

CONTRAT PLURIANNUEL
ETAT - CEA
2001-2004
(Activités civiles)

CONTRAT PLURIANNUEL ETAT - CEA 2001-2004

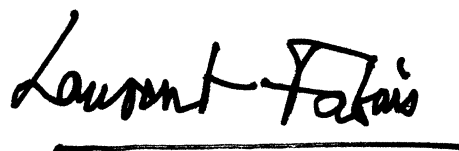
A Paris, le 25 janvier 2001



Le Ministre de la Recherche
Roger-Gérard SCHWARTZENBERG

Le Ministre de l'Economie, des Finances
et de l'Industrie

Laurent FABIUS



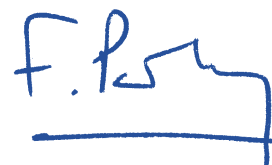
Le Secrétaire d'Etat à l'Industrie

Christian PIERRET



La Secrétaire d'Etat au Budget

Florence PARLY



L'Administrateur général
du Commissariat à l'énergie atomique

Pascal COLOMBANI

CONTRAT PLURIANNUEL ETAT-CEA 2001-2004

SYNTHESE

Depuis sa création, le CEA relève des défis scientifiques et technologiques majeurs (électronucléaire, défense, microtechnologies) et participe à l'émergence de nouveaux domaines de recherche situés à l'interface de différentes disciplines (sciences des matériaux, robotique, imagerie médicale, biotechnologies). Cette capacité résulte de l'existence d'une recherche fondamentale fondée sur l'excellence scientifique, en interaction forte avec les développements technologiques, d'un savoir-faire éprouvé dans la valorisation et le transfert de technologies, ainsi que de partenariats ciblés, tant avec les autres établissements de recherche qu'avec les industriels.

Au cours du présent contrat, le CEA s'engage à :

- proposer des solutions technologiques pour le développement de l'énergie nucléaire et la gestion des déchets nucléaires ;*
- intensifier ses recherches pour répondre aux préoccupations de la société sur les effets des activités nucléaires sur la santé et l'environnement ;*
- soutenir l'essor des nouvelles technologies (nouvelles technologies pour l'énergie, micro- et nanotechnologies, systèmes intégrés, matériaux émergents, biotechnologies) ;*
- contribuer, par la mise en œuvre d'outils liés aux techniques nucléaires, à la résolution de questions scientifiques majeures, en physique, en biologie et en recherche médicale.*

Le renforcement des partenariats avec les autres organismes de recherche, les universités et les grandes écoles permettra au CEA d'inscrire ses recherches dans le cadre d'actions coordonnées ouvertes vers l'international. Cette politique le conduira à participer activement à la constitution de réseaux et de pôles d'excellence, notamment en Europe dans le cadre d'Euratom, du PCRD et de la construction de l'Espace européen de la recherche, en complément de ses fonctions institutionnelles de conseil et de représentation du gouvernement en matière de politique nucléaire extérieure.

Apporter des solutions pour le développement de l'énergie nucléaire

L'utilisation de l'énergie nucléaire est indispensable pour répondre aux besoins énergétiques de la France et plus généralement de l'Europe. Elle ne produit pas de gaz à effet de serre et assure une sécurité d'approvisionnement énergétique appréciable. Le rapport Charpin/Dessus/Pellat, remis au Premier ministre le 28 juillet 2000, en a confirmé la compétitivité économique. Néanmoins, l'énergie nucléaire suscite des interrogations que le CEA doit prendre en compte.

Le CEA aura trois objectifs majeurs :

- apporter des solutions à l'industrie nucléaire pour accroître sa compétitivité économique face à la concurrence, principalement celle du gaz (réduction du coût du kWh nucléaire à tous les niveaux et en toute sûreté, augmentation de la durée de vie des réacteurs et amélioration de la performance des combustibles) ;*
- mieux répondre aux préoccupations du public, en apportant des solutions techniques efficaces et acceptables pour la gestion des déchets radioactifs, en renforçant la connaissance de l'impact environnemental des activités nucléaires et en progressant dans la compréhension des effets biologiques, notamment aux faibles expositions ;*
- concevoir et évaluer de nouvelles générations de systèmes (réacteur - cycle du combustible) et les technologies-clés sur lesquels ils reposent, sur la base des critères suivants : investissement réduit et compétitivité économique, utilisation optimale du combustible et minimisation des déchets (durée de vie, activité, volume), sûreté encore renforcée, résistance accrue à la prolifération, potentialités pour d'autres applications que l'électricité (production d'hydrogène).*

Favoriser l'essor des nouvelles technologies de l'énergie, de l'information, des communications et des biotechnologies

Le CEA aura pour objectif de constituer, en partenariat avec les industriels, un moteur de l'innovation et de la compétitivité économique dans les nouvelles technologies de l'énergie pour répondre à la demande de diversification énergétique, et dans les nouvelles technologies de l'information, des communications et des biotechnologies.

Le CEA intensifiera ses recherches sur :

- *les nouvelles technologies de l'énergie, en renforçant les moyens consacrés au développement de l'hydrogène comme vecteur énergétique, aux piles à combustible, et aux systèmes photovoltaïques ;*
- *les technologies de l'information et de la communication, dans les domaines des micro- et nanotechnologies d'une part (microélectronique, microsystèmes, télécommunications,...), et des systèmes basés sur le traitement de l'information (intégration de systèmes, multimédias, systèmes "intelligents", instrumentation) d'autre part ;*
- *l'application des techniques issues du nucléaire (marquage, détection) pour la médecine nucléaire et l'imagerie, les biotechnologies (notamment l'ingénierie des protéines) et la génomique (biopuces) ;*
- *l'effort de conception, de simulation, de mise en forme, d'assemblage et de contrôle non destructif de nouveaux matériaux émergents, à fort potentiel d'applications industrielles.*

Le CEA œuvrera, en particulier, en collaboration avec les centres de recherche et d'enseignement (CNRS, Inria, INPG, UJF...), les collectivités locales et les industriels, à la création à Grenoble d'un pôle d'innovation en micro- et nanotechnologies de dimension européenne associant, sur le même site, enseignement, recherche et création d'entreprises. En Ile-de-France, il travaillera au projet de création d'un pôle d'innovation sur les systèmes complexes et leur intégration, en partenariat avec l'Inria, le CNRS et les universités, en recherchant la participation des collectivités locales et des industriels intéressés.

Appuyer les recherches technologiques sur la recherche fondamentale

La recherche technologique ne peut se concevoir sans interactions fortes avec la recherche fondamentale, qui doit être à l'origine de nouveaux concepts et de ruptures technologiques et constitue le fondement d'une expertise scientifique internationalement reconnue. Développée en étroite collaboration avec les autres organismes de recherche et les universités, tant en France qu'à l'étranger, la recherche fondamentale du CEA se concentre sur les :

- *recherche fondamentale pour l'énergie et l'environnement : chimie, physico-chimie, interaction rayonnement-matière, transmutation et fusion contrôlée. Dans le domaine de l'environnement, le CEA intensifiera ses recherches sur les paramètres déterminants du climat ;*
- *recherche biologique et médicale pour l'énergie nucléaire : le CEA développera les techniques issues de la génomique pour apporter de nouvelles données scientifiques sur l'évaluation des effets biologiques des rayonnements ionisants et les composés toxiques résultant des activités nucléaires ;*
- *recherche de base pour l'innovation industrielle, dans les domaines de la nanophysique, de la chimie et de l'ingénierie moléculaire, et de la science des matériaux ;*
- *recherche de base pour la santé et les biotechnologies : marquage in vitro pour l'étude de la structure et le fonctionnement du vivant à l'échelon moléculaire, marquage in vivo pour l'imagerie fonctionnelle.*

Enfin, le CEA contribuera, en amont des applications, aux progrès de la connaissance de la matière. Sa capacité de mobilisation d'équipes d'ingénieurs-chercheurs l'amènera en particulier à jouer un rôle déterminant dans les grands projets nationaux et internationaux.

Assurer la diffusion des connaissances et des technologies

Les accords-cadres signés avec les universités et les écoles d'ingénieurs permettront au CEA de renforcer sa contribution à la formation par la recherche des jeunes scientifiques, en accueillant dans ses laboratoires doctorants et post-doctorants. Par les disciplines scientifiques qu'il développe, le CEA dispose d'une capacité de formation de chercheurs, d'ingénieurs et de techniciens dans des domaines-clés de l'économie. Les centres du CEA joueront un rôle moteur dans cette action au contact des collectivités locales, au niveau des régions (CPER) ou dans le cadre des centres nationaux de recherche technologique (CNRT).

Le CEA s'efforcera d'adopter les modes de transferts de technologies, les plus porteurs de réussite, qu'il s'agisse de partenariats directs avec des groupes ou des PME technologiques, de laboratoires communs, de plates-formes ouvertes ou de participations à des réseaux régionaux de diffusion technologique et à des réseaux nationaux de recherche technologique (RNRT) pour des co-développements entre chercheurs et industriels. Il intensifiera son action en faveur de l'essaimage et de la création d'entreprises innovantes, notamment par sa participation aux incubateurs et aux fonds d'amorçage.

Une nouvelle organisation pour répondre aux nouveaux enjeux scientifiques et techniques

Afin d'être plus efficace dans la réalisation de ses objectifs, le CEA s'est doté en 2000 d'une nouvelle organisation autour de quatre pôles :

- *recherche et technologie pour l'énergie nucléaire ;*
- *recherche et technologie pour l'industrie ;*
- *recherche fondamentale, comprenant à la fois les sciences du vivant et les sciences de la matière ;*
- *programmes pour la défense (qui sont hors du champ du présent contrat).*

Le développement des interfaces entre ces différents ensembles constituera une priorité du présent contrat. Tout en préservant les spécificités propres aux différentes activités, le CEA s'attachera, en terme de fonctionnement, à remplir les objectifs suivants :

- *la prise en compte de la sûreté, de la sécurité et de la qualité comme une priorité absolue ;*
- *la transparence dans la communication ;*
- *le développement du management par projet ;*
- *le renforcement de la prise en compte de l'évaluation ;*
- *une concertation sociale approfondie ;*
- *la rationalisation de la gestion administrative.*

Concernant le financement des recherches, le CEA renégociera avec ses grands partenaires industriels des accords-cadres fondés sur une vision stratégique partagée. La coopération avec les entreprises des NTIC se développera dans le cadre de partenariats "gagnant-gagnant", fondés sur une logique de partage des risques et des gains. Le CEA accroîtra la valorisation des résultats des recherches, par une pratique systématique de redevances ou, le cas échéant, par la conversion en capital de ses apports lors d'une création d'entreprise. Enfin, un fonds dédié au financement du démantèlement des installations civiles sera constitué en 2001.



SOMMAIRE

I. ORIENTATIONS STRATEGIQUES	1
1.1 Recherche et technologie pour l'énergie nucléaire	2
1.2 Recherche et technologie pour l'innovation industrielle	3
1.3 Recherche fondamentale	3
1.4 Diffusion des connaissances scientifiques et des technologies	4
2. PROGRAMMES DE RECHERCHE	5
2.1 Recherche et technologie pour l'énergie nucléaire	5
Optimisation et évolution de l'outil industriel actuel	5
Recherches sur la gestion des déchets radioactifs et la maîtrise de l'impact des activités nucléaires	6
Conceptions de nouveaux systèmes : énergie nucléaire du futur	8
Simulation numérique et moyens expérimentaux	9
Stratégie d'assainissement et de démantèlement	10
2.2 Recherche et technologie pour l'innovation industrielle	11
Nouvelles technologies de l'énergie	11
Technologies pour l'information et la communication	11
Technologies des matériaux	14
2.3 Recherche fondamentale	15
Recherche fondamentale pour l'énergie	15
Recherche de base pour l'innovation industrielle	18
Recherche et utilisation des technologies nucléaires pour la santé et les biotechnologies	19
Connaissance de la matière	20
2.4 Diffusion des connaissances scientifiques et des technologies	22
Enseignement et formation professionnelle	22
Création d'entreprises et diffusion technologique	23
Gestion et transfert des savoirs et des savoir-faire	23
3. GESTION ET MOYENS NECESSAIRES A LA MISE EN ŒUVRE DU CONTRAT	25
3.1 Des moyens financiers adaptés aux priorités de programmes	25
3.2 La gestion de la recherche	26
3.3 Une concertation sociale approfondie	27
3.4 Une gestion administrative rationalisée	27
3.5 La culture de sécurité, de sûreté et de qualité : une priorité	28
3.6 La transparence : un objectif de communication	28
4. ELEMENTS DE SUIVI, MISE EN ŒUVRE ET ACTUALISATION	29
4.1 Jalons scientifiques et techniques	30
4.2 Indicateurs de performances	35
ANNEXE : AFFECTATION DES MOYENS FINANCIERS AUX PROGRAMMES ET RECHERCHES	37
GLOSSAIRE	38

I. ORIENTATIONS STRATEGIQUES

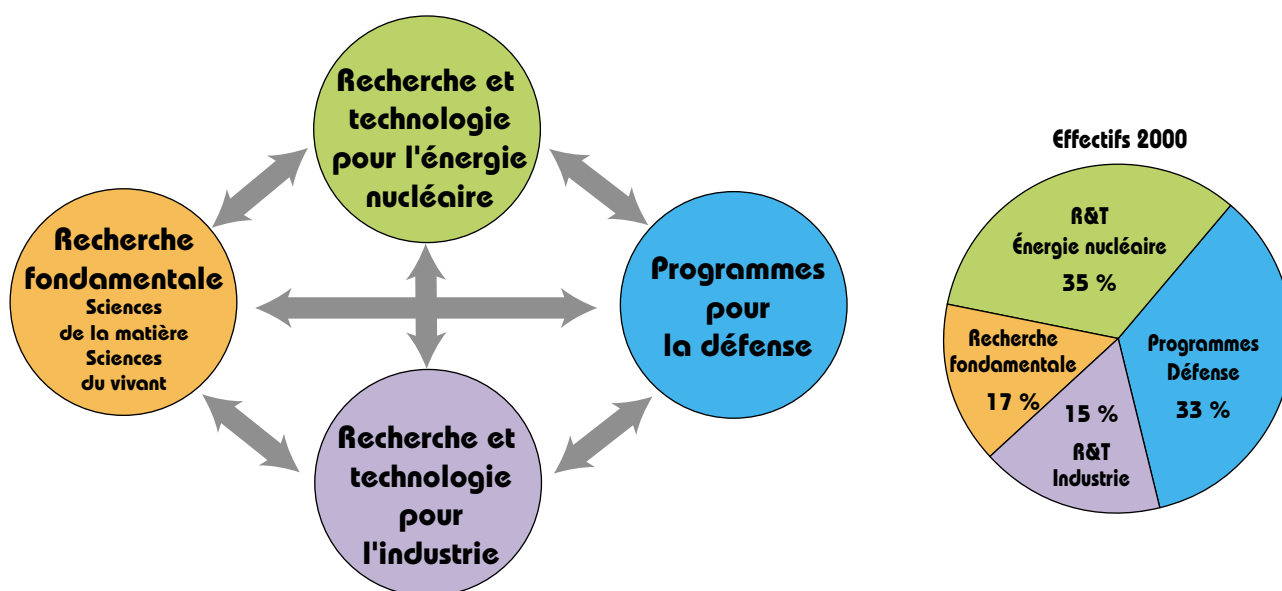
Le CEA est un organisme public de recherche, créé pour donner à la France la maîtrise de l'atome et de son utilisation dans les domaines de l'énergie, de l'industrie, de la santé et de la défense.

Dès sa création, il a su développer une recherche à visée cognitive, nécessaire à la compréhension fondamentale des phénomènes mis en jeu dans les technologies de l'électronucléaire et de la défense. La culture croisée, ingénieurs-chercheurs, constitue depuis lors une spécificité du CEA. Cette originalité lui a permis de contribuer efficacement au succès du programme électronucléaire dans le domaine de l'énergie, à la construction de la capacité de dissuasion nucléaire française dans le domaine de la défense, et de jouer un rôle de premier plan à la fois en recherche fondamentale et en recherche technologique.

Les recherches nucléaires civiles et de défense ont conduit le CEA à développer des technologies intéressantes d'autres domaines d'activités tels que la médecine nucléaire, l'imagerie médicale ou encore la microélectronique, qui lui ont permis de participer de façon majeure au développement économique, en partenariat étroit avec l'industrie européenne.

Aujourd'hui, et comme ce fut régulièrement le cas depuis sa création, le CEA doit répondre à de nouveaux défis. D'une part, l'acceptabilité de l'électronucléaire, et donc son avenir, repose sur les progrès qui doivent être encore réalisés dans le traitement et la gestion des déchets, et dans la connaissance des effets sur l'homme et sur l'environnement des rayonnements ionisants. D'autre part, l'amélioration de la compétitivité, recherchée en permanence tant par les industriels du nucléaire que par les acteurs de la nouvelle économie, repose sur la maîtrise des coûts industriels, sur des développements technologiques guidés par les besoins des marchés, mais également sur des "ruptures technologiques" qui seront nécessairement nourries par des progrès en recherche fondamentale.

