

# RAPPORT D'ACTIVITÉ IRSN

2002

**IRSN**

Institut de radioprotection  
et de sûreté nucléaire

# Sommaire

## PREMIÈRE PARTIE : LES MISSIONS ET L'ORGANISATION

page 5	Éditorial
page 6	Présentation de l'IRSN
page 7	2002 : bilan de la première année d'exercice de l'IRSN
page 8	Conseil d'administration et organigramme de l'IRSN

## DEUXIÈME PARTIE : LES ACTIVITÉS

page 10	Protéger l'homme et l'environnement
---------	-------------------------------------

- . Les réseaux de détection et de mesure de la radioactivité dans l'environnement
- . Conséquences des retombées de l'accident de Tchernobyl en France
- . Une nouvelle organisation de la gestion de crise à l'IRSN
- . Les implications de l'IRSN dans le domaine de la radioprotection de l'environnement
- . Les programmes de recherche de l'IRSN en radioécologie marine
- . La radioprotection des populations et des professionnels
- . La participation de l'IRSN aux travaux de la CIPR
- . Expertises et recherches en dosimétrie des neutrons
- . La gestion des expositions accidentelles
- . Comprendre les effets des rayonnements ionisants

page 28	Contribuer à la sûreté des installations et des transports
---------	--

- . Réexamen de la sûreté de Phénix
- . Étudier la sûreté des combustibles des réacteurs à eau
- . Réexamens de sûreté des centrales électronucléaires
- . Les recherches sur les accidents avec fusion du cœur des réacteurs à eau sous pression
- . Assurer la sûreté de la gestion des déchets
- . Une expertise au service de la maîtrise du risque industriel
- . Maîtriser le risque de criticité
- . Évaluer la sûreté des transports
- . Renforcer la protection contre l'incendie

page 46

## Veiller à la non-prolifération et lutter contre la malveillance

- . La non-prolifération des armes chimiques
- . La lutte contre la malveillance



page 50

## Animer les relations à l'international

- . Un Institut résolument tourné vers l'international
- . Une coopération franco-allemande étroite



page 54

## Contribuer à l'information et à la formation

- . Une communication fondée sur la transparence et la pédagogie
- . Formation



## TROISIÈME PARTIE : LA QUALITÉ ET LES MOYENS DU DÉVELOPPEMENT

page 56

### Poursuivre des objectifs de qualité

page 58

### Ressources humaines et relations sociales ; accompagner l'installation et le développement de l'IRSN

page 60

### Le budget 2002 de l'IRSN

## ANNEXES

page 66

### Les implantations de l'IRSN

page 68

### Glossaire

# Éditorial



**Jacques Repussard**  
*Directeur général*



**Jean-François Lacronique**  
*Président du conseil d'administration*

L'année 2002 restera une année remarquable pour la sûreté nucléaire et la radioprotection. Elle a en effet vu l'aboutissement d'une réforme longtemps « imminente » de ce domaine de la gestion des risques, avec, d'une part, la création d'une nouvelle entité : l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) pour la recherche et l'expertise publique, et, d'autre part, le réaménagement des structures au sein des pouvoirs publics : création de la Direction générale de sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) et de la Direction de la sûreté nucléaire de défense (DSND). Le rapprochement des grandes disciplines complémentaires que sont la radioprotection, la sûreté et la sécurité est donc désormais une chose acquise en France, de même que la séparation claire des rôles entre l'autorité, l'expert, et l'exploitant.

Au-delà du regroupement au sein d'un même établissement public des moyens et des personnels de l'IPSN (Institut de protection et de sûreté nucléaire) et pour partie de l'OPRI (Office de protection contre les rayonnements ionisants), cette réforme comporte plusieurs défis majeurs pour le nouvel Institut.

Le spectre très large des responsabilités de l'Institut, qui se matérialise notamment par ses cinq tutelles ministérielles, va nécessiter une gestion attentive des ressources consacrées aux travaux d'expertise effectués en appui aux pouvoirs publics. Le contrat d'objectifs qui sera proposé en 2004 viendra consolider ce dispositif en lui donnant une perspective de moyen terme.

Par ailleurs, l'indépendance de jugement qui doit être celle de l'IRSN, expert public de référence dans son domaine de compétence, ne restera assurée dans le long terme que si l'Institut, à travers son effort de recherche, et en prenant appui sur le réseau de coopération avec ses pairs au plan mondial, démontre son excellence sur le plan scientifique et la pertinence de ses positions techniques.

Dans cette perspective, le renforcement des liens entre expertise et recherche au sein de l'Institut, et le développement des partenariats scientifiques avec les opérateurs français concernés par les technologies nucléaires, les organismes de recherche nationaux (CEA, CNRS, INSERM, IFREMER...), les institutions assurant des missions dans d'autres domaines des risques (INERIS, InVS, AFSSA, AFSSE, INRS...), et les instituts étrangers (GRS en Allemagne, NRPB au Royaume-Uni, NRC aux USA...) constituent aussi une priorité stratégique.

Enfin, la confiance accordée par nos concitoyens au dispositif national de gestion des risques liés à la radioactivité suppose des efforts permanents d'information, d'ouverture à leur égard, et de développement de la formation, auxquels l'IRSN devra contribuer pleinement.

À l'automne 2003, pour une bonne part grâce aux travaux préparatoires conduits jusqu'au printemps dernier par Daniel Quéniart, à qui nous rendons ici hommage, une nouvelle organisation de l'Institut sera mise en place, avec pour mission de relever tous ces défis.

