diffraction X *in situ* ont permis de caractériser les modifications structurales de l'échantillon jusqu'à 120 gigaPascals sous irradiation laser intense. La courbe de fusion obtenue est très différente de la courbe anormalement basse déjà publiée. Deux effets ont été identifiés comme pouvant altérer la détermination de la fusion sous hautes pressions statiques de métaux réfractaires comme le tantale. En premier lieu, une forte réactivité chimique du tantale avec le milieu transmetteur de pression et le carbone diffusant de la surface des enclumes a été mise en évidence. En second lieu, les mesures de pyrométrie peuvent être biaisées quand le milieu transmetteur de pression fond. La forte divergence entre les calculs *ab initio*, les mesures sous choc et les mesures statiques est maintenant résolue, ce qui élimine plusieurs interprétations théoriques. Finalement, la phase cubique centrée est trouvée stable sur tout le domaine sondé en pression et température.

/Physique nucléaire

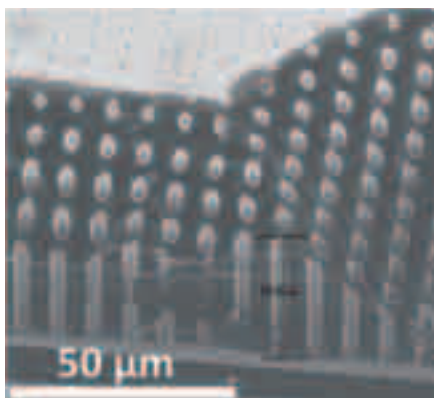
Afin de mieux connaître les propriétés (formes, états excités) des noyaux atomiques trop instables ou difficiles à produire, qui sont (ou ont été) créés dans l'Univers lors de la nucléosynthèse stellaire, des calculs massifs ont été entrepris. Ces calculs, qui portent sur environ 1 700 noyaux contenant un nombre pair de neutrons et protons, ont été réalisés au CCRT sans aucun paramètre libre, dans un formalisme au-delà de l'approximation du champ moyen, avec la force de Gogny. Les prédictions sont en bon accord avec les propriétés d'environ 500 noyaux connus, ce qui démontre le caractère prédictif du modèle microscopique. Ces résultats seront testés à grande échelle dans des expériences réalisées à Spiral2 (Ganil).



Le CCRT (Centre de calcul, recherche et technologie) est un des composants du complexe du calcul scientifique du CEA.

Les programmes
du CEA

PARTIE /01



/01.C

Technologies pour l'information et les recherches associées

Micro et nanotechnologies

- / Microélectronique **38**
- / Microsystèmes **38**
- / Assemblage 3D **38**
- / Optronique **39**
- / Télécom **40**
- / Objets communicants **40**
- / Recherche fondamentale **41**

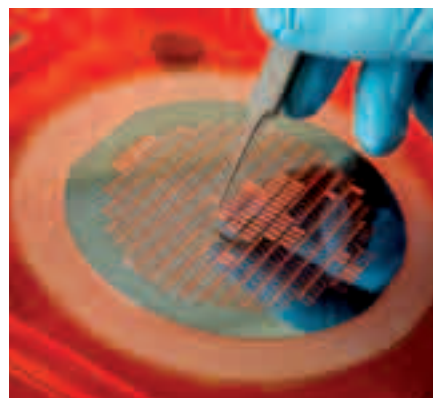
Technologies des Systèmes Numériques

- / Systèmes embarqués **42**
- / Intelligence ambiante **42**
- / Capteurs et traitement de l'information **43**

Acteur moteur de l'innovation industrielle, le CEA dispose d'une recherche technologique de haut niveau dans le domaine des micro et nanotechnologies, en développant des microsystèmes, l'assemblage 3D ou encore l'optronique. Ses programmes concernent aussi les télécommunications et les objets communicants (téléphones mobiles, réseaux sans fil, cartes à puce...), les technologies des systèmes numériques, avec notamment les systèmes embarqués, la réalité augmentée et l'optimisation de capteurs. Une technologie au service des entreprises afin de leur permettre d'être plus compétitives et innovantes.



Zone de lithographie-chimie.



Prélèvement d'une nouvelle pointe sur le wafer de pointes.

Micro et nano-technologies

Maîtriser les technologies clés pour poursuivre l'action engagée en faveur de l'innovation technologique, en lien étroit avec les industriels et l'ensemble de la communauté scientifique.

Deux grands thèmes technologiques soutiennent l'activité d'innovation : la miniaturisation ultime, communément appelée « More Moore », avec la microélectronique, et la diversification, communément appelée « More than Moore », avec les microsystèmes. Ces deux grands thèmes étant associés au défi de la complexité développé avec l'assemblage 3D. Ces activités, développées initialement pour des entreprises de haute technologie comme l'industrie de la microélectronique, sont déclinées dans des secteurs applicatifs comme celui du multimédia, le domaine de la santé, les télécoms et les objets communicants. Elles sont étendues de manière de plus en plus généralisée à l'ensemble des entreprises traditionnelles et notamment les PME/PMI.

/Microélectronique

LE PLUS PETIT POINT MÉMOIRE AU MONDE

L'Institut Leti du CEA (Laboratoire d'électronique et de technologies de l'information) a réalisé un point mémoire SRAM de surface $0,09 \mu\text{m}^2$ en technologie FDSOI (Fully depleted SOI) 20 nm sur substrats 300 mm. Il a utilisé les capacités technologiques les plus avancées disponibles sur les sites de Grenoble et de STMicroelectronics à Crolles.

Ce point mémoire est le plus petit jamais réalisé en technologie FDSOI, intégrant des transistors à canal non dopé et ayant une grille métallique sur diélectrique à forte permittivité. Les premières marges en écriture ont été mesurées prouvant la fonctionnalité de la structure. Ces résultats positionnent le Leti comme un acteur majeur capable d'intégration très poussée sur une technologie en 300 mm.

LE PROCÉDÉ FULLY DEPLETED SOI 20 NM DE R&D

Durant l'atelier FDSOI qui s'est tenu à l'Université de Tokyo en novembre 2010, le Leti et CMP (Circuits Multi Projets®) ont annoncé le lancement d'une initiative MPW (Multi Project Wafers) basée sur le procédé FDSOI 20 nm, mettant la structure 300 mm à disposition des spécialistes de la conception. Cette proposition MPW est en partie

soutenue par le réseau EUROSOL+ qui réunit les principaux partenaires universitaires européens sur la technologie SOI. Elle doit permettre d'élargir la diffusion de la technologie FDSOI en réalisant des scénarios d'essai sur les procédés 20 nm et moins.

/Microsystèmes

ACCÉLÉRER LA COMMERCIALISATION DES NANOSYSTÈMES INNOVANTS

Le Leti et Caltech (California Institute of Technology), co-fondateurs de la NanoVLSI Alliance, ont lancé le programme NSyP (NanoSystems Partnership Program) pour accélérer la mise sur le marché des innovations basées sur les nanosystèmes. Ce partenariat, ouvert à d'autres membres, réunit déjà cinq entreprises issues de différents secteurs : Areva, LECO, bioMérieux, Total et ST Microelectronics qui vont permettre à l'alliance et au secteur privé de collaborer étroitement.

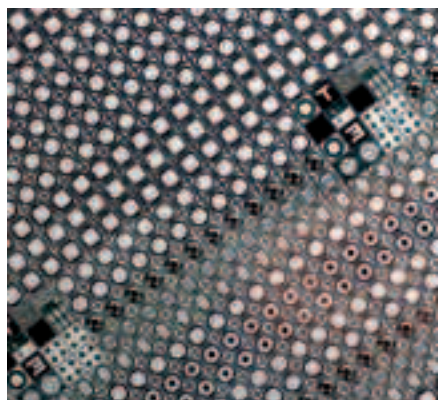
/Assemblage 3D

UNE LIGNE 300 MM DÉDIÉE À L'INTÉGRATION 3D

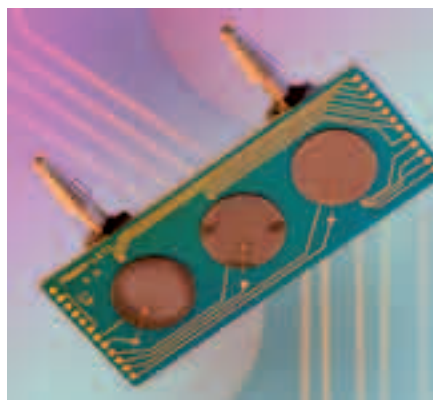
Le Leti a continué à étendre sa ligne de R&D 300 mm dédiée aux applications intégrations 3D. L'installation des nouveaux équipements se poursuit en 2011. La ligne complète comprendra des équipements de lithographie spécifique back-end, de dépôts d'isolants et de métaux, de gravure profonde, de nettoyage et de packaging notamment qui viennent se rajouter à un parc comprenant déjà des machines d'alignement, de collage, d'amincissement, de planarisation.

DÉVELOPPER DES TSV NOUVELLE GÉNÉRATION

Le Leti et SPP Process Technology Systems (SPTS) ont annoncé leur accord pour le développement commun de vias traversant (through-silicon via-TSV) 300 mm intégration 3D dans l'atelier spécialisé 300 mm du Leti à Grenoble. Leur accord définit les termes de leur collaboration, qui porte sur



Exemple de motifs structurés réalisés en salle blanche.



Micro-pompe silicium équipée de capteurs (pression, débit) pour le traitement des cancers cérébraux par administration localisée, développée au Leti.



une gamme de TSV 3D destinée à optimiser les technologies de gravure et de dépôt utilisées pour créer des TSV nouvelle génération avec un rapport de forme élevé.

/Optronique

INTÉGRATION DES GUIDES D'ONDES PLASMONIQUES COMPATIBLES CMOS

L'intégration de composants optiques sur silicium avec des guides d'ondes plasmoniques a été démontrée avec succès en utilisant des procédés de fabrications compatibles CMOS (complementary metal-oxide semiconductor). Cette nouvelle possibilité ouvre les portes à la fabrication d'interfaces opto-électroniques plus petites, plus rapides et plus efficaces, qui pourraient en fin de compte permettre le développement de capteurs, puces informatiques et autres composants électroniques aux performances bien plus élevées.

PHOTONIQUE SILICIUM : UNE TECHNOLOGIE QUI UTILISE DES PROCÉDÉS DE FABRICATION CMOS

Le Leti, coordinateur du projet européen Helios visant à accélérer la commercialisation de la photonique silicium, a annoncé que ses partenaires de projet ont fait la démonstration d'un laser et d'un modulateur en silicium de 10 Gb/s qui utilisent un procédé compatible CMOS, et donc des perspectives d'intégration sur les générations futures de microprocesseurs.

LA PREMIÈRE MATRICE D'IMAGERIE INFRAROUGE 3D MONO-IMPULSIONNELLE

La première matrice d'imagerie infrarouge active 3D au monde offrant une excellente furtivité a été réalisée. A partir d'un seul flash laser, la matrice de format 320x256 est capable de restituer une image en trois dimensions d'un objet lointain avec une résolution spatiale de 30 cm. Cette technologie unique associe deux innovations majeures développées par le Leti : la fabrication d'une matrice de photodiodes à avalanches réalisée dans le semiconducteur HgCdTe et la conception et la fabrication d'un circuit

de lecture basé sur un concept très original breveté qui associe une mesure de temps de vol à une acquisition radiométrique deux dimensions.

UNE MATRICE D'IMAGERIE INFRAROUGE EN HgCdTe

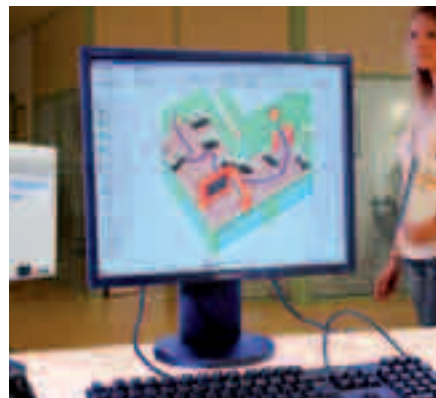
Le Leti a présenté, à la Conférence internationale Defense, Security and Sensing d'Orlando 2010, la première matrice d'imagerie infrarouge dans la bande des 8-10 μm et capable de restituer une image avec une résolution thermique sans précédent (la plus petite différence de température perceptible) de 1 à 2 mK à température ambiante et à une cadence classique de 25-50 Hz.

LE PROTOTYPE DE VOL D'UN MAGNÉTOMÈTRE QUALIFIÉ

Le prototype de vol du magnétomètre scalaire de très haute sensibilité du Leti a subi avec succès l'étape de qualification en vue de sa livraison à l'ESA. Prévu dans le cadre du projet spatial Swarm, six magnétomètres de ce type devraient être placés en orbite en 2012. Conçu et réalisé par le Leti, en partenariat avec le CNES dans le cadre du programme spatial Swarm, le magnétomètre scalaire représente un défi technologique majeur visant à dépasser les limites des magnétomètres RMN actuellement utilisées comme référence absolue pour les missions Oersted et Champ. À ce jour, il s'agit des premiers magnétomètres de ce type destinés à être mis en orbite.



Circuit multiprocesseurs basse consommation pour la téléphonie 4G.



Système de localisation et de capture de mouvements.

/Télécom

UN NOUVEAU CIRCUIT MULTIPROCESSEURS BASSE CONSUMMATION

Le Leti a développé un circuit numérique pour la radio logicielle et la radio cognitive qui a la particularité de se reconfigurer complètement en moins de 50 µs et de supporter en parallèle plusieurs applications radio. Le circuit Magali, développé pour les téléphones portables de 4^e génération, est basé sur une architecture très innovante de type réseau sur puce asynchrone supportant des liaisons à 2.2 GB/s. Le circuit embarque 23 processeurs intégrés dédiés au traitement du signal et au traitement au niveau digit.

UN CIRCUIT INTÉGRÉ RADIO ULTRA LARGE BANDE POUR ÉTIQUETTE ÉLECTRONIQUE TÉLÉ-ALIMENTÉE

Le CEA-Leti et le Nokia Research Center (NRC) ont développé un circuit intégré radiofréquence qui permet d'échanger des données à très haut débit entre un lecteur (un téléphone portable) et une mémoire passive de type étiquette RFID (Radio-Frequency Identification). Ce circuit est utilisé actuellement dans le prototype « Nokia explore and share ».

/Objets communicants

LA PRÉSENTATION DE PROJETS D'URBANISME DEVIENT INTERACTIVE

Le Leti a conçu et réalisé une maquette interactive (HIRAM - Humanités, innovation et recherche au service de l'architecture de médiation) appelée à changer les usages de présentation de projets urbains. L'expertise du CEA dans l'intégration de technologies RFID et de capteurs de mouvements a permis cette innovation. HIRAM propose de rendre interactive une maquette d'urbanisme. Cette maquette physique se compose d'une table interactive sur laquelle se trouvent le plan de la zone urbaine concernée et des pièces en 3D : celles fixes figurant les bâtiments existants, celles mobiles figurant les futurs bâtiments que l'architecte

doit implanter. En bougeant les pièces mobiles, il est possible de simuler l'emprise des nouveaux bâtiments dans le paysage urbain. A l'aide d'un pinceau RFID, on peut appliquer des textures à ces nouveaux bâtiments et en visualiser le rendu sur un écran. Grâce à une petite caméra que l'on peut déplacer dans la maquette, on peut également se promener virtuellement dans la scène et avoir ainsi sur un écran une vue « à hauteur d'homme » pour valider par exemple les perspectives...

LA PREMIÈRE CANALISATION PLASTIQUE DÉTECTABLE ET COMMUNICANTE

À l'occasion du salon Pollutec (30 novembre au 3 décembre 2010 à Lyon), la société RYB, leader français des systèmes de canalisations et réseaux polyéthylène, dévoile la première canalisation plastique détectable et communicante au monde. Grâce à l'intégration d'une technologie de type RFID développée en partenariat avec les laboratoires de recherche du CEA, cette canalisation révolutionne la sécurité, le suivi et l'entretien des réseaux de gaz, d'eau potable, d'eaux usées, d'électricité et de télécommunication.

SECOURIR LES SECOURISTES OU COMMENT SUIVRE LES POMPIERS POUR AMÉLIORER LEUR SÉCURITÉ ?

Un système de localisation et de capture de mouvement a été conçu et réalisé pour améliorer la sécurité des pompiers intervenant en milieu confiné (type parking souterrain). Pour répondre aux risques encourus dans des incendies en milieu confiné, la solution, développée dans le cadre du projet ANR Demoloc avec les partenaires Cassidian, la société 3D+ et le Service départemental d'incendie et de secours du Rhône (SDIS), repose sur un système de radiolocalisation ULB (Ultra Large Bande) n'utilisant pas d'infrastructures radio et sur l'exploitation de signaux issus de capteurs afin de déterminer la position, la posture et l'activité du pompier. Demoloc a été testé avec succès dans un parking d'environ 500 m² en présence des hommes du feu. Pour les six postures définies par les pompiers (couché droit, couché gauche, couché ventre, couché dos, accroupi, debout) le taux d'identification a été supérieur à 90 %.

RECHERCHE
FONDAMENTALE

Technologies pour l'information



Projet Spintec, machine de dépôt en salle blanche.

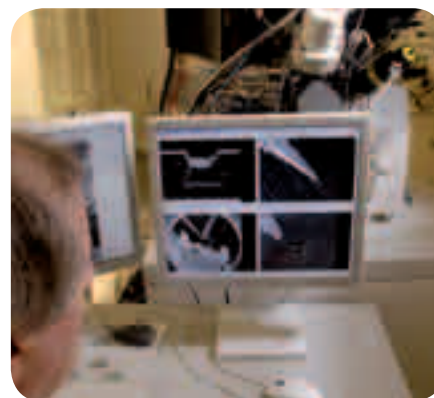


Plate-forme de nanocaracterisation.

/Nanosciences

Le CEA développe un ambitieux programme de recherche fondamentale en lien avec les technologies de l'information et de la communication. L'objectif est d'organiser, comprendre et observer la matière à l'échelle nanométrique, où apparaissent souvent des propriétés radicalement nouvelles, par exemple associées à des effets quantiques. Dans ce domaine, la maîtrise au tout premier plan des technologies capacitaires, nanosimulation et nanocaracterisation, est une priorité. Ainsi, la plate-forme de nanocaracterisation (PFNC) rassemble à Grenoble sur un même plateau les acteurs de la recherche technologique et fondamentale du CEA. Avec des moyens lourds complémentaires en microscopie électronique, spectroscopie de surfaces, faisceaux d'ions, diffraction X de laboratoire et au synchrotron... et l'addition fin 2010 d'un centre de compétences en résonances magnétiques, la PFNC constitue un atout majeur pour le CEA.

Sur la PFNC, développements méthodologiques à l'état de l'art et caractérisation en soutien aux programmes sont simultanément conduits, avec une politique volontariste d'ouverture aux partenaires académiques et aux industriels. Parfois, un liquide peut ne pas cristalliser, bien que la température soit inférieure au point de solidification. Reflet de l'absence de germe de cristallisation, le phénomène de surfusion a des implications théoriques et pratiques importantes. Dans le cadre d'une collaboration, des équipes de l'Inac, ESRF et de l'Institut Néel, ont apporté la preuve expérimentale d'un ordre pentagonal – lequel ne peut correspondre au pavage régulier de l'espace associé à la cristallisation – à l'origine de la surfusion d'un alliage liquide d'or et de silicium.