Caractérisé par des interfaces fortes entre recherche à visée cognitive et développement technologique, à des fins civiles et de défense, ainsi que par une grande réactivité pour mobiliser ses efforts sur des projets bien identifiés en liaison avec ses partenaires industriels, le CEA doit être en mesure de relever ces défis. En 2000, il s'est doté d'une nouvelle organisation pour renforcer son efficacité, autour de quatre ensembles : la direction de l'Énergie nucléaire, la direction de la Recherche technologique, le pôle "recherche", composé de la direction des Sciences du vivant et de la direction des Sciences de la matière et la direction des Applications militaires (hors du champ du présent contrat). En tant qu'organisme public de recherche, inséré dans les réseaux internationaux et évalué rigoureusement de manière externe, il lui revient la responsabilité d'anticiper la demande économique et sociale, en faisant progresser les connaissances pour préparer les innovations industrielles futures.



I.1 Recherche et technologie pour l'énergie nucléaire

La stratégie du CEA sera guidée par les grandes évolutions du contexte national et international. L'énergie nucléaire, forte de ses avantages stratégiques, économiques et environnementaux, restera une composante majoritaire¹ du bilan énergétique français. Elle est un élément de stabilité pour l'approvisionnement énergétique en regard des évolutions du cours du pétrole et plus généralement des aléas géopolitiques. Elle ne génère pas de gaz à effet de serre et contribue, de ce fait, au respect des engagements pris à la conférence de Kyoto en 1997. Toutefois, la dérégulation du marché de l'électricité et les progrès récents dans la technologie des centrales à gaz créent une pression nouvelle sur le prix du kWh nucléaire². En outre, la société exprime des exigences croissantes en matière de sécurité, d'environnement et de développement durable. En particulier, elle attend des réponses à la question de la gestion des déchets nucléaires et du démantèlement des installations nucléaires.

Parallèlement, la Commission européenne a publié en décembre 2000 un "Livre vert" indiquant que l'Union "se doit de conserver la maîtrise de la technologie nucléaire civile pour garder l'expertise nécessaire, développer des réacteurs de fission plus efficaces et permettre à la fusion de voir le jour". Mais il précise également que "le nucléaire ne peut se développer sans un consensus lui permettant de bénéficier d'une période de stabilité suffisante, compte tenu des contraintes économiques et technologiques qui caractérisent son industrie. Il ne pourra en être ainsi que si la question des déchets connaît une solution satisfaisante dans la plus grande transparence".

L'énergie nucléaire suscite en effet de fortes interrogations de la part du citoyen, de plus en plus attentif à la transparence des choix politiques, lorsqu'ils mettent en jeu des progrès scientifiques, ainsi qu'aux impacts sur l'environnement et sur la santé de l'activité économique. Pour cette raison, en France, le Comité interministériel de la recherche scientifique et technologique (CIRST) du 1^{er} juin 1999 a demandé au CEA de "poursuivre l'effort de recherche sur l'aval du cycle, le traitement des déchets nucléaires, la sûreté nucléaire et la radioprotection", ainsi que de "relancer les recherches à plus long terme sur les réacteurs du futur capables de réduire, voire d'éliminer, la production de déchets radioactifs à vie longue". Les réponses qui seront apportées constitueront l'un des éléments déterminants des choix énergétiques pour le futur.

Compte tenu de la dérégulation du marché de l'électricité, des exigences de la société et de sa responsabilité spécifique dans la préparation de l'électronucléaire du futur, le CEA veillera à la réalisation des trois grands objectifs suivants pour ses recherches nucléaires civiles :

- contribuer au soutien de la compétitivité économique du kWh nucléaire, tout en faisant encore progresser la sûreté, à tous les stades de l'activité (investissement, exploitation, enrichissement, retraitement, démantèlement), notamment par :
 - l'extension de la durée de vie des réacteurs en exploitation ;
 - l'augmentation de la longévité des combustibles ;
 - l'amélioration des procédés d'enrichissement et de retraitement.
- étudier et minimiser l'impact sanitaire et environnemental des activités nucléaires :
 - en proposant des solutions techniques, efficaces et acceptables, pour la gestion des déchets radioactifs, qu'il s'agisse de réduire leur quantité et leur nocivité, de les entreposer ou de les stocker ;
 - en progressant dans la compréhension des effets biologiques des rayonnements ionisants aux faibles doses et des composés chimiques produits par l'industrie nucléaire ;
 - en progressant dans la compréhension et la maîtrise de l'impact environnemental des activités nucléaires.
- concevoir et évaluer une nouvelle génération de technologies-clés (systèmes réacteur-cycle du combustible) pour préparer les décisions de renouvellement du parc électronucléaire, à l'horizon 2010-2020 et au-delà. Ces concepts viseront à minimiser à la source la production de déchets radioactifs à haute activité et à vie longue et permettront une utilisation flexible et efficace des combustibles fissiles et fertiles disponibles.

Le CEA contribuera au maintien de l'expertise nucléaire en Europe, dans le cadre du traité Euratom. Il s'intégrera

¹ Décision du comité interministériel du 9 décembre 1998.

² Rapport Charpin, Dessus, Pellat remis au Premier ministre le 28 juillet 2000.

activement dans les réseaux européens de centres d'excellence et inscrira davantage ses actions dans le cadre du PCRD. Il renforcera l'ouverture de sa R&D nucléaire à l'international (Etats-Unis, Japon, Chine, Russie).

I.2 Recherche et technologie pour l'innovation industrielle

Nouvelles technologies de l'énergie

Le développement des énergies renouvelables, potentiel non négligeable pour renforcer la sécurité de l'approvisionnement énergétique et préserver l'environnement, est aujourd'hui une priorité de l'Union européenne. A cet égard, la question des transports, qui représentent le quart de l'énergie consommée et dont le pétrole assure 95% des besoins, apparaît comme cruciale.

Le CEA se concentrera sur les nouvelles solutions énergétiques nécessitant un important effort de recherche technologique pour atteindre la compétitivité économique. Il s'agit de l'hydrogène comme futur vecteur énergétique, à travers ses applications telles que la pile à combustible (fixe ou mobile), ou du solaire photovoltaïque. Le CEA intensifiera en particulier ses recherches dans le cadre du réseau de recherche et d'innovation technologiques "Pile à combustible", dont il assure l'animation avec l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), ainsi que dans la technologie des batteries de nouvelle génération.

Nouvelles technologies de l'information, de la communication, biotechnologies

Les marchés des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) et des biotechnologies, d'abord guidés par les besoins et les usages des consommateurs, sont très demandeurs de nouvelles technologies de miniaturisation et de nouveaux micro-composants qui deviennent de plus en plus de véritables systèmes intégrés sur puce. L'avantage scientifique ou technique, source d'innovation, est déterminant pour les entreprises technologiques de ces secteurs qui doivent concilier l'impératif des délais (les cycles de vie de produits sont très courts) avec la nécessité de préparer les sauts technologiques. Dans ces conditions, si ces entreprises recourent massivement aux capitaux privés pour financer leurs activités, elles doivent également faire appel aux ressources publiques pour financer les recherches de base, dont les progrès sont nécessaires à la réalisation des futures ruptures technologiques.

Le CEA renforcera les liens entre ses unités de recherche-développement et les laboratoires de recherche de base, tant en interne qu'avec des partenaires extérieurs. Il amplifiera sa recherche dans les domaines des micro- et nanotechnologies d'une part, des systèmes basés sur le traitement de l'information (intégration de systèmes, systèmes sûrs, systèmes "intelligents"), d'autre part. Il développera l'application des techniques issues du nucléaire (marquage, détection) pour la médecine nucléaire et l'imagerie, les biotechnologies (notamment l'ingénierie des protéines) et la génomique (biopuces). Il participera à l'effort de conception, de simulation, de mise en forme, d'assemblage et de contrôle non destructif de matériaux émergents, qui seront utilisés par ces nouvelles technologies.

I.3 Recherche fondamentale

Le CEA contribuera au développement des connaissances au meilleur niveau international, accroissant ainsi la capacité d'anticipation et d'innovation des industriels dans les domaines du nucléaire, des nouvelles énergies, des composants et systèmes pour les technologies de l'information, de la communication ou de la santé. L'organisation du CEA lui permet de mobiliser rapidement ses laboratoires de recherche amont, pour répondre à des préoccupations majeures de la société, comme c'est le cas, depuis 1994, pour la radiobiologie ou, plus récemment, pour la mise au point de méthodes de détection des maladies à prions. Les études seront menées en partenariat avec les autres organismes de recherche (CNRS, Inserm, Cnes, Inria, Inra...), les universités, au sein de nombreux laboratoires mixtes ou associés, et le monde industriel. Ces associations et les échanges de chercheurs entre organismes constituent une source d'enrichissement et d'innovation importante. Echanges et mobilités temporaires seront également encouragés et développés entre laboratoires de recherche fondamentale et laboratoires impliqués dans le développement technologique au sein du CEA. Enfin, les laboratoires de recherche fondamentale du CEA joueront un rôle essentiel par leur capacité de formation par la recherche.

Les recherches seront orientées sur les domaines :

- de l'énergie et de l'environnement (chimie, physique, physico-chimie, interaction rayonnement-matière, transmutation et fusion contrôlée) ;
- de la biologie et de la médecine pour l'énergie nucléaire (radiobiologie, radiopathologie et toxicologie nucléaire) ;
- des sciences de la matière pour l'innovation industrielle (nano-physique, chimie, ingénierie moléculaire et science des matériaux) ;
- de l'utilisation des technologies du nucléaire en recherche biologique et médicale ;
- de la connaissance de la matière.

Le CEA s'appuiera sur sa capacité à réunir ingénieurs et chercheurs dans un même laboratoire et à favoriser les relations transversales et pluridisciplinaires entre laboratoires. Il participera activement à la constitution des réseaux et des pôles d'excellence de la recherche, nationaux et européens, ainsi qu'à l'ouverture des infrastructures de recherche existantes et à la construction coordonnée, aux niveaux national et international, des grands équipements nécessaires.

I.4 Diffusion des connaissances scientifiques et des technologies

Dans un contexte international marqué par une pénurie de formations "ingénierie nucléaire", le CEA intensifiera son action de transmission du savoir, aux niveaux français et, de plus en plus, européen, qu'il s'agisse de formation de base, de formation par la recherche ou de formation continue.

Le CEA établira des liens de partenariats durables enseignement-recherche avec les universités et les écoles d'ingénieurs. Il renforcera sa contribution à la formation par la recherche des jeunes scientifiques et à leur insertion professionnelle, en accueillant dans ses laboratoires un nombre croissant de doctorants et de post-doctorants et en leur assurant l'encadrement scientifique adapté.

Le CEA s'efforcera d'adopter les modes de transferts de technologies, les plus porteurs de réussite, partenariats directs, plate-formes ouvertes, participation à des réseaux régionaux de diffusion technologique et à des réseaux nationaux de recherche technologique (RNRT) ou à des centres nationaux de recherche technologique (CNRT). Au niveau européen, le CEA favorisera la prise en compte de la logique de "plate-forme technologique ouverte" pour des co-développements entre chercheurs et industriels.

Le CEA intensifiera son action en faveur de l'essaimage, de l'émergence et de la création d'entreprises innovantes, en contribuant activement au succès des incubateurs auxquels il participe, tels que Grain (Grenoble) et Ile-de-France-Sud, par l'intermédiaire de fonds d'amorçage, et en favorisant la création de start-up.

2. PROGRAMMES DE RECHERCHE

Le présent chapitre décline les programmes du CEA tels qu'ils s'articulent autour des grands objectifs scientifiques et technologiques décrits au chapitre 1. Les moyens nécessaires sont indiqués dans le chapitre 3 et en annexe.

2.1 Recherche et technologie pour l'énergie nucléaire

Optimisation et évolution de l'outil industriel actuel

Dans ce domaine, le CEA conduira des recherches pour le court et le moyen terme. Elles seront faites en majorité sur demande et à la charge des industriels. Anticipant les demandes, le CEA entreprendra également certains projets d'innovation à visée moins immédiate, en liaison avec les partenaires industriels et avec un concours financier partiel de leur part. Cela concernera notamment les combustibles ou certains composants susceptibles d'être introduits dans le parc à l'occasion des visites décennales (les deuxièmes visites décennales sur les tranches 1300 MWe commencent en 2005).

Amélioration de la compétitivité du parc électronucléaire

La prolongation de la durée de vie des réacteurs, jusqu'à 40 ans et au-delà, est pour EDF un élément déterminant de l'augmentation de la compétitivité, car elle permet de produire un kWh avec des réacteurs dont l'investissement est amorti. Ces recherches prioritaires portent sur la tenue des composants et des matériaux, la modélisation du vieillissement, les innovations possibles sur les matériaux et les méthodes de contrôle non destructif. Elles devront d'abord contribuer à la démonstration d'un fonctionnement sûr jusqu'à 40 ans et au-delà pour les tranches 900 MWe, dont les troisièmes visites décennales commencent en 2008-2009. La préparation de cette échéance, avec suffisamment d'anticipation, représente un jalon fondamental pour l'extension de la durée de vie de l'ensemble du parc.

Elles viseront également à réduire les sources de rayonnement pour les opérations de surveillance et de maintenance, et ainsi de limiter les coûts d'exploitation. Ce résultat peut être atteint par la réduction de l'activation des composants. Il s'agira donc d'étudier, dans cet esprit, la chimie du circuit primaire, de modéliser le phénomène d'activation des circuits et, en conséquence, de mettre au point des évolutions possibles des procédures d'exploitation.

Ces recherches ont aussi pour but d'apporter à Framatome un avantage compétitif pour ses futures ventes de réacteurs, en France ou à l'étranger, ou pour le remplacement de gros composants tels que les générateurs de vapeur.

Les programmes comporteront trois volets principaux :

- les méthodes d'ingénierie et les outils pour le dimensionnement des matériels et composants : règles de surveillance des matériels mécaniques (micro fissuration, tenue à la fatigue thermique), compréhension de l'usure des mécanismes des barres de contrôle, prévision du comportement des générateurs de vapeur, réévaluations sismiques ;
- le comportement des matériaux de structure : cuve, aciers des structures internes afin notamment de pouvoir définir une stratégie de maintenance lourde (compréhension des mécanismes d'endommagement et de corrosion sous contrainte et irradiation, identification de matériaux de remplacement) ;
- les méthodes de contrôle non destructif.

Optimisation des combustibles

L'accroissement des performances et du taux de combustion des combustibles UO₂ (60 puis 70 GWj/t aux échéances respectives 2003 et 2006) et Mox (52 GWj/t en 2002 puis 55 GWj/t en 2005) est un objectif essentiel pour EDF, sur les plans économique et stratégique : accroissement de la disponibilité des réacteurs sur le réseau (durées de cycles allongées, suivi de charge), optimisation de l'aval du cycle (réduction des transports de combustibles usés, des quantités retraitées et entreposées).

De plus, ces recherches contribueront au soutien de Framatome, notamment pour son nouveau produit commercial, le combustible Alliance, avec la qualification de l'alliage du matériau de gainage.

Les programmes seront centrés sur :

- la physique et la thermohydraulique des coeurs et des combustibles (utilisation des codes et des boucles d'essais et de qualification) ;
- la tenue de la structure mécanique, des pastilles et de la gaine des combustibles UO_2 et Mox aux sollicitations mécaniques sous écoulement, aux forts taux de combustion, aux transitoires de puissance et aux situations accidentelles ;
- l'amélioration des procédés de fabrication des pastilles du combustible Mox.

Amélioration des procédés de traitement des combustibles usés

Les recherches seront menées en soutien scientifique et technique à Cogema et porteront principalement sur les points suivants :

- l'optimisation de l'outil industriel et du procédé de l'usine de La Hague (configuration permettant de minimiser les coûts de traitement, soutien à la mise en service des nouveaux ateliers - purification du plutonium, compactage des coques et embouts-, vitrification avancée, prévention des mécanismes de vieillissement des composants, développement de moyens de téléopération) ;
- l'adaptation des procédés à l'évolution des combustibles (haut taux de combustion, traitement des combustibles Mox) et gestion du plutonium ;
- recherches en vue de simplifier et d'optimiser le procédé pour la prochaine génération d'usine de retraitement.

De plus, le CEA répondra aux demandes de ses partenaires industriels concernant la caractérisation et la performance des colis, le conditionnement des déchets anciens, la décontamination et l'assainissement, dans une optique de réduction de déchets.

Recherche en soutien aux études de sûreté

Le maintien du parc au meilleur niveau de sûreté est un objectif majeur. Il concerne toutes les recherches destinées à optimiser l'exploitation de l'outil industriel actuel et à progresser dans la prévention et la maîtrise des situations accidentelles.