Les enjeux de la sûreté nucléaire, les exigences de sécurité sanitaire et de protection de l'environnement dans le cadre de la stratégie nationale de développement durable créent une obligation de réussite. Grâce au capital considérable, mondialement connu, de connaissances scientifiques, de savoir-faire d'expertise, d'outils scientifiques et techniques, dont la lecture de ce premier rapport annuel donne un bref aperçu, cette réussite est certainement à notre portée.

**Jacques Repussard**  
*Directeur général*

**Jean-François Lacronique**  
*Président du conseil d'administration*

# Présentation de l'IRSN

## > Prévenir le risque nucléaire et radiologique

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire est un organisme public d'expertise scientifique et technique, chargé de l'évaluation des risques dus aux rayonnements ionisants notamment dans les installations nucléaires et lors des transports de matières radioactives. Les deux missions essentielles de l'IRSN sont complémentaires : la recherche fait progresser les connaissances et l'expertise donne des avis techniques ; la recherche constitue le socle d'une expertise de qualité sur les sujets les plus complexes.

Plus précisément, les domaines d'intervention de l'Institut couvrent la sûreté des installations et des transports de matières radioactives et fissiles, la protection de la santé de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants, la protection et le contrôle des matières nucléaires, la protection contre les actions de malveillance et la gestion de la crise.

L'IRSN entretient des partenariats avec près de trente pays et s'implique dans des programmes de recherche de grande ampleur. Il participe à l'élaboration de consensus scientifiques et techniques internationaux et à l'évolution des recommandations internationales.

L'IRSN est un établissement public à caractère industriel et commercial créé par la loi du 9 mai 2001. Ses missions et son fonctionnement ont été précisés par un décret du 22 février 2002.

La création de l'IRSN fait partie de la réforme du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France, réforme qui s'inscrit elle-même dans le contexte de la création des agences de sécurité sanitaire et a permis de clarifier les rôles des différents acteurs en séparant la mise en œuvre et la promotion de l'énergie nucléaire, la fonction d'autorité de contrôle et la fonction d'évaluation technique.

La fonction d'évaluation technique est confiée à l'IRSN, la fonction d'autorité de contrôle pour les installations et les transports civils étant assurée par la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection sous l'égide des ministères de l'Industrie, de l'Environnement et de la Santé. L'IRSN regroupe les activités techniques précédemment exercées par l'IPSN (Institut de protection et de sûreté nucléaire) et par l'OPRI (Office de protection contre les rayonnements ionisants). Il est placé sous la tutelle conjointe des ministres de l'Environnement, de l'Industrie, de la Recherche, de la Santé et de la Défense.

Doté d'un budget d'environ 250 millions d'euros, l'IRSN rassemble 1 500 experts et chercheurs, couvrant des disciplines diverses, des sciences de la vie à la physique des réacteurs nucléaires.

En 2002, l'IRSN a vécu sous un régime provisoire ; les membres du conseil d'administration ont en effet été nommés début 2003, de même que le président de ce conseil et le directeur général.

# 2002 : bilan de la première année d'exercice de l'IRSN



**Daniel Quéniart**  
*Conseiller du  
directeur général*

De la fin février 2002 jusqu'à la nomination du directeur général en mars 2003, j'ai assuré les fonctions d'administrateur provisoire de l'IRSN, né de la réunion des équipes techniques de l'IPSN – désormais séparé du CEA – et de l'OPRI.

Durant cette période de transition, il était essentiel que continuent d'être assurées de façon convenable l'ensemble des missions techniques tant de recherche que d'expertise précédemment exercées par l'IPSN et l'OPRI, et notamment l'appui technique des différentes administrations concernées. Le rapport d'activité 2002 me semble à cet égard témoigner du maintien d'une bonne vitalité technique portée par le nouvel Institut.

Construire le fonctionnement de celui-ci en réunissant des équipes provenant de deux organismes dont les modes de pensée et de gestion étaient différents, assurer pour l'ex-OPRI et l'ex-secrétariat permanent de la Commission interministérielle des radioéléments artificiels (CIREA) une claire séparation des fonctions d'expertise et des fonctions d'autorité désormais dévolues à la DGSNR, aménager les relations avec le CEA avec une très large partie du personnel mis à disposition par le CEA et pouvant opter pendant 3 ans pour le maintien dans les effectifs de ce dernier, constituaient autant de chantiers nouveaux et redoutables, même si la longue période de gestation de l'IRSN avait permis des travaux préparatoires approfondis menés par les directions de l'IPSN et de l'OPRI.

Au terme d'un peu plus d'une année d'existence, l'IRSN est muni d'une large partie des organes et textes nécessaires à son fonctionnement :

- les membres du conseil d'administration, à l'exception des représentants du personnel, ont été nommés, par décret en date du 3 janvier 2003 ; le président du conseil a été nommé par décret en date du 21 janvier 2003 ;
- sur proposition de ce dernier, le directeur général a été nommé par décret en date du 17 mars 2003 ;
- le comité d'entreprise a tenu sa première réunion le 25 février 2003 et les négociations relatives à l'accord d'entreprise sont bien avancées (l'accord lui-même sera signé par le directeur général et quatre organisations syndicales le 26 mai 2003) ;
- à l'exception notable de la convention relative à l'utilisation par l'IRSN des réacteurs CABRI et PHÉBUS dont la mise en place a été difficile et qui a été signé le 20 juin 03, les textes régissant les relations quotidiennes du CEA et de l'IRSN en matière de sécurité, de personnel, de locaux et de support technique ont été, à une exception près, signés entre septembre 2002 et février 2003 ; la convention de transfert des biens, droits et obligations n'est pas encore achevée, mais est désormais en bonne voie.
- un arbitrage de Matignon a fixé à 58 le nombre de postes ex-OPRI et ex-secrétariat permanent de la CIREA relevant des missions d'autorité précédemment exercées par ces unités ; pour des raisons évidentes de gestion du personnel, cette décision ne peut être mise en œuvre que progressivement, les mouvements effectifs de personnel relevant du volontariat ;
- le régime fiscal de l'IRSN a été fixé par la Direction de la législation fiscale en août 2002 et janvier 2003.