En nanosimulation, le CEA a rassemblé début 2009 ses équipes dans un programme national, avec des objectifs ambitieux tant sur le développement de codes innovants, que sur le soutien direct aux activités de recherche fondamentale et appliquée. Sur les sites de Saclay et de Grenoble, des partenariats sont noués avec les maisons de la simulation et de la modélisation. Fait significatif, le CEA coordonne

le projet MULT-EU SIM, action européenne consacrée à la simulation multi-échelle. Pour répondre aux enjeux associés à la simulation du transport électronique dans les nanostructures les plus diverses, l'Inac et le Leti ont développé un code propriétaire dont l'algorithme de référence repose sur les fonctions de Green récursives. En 2010, des ruptures obtenues à l'Inac sur l'algorithme ont permis d'en accroître considérablement l'efficacité, pour simuler avec précision des objets réalistes, comme un transistor silicium de diamètre 8 nm à grille enrobante.

Dans le cadre du programme Chimtronique, le CEA prépare de futures ruptures associant la chimie et la nanoélectronique. Les axes prioritaires du programme sont l'électronique à base de carbone (graphène, nanotubes), la maîtrise de l'organisation en trois dimensions de la matière, et l'électronique souple, organique et hybride. Avec l'ambition de préparer de futures innovations, 15 projets, associant équipes de recherche fondamentale et technologique du CEA, ont fait l'objet d'un soutien interne spécifique en 2010. Traduction de l'excellence individuelle des chercheurs du CEA, deux nouveaux projets ERC « starting grants » ont été retenus en 2010, l'un sur la simulation du transport électronique dans des systèmes mésoscopiques par Monte-Carlo quantique, l'autre sur des nanostructures magnétiques auto-organisées, avec en perspective le stockage de l'information à très haute densité.

Le développement de sources de photons uniques performantes et pratiques est un enjeu majeur pour celui des communications quantiques, avec également des retombées dans le domaine de la métrologie (étalon de flux lumineux et d'énergie). Une source de photons uniques d'une efficacité record (72 %) a été développée par une équipe de l'Inac. Elle est constituée d'une boîte quantique pompée électriquement au sein d'un fil photonique (InAs/GaAs).

La maîtrise de l'émission ou de l'absorption de la lumière aux échelles nanométriques correspond à de forts enjeux technologiques, associés à la réalisation d'une optique intégrée dans des dispositifs nanométriques. Exemple de progrès dans ce domaine, des équipes associées de Munich (Allemagne)

et d'Iramis ont expérimentalement montré que des « points chauds » plasmoniques se situent à l'extrémité des branches de nano-étoiles d'or excitées optiquement. En ajustant longueur d'onde et polarisation du faisceau laser incident, les chercheurs ont alors réussi à exciter, de manière sélective, le point désiré. Sur la base de travaux du laboratoire Francis Perrin (CEA-CNRS), la start-up Ethera a été créée en mars 2010. Ethera développe des dispositifs de mesure de la pollution ou de dépollution de l'air intérieur. La technologie repose sur des matériaux nanoporeux au sein desquels les polluants ciblés sont piégés et aisément détectés par une simple colorimétrie. Sur les axes clefs des nanosciences et nanotechnologies, les équipes du CEA portent, dans le cadre des Investissements d'avenir, des projets structurants avec leurs partenaires académiques des sites de Grenoble et de Saclay.



Conception de langage de programmation ΣC .



UNISIM, plate-forme matérielle virtuelle.

Technologies des systèmes numériques

Développer des technologies innovantes au cœur des infrastructures Digiteo : une des clés pour la conception et pour la maîtrise de la complexité des systèmes à haut niveau d'intégration.

Les priorités du CEA s'articulent autour de trois axes :

- / Les systèmes embarqués qui concernent le développement d'architectures de calcul avancées, d'imageurs intelligents et d'outils assurant la sûreté et la sécurité des logiciels et des systèmes.
- / L'intelligence ambiante autour de la réalité virtuelle, des interfaces sensorielles, de la robotique, de la vision et des protocoles de communication.
- / Les capteurs et le traitement du signal qui concernent le développement d'outils avancés pour le contrôle non-destructif, l'instrumentation pour la santé, l'énergie et la sécurité et la métrologie des rayonnements ionisants.

/Systèmes embarqués

TESTER DES KILOMÈTRES DE RÉSEAUX FILAIRES

Dans le cadre du diagnostic de réseaux filaires, une nouvelle méthode a été développée et brevetée. Elle permet le diagnostic distribué d'un réseau de communication par la méthode MCTDR (Multi-Carrier Time Domain Reflectometry), en utilisant des signaux de diagnostic totalement séparés en fréquence des signaux utiles du réseau. Lorsque des défauts sont détectés sur le réseau (court-circuit ou circuit ouvert en milieu ou fin de branche et à la jonction), les cartes envoient par liaison sans fil les données de diagnostic à une Interface homme machine sur un PC qui affiche les informations pertinentes : branche(s) comportant le défaut, type de défaut(s) et distances aux deux points d'injection. Cette méthode a été validée sur un véhicule automobile.

PROGRAMMER DES ARCHITECTURES MASSIVEMENT PARALLÈLES

Adapté aux processeurs multicœurs qui peuvent compter jusqu'à plusieurs centaines de cœurs de calcul sur une même puce, ΣC offre une puissance d'expression adaptée à une large gamme d'applications embarquées. Il tire indifféremment partie des parallélismes de

données et de tâches. La chaîne de compilation réduit le parallélisme exprimé, pour assurer une adéquation entre degré de parallélisme et nombre de cœurs, et définit des procédures d'optimisation de l'affectation des ressources de la puce.

UNISIM SIMULE DES SYSTÈMES EMBARQUÉS LÉGERS

Dans le cadre d'un projet de recherche collaboratif avec Schneider Electric, le List a enrichi la bibliothèque de sa plate-forme matérielle virtuelle UNISIM, avec des microprocesseurs ARM7 et ARM9. UNISIM, dédiée à la simulation de systèmes complets de composants matériels comprenant notamment des microprocesseurs, peut ainsi élargir ses applications aux systèmes embarqués « légers » utilisant cette gamme de microprocesseurs, comme les téléphones portables.

/Intelligence ambiante

FAIRE ÉVOLUER UN AVATAR DANS UN ENVIRONNEMENT 3D COMPLEXE

Dans le cadre de ses travaux sur la simulation interactive et autonome de mannequin virtuel, le List a mis au point de nouvelles méthodes relatives à la locomotion du mannequin, et à ses algorithmes de contrôle commande. Celles-ci permettent de faire évoluer un avatar dans un des modèles 3D d'installations complexes, et de le faire interagir de manière naturelle avec des objets virtuels, à partir d'un système de capture de mouvement simple. Ces résultats sont applicables notamment à la formation au geste technique et à la sécurité.

LA RÉALITÉ VIRTUELLE AU SERVICE DE LA CHIRURGIE

Le List a développé une plate-forme multimodale de formation à la chirurgie maxillo-faciale en réalité virtuelle qui comporte deux interfaces haptiques haute performance à architecture hybride série-parallèles, un « prop » actif (poignée spécialement développée pour correspondre à la fraise du chirurgien) assurant un retour tactile



Simulation interactive et autonome d'un avatar.



Reproduction virtuelle des textures.

/01.C

haute fréquence et permettant ainsi de simuler les vibrations de la fraise utilisée par les chirurgiens et un écran 3D associé à un dispositif de capture de mouvement de la tête du chirurgien. L'ensemble est piloté par le logiciel XDE, également développé au List et amélioré pour permettre la simulation de la chirurgie osseuse. La plate-forme est entrée dans sa dernière phase avant le lancement en 2011 de la campagne de tests qui clôturera ce projet et dont une continuité est prévue dans le cadre de l'équipement d'excellence retenu « Figures ».

TEXTURES TACTILES VIRTUELLES : ENFIN UNE RÉALITÉ

Le List a développé un système permettant de mesurer, avec une haute précision et haute fidélité, les vibrations générées par le frottement du doigt sur une surface texturée. Les mesures ont montré que les vibrations tangentielles comportent la majorité de l'information utilisée par le cerveau pour l'identification des surfaces. Les enregistrements de textures ont été utilisés comme entrée pour un dispositif de reproduction de texture, stimulateur cutané qui déforme la pulpe du doigt suivant la direction tangentielle. L'approche ainsi mise en œuvre permet une perception réaliste de la microgéométrie des surfaces.

/Capteurs et traitement de l'information

CONTRÔLE DES ACIERS FORGÉS

En réponse aux besoins des centrales nucléaires de type European Pressurized Reactor, la conception d'un nouveau transducteur ultrasonore a été effectuée, associée au développement d'une méthode permettant de réaliser le contrôle des aciers forgés à gros grains. En effet, la modification du procédé de forgeage a conduit à un grossissement des grains (jusqu'à quelques mm) et donc à un fort bruit de structure lors du contrôle ultrasonore. L'évaluation des performances du système développé a démontré ses capacités à détecter tous les défauts.

DOSEO, PLATE-FORME D'INNOVATION

Réunissant des professionnels de la radiothérapie, des acteurs de la recherche, de la formation et de la réglementation, mais aussi des industriels et des partenaires internationaux, Doseo a été inscrite au Plan Cancer 2 en 2009 et labellisée plate-forme d'innovation en 2010. La construction du bâtiment Doseo a démarré fin novembre 2010 pour une livraison prévue début 2013.

CROISSANCE DE DIAMANT SUR SUBSTRATS NANOSTRUCTURÉS 3D

La croissance de films de diamant sur substrats fortement structurés est devenue nécessaire au développement de dispositifs chimiques ou thermiques innovants. Le List a développé, en partenariat avec l'Ecole polytechnique (LPMC), une nouvelle technique de dépôt de particules de diamant basée sur leur chimie de surface. Au-delà de la croissance de films de diamant sur substrats plats (2D), cette nouvelle approche ouvre la voie à la même croissance sur substrats fortement structurés (3D), pour lesquels les autres techniques de nucléation n'étaient pas adaptées et constitue ainsi une réelle avancée pour la réalisation de dispositifs électrochimiques (électrodes, réseaux de microélectrodes...) ou de dissipation thermique (pointes, matériaux poreux, etc.).



Accélérateur de plate-forme Doseo.

Les programmes
du CEA

PARTIE /01



/01.0

Technologies pour la santé et les recherches associées

/ Biologie structurale intégrative **46**

/ Biologie à grande échelle : protéomique, métabolomique, génomique **47**

/ Imagerie biomédicale **48**

/ Recherche fondamentale **50**

Dans le domaine des technologies pour la santé, la stratégie du CEA consiste à allier recherche fondamentale en biologie-santé et développements technologiques pour innover dans les domaines diagnostiques et thérapeutiques. Le programme transversal « Technologies pour la santé », piloté par la Direction des sciences du vivant, favorise la création de valeur industrielle à partir des compétences transversales existant au CEA dans ce secteur.

Les recherches fondamentales en biologie et santé du CEA s'appuient le plus souvent sur des plates-formes technologiques d'envergure internationale de biologie structurale intégrative, de biologie à grande échelle ou d'imagerie biomédicale. Elles ont pour objectif d'améliorer notre connaissance des mécanismes sous-tendant les grandes fonctions physiologiques, mais aussi les relations hôte-pathogène, afin de développer de nouveaux concepts thérapeutiques ou diagnostiques. Le CEA mène ces recherches en étroite collaboration avec ses partenaires (universités, CNRS, Inserm, Inra) comme l'atteste la présence de nombreuses équipes et unités mixtes de recherche au sein de ses instituts.



Hall de l'ESRF.



Caractérisation des enzymes réalisée à travers une étude biochimique couplée à une étude structurale solide.

/Biologie structurale intégrative

Cette discipline a pour objectif de fournir une vision intégrée du fonctionnement de la cellule, afin de comprendre non seulement son fonctionnement normal, mais aussi ses dérégulations qui peuvent induire des pathologies.

UN PARTENARIAT POUR LA BIOLOGIE STRUCTURALE

Le CEA est un acteur majeur de la structuration nationale et européenne des forces en biologie structurale intégrative. À Grenoble, l'Institut de biologie structurale (IBS) est membre du Partenariat pour la biologie structurale (PSB), qui rassemble autour du CEA, de l'ESRF, de l'ILL et de l'antenne française de l'EMBL (European molecular biology laboratory), un pôle d'expertises et des installations de recherche faisant de Grenoble l'un des plus grands centres européens en la matière.

DES MÉTHODES COMPLÉMENTAIRES

La biologie structurale intégrative repose sur l'utilisation de méthodes biophysiques d'études des macromolécules comme la résonance magnétique nucléaire (RMN), la cristallographie aux rayons X, la microscopie électronique, la diffusion aux petits angles, combinées à l'utilisation de méthodes d'imagerie des cellules vivantes. Les avancées méthodologiques réalisées en 2010 ont permis d'élargir le champ des objets étudiés.

CONNAÎTRE LES MOLÉCULES DÉSORDONNÉES

Il est désormais possible d'obtenir des informations structurales et dynamiques sur les protéines intrinsèquement désordonnées qui constituent environ 40 % des protéines codées par le génome humain. Ceci grâce à une technique innovante de RMN combinée à l'utilisation de méthodes de diffusion aux petits angles des rayons X et neutrons. Certaines de ces protéines sont impliquées dans des maladies neurodégénératives ou encore dans certains cancers. La possibilité d'explorer les relations entre leur fonction et leur structure ouvrira-t-elle, à moyen terme, de nouvelles voies thérapeutiques.

VISUALISER LES MACROMOLÉCULES

Les progrès réalisés en 2010 permettent l'étude d'objets biologiques toujours plus grands. L'élaboration à l'IBS de méthodes de marquage isotopique spécifique autorise l'étude structurale et dynamique par RMN d'assemblages protéiques de grande taille tandis que l'utilisation combinée de la microscopie électronique et de la cristallographie aux rayons X ou encore de la RMN a permis l'analyse structurale de complexes macromoléculaires, comme les nanomachineries moléculaires impliquées dans les processus infectieux bactériens ou viraux.

CRISTALLISER DES PROTÉINES MEMBRANAIRES

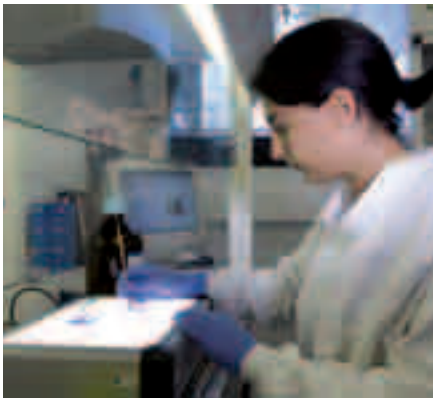
Les chercheurs du CEA s'intéressent également aux protéines membranaires qui sont impliquées dans de nombreux processus cellulaires, mais pour lesquelles il est difficile d'obtenir des données. Ce sujet fait l'objet de développements méthodologiques importants visant à produire et à cristalliser ces protéines. A cette fin, l'IBS a commencé à exploiter en 2010 un robot réduisant considérablement les quantités de protéines requises.

VERS L'IMAGERIE CELLULAIRE À SUPER RÉSOLUTION

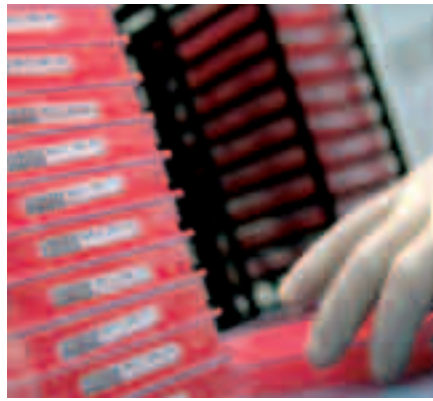
L'imagerie cellulaire permet, quant à elle, d'observer en temps réel des processus cellulaires. Des chercheurs de l'IRTSV (Institut de recherches en technologies et sciences pour le vivant) ont ainsi pu observer la formation des filaments d'actine, responsable de la motilité cellulaire. De plus, pour développer l'imagerie cellulaire à super-résolution, une révolution technologique qui permet d'atteindre une résolution spatiale d'environ 25 nm pour l'étude des cellules vivantes, une nouvelle équipe de recherche a été créée en 2010 qui se consacrera à l'observation des complexes macromoléculaires au sein des cellules.

IDENTIFIER LES SITES ACTIFS

Pour assurer leurs fonctions, la plupart des protéines interagissent de façon transitoire ou permanente avec d'autres macromolécules. La connaissance des sites impliqués est



La protéomique permet l'identification par spectrométrie de masse de protéines.



Préparation de la biobanque au Genopole d'Evry.

/01.D

primordiale si l'on veut moduler à des fins thérapeutiques ces interactions. En 2010, des chercheurs de l'iBiTec-S (Institut de biologie et de technologies de Saclay) ont mis au point une méthode de marquage au tritium des complexes protéines-protéines qui permet d'identifier les régions qu'utilise une protéine pour lier ses partenaires. Par ailleurs, une autre équipe de cet institut a développé et mis à la disposition de la communauté scientifique des logiciels bioinformatiques permettant de prédire les sites par lesquelles des protéines phosphorylées sont reconnues par d'autres protéines.

/Biologie à grande échelle

Grâce aux avancées technologiques des dernières décennies, il est maintenant possible d'analyser de façon globale un système biologique ; on parle alors de biologie à grande échelle ou encore de protéomique, métabolomique, génomique...

LA PROTÉOMIQUE

L'étude des protéomes utilise la spectrométrie de masse pour définir l'ensemble des protéines d'un organite, d'une cellule, d'un tissu, d'un organe ou d'un organisme, à un moment donné et en fonction de conditions données. Elle renseigne sur les variations du taux d'expression des protéines, en fonction du temps et de l'état physiologique ou pathologique considéré. Le CEA a développé un savoir-faire reconnu dans ce domaine.

En 2010 :

- / l'iBiTec-S a mis en évidence une variabilité moléculaire importante des allergènes des graminées, donnée primordiale pour concevoir le mélange utilisé pour la désensibilisation des sujets allergiques ;
- / les chercheurs de l'IBEB (Institut de biologie environnementale et biotechnologie) à Marcoule ont utilisé l'analyse protéomique pour caractériser les toxines sécrétées par une bactérie pathogène (*Bacillus cereus*) et, à Grenoble, une étude de l'IRTSV a permis de caractériser la réponse du système immunitaire à une molécule issue d'un champignon.

Les analyses protéomiques permettent aussi d'identifier des biomarqueurs, utiles pour le diagnostic, le pronostic et le suivi thérapeutique. L'année écoulée a vu la création d'une start-up (Promise), reposant sur les compétences du CEA en protéomique quantitative. Celle-ci propose ses services pour la validation de biomarqueurs et pour l'étude pharmacocinétique de protéines thérapeutiques.

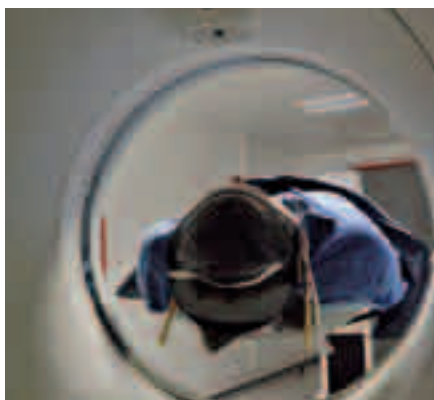
LA MÉTABOLOMIQUE

Cette discipline consiste à analyser par spectrométrie de masse ou par RMN l'ensemble des métabolites d'un échantillon (sang, cellule, organe). Profilomic, une start-up créée en 2010 à partir d'un laboratoire du CEA, propose des études métabolomiques aux entreprises pharmaceutiques, agroalimentaires, ainsi qu'aux acteurs de l'environnement.