Les programmes portent principalement sur la thermohydraulique accidentelle (étude du comportement du circuit primaire du réacteur en situation accidentelle depuis l'apparition d'une brèche jusqu'au dénoyage du cœur), ainsi que sur la compréhension et la maîtrise des accidents sévères (formation d'un corium à partir de la fusion des matériaux du cœur, réaction corium-eau, comportement de l'hydrogène dans l'enceinte). La compréhension de ces phénomènes représente un enjeu scientifique important, pour lequel le CEA a acquis une compétence de niveau international.

Les travaux s'inscriront dans le cadre de nouvelles relations contractuelles avec l'IRSN en cours de création, et en coopération avec EDF.

Recherches sur la gestion des déchets radioactifs et la maîtrise de l'impact des activités nucléaires

Gestion des déchets radioactifs

L'activité du CEA englobera l'ensemble des déchets à vie longue, de haute, moyenne ou faible activité.

Le CEA devra être en mesure de proposer des modes de gestion des déchets qui permettront d'éclairer les décisions du parlement et du gouvernement, à l'échéance 2006 prévue par les articles L.542-I et suivants du Code de l'environnement (ancienne loi du 30 décembre 1991).

Dans ce cadre, le CEA :

- conduit les études sur la séparation et la transmutation des éléments à vie longue en vue d'évaluer et d'établir la faisabilité de procédés permettant de réduire significativement la quantité et la nocivité des déchets ;
- conduit les études sur le conditionnement des déchets contenant des radionucléides à vie longue et de haute activité, en vue de créer des procédés garantissant leur confinement durable et la possibilité de reprise en toute sûreté, dans une perspective d'entreposage de longue durée et de stockage en formation géologique profonde ;
- conduit les études pour mettre au point les procédés d'entreposage de longue durée des déchets radioactifs en surface ou sub-surface ;
- contribue, en liaison avec l'Andra, aux études sur le stockage en couche géologique profonde en intégrant les exigences de réversibilité.

Les modes de gestion proposés seront complétés par les informations techniques et les ordres de grandeur économiques nécessaires pour éclairer les décisions à prendre à partir de 2006.

Dans le détail, les objectifs visés seront :

- la démonstration de faisabilité technique du procédé de séparation poussée des radionucléides à vie longue que le CEA a récemment développé ;
- l'évaluation des performances de la transmutation selon différents scénarios dans des réacteurs critiques ou sous-critiques, dont les études de faisabilité seront poursuivies en coopération internationale ;
- les travaux de R&D visant à mettre au point un conditionnement spécifique pour certains radionucléides à vie longue après leur séparation ;
- la définition des caractéristiques techniques à retenir pour les réacteurs futurs afin de minimiser la production de déchets à vie longue ;
- la conception et la mise au point de conteneurs pour les combustibles usés et les déchets à vie longue, en vue de l'entreposage et du stockage, à partir des spécifications et de la faisabilité déjà établies ;
- les études de définition d'installations d'entreposage de longue durée, à partir des études préliminaires effectuées en 1999 et 2000 ;
- la mise au point de procédés de traitement et de conditionnement pour tous types de déchets radioactifs n'ayant pas encore de filière industrielle ;
- l'évaluation du comportement à long terme des colis et la mise au point des procédés de caractérisation et de contrôle en complément des travaux antérieurs pour les nouvelles définitions.

Le CEA apportera à l'Andra son soutien scientifique pour l'étude du stockage, notamment dans les domaines des matériaux, de la géochimie, de la modélisation du stockage, et des techniques de caractérisation et d'instrumentation utiles pour les expérimentations en laboratoire souterrain.

Pour l'ensemble des recherches sur la gestion des déchets radioactifs, le CEA poursuivra ses efforts de coopérations européennes et internationales. Il collaborera avec l'Andra, le CNRS et les universités et les partenaires industriels EDF, Cogema et Framatome, notamment dans le cadre du Comité de suivi des recherches sur l'aval du cycle (Cosrac) animé par le ministère de la Recherche. Les programmes et leurs résultats seront, comme par le passé, soumis pour évaluation à la Commission nationale d'évaluation. Le suivi de ses recommandations sera pris en compte de manière continue dans la conduite des programmes.

Maîtrise de l'impact des activités nucléaires

Les activités nucléaires reposent sur une conception des installations et des méthodes d'exploitation prenant en compte les exigences de sûreté et de maîtrise de l'impact sur l'homme et sur l'environnement. De grands progrès sont possibles, quant à l'amélioration des connaissances sur les transferts des polluants et sur leurs effets sur le vivant. Le CEA portera ses efforts plus particulièrement sur la modélisation et les études d'impact : fiabilité des installations, migration des polluants, comparaison de l'impact potentiel des stratégies énergétiques sur la santé et l'environnement. Ces travaux seront menés en liaison avec le futur IRSN.

De plus, les recherches, qui viseront à minimiser les rejets, les effluents et les déchets des installations nucléaires, contribueront à la démarche de progrès continu de sûreté dans l'exploitation des installations, la conception des nouveaux systèmes à tous les niveaux du cycle du combustible et de la production, ainsi que dans les opérations d'assainissement et le démantèlement.

Le CEA soutiendra les industriels dans leurs opérations d'assainissement/démantèlement, en cherchant à réduire les coûts, la dosimétrie et les déchets induits. A cette fin, il mènera des recherches sur la caractérisation radiologique et les moyens de mesure et développera des matériels et des outillages télé-opérés, pour ses besoins propres et pour les besoins des partenaires industriels.

L'ensemble des recherches menées par le CEA sur la gestion des déchets à vie longue, la réduction des rejets et les opérations d'assainissement et de démantèlement, bénéficiera aux partenaires industriels pour les offres commerciales à l'international dans ce domaine.

Conceptions de nouveaux systèmes : énergie nucléaire du futur

Le CEA développera les éléments-clés qui permettront de préparer les nouveaux modes de production de l'énergie nucléaire.

EPR

Le CEA apportera, à l'horizon 2002-2003 et en réponse à la demande des industriels et des pouvoirs publics, les éléments d'expertise scientifique et technique qui leur sont nécessaires dans l'optique d'une décision concernant la construction en France d'un réacteur EPR. Il apportera, de même, un soutien technique à Framatome pour le marché à l'international. Les recherches porteront sur l'optimisation de la consommation du plutonium dans EPR, les études de systèmes, composants et matériaux, la sûreté (accidents graves) et l'évaluation des projets industriels concurrents (réacteurs bouillants notamment).

Maîtrise du plutonium dans les réacteurs à eau

Les recherches sur la maîtrise du plutonium dans les réacteurs à eau se concentreront sur les intérêts économiques et environnementaux du développement de nouveaux combustibles avancés au plutonium, permettant d'aller au-delà du mono-recyclage du plutonium tel qu'il est mis en œuvre industriellement dans le parc, et de le multiplier, afin d'en réduire la quantité.

Innovations pour les systèmes futurs (réacteurs, cycle du combustible)

Pour la préparation du futur, le CEA focalisera ses recherches à moyen et long terme sur la conception et l'évaluation de nouveaux systèmes (réacteurs)-(cycle du combustible) et les technologies-clés sur lesquelles ils reposent. Les critères à retenir seront les suivants :

- compétitivité économique renforcée (réduction des coûts d'investissement et de la durée de construction, notamment) ;
- sûreté encore accrue (combustibles et matériaux offrant une très grande résistance en situation accidentelle, concept de sûreté passive) ;
- réduction considérable des déchets radioactifs à vie longue (durée de vie, activité, volume) ;
- utilisation optimale du contenu énergétique du combustible ;
- conception qui limite encore davantage les risques de prolifération ;
- aptitude à d'autres utilisations (production d'hydrogène, dessalement...).

Le CEA développera les recherches nécessaires à l'évaluation des points durs technologiques des options innovantes possibles. Au regard des critères précédents, il portera une attention particulière aux réacteurs à haute température à caloporteur gaz et donc aux éléments clés associés à cette technique : les combustibles réfractaires à forte capacité de confinement, les procédés spécifiques de traitement des combustibles, les matériaux de structure capables de résister aux hautes températures et aux fortes irradiations, les circuits de gaz à haute température.

D'autres options feront aussi l'objet d'investigations : les réacteurs à eau sous pression modulaires et entièrement passifs, les réacteurs aux métaux liquides ou à sels fondus.

Ces recherches devront s'intégrer dans une importante dynamique de coopération internationale (Génération IV, coopérations bilatérales avec US/DOE, le Japon, la Russie). Le CEA mènera ces recherches à moyen et long terme. Il en assurera la majorité du financement, dans une démarche de concertation stratégique avec ses partenaires.

Etudes et recherches sur les procédés d'enrichissement

L'accent sera mis sur les recherches concernant l'ultracentrifugation pour succéder à moyen terme à la diffusion gazeuse. Ces recherches s'appuieront au maximum sur les compétences et les moyens existants, en France et à l'étranger, en les complétant par une démarche théorique et expérimentale, notamment dans les domaines des matériaux, des procédés d'élaboration, de la modélisation aérodynamique et thermique, de l'instrumentation et des méthodes de diagnostic, ainsi que pour la mise en œuvre d'essais d'intégration.

S'agissant du procédé Silva, le CEA mènera un programme qui s'achèvera fin 2003 par la démonstration scientifique et technique impliquant une intégration du système, pour préserver les acquis et la possibilité de reprise ultérieure du programme.

Simulation numérique et moyens expérimentaux

Comme dans d'autres domaines scientifiques et technologiques (physique fondamentale, armes nucléaires, météorologie) ou industriels (aéronautique, sécurité automobile), la simulation numérique constitue désormais un outil entièrement intégré pour comprendre et prévoir les phénomènes, pour concevoir, qualifier et certifier les systèmes et produits industriels, ce qui constitue pour eux un avantage compétitif. Elle permet en effet de transposer à l'échelle industrielle des expériences de laboratoire ou de les extrapoler dans les domaines inaccessibles à l'expérience (très longues durées, conditions extrêmes, grande multiplicité de scénarios possibles). Le CEA mettra à profit ces techniques de simulation numérique (modélisation, méthodes de résolution, puissance de calcul) pour ses propres besoins comme pour ceux d'industriels (EDF, Framatome, Cogema).

Modélisation et recherche de base

- approfondissement des mécanismes élémentaires intervenant dans la conception et le comportement des matériaux (simulation numérique des comportements macroscopiques en partant de l'échelle atomique), des phénomènes neutroniques, thermo-hydro-mécaniques et chimiques, tels qu'ils se produisent dans les réacteurs et les installations du cycle (y compris lors des accidents sévères) ;
- modélisation du comportement à long terme des installations d'entreposage et de stockage, et des transferts de radionucléides dans l'environnement ;
- mise en cohérence des niveaux de modélisation atteints dans les différentes disciplines nécessaires à la description couplée des phénomènes.

Outil de simulation numérique

Les modèles scientifiques correspondants seront intégrés dans les systèmes logiciels de nouvelle génération, ou dans les nouvelles versions des codes existants. Cette démarche permettra d'atteindre une meilleure représentativité des modèles et des simulations en vue d'offrir aux concepteurs une meilleure évaluation de leurs marges d'incertitudes.

Validation expérimentale

La mise au point des méthodologies de simulation s'appuie sur des essais analytiques de validation dans lesquels il faut isoler et étudier les phénomènes physiques et chimiques considérés. Le CEA renforcera les bases scientifiques des essais (accélérés et/ou en nombre limité), afin d'optimiser les expérimentations, notamment en actif. Les essais feront appel aux grands moyens expérimentaux et à leur instrumentation propre : laboratoires chauds, réacteurs expérimentaux et maquettes critiques (Osiris, Phenix, Eole, Masurca et Minerve).

Un plan global de gestion optimisée des moyens expérimentaux, mis à jour courant 2001 et présenté au Conseil d'administration du CEA, coordonnera :

- la réalisation des installations nouvelles nécessaires (il est notamment prévu d'engager les travaux de préparation de l'avant-projet détaillé du réacteur Jules Horowitz en 2002) ;
- la réalisation des travaux de rénovation dans les installations qui le nécessitent et la mise à l'arrêt des installations anciennes.

Stratégie d'assainissement et de démantèlement

Outre les travaux de R&D mentionnés précédemment, les programmes d'assainissement et de démantèlement comportent trois volets :

- la mise en place d'un ensemble complet de filières de traitement, de transport, d'élimination ou d'entreposage des effluents, déchets et matières nucléaires sans emploi ;
- l'assainissement des centres et la maîtrise des risques de dispersion de matières radioactives ;
- la maîtrise technique et financière des opérations d'assainissement et de démantèlement d'installations.

Le CEA mettra en place des méthodes de financement qui permettront de couvrir les dépenses futures. En particulier, le financement des opérations de démantèlement des installations anciennes sera adossé à la constitution d'un fonds dédié (cf chapitre 3.1).

Assainissement des centres et démantèlement des installations anciennes

Il s'agira de poursuivre l'assainissement des centres et de démontrer la capacité du CEA à maîtriser ces opérations ainsi que celles de démantèlement, en s'assurant de la cohérence globale des plans d'investissement des équipements pour la R&D et de ceux destinés aux filières de déchets ainsi que du plan d'assainissement/démantèlement.

Le calendrier d'assainissement des installations nucléaires auquel s'engage le CEA fait l'objet de jalons présentés au point 4. En outre, parmi les opérations qui débiteront pendant la durée du contrat : la reprise des déchets en tranchée à Cadarache (2001), la construction de l'installation de cimentation des effluents liquides à Saclay (2002) et la construction de l'installation de traitement des déchets contaminés au sodium (Atena) à Marcoule (2003).

Gestion des déchets radioactifs des centres du CEA

Il s'agira de disposer d'un système complet de filières de traitement, transport, élimination ou entreposage des effluents, pour les déchets et matières nucléaires sans emploi, qui soit économiquement optimisé. Un rapport annuel d'avancement de ces travaux sera produit et soumis à l'information du Conseil d'administration du CEA.

2.2 Recherche et technologie pour l'innovation industrielle

Nouvelles technologies de l'énergie

La France comme l'Europe souhaitent développer l'utilisation des énergies renouvelables et encourager la maîtrise de l'énergie. Le succès de ces politiques nécessite l'amélioration de la compétitivité économique, de la disponibilité et du stockage des énergies nouvelles. Le CEA intensifiera son programme sur les nouvelles technologies de l'énergie dans les trois domaines suivants :

Hydrogène et piles à combustible (PEMFC, SOFC)

Les études porteront sur la production, le stockage, le transport, et l'utilisation (directe ou dans les piles à combustibles) de l'hydrogène, vecteur énergétique potentiel pour les transports, le stationnaire et le portable. Dans une approche "système" avec l'Ademe, le CEA prendra en compte la sûreté et le cycle complet pour participer à la mise en place d'une économie de l'hydrogène rentable. S'agissant des piles PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell), les recherches porteront, en particulier, sur l'amélioration des performances physico-chimiques, la durée des membranes et des électrodes, l'optimisation des plaques bipolaires, la recherche d'un fonctionnement à plus haute température. Pour les piles SOFC (Solid Oxide Fuel Cell), les recherches porteront sur les matériaux céramiques conducteurs à plus faible température.

Photovoltaïque et stockage

Les études photovoltaïques seront intensifiées sur les matériaux minéraux et organiques ; elles viseront à réduire le coût des dispositifs (amélioration du rendement de conversion et abaissement du coût de fabrication) et à optimiser la gestion d'un système énergétique complet. Pour le stockage, la priorité sera de stocker le maximum d'énergie dans le minimum de volume et de masse avec, comme exemple d'application, des micro-batteries pour cartes à puces et étiquettes intelligentes.

Utilisation rationnelle de l'énergie

Les études allieront la modélisation des systèmes thermiques et thermo-hydrauliques aux dispositifs électroniques très avancés pour réduire la consommation énergétique des systèmes.

Technologies pour l'information et la communication

Le CEA mènera ses recherches sur les technologies pour l'information et les télécommunications au Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information (Léti), pivot du pôle d'innovation en micro- et nanotechnologies (Grenoble), ainsi qu'au Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies (List), autour duquel se structure un pôle d'instrumentation et de systèmes complexes (Ile de France Sud). Près des trois-quarts des moyens consacrés à la Recherche technologique sont affectés à ces domaines.

Dans le domaine des micro- et nanotechnologies, le CEA et l'Institut national polytechnique de Grenoble (INPG), auxquels sont associés l'Université Joseph Fourier, le CNRS et l'Inria et d'autres partenaires, ont le projet de créer à Grenoble, avec le soutien des collectivités locales et régionales, un pôle d'innovation en micro- et nanotechnologies, de dimension européenne, comparable à celle de l'Imec à Louvain. Ce pôle englobera les trois volets de l'enseignement, de la recherche (amont et appliquée) et de la valorisation industrielle, permettant ainsi de couvrir l'ensemble du processus d'innovation depuis l'idée jusqu'à la réalité industrielle. Il aura pour vocation d'accueillir les entreprises ainsi que les laboratoires communs développés en partenariat avec les industriels, aux niveaux tant local et national qu'euro-péen ou international. Il est prévu que ce pôle technologique accueille plus de 1000 élèves-ingénieurs, 500 stagiaires, 400 enseignants et plus de 2000 chercheurs, ingénieurs et techniciens des organismes publics de recherche et de l'industrie.