Toutefois, le conseil scientifique reste à constituer et le comité d'orientation relatif aux activités intéressant la défense ne s'est pas encore réuni.

Surtout, il reste à améliorer la mise en commun des cultures et la synergie des équipes. Des premiers pas ont été faits dans cette direction. Des valeurs communes – compétence, indépendance, transparence, réactivité, créativité – ont été définies et un projet d'organisation du nouvel Institut a été lancé ; la mise en place de l'organisation a toutefois dû être différée en l'absence de conseil d'administration ; les travaux correspondants ont depuis lors été repris par la nouvelle direction pour donner un nouveau souffle à l'IRSN et à son personnel après des années d'incertitudes.

**Daniel Quéniart**  
*Conseiller du directeur général*

# Conseil d'administration de l'IRSN

## Président

**Jean-François LACRONIQUE**  
*Président du conseil d'administration*

## Représentants de l'État

**Emmanuel DUVAL**  
*Chef de l'inspection de l'armement, représentant le ministre chargé de la Défense*

**Marie-Claude DUPUIS**  
*Chef du service de l'environnement industriel à la Direction de la prévention des pollutions et des risques, représentant le ministre chargé de l'Environnement*

**Thierry MICHELON**  
*Sous-directeur de la gestion des risques des milieux à la Direction générale de la santé (DGS), représentant le ministre chargé de la Santé*

**Stéphane GRIT**  
*Chargé de la sous-direction de l'industrie nucléaire à la Direction générale de l'énergie et des matières premières (DGEMP), représentant le ministre chargé de l'Industrie*

**Bernard FROIS**  
*Directeur du département « énergie, transports, environnement, ressources naturelles » de la Direction de la technologie, représentant le ministre chargé de la Recherche*

**Philippe SIMÉON-DREVON**  
*Chef de la mission nationale d'appui à la gestion du risque nucléaire, représentant le ministre chargé de la Sécurité civile*

**Jean-Denis COMBEXELLE**  
*Directeur des relations du travail, représentant le ministre chargé du Travail*

**Nicolas VANNIEUWENHUYZE**  
*Chef du bureau à la Direction du budget, représentant le ministre chargé du Budget*

**André-Claude LACOSTE**  
*Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection*

**René PELLAT**  
*Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense*

## Personnalités qualifiées

**Jean RANNOU**  
*Général d'armée aérienne*

**Jacques VERNIER**  
*Maire de Douai*

**Maurice LAURENT**  
*Ancien directeur de service à l'Assemblée nationale*

**Dominique GOUTTE**  
*Directeur du grand accélérateur d'ions lourds*

**Claude BIRRAUX**  
*Député*

## Représentants élus du personnel

*Les représentants du personnel seront élus le 9 septembre 2003*

## Commissaire du gouvernement

**Philippe VESSERON**  
*Directeur de la prévention des pollutions et des risques*

## Contrôleur d'État

**Daniel RACINET**



*Le premier conseil d'administration de l'IRSN s'est réuni le 19 mai 2003.*



# Organigramme au 10 juillet 2003

## Direction de l'IRSN

Directeur général : **Jacques REPUSSARD** ● Directeur général adjoint : **Michel BRIÈRE** ●  
Conseiller du directeur général : **Daniel QUÉNIART** ● Directrice à la protection : **Annie SUGIER** ●  
Directrice à la sûreté des déchets : **Michèle VIALA** ● Adjointe pour les programmes :  
**Catherine LECOMTE** ● Adjoint chargé des affaires internationales : **Jean-Bernard CHÉRIÉ** ●  
Secrétaire général : **Jean-Baptiste PINTON** ● Directeur des ressources humaines et des affaires administratives : **Louis CROUX** ●  
Directrice de la communication : **Marie-Pierre BIGOT** ● Chef de la division qualité, sûreté, sécurité, environnement : **Alain BARDOT** ●  
Conseiller pour la radioprotection : **Philippe HUBERT** ● Chargé de mission pour le traitement des situations de crise : **Bruno DUFER** ●  
Auditeur interne : **Jean-Claude SAEY**.

Direction du site du Vésinet : **Philippe JAMET** ● Adjoint : **Jean-Luc PASQUIER** ●  
Direction du département d'évaluation de sûreté : **Jean-Christophe NIEL** ● Direction du département de prévention et d'étude des accidents : **Michel POURPRIX** *par intérim* ●  
Direction du département de protection de la santé de l'homme et de dosimétrie : **Patrick GOURMELON** ● Direction du département de protection de l'environnement : **Jean-Claude BARESCUT** ●  
Direction du département de recherches en sécurité : **Joseph LEWI** ● Direction du département de sécurité des matières radioactives : **Denis FLORY**.

## Agent comptable

Jean-Claude DALE



## Protéger l'homme et l'environnement



*La station OPERA<sup>1</sup> la plus récente  
a été installée à Arles en mars 2002.*

**32 000**

Pour le suivi des travailleurs manipulant des radioéléments ou exposés à de tels radioéléments, l'IRSN a réalisé en 2002, 32 000 analyses radiotoxicologiques sur des échantillons biologiques.

**260 000**

La base de données SISERI mise en place par l'IRSN recense 260 000 travailleurs exposés aux rayonnements ionisants.

**1,9 million**

1,9 million de dosimètres exploités par l'IRSN en 2002.