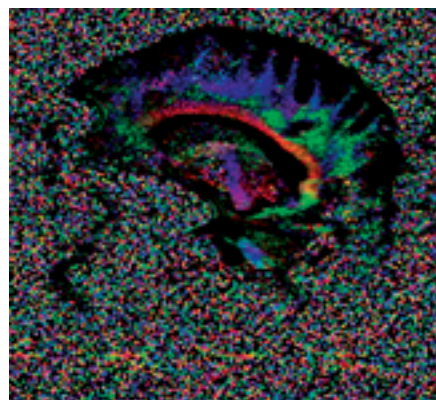
LA GÉNOMIQUE

Les études en génomique du CEA s'appuient sur les deux centres nationaux de référence basés à Evry : le Centre national de séquençage (CNS-Génoscope) et le Centre national de génotypage (CNG). Les progrès réalisés dans le domaine du séquençage permettent aujourd'hui d'aborder des systèmes complexes, comme des populations bactériennes au sein d'échantillons biologiques ou environnementaux ; on parle de métagénomes. Durant l'année écoulée, le Génoscope a participé au séquençage du métagénome bactérien du tube digestif humain qui a révélé une grande similitude entre individus, du point de vue de leur flore intestinale.

Le génotypage permet d'associer des variations génétiques à des situations pathologiques. En 2010, le CNG a ainsi pu mettre en évidence les variants de six gènes favorisant l'apparition de l'asthme.



Examen TEP.



Cette image IRM 7T d'acquisition en diffusion permet de visualiser l'orientation des faisceaux de fibres de la matière blanche en échelle de couleur.

/Imagerie biomédicale

Les techniques d'imagerie *in vivo*, développées au CEA, permettent, par des examens atraumatiques, de mener des recherches fondamentales sur le fonctionnement du cerveau, de fournir une aide au diagnostic et au pronostic et de suivre l'efficacité de traitements, dans le cadre d'études précliniques et cliniques. Elles occupent une place majeure dans les processus d'élaboration et de validation de nouvelles approches diagnostiques et thérapeutiques, pour les maladies qui représentent un véritable enjeu de santé publique telles que les maladies neurodégénératives, les cancers, les maladies émergentes, mais aussi psychiatriques.

DES PLATES-FORMES DE RECHERCHE DÉDIÉES

Pour mener ces recherches, le CEA s'appuie sur ses trois plates-formes d'imagerie de l'IPBM (Institut d'imagerie biomédicale), ouvertes à la communauté

scientifique (Service hospitalier Frédéric Joliot – SHFJ, NeuroSpin et MIRCen), ainsi que sur la plate-forme d'imagerie biomédicale Cycéron de Caen.

À NeuroSpin, le CEA développe l'IRM à haut champ, destinée aux recherches fondamentales sur le cerveau et à la recherche translationnelle. Les chercheurs disposaient jusqu'à cette année de deux IRM 3 et 7 T pour les études sur l'Homme. La mise en service effective d'une nouvelle IRM beaucoup plus puissante (17 T), destinée à l'imagerie préclinique sur le rongeur, vient compléter cet arsenal technologique. La très haute résolution des premières images de cerveau obtenues ouvre la porte à des études beaucoup plus poussées... Autre projet phare, la conception de l'IRM 11,7 T destinée à l'examen corps entier chez l'Homme. Véritable challenge technologique, le projet aimant 11,7 T est maintenant entré en phase de production et devrait s'achever en 2012.

L'année 2010 a été marquée par plusieurs avancées couvrant l'ensemble des domaines de l'imagerie.

- / La constitution du consortium Cati (Centre d'acquisition et de traitement d'image) coordonné par le CEA dans le cadre du Plan national Alzheimer vise à établir un dialogue entre recherche clinique et recherche algorithmique du traitement de l'image. En effet, le développement de l'imagerie médicale s'accompagne d'un besoin crucial en logiciels performants pour l'interprétation des données générées.
- / Afin de répondre à la nécessité de disposer de radioradionucléides ou d'agents de contraste spécifiques des phénomènes biologiques que l'on veut observer par imagerie, le SHFJ a développé un nouveau traceur permettant de suivre l'inflammation cérébrale.
- / Un projet (cancers primaires) de recherche collaboratif en médecine nucléaire Gallimed, a été initié par Cycéron et les sociétés Guerbet et MDS Nordion. Ce projet vise à développer de nouveaux radioradionucléides, marqués au Gallium-68, pour l'imagerie TEP, permettant d'améliorer le bilan d'extension des métastases ou la détection de certains cancers primaires.



Imagerie IRM.

NEUROSCIENCES

Dans le domaine des recherches fondamentales sur le cerveau, l'apport de l'imagerie IRM à haut champ s'est

traduit en 2010 par des avancées majeures dans la compréhension des mécanismes de l'apprentissage de la lecture et dans la détermination des bases neurales associées au discours ou aux structures linguistiques de certaines langues, comme par exemple la langue des signes française. En recherche préclinique, l'utilisation de l'imagerie est primordiale pour étudier, grâce à des modèles animaux, les mécanismes de la pathogenèse. Durant l'année écoulée, les études réalisées à MIRCen ont permis de mettre en évidence le rôle des astrocytes, cellules indispensables à la survie des neurones, dans le développement de la maladie de Huntington, faisant de ces cellules une cible thérapeutique potentielle.

En recherche clinique, un protocole d'imagerie bi-modale a été mis en place au SHFJ, qui permet de mettre en évidence et de localiser chez des patients, en vue d'une intervention chirurgicale, la zone cérébrale responsable de certaines formes d'épilepsie pour lesquelles aucun autre traitement n'est disponible à ce jour.

DES COLLABORATIONS AVEC LES INDUSTRIELS DE LA SANTÉ

Les compétences du CEA en matière d'imagerie biomédicale sont reconnues par les industriels. Cette reconnaissance se concrétise par la signature de nombreux accords de collaboration, dont un entre AstraZeneca et NeuroSpin sur la maladie d'Alzheimer et un autre entre Cycéron, Oncodesign, Guerbet et Ariana Pharma pour la recherche de biomarqueurs en oncologie. En ce qui concerne le développement de logiciels, des licences ont été concédées à la société PMOD pour des logiciels permettant de bien discriminer les tumeurs des organes voisins sains et à la société Syneika pour des logiciels qui seront intégrés dans des neuronavigateurs, permettant de guider les médecins avec précision dans la mise en œuvre d'une stimulation magnétique trans-crânienne.



Service hospitalier Frédéric-Joliot à Orsay.

RECHERCHE FONDAMENTALE

Technologies pour la santé

/Nouvelles stratégies diagnostiques et thérapeutiques

Le CEA dispose d'un ensemble de compétences pluridisciplinaires qui lui permet de faire le lien entre les résultats de sa recherche fondamentale et une recherche plus applicative, en vue d'élaborer et de valider des nouvelles stratégies diagnostiques et thérapeutiques, pour les pathologies qui constituent des enjeux majeurs sociétaux.

Une partie de la recherche fondamentale du CEA en biologie et santé s'intéresse aux mécanismes responsables de la pathogenèse et les résultats obtenus ouvrent de nouvelles perspectives diagnostiques, prophylactiques ou thérapeutiques.

En 2010 : les chercheurs du SRHI (CEA/Hôpital Saint-Louis), en collaboration avec l'Établissement français du sang de Tours, ont déposé un brevet portant sur l'utilisation d'une protéine (HLA-G) comme marqueur de l'ostéogénèse, le processus par lequel se forme et se développe le tissu osseux.

/À l'IMETI (Institut des maladies émergentes et des thérapies innovantes), la mise au point de modèles animaux a permis en 2010 d'améliorer notre compréhension des mécanismes de la pathologie du Chikungunya et de montrer que le virus responsable du Sida peut être transmis sexuellement par les cellules infectées présentes dans le sperme.

/À l'IRTSV, l'année écoulée a été marquée par plusieurs résultats encourageants : un concept de thérapie anticancéreuse, basé sur un nouveau moyen d'inhiber la formation des vaisseaux sanguins irriguant la tumeur, a été développé. De plus, une étude collaborative a identifié la cible moléculaire des toxines sécrétées par les souches de Staphylocoque doré résistantes à la méthicilline. Ce récepteur pourrait représenter une cible pharmacologique très intéressante pour de nouvelles stratégies anti-infectieuses, dans le cadre des infections par ces souches résistantes. Enfin, des travaux ont révélé le rôle crucial de la polyglutamylation d'une protéine du cytosquelette (la tubuline) pour la survie neuronale.

/À l'IRCM (Institut de radiobiologie cellulaire et moléculaire), les chercheurs ont pu, grâce à la mise au point de modèles expérimentaux de cultures et de greffes, progresser dans la compréhension du mécanisme pathologique responsable des leucémies aiguës lymphoblastiques, des cancers du sang fréquents en pédiatrie.

BIOSÉCURITÉ

Les connaissances acquises sur les mécanismes moléculaires liés aux phénomènes pathologiques permettent aux chercheurs du CEA de découvrir ou d'élaborer des molécules bio-actives. Dans le domaine de la biosécurité, les compétences du CEA en matière de production d'anticorps spécifiques ont été mises à profit pour élaborer, en collaboration avec l'industriel NBS-Sys, une valise permettant la détection de cinq toxines considérées comme des menaces biologiques. Dans le même domaine, une équipe de la Direction des sciences du vivant au CEA, en collaboration avec l'Institut Curie, le CNRS, l'Afssaps, et l'Université de Montpellier a découvert la première molécule efficace chez la souris pour se protéger contre la toxicité de la ricine, l'un des agents du bioterrorisme les plus surveillés.

MALADIE D'ALZHEIMER

Dans le domaine thérapeutique, pour lutter contre la maladie d'Alzheimer, des composés hybrides, constitués d'une partie protéique reconnaissant les plaques amyloïdes et d'une partie organique permettant leur destruction, ont été synthétisés en collaboration avec le FZJ de Jülich.

SIDA

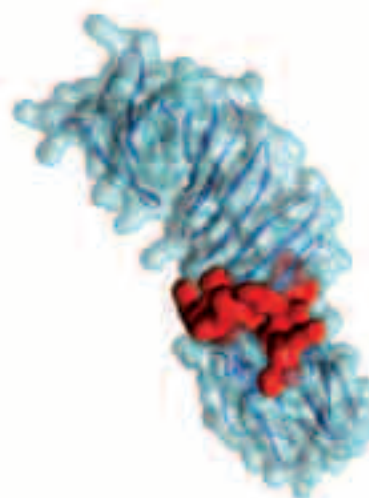
Une molécule capable de bloquer le transfert du VIH d'une cellule à une autre a été mise au point, en partenariat avec des chimistes espagnols et italiens. Cette molécule cible un récepteur présent à la surface des cellules dendritiques (cellules du système immunitaire et premiers sites de rencontre avec les pathogènes), impliqué dans les phases initiales de l'infection par le VIH et qui représente une cible thérapeutique potentielle.



Décontamination des produits biologiques en sortie du laboratoire L3.



La cryomicroscopie électronique permet d'obtenir des images de complexes protéiques (virus, protéines...).



Étude des interactions entre biomolécules.



Laboratoire d'immunovirologie.



Nanotraceurs fluorescents.

À l'IRTSV, en collaboration avec l'Institut Curie, des nouveaux inhibiteurs puissants et spécifiques d'enzymes (kinases), dérégulées dans plusieurs pathologies incluant le cancer, ont été identifiés. Ces composés possèdent des propriétés anti-tumorales.

À l'iBiTec-S, en collaboration avec Servier, des inhibiteurs de protéases à zinc ont été développés, qui diminuent la pression artérielle de rats hypertendus. Une toxine de serpent, active sur le récepteur adrénergique alpha-1A a été découverte qui pourrait être utilisée pour lutter contre l'hypertrophie de la prostate.

Un accord de licence commerciale a été signé pour un portefeuille d'épitopes T, caractérisés à l'iBiTec-S, qui permettront de développer de nouveaux vaccins thérapeutiques contre l'hépatite C et différents cancers.

THÉRAPIES GÉNIQUES ET CELLULAIRES

Le CEA est en pointe sur le développement de stratégies thérapeutiques innovantes, reposant sur la thérapie génique et cellulaire. En 2010, un résultat majeur a été obtenu par les chercheurs de l'IMETI, en collaboration avec l'Inserm, l'Assistance publique-Hôpitaux de Paris, des universités parisiennes et américaines et la société bluebird bio (anciennement Genetix Pharmaceuticals), avec le premier succès d'un essai clinique en thérapie génique pour la β -thalassémie, une maladie génétique grave du sang. Ce premier succès concrétise les espoirs placés dans l'utilisation de la thérapie génique pour traiter les hémopathies. C'est aussi la première fois qu'une thérapie génique efficace est développée pour une maladie génétique aussi fréquente.

/Nanosciences et nanotechnologies pour la biologie, la santé et l'environnement

Les recherches de la Direction de la recherche technologique du CEA en micro et nanotechnologies ont naturellement des applications liées à la santé

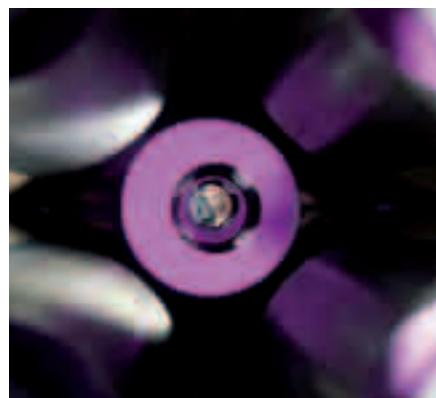
et en particulier à l'imagerie médicale. Ainsi, des nouveaux traceurs utilisables pour l'imagerie *in vivo* par fluorescence ont été fabriqués, qui offrent une alternative intéressante aux « quantum dots », composées de métaux lourds. Ces traceurs composés de nanoparticules lipidiques fluorescentes appelées lipidots® sont assimilables par l'organisme. Par ailleurs, le système d'imagerie préclinique par Tomographie optique diffuse de fluorescence dans le proche infrarouge (fDOT - near-infrared fluorescence-enhanced diffuse optical tomography) a été validé par cinq centres de recherche français en biologie, dont le SHFJ qui a validé l'utilisation de cette technique d'imagerie quantitative sur le petit animal.

Le système est prêt à être transféré à un partenaire industriel pour être commercialisé. Dans le domaine de la cancérologie, une nouvelle voie d'administration localisée des traitements a été mise au point, avec notre partenaire industriel et l'Inserm. Le concept de micro-pompe silicium équipée de capteurs (pression, débit) pour le monitoring de son fonctionnement et de la délivrance intracérébrale de principe actifs a été validé. Un tel dispositif programmable garantit la stabilité du débit de liquide, indépendamment de la contre pression sur une large gamme de débit. Le monitoring des paramètres de la délivrance réduit les effets secondaires du traitement.

Dans le domaine des capteurs pour la santé et l'environnement, une balise d'analyse biologique de l'air a été réalisée, qui fonctionne en semi-continu et intègre les étages de collecte dans l'air, de préparation d'échantillon et d'analyse. Cette balise est destinée à mesurer la qualité biologique de l'air en milieu hospitalier pour la prévention des maladies nosocomiales. Un autre capteur, capable de suivre la déshydratation d'un individu, a été développé dans le cadre du projet européen Proetex (FP6). Celui-ci a été intégré dans un équipement de protection individuelle et a ensuite été testé sur l'individu chez les Pompiers de Paris en conditions d'intervention.

Les programmes
du CEA

PARTIE /01



/01.E

Très grandes infrastructures de recherche

- / Le développement des TGIR **54**
- / Les très grands lasers **55**
- / Les principales réalisations 2010 **55**

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. Dans ces domaines, les physiciens développent leurs propres outils en poussant les technologies des instruments à leurs limites, puis les utilisent pour accroître leurs connaissances. Ils peuvent alors partager leur savoir avec la communauté scientifique en ouvrant un accès à leurs instruments ou en appliquant leurs connaissances à la création d'autres instruments. Par ce mécanisme en cascade, les sciences utilisant les Très grandes infrastructures (TGI) contribuent grandement au développement des capacités d'investigation et d'innovation au sens large.

Le CEA a une longue pratique de construction, d'exploitation et d'utilisation de ce type d'installations, ce qui lui confère la première place dans l'espace européen de la recherche.



Tunnel du LHC.

/Le développement des Très grandes infrastructures de recherche

STRATÉGIE NATIONALE CONCERTÉE

Le CEA participe de manière active à la mise à jour de la feuille de route nationale des très grandes infrastructures (www.roadmaptgi.fr). Il organise sa participation au développement des futures Très grandes infrastructures de recherche (TGIR) et représente la France, souvent aux côtés d'organismes partenaires comme le CNRS, dans les instances de pilotage des TGIR. Le CEA assure la présidence du Comité de coordination des Très grandes infrastructures

de recherche CEA-CNRS, dont un des objectifs est d'accroître le poids de la France dans les instances de pilotage internationales, dans tous les domaines (sources de lumière et de neutrons, accélérateurs d'ions, physique nucléaire et des hautes énergies, environnement et calcul intensif).

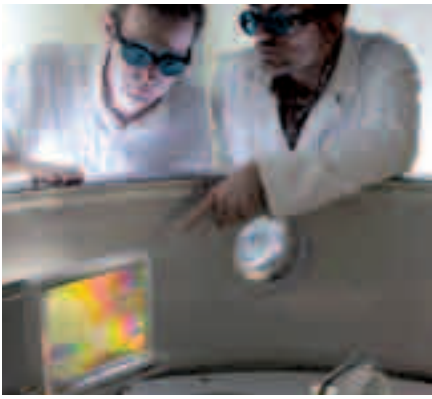
DES COMPÉTENCES AU SERVICE DE TOUTES LES ACTIVITÉS DU CEA

Le CEA est un acteur reconnu mondialement dans le développement et la réalisation des TGIR grâce à ses compétences technologiques très pointues : instrumentation spatiale, accélérateurs et détecteurs, cryotechnologie, faisceaux de très haute intensité et très grands aimants supraconducteurs. Il a participé pleinement à de nombreux projets mondiaux comme la source européenne de neutrons

/Les très grandes infrastructures gérées par le Comité de coordination thématique CEA-CNRS

Sources de neutrons		
/ Orphée-Laboratoire Léon Brillouin (LLB)	Saclay	www-llb.cea.fr
/ Institut Laue-Langevin (ILL)	Infrastructure européenne à Grenoble	www.ill.eu
Sources de lumière		
/ Synchrotron Soleil	St Aubin, près de Saclay	www.synchrotron-soleil.fr
/ ESRF	Infrastructure européenne à Grenoble	www.esrf.eu
/ X-Fel	Infrastructure européenne en construction à Hambourg (Allemagne)	www.xfel.eu
Physique nucléaire et des hautes énergies		
/ Ganil & Spiral 2	Caen	www.ganil-spiral2.eu
/ Cern/LHC	Infrastructure mondiale près de Genève	www.lhc-france.fr
/ Fair	Infrastructure européenne à Darmstadt (Allemagne)	hwww.gsi.de/fair/index_e.html
Environnement		
/ Icos	Infrastructure européenne sous forme de réseau en cours de constitution	www.icos-infrastructure.eu
Calcul intensif		
/ Genci	Grand équipement national de calcul intensif	www.genci.fr
/ Prace	Infrastructure européenne de supercalculateurs	www.prace-ri.eu

Les instruments d'astrophysique embarqués sur des satellites sont également assimilés à des TGIR.



Réseau de diffraction du laser UHI10.



Laser PLFA (Plate-forme Laser Femtoseconde Accordable).



de spallation (ESS), la source de lumière de quatrième génération (X-Fel), les accélérateurs d'ions (Fair).

/Les très grands lasers

Les activités laser du CEA concernent les deux communautés scientifiques de la physique des plasmas générés par laser que sont la physique à ultra haute intensité (UHI) et la physique à haute densité d'énergie (HDE).