Dans le domaine de l'intégration des systèmes et des technologies, le CEA augmentera son activité systèmes, associant le logiciel et le matériel, dans le cadre du projet List en Ile-de-France. Il s'agira d'intégrer des technologies, issues du CEA ou d'autres organismes, pour réaliser des macrosystèmes ou des briques de systèmes innovants qui répondent aux besoins de l'industrie sur trois points : la performance, la sécurité et la convivialité. Le projet List,

conduit en étroite coopération avec l'Inria, sera conçu avec des équipes de recherches universitaires, CNRS et industrielles. Cette démarche prend en compte la montée en puissance des systèmes associant composants et logiciel pour aboutir à des produits de forte valeur ajoutée.

Le CEA conduira de plus en plus les projets de recherche technologique (de base ou de développements appliqués) dans le cadre de plates-formes ouvertes. A Grenoble, ces plates-formes concernent la microélectronique du futur (Plato), les composants de puissance (Alternative SiC), l'assemblage de composants de micro-optique (Platimo), la communication sans fil de microsystèmes interactifs (Winners). A Fontenay-aux-Roses et à Saclay, elles sont dédiées aux technologies des systèmes embarqués et aux utilisations de la réalité virtuelle (cybercentre).

Les collaborations amont dans le domaine des NTIC se renforceront avec les laboratoires universitaires, le CNRS, les grandes écoles d'ingénieurs, l'Inria, l'Inserm, dans le cadre des projets sélectionnés par des réseaux nationaux (RMNT, RNRT, RNTL et RNTS, notamment), des CNRT ou encore de centres de projets et de laboratoires communs tels que : le Centre de projets en microélectronique avancée (CPMA), le Laboratoire des technologies de la microélectronique (LTM) ou le laboratoire de micromagnétisme en création dans le cadre du pôle de micro- et nanotechnologies.

Enfin, le CEA participera aux regroupements des équipes françaises du secteur des NTIC afin de constituer des réseaux d'excellence reconnus au niveau européen, en particulier dans le cadre du 6^{ème} PCRD. Il renforcera, en outre, sa participation aux programmes et initiatives européens où il est déjà présent : en micro-électronique avancée, il anime le réseau Euraccess, aux côtés de l'Imec ; dans le domaine des microsystèmes, il participe au "Manufacturing Cluster" du CSEM et coordonne le "MOEMS Competence Center" (Micro Opto Electromechanical Systems) pour les applications en télécommunications.

Micro- et nanotechnologies

Composants micro-électroniques et micro-optiques

En **micro-électronique**, le CEA assurera son rôle de soutien à STMicroelectronics, en particulier dans le cadre de Crolles II, pour le passage à des techniques de fabrication avec des plaques de silicium de 300 mm de diamètre. La collaboration contractuelle entre le CEA et STMicroelectronics a été étendue aux composants passifs intégrés, pour développer des Systems On Chip radiofréquence, ainsi qu'aux circuits SOI pour développer des circuits de télécommunications de faible consommation. Une renégociation de l'accord cadre pour la période 2004-2008 sera entreprise à l'échéance de l'actuel accord qui se termine en 2003. Une collaboration pluriannuelle s'est également engagée en 2000 entre le CEA et Texas Instrumentation dans le domaine des circuits rapides sur SOI.

En micro et nano-électronique du futur, les recherches s'appuieront sur la plate-forme technologique ouverte Plato, le centre de projet en micro-électronique CPMA qui sera étendu aux centres de compétences nationaux (Laas, IEF, IEMN...). Pour les quatre ans à venir, les axes de recherche concernent les ruptures technologiques pour les générations CMOS sub 0,1 μm , le CMOS ultime (0,03 μm à 0,05 μm), les solutions alternatives au CMOS.

En **micro-optique**, les MOEMS sont devenus des composants stratégiques pour la gestion des réseaux à fibres optiques. Ces composants font en France l'objet de recherches et de développements industriels de qualité notamment au sein d'Alcatel et de plusieurs start-up. La mise en place d'un laboratoire commun avec Opsitech focalise l'effort du CEA sur l'application "télécom". L'objectif premier est d'aider Opsitech à mettre sur le marché les produits basés sur la technologie CEA ; le deuxième est de développer la nouvelle génération de composants complexes appelés "brasseurs optiques", qui devraient être demandés par le marché sous trois ans. Enfin, des développements amont sont maintenus dans le domaine de l'optique adaptative, avec un fort couplage avec l'amont (INPG, CNRS) pour la modélisation des actionneurs.

Microsystèmes

La forte demande du marché pour des circuits intégrés de plus en plus spécialisés (Systems On Chip) bénéficie des procédés de fabrication collectifs, hérités de la micro-électronique. Ceux-ci permettent de réaliser des composants intégrant des fonctions complexes à des coûts unitaires très faibles. Les travaux sur les capteurs physiques, composants passifs, capteurs chimiques, microbolomètres, procédés de réalisation de substrats SOI, microlasers, couches minces optiques, susciteront de nouveaux transferts et accords de licence et de nouvelles créations d'entreprises.

Les principaux thèmes de recherche sur les microsystèmes répondent à des demandes provenant principalement des secteurs des télécommunications RF, des communications optiques, et du domaine de la santé.

Composants, architectures et systèmes de télécommunications

Le CEA travaille avec des opérateurs (France Telecom), des fabricants de systèmes (Alcatel, Nokia, Ericsson, Sagem), et des fondeurs (STMicroelectronics, Philips, Infineon, Alcatel Microelectronics, Atmel). Parmi les projets qui devraient aboutir à des transferts industriels dans les quatre ans, citons :

- les équipements de boucles locales d'abonnés, les transmissions satellitaires ou encore les modems à très haut débit sur support câble coaxial ou réseau électrique qui sont basés sur des architectures DSSS/CDMA avancées ;
- les antennes "intelligentes" pour terminaux mobiles, à portée et autonomie accrues.

À l'initiative de STMicroelectronics, le CEA et France Telecom R&D ont conclu fin 2000 un accord pour bâtir en commun une plate-forme européenne afin de valider en avance de phase de nouveaux concepts de produits et de services dans le domaine des NTIC. Les principaux projets sont la mise en réseau de capteurs/détecteurs multiples faible distance et faible débit, la communication de systèmes médicaux implantés, l'usage d'objets communicants dans le cadre de l'aide médicale à domicile, la télé-alimentation et le stockage d'énergie dans des objets communicants de type carte à puce et l'utilisation des étiquettes intelligentes dans la grande distribution. Les compétences en microtechnologies du CEA, associées à des compétences logicielles d'autres organismes de recherche permettront l'intégration entre matériel et logiciel, cœur de tous ces objets.

Stockage, affichage et archivage

Le CEA renforcera sa coopération avec MPO, dans le cadre du laboratoire commun créé en 2000, dans le domaine du stockage de masse multimédia. MPO, Thomson, Philips et le CEA se concertent actuellement pour proposer un standard pour les systèmes de lecture des DVD Ram. Des technologies d'enregistrement ultra haute densité sont à l'étude, notamment l'écriture et la lecture dans des matériaux à changement de phase par des micropointes. Enfin, dans le domaine des écrans plats, le CEA travaille dans deux directions : les tubes cathodiques plats, les écrans robustes pour terminaux portables.

Biopuces

En miniaturisant les essais et en offrant la possibilité d'accumuler en un temps très court de grandes quantités d'informations, les biopuces sont un outil qui permettra d'accéder au génome entier et à son expression, en temps réel. Le développement des biopuces ADN et de laboratoires intégrés sur la puce (Lab-On-Chip) permet d'envisager l'analyse fonctionnelle du génome et du protéome de différentes espèces. Le CEA poursuivra le programme "Biopuces" en développant les partenariats industriels du secteur des biotechnologies.

Instrumentation et systèmes complexes

Les systèmes enfouis sont de plus en plus présents dans notre environnement (automobiles, téléphone portable, ferroviaire, aéronautique ...). Ces systèmes sont interconnectés et interagissent à travers des réseaux. Il faut s'assurer de la validité des échanges (confidentialité, sécurité) dans un environnement où la vitesse et la quantité de données échangées croissent très rapidement. Leur convivialité est un facteur important de leur acceptation par les utilisateurs.

Sûreté des systèmes programmés

Les recherches du CEA porteront sur les problématiques de systèmes temps réel multitâches, vérification et conception, analyse et preuves sur codes sources, ainsi que sur la validation et sur le test sur systèmes. Les partenaires industriels sont EDF, Framatome, EADS, PSA, Cnes, ainsi que les laboratoires de l'Ecole Polytechnique, l'ENS, l'Inria (Rennes, Rocquencourt) et Verimag.

Dans le prolongement de l'action sur ces gros systèmes, l'application à la sécurisation des cartes à puces, intégrant les outils de vérification par preuve formelle et de sûreté des systèmes programmés, à la fois pour la conception et la vérification des fonctions visées, est à l'étude. Cette dernière activité est fortement renforcée par la mise en

place du Centre d'évaluation de la sécurité des technologies de l'information (Cesti) et de premiers contacts sont en cours avec Gemplus et Schlumberger.

Systèmes numériques de haute performance

Les recherches se concentreront sur les points suivants :

- les applications déjà achevées ou en cours d'étude qui concernent le suivi dynamique par traitement d'images temps réel, la reconstruction 3D et le contrôle dimensionnel 3D de haute précision. La performance est liée à l'association entre les architectures parallèles et les technologies de la microélectronique avancée. Les partenaires industriels sont Sagem, la DGA, STMicroelectronics et Thomson ;
- le développement de calculateurs à architectures reconfigurables permettant à l'architecture système d'offrir, de manière dynamique, la configuration optimum à un instant donné ;
- le développement d'outils conjoints de co-design matériel et logiciel : deux projets Epicure et Acotris ont été retenus dans le cadre du réseau RNTL ;
- le développement d'outils pour l'indexation des données multimedia (son, image, vidéo, texte). Les partenaires industriels sont des PME telles que Trivium, Elsag ainsi que des laboratoires de l'Inria (Rennes).

Détection et instrumentation

Dans le domaine de la détection, l'utilisation de microtechnologies permettra la réalisation de rétines infrarouges de 320 par 240 pixels à faible coût pour des marchés importants comme l'automobile, la sécurité, la maintenance industrielle... Le développement des capteurs à fibres optiques ouvre également des perspectives pour le contrôle des déformations *in situ* des structures (aéronautique, bâtiment). Ces réalisations concernent le contrôle industriel, la santé et l'environnement.

Le contrôle non destructif à base d'ultrasons, de courants de Foucault ou de rayons X, est un domaine d'excellence du CEA qui développera des procédés de CND avec les industriels du nucléaire et avec les industriels EADS, Snecma, PSA, Renault. Le GIE Multi 2000 développera l'industrialisation de l'ensemble d'un système de tests par multi-éléments ultrasons.

L'imagerie médicale utilisant différents types de rayonnements se développera à partir de la combinaison des compétences dans le domaine des détecteurs grande surface, du traitement du signal et du traitement d'image associés. L'objectif principal reste l'appui au tissu industriel français en cours de reconstruction.

L'instrumentation et la détection nucléaire, domaines dans lesquels le CEA a depuis longtemps une grande expérience, permettent de donner aux industriels du nucléaire les moyens pour les opérations de contrôle de procédés ou de réacteurs, de maintenance, d'assainissement,... Les partenaires sont Cogema, EDF, Eurisys Mesures...

Interfaces homme/machine

Ce secteur concerne le nucléaire (préparation des missions de démantèlement : interfaces homme/machine évolués, bras-maître hydraulique, téléopération à grande distance) et le non nucléaire (salles immersives, réalité virtuelle et simulation d'opérations industrielles). Deux projets incluant le CEA (interfaces pour le bureau d'études du futur et capture du mouvement) ont été retenus dans le cadre du réseau RNTL. Les programmes seront axés sur l'homme qui agit dans un espace virtuel, ou réel direct ou déporté (télétransmission, rendu haptique, télé-présence, systèmes embarqués, ...).

Technologies des matériaux

Les matériaux jouent un rôle clef dans la quasi-totalité des applications industrielles. La maîtrise de leurs propriétés est donc essentielle. Ils interviennent dans plusieurs domaines de recherches du CEA comme le nucléaire, les nouvelles technologies pour l'énergie, les technologies de l'information et la communication,... Le CEA concentrera ses efforts sur les domaines suivants :

Matériaux émergents

L'utilisation en production de nouveaux matériaux (matériaux nanostructurés, alliages spéciaux, céramiques fonctionnelles et structurales, multimatériaux et notamment multicouches, matériaux modifiés par irradiation...) impliquera la mise au point ou l'évolution des procédés associés (métallurgie des poudres, matériaux à mémoire de forme, céramiques nanostructurées, ...). Les recherches seront orientées notamment sur les matériaux allégeant les structures et sur les matériaux "intelligents" (prototype de peau tactile prévu pour 2003).

Procédés émergents

Le développement de procédés, leur simulation pour accélérer la phase de prototypage, ainsi que la modélisation du comportement des structures résultantes pour fiabiliser les composants finaux et prédire leur durée de vie, répond à une forte demande des industriels du nucléaire, des transports (dont principalement l'aéronautique et l'automobile). Cela concerne les différentes techniques d'assemblage : soudage mais aussi brasage et assemblage par diffusion, ainsi que collage. Au sein de cette thématique la demande est également forte pour les procédés de mise en forme et d'usinage rapides et intelligents (métallurgie des poudres...), mais aussi pour les traitements de surface (PVD, CVD, laser, ...).

Modélisation et simulation

Le CEA amplifiera le développement des approches prédictives, basées sur la modélisation (jusqu'aux calculs ab initio) pour concevoir des matériaux nouveaux, multifonctionnels, à partir de la connaissance de leurs propriétés nano- et microscopiques et des progrès dans la compréhension de la transition micro-macro (simulation multi-échelles).

2.3 Recherche fondamentale

Recherche fondamentale pour l'énergie

Chimie, physico-chimie et interaction rayonnement-matière

L'approfondissement des connaissances de base génériques pour la chimie séparative au sens large sera poursuivi. Cette chimie concerne aussi bien la phase liquide (extraction-séparation dans les solutions complexes, contenant par exemple des lanthanides et des actinides) que la phase solide (verres, solides poreux contenant des mélanges d'espèces chimiques sous des formes diverses). Les études prendront aussi en compte la physico-chimie des phénomènes d'interfaces, essentielle pour rendre compte des situations réelles (extraction liquide-liquide, lixiviation ...).

On cherchera à mieux comprendre les processus fondamentaux par lesquels les rayonnements (particules chargées, neutrons, photons) déposent de l'énergie dans la matière et à prédire le comportement de la matière soumise à ces rayonnements. Ces données sont essentielles pour la compréhension du comportement et du vieillissement des matériaux irradiés (isolants organiques, extractants, matrices de conditionnement et matériaux de barrière).

Un effort particulier sera mis sur la chimie sous rayonnement, avec l'exploitation d'un nouvel accélérateur de radio-lyse pour étudier les effets d'irradiation par les électrons de solutions (formation de radicaux) et d'interfaces liquide/solide, dans des conditions non usuelles (température, pression, pH, milieux à force ionique élevée etc...). Des études de modélisation de ces effets seront menées en parallèle pour les extrapoler aux conditions réelles des installations.

Un effort sera aussi porté sur l'interaction du rayonnement UV et X avec des molécules biologiques, par exemple l'ADN, grâce à de nouvelles sources lasers et au rayonnement synchrotron.

Spallation-transmutation

Le traitement futur des déchets nucléaires à vie longue requiert des recherches de base suivant deux lignes principales :

- la première concerne l'obtention des données physiques (sections efficaces neutroniques en particulier) nécessaires à une évaluation précise des performances des futurs systèmes incinérateurs. Ces mesures seront effectuées sur diverses installations, l'accent étant mis principalement sur la ligne N-Tof (Neutron-Time of Flight) au Cern et à l'ILL (réacteur à haut flux de Grenoble) ;

- la deuxième concerne la réalisation de la partie basse énergie (5 MeV) d'un futur accélérateur de protons de haute intensité (100 mA, 1 GeV) : projet Iphi-5 MeV. En effet, l'impact de protons de 1 GeV sur des cibles appropriées permet de produire par spallation des faisceaux intenses de neutrons requis pour la transmutation des déchets nucléaires. Un tel dispositif peut aussi produire des faisceaux de muons ou d'ions exotiques intéressant les physiciens des particules et les physiciens nucléaires. Il faut noter que les neutrons produits peuvent aussi être utilisés par des physiciens de la matière condensée et des sciences de la vie. Ainsi, la réalisation d'Iphi, en collaboration avec le CNRS-IN2P3, apparaît comme une priorité forte, puisqu'il s'agit d'un point de passage obligé pour la réalisation d'installations à finalités diverses, où le CEA peut apporter une contribution majeure du fait de sa compétence accélérateurs.