Contribuer à la protection de l'environnement et à la santé de l'homme, être à même de répondre avec précision aux interrogations des autorités et du public sur les impacts environnementaux et sanitaires des sources de rayonnements ionisants représentent les objectifs essentiels de l'IRSN. Pour répondre efficacement à ces objectifs, l'Institut effectue des mesures et mène des études, il développe également des programmes de recherche visant à améliorer l'état des connaissances.

Les domaines concernés sont très vastes. Pour ce qui concerne l'environnement, il s'agit de mesurer et d'étudier les conséquences des activités humaines sur les milieux naturels : réseaux de mesure et d'observation, travaux de radioécologie en milieu terrestre et en milieu marin, étude de la bioaccumulation des radionucléides dans l'environnement, recherches sur la radioactivité « naturelle »...

Pour ce qui concerne la santé de l'homme, la radioprotection s'intéresse aux populations en général mais aussi aux travailleurs et aux patients plus spécifiquement exposés aux rayonnements ionisants. Il s'agit d'apprécier l'exposition des différentes populations dans diverses conditions, comme, par exemple, par incorporation chronique de radionucléides, et les risques qui en résultent mais aussi d'approfondir les connaissances sur les mécanismes physiques et biologiques provoqués par une irradiation, pour élaborer des réponses thérapeutiques adaptées.

En cas d'accident ou d'incident, l'Institut apporte ses compétences pour l'évaluation de celui-ci et fait des propositions quant aux dispositions à prendre pour en minimiser les conséquences. Un centre de crise est constamment disponible pour répondre à une telle situation.

# > Les réseaux de détection et de mesure de la radioactivité dans l'environnement

L'IRSN assure sur le territoire national une veille permanente sur les niveaux de radioactivité ambiants dans les différents milieux de l'environnement (air, eau, sol, aliments...) avec lesquels la population peut être en contact. Le regroupement de l'IPSN (Institut de protection et de sûreté nucléaire) et de l'OPRI (Office de protection contre les rayonnements ionisants) au sein d'un même organisme permet à l'IRSN de disposer d'un ensemble complet et cohérent de réseaux de mesure. Ces réseaux couvrent l'alerte (détection d'un incident ou d'un accident, repérage d'anomalies), le contrôle des installations industrielles et la compréhension des transferts (modélisation des phénomènes). Cette surveillance participe à l'évaluation des doses reçues par les populations et à l'appréciation de l'impact des activités humaines, industrielles ou médicales sur l'environnement.

Aujourd'hui, l'IRSN s'appuie sur trois réseaux complémentaires :

- des stations d'alerte entièrement automatisées (Téléray, Hydrotéléray, Téléhydro et Sara) qui permettent une alerte en temps réel en cas d'augmentation anormale de la radioactivité ou du rayonnement ambiant ;
- des stations de prélèvement au nombre de 300, situées dans l'environnement en général, à proximité des sites nucléaires et autour d'anciens sites miniers ou industriels. Ce réseau effectue des mesures de la radioactivité naturelle et artificielle de l'air, des poussières atmosphériques, de l'eau et des sols. Les denrées alimentaires et les eaux de consommation sont surveillées ainsi que la faune et la flore. Le réseau contribue à la vérification du bon respect par les exploitants de leurs obligations en matière de rejets d'effluents radioactifs ;
- des observatoires. Ce réseau de 34 stations est baptisé OPERA<sup>1</sup> ; il permet de réaliser des mesures de radioactivité, jusqu'au niveau des traces, dans des échantillons collectés dans l'environnement. L'objectif est de comprendre les processus régissant les distributions dans le temps et dans l'espace des radionucléides d'origine naturelle et artificielle dans les différents milieux de l'environnement, y compris la chaîne alimentaire. La connaissance des niveaux de radioactivité est nécessaire à la modélisation des processus de transfert des radionucléides dans l'environnement. Ce réseau permet également la constitution de bases de données de mesures indispensables aux études scientifiques sur la variabilité des niveaux de radioactivité observés.

L'ensemble des réseaux couvre aujourd'hui la totalité du territoire français. Chaque année, plus de 36 000 échantillons sont prélevés dans les différents compartiments de l'environnement, y compris les denrées alimentaires d'origine agricole. Ils font l'objet de plus de 100 000 analyses de laboratoire, portant sur les différents émetteurs alpha, bêta et gamma. Il faut y ajouter les dizaines de milliers de résultats produits en permanence par les systèmes de mesure en continu (stations d'alerte) de la radioactivité de l'air, des aérosols atmosphériques et de l'eau des principaux fleuves et rivières.

## LES STATIONS D'ALERTE

**Téléray** : Réseau national de mesure en continu du rayonnement gamma ambiant. En 2002, une nouvelle balise a été implantée au château de Vincennes, en région parisienne, ce qui porte le nombre de stations à 180. Des améliorations techniques portant sur l'électronique (modem, vitesse de transmission...) permettront dès 2003 une modernisation complète du réseau. Une liaison directe a été installée début 2002 entre le Centre technique de crise de l'IRSN à Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine) et le Poste de commandement des moyens d'intervention situé au Vésinet (Yvelines).

**Téléhydro** : Réseau de suivi en continu de la radioactivité des eaux usées des grandes villes. L'installation en 2002 de 4 nouvelles balises à Lyon (Rhône), Rouen (Seine-Maritime), Strasbourg (Bas-Rhin) et Nantes (Loire-Atlantique) porte à 8 le nombre de stations opérationnelles.

De plus, un appareil portable autonome, permettant des mesures ponctuelles et interrogeable à distance, a été réalisé et est disponible depuis fin 2002.

**Hydrotéléray** : Réseau de mesure en continu de la radioactivité de l'eau des grands fleuves. Ce réseau comporte maintenant 6 stations avec la balise d'Agen (Lot-et-Garonne) installée sur la Garonne sous le pont de Layrac.