Le CEA dispose d'un ensemble d'installations lasers de tout premier plan dans les deux domaines et va bientôt disposer de très grands lasers de classe mondiale aussi bien dans le secteur de recherche sur les HDE avec le laser Mégajoule que dans le domaine de la physique UHI avec l'accueil du laser Apollon dans le cadre de l'équipement d'excellence CILEX. La complémentarité de ces deux secteurs est indéniable sur le plan de la physique des phénomènes dans les plasmas aussi bien à l'échelle microscopique que macroscopique, et aux différentes échelles de temps.

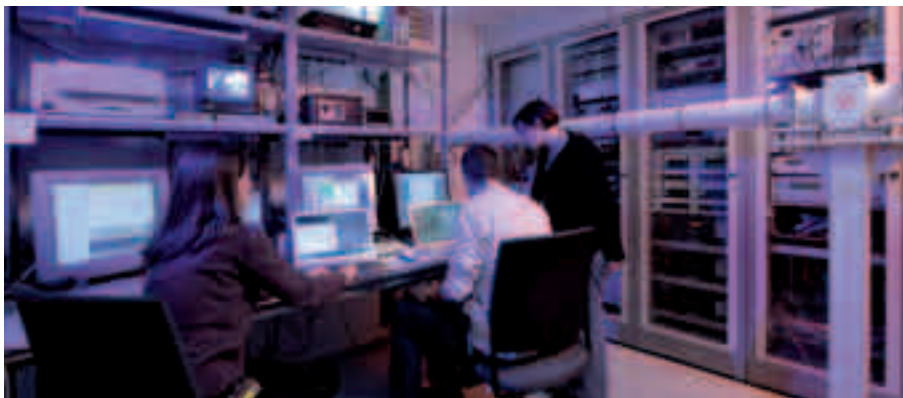
Le domaine UHI utilise actuellement des lasers à impulsion de quelques dizaines de femtosecondes pouvant atteindre des éclaircissements extrêmes jusqu'à 10^{21} W/cm² avec des énergies de seulement quelques joules par impulsion. Ces installations permettent de comprendre et maîtriser le comportement de la matière ultra-excitée, aux échelles de temps les plus courtes, aussi bien que d'exploiter ses propriétés. Cette discipline en plein essor irrigue un vaste champ d'activités : technologie laser (métrologie à ses limites), technologie accélérateur (faisceaux d'électrons), technologie pour la santé (faisceaux d'ions), diagnostics ultra-rapides (radiolyse). L'aspect « matériaux » pourra certainement bénéficier des utilisations de futurs accélérateurs de particules basés sur l'usage des lasers que ce soit dans la tenue au flux ou dans des études de comportement dynamique en conditions hostiles.

La préparation des programmes expérimentaux du laser Mégajoule repose sur des études théoriques, numériques et expérimentales dans les domaines de la physique des lasers, des plasmas et des mesures.

Les travaux théoriques sur l'autofocalisation et la filamentation d'impulsions laser, s'appuyant sur des simulations réalisées dans le cadre des grands challenges sur la machine « Titane » du Centre de calcul recherche et technologie (CCRT) et des projets Genci, concourent à la maîtrise de la tenue au flux des optiques du laser et s'appliquent aussi à la recherche d'impulsions ultra-courtes. L'interaction à ultra-haute intensité fait l'objet de modélisations et simulations numériques à l'aide de codes particuliers pour le projet interdisciplinaire Saphir, dans le cadre du programme Innovation stratégique industrielle. Celui-ci a pour finalité l'accélération d'un faisceau de protons au-delà de 200 MeV destiné à la mise au point de machines compactes pour le traitement du cancer par protonthérapie. Tout au long de l'année, les expériences réalisées sur la Ligne d'intégration laser ont permis de caractériser la propagation d'un flux radiatif dans un milieu de basse densité pour valider les lois paramétriques de l'hydrodynamique radiative, de valider le synchronisme des chocs dans les cibles de fusion par confinement inertiel, et d'obtenir les équations d'état (relation pression/densité/température) d'éléments légers à des pressions similaires à celles du cœur des planètes géantes. Ces expériences requièrent des diagnostics performants, tel le spectrographe multi-cristaux, à large gamme spectrale et haute résolution. Il fournit des spectres détaillés de l'émission de la cavité et du cœur de capsules implorées, permettant d'accéder aux conditions thermodynamiques de celles-ci. La mise en œuvre des branches XUV et X-durs de la ligne de métrologie du synchrotron Soleil servira à étalonner ces diagnostics, afin de garantir la qualité des mesures.

/Les principales réalisations 2010

/ICOS : l'année 2010 a été importante pour cette infrastructure de recherche ESFRI en phase préparatoire (dédiée à la mesure précise des flux de gaz à effet de serre notamment le dioxyde de carbone), en particulier pour le choix des types de capteurs atmosphériques, l'intégration



Salle de contrôle de la ligne ROBL à l'ESRF.

des capteurs dans les futures stations opérationnelles ICOS, et la définition des gouvernances française et européenne de l'infrastructure.

/ ESRF : le plan d'action « ESRF upgrade » a débuté pour la remise à niveau de l'ensemble de l'installation européenne de rayonnement synchrotron.

/ ILL : les études pour le changement de type de combustible (passage d'uranium fortement enrichi à faiblement enrichi) ont été confirmées au niveau simulation. Dans le cadre du programme Millenium, qui s'inscrit dans le cadre ESFRI, quatre instruments ont été implantés. Les contrats de lignes CRG IN22, D23, et IN12 ont été reconduits. La proposition de nouveaux statuts associés à une nouvelle convention a été adoptée fin 2010.

/ ORPHEE : le groupe permanent pour le réacteur a été mis en place pour l'examen de réévaluation de sûreté et le Laboratoire Léon Brillouin (LLB) participe au Groupe de prospective international « neutrons » en lien avec l'Institut Laue-Langevin (ILL) et ses partenaires européens.

Les deux nouveaux accélérateurs d'ions, principalement dédiés à la physique nucléaire, sont en cours de construction en Europe :

/ SPIRAL2, extension du Ganil, à Caen :

Le permis de construire de la Phase 1 (bâtiments accélérateur et salles d'expériences associées) a été obtenu en octobre 2010 et la construction va démarrer début 2011. Simultanément, l'accélérateur qui sera installé dans ces bâtiments est en cours de réalisation.

La ligne basse énergie ions lourds a été mise en service et les tests de la source de deutons

ont commencé. La fabrication et les essais des éléments de la partie haute énergie de l'accélérateur se sont poursuivis (cryomodules, cavités, aimants). Le contrat de maîtrise d'œuvre de la Phase 2 (bâtiment production faisceaux radioactifs et hall d'expériences associés) a été signé et les études préliminaires ont été initiées.

/ FAIR à Darmstadt en Allemagne : la convention a été signée par la France en octobre 2010. Deux Memorandum of Understanding ont été signés, le premier concerne X-FEL, notamment la collaboration sur les éléments d'accélérateurs CEA-CNRS-DESY. Le second est pour ESS, un partenariat franco-suédois sur les instrumentations neutrons et les éléments d'accélérateurs CEA-CNRS-ESS.

/ GENCI/PRACE : Le Très grand centre de calcul du CEA (TGCC) a été inauguré en octobre 2010 à Bruyères-le-Châtel. Il accueille les premiers éléments de la composante française du programme européen Prace, une infrastructure européenne de moyens de simulation de classe mondiale, dont la puissance de calcul sera portée à 1.6 Pflop/s en 2011.



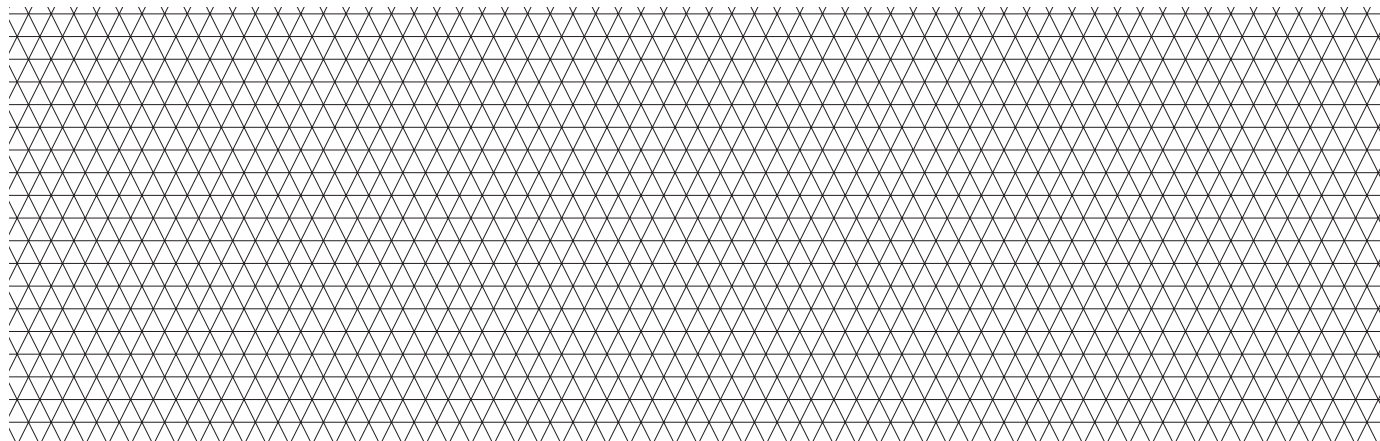
PLACE À LA SCIENCE À DOUBLE CHOOZ

La prise de données de Double Chooz, expérience internationale sur les propriétés d'oscillation des neutrinos implantée dans les Ardennes françaises, a commencé le 22 décembre 2010. Le remplissage de la cuve du détecteur lointain par du liquide scintillant s'est achevé dans la nuit du 3 décembre 2010. Cette phase est l'une des plus délicates de l'intégration du détecteur à cause des risques de déformation de la cuve. Elle a été assurée par un groupe d'experts de la collaboration, pilotée par les groupes allemands de Munich et Heidelberg et encadrée de près par la coordination technique de l'Irfu. Double Chooz mobilise 140 physiciens et ingénieurs dans 8 pays et 35 instituts. Les différents services de l'Irfu jouent un rôle majeur dans le pilotage du projet et ont contribué de façon significative à la conception, la réalisation et l'intégration du détecteur.



COLLISIONS À HAUTE ÉNERGIE

Le grand collisionneur de hadron LHC (Large Hadron Collider), au Cern près de Genève, est entré en phase de production scientifique avec le record mondial d'énergie dans le centre de masse des faisceaux de protons ($2 \times 2,36$ TeV). Le workshop de Chambéry fin janvier 2011 a permis aux expériences CMS, Atlas et Alice (auxquelles participent les équipes du CEA) de présenter leurs premiers résultats.



sommaire

///

/02.A

Évaluation

///

/02.B

Enseignement et formation

///

/02.C

La valorisation des activités
de recherche au CEA :
une dynamique forte

///

/02.D

Accompagnement
à la valorisation

///

/02.E

Prix & distinctions



L'ouverture
du CEA

PARTIE /02

/02.A



En 2010, les experts du Visiting Committee ont évalué le thème « Système terre et activités anthropiques - les recherches du CEA sur l'environnement ».

L'évaluation

Dans le processus d'élaboration de sa stratégie, le CEA s'appuie sur les résultats des évaluations effectuées par ses deux instances de conseil : Le Conseil scientifique, instance statutaire et le Visiting Committee, comité d'experts internationaux.

Par ailleurs, l'Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (AERES) évalue tous les instituts ou départements de l'organisme suivant des modalités adaptées au CEA en phase avec les vagues géographiques de contractualisation des universités.

/Évaluation par le Conseil scientifique et le Visiting Committee

Ces deux entités se sont réunies respectivement en mars et en octobre 2010 pour évaluer le thème « système Terre et activités anthropiques : les recherches du CEA sur l'environnement » suivant trois axes :

- / les recherches les plus en amont visant à une meilleure connaissance de l'environnement naturel ;
- / les recherches pour une compréhension du système climatique et les effets de l'activité humaine sur l'évolution du climat ;
- / les recherches concernant les effets potentiels sur l'environnement de l'ensemble des activités technologiques dans les domaines de recherche du CEA.

Le Conseil scientifique a en particulier souligné que le CEA apparaît en situation quasi unique en France pour fédérer, sur certains thèmes de l'environnement, les compétences de physiciens, chimistes et biologistes, sur l'ensemble de la démarche scientifique.

Le Visiting Committee a remarqué que, par son implication dans ce large spectre d'activités, le CEA se place en position de leader, particulièrement dans la perspective des accords internationaux qui dans le futur surveilleront l'impact environnemental de toutes les sources d'énergies. Parmi ses atouts, le CEA dispose notamment au Département analyse, surveillance, environnement (Dase) de la Direction des applications militaires d'une longue maîtrise de la mise en place et l'exploitation des réseaux internationaux de surveillance environnementale, ainsi qu'au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) de la Direction des sciences de la matière de programmes de recherche au premier rang mondial dans les domaines des sciences du climat, et à la Direction de l'énergie nucléaire, la Direction de la recherche technologique et la Direction des sciences du vivant d'une expertise sur tous les aspects touchant aux risques liés aux activités technologiques, en particulier dans le domaine nucléaire. Le large spectre et la qualité de ces recherches, qui donnent au CEA la capacité

d'éclairer les choix futurs en matière de mix énergétique et des technologies associées, ont été très appréciés.

/Évaluations par l'AERES

En 2010, l'AERES a procédé à l'évaluation des unités de la vague A. Les instituts du centre de Grenoble ont tous été évalués ainsi que les unités mixtes de Bordeaux et de Marcoule. De plus, les instituts de la Direction des sciences du vivant en région parisienne ont également été examinés.

Les rapports d'évaluation de l'AERES rendus publics à partir de juillet 2010 ont montré globalement l'excellence des recherches du CEA, 19 unités sur 20 ayant reçu une note A ou A+, sachant que la notation présente quatre niveaux : A+, A, B ou C. Le caractère spécifique des recherches technologiques du CEA a nécessité une préparation particulièrement importante, les critères d'appréciation de l'AERES n'étant pas tous très bien adaptés à ce type de recherches.



Formation sur le transport de matières radioactives, par route.

Enseignement et formation

Acteur de premier plan dans le renouvellement des ressources humaines pour le nucléaire, l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN) contribue par ses programmes à transmettre les savoirs et savoir-faire développés par le CEA et ses partenaires industriels.

/Génie nucléaire : stabilité des effectifs étudiants

L'augmentation de l'offre nationale de formations nucléaires de niveau master s'est traduite en 2010 par un tassement des effectifs de la spécialisation d'ingénieur en génie atomique, avec 92 élèves, dont 18 officiers navals, contre 118 en 2009. La promotion civile comprend 30 % d'élèves étrangers, tunisiens pour la moitié sélectionnés conjointement avec la STEG⁽¹⁾. L'habilitation à délivrer le diplôme a été renouvelée par la CTI⁽²⁾ en 2010. Les recommandations formulées lors de l'audit, ainsi que le travail mené par la CTI autour des spécialisations et doubles diplômes, incitent l'INSTN à entamer une réflexion sur l'évolution de la formation.

La spécialité « génie nucléaire » compte 25 étudiants, soit plus d'un quart de l'effectif global du master international « énergie nucléaire », accueilli par l'INSTN dans ses locaux à la rentrée 2010 suite à une décision ministérielle.

/Montée en puissance du nucléaire de santé

Dans le domaine des technologies nucléaires pour la santé, l'INSTN concentre ses efforts sur le diplôme de qualification en physique radiologique

et médicale (DQPRM) dont les effectifs continuent de croître, avec 94 étudiants en 2010. L'INSTN contribue par ailleurs à la réécriture de l'arrêté précisant les missions et formation des radiophysiciens. Accompagnant également les actions nationales pilotées par l'INCa⁽³⁾, il participe à une réflexion préliminaire à l'élaboration d'une stratégie pour la formation et la recherche en physique médicale. Sur le plan international, l'INSTN a été sollicité par une vingtaine de pays émergents (Maghreb, Vietnam...) afin d'établir des partenariats dans les domaines de la radiophysique, la radiopharmacie et la médecine nucléaire. Des projets seront étudiés en liaison avec l'AIEA.

/Vers un développement de l'alternance

Poursuivant un objectif de développement de formations par alternance, l'INSTN s'est engagé dans une démarche de contractualisation de conventions de partenariat avec des écoles ou universités :

- /l'ISTP⁽⁴⁾ et l'École des mines de Saint-Étienne pour le cursus d'ingénieur de trois ans en « génie des installations nucléaires » créé en 2009 ;
- /l'université Paris Ouest et le CFA⁽⁵⁾ « pétrole et moteurs Ile de France » rattaché à l'IFP School, dans le cadre du master « économie du développement durable, de l'environnement et de l'énergie », dont un parcours, géré par l'INSTN, est centré sur les projets énergétiques bas-carbone.

/Formation continue : forte croissance à l'international

En 2010, l'INSTN a organisé 700 sessions réunissant 8100 participants. Près de 36 000 hommes x jours de formation ont été réalisés, dont 43 % en « sciences nucléaires et énergie » et 51 % en « nucléaire de santé et radioprotection ». Le chiffre d'affaires se répartit entre le CEA (38 %), les grands comptes Areva, EDF, ASN et IRSN (29 %), des entreprises nucléaires et établissements de santé français ou étrangers (33 %).

La part des formations nucléaires progresse pour atteindre 85 %. Les formations au profit des salariés

du CEA diminuent tandis qu'augmentent celles qui bénéficient aux salariés des organismes et industriels nucléaires et des établissements de santé. Il faut souligner le doublement des formations internationales en langue anglaise réalisées dans le cadre de l'association ENEN⁽⁶⁾ ou pour des clients institutionnels ou industriels ciblés : formation de formateurs polonais en génie nucléaire, principes et fonctionnement des réacteurs nucléaires pour l'électricien italien Enel, initiation au génie nucléaire pour EDF et Electricité du Vietnam.

- (1) STEG : Société tunisienne de l'électricité et du gaz
- (2) CTI : Commission des titres d'ingénieur
- (3) INCa : Institut national du cancer
- (4) ISTP : Institut supérieur des techniques de la performance
- (5) CFA : Centre de formation d'apprentis
- (6) ENEN : European Nuclear Education Network-Association

Institut international de l'énergie nucléaire I2EN

En mars 2010, lors de la conférence sur l'accès au nucléaire civil, le Président de la République a souhaité renforcer le dispositif de formation en lui ajoutant un axe fort vis-à-vis de l'international : l'Institut international de l'énergie nucléaire.

Cet institut est le fruit d'un travail de tous les partenaires de la filière nucléaire :

- /des établissements d'enseignement supérieur ;
- /des industriels ;
- /des organismes de recherche ;
- /de représentants des tutelles (ministères des Affaires étrangères, de la Défense, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, et de l'Industrie).

/02.C

Ethera : Une nouvelle start-up du CEA

Ethera a été créée en mars 2010. Elle est issue des travaux du laboratoire Francis Perrin CEA/CNRS. Sa technologie utilise des matériaux nanoporeux (éponges), dans les pores desquels des molécules sondes sont déposées par procédé Sol-Gel. Au contact de ces sondes, les polluants cibles sont piégés et transformés en des produits aisément détectables et mesurables. Le choix de la sonde confère au capteur à la fois une grande sensibilité et une grande sélectivité. Le Leti au CEA est également partenaire d'Ethera pour le développement instrumental. La start-up vise le marché de la qualité de l'air intérieur, avec un premier produit pour la détection du formaldéhyde, polluant que les autorités mesurent déjà dans les crèches et les écoles en attendant une réglementation en 2012. La gamme comprend des dosimètres pour les salariés les plus exposés et des produits de mesure de l'exposition chronique.