Le CEA explorera la faisabilité d'un accélérateur de protons de très haute intensité qui puisse être utilisé pour des applications multiples telles qu'une source pulsée intense de neutrons et la transmutation des déchets : projet "Concert" (Combined Neutron Center for European Research and Technology). Le dossier de motivation de l'APS de Concert sera établi en 2001.

Plasma de fusion

La fusion par confinement magnétique offre des perspectives pour la production énergétique du futur, pleinement compatible avec l'exigence de développement durable.

Dans le cadre de l'association Euratom-CEA, le CEA, aura pour objectifs :

- l'étude des décharges longues, tant au plan de la physique que de la technologie. Ces recherches sont menées sur le Tokamak supra-conducteur Tore Supra, machine unique au monde dans ce domaine ;
- une participation active aux expériences menées sur la machine européenne JET. Celle-ci possède actuellement les meilleures performances mondiales en terme de caractéristiques du plasma et peut opérer en deutérium-tritium ;
- la préparation du projet Iter-Feat (démonstration scientifique d'un plasma en combustion stationnaire) dans un cadre en cours de négociation au niveau européen.

Ce programme intégrera de façon cohérente les développements technologiques effectués dans les différents pôles du CEA tels que composants à haut flux, moyens de chauffage, robotique.

Recherche biologique et médicale pour l'énergie nucléaire

Une des préoccupations majeures des industriels, du public et des responsables de santé publique est de cerner qualitativement et quantitativement les effets de faibles doses de rayonnements ou de toxiques. En facilitant l'accès à la compréhension fine des mécanismes biologiques, l'utilisation des techniques ultra-sensibles de la biologie moléculaire et de la génomique permettra de substituer une approche directe à l'extrapolation, aux faibles doses, d'effets constatés à forte dose. En particulier, les équipes du CEA adapteront des dispositifs sur des accélérateurs afin de pouvoir délivrer une dose précise sur un compartiment déterminé d'une cellule unique et analyser sur le plan moléculaire les effets induits. La génomique fonctionnelle permettra quant à elle d'identifier globalement l'état d'activation ou de répression des gènes après une exposition.

En toxicologie nucléaire, le CEA développera une démarche analogue à celle qu'il a adoptée en radiobiologie avec la constitution, en 1994, d'un réseau de laboratoires associant l'ensemble des compétences présentes dans d'autres organismes (CNRS, Inserm, Institut Curie, Institut Gustave Roussy...).

Les collaborations internationales seront renforcées avec les institutions étrangères en charge des recherches en radiobiologie : NIRS (National Institute of Radiological Sciences) au Japon, GSF en Allemagne, DOE (Department of Energy) aux Etats-Unis.

Le CEA développera la recherche amont destinée à répondre aux questions des industriels (Cogema, EDF) et effectuera des recherches appliquées sur les effets biologiques des nouveaux combustibles.

Effets des rayonnements sur le vivant : radiobiologie, radiopathologie

Le CEA appliquera les méthodes d'analyse génomique globale qu'il a développées (biopuces, étude du transcriptome,

du protéome) pour caractériser globalement les effets précoces de l'irradiation, identifier des marqueurs de radiosensibilité et apporter des données nouvelles sur les relations doses/effets. Il mobilisera de nouvelles équipes pour progresser dans la compréhension des mécanismes de réparation de l'ADN, des mécanismes et des spécificités de la réponse aux stress radio-induits, des bases de la prolifération ou de la mort cellulaire radio-induite. Un effort important portera sur les effets génétiques et mutagènes potentiels d'une exposition à des rayonnements ionisants au niveau des cellules germinales, avec la mise en place de nouvelles équipes et la création de laboratoires de recherche correspondants dans les autres organismes ou les universités.

En radiopathologie, la progression vers la compréhension de la radio-cancérogénèse nécessite d'aborder trois questions :

- quelles sont les altérations génomiques initialement induites par les rayonnements ionisants ?
- comment ces altérations sont-elles maintenues pendant des années ?
- quels sont les événements additionnels conduisant au cancer ?

Les recherches seront orientées sur l'étude de l'instabilité génomique radio-induite, l'analyse dans les tissus irradiés du profil des altérations géniques en fonction du débit de dose et la recherche d'indicateurs destinés à l'épidémiologie moléculaire et la caractérisation moléculaire des tumeurs radio-induites.

Toxicologie nucléaire

Le CEA soutiendra, par des actions coordonnées entre ses différentes directions et avec les autres organismes de recherche, le développement de la toxicologie nucléaire (étude des effets d'éléments toxiques intervenant dans les activités nucléaires, qu'il s'agisse de toxiques chimiques ou de radio-toxiques). Les objectifs de ces recherches seront de :

- mieux comprendre l'impact des éléments toxiques utilisés dans la recherche et l'industrie nucléaires, sur l'homme et l'environnement afin d'améliorer le bien-fondé scientifique des concepts de protection ;
- proposer des solutions de prévention, de surveillance et de remédiation (décontamination, décorporation, dépollution).

Les approches, nécessairement pluridisciplinaires, intégreront l'analyse des mécanismes de transfert et d'accumulation dans la biosphère, les voies de pénétration dans les systèmes vivants et les bases biologiques de répartition des composés au sein d'un organisme, en fonction de leurs formes physico-chimiques. Le Service de biochimie post-génomique et toxicologie nucléaire, créé en 2000 à Marcoule, sera plus spécifiquement chargé de développer les approches systématiques pour l'identification et la production des protéines cibles des toxiques nucléaires, afin de permettre leur étude structurale et fonctionnelle au sein d'un réseau de laboratoires.

Sciences du climat et de l'environnement

Dans le cadre du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE - mixte CNRS-CEA) qui est intégré à l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), le CEA apporte sa maîtrise des outils isotopiques et nucléaires et ses compétences en modélisation-simulation. Il concentre ses recherches sur deux axes :

- variabilité des systèmes climatiques à courte échelle (<1000 ans) : certains paramètres doivent encore faire l'objet de recherches actives (comportement des océans, rôle des surfaces continentales...). L'observation des climats du passé visera à améliorer la connaissance de la variabilité naturelle du climat. L'acquisition de séries temporelles de marqueurs climatiques dans différents environnements est une forte priorité stratégique ;
- impact des activités humaines sur l'environnement global : il s'agit de mesurer l'étendue, l'impact et le devenir de la perturbation de l'environnement par l'homme. Pour cela, il faut connaître les cycles du carbone et des composés à effet de serre et les intégrer dans des modèles pronostiques globaux.

On cherchera à pérenniser et à densifier les réseaux d'observation grâce à des systèmes autonomes, à de nouveaux capteurs terrestres, aéroportés ou spatiaux (développés en collaboration avec le pôle de recherche technologique présent au CEA). Ainsi le LSCE jouera un rôle important dans la mise en place, la certification et l'exploitation des réseaux de suivi des gaz à effet de serre (puits et sources) au-dessus des continents.

Recherche de base pour l'innovation industrielle

Nano-objets et nano-physique

On estime que les nanotechnologies présentent un énorme potentiel de développements et d'applications ; leur maîtrise constitue un enjeu majeur. Les systèmes de taille intermédiaire entre l'atome et l'assemblage macroscopique présentent d'ores et déjà des caractéristiques radicalement nouvelles ou améliorées. Il est donc indispensable de comprendre les propriétés électroniques, magnétiques, optiques, mécaniques, ... de ces objets où la mécanique quantique donne lieu à des manifestations sans équivalent aux échelles explorées jusqu'à présent dans la fabrication de composants.

D'une part, l'identification des forces en jeu et des processus élémentaires permettra de maîtriser la nanofabrication d'objets et leur manipulation. D'autre part, les mécanismes d'auto-organisation et l'utilisation de substrats nano-structurés permettront de franchir la barrière des tailles lorsque les procédés lithographiques sont inopérants et de fabriquer en grand nombre.

L'implication des laboratoires du CEA dans Plato et leurs relations avec les industriels les placent dans un environnement tout particulièrement adapté pour développer de nouveaux concepts de composants tels que les mémoires à haute densité, les vannes de spins, les transistors ultimes et les systèmes électroniques moléculaires.

Chimie et ingénierie moléculaire

Le but de la recherche au CEA dans ce domaine est de concevoir de nouvelles molécules ou des assemblages supramoléculaires en vue d'une utilisation précise, en particulier la complexation sélective des ions lourds, la catalyse, la vectorisation de principes actifs et l'électronique moléculaire. Les recherches intégreront les trois échelles d'organisation qui assurent l'adéquation des systèmes moléculaires à la fonction visée.

- A l'échelle moléculaire, le CEA s'intéressera aux molécules "cages" (calixarènes, cyclodextrines) dont la taille peut être ajustée à leur cible et qui peuvent être fonctionnalisées pour servir d'extractants spécifiques ou de vecteurs en milieu biologique.
- A l'échelle supramoléculaire, le CEA concentrera ses efforts sur l'étude des systèmes colloïdaux (solutions micellaires, microémulsions, mélanges de polyélectrolytes, particules minérales en suspension ...) qui interviennent dans de nombreux procédés industriels (extraction liquide-liquide, fabrication des céramiques et des peintures, encapsulage ...). La compréhension des forces d'interactions moléculaires est alors la clé de la stabilité des solutions colloïdales ainsi produites, de la réactivité de ces édifices et des mécanismes de solubilisation.
- A l'échelle macroscopique où se manifestent les propriétés de transport, de conductivité ou de démixtion, se trouvent les grands enjeux industriels pour les polymères conducteurs, les biopuces à ADN ou le retraitement. Pour réaliser ces objectifs, le CEA s'appuiera sur un ensemble unique de compétences en physique-chimie-biologie, associé avec le CNRS et soutenu par l'industrie (Rhodia, IFP, Saint-Gobain).

Sciences des matériaux, du nano au macro

Le développement de technologies nouvelles nécessite la maîtrise amont des matériaux, de leur conception à la prédiction de leur comportement. L'enjeu est donc de développer une science des matériaux destinée à "comprendre et simuler pour prévoir", de portée générale, mais développée en fonction des besoins du CEA. Qu'ils soient massifs ou en couches minces, nombre de propriétés des matériaux et leur évolution sont pilotées par leur structure aux échelles micro et nano-métrique. C'est pourquoi, une fois la relation structure-propriétés élucidée, il devient possible de créer et de contrôler de nouvelles structures dont les propriétés sont choisies en fonction des nouveaux besoins. Dans de nombreux domaines, les laboratoires du CEA ont montré qu'il devient possible de concevoir des matériaux à la carte, par exemple en fonctionnalisant des surfaces par greffage de polymères à l'aide de procédés originaux et dont les applications sont prometteuses.

Le CEA portera un effort tout particulier sur l'étude de la structure des surfaces et interfaces et du comportement dynamique des matériaux magnétiques ou semi-conducteurs. Pour les matériaux de volume, la compréhension globale de la supraconductivité et du magnétisme constitue un objectif conceptuel d'importance majeure, en

vue duquel les laboratoires du CEA disposent de compétences de premier plan. Diverses applications, par exemple dans le domaine médical, sont en cours d'exploration.

Instrumentation et dispositifs cryogéniques

Le CEA participe à la conception et à la réalisation de détecteurs de très haute technologie dans des domaines variés (physique des particules, astrophysique,...). Les connaissances acquises (détecteur à haut flux, bolomètres, cristaux scintillants, durcissement) sont susceptibles d'applications multiples dans des domaines autres que ceux de la recherche fondamentale, qui seront explorés ; par exemple, les détecteurs pour l'imagerie médicale et pour les expériences de diffraction ou diffusion du rayonnement synchrotron qui seront installés sur Soleil.

Certaines expériences de physique nécessitent des développements exceptionnels dans l'architecture des systèmes numériques. Ainsi, un système de sélection rapide d'événements tel que celui de l'expérience Atlas doit être capable de commuter un flux permanent d'information équivalent au trafic téléphonique de l'Europe. De telles exigences conduiront à défricher des voies entièrement nouvelles comme le concept de grille de calcul (Datagrid), en collaboration avec les laboratoires de l'IN2P3.

Dans le domaine du cryomagnétisme, le CEA possède des compétences internationalement reconnues : système cryomagnétique pour Tore Supra, aimants supraconducteurs pour le LHC, bobine à haut champ à la température de l'hélium superfluide, cryoréfrigérateurs spatiaux, cible cryogénique pour le LMJ. Il veillera à ce que ces technologies puissent avoir des développements industriels dans le spatial, les télécommunications ou le transport de l'énergie : cryogénérateurs, aimants supraconducteurs à fort champ pour la RMN au GHz, impulsée par les besoins en imagerie médicale (participation au programme via le Laboratoire des champs magnétiques intenses, franco-allemand, et la société Oxford Instrument), filtres pour stations de téléphonie mobile, électronique supraconductrice, câbles électriques supra à haute température (transport d'électricité)...

Recherche et utilisation des technologies nucléaires pour la santé et les biotechnologies

Les technologies nucléaires, liées au marquage et à la détection de rayonnements, répondent précisément aux besoins de sensibilité et de spécificité des méthodes d'investigation en biologie. Elles permettent in vitro d'appréhender la structure et le fonctionnement du vivant à l'échelon moléculaire et in vivo d'étudier la physiologie des organismes sans en perturber les grands équilibres. Le CEA développera ces recherches en partenariat avec les autres organismes et les universités et participera activement aux réseaux de génopoles.

Marquage des biomolécules, biologie structurale, ingénierie des protéines

Le CEA orientera ses recherches sur :

- la mise au point de nouvelles méthodes de marquage isotopique et moléculaire, mettant en œuvre des approches chimiques, enzymatiques et/ou génétiques, afin d'améliorer la qualité et l'efficacité de la détection ;
- la mise en œuvre conjointe de méthodes d'analyse structurale, de biologie moléculaire, de chimie et de biochimie pour l'ingénierie de protéines aux propriétés nouvelles ;
- l'utilisation du marquage et des rayonnements pour l'étude structurale des macromolécules biologiques, axe développé en association avec le CNRS.

Dans ces domaines, le CEA aura pour objectif de faire bénéficier le reste de la communauté scientifique des innovations méthodologiques en matière de marquage et de détection. Il visera également la création de mini-protéines, d'enzymes ou d'anticorps, utiles dans les domaines de la santé et du diagnostic. Le développement de cet axe s'effectuera dans le cadre d'une unité mixte CEA/BioMérieux créée à Saclay.

La réunion des compétences des équipes de neurovirologie et de pharmacologie du CEA a permis le développement de méthodes de diagnostic ultra-sensibles de l'agent de l'encéphalopathie spongiforme bovine. Le développement de ces tests sera poursuivi et étendu à d'autres tissus et espèces.

En biologie structurale, où l'apport des technologies nucléaires est déterminant (diffraction aux rayons X, diffusion de neutrons, techniques spectroscopiques), le CEA confortera les deux groupements de dimension internationale constitués

d'une part à Grenoble, d'autre part par l'ensemble Orsay/Saclay/Gif-sur-Yvette, qui réunissent les disciplines, les outils (avec notamment le rayonnement synchrotron) et les institutions de recherche concernées par l'analyse structurale des biomolécules, avec des universités fortement impliquées dans les enseignements à l'interface physique/biologie.

Imagerie fonctionnelle des systèmes vivants - médecine nucléaire, résonance magnétique nucléaire

La mise en œuvre de méthodes d'investigation atraumatique, exploitant les développements du marquage isotopique et de l'instrumentation nucléaire, est aujourd'hui indispensable dans les sciences de la cognition ainsi qu'en clinique humaine, notamment psychiatrique, neurologique, cardiologique ou oncologique. Le CEA est le seul centre de recherche en Europe qui regroupe sur un même site l'ensemble des techniques d'imagerie isotopique chez l'homme. Le partenariat avec le CNRS et l'Inserm, et l'existence d'un réseau de plus de 180 chercheurs, techniciens, cliniciens des centres de recherche clinique et des hôpitaux permettent d'assurer un continuum entre recherche fondamentale et recherche clinique. Le CEA est ainsi directement impliqué dans le développement de nouvelles thérapies, où l'imagerie est nécessaire, pour la résolution de grandes questions de santé publiques, en cardiologie, neurologie et oncologie.

Le CEA orientera ses travaux sur les thèmes suivants :

- l'exploration fonctionnelle atraumatique in vivo chez l'homme, avec des études d'imagerie concernant essentiellement le cerveau et le cœur ;
- les études métaboliques post-génomiques : méthodes d'imagerie isotopique et d'analyse in vitro pour analyser globalement et traduire l'immense gisement de la connaissance du génome en information fonctionnelle utilisable en physiologie, physiopathologie ou pharmacologie ;
- les études pharmacologiques : optimisation de la prédiction de la pharmacocinétique et du métabolisme d'un nouveau médicament .