**Sara** : Réseau de mesure des activités alpha, bêta et gamma des aérosols. En 2002, 5 nouvelles balises ont été installées à Biarritz (Pyrénées-Atlantiques), Montélimar (Drôme), Strasbourg (Bas-Rhin), Lille (Nord) et Brest (Finistère), portant à 11 le nombre d'appareils implantés sur les stations météorologiques des aéroports.

1. OPERA : Observatoire PErmanent de la RAdioactivité.

## > Conséquences des retombées de l'accident de Tchernobyl en France

Les retombées en France de l'accident de Tchernobyl (Ukraine) continuent de faire l'objet d'études et de groupes de travail sur l'évaluation de l'impact environnemental et sanitaire de la catastrophe et sur les leçons à en tirer pour la gestion de crise. L'Institut a depuis longtemps mis en place une organisation, renforcée avec la création de l'IRSN, destinée à apporter un soutien technique aux autorités en cas d'accident nucléaire.

### Des recherches pour renforcer l'expertise

Pour améliorer ses capacités d'expertise dans le domaine radioécologique, l'IRSN développe des programmes scientifiques. Ainsi, l'objet du programme CAROL (CAmargue Rhône Languedoc) était de déterminer l'origine des radionucléides présents en quantités mesurables dans la basse vallée du Rhône, pour prévoir leur devenir à moyen et long termes. Ce projet a couvert tous les milieux : atmosphérique, terrestre, aquatique, continental et marin, et a permis de répondre à de nombreuses questions. Par exemple, l'étude de l'origine du  $^{137}\text{Cs}$  présent dans les sols a permis de quantifier la relation entre les dépôts consécutifs à l'accident de Tchernobyl et les pluies de la première semaine de mai 1986, période durant laquelle des masses d'air contaminées ont survolé la France ; elle a conduit à dresser par modélisation une cartographie des dépôts de  $^{137}\text{Cs}$  en France dus à l'accident. Cette carte peut être superposée à celle des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires, reconstituée à partir des mesures effectuées par l'OPRI depuis 1961. Il est ainsi possible de fournir des données sur le niveau et l'origine des activités actuelles de  $^{137}\text{Cs}$  dans les sols français.

Une autre application des recherches de l'IRSN a concerné l'étude des retombées de l'accident de Tchernobyl en Corse. À la demande des pouvoirs publics, trois campagnes d'échantillonnages et de mesures ont été effectuées sur l'île par l'OPRI et l'IPSN en 2001. Elles avaient pour objectif de vérifier les estimations de dépôts, de reconstituer autant que possible la contamination de la chaîne alimentaire en 1986 en utilisant les mesures faites à l'époque, et de connaître les niveaux actuels de contamination des aliments. Les doses à la thyroïde susceptibles d'avoir été reçues par les enfants ayant résidé dans les zones les plus touchées ont été évaluées. L'étude a fait l'objet de publications et d'une présentation publique à Ajaccio (Corse) en janvier 2002.

Enfin, dans le cadre d'une « zone atelier » d'environ 1 000 m<sup>2</sup> située dans le Mercantour (massif du Sud-Est), une étude a porté sur l'origine et la localisation de points de concentration de la radioactivité en haute montagne ainsi que sur la contamination de la chaîne alimentaire

qui peut en résulter. Cette étude, réalisée en collaboration avec des universités françaises et internationales, a notamment permis d'établir une cartographie prédictive, à l'échelle d'un bassin versant, des surfaces susceptibles de présenter des points de concentration de la radioactivité.

### DES GROUPES DE RÉFLEXION

Pour améliorer les réponses aux questions régulièrement posées par les médias et le public sur l'accident de Tchernobyl, l'IRSN a mis en place un groupe de réflexion, composé de personnalités provenant d'horizons variés : membres de commissions locales d'information (CLI), journalistes, universitaires, experts de l'Institut. Les réflexions portent par exemple sur la qualité et la pertinence des mesures effectuées en 1986, les cartographies de la contamination des sols, la cohérence des calculs de doses, les effets de la contamination de la thyroïde... Les travaux de ce groupe ont notamment conduit l'IRSN à établir par modélisation une cartographie complète de la contamination des sols français par le  $^{137}\text{Cs}$ . Cette carte sera proposée à la Commission européenne, pour remplacer celle figurant actuellement dans les publications de cette commission (« atlas européen »).

Par ailleurs, la ministre de l'Écologie et du Développement durable et le ministre de la Santé ont, en août 2002, confié au professeur Aurengo la mission d'établir une cartographie de la contamination du territoire français à la suite de l'accident de Tchernobyl, pour en déduire les risques de contamination de la population et les doses reçues. L'IRSN participe activement à ce travail. Il a notamment fourni les résultats des mesures qu'il a effectuées de 1980 à 1999 ainsi que tous les rapports édités par l'IPSN (Institut de protection et de sûreté nucléaire) depuis 1986 concernant l'accident.



Prélèvement de sols en Corse afin de mesurer la quantité de césium 137 présente de nos jours.

## > Une nouvelle organisation de la gestion de crise à l'IRSN

**E**n cas d'accident nucléaire ou radiologique, l'IRSN met en place une organisation et des moyens en vue de conseiller les pouvoirs publics. Il doit notamment être en mesure de fournir rapidement aux autorités de sûreté nucléaire (DGSNR, DSND) des informations techniques sur la nature et la gravité d'une situation accidentelle affectant une installation nucléaire ainsi que sur son évolution possible et les conséquences qui pourraient en résulter pour les populations et l'environnement. Il doit en outre, le cas échéant, proposer des actions de protection à mettre en œuvre sur le terrain. En cas de rejet effectif de radio-éléments, l'Institut a de plus à collecter et à traiter l'ensemble des résultats de mesures effectuées en vue de caractériser la zone contaminée et à proposer, le cas échéant, des actions de remise en état de l'environnement.