La valorisation des activités de recherche au CEA : une dynamique forte

En raison de leurs effets de levier sur le développement économique et la croissance, les activités de valorisation de la recherche connaissent actuellement un nouvel engouement en France ou même en Europe. Au CEA, elles ont toujours été et restent un axe fort de mobilisation.

Le CEA base sa politique de valorisation sur le transfert de technologie qui se traduit en priorité par un mécanisme de contrats de R&D dans lesquels sa propriété intellectuelle est engagée. Ce modèle, très spécifique, se différencie de ceux souvent utilisés dans d'autres structures en France ou à l'international, qui considèrent que les actions de valorisation s'inscrivent dans un cadre presque exclusif de contrats de licence sans contrat de R&D associé.

En 2010, de nouvelles performances ont été atteintes : 613 brevets prioritaires ont été déposés soit une croissance d'environ 5 % au regard des résultats obtenus en 2009. Le CEA se positionne ainsi premier déposant des organismes de recherche français et se classe 4^e au palmarès INPI 2010. Il dispose ainsi d'un portefeuille de l'ordre de 3 800 familles de brevets actives.

Modèle reconnu de coopération entre la recherche publique et les entreprises, le CEA apporte naturellement une contribution importante aux industries nationales, dans le secteur des énergies bas carbone. Il s'engage également fortement



Elaboration de capteurs chimiques.

en soutien au développement de l'activité économique générale, qu'il s'agisse d'accompagner les industriels par l'innovation dans le domaine des technologies pour l'information ou des technologies pour la santé. Si le CEA a su inscrire dans le temps des collaborations fortes avec des partenaires devenus très stratégiques comme Areva, EDF, STMicroelectronics ou Soitec, il sait également être à l'écoute de partenaires variés, PME ou jeunes start-up innovantes, etc, au profil et aux besoins très divers. On notera également la montée en puissance de sa collaboration avec Renault, notamment dans le domaine des batteries. En 2010, l'ensemble des contrats du CEA (licences, laboratoires communs, partenariats de R&D, etc.) avec le monde industriel et le monde de l'enseignement et de la recherche, représentait un portefeuille de plus de 2 000 accords qui ont contribué directement ou indirectement à la création de plus de 857 M€ de recettes externes au CEA.

Le CEA s'est également beaucoup investi dans le soutien à la création d'entreprise (sensibilisation, maturation et incubation) en privilégiant les start-up de haute technologie. En 2010, 18 entreprises ont été créées dont 16 entreprises innovantes basées sur des technologies ou des savoir-faire du CEA ou dans le cadre d'un partenariat avec le CEA.

Soulignons enfin que le processus valorisation au CEA est accompagné efficacement par le Bureau études marketing. Ce dernier aide les laboratoires à mieux comprendre et cibler les marchés applicatifs pour optimiser leurs transferts de technologie : en 2010, il a ainsi conduit 39 études marketing.

Nombre de brevets prioritaires
déposés au CEA en 2010 : **613**

DAM : **32** DEN : **57**
DRT : **459** DSM : **44** DSV : **21**

DAM : Direction des applications militaires.

DEN : Direction de l'énergie nucléaire.

DRT : Direction de la recherche technologique.

DSM : Direction des sciences de la matière.

DSV : Direction des sciences du vivant.

/02.0

Accompagnement à la valorisation

/CEA Investissement

CEA Investissement est une société de droit privé au capital de 27 M€ filiale à 100 % du CEA. Elle accompagne la valorisation de technologies du CEA par la création et le développement d'entreprises et favorise ainsi la croissance et l'emploi par l'innovation.

Elle finance en capital la création et le lancement de ces sociétés (amorçage) pour les amener sur le marché et les rendre attractives pour les investisseurs financiers. Ces investissements génèrent des retours significatifs pour le CEA au travers des redevances de licences de propriété industrielle, des collaborations de R&D et des plus-values sur le capital investi. Créée par le CEA en 1999 sous le nom de CEA Valorisation avec un double métier, la filiale s'est recentrée en 2009 sur son métier d'investisseur pour devenir CEA Investissement en filialisant son activité de commercialisation de portefeuilles de brevets sous le nom d'Avenium Consulting.

2010 a été marquée par un fort développement de l'activité et du portefeuille avec six nouvelles participations en amorçage et sept en cofondateur, portant leur nombre total à 39. Les nouvelles filiales appartiennent à des secteurs divers, de l'environnement et des énergies alternatives à la santé en passant par la sécurité. Ajoutons que CEA Investissement a été l'investisseur en amorçage le plus actif de France sans discontinuer depuis 2009. La filiale est basée au sein des centres CEA de Grenoble et de Saclay.

cea | investissement
AMORÇAGE TECHNOLOGIQUE

www.cea-investissement.com

/Avenium Consulting

Avenium Consulting, filiale majoritaire de CEA Investissement, est une société de conseil en stratégie et management de la propriété industrielle et commercialisation de droits pour le compte de tiers (*licensing*). Pour ses clients (Grands groupes industriels, PME / Entreprises de taille intermédiaire ETI, start-up, Universités, Centres de recherche, Pôles de compétitivité), la propriété industrielle est un actif fondamental à développer, protéger, valoriser.

Etablir une stratégie de propriété industrielle alignée avec leur stratégie globale est pour eux un enjeu majeur. Avenium les accompagne et les conseille dans cette démarche, tirant sa spécificité de son équipe qui associe expertise scientifique, compétence stratégique et économique, connaissance de la propriété industrielle et savoir-faire en valorisation. Cette équipe est également pluridisciplinaire : NTIC, matériaux, chimie, nouvelles énergies, environnement, technologie pour la santé, biotechnologies et agroalimentaire. En 2010, Avenium Consulting a fondé la première alliance européenne dans le domaine de la stratégie de propriété industrielle : « IPT Alliance ».



www.avenium-consulting.com



Prix & distinctions

Prix

/Le Prix Yves Rocard de la SFP a été décerné à **Patrick Alnot, Christophe Duret, Michel Hehn, Christophe Nicot et Alain Schuhl** (DSM/Inac)

– (Université Henri Poincaré, Nancy I, et SNR Roulements, Annecy), pour leur invention et le développement technologique d'une nouvelle génération de capteurs magnétiques pour l'ASB de la société SNR.

/The 2009 Roger A. Haken Best paper award décerné le 6 décembre 2010 au cours de la conférence internationale IEDM à **Perrine Batude** (DRT/Leti) pour son papier intitulé : Advances in 3D CMOS Seuqnetial integration.

/Le Prix Thèse de l'Institut National polytechnique, INP 2010 a été décerné à **Perrine Batude** (Architectures 3D séquentielles), **Vincent Destefanis** (Epitaxie-gravure hétérostructures SiGe/Si), **Jean Paul Mazellier** (MOS en Silicium sur diamant) et **Benjamin Vincent** (Condensation SGO).

/Le prix du meilleur poster a été décerné à **Janick Bigarre** (DAM) lors du congrès « Progress in MEA Components for Medium and High Temperature Polymer Electrolyte Fuel Cells » (2nd Carisma International Conference). Ce poster a présenté les propriétés de la membrane hybride PVDF/silice sulfonée développée dans le cadre du projet ANR Menhyr ainsi que le changement d'échelle prévu pour le projet Ademe Menhate.

/Le prix du meilleur papier étudiant a été attribué à **Vanessa Cardinali**, doctorante à la DAM/DLP, lors de la session « Solid State Lasers and Amplifiers », pour son article « Thermo-optical measurements of ytterbium doped sesquioxides ceramics » lors du congrès SPIE Photonics Europe (Bruxelles, avril 2010).

/Le prix des techniques innovantes 2010 de l'Ademe, catégorie maîtrise de l'énergie, a été décerné à **Marianne Chami** (DRT/Liten) pour ses travaux sur la batterie bipolaire lors du salon Pollutec 2010.

/La division physique des plasmas de la société européenne de physique a décerné un « prix de la meilleur thèse » 2009 à **Guilhem Dif-Pradalier** (doctorant à la DSM/IRFM, aujourd'hui post-doctorant à l'Université de San Diego) pour ses travaux fondamentaux relatifs à la description de la turbulence et du transport dans les plasmas magnétisés.

/Le grand prix SFEN, qui récompense une œuvre scientifique de haut niveau, a été décerné aux

équipes CEA/DEN pour « Phénix : achèvement de la réalisation des essais ultimes ». Un prix mention spéciale dans cette catégorie a été décerné aux équipes DEN pour la réalisation de la bibliothèque européenne de données nucléaires JEFF-3.1.1.

/L'équipe projet (DSM/IRFM et DRT/List) du robot AIA a reçu le prix 2009 « Pour la science » de l'Usine Nouvelle. Cette distinction souligne le savoir faire de cette équipe pour le développement de systèmes embarqués nécessaires aux programmes de recherche sur la fusion.

/Le Concours création d'entreprise innovante du Ministère de la recherche (12^e édition) a primé les sociétés suivantes :

- **ETHERA**, lauréat en catégorie création développement, co-fondée par **Yves Bigay, Thu-Hoa Tran-Thi et Sylvain Colomb** ;
- **THERANEXUS**, portée par deux chercheurs de **DSV/IMETI**, lauréat en catégorie émergence ;
- **ASELTA-Technologies**, co-fondée par **Serdar Manakli** ancien chercheur du CEA-Leti, lauréat en catégorie création développement ;
- **DIOTASOFT**, lauréat en catégorie création développement, co-fondée par **Christophe Montandon** ancien chercheur du CEA-List ;
- projet **IGNUS OPTO** porté par **Pierre Moller** (extérieur au CEA) mais avec une technologie développée par le **CEA-Leti**, lauréat en catégorie émergence.

/Chaque année, la division « Physique des plasmas » de l'European Physical Society attribue ses « PhD Research Awards » aux meilleurs travaux de thèse du domaine :

- deux anciens doctorants du Département de physique théorique et appliquée (DIF/DPTA) et un du Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses (LULI) ont été récompensés ;
- **Émeric Falize** et **Bérénice Loupias** sont distingués pour leurs travaux en astrophysique de laboratoire, le premier s'étant intéressé à l'aspect théorique du problème et la seconde à son volet expérimental ;
- **Xavier Davoine** est récompensé pour ses travaux sur le thème des accélérateurs laser-plasmas.

/Meilleur papier de la conférence ESSDERC 2009 décerné en 2010 à **Claire Fenouillet** pour son papier intitulé : « impact of Ultra-Thin Box and Ground plane on FDSOI Devices for 32 nm node and Beyond ».

/La Société d'Electricité, d'Electronique et des Technologies de l'Information et de la Communication (SEE) a décerné le Trophée Jeune « Ile de France » à **Maud Franchet** (DRT/List/LFSE) pour son mémoire de master « Etude d'une technique innovante pour le diagnostic filaire ».

/**Sydney Galès**, Directeur du Ganil partage le prix Flerov avec deux autres scientifiques pour « leur contribution exceptionnelle à l'étude des noyaux exotiques ».

/**Luigi Genovese** (DSM/Inac) a reçu le Grand Prix Bull-Joseph Fourier récompensant ses travaux de recherche

à l'Inac (en tant que post-doctorant) dans le domaine de la simulation numérique. Ses travaux devraient conduire à des progrès majeurs dans les domaines des nouveaux matériaux et des nouvelles molécules.

/**Mathilde Giffard** (DSM/Inac/SCIB), en thèse au laboratoire de résonance magnétique du SCIB, a reçu le prix jeune chercheur en résonance magnétique pour la chimie. Mathilde Giffard a développé une méthodologie qui réduit le temps des expériences de RMN en phase solide d'échantillons marqués en ¹³C.

/Le prix jeune chercheur Daniel Guinier de la SFP à **Emmanuelle Gouillart** (DSM/iramis/SPEC) pour ses travaux de thèse sur le mélange chaotique, effectués au CEA et à l'Imperial College.

/**Sébastien Jan** du SHFJ/DSV /I²BM est lauréat du 2^e Prix Bull-Joseph Fourier 2010. Ce prix, lancé par Bull et Genci, a pour objectif de favoriser le développement et l'amélioration de la simulation numérique en France. Ce chercheur du CEA travaille sur le développement de code de simulation Monte Carlo massivement parallèle pour des applications en imagerie moléculaire, dosimétrie et radiothérapie.

/**Delphine Keller**, Chef du projet AIA jusqu'en novembre 2009 à DRT/List, a reçu au nom de toute l'équipe AIA, le prix « Ingénieur de l'année » pour la science décerné par l'Usine Nouvelle et le Conseil National des Ingénieurs et des Scientifiques de France.

/**Amælle Landais**, chercheuse DSM/LSCE, a obtenu le prix d'excellence scientifique 2010 de la fondation France-Israël pour ses travaux sur le développement d'un nouveau traceur du cycle de l'eau (la composition isotopique triple de l'oxygène dans l'eau) et ses applications pour contraindre l'évolution de l'humidité relative, la convection en régions tropicales et le processus d'évapotranspiration.

/Le prix Diderot Curien, qui récompense une personnalité pour son engagement en faveur de la culture scientifique et technique, a été remis à **Roland Lehoucq** (DSM/Irfu/SAP), par l'association des musées et centres pour le développement de la culture scientifique, technique et industrielle (AMCSTI) lors de son 28^e congrès.

/**Imad Lekouch** (thèse à la DSM/Inac/SBT, en co-tutelle UPMC et Univ. Agadir Ibn Zohr) a obtenu le prix de la meilleure thèse de l'Université d'Agadir Ibn Zohr pour sa thèse « Production d'eau potable par condensation passive de l'humidité atmosphérique (rosée) ».

/**Stéphanie Leroy** (DSM/iramis) obtient le prix jeune chercheur pour sa communication orale « A new multivariate approach for identifying provenance : a description of the Ariège iron market in the middle ages » au colloque « Application of Multivariate Analyses and Chemometry to Cultural Heritage and Environment » (CMA4CH).

/La Société Française de Physique a décerné le prix Joliot-Curie 2010 à **David Lhuillier** (DSM/Irfu/SPHN), pour ses travaux de recherche sur des mesures de précision basées sur la technique de violation de parité, auprès des accélérateurs de JLab (Virginie) et SLAC (Californie), permettant d'accéder à de nouvelles observables de la structure en quarks du nucléon.

/Le dernier livre d'**Étienne Klein** « Gaillée et les Indiens » (Coll. Café Voltaire, Ed. Flammarion) a reçu le prix Thorel de l'Académie des Sciences morales et politiques.

/Un Prix de thèse de la « Société des Amis des Universités de l'Académie de Strasbourg » a été attribué à **Linda Malaquin** (DSM/Iramis/SIS2M) pour sa thèse « Interactions et déstabilisation de membranes lipidiques supportées », réalisée en collaboration avec l'Institut Charles Sadron UPR 22 – Université de Strasbourg.

/Le Jury du prix « Science et défense », présidé par le Professeur Pierre-Louis Lions, a distingué **Michel Mandallena** et **Bruno Stupfel** (DAM) du Cesta pour leurs travaux portant sur la « Simulation haute performance de phénomènes de propagation d'ondes ».

/Le Jury du prix Thibaud 2010 de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon a sélectionné **Nathalie Palanque-Delabrouille** (DSM/Irfu/SPP), spécialiste de cosmologie et très impliquée dans les actions de diffusion de la culture scientifique.

/L'Académie des sciences a attribué le Prix Montyon, prix thématique en biologie intégrative, à **Carlo Petosa** (DSV/IBS), responsable de l'équipe « Mécanismes moléculaires des infections et pathologies ».

/Le Prix Irène Joliot-Curie, organisé par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et, depuis 2004, en partenariat avec la Fondation d'entreprise EADS, est destiné à promouvoir la place des femmes dans la recherche et la technologie en France. Cette année, le Jury, présidé par Françoise Barré-Sinoussi, Prix Nobel de Médecine 2008, a choisi de distinguer **Anne Peyroche**, jeune chercheuse de la DSV/BI/Tec-S.

/**Fabien Quéré** (DSM/Iramis/SPAM) est lauréat du Prix Aimé Cotton 2010 de la SFP. Ce prix est décerné tous les ans à un jeune physicien travaillant dans le domaine de la physique atomique et moléculaire.

/Le prix 2010 de la Fondation scientifique franco-taïwanaise, prix international de l'Académie des Sciences, a été attribué **Patrick Soukiasian** (DSM/Iramis/SPCSI), professeur de l'Université de Paris-Sud-Orsay, directeur du SPCSI et à Yeukuang Hwu, physicien à l'Academia sinica, Institut de physique, à Taipei.

/Le prix Jean Bourgeois attribué par la SFEN pour un travail scientifique ayant des implications dans la sûreté des installations nucléaires est décerné à **Caroline Bisor-Melloul** (DEN/DMN) pour sa contribution à la compréhension des mécanismes d'oxydation des gaines de combustibles dans les réacteurs rapides à gaz. Dans cette catégorie une mention a été attribuée à **Florian Vaiana** (DEN/DER) pour son étude sur le couplage entre neutronique et thermohydraulique dans les réacteurs rapides à gaz.

/Le prix Jacques Gaussens, décerné par la SFEN à un jeune chercheur innovateur, a été attribué à **Ludovic Vincent** (DEN/DMN) pour sa contribution à l'étude de la fatigue thermique, sujet important pour la sûreté des réacteur à eau.

/Le Prix Humboldt-Gay Lussac a été attribué à **Thomas Zemb**, Directeur et fondateur de l'Institut

de chimie séparative de Marcoule (ICSM CEA/CNRS/UM2/ENSCM) et Professeur de chimie à l'INSTN. Ce prix soutient une collaboration avec l'Institut Max Planck (Université de Potsdam), qui porte sur la séparation d'espèces chargées (de l'ion à la micro particule) assistée par ultra-sons.

Distinctions

/**Monique Arnaud** (DSM/Irfu/SAP) a reçu la médaille d'argent du CNRS, pour l'originalité, la qualité et l'importance de ses travaux, reconnus sur le plan national et international.

/**Ursula Bassler**, chef du service de physique des particules (DSM/Irfu/SPP) a reçu le titre de chevalier dans l'ordre des palmes académiques.

/**Jérôme Boisbouvier** (DSV/IBS) s'est vu attribuer une subvention « ERC Starting grant » (Appel d'offres ERC Jeune chercheur). Elle a été attribuée dans le domaine « Biologie Structurale et moléculaire et biochimie ».

/Le projet de **Frédéric Bournaud** (DSM/Irfu), comme ceux de six autres chercheurs de la DSM a été sélectionnés en 2010 pour un financement de l'European Research Council. Leurs projets s'ajoutent aux dix autres déjà portés par des chercheurs à la DSM bénéficiant d'un financement de l'ERC.

/**Nathalie Bouttes**, doctorante à la DSM/LSCE, fait partie des dix lauréates des bourses Pour les femmes et la science de la fondation L'Oréal. Sa thèse porte sur l'étude du carbone et l'analyse du lien avec le climat passé.

/Sur proposition du Ministère de la Santé et des Sports, **Monsieur Edgardo D. Carosella** (DSV/I²BM, Hôpital St-Louis) a été promu au grade de Commandeur dans l'Ordre national du Mérite. Il a été également promu au grade d'Officier dans l'Ordre des Palmes Académiques en témoignage de reconnaissance des services éminents rendus tant à l'Académie des sciences qu'à l'Éducation nationale.

/**Philippe Ciaï** (DSM/LSCE) s'est vu décerner la chaire Franqui 2010. A ce titre, il donnera quatre leçons sur le thème du changement climatique à l'Université catholique de Louvain

/La revue *Physical Review Letters* a distingué l'article de Dewaele et al. intitulé "High melting points of tantalum in a laser-heated diamond anvil cell" publié en juin 2010. Parmi les auteurs, figurent **Agnès Dewaele** et **Paul Loubeyre** (DAM/DPTA).