Dans le domaine du cerveau, les recherches se concentreront sur les sciences cognitives, avec la détermination des bases du calcul et du langage. Elles porteront également sur les maladies neuro-dégénératives (maladie d'Alzheimer, maladie de Huntington) et les nouvelles tentatives de traitement par thérapie cellulaire ou génique ainsi que sur les pathologies psychiatriques. Dans le domaine cardiaque, elles porteront essentiellement sur les transplantations cellulaires après infarctus du myocarde. En oncologie, outre la production de fluoro-désoxyglucose pour l'ensemble de la communauté de médecine nucléaire, le CEA se concentrera sur le développement de l'imagerie de l'expression génique. L'association d'équipes de radiochimie, de biologie moléculaire, de médecins et de cliniciens a permis de réaliser les premiers marquage d'acides nucléiques pour leur imagerie in vivo chez l'Homme, constituant une avancée importante pour le développement de la thérapie génique, dont les développements seront intensifiés.

Connaissance de la matière

Noyaux

Les recherches en physique nucléaire au CEA ont pour but d'obtenir une vision unifiée et prédictive de la structure et des propriétés de l'ensemble des noyaux. La priorité du programme expérimental est de mettre en évidence des phénomènes nouveaux dans les noyaux très instables (noyaux exotiques, noyaux superlourds,...).

Les études seront menées au Ganil (Laboratoire commun CEA-IN2P3) sur l'accélérateur existant et sur le faisceau de noyaux exotiques produit par le nouveau dispositif Spiral. Les résultats permettront d'apporter des réponses aux interrogations sur les structures des noyaux dans des états extrêmes.

A haute énergie (physique hadronique), le programme expérimental portera sur l'étude de :

- la structure du nucléon (étude du confinement des quarks et des gluons) : par diffusion de muons au Cern (expérience Compass) et par diffusion d'électrons et de photons au laboratoire Jefferson (USA);
- la transition vers un plasma de quarks et gluons (déconfinement des quarks et des gluons) dans les collisions d'ions lourds ultra-relativistes, avec l'expérience Alice au Cern.

L'ensemble de ces thèmes de recherche s'intègre dans les recommandations du Comité européen de concertation pour la physique nucléaire (NuPECC). Le CEA participera en particulier aux études préparatoires sur la nouvelle génération de faisceaux radioactifs, dans le cadre européen de la collaboration au projet Eurisol.

Particules

La recherche en physique des particules tend vers une unification toujours plus poussée, aussi bien en termes de particules que d'interactions. Dans ce cadre, le CEA participera aux recherches internationales, en se concentrant sur un nombre restreint d'expériences phares. Ses objectifs concerneront les trois champs disciplinaires suivants, où il opère en partenariat étroit avec l'IN2P3 :

- le modèle standard ;
- la violation de CP (Charge Parity) et sa relation avec la présence dans l'univers de matière plutôt que d'antimatière ;
- la masse manquante de l'univers.

Pour le premier point, la préparation de la mise en service du LHC (Large Hadron Collider) au CERN en 2005 constitue un objectif majeur. Les équipes du CEA sont fortement impliquées dans le LHC, aussi bien dans la conception d'éléments de la machine qu'au niveau des grands détecteurs Atlas et CMS. Le CEA continuera aussi à participer au dépouillement des expériences effectuées sur le LEP.

En ce qui concerne la violation de CP, le CEA concentrera ses efforts sur l'exploitation de l'expérience Babar (Slac à Stanford) qui recherche des asymétries dans les taux de désintégrations des mésons B et anti-B.

L'étude de la dynamique des galaxies montre qu'une large part de la matière nous reste inconnue, c'est le problème de la "masse manquante". Elle pourrait être constituée de nouvelles particules (Wimps) que l'on recherche dans le Laboratoire souterrain de Modane (expérience Edelweiss).

Astrophysique

Le CEA se concentrera sur les objectifs suivants, qu'il mènera en partenariat avec l'Insu et l'IN2P3 :

- *la physique des objets compacts* (étoiles à neutrons, trous noirs, naines blanches) qui se révèle par les phénomènes d'accrétion de matière, l'émission de photons à haute énergie, et l'accélération de particules à des vitesses relativistes ;
- *la naissance et l'évolution des étoiles* ;
- *la formation et l'évolution des grandes structures dans l'univers* : il s'agit de la distribution à grande échelle de la matière (visible ou manquante) dans les amas de galaxies et les filaments, ainsi que leurs implications cosmologiques.

Le CEA, dans le cadre de ces recherches qui nécessitent des observations au sol et satellitaires dans des domaines variés de longueurs d'onde, accompagne, conformément au contrat-cadre conclu avec le Cnes, les projets de l'Agence spatiale européenne d'observatoires de rayons X (satellite XMM) et gamma (satellite Integral), infrarouge (satellites Iso et First). Au sol, des dispositifs performants seront mis en place au CFH (camera Megacam, la plus grande camera CCD du monde) et au VLT (dispositif Visir). Ces projets bénéficient des capacités de haute technologie disponibles au Leti dans le domaine des détecteurs et permettent au CEA de jouer un rôle de premier plan dans l'analyse des données.

Les neutrinos jouent un rôle clé en physique des particules et des noyaux, en astrophysique et en cosmologie et pourraient contribuer à la masse manquante de l'univers. Le CEA s'est joint à l'IN2P3 pour proposer le projet de collaboration internationale Antares pour la construction d'un observatoire sous-marin des neutrinos cosmiques.

Plasma lasers

La nouvelle génération de lasers, permettant d'une part la génération d'impulsions ultra-brèves et de très haute puissance, d'autre part la production de haute densité d'énergie, permettra des avancées nouvelles en physique des plasmas :

- *la matière à haute densité d'énergie* : on mesurera des propriétés thermodynamiques des plasmas (opacité au rayonnement, équation d'état) avec des applications dans le domaine des plasmas denses et de l'astrophysique ;
- *la matière sous éclairage extrême* : on cherchera à comprendre les mécanismes d'absorption d'énergie dans le cas où la matière est soumise à un champ très supérieur au champ atomique. Les travaux concernant l'auto-focalisation en régime relativiste d'un faisceau laser et les applications, les sources de rayonnement

cohérentes et incohérentes, seront développés. On recherchera de nouveaux schémas d'accélération d'électrons et de lasers X et on conduira des études de base sur le confinement inertiel.

Physique théorique

L'objectif du CEA en physique théorique est la formulation de nouveaux concepts et l'élaboration d'outils et de modèles mathématiques permettant de comprendre les propriétés de la matière sous toutes ses formes et à toutes les échelles. Le CEA continuera de développer cette activité, par nature pluridisciplinaire et qui profite de la fertilisation croisée entre différents domaines.

Les efforts en physique théorique accompagneront les grands programmes expérimentaux et se développeront dans les domaines suivants : physique des particules et des noyaux, astrophysique, matière condensée, matière molle et systèmes biologiques, physique statistique et systèmes complexes, physique mathématique et simulation numérique.

Grands équipements nationaux et internationaux d'analyse

La recherche sur la structure et les propriétés de la matière condensée, de matériaux complexes artificiels ou naturels et d'objets biologiques, la métrologie des rayonnements et des détecteurs et l'analyse d'ultra-traces nécessitent des sources de neutrons et de photons de haute performance. Les très grands équipements en neutrons (LLB, ILL), et rayonnement synchrotron (Lure, ESRF), qui ont été construits et utilisés en partenariat national (CNRS) ou international, répondent aujourd'hui à la majeure partie des besoins de la communauté française.

La construction de Soleil, avec le CNRS et des partenaires régionaux et internationaux, comme nouvelle source de rayonnement synchrotron complémentaire de l'ESRF et en remplacement de Lure, constituera un objectif majeur à partir de 2001. Le CEA apportera des compétences en physique des accélérateurs et techniques associées (magnétisme, cavités accélératrices supraconductrices, optique des faisceaux, détecteurs) et en conduite de grands projets scientifiques. Le CEA utilisera Soleil pour des recherches fondamentales sur la matière condensée et les sciences du vivant mais aussi dans les domaines du nucléaire civil et de défense ainsi que pour la recherche technologique.

Pour les sources de neutrons qui concernent les réacteurs (LLB, ILL) d'une part, les sources à spallation (projets ESS et Concert) d'autre part, le CEA clarifiera, avec ses partenaires nationaux (CNRS) et européens, la stratégie scientifique à adopter. Il définira les conventions à renouveler et celles à mettre en place.

2.4 Diffusion des connaissances scientifiques et des technologies

Enseignement et formation professionnelle

L'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN), placé sous la co-tutelle du ministère chargé de l'Enseignement supérieur et du ministère de l'Industrie, développera ses actions de formation initiale (BTS, diplôme d'ingénieur en génie atomique, DEA, DESS) dans les disciplines nucléaires. Les enseignements internationaux seront développés, dans le cadre européen et en langue anglaise, en particulier pour les enseignements de génie atomique, de radioprotection, de radiopharmacie et de médecine nucléaire. L'INSTN organisera des sessions de formation permanente pour le personnel de l'industrie nucléaire et des services de médecine nucléaire des hôpitaux. Il s'intégrera dans le processus de contractualisation des établissements d'enseignement supérieur, en préparant son contrat quadriennal avec le ministère en charge de l'Enseignement supérieur, en phase avec la vague D de contractualisation (2002-2005).

Plus généralement, le CEA établira des liens durables de partenariat avec les universités et les grandes écoles, par l'établissement de conventions spécifiques, portant sur l'enseignement ou la recherche, qui compléteront les accords-cadres signés depuis 1997. Il accueillera un nombre croissant de doctorants et de post-doctorants dans ses laboratoires. A cette fin, une collaboration systématique sera établie avec les écoles doctorales des universités partenaires. Les échanges de chercheurs et d'enseignants seront favorisés, de même que l'association de laboratoires du CEA aux universités et la création de laboratoires mixtes ou correspondants. Le CEA veillera à être plus impliqué dans la préparation des contrats quadriennaux des établissements partenaires et la Mission scientifique universitaire sera régulièrement informée du développement de ses relations avec les établissements d'enseignement supérieur.

Création d'entreprises et diffusion technologique

Le CEA apportera son soutien aux PME et PMI dans le transfert de technologies issues de ses activités de recherche. Par le réseau de ses conseillers auprès des délégations régionales de l'Anvar et l'appui d'ingénieurs formés au rôle de consultant en diffusion technologique, il leur fournira l'expertise technologique indispensable à leur développement.

Les centres du CEA joueront un rôle moteur dans la diffusion technologique, au contact des collectivités locales, au niveau des régions (CPER) ou encore dans le cadre des centres nationaux de recherche technologique (CNRT). Le CEA intensifiera son aide à l'émergence et à la création d'entreprises innovantes. Cette aide passe par des participations à des incubateurs et des fonds d'amorçage dans le cadre de son dispositif d'essaimage, par les prises de participation dans les start-up, ainsi que par la participation à des fonds d'investissement tels que Emertec, principalement dédié aux activités de microélectronique, micro- et nanotechnologies, microsystèmes, du contrôle et de la mesure, des matériaux avancés, de la robotique, de la thermique et de la thermo-hydraulique.

Gestion et transfert des savoirs et des savoir-faire

Le CEA met en œuvre les outils disponibles de gestion de la connaissance afin d'améliorer la qualité de son travail de recherche scientifique. Afin de mieux répondre aux besoins internes des chercheurs du CEA, l'utilisation de ces outils sera développée, en particulier les outils permettant le partage, la transmission et la conservation des connaissances, la collecte d'informations stratégiques, scientifiques et techniques, l'auto-formation et le travail coopératif. Le CEA s'associera avec d'autres organismes de recherche, notamment en Ile-de-France (CNRS, Inria) pour permettre, par la complémentarité des travaux réalisés, la constitution d'un pôle d'excellence européen dans les NTIC.

3. GESTION ET MOYENS NECESSAIRES A LA MISE EN ŒUVRE DU CONTRAT

3.1 Des moyens financiers adaptés aux priorités de programmes

La subvention annuelle allouée au CEA au titre de ses programmes civils sera au minimum stabilisée à 6072 MF en francs courants sur l'ensemble de la période du contrat pluriannuel. Ce niveau sera toutefois modifié en cas d'évolution du périmètre de séparation de l'IPSN.

Le CEA adaptera le niveau de ses effectifs en fonction de ses programmes, dans les limites permises par le niveau de ses recettes et dans le respect des engagements pris sur la réduction du temps de travail.

Indépendamment de la subvention, le CEA pourra bénéficier des fonds incitatifs inscrits au BCRD, en fonction des projets qu'il présentera.

Le CEA mobilisera, au-delà de cette subvention, les recettes externes provenant de ses partenariats industriels. Tout en gardant une souplesse au cas par cas, un objectif de cofinancement moyen d'au moins 50% sera recherché pour tous les programmes hors recherches amont.

Il renégociera avec ses grands partenaires industriels (EDF, Framatome, Cogema, Andra) des accords-cadres de R&D fondés sur une vision stratégique partagée, à partir de laquelle seront conclus les accords de recherche aux modalités de financement souples : la part de la contribution financière industrielle sera fixée en fonction des spécificités de la recherche concernée et de son caractère plus ou moins finalisé (depuis 80/20 pour les actions de soutien aux industriels, 50/50 pour les actions d'intérêt commun, jusqu'à 20/80 pour les recherches à long terme). Un partage des gains, sous formes de redevances, sera également prévu. Les renégociations avec Framatome, EDF et l'Andra devront aboutir avant la fin 2001. La négociation avec Cogema devra aboutir au moment de l'expiration de l'actuel accord Cogema-CEA en mai 2003.

La coopération avec les entreprises des NTIC se développera dans le cadre de partenariats "gagnants-gagnants" (partage du risque, partage des gains) avec les industriels. Le CEA veillera, en particulier, à préciser, dès les premières phases des projets, les collaborations en recherche technologique ainsi que les conditions de la propriété industrielle et du partage des gains, au cas par cas et selon un calendrier qui corresponde aux spécificités du domaine concerné.

Indépendamment du financement de ses programmes, le CEA s'efforcera d'associer ses partenaires industriels et de la recherche, de façon pérenne, aux investissements et à leur fin de cycle (assainissement et démantèlement). A cette fin, il constituera avec eux, chaque fois que cela est possible, des structures spécifiques dédiées à la gestion de ces outils.

Le CEA s'efforcera également de valoriser davantage ses résultats de recherches, par une accélération de la pratique systématique des redevances et, dans le cas particulier d'une start-up, par la conversion en capital de ses apports, pour une période limitée dans le temps.

Un fonds dédié au financement du démantèlement des installations civiles du CEA sera constitué en 2001 au sein du CEA. Il sera alimenté par des recettes en provenance de CEA-Industrie et par les contributions des industriels et des partenaires du CEA aux coûts de démantèlement. Chaque année, au Conseil d'administration, lors de la présentation du budget puis de celle de l'arrêté des comptes, le CEA exposera la situation du fonds dédié, notamment le respect du calendrier et du devis des opérations de démantèlement, ainsi que les ressources dégagées pour les réaliser.

L'affectation des moyens aux programmes et recherches du CEA est déclinée dans le tableau en annexe.

3.2 La gestion de la recherche

Grands moyens d'essais (GME) et très grands équipements (TGE)

Les installations de recherche nécessaires à la R&D du CEA représentent des coûts importants d'investissements, d'exploitation, et de démantèlement. Du fait de leur nature spécifique (protection des sites, règles de sûreté nucléaire,...), elles sont caractérisées par des cycles de vie longs. Certaines sont à préparer pour le futur, d'autres à rénover, d'autres encore à arrêter.

Ces équipements sont multiples : laboratoires de fabrication de combustibles, réacteurs expérimentaux, laboratoires de haute activité, stations de traitement des déchets et effluents radioactifs et installations d'entreposage de matières radioactives, maquettes critiques et plates-formes d'essais, très grands équipements de service : rayonnements synchrotron, neutrons, plates-formes ouvertes pour la recherche technologique.

Ces installations feront l'objet, à l'échéance 2001, d'un plan cohérent de gestion, d'assainissement et de démantèlement, intégrant leur ouverture à des partenaires français ou étrangers, qui permettra d'avoir assez tôt une vision claire des nouveaux investissements nécessaires aux programmes futurs, compte tenu des moyens d'essais accessibles à travers des réseaux de recherche. Le CEA réalisera, notamment dans le nucléaire, les économies de grands moyens d'essais qui pourront résulter des progrès rapides obtenus en modélisation physique et simulation numérique.

Développer la gestion par projet et renforcer les relations interdisciplinaires et transversales

Pour être en mesure de repousser en permanence les frontières de la recherche fondamentale et technologique, et mieux répondre aux demandes de l'industrie et de la société, le CEA pilotera plus systématiquement ses recherches par "objectifs, programmes et projets".

Cette stratégie nécessite le renforcement des "reporting" qui concourent également à éclairer l'analyse d'opportunité précédant tout lancement de programmes ou de phases de programmes (critères d'intérêt scientifique et technique, mais aussi possibilité de partenariat, environnement économique, adéquation avec les moyens du CEA).

Le CEA renforcera, en interne, les relations interdisciplinaires qui favorisent l'émergence de nouveaux programmes de recherche et de nouvelles technologies : réseaux informels, sous forme de "clubs" thématiques internes, diffusion d'une culture de travail en réseaux et échanges entre laboratoires.