### Une organisation adaptée à la situation

Pour répondre efficacement aux missions qui lui sont confiées, l'Institut dispose d'une organisation permettant d'effectuer un diagnostic de la situation et un pronostic sur son évolution :

- une équipe d'astreinte, composée de 14 agents, susceptible d'entrer en action en moins d'une heure quels que soient le jour et l'heure ;
- un Centre technique de crise (CTC) à Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine), disponible 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. En situation de crise, il peut réunir une équipe de 20 à 25 personnes, dotée de moyens spécifiques : télécommunications, documentation, systèmes de calcul et banques de données, notamment cartographiques. Cette équipe transmet avis et informations techniques aux pouvoirs publics en vue d'assurer au mieux la protection des populations.
- une cellule mobile chargée de coordonner localement la réalisation de mesures, de transmettre au CTC tous éléments techniques utiles à son expertise, et d'effectuer en cas

de besoin un contrôle sanitaire des populations. Elle dispose de matériels de mesure portables, de véhicules d'intervention et de véhicules spécialisés utilisés selon la gravité de l'événement (sept camionnettes, deux semi-remorques et une voiture-rail).

Elle est mise en place par le Poste de commandement des moyens d'intervention du Vésinet (Yvelines), en relation constante avec le CTC.

# 250

**Nombre d'experts IRSN mobilisables pour le Centre technique de crise.**

Aujourd'hui, avec le regroupement des activités techniques de l'IPSN et de l'OPRI, l'IRSN dispose d'un large ensemble de moyens techniques. L'année 2002 a vu la mise en place d'une coordination de ces différents moyens, permettant d'utiliser leur complémentarité pour améliorer l'expertise de l'Institut en cas de crise : regroupement des astreintes, centralisation des informations vers le CTC de Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine), mise en place de la cellule mobile... Cette synergie se traduit notamment par des échanges plus directs et plus rapides entre l'équipe d'experts au CTC et la cellule mobile sur le terrain.

Douze exercices de crise ont été effectués en 2002 : huit concernaient des installations d'EDF, un concernait l'usine de La Hague (Cotentin), un concernait l'Institut Laue-Langevin à Grenoble (Isère), un concernait les installations du CEA à Cadarache (Bouches-du-Rhône) et un concernait un transport de matières radioactives. Outre les intervenants de l'IRSN, chacun de ces exercices mobilise les pouvoirs publics ainsi que les exploitants aux niveaux local et national. Ces exercices permettent notamment d'évaluer les échanges entre les différents acteurs. Par ailleurs, les outils de calcul développés par l'IRSN pour estimer l'évolution possible d'un accident et les conséquences envisageables sur l'environnement et sur les populations d'un rejet de matières radioactives sont testés à cette occasion.

### UN CD-ROM SUR LE RISQUE NUCLÉAIRE POUR LES DÉCIDEURS LOCAUX

Face aux difficultés éprouvées par les acteurs locaux pour se représenter concrètement ce que pourrait être un accident nucléaire, l'Institut a lancé en 2000 la réalisation d'un CD-ROM intitulé : « Éléments sur le risque nucléaire et sa gestion ».

Après la préparation de l'information technique nécessaire, l'élaboration du cahier des charges et la conception, des séquences animées ont été définies en 2001, avec l'assistance d'une société spécialisée en multimédia. En 2002, un appel d'offres a permis de sélectionner la société qui réalise le CD-ROM. La diffusion du CD-ROM est prévue pour juin 2003.



*Le Centre technique de crise en exercice.*



## > Les implications de l'IRSN dans le domaine de la radioprotection de l'environnement

Avec le développement des préoccupations environnementales, un consensus international s'est établi sur la nécessité de mettre en place, au-delà de la protection de l'homme, un système de protection de l'environnement contre les effets des rayonnements ionisants. L'évaluation du risque associé à la présence de radionucléides dans l'environnement suppose le développement de nouveaux axes de recherche de la radioécologie (étude de l'accumulation chronique de radionucléides à faibles doses, prise en compte des phénomènes de multipollution (métaux et radionucléides)...

Dans ce cadre, l'IRSN a engagé deux nouveaux programmes de recherches pour acquérir les connaissances et développer les outils indispensables à la mise en place d'une méthode d'évaluation du risque radioécologique.

### Le programme ENVIRHOM

Démarré en 2001, le programme ENVIRHOM a pour objectif d'apprécier les effets d'expositions chroniques à de très faibles niveaux en associant des spécialistes de la protection de l'homme et de la protection de l'environnement. Il s'agit d'étudier les phénomènes d'accumulation des radionucléides dans les écosystèmes et les personnes dans un contexte de multipollution. Les bases de connaissances obtenues contribueront de manière importante à la mise en place d'un système de protection de l'environnement.

Le programme ENVIRHOM s'attache aussi à évaluer les transferts de radionucléides depuis les compartiments « réservoirs » de radioactivité que sont l'eau, le sol et les sédiments vers le milieu vivant. En effet, au sein des écosystèmes, la grande diversité de ces transferts est liée à la complexité des mécanismes chimiques et biologiques de recyclage des radionucléides et aux modes d'alimentation des organismes présents dans ces milieux.

Le programme étudie notamment les perturbations biologiques induites sur le long terme. ENVIRHOM permettra d'établir des relations dose-effet entre les concentrations des espèces chimiques présentes dans le milieu et les répercussions écologiques au niveau de l'individu et d'une population (toxicités chimique et radiologique).