/**Bernard Dieny** (DSM/Inac/Spintec) bénéficie d'un financement ERC Advanced Grant sur cinq ans. Il va pouvoir constituer une équipe dont l'objectif est de jeter les bases d'une technologie totalement innovante pour l'électronique, grâce au développement et à la caractérisation de composants hybrides Cmos/magnétiques et de nouvelles architectures de circuits.

/Les projets de neuf chercheurs de la DSM ont été sélectionnés dans le cadre de l'appel à candidatures « ERC Juniors » d'octobre dernier : quatre d'entre eux sont à l'Inac, deux à l'Iramis, deux à l'Irfu et un à l'IPHT.

Ces jeunes chercheurs bénéficieront d'un financement de cinq ans pour monter leur propre équipe de recherche.

/**Agnès Grandjean**, responsable du laboratoire « Nanomatériaux auto-réparants » de l'Institut de chimie séparative de Marcoule (ICSM), s'est vue décerner les Palmes académiques, pour la qualité de ses travaux de recherche dans le domaine de la chimie des nanomatériaux.

/**Audrey Grockowiak** (DSM/Inac/SPSMS et Institut Néel) fait partie d'une équipe de quatre doctorants sélectionnée par l'ESA dans le cadre de son programme « Fly your Thesis ». Dans ce cadre, elle aura la possibilité de réaliser, début 2011, des expériences en microgravité dans un Airbus en vol parabolique.

/**Brigitte Jouve** (DSV/I²BM/SHFJ) a reçu du Pr. Syrota, les insignes de chevalier de l'Ordre national du mérite en reconnaissance de son parcours professionnel au service des patients.

/Le 14 avril 2010, **Thierry Lasserre** (DSM/Irfu/SPP) s'est vu remettre la médaille de bronze du CNRS. Il est le responsable scientifique de l'expérience Double Chooz, dédiée à la recherche sur les propriétés des neutrinos.

/La société **Novaplest-Néotec** a reçu le prix de la « réalisation exemplaire » 2009 pour la réalisation de cuves très spéciales d'un détecteur de neutrinos de l'expérience Double Chooz, au salon international Midest.

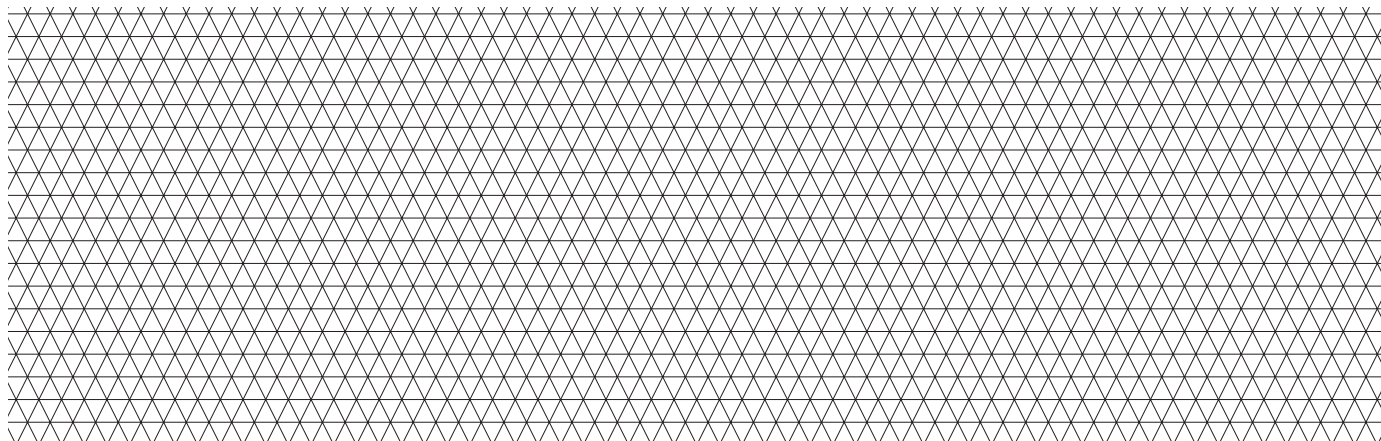
/Un contrat « ERC Starting Grant » d'une durée de 5 ans vient d'être accordé à **Fabien Silly** (DSM/Iramis). Son projet est intitulé « Tunable array of magnetic nano crystals designed at the atomic scale ». Il consiste à concevoir des nano architectures modulables hybrides organique inorganiques et étudier leurs propriétés magnétiques.

/La médaille d'argent du CNRS a été attribuée à **Olivier Sorlin**, chercheur au Ganil depuis 2004.

/Le Réseau atmosphérique de mesure des composés à effet de serre **Ramces**, animé par le LSCE, a été évalué de façon très positive par l'Insu (y compris l'infrastructure Icos), qui souligne l'excellent bilan de ce réseau et la nécessité de pérenniser cet effort de mesure.

/**Thu-Hoa Tran-Thi** (DSM/Iramis) est nommée au grade de Chevalier dans l'Ordre national de la Légion d'Honneur, au titre du Ministère de l'enseignement et de la recherche. Directrice de recherche au CNRS, elle dirige un groupe qui développe des systèmes nanoporeux pour la détection des polluants, technologie à l'origine de la création de la start-up Ethera.

/Investigation of steady state tokamak issues by long pulse experiments on Tore Supra (**Girardo Giruzzi** on behalf of « équipe Tore Supra »), article de synthèse présentant les résultats de Tore Supra de 2007 & 2008, fait partie du palmarès Nuclear Fusion 2009 des 20 articles les plus téléchargés.



sommaire

///

/03.A

Ressources humaines

///

/03.B

Relations
internationales

///

/03.C

Communication
et diffusion de
l'information

///

/03.D

Maîtrise des risques

///

/03.E

Systèmes d'information

///

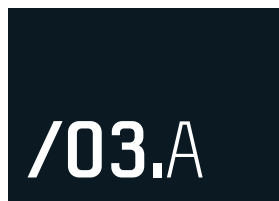
/03.F

Ecoresponsabilité

A young woman with blonde hair and black-rimmed glasses is looking intently at a piece of scientific equipment in a laboratory. She is wearing a white lab coat. The equipment is a complex apparatus with a central vertical glass tube and various metal components. The background is slightly blurred, showing other laboratory equipment and a bright light source.

Accompagnement
des programmes

PARTIE /03



Service de radioprotection.



Laboratoire de toxicologie nucléaire.

Ressources humaines

/Adapter les recrutements

Au 31 décembre 2010, le CEA comptait 16 037 salariés permanents se répartissant entre 57,6 % de cadres et 42,4 % de non cadres. Ils étaient 11 307 salariés dans le domaine civil et 4 730 à la Direction des applications militaires. Le taux d'emploi féminin s'élevait à 30,46 %. Par ailleurs, le CEA a accueilli 1 298 doctorants et post-doctorants, 410 apprentis, ainsi que 1 423 stagiaires.

Dans le cadre du transfert de l'établissement du Centre d'études de Gramat de la Délégation générale de l'armement (DGA) au CEA, 226 personnes ont été intégrées au CEA au 1^{er} janvier 2010.

Durant l'année 2010, 468 recrutements (hors Gramat) ont été réalisés, dont 35,9 % de femmes. 72 % ont concerné les métiers scientifiques et d'assistance technique aux programmes, 13,7 % les domaines de la sécurité/sûreté/qualité et 14,3 % les métiers de l'administration, de l'encadrement et de la coordination.

Dans le même temps, 500 salariés ont quitté le CEA, dont 44 % de départs en retraite ou en cessation anticipée d'activité.

/Renforcer les compétences existantes et en développer de nouvelles

En 2010, le Comité de pilotage de la formation (CPF), qui constitue la maîtrise d'ouvrage de niveau Direction générale pour la formation continue, a défini les priorités d'action d'amélioration, et DRHRS a entrepris de les mettre en œuvre.

A l'issue d'une deuxième campagne, l'ensemble de la filière « Experts du CEA » a été déployé en 2010 sur ses quatre niveaux d'expertise (Directeurs de recherche ou Experts Internationaux, Experts seniors, Experts et Spécialistes). Son but : gérer les compétences et les parcours professionnels et analyser finement les expertises et leur contribution aux programmes du CEA. Une grande enquête sur le stress au travail – lancée fin 2009 et menée par les médecins

du travail et les Services de santé au travail (SST) – s'est achevée fin 2010. Plus de 13 000 salariés CEA ont répondu à un questionnaire anonyme remis dans le cadre de la visite médicale annuelle. Une première analyse des résultats a fait apparaître que le CEA est une entreprise qui reflète globalement du bien-être au travail même si une part des salariés déclare être en « sur-stress ». L'analyse approfondie des résultats (niveau CEA et établissement par établissement) permettra de déterminer en 2011 un plan d'actions complémentaire en matière de prévention du stress au travail et des risques psychosociaux.

/Les relations sociales

L'année 2010 a été marquée par l'élection, par voie électronique, des représentants du personnel dans les instances nationales et locales (ainsi que des délégués du personnel). Pour la première fois, le vote électronique était possible de tout poste informatique connecté à internet, permettant une participation record. Le taux global de participation (tous collèges confondus) à l'élection des représentants du personnel au Comité national s'est ainsi établi à 59,4 % (contre 42 % en 2007). Sur la base des résultats obtenus au premier tour des élections professionnelles 2010, cinq organisations syndicales ont été reconnues comme représentatives - pour trois ans - au niveau du CEA : la CFDT, la CGT, la CFE-CGC, la CFTC et le SPAEN-UNSA.

Concernant la loi de novembre 2010 sur la réforme des retraites, il a été nécessaire d'analyser ses conséquences au CEA à court et moyen terme, notamment sur les départs en cessation anticipée d'activité. Des dispositions ont été prises dans ce sens et la situation de chaque salarié concerné par un départ en CAA initialement prévu à compter d'octobre 2010 a été étudiée avec les intéressés.

Conformément à l'accord d'intéressement du 27 juin 2008, une deuxième prime d'intéressement a pu être versée aux salariés en juin 2010 au titre des bons résultats 2009 du CEA. Le montant perçu était en croissance de 35 % par rapport à celui versé en 2009 (au titre de l'exercice 2008).

Participation record aux élections professionnelles de mars 2010 grâce au vote électronique



Réunion du comité annuel CEA-CAEA (China Atomic Energy Authority) le 28 juin 2010, à Pékin. Au centre, M. Mondoloni, directeur des relations internationales du CEA et M. Liu, directeur de la coopération internationale du CAEA.



Signature à Stockholm, le 13 décembre 2010, de cinq accords par le CEA, le CNRS et l'UVSQ avec VR, ESS AB et SKC/KTH (centres de recherche suédois), dans les champs de la physique neutronique, des sciences du climat et des systèmes nucléaires du futur.

/03.B

Relations internationales

Le CEA assure, à travers sa Direction des relations internationales, des missions régaliennes de conseil auprès du gouvernement français et de représentation dans les instances de politique nucléaire internationale. Il développe des collaborations dans les domaines du nucléaire et de la recherche fondamentale et technologique, en particulier grâce au réseau des conseillers du CEA en ambassade. Il participe à la mise en place de l'Espace européen de la recherche.

/Affaires européennes...

Le CEA contribue à la construction de l'Espace européen de la recherche. En 2010, il participait à plus de 400 projets des 6^e et 7^e programmes cadres de recherche et développement de l'Union européenne. Membre fondateur, membre du comité exécutif et membre du secrétariat de l'Alliance européenne de la recherche énergétique (EERA), le CEA a soutenu le lancement des sept premiers programmes de recherche conjoints. L'année 2010 a aussi été celle de la mise en place des deux Communautés de la connaissance et de l'innovation (Knowledge and Innovation Communities, ou KIC) de l'Institut européen de technologie, auxquelles contribue activement le CEA : « Lutte et adaptation au changement climatique » et « Energies durables ». Dans le domaine du nucléaire civil durable, le CEA a confirmé son soutien à l'Initiative industrielle européenne dans le secteur de la fission nucléaire (ESNII) par la signature, en mars 2010 et avec ses partenaires européens, d'un « Memorandum of understanding ».

Dans le domaine du nucléaire de défense, il a signé en novembre avec le Royaume-Uni un traité de coopération d'une durée de 50 ans, relatif à la construction et à l'exploitation partagées d'installations de physique expérimentale dans les deux pays. Enfin, avec la Suède, cinq accords ont été signés en décembre 2010. Ils concernent des coopérations dans les domaines du nucléaire civil, du climat et de la physique fondamentale. Le CEA s'engage en particulier dans la construction de la source européenne de spallation, infrastructure de recherche sur la matière. Au-delà des investissements, le CEA coordonne également l'exploitation de ses infrastructures avec ses partenaires européens : il a, par exemple, modifié le planning de fonctionnement de son réacteur d'essai Osiris, pour préserver et sécuriser la production européenne des radio-isotopes médicaux, enjeux de santé publique.

/... et internationales

Le CEA, avec ses relations internationales, est un élément important de mise en œuvre de la politique française d'exportation de l'énergie nucléaire. Plusieurs conférences internationales ont marqué l'année 2010. En mars s'est tenue à Paris la conférence internationale sur l'accès au nucléaire civil, à l'invitation du Président de la République, en partenariat avec l'Agence internationale de l'énergie atomique. Près de soixante pays y ont participé. L'objectif de cette conférence était de proposer l'usage pacifique et responsable de l'énergie nucléaire civile avec une sûreté garantie, en réponse aux besoins énergétiques croissants et dans un contexte de lutte contre le changement climatique. Le CEA a participé activement aux conférences mondiales de sécurité nucléaire en avril, de l'examen du Traité de non-prolifération en mai et de l'IFNEC (International Framework for Nuclear Energy Cooperation) en juin. Les relations avec la Russie ont été renforcées dans le cadre de l'année France-Russie, avec notamment la signature de l'accord CEA-Rosatom en juin.

Plusieurs échanges et visites de délégations ont été réalisés avec la Chine, partenaire majeur de la France. Un accord de principe a été conclu entre les chefs d'Etat chinois et français pour une coopération stratégique globale nucléaire entre les deux pays, l'Administrateur général du CEA étant mandaté pour en négocier le contenu avec ses homologues chinois. Un accord cadre de coopération a été également signé avec l'Inde en décembre et plusieurs accords particuliers avec le Department of Atomic Energy, notamment en matière de sûreté des réacteurs à neutrons rapides. L'Agence France nucléaire internationale a poursuivi sa mission de conseil et d'assistance aux pays dans l'étude et la mise en place d'infrastructures et de filière nucléaires. Enfin, en ce qui concerne la formation, l'Institut international de l'énergie nucléaire (I2EN) a été préfiguré afin de renforcer la capacité du CEA à accueillir les étudiants étrangers. Pour l'année 2010-2011, les cours du Master Nuclear Energy et du Génie atomique de l'Institut national des sciences et techniques nucléaires ont accueilli 63 étudiants étrangers, dont 31 provenant de pays primo-accédants au nucléaire civil.



La future installation de recherche scientifique ESS (European Spallation Source) sera construite à Lund en Suède.



Communication et diffusion de l'information

Devenu Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives par la loi du 10 mars 2010, le CEA souhaite jouer pleinement son rôle d'organisme public de référence en matière de R&D dans les différents domaines définis par le nouveau contrat d'objectifs et de performance qui le lie à l'Etat pour la période 2010-2013 : énergies renouvelables et énergie nucléaire comme alternatives aux énergies fossiles, technologies de l'information, technologies pour la santé, défense et sécurité globale, sciences de la matière et sciences du vivant.

La Direction de la communication du CEA a pour mission de faire connaître à l'externe et faire partager en interne les enjeux et les résultats des recherches menées au sein de l'organisme dans le cadre de ce contrat qui le lie avec l'Etat.



Village de la chimie.

Conjointement à la création d'Universcience, qui regroupe dorénavant le Palais de la découverte et la Cité des sciences, Claudie Haigneré et Bernard Bigot ont signé un accord de partenariat entre le nouvel organisme et le CEA. On notera l'émergence d'un nouveau thème de collaboration : « Art, Sciences et Innovation », issu d'une expérience menée par le centre CEA de Grenoble. Une journée de conférence et de rencontres a également été organisée à la Cité des sciences sur le thème : « Nanos, astro, cerveau : la force des images ».

Dans le cadre de la promotion de la science et des métiers de la recherche, le CEA a participé au Village de la chimie organisé par l'UIC (Union des industries chimiques) ainsi que, pour la première fois, au « Forum de Provins » avec la présentation aux scolaires et lycéens d'une exposition sur l'énergie, des animations et des expériences. Un livret pédagogique « Energie du XXI^e siècle » a été publié.

Année des 50 ans de l'invention du laser, 2010 fut l'occasion d'une participation active du CEA aux événements de célébration organisés à Paris et sur le plateau de Saclay.

Un numéro spécial des « Défis du CEA » sur le laser a été publié. Ce magazine a maintenu son rythme mensuel de publication. Les autres numéros ont traité les thèmes très divers et représentatifs des activités de recherche du CEA : sciences du climat, thérapie génique, technologies pour l'énergie, nucléaire du futur, batteries pour véhicules électriques, supercalculateurs et l'effet des faibles doses. Un numéro « Matériaux » des « Clefs CEA » a également été publié, sa sortie a servi de base à l'organisation d'un point thématique sur ce sujet auprès de la presse.

Le site internet www.cea.fr a vu sa fréquentation atteindre 1 900 000 visiteurs en 2010 (+ 7 %), confirmant ainsi l'attractivité de nos contenus, particulièrement appréciés par les enseignants et leurs élèves.

Concernant les actions presse-média :

74 communiqués de presse ont été publiés en 2010 générant 192 articles dans les médias (presse quotidienne nationale, presse quotidienne régionale et internet) ; 15 opérations de presse (conférences ou voyages) ont été réalisées

en 2010 ayant conduit à 179 retombées médias (augmentation par rapport à 2009 de 59 essentiellement due aux fortes retombées du sujet « premier succès de la thérapie génique appliquée au traitement de la bêta-thalassémie »).

Les autres principaux sujets traités ont été les suivants : NeuroSpin et l'imagerie cérébrale, les réacteurs nucléaires de 4^e génération, le CEA et les énergies alternatives aux fossiles, bioénergies et biocarburants de 3^e génération, les batteries pour véhicules électriques, les matériaux pour l'énergie, le projet Nano-Innov, l'effet des faibles doses (plate-forme européenne Melodi), la thérapie génique, le calcul haute performance (inauguration du TGCC du CEA et la première machine européenne pétaflopique Tera 100).

Dans le domaine de la communication interne, 117 communiqués internes ont été diffusés pour informer les personnels du CEA de l'ensemble des faits importants concernant l'organisme, auxquels il faut ajouter les 55 « unes » intranet. En 2010, 10 numéros de CEA Mag, la web TV interne du CEA, ont été réalisés et mis en ligne sur l'intranet. Les sujets suivants ont été mis en valeur sous la forme de reportages (durée de 3') : l'alerte tsunami, le RJH, les maladies neuro-dégénératives, les lasers, les batteries de demain, le projet NEEEM (climat), les matériaux pour le nucléaire, le solaire photovoltaïque, le programme Simulation. La revue interne « Talents du CEA » a suivi son rythme bimestriel en apportant des informations, des témoignages aux personnels du CEA.



Pupitre de commande du cyclotron, permettant la production de radiopharmaceutiques.



Vue de la piscine et du réacteur Osiris.