Renforcer la prise en compte de l'évaluation dans l'élaboration des activités

Le CEA possède un dispositif d'évaluation scientifique et technique de ses laboratoires et de ses programmes de recherche, fondé sur une expertise externe. Cette évaluation porte sur la qualité des recherches, leur pertinence et leur positionnement dans le contexte international. Les avis sont pris en compte par les laboratoires pour orienter leurs activités et par les directions pour les choix de programmes ; ils apportent une analyse externe sur l'utilisation des moyens.

Le dispositif reposera sur des évaluations du monde académique et industriel, français et international, dans des proportions et selon des approches qui dépendront des différences entre recherche fondamentale et recherche finalisée. L'évaluation sera approfondie selon les axes suivants :

- l'évaluation de la recherche amont, par des conseils scientifiques dont près de 40% des membres sont étrangers, intégrera l'originalité et le caractère innovant des recherches d'un laboratoire, leur qualité et le niveau des publications, les collaborations et les échanges de chercheurs, la participation à la formation universitaire et la valorisation ;
- l'évaluation des activités de recherche finalisée mettra l'accent sur une participation accrue du secteur industriel (20% aujourd'hui) ; elle portera sur la qualité scientifique et technique des méthodes utilisées et des résultats obtenus dans le cadre d'un projet de R&D, la qualité des équipes impliquées par rapport à celles travaillant dans des domaines analogues.

Chaque laboratoire ou programme du CEA sera ainsi évalué tous les trois ans. Les analyses et les recommandations issues de chaque évaluation seront mieux prises en compte et le plan d'actions qu'ils auront suscité fera

systématiquement l'objet d'un bilan lors du conseil suivant et sera présenté dans le rapport annuel de l'évaluation, qui dressera un bilan global et permettra d'assurer le suivi de l'évaluation scientifique et de ses conséquences sur les activités du CEA.

Le Conseil scientifique du CEA complète ce dispositif auprès du Haut-commissaire. De plus, un Visiting Committee a été mis en place en 2000. Les membres de ce Comité, scientifiques de réputation internationale exceptionnelle, procéderont à une évaluation globale de la politique scientifique de l'établissement de recherche et se prononceront sur le positionnement de ses différentes composantes par rapport à leurs homologues étrangers, une fois par an au moins.

L'évaluation des activités scientifiques et techniques du CEA sera complétée par une évaluation du transfert industriel et du rayonnement économique induit par les résultats des programmes. Celle-ci s'appuiera sur une analyse de la valorisation des technologies développées et de l'impact économique sur le tissu industriel.

3.3 Une concertation sociale approfondie

La bonne réalisation des objectifs scientifiques et technologiques du présent contrat nécessite une politique active de gestion des ressources humaines. Chaque salarié du CEA devra pouvoir construire une trajectoire personnalisée, qui permette de répondre aux évolutions permanentes du contexte scientifique, économique et social.

Les mobilités, à l'intérieur du CEA et vers l'extérieur, seront diversifiées et facilitées ; les mobilités temporaires, vers les autres établissements de recherche, vers l'Université (enseignement et recherche) ou vers les entreprises, notamment les partenaires nucléaires du CEA, seront favorisées. Les échanges avec les partenaires européens seront renforcés. A l'occasion de la sortie de l'IPSN du CEA, le CEA établira avec le nouvel établissement une convention permettant d'assurer la mobilité des compétences.

La gestion prévisionnelle de l'emploi et des compétences, individuelles et collectives, sera renforcée. A cette fin, le CEA développera les moyens nécessaires en appui au management, réalisera une actualisation périodique des plans d'emploi, veillera à l'animation transverse de "clubs" de métiers et organisera les actions de formation qui devront accompagner les changements.

Le CEA poursuivra la politique de rajeunissement de ses effectifs. A cette fin, il s'attachera à ouvrir les négociations sur les conditions de renouvellement de l'accord fixant les modalités de départ anticipé, qui vient à échéance fin 2002. Afin de faciliter l'émergence de nouvelles thématiques scientifiques et de répondre aux nouveaux besoins dans le domaine de la gestion, il maintiendra un flux élevé de recrutements de jeunes et accueillera doctorants et post-doctorants, contribuant à leur formation et à leur insertion professionnelle.

Les adaptations de programmes et les évolutions de l'organisation impliquent une concertation approfondie avec tous les salariés. Le CEA maintiendra un dialogue social serein, respectueux de toutes les opinions et qui tire le meilleur parti d'un bon fonctionnement des instances d'échanges, de débats et de décision.

3.4 Une gestion administrative rationalisée

La rationalisation de la gestion sera poursuivie, de manière à accroître significativement la maîtrise des frais généraux et des coûts. Elle s'appuiera notamment sur :

- une simplification des structures de gestion du CEA permettant de renforcer le lien fonctionnel entre la direction générale, les pôles et les centres, et d'assurer la cohérence entre les programmes et le développement des centres du CEA ;
- le renforcement de la gestion patrimoniale, permettant d'optimiser et de valoriser les actifs du CEA ;
- le renforcement du contrôle de gestion, qui bénéficiera d'un outil performant et modernisé ;
- le développement de la gestion de projet.

Ces actions conduiront à une réduction des frais généraux du CEA. De la même façon, la politique d'achat du CEA pour les produits les plus courants nécessaires au fonctionnement visera à dégager une économie de l'ordre de 10% des coûts actuels. L'objectif fixé est que le CEA dégage au cours de la période couverte par le présent contrat

une économie globale de l'ordre de 200 MF par rapport au niveau de ses dépenses 1999 et que le financement ainsi libéré soit affecté à des programmes innovants du CEA.

Une attention particulière sera accordée à l'individualisation et au suivi des coûts d'assainissement et de démantèlement des installations du CEA.

3.5 La culture de sécurité, de sûreté et de qualité : une priorité

Le développement de la culture de sécurité et de sûreté, qui passe par le strict respect des règles en ce domaine, reste une priorité majeure du CEA. La sécurité et la sûreté sont, en effet, déterminantes pour protéger le personnel, le public, l'environnement et le patrimoine. Elles sont indispensables à la bonne réalisation des programmes de recherche et contribuent fortement à l'image du CEA auprès du public, donc à l'acceptabilité du nucléaire. Les efforts de formation et de sensibilisation du personnel, visant à renforcer la culture de sécurité, de radioprotection et de sûreté nucléaire du personnel seront donc poursuivis.

La démarche de progrès, sur laquelle est fondée la politique de sûreté des installations et qui implique la responsabilité de toute la ligne hiérarchique - en termes de définition d'objectifs et de moyens financiers - sera prolongée.

Dans le domaine de la radioprotection, le CEA, pour lequel la santé des travailleurs et des intervenants extérieurs est une priorité absolue, renforcera sa démarche concrète de réduction et de gestion prévisionnelle des expositions, à laquelle sont pleinement associés les salariés concernés (démarche Alara- As Low As Reasonably Achievable).

Pour la sûreté nucléaire, le CEA développera une politique visant à renforcer la confiance du public qui est fondée sur :

- la transparence (connaissance du passé ; objectifs quantifiés de réduction des effluents, rejets et déchets produits ; clarification des objectifs de sûreté par installation ; amélioration de la prévention grâce aux enseignements tirés des incidents d'exploitation), grâce à une communication interne soutenue ;
- la qualité (certification Iso 9000 et Iso 14000, en tant qu'exploitant nucléaire ; mise en place d'outils de prévision et de reporting, d'indicateurs avec un système d'information intégré) ;
- la compétence (réseaux de pôles de compétence et d'experts reconnus) ;
- l'initiative et l'autonomie (ce qui nécessite, notamment, un plan glissant à cinq ans des améliorations de sûreté et de sécurité, à l'initiative de l'exploitant).

Enfin, s'agissant de la qualité, le CEA adoptera un référentiel, validé et reconnu pour les activités de recherche, et veillera à en généraliser la mise en œuvre dans tout l'établissement. Il conviendra, par ailleurs, de définir les processus du CEA pour lesquels un objectif de certification est retenu, sachant que de nombreuses unités, même si elles n'ont pas à répondre impérativement aux exigences d'un client, ont actuellement la volonté d'être conformes à un référentiel choisi.

3.6 La transparence : un objectif de communication

Comme tout organisme public de recherche, et de manière plus impérative encore du fait de ses activités nucléaires, le CEA doit contribuer au débat public en s'efforçant d'expliquer en toute clarté la finalité et le contenu de ses recherches et de répondre aussi complètement que possible, en l'état de ses connaissances du moment, aux questions que se pose le grand public, quant aux conséquences de ses activités.

Le CEA continuera de développer une politique de communication "par la preuve". Il s'agira non seulement de diffuser des informations scientifiques par la voie traditionnelle des médias mais surtout de poursuivre l'ouverture de ses laboratoires au grand public. L'objectif est de montrer au citoyen ce qu'il peut attendre de ses recherches, la manière dont le CEA travaille, et de lui rendre compte de l'emploi des fonds publics. Le CEA s'attachera à offrir les informations adaptées aux différents publics intéressés, notamment par une adaptation régulière de son site internet.

4. ELEMENTS DE SUIVI, MISE EN ŒUVRE ET ACTUALISATION

La mise en place de jalons scientifiques, techniques et d'indicateurs de performance permettra au CEA de rendre compte, tant du point de vue des programmes que du fonctionnement, des étapes franchies dans la réalisation des principaux objectifs de ce contrat. Ils constitueront la base qui permettra aux pouvoirs publics d'effectuer le suivi du contrat et à partir de laquelle seront décidées les inflexions nécessaires, au regard des résultats obtenus ou de nouvelles demandes.

4.1 Jalons scientifiques et techniques

I - RECHERCHE ET TECHNOLOGIE POUR L'ENERGIE NUCLEAIRE

OPTIMISATION ET EVOLUTION DE L'OUTIL INDUSTRIEL ACTUEL		Echéance
Compétitivité parc électronucléaire	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation des premiers essais de fatigue thermique des composants sur boucle de qualification - Rapport sur l'évolution à long terme des caractéristiques de résilience et de ténacité de l'acier cuve 	2001 2003
Optimisation des combustibles	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de campagnes de qualification thermohydraulique du combustible Alliance sur la boucle d'essais standardisés Omega - Rapport sur les lois de comportement mécanique pour évaluer les crayons combustibles M5 jusqu'à 60GW/t - Rapport sur la qualification du combustible Parité Mox jusqu'à 60GW/t 	2001 2001 2002
Amélioration des procédés de traitement des combustibles usés	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en service d'une maquette en inactif d'un creuset froid avancé pour la vitrification - Point des connaissances sur les phénomènes de précipitation à la dissolution pour les combustibles à haut taux de combustion, en fonction de la mise à disposition d'échantillons de combustibles irradiés 	2001 2003/2004

RECHERCHES SUR LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS ET LA MAITRISE DE L'IMPACT DES ACTIVITES NUCLEAIRES		Echéance
Recherches sur la réduction des déchets radioactifs (séparation-transmutation)	<ul style="list-style-type: none"> - Expérience Muse dans la maquette critique Masurca (cœur à neutrons rapides couplé un générateur de neutrons) pour étude des caractéristiques neutroniques - Mise en irradiation prévue des premières cibles américium dans Phénix, dans le cadre d'études de combustible pour la transmutation - Rapport sur la faisabilité scientifique de la séparation poussée et du conditionnement spécifique des radionucléides à vie longue - Rapport sur les études détaillées des scénarios de transmutation basés sur les technologies actuelles des réacteurs REP et RNR - Rapport sur les études de scénarios de transmutation en réacteurs dédiés et/ou électrogènes innovants - Disponibilité du faisceau et ligne diagnostic pour le développement d'un accélérateur linéaire de protons pour la génération de neutrons par spallation (programme Iphi) - Participation aux programmes de sélection et de qualification de matériaux pour cibles de spallation (irradiation Megapie à l'Institut Paul Scherrer) 	2001 2001 2001 2001 2003 2003 2004
Recherche pour l'entreposage et le stockage des déchets	<ul style="list-style-type: none"> - Rapport au gouvernement sur les caractéristiques générales des couples " concepts / sites types " d'installations d'entreposage de longue durée en surface ou sub-surface - Définition des critères d'acceptation en entreposage de longue durée des colis de déchets - Réception d'un démonstrateur fonctionnel de conteneur de combustibles irradiés permettant de valider la mise en étui et de vérifier la fiabilité des dispositifs de fermeture - Fin de l'avant-projet sommaire d'une installation-type pour l'entreposage de longue durée - Réalisation d'un démonstrateur "conteneur déchets B" pour l'étude des points critiques liés à la longue durée - Qualification de conteneurs pour l'entreposage de longue durée et le stockage des combustibles irradiés et des déchets 	2001 2001 2002 2002 2002 2004

CONCEPTIONS DE NOUVEAUX SYSTEMES : ENERGIE NUCLEAIRE DU FUTUR		Echéance
Systèmes futurs et innovation	<ul style="list-style-type: none"> - Rapport sur les orientations des recherches et développements concernant les systèmes innovants réacteurs/cycle et les principales options technologiques associées - Choix d'un concept de référence (géométrie, matériaux, conception d'assemblage) pour le combustible avancé au plutonium (Apa) - Dossier d'évaluation des potentialités des procédés de retraitement pyrochimique pour les principales classes de combustibles 	2001 2002 2004
Procédés d'enrichissement	<ul style="list-style-type: none"> - Silva : démonstration expérimentale du fonctionnement d'un séparateur - Silva : démonstration scientifique et technique d'un système intégré, permettant de préserver les acquis en cas d'arrêt ou de poursuivre par une démonstration industrielle, selon les besoins du marché - Ultracentrifugation : bilan des études de diagnostics (température interne, pression à la paroi), réalisation d'une maquette 	2002 2003 2001
SIMULATION NUMERIQUE ET MOYENS EXPERIMENTAUX		
Modélisation et recherche de base	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place de la structure du projet Siam (simulation de l'atome à la mécanique) - Analyse comparative des modèles atomistiques et rapprochement modèles / expériences <ul style="list-style-type: none"> • prévision des dégâts d'irradiation • élaboration de matériaux spécifiques de conditionnement • formulation prédictive de la structure et des propriétés d'une molécule extractante - Elaboration d'une modélisation avancée pour la conception et la prévision du comportement en réacteur des combustibles innovants pour les systèmes du futur - Signature d'un accord détaillé (contrat programme de recherche) définissant, dans le cadre du projet Siam, les tâches réalisées respectivement par le CNRS et le CEA 	2001 2002 2002 2002
Simulation numérique	<ul style="list-style-type: none"> - Livraison du dossier de qualification du code Apollo V2.5, relatif au comportement des matériaux de cœur en fonctionnement, intégrable dans les chaînes de calcul industrielles d'EDF et de Framatome pour la préparation des dossiers de la deuxième visite décennale du palier 1300 MW - Première version du système Pléiades dédié au comportement du combustible intégrant l'ensemble des fonctionnalités des codes CEA précédents dans ce domaine - Démonstrations de la nouvelle chaîne de calcul réacteur-cycle couplée neutronique / thermomécanique / thermohydraulique 	2002 2003 2004
Validation expérimentale	<ul style="list-style-type: none"> - Reprise prévue du fonctionnement en puissance de Phénix - Lancement de l'avant-projet détaillé du réacteur Jules Horowitz - Mise en actif du laboratoire d'études des combustibles irradiés (Pelec) 	2001 2002 2003

STRATEGIE D'ASSAINISSEMENT ET DE DEMANTELEMENT	Echéance
<ul style="list-style-type: none"> - Fin des travaux de démantèlement niveau 3 hors génie civil de l'installation AT1 à La Hague - Remise du rapport provisoire de sûreté de l'entreposage Cascad 2 à Marcoule - Fin des travaux de démantèlement niveau 3 de démantèlement hors génie civil de l'installation Harmonie à Cadarache - Fin des opérations de cessation définitive d'exploitation de Siloé à Grenoble - Vidange prévue de la piscine de Mélusine à Grenoble - Fin des opérations de démantèlement pour Saturne et ALS à Saclay - Vidange prévue de la piscine de Siloé à Grenoble - Fin des opérations de cessation définitive d'installation pour le bâtiment 18 (FAR) - Fin de l'évacuation des combustibles Phénix entreposés dans la piscine G, à Marcoule - Mise en service prévue de l'installation Rotonde de gestion des déchets solides de faible activité à Cadarache - Mise en actif prévue de l'installation de décontamination alpha des solvants de retraitement. (Delos dans Atalante) à Marcoule 	<p>2001 2002 2002 2002 2002 2003 2003 2003 2003 2003 2003</p>