Les premières expériences ont porté sur l'uranium et ont permis de mettre en évidence et de quantifier des processus de bioaccumulation de l'uranium ainsi que les mécanismes mis en œuvre selon le milieu et les formes chimiques de l'uranium, pour le phytoplancton et pour les invertébrés.

D'autres études ont permis de mettre en évidence des processus de bioaccumulation et des capacités de transfert aux consommateurs. Enfin, certains effets biologiques (taux de mortalité, effet sur la croissance...) ont pu être reliés aux modalités d'exposition et ont ainsi permis d'établir des courbes de relation dose-effet.

### Le programme SYMBIOSE : vers une plate-forme intégrée d'aide à l'évaluation

Démarré en 2002, le programme SYMBIOSE vise à développer un ensemble d'outils informatiques coordonnés d'aide à l'évaluation et à la gestion du risque de contamination radioactive dans l'environnement. L'objectif est de traiter à la fois l'impact sur l'homme et l'impact sur l'environnement de l'échelle d'un individu jusqu'à celle d'une population entière.

Selon les situations étudiées, le programme pourra utiliser des modèles plus ou moins complexes et détaillés. Ainsi, dans des études prospectives préliminaires, certains phénomènes pourront être traités en utilisant des descriptions simplifiées alors que l'interprétation de cas réels délicats pourra faire appel aux modèles les plus élaborés. L'approche utilisée vise à traiter un large éventail de situations. Elle devrait permettre la modélisation dynamique des transferts de radionucléides au sein et entre les différents milieux constitutifs de la biosphère continentale sur des échelles de temps allant de la journée à plusieurs dizaines d'années. Cette approche s'appliquera aux stockages de déchets, aux installations nucléaires de base (INB) en fonctionnement normal ou accidentel.

Le travail de l'année 2002 a consisté à restructurer des modèles existants et à les intégrer dans un ensemble modulaire permettant l'évaluation de l'impact dosimétrique pour l'homme lié à une ingestion d'aliments contaminés en provenance d'une biosphère continentale simplifiée.



*La bioaccumulation  
de l'uranium est étudiée chez  
le bivalve et l'écrevisse.*



### Un rapprochement avec l'écotoxicologie

Les programmes ENVIRHOM et SYMBIOSE sont deux programmes complémentaires d'évaluation du risque écologique lié aux substances radioactives. Dans la mesure où l'écotoxicologie a depuis longtemps formalisé des méthodes d'évaluation du risque écologique associé à la présence de toxiques chimiques, un rapprochement avec ce domaine a été amorcé et se traduit notamment par une collaboration avec l'INERIS. En effet, dans bien des cas d'évaluation du risque, polluants chimiques et polluants radioactifs ne peuvent pas être considérés séparément.

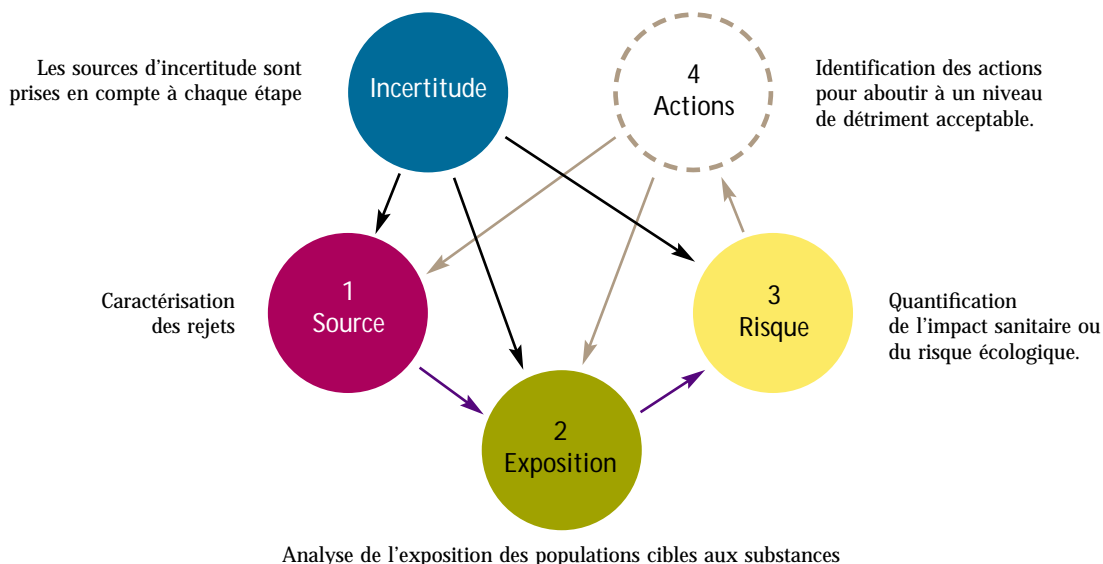
### UNE FORTE IMPLICATION DANS DES RÉSEAUX DE PARTENAIRES INTERNATIONAUX

Parallèlement à ces actions de recherche, l'IRSN participe au programme européen FASSET dont l'objectif principal est de proposer un système d'évaluation de l'impact de la contamination radioactive de l'environnement due à des rejets accidentels ou chroniques en reliant les scénarios de relâchement, les voies d'exposition, les doses aux biotas (organismes vivants) et les effets qui peuvent en résulter. Seul programme européen à aborder de manière pratique le problème de la protection de l'environnement, FASSET mobilise 15 équipes appartenant à 7 pays de l'Union européenne.

Ces travaux seront poursuivis dans le cadre du projet européen ERICA auquel l'IRSN participe. Le projet ERICA doit aboutir à terme à une méthode d'appréciation du risque associé à la présence de radionucléides dans l'environnement.

Enfin, l'IRSN participe de manière active aux travaux des différents groupes de réflexion sur la protection de l'environnement, mis en place par les organisations internationales (CIPR, AEN, UNSCEAR, AIEA...).