Maîtrise des risques

/Politique et management de la sûreté

Les activités de recherche et de développement liées aux programmes nucléaires civils ou de défense, mais aussi la recherche fondamentale et l'enseignement, du CEA s'exercent pour partie dans des installations nucléaires de base, des installations individuelles d'INBS ou des installations classées pour la protection de l'environnement. Celles-ci sont d'une grande variété : réacteurs et laboratoires de recherche, installations de support pour traitement de déchets et d'effluents...

Les risques potentiels spécifiques aux installations nucléaires sont liés à la présence généralement limitée de matières radioactives. L'impact radiologique en cas d'accident serait faible, voire très faible, à l'extérieur de chaque centre concerné. Le risque représenté par les produits radioactifs ou les faisceaux de rayonnement mis en jeu concerne essentiellement le personnel intervenant dans les installations.

La maîtrise de la sûreté relève de la responsabilité de l'exploitant nucléaire. Cette dernière s'exerce depuis la conception d'une installation jusqu'à son démantèlement. La sûreté est une priorité inscrite dans les contrats successifs Etat-CEA. Sa maîtrise s'appuie sur un ensemble de dispositions, aussi bien organisationnelles que techniques, cadrées par une politique de sûreté développée et notifiée à tous les niveaux. Des standards et des objectifs de sûreté ont été fixés : le référentiel interne de sûreté du CEA et les plans triennaux successifs d'amélioration de la sûreté et de la sécurité, ainsi que les ressources nécessaires pour y parvenir, en cohérence avec les exigences réglementaires exprimées notamment dans l'arrêté « qualité » du 10 août 1984.

Les groupes permanents d'experts pour les réacteurs nucléaires et pour les laboratoires et usines ont examiné, le 18 novembre 2010, le management de la sûreté nucléaire et de la radioprotection au CEA, à la demande de l'ASN. Cet examen s'est basé sur une analyse du rapport rédigé par le CEA, transmis en mars 2009, des échanges techniques fournis ainsi que des

observations et des entretiens (plus d'une centaine) menés lors de l'instruction dans sept installations nucléaires de base des différents centres, dans les unités de support et de contrôle, dans les directions de centre et dans les services centraux du CEA.

L'avis des groupes permanents souligne en particulier les dispositions mises en œuvre par le CEA en matière de :

- / clarification de la ligne d'action et de la fonction de contrôle ;
- / indépendance de l'inspection générale et nucléaire ;
- / renforcement de la prise en compte des facteurs humains et organisationnels avec la mise en place d'un réseau de compétences dans ce domaine ;
- / organisation par projets ;
- / professionnalisation des acteurs de la sûreté ;
- / animation du retour d'expérience ;
- / développement d'outils et d'indicateurs, suivis régulièrement, relatifs à la sûreté et la radioprotection.

En conclusion, les groupes permanents ont noté une situation globalement satisfaisante de l'organisation et des actions managériales en matière de sûreté et de radioprotection, en amélioration significative depuis 1999, date du précédent examen de l'organisation de la sûreté et de la radioprotection au CEA.

En plus des 14 engagements pris par le CEA, ils ont souhaité lui faire cinq recommandations relatives à :

- / l'examen préalable de l'impact des modifications d'organisation sur la maîtrise de la sûreté et de la radioprotection,
- / la possibilité de s'appuyer sur des études et recherches en matière de facteurs humains et organisationnels,
- / la disponibilité des prestataires pour répondre aux besoins du CEA,
- / le contrôle et la surveillance de ces prestataires,
- / la disponibilité de chaque salarié CEA pour assurer les différentes missions qui lui sont confiées.



Exercice de crise à Cadarache.

/Sécurité au travail

Depuis une vingtaine d'années, le CEA s'attache à réduire les accidents du travail et améliorer la gestion de la sécurité dans ses installations, à travers la mise en place et le suivi de plans d'amélioration de la sécurité. L'année 2010 marque la deuxième année du 7^e plan d'amélioration de la sécurité au CEA (2009-2011).

En 2010, 120 accidents du travail avec arrêt sont survenus. Le taux de fréquence* s'élève à 3,8, en baisse par rapport à 2009 et équivalent à celui de 2008.

Ces 120 accidents de travail ont entraîné 3 195 journées d'arrêt de travail (y compris les journées d'arrêt de travail liées à des accidents survenus les années antérieures). Le taux de gravité* qui en résulte est de 0,10, en baisse par rapport à 2009.

En ce qui concerne les accidents du travail survenus à des travailleurs d'entreprises extérieures intervenant dans les installations du CEA, le taux de fréquence, qui a connu une diminution majeure en 2009, enregistre une hausse en 2010 (10,6). Le taux de gravité (0,38) est en augmentation significative par rapport à 2009 (0,30).

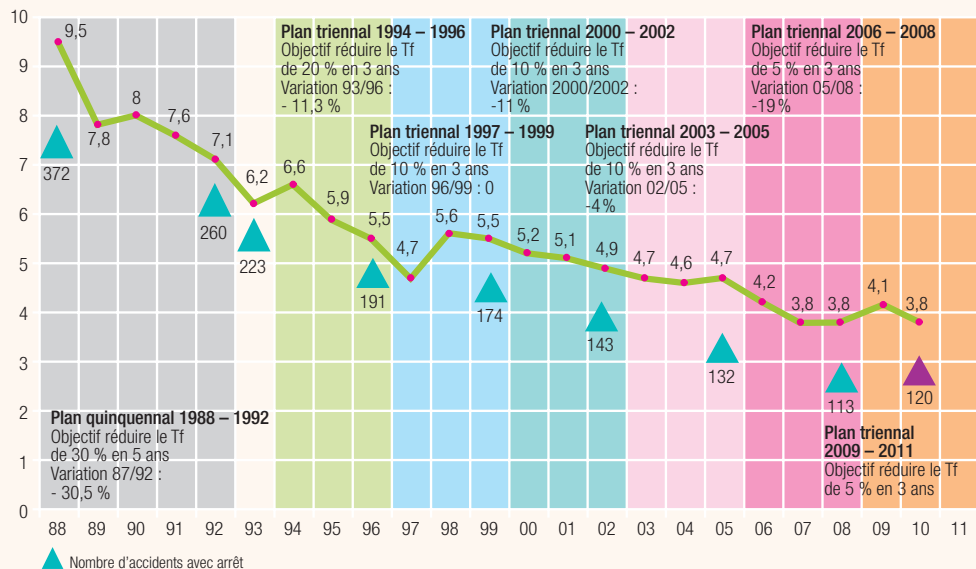
Des actions notables ont été menées en 2010 :

- / L'harmonisation de la formation à la prévention du risque chimique pour les centres CEA afin de développer une culture commune pour tous les salariés travaillant en présence de ce risque ;
- / Le développement et le test d'une formation à la prévention du risque des nanomatériaux, pour les opérateurs.
- / La création d'un laboratoire école pour l'entraînement des équipes d'intervention dans les laboratoires de haute sécurité biologique. Il permet la pratique d'exercices réguliers ainsi que le test et l'optimisation d'équipements de protection.

* 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 milliers d'heures travaillées.

Taux de fréquence des accidents du travail avec arrêt - Salariés CEA





Station météorologique : prélèvements atmosphériques.

/Le respect de l'environnement : un enjeu majeur au CEA

Les recherches réalisées au CEA utilisent des substances radioactives, chimiques ou biologiques. Toutes les dispositions sont prises pour en limiter les rejets : collecte des déchets directement dans les installations et évacuation vers des filières appropriées privilégiant le recyclage ou le réemploi, traitement des effluents dans des installations adaptées et recyclage des eaux. Chaque centre met en place une surveillance de l'environnement détaillée et adaptée aux activités exercées et aux caractéristiques locales. Elle répond aux objectifs communs de contrôle du faible niveau de radioactivité ajoutée, de connaissance de l'état radiologique environnemental et d'alerte en cas d'élévation anormale. Ces suivis sont complétés par des contrôles de nombreux paramètres chimiques et physico-chimiques dans les rejets des installations, le CEA participant par ailleurs à l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans les milieux aquatiques.

DE L'EXPERTISE À L'INFORMATION

En 2010, les laboratoires du CEA, accrédités Cofrac depuis de nombreuses années et dont l'expertise est reconnue auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire, ont analysé 23 000 échantillons aux seules fins de la surveillance radiologique de l'environnement.

Les résultats de mesures sont diffusés en toute transparence en interne comme à l'externe. Acteur majeur du Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement depuis sa mise en place, le CEA lui a transmis 36 000 résultats en 2010 et a déjà produit près de 20 % des données alimentant le site internet. Pour cela, les six laboratoires du CEA détiennent 166 agréments délivrés par l'ASN.

Les émissions polluantes sont également déclarées aux autorités compétentes et sont consultables sur internet.

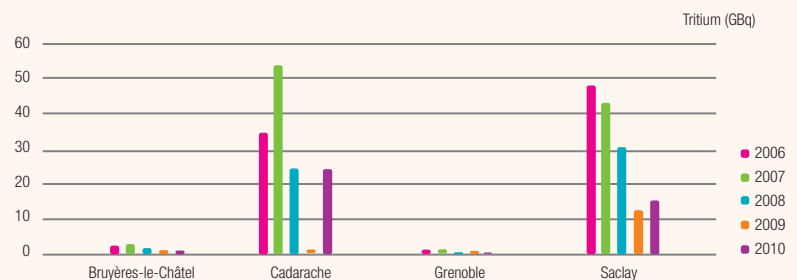
DES RÉSULTATS SATISFAISANTS

L'amélioration continue des performances des procédés et des installations à toutes les étapes de leur vie (conception, construction, exploitation et démantèlement) permet de limiter les rejets gazeux et liquides dans l'environnement. Ceux-ci varient d'une année à l'autre en fonction de l'exploitation des installations mais restent toujours inférieurs aux limites autorisées sur chaque centre. A Marcoule, les principaux rejets liquides qui ne figurent pas dans les histogrammes ci-joints correspondent à l'exploitation de l'installation nucléaire de base secrète du centre (80 300 GBq en 2010).

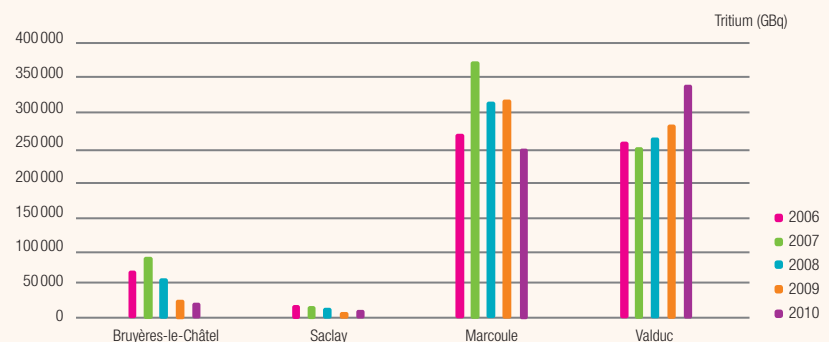
Ces dispositions conduisent à un impact négligeable des rejets sur les populations voisines et l'environnement. Bien que basé sur des hypothèses majorantes, cet impact calculé est extrêmement faible au regard de la limite réglementaire de dose annuelle pour le public (1 mSv/an) et atteint tout au plus de l'ordre du microsievert par an.

Par ailleurs, les niveaux de radioactivité dans l'environnement des sites (contrôles effectués sur l'air, les eaux, les produits locaux directement consommés ou non, etc.) sont très faibles et bien souvent non détectables par les appareils de mesure les plus performants.

Bilan 2006-2010 des rejets d'effluents liquides des principaux centres CEA



Bilan 2006-2010 des rejets d'effluents gazeux des principaux centres CEA





Visioconférence.



Évaporation des solvants de brut de synthèse.

Systemes d'information, une feuille de route respectée

Dans le respect du Schéma Directeur des Systemes d'Information, feuille de route de la ligne fonctionnelle SI, l'année 2010 a été une année marquée par de grands chantiers de mise à niveau et de consolidation des infrastructures. Une réflexion a été engagée avec comme objectif prioritaire l'optimisation du fonctionnement de la filière. Elle se traduit par le rattachement de la

production nationale au centre de Saclay et la mise en place courant 2011 d'une infogérance unique sur ce centre.

/Études et projets

Les principales réalisations 2010 : consolidation de la messagerie, migration du Datawarehouse, mise en place d'outils performants de visioconférence, et l'étude d'un nouveau socle national qui offrira, à terme, de nouveaux services collaboratifs.

/Calcul intensif

La mise en service du calculateur Tera 100, premier calculateur européen à franchir la barre symbolique du Petaflop/s et l'installation du supercalculateur Curie, machine européenne acquise par Genci dans le cadre du partenariat

européen Prace, hébergée et opérée par le CEA, font du centre CEA/DAM Ile-de-France une tête de pont du calcul scientifique mondial.

/Production

L'année 2010 marque un tournant dans l'optimisation des moyens de production. Les technologies liées aux serveurs et au stockage permettent la mise en œuvre de projets majeurs de consolidations et de virtualisation. Les capacités des datacenter s'en trouvent améliorées, pour une dépense énergétique moindre.

/Les archives

Initié dès 2006, le projet Arcadi d'archivage, de recherche et de consultation des archives intermédiaires et définitives, exemplaire par son ampleur, sa durée et sa complexité s'est achevé à la fin de l'année avec la mise en production des outils de gestion destinés aux archivistes.

Eco- responsabilité

Les activités de recherche du CEA s'inscrivent dans les grandes priorités du développement durable. La production d'énergie bas carbone est au cœur de sa mission et a été consacrée par son changement de nom en mars 2010.

La santé (radiobiologie, radioprotection, vieillissement, pathologies du système nerveux central, cancer, médicaments), l'évolution du climat, l'eau (production, assainissement), l'agriculture (bio-énergie, chimie verte) ou la diversité biologique sont des domaines auxquels contribuent significativement ses programmes. Leurs retombées pour les industriels et pour le public se font dans une optique d'éco-conception pour limiter l'utilisation des ressources naturelles et optimiser l'impact environnemental et sociétal. On peut notamment citer le cas du platine utilisé pour les piles à

combustible. Dans un souci de durabilité, le CEA recherche des solutions alternatives basées sur la mise en œuvre de matières plus abondantes tout en ayant le souci de l'efficacité technique et économique.

Une démarche similaire est adoptée pour la conduite des recherches, de l'élaboration des protocoles à l'exploitation des centres où ils sont conduits.

C'est ainsi que les centres du CEA poursuivent leur démarche d'amélioration de leurs performances environnementales. Après Grenoble, Cadarache et Saclay, qui ont procédé à une révision des limites autorisées de prélèvements d'eau et de rejets de façon à les optimiser, le centre de Marcoule est en cours d'instruction de ses arrêtés INB (Installation nucléaire de base) et INBS (Installation nucléaire de base classée secrète). Les centres à vocation nucléaire Cadarache, Marcoule et Saclay sont aujourd'hui certifiés ISO 14001. Une politique d'amélioration continue liée à ces certifications est intégrée dans le système de management du pôle dédié au nucléaire.

Le centre de Fontenay-aux-Roses situé en zone urbaine poursuit un programme d'assainissement et de démantèlement de ses installations nucléaires de base (Aladin), tout en opérant sa spécialisation dans les sciences du vivant. Le centre de Grenoble, déjà dénucléarisé, est en pointe sur la réalisation de bâtiments HQE (Haute qualité environnementale) et la réduction de l'émission des gaz à effet de serre liés aux déplacements quotidiens du personnel.

Dans une approche plus générale, le CEA a établi à titre expérimental un bilan carbone de ses centres pour que ceux-ci soient en mesure d'identifier les actions les plus rentables en fonction de leur spécificité et sans compromettre l'efficacité de la recherche. Des objectifs spécifiques de diminution de leur empreinte carbone seront définis par chacun d'entre eux. La rénovation du patrimoine se dessine clairement comme une piste majeure d'économie des émissions de gaz à effet de serre. Elle devra néanmoins être accompagnée d'actions locales pour lesquelles l'investissement technique devra nécessairement être accompagné d'une forte mobilisation individuelle.



Structure
du CEA

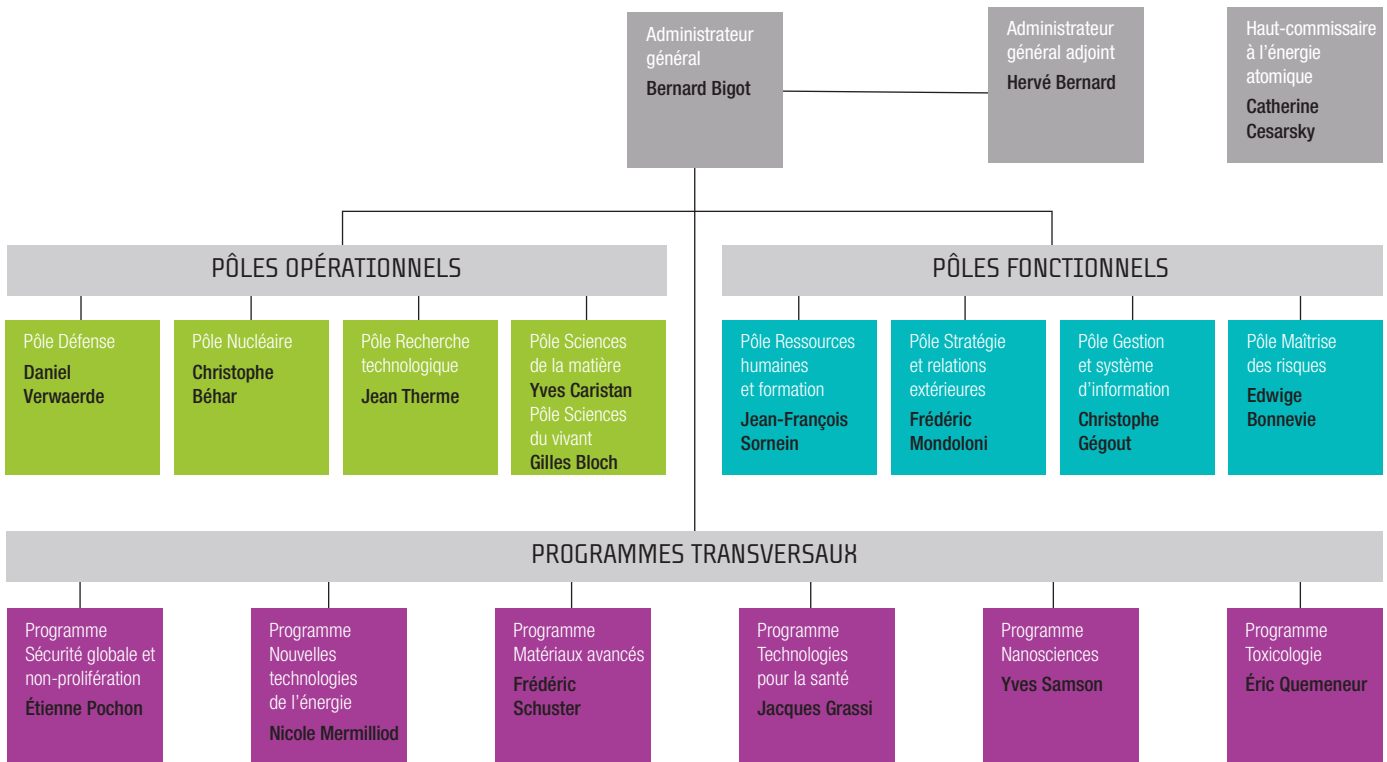
PARTIE /04



Gouvernance d'entreprise

[au 31 décembre 2010]

/Organigramme



/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, devenu Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives le 10 mars 2010 (loi n° 2010-237 du 9 mars 2010 de finances rectificative pour 2010), 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 L. 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.