2 - RECHERCHE ET TECHNOLOGIE POUR L'INNOVATION INDUSTRIELLE

NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'ENERGIE		Echéance
Hydrogène et pile à combustible	<ul style="list-style-type: none"> - Démonstration du fonctionnement des SOFC, en réformage interne progressif, sur empilement - Réalisation d'un petit prototype pour le stockage H2 dans les nanotubes de carbone - Rapport sur l'évaluation technico-économique et l'adaptation de la voie hydrure pour les PAC - Démonstration du fonctionnement des SOFC, en réformage intensif, au niveau d'un module complet - Réalisation de démonstrateurs PEMFC de 50kW, avec une technologie améliorée, pour le stationnaire et le transport 	<p>2001 2002 2003 2003 2003</p>
Photovoltaïque et stockage	<ul style="list-style-type: none"> - Modélisation énergétique du fonctionnement des systèmes photovoltaïques : bilan énergétique instantané - Démonstration du fonctionnement des micro-batteries - Modélisation énergétique du fonctionnement des systèmes photovoltaïques : intégration de la fonction stockage 	<p>2001 2002 2003</p>
Utilisation rationnelle de l'énergie	<ul style="list-style-type: none"> - Conception de groupes froids avec des fluides de substitution 	<p>2003</p>

TECHNOLOGIES POUR L'INFORMATION ET LA COMMUNICATION		Echéance
Composants micro électroniques	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un programme structuré sur les interconnexions optiques sur puces - Les premiers dispositifs de nanoélectronique compatibles avec la technologie microélectronique seront réalisés - Le premier silicium 300mm à Crolles 2 avec l'implication directe du CEA sera réalisé - Sortie des premiers circuits industriels sur SOI issus de la technologie CEA chez STMicroelectronics - Introduction des microtechnologies au-dessus des circuits Cmos de STMicroelectronics 	<p>2001 2001 2002 2002 2001</p>
Micro-systèmes	<ul style="list-style-type: none"> - Laboratoire commun avec la start-up Soitec - Nouveau laboratoire commun CNRS-CEA en micro et nanomagnétisme - Projet "électronique reportée sur plastique" : transfert à Gemplus et STMicroelectronics - Mise en place de la ligne industrielle pour les composants passifs chez STMicroelectronics Tours 	<p>2001 2001 2002 2003</p>
Transmissions et télécommunications	<ul style="list-style-type: none"> - Création d'une plate-forme ouverte type Medialab du MIT sur les objets communicants - Transfert industriel des modems très haut débit sur câbles de télécommunications et sur réseaux électriques - Transfert industriel du traitement bande de base des téléphones portables de 3^{ème} génération - Livraison de solutions matérielles et logicielles pour améliorer la sécurité des cartes à puces à Bull, STMicroelectronics, Schlumberger 	<p>2001 2001 2002 2003</p>
Biopuces	<ul style="list-style-type: none"> - Résultats des projets "Après séquençage génomique" transmis à Protéus, Genolife, Lambdatech, Sysgen - Industrialisation du système Geneply de géotypage haut débit avec Genset - Industrialisation du lecteur de puces à ADN lighscan développé avec Biomérieux - Résultat intermédiaire du projet Dediell détection directe, résultats du projet "puce universelle" - Résultat du projet Amadeus de détection ultrasensible d'espèces biologiques 	<p>2001 2002 2002 2002 2003</p>

Sûreté des systèmes programmés	<ul style="list-style-type: none"> - Transfert industriel de l'outil de preuve Caveat - Outils d'évaluation de la précision numérique d'un logiciel - Couverture de l'ensemble du système de contrôle-commande des centrales nucléaires - Méthodes et outils temps réel critique Oasis pour EDF 	<p>2001 2002 2003 2003</p>
Systèmes numériques de haute performance	<ul style="list-style-type: none"> - Transfert du calculateur Symétrie - Calculateurs à architectures reconfigurables - Réalisation des projets Epicure et Acotris 	<p>2001 2003 2003</p>
Détection et instrumentation	<ul style="list-style-type: none"> - Transfert (projet de start-up) dans le domaine des détecteurs infrarouges faible coût - Analyse technico-économique de l'éventualité de développer un appareillage portable de fluorescence X - Transfert de l'activité détecteurs CdTe pour détection gamma à Crismatec - Implémentation de prototypes de rétines infrarouges dans l'automobile - Transfert industriel de la nouvelle chaîne ultrasonore multi-éléments (Multi 2000) - Offre globale de l'ensemble des procédés de CND opérationnels sur le logiciel de tests CIVA 	<p>2001 2001 2002 2003 2001 2002</p>
Interface homme machine	<ul style="list-style-type: none"> - Point d'avancement du sujet IHM avec retour performant (toucher, rendu haptique) 	<p>2003</p>

TECHNOLOGIES DES MATERIAUX		Echéance
Matériaux émergents	<ul style="list-style-type: none"> - Industrialisation du procédé soudage-diffusion dans le domaine des moules - Transfert du procédé Isoprec à bas coût - Succès technique dans le développement d'un nouveau procédé Diva (Dispositif d'ionisation de la vapeur) et CVD plasma grande surface 	<p>2002 2003 2003</p>
Nouveaux assemblages	<ul style="list-style-type: none"> - Outils de simulation pour la fiabilité des jonctions soudées : montage du projet Musica - Transfert industriel du procédé de soudage hybride des alliages d'aluminium - Industrialisation des systèmes de soudage intelligents (SAO multi-procédés) 	<p>2001 2002 2003</p>

4.2 Indicateurs de performances

Les indicateurs de performance décrits ci-après seront présentés annuellement au Conseil d'administration du CEA lors de l'arrêté des comptes de l'exercice.

La valeur de référence permettant de mesurer l'évolution de chaque indicateur sera celle constatée à l'arrêté de l'exercice 2000.

Indicateurs de qualité des recherches
Augmentation du pourcentage et du nombre de jalons atteints à la date prévue
Augmentation du nombre de publications dans des revues scientifiques avec "referee" par domaine d'activité
Augmentation du facteur d'impact des publications dans des revues scientifiques avec "referee" par domaine d'activité
Croissance du nombre de chercheurs français et étrangers accueillis pour un séjour de plus de trois mois dans les laboratoires du CEA
Augmentation du nombre de chercheurs CEA membres de conseils scientifiques d'autres organismes de recherche français ou étrangers
Augmentation du taux d'acceptation de projets à participation CEA dans les appels d'offres nationaux ou internationaux
Croissance du nombre et du montant cumulé des contrats passés avec des partenaires internationaux
Croissance des co-publications scientifiques internationales dans des revues scientifiques avec "referee"

Indicateurs relatifs à l'enseignement
Accroissement du nombre de doctorants accueillis chaque année dans le cadre de contrats de formation par la recherche
Accroissement du taux d'insertion professionnelle des doctorants, un an après la thèse effectuée au CEA
Maintien du nombre de post-doctorants accueillis au CEA
Accroissement du taux d'insertion professionnelle des post-doctorants en sortie du CEA
Accroissement du nombre de chercheurs CEA disposant de l'habilitation à diriger des recherches (HDR)
Accroissement du nombre d'ingénieurs et chercheurs du CEA impliqués dans des activités d'enseignement
Accroissement du pourcentage moyen du temps d'activité des ingénieurs et chercheurs du CEA consacré à des activités d'enseignement

Indicateurs relatifs à la valorisation des activités de recherche
Croissance du nombre de brevets pris en commun dans le cadre des laboratoires de recherche communs ou associés (LRC ou LRA), ou des unités mixtes de recherche (UMR)
Accroissement du nombre de brevets CEA faisant l'objet de licences transférées à l'industrie
Augmentation du nombre de chercheurs CEA détachés temporairement à la demande d'industriels français ou étrangers
Accroissement du montant des redevances (hors redevance Cogema – La Hague) par domaine d'activité
Accroissement du nombre de créations d'entreprises à partir des résultats de recherche du CEA
Accroissement du nombre d'essaimages de salariés du CEA
Accroissement du taux de financement par les industriels des programmes de recherche technologique pour l'innovation industrielle

Indicateurs relatifs à la gestion de l'établissement
Augmentation du nombre de mobilités thématiques internes de salariés du CEA
Rajeunissement de la moyenne d'âge des salariés par catégorie
Taux de réalisation du plan d'économies (frais généraux et coût des achats) par rapport à l'objectif fixé
Baisse du ratio de l'effectif fonctionnel (finances, ressources humaines, juridique et commercial) rapporté à l'effectif total
Augmentation du nombre de visiteurs " grand public " des laboratoires du CEA
Augmentation du nombre annuel de pages consultées sur les sites WEB du CEA

Indicateurs relatifs à la sécurité
Baisse du taux de fréquence des accidents du travail pour les salariés du CEA
Baisse du taux de fréquence des accidents du travail pour les salariés d'entreprises extérieures travaillant sur les sites du CEA
Baisse du taux de gravité des accidents du travail pour les salariés du CEA
Baisse du taux de gravité des accidents du travail pour les salariés d'entreprises extérieures travaillant sur les sites du CEA
Baisse de la dose individuelle annuelle moyenne des salariés du CEA (pour les personnels de dosimétrie non nulle)
Baisse de la dose individuelle annuelle moyenne des salariés d'entreprises extérieures travaillant sur les sites du CEA (pour les personnels de dosimétrie non nulle)

ANNEXE

Affectation des moyens financiers aux programmes et recherches

	2000	2001	2002	2003	2004
(en MF courants)	coût complet	coût complet	coût complet	coût complet	coût complet
I Recherche et technologie pour l'énergie nucléaire	5 191	4 970 - 222	4 971 + 1	5 007 + 36	5 070 + 64
1.1 Optimisation et évolution de l'outil industriel actuel	1 142	950 - 192	936 - 14	922 - 14	905 - 17
1.2 Recherches sur la gestion des déchets radioactifs et la maîtrise de l'impact des activités nucléaires	955	860 - 94	867 + 7	881 + 14	882 + 1
1.3 Conceptions de nouveaux systèmes : énergie nucléaire du futur	812	659 - 154	636 - 22	633 - 3	571 - 62
1.4 Simulation numérique et moyens expérimentaux	1 106	1 126 + 20	1 021 - 105	1 031 + 10	1 043 + 12
1.5 Stratégie d'assainissement et de démantèlement	1 177	1 374 + 198	1 510 + 135	1 539 + 29	1 670 + 131
2 Recherche et technologie pour l'innovation industrielle	1 132	1 305 + 172	1 429 + 124	1 509 + 80	1 593 + 84
2.1 Nouvelles technologies de l'énergie	118	171 + 53	246 + 75	257 + 11	272 + 15
2.2 Technologies pour l'information et la communication	811	939 + 128	1 009 + 70	1 088 + 79	1 158 + 70
2.3 Technologies des matériaux	203	195 - 9	174 - 20	164 - 10	163 - 1
3 Recherche fondamentale	2 475	2 579 + 105	2 612 + 33	2 651 + 40	2 688 + 37
3.1 Recherche fondamentale pour l'énergie	886	961 + 75	981 + 20	1 003 + 21	1 010 + 8
3.2 Recherche de base pour l'innovation industrielle	497	512 + 15	511 - 1	516 + 5	521 + 5
3.3 Recherche et utilisation des technologies nucléaires pour la santé et les biotechnologies	265	263 - 1	273 + 10	282 + 9	282 - 0
3.4 Connaissance de la matière	827	843 + 16	846 + 4	851 + 4	875 + 24
4 Diffusion des connaissances scientifiques et des technologies	515	506 - 9	499 - 6	503 + 4	507 + 4
4.1 Enseignement et formation professionnelle	240	231 - 9	237 + 7	242 + 5	246 + 4
4.2 Création d'entreprises et diffusion technologique	146	139 - 7	125 - 14	124 - 1	124 - 0
4.3 Gestion et transfert des savoirs et des savoir-faire	129	136 + 7	137 + 2	138 + 0	137 - 0
Sous-total des programmes civils du CEA	9 313	9 359 + 46	9 511 + 151	9 670 + 160	9 859 + 188
Logistique refacturée (y compris retraites IPSN)	418	404 - 14	406 + 2	406 + 0	406 + 0
Total CEA budget civil (incluant la logistique refacturée)	9 731	9 764 + 33	9 917 + 153	10 076 + 160	10 265 + 188
dont fonds d'assainissement	550	800	820	859	980
Effectif moyen annuel	10 248	10 400	10 460	10 460	10 460
Total CEA budget civil, en MEuros (incluant la logistique refacturée)	1 483,5	1 488,5 + 5,0	1 511,8 + 23,3	1 536,1 + 24,3	1 564,9 + 28,7

GLOSSAIRE

Ademe	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
ADN	Acide désoxyribonucléique
Andra	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs
BCRD	Budget civil de recherche et développement
CAVE	Salle d'immersion
CCD	Charge Couple Device (Caméra digitale utilisée en astronomie pour capter la lumière)
Cern	Laboratoire européen pour la physique des particules – situé près de Genève (Suisse)
Cesti	Centre d'évaluation de la sécurité des technologies de l'information
CFH	Canada France Hawaiï (Télescope franco- canado- américain situé à Hawaiï)
Cirst	Comité interministériel de la recherche scientifique et technique
CMOS	Complementary Metal Oxide Semi conducteur (technologie)
CMS	Aimants solénoïdes supraconducteurs pour les futurs détecteurs du LHC du CERN
CND	Contrôle non destructif
Cnes	Centre national d'études spatiales
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CNRT	Centres nationaux de recherche technologique
Concert	Combined Neutron Center for European Research and Technology
Cosrac	Comité de suivi des recherches sur l'aval du cycle
CPER	Contrat de plan Etat-Régions
CPMA	Centre de projets en micro-électronique avancée
CSEM	Swiss Center for Electronics and Microelectronics
CVD	Chemical Vapor Deposition
DGA	Délégation générale pour l'armement
DOE	Department of Energy (Etats-Unis)
DSSS/CDMA	Direct Sequence Spread Spectrum / Code Division Multiple Access
DVD/RAM	Digital Versatil Disk / Random Access Memory
EADS	European Aeronautic Defense and Space Company
ENS	Ecole normale supérieure
EPR	European Pressurized Water Reactor
ESRF	European Synchrotron Radiation Facility
ESS	European Spallation Source
FAR	Fontenay-aux-Roses (centre CEA)
FDD	Frequency Division Duplex
FT	Fourier Transform
Ganil	Grand accélérateur national d'ions lourds – installation mixte CEA et CNRS installée à Caen
GIE	Groupement d'intérêt économique
GSF	Gesellschaft für Strahlen und Umweltforschung mbH. Société pour la recherche sur les radiations et l'environnement (Allemagne)
IEF	Institut électronique fondamentale (CNRS)
IEMN	Institut d'électronique et de micro électronique du Nord
IFP	Institut français des pétroles
IHM	Interface homme machine
ILL	Institut Max von Laue – Paul Langevin (Grenoble)
Imec	Institut mémoires de l'édition contemporaine
IN2P3	Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (CNRS)
INPG	Institut national polytechnique de Grenoble

Inra	Institut national de la recherche agronomique
Inria	Institut national de recherche en informatique et automatique
Inserm	Institut national de la santé et de la recherche médicale
INSTN	Institut national des sciences et techniques nucléaires
Insu	Institut national des sciences de l'univers (CNRS)
Iphi	Injecteur de protons haute intensité
IPSL	Institut Pierre Simon Laplace
IPSN	Institut de protection et de sûreté nucléaire (CEA)
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
ISOPREC	Procédé de réalisation de pièces métalliques par densification de poudre par compression isostatique à chaud
Jet	Joint European Torus
Laas	Laboratoire d'automatisme et d'analyse des systèmes (CNRS/Toulouse)
LEP	Large Electron Positron collider (CERN – Suisse)
Léti	Laboratoire d'électronique, de technologie de l'information (CEA)
LHC	Large Hadron Collider (accélérateur de particules installé au CERN – Genève)
List	Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies
LLB	Laboratoire Léon Brillouin
LMJ	Laser mégajoule
LNS	Laboratoire national Saturne – Accélérateur de particules CNRS-CEA
LSCE	Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (CEA/CNRS)
LTM	Laboratoire des technologies de la micro-électronique
Lure	Laboratoire d'utilisation du rayonnement électromagnétique
MOEMS	Micro Opto Electromechanical Systems
MPO	Entreprise de moulages plastiques de l'ouest (réalisation de supports de données informatiques).
NIRS	Near Infrared Spectroscopy
NTIC	Nouvelles technologies de l'information et de la communication
PAC	Pile à combustible
PCRD	Programme-cadre de recherche et développement décidé par le Conseil des Ministres de la Recherche de l'Union Européenne
PEMFC	Proton Exchange Membrane Fuel Cell
PSA	Peugeot - Citroën
PVD	Physical Vapor Deposition
REP	Réacteur à eau sous pression
RMN	Résonance magnétique nucléaire
RMNT	Réseau de recherche micro et nano technologies
RNR	Réacteurs à neutrons rapides
RNRT	Réseau national de recherches en télécommunication
RNTL	Réseau national Technologies logicielles
RNTS	Réseau national de technologies pour la santé
SAO	Soudage assisté par ordinateur
Silva	Séparation isotopique par laser de la vapeur atomique d'uranium
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell
SOI	Silicium sur isolant (technologie sur semi-conducteur)
UJF	Université Joseph Fourier
UV	Ultra-violet
VLT	Very Large Telescope