CHARTRE DES ADMINISTRATEURS

La charte des administrateurs, mise en place par le Conseil d'administration le 21 juillet 2004, a été adoptée par le Conseil renouvelé, à l'occasion de la première séance de son nouveau mandat, le 29 juillet 2009. 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, notamment grâce aux informations transmises par l'établissement public. Il informe le Conseil des situations de conflit d'intérêt dans lesquelles il peut se trouver. Il exprime clairement son opposition éventuelle aux projets discutés en Conseil. Chaque administrateur a l'interdiction d'effectuer des opérations sur les titres des sociétés du groupe CEA/Areva ou de toute valeur mobilière s'y rattachant,

ainsi que sur des opérations de même type, relatives à des sociétés sur lesquelles il détient des informations du fait de sa qualité d'administrateur du CEA.

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

/Le Conseil d'administration

SES MISSIONS

Le Conseil d'administration est appelé à délibérer sur les grandes orientations stratégiques, économiques et financières ou technologiques de l'activité de l'Établissement, et en particulier sur le contrat pluriannuel avec l'État.

Le budget annuel, l'arrêté des comptes sociaux et des comptes consolidés du groupe CEA, le rapport annuel d'activité et de gestion, ainsi que le rapport relatif au financement des charges de démantèlement des installations nucléaires et de gestion des combustibles irradiés et des déchets radioactifs sont soumis à son approbation. Il approuve également les programmes de recherche du CEA et les budgets nécessaires à leur réalisation.

SES TRAVAUX EN 2010

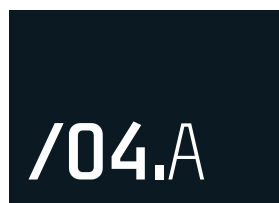
Au cours des sept séances intervenues durant l'année 2010, le Conseil d'administration a notamment adopté, par voie de délibération, plusieurs décisions et orientations importantes :

- / Rapport relatif au dispositif de contrôle interne pour la sécurisation du financement des opérations de démantèlement ;
- / Modification de la convention constitutive du Groupement d'intérêt public « Observatoire des sciences et des techniques » (GIP OST) ;
- / Prise à bail par le CEA de locaux dans le cadre du Campus Ter@tec ;
- / Vente d'un terrain à Vaujours ;
- / Prise de participation du CEA dans le groupement d'intérêt économique III-V Lab ;
- / Mise à disposition du site ITER et transfert de propriété de bâtiments et ouvrages à l'organisation internationale ITER ;

- / Cession à la Communauté d'agglomération de Marne et Chantereine d'un terrain à Vaujours ;
- / Participation du CEA au Groupement d'intérêt public ITER-Val de Durance ;
- / Convention-cadre État-CEA relative au financement des charges nucléaires ;
- / Participation du CEA à l'augmentation du capital de la SEML « Route des Lasers » ;
- / Création d'une filiale de CEA investissement ;
- / Modification des statuts de la fondation de coopération scientifique « Campus Paris-Saclay » ;
- / Projet de contrat d'objectifs et de performance État-CEA 2010-2013 ;
- / Plan de formation 2011 ;
- / Création de la Direction de la stratégie et des programmes ;
- / Délégation de pouvoirs du Conseil d'administration à l'Administrateur général en matière de dons et legs ;
- / Autorisation du CEA à recevoir des dons de fondations ou de personnes privées pour le projet Clineatex ;
- / Projet d'augmentation du capital d'Areva SA ;
- / Charte nationale de l'expertise.

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

- / Jalons et indicateurs du contrat d'objectifs État-CEA 2006-2009 ;
- / Structures de recherche ayant la personnalité morale et auxquelles le CEA participe ;
- / Bilan de la maîtrise des risques ;
- / Changement de dénomination du CEA ;
- / Rapport d'activité du Comité d'audit 2009 ;
- / Rapport de l'Agence d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (AERES) ;
- / Intéressement au CEA ;
- / Politique de création et de soutien aux entreprises innovantes ;
- / Missions, bilan d'activité 2009 et perspectives 2010 des directions de programme transversal ou d'objectifs transversaux ;
- / Institut international de l'énergie nucléaire (IEN) ;



- / Schéma pluriannuel de stratégie immobilière (SPSI) du CEA ;
- / Avis du Comité d'audit sur le rapport d'activité de la Commission consultative des marchés.

SES MEMBRES

N.B. : le CEA est soumis aux dispositions de la loi n° 83-675 du 26 juillet 1983 relative à la démocratisation du secteur public (loi DSP) ; le mandat de l'ensemble des membres du Conseil est de cinq ans, de date à date, à compter du 29 juillet 2009, date de la première séance du Conseil d'administration renouvelé.

REPRÉSENTANTS DE L'ÉTAT

- / **M. Bernard Bigot**, Administrateur général du CEA, Président ;
- / **M. Yves Robin**, Chef du service industrie, Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services, ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi ;
- / **M. Ronan Stephan**, Directeur général de la recherche et de l'innovation – ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche ;
- / **M. Henri Guillaume**, Inspecteur général des finances – Inspection générale des finances – ministère du Budget, des Comptes publics et de la Réforme de l'État ;
- / **M. Rodolphe Gintz**, Sous-Directeur à la 3^e Sous-Direction – Direction du budget – ministère du Budget, des Comptes publics et de la Réforme de l'État ;
- / **M. Christophe Fournier**, Chargé de mission dissuasion - Direction des systèmes d'armes – Délégation générale pour l'armement – ministère de la Défense ;
- / **M. Thomas Branche**, Sous-Directeur de l'industrie nucléaire – Direction générale de l'énergie et du climat – ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat.

PERSONNES NOMMÉES ÈS QUALITÉ

- / **Mme Catherine Césarsky**, Haut-commissaire à l'énergie atomique ;
- / **M. Hervé Le Treut**, Institut Pierre-Simon Laplace ;
- / **M. Gérard Arbola**, Directeur général délégué du groupe Areva ;
- / **M. Guy Couarraze**, Président de l'Université de Paris Sud XI ;
- / **M. Georges Servièrre**, Conseiller du Président – Activités nucléaires – EDF.

REPRÉSENTANTS ÉLUS DU PERSONNEL

- / **M. Guy Lumia**, Ingénieur à la Direction de l'énergie nucléaire – CEA/Marcoule (parrainé par la CFDT) ;
- / **M. Philippe Tanguy**, Chargé d'affaires déchets – Areva NC/La Hague (parrainé par la CFDT) ;
- / **M. Daniel Bessolo**, Ingénieur en management de projets au DPIE/SMCP-CEA/Cadarache (parrainé par la CGT) ;
- / **Mme Martine Dozol**, Ingénieur à la Direction de l'énergie nucléaire – CEA/Cadarache (parrainée par la CGT-FO) ;
- / **M. Dominique Ghaleb**, Ingénieur à la Direction de l'énergie nucléaire – CEA/Marcoule (parrainé par la CGT) ;
- / **M. Bernard Verrey**, Ingénieur à la Direction des applications militaires – CEA/Valduc (parrainé par la CFE-CGC).

ASSISTENT AUX SÉANCES AVEC VOIX CONSULTATIVE

- / **M. Christophe Lafon**, Secrétaire du Comité national ;
- / **M. Jean-Marie Rossinot**, Contrôleur d'État, membre du Service du contrôle général économique et financier près le CEA.

SECRÉTAIRE

- / **Mme Nathalie Moulet**, Chef de service à la Direction juridique et du contentieux.

INVITÉS PERMANENTS

- / **M. Hervé Bernard**, Administrateur général adjoint ;
- / **M. Jean-Claude Petit**, puis **M. Jean-Philippe Bourgoïn**, Directeur de la stratégie et des programmes ;
- / **M. Christophe Gégout**, Directeur du Pôle gestion et systèmes d'information et Directeur financier du CEA ;
- / **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 : Maurice Mazière, Directeur ;
- / CEA/Cesta, Pôle défense : Jean-Pierre Giannini, Directeur ;
- / CEA/DAM-Île-de-France, Pôle défense : Pierre Bouchet, Directeur ;
- / CEA/Fontenay-aux-Roses, Pôle sciences du vivant : Mme Malgorzata Tkatchenko, Directeur ;
- / CEA/Gramat, Pôle défense : Didier Besnard, Directeur ;
- / CEA/Grenoble, Pôle recherche technologique : Jean Therme, Directeur ;
- / CEA/Le Ripault, Pôle défense : Serge Dufort, Directeur ;
- / CEA/Marcoule, Pôle nucléaire : Christian Bonnet, Directeur ;
- / CEA/Saclay, Pôle sciences de la matière : Yves Caristan, Directeur ;
- / CEA/Valduc, Pôle défense : Régis Baudrillart, Directeur ;
- / L'INSTN, Institut national des sciences et techniques nucléaires : Laurent Turpin, Directeur.

/Le Comité d'audit

SES MISSIONS

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 d'objectifs avec l'État ;
- / de réaliser des études ponctuelles à la demande du Conseil ou de sa propre initiative ;
- / d'examiner et de donner un avis au Conseil sur le rapport d'activité établi par la Commission consultative des marchés ;
- / 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 2010

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

- / arrêté des comptes 2009 et rapport des commissaires aux comptes ; arrêté des comptes consolidés 2009 du groupe CEA ;
- / projet de budget 2011 et révisions semestrielles ;
- / jalons et indicateurs du contrat d'objectifs 2006-2009 ;
- / plan annuel d'audit 2010 ;
- / cartographie des risques ;
- / rapport d'activité 2009 de la Commission consultative des marchés ;
- / prise de participation du CEA dans le GIE III-V Lab ;
- / création d'une filiale de CEA Investissement ;
- / schéma pluriannuel de stratégie immobilière ;
- / projet de contrat d'objectifs et de performance État-CEA 2010-2013.

SES MEMBRES

- / **M. Henri Guillaume** ;
- / **M. Thomas Branche** ;
- / **M. Rodolphe Gintz** ;
- / **M. Dominique Ghaleb** ;
- / **M. Guy Lumia** ;
- / **M. Ronan Stephan**.

Assistent aux réunions :

- / **M. Jean-Marie Rossinot**, Mission du service du contrôle général économique et financier près le CEA ;
- / **Mme Nathalie Moulet**, Secrétaire du Conseil d'administration, et **M. Christian Bozec**, Directeur délégué à l'audit ;
- / **MM. Thierry Blanchetier, David Chaudat, Laurent des Places et Laurent Génin**, commissaires aux comptes, en tant que de besoin.

/Comités de suivi de la couverture des charges d'assainissement et de démantèlement des installations civiles et de défense

Placés au sein du Conseil d'administration, ces comités ont pour mission de contribuer au suivi du portefeuille d'actifs dédiés, constitué par le CEA pour couvrir les charges futures d'assainissement et de démantèlement des installations civiles et de défense de l'Établissement.

À ce titre, ils proposent au Conseil d'administration le cadre d'une politique de constitution et de gestion des actifs de couverture, en respectant l'objet des actifs et les principes de prudence et de répartition des risques. Pour exercer leur mission, ils examinent chacun, pour avis :

- / la Charte de gestion du Fonds dédié aux dépenses d'assainissement et de démantèlement des installations (civiles, pour l'un, et de défense, pour l'autre) ;

- / le plan pluriannuel à 5 ans d'exécution des travaux d'assainissement et de démantèlement ainsi que le budget annuel ;
- / les perspectives d'équilibre financier du Fonds sur la totalité de sa durée de vie ;
- / le devis des opérations couvertes par le Fonds et leur échéancier temporel ainsi que les incertitudes associées aux évaluations du passif ;
- / les éventuelles évolutions du périmètre ;
- / les comptes annuels du Fonds ;
- / les modalités de constitution, de fonctionnement et de contrôle du Fonds ;
- / la politique de gestion des actifs financiers du Fonds ;
- / le dispositif de contrôle interne ;
- / et, d'une façon générale, toutes questions relatives à l'application, par l'exploitant, des dispositions législatives et réglementaires relatives à la sécurisation du financement des charges nucléaires. Ils donnent un avis sur le rapport annuel d'activité et de gestion du Fonds, sur le rapport triennal relatif au financement des charges d'assainissement et de démantèlement, sur la note d'actualisation annuelle relative à ces charges ainsi que sur le rapport annuel relatif au contrôle interne du Fonds.

LEURS TRAVAUX EN 2010

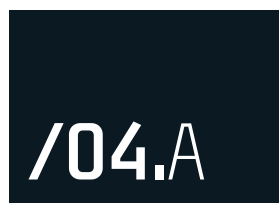
Les Comités de suivi des Fonds dédiés civil et défense se sont réunis trois fois en 2010. Ils ont notamment examiné les points suivants :

- / analyse de l'exécution du budget 2009 ;
- / rapport sur le contrôle interne ;
- / rapport triennal relatif au financement des charges d'assainissement et de démantèlement ;
- / projet de budget 2011 ;
- / examen de la politique de gestion des actifs.

LEURS MEMBRES

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

- / **M. Henri Guillaume**, Président ;
- / **M. Georges Servière** ;
- / **M. Rodolphe Gintz** ;



- / M. Thomas Branche ;
- / M. Yves Robin ;
- / Mme Martine Dozol.

Assistent aux réunions :

- / M. Jean-Marie Rossinot, Mission du service du contrôle général économique et financier près le CEA, avec voix consultative ;
- / Mme Nathalie Moulet, Secrétaire du Conseil d'administration ;
- / MM. Thierry Blanchetier, David Chaudat, Laurent des Places et Laurent Génin, commissaires aux comptes, en tant que de besoin.

Rapporteur :

- / M. Christophe Gégout, Directeur financier CEA.

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

- / M. Henri Guillaume, Président ;
- / M. Georges Servièrè ;
- / M. Rodolphe Gintz ;
- / M. Christophe Fournier ;
- / M. Thomas Branche ;
- / M. Bernard Verrey.

Assistent aux réunions :

- / M. Jean-Marie Rossinot, Mission du service du contrôle général économique et financier près le CEA, avec voix consultative ;
- / Mme Nathalie Moulet, Secrétaire du Conseil d'administration ;
- / MM. Thierry Blanchetier, David Chaudat, Laurent des Places et Laurent Génin, commissaires aux comptes, en tant que de besoin.

Rapporteur :

- / M. Christophe Gégout, Directeur financier du CEA.

/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. Bernard Bigot, Administrateur général du CEA ;
- / M. L'Amiral Edouard Guillaud, chef d'état-major des Armées ;
- / M. Pierre Sellal, secrétaire général du ministère des Affaires étrangères et européennes ;
- / M. Laurent Collet-Billon, Délégué général pour l'armement ;
- / M. Christian Piotre, secrétaire général pour l'administration du ministère de la Défense et des anciens combattants ;
- / M. Pierre-Franck Chevet, Directeur général de l'énergie et du climat ;
- / M. Luc Rousseau, Directeur général de la compétitivité, de l'industrie et des services ;
- / M. Julien Dubertret, Directeur du budget ;
- / M. Bernard Dupraz, Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la défense ;
- / M. Ronan Stephan, Directeur général pour la recherche et l'innovation ;
- / M. Alain Fuchs, Président du Centre national de la recherche scientifique.

PERSONNALITÉ CHOISIE PAR LE PREMIER MINISTRE

- / Mme Jacqueline Lecourtier, Directeur général de l'Agence nationale de la recherche.

PERSONNALITÉ CHOISIE PAR LE MINISTRE CHARGÉ DE L'ENVIRONNEMENT

- / Mme Agnès Buzyn, Présidente du conseil d'administration de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.

PERSONNALITÉS QUALIFIÉES DANS LE DOMAINE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIEL

- / Mme Catherine Cesarsky, Haut Commissaire à l'énergie atomique ;
- / M. Jacques Prost, directeur général de l'école supérieure de physique et chimie industrielles de la Ville de Paris ;
- / M. Henri Proglio, Président du Conseil d'administration d'EDF ;
- / Mme Anne Lauvergeon, Présidente du directoire d'Areva.

ASSISTE AU COMITÉ AVEC VOIX CONSULTATIVE

- / M. Bruno Rossi, Chef de la Mission du service du contrôle général économique et financier près le CEA.

ASSISTE AUX SÉANCES DU COMITÉ

- / M. Hervé Bernard, Administrateur général adjoint du CEA.

SECRÉTAIRE DU COMITÉ

- / M. Jean-Philippe Bourgoin, Directeur de la stratégie et 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

- Catherine Césarsky
Haut Commissaire à l'énergie atomique

PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

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

MEMBRES CEA

- / **Elisabeth Bouchaud** DSM/IRAMIS ;
- / **Bernard Boullis** DEN/DISN ;
- / **Hélène Burllet** DRT/LITEN ;
- / **Franck Carré** DEN/DS ;
- / **Denis Juraszek** DAM/DIF ;
- / **Vanina Ruhlmann-Kleider** DSM/IRFU.

REPRÉSENTANTS DU PERSONNEL

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

VISITING COMMITTEE

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

- / **Professor Guy Brasseur**, Climate Service Center, Hamburg, Germany ;

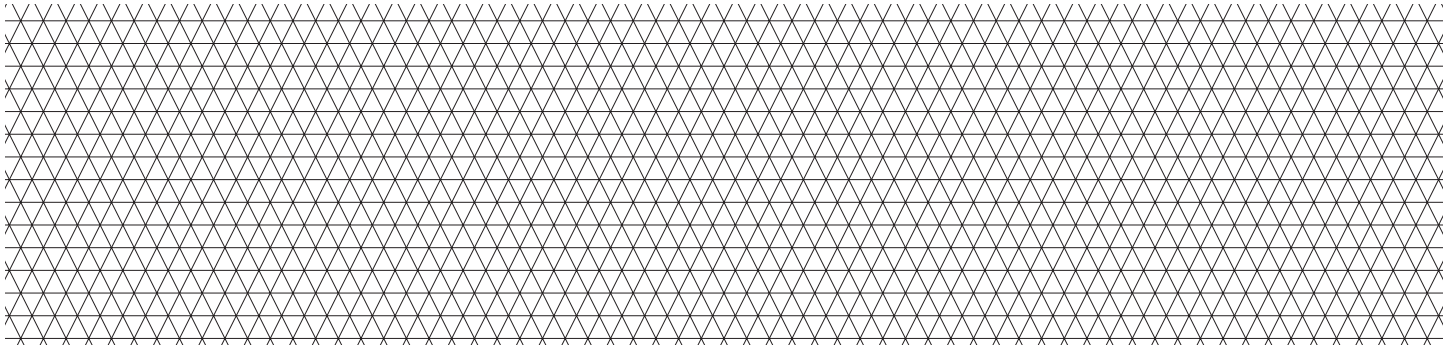
- / **Professor Gou-Chung Chi**, National Central University, Taiwan ;
- / **Professor Rodney C. Ewing**, University of Michigan, USA (chair) ;
- / **Professeur Serge Haroche**, Collège de France, France ;
- / **Professor Emile Okal**, Northwestern University, USA ;
- / **Professor, Dr. Ernst Detlef Schulze**, Max-Planck Institute for Biogeochemistry, Jena, Germany ;
- / **Doctor Eric Wolff**, FRS, British Antarctic Survey, Cambridge, UK ;
- / **Professor Genki Yagawa**, Emeritus, University of Tokyo, Japan ;
- / **Professor Dan Yakir**, Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel.

/Mission du service du contrôle général économique et financier près le CEA

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

Composition :

- / **M. Bruno Rossi**, Chef de la Mission de contrôle ;
- / **M. Toni Cavatorta**, Administrateur civil hors classe ;
- / **M. Bernard Abate**, Contrôleur d'État ;
- / **M. Jean-Marie Rossinot**, Contrôleur d'État ;
- / **M. Franck Le Guen**, Contrôleur des Armées.



Conception-réalisation : avantgarde.



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