### DÉCOMPOSITION DU CYCLE D'ÉVALUATION ET DE GESTION DU RISQUE



*Le programme Symbiose  
vise à évaluer et à gérer le risque  
de contamination radioactive  
dans l'environnement.*

## > Les programmes de recherche de l'IRSN en radioécologie marine

L'expertise de l'IRSN dans le domaine de l'évaluation de l'impact des radioéléments présents dans l'environnement sur l'homme et les écosystèmes suppose notamment la compréhension et la quantification des mécanismes de transfert des substances radioactives naturelles et artificielles dans le milieu marin. Depuis plus de vingt ans, l'Institut mène des études de radioécologie marine, rassemblant des spécialistes en chimie, en biologie, en géochimie, en sédimentologie... Des relations ont été nouées avec des organismes de recherche et d'expertise français et étrangers (participation à des groupes de travail, signature d'accords de collaboration...).

### 62 jours de campagne en mer en 2002

Les données acquises lors de campagnes de prélèvement en mer et dans les estuaires permettent de concevoir et de valider des modèles de transfert. L'objectif de ces modèles est de permettre une évaluation de la dispersion dans l'environnement marin — eau de mer, sédiment, biota — des substances radioactives d'origine naturelle ou artificielle.

L'organisation de telles campagnes s'appuie sur les moyens de l'IFREMER et du CNRS/INSU (Institut national des sciences de l'univers). L'accès de l'IRSN aux navires océanographiques et à leurs équipements dépend de l'évaluation par un comité scientifique propre à chacun des deux instituts des projets de recherche présentés. Les demandes présentées en 2001 par l'IRSN ont conduit à la planification de six campagnes au cours de l'année 2002, pour une durée de 62 jours en mer.

Ces campagnes ont contribué :

- à la compréhension et à la quantification des mécanismes de transfert entre la mer, l'atmosphère et la terre du  $^{14}\text{C}$  et du tritium (campagne TRANSAT<sup>1</sup>) ;
- au développement d'un modèle de dispersion en mer de polluants, dans le champ proche d'une source d'émission (campagne DISPRO<sup>2</sup>) ;
- à la compréhension et à la quantification des mécanismes de fixation et de la remobilisation des radioéléments dans les sédiments (campagne DIAPLU<sup>3</sup>) ;
- à l'étude de la répartition des radioéléments naturels et artificiels apportés par le Rhône en Méditerranée (campagne REMORA<sup>4</sup>).

1. TRANSAT : TRANSfert eau ATmosphère.

2. DISPRO : DISpersion en champ PROche.

3. DIAPLU : comportement du PLUTonium dans la DIAGenèse des sédiments marins.

4. REMORA : REMOBilisation des RADionucléides dans le pro-delta du Rhône.

### Mieux connaître les transferts entre la mer, l'atmosphère et la terre

Les travaux du Groupe radioécologie Nord-Cotentin (GRNC) ont montré l'intérêt d'améliorer les connaissances dans le domaine des transferts entre la mer, l'atmosphère et la terre. Cela a conduit l'IRSN à entreprendre des recherches sur la compréhension et la quantification des transferts entre ces trois compartiments. L'objectif des deux campagnes TRANSAT réalisées en février et août 2002 était de quantifier les transferts de  $^{14}\text{C}$  et de tritium sous forme gazeuse entre l'eau, la terre et l'atmosphère, dans les écosystèmes de la Manche centrale et de l'estuaire de la Seine. De plus, les résultats acquis sur le  $^{14}\text{C}$  lors de ces campagnes contribueront à l'étude plus générale du cycle du  $\text{CO}_2$  dans le cadre des travaux sur le changement climatique. Le matériel et les techniques spécifiques développés à l'occasion de ces campagnes permettent des mesures de très bas niveau du  $^{14}\text{C}$  et du tritium dans l'air. Ces campagnes ont été menées en collaboration avec le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE, unité mixte CEA/CNRS) et le Groupe d'études atomiques (GEA) de la Marine nationale.

### Vers la modélisation de la dispersion des polluants dans la Manche

L'objectif des deux campagnes DISPRO réalisées en novembre 2002 était de déterminer les paramètres de dispersion à court et à moyen termes d'un rejet soluble en mer avec marées en utilisant les rejets contrôlés en tritium de l'usine de La Hague à la pointe Nord-Ouest du Cotentin. Elles permettront de mieux apprécier la variabilité de la dispersion selon les conditions hydrodynamiques (heure de rejet, courants de marée, forçage météorologique). Les résultats obtenus sur le tritium utilisé comme traceur serviront à la validation d'un modèle de dispersion à deux dimensions à grande résolution (110 mètres), développé en collaboration avec l'IFREMER.

4 000 échantillons d'eau de mer ont été collectés, ainsi que des données sur les courants et les profondeurs marins. Les premiers résultats montrent une bonne correspondance entre les concentrations de tritium mesurées dans l'eau de mer et celles prévues par le modèle.



*Mission DIAPLU : le carottier Flucha effectue des prélèvements pour l'analyse de sédiments.*

### Étudier les conditions de remise en suspension du plutonium dans les sédiments

La campagne DIAPLU s'est déroulée en mer d'Irlande du 2 au 21 juillet 2002. Elle s'intégrait dans un projet de recherche destiné à déterminer par quels processus le plutonium fixé sur des sédiments marqués par les rejets d'installations de retraitement peut être mobilisé vers l'eau.

Les sédiments constituent en effet une source différée et diffuse de plutonium dont il faut tenir compte pour évaluer la part du plutonium liée à un rejet et celle provenant de la remobilisation du plutonium contenu dans les sédiments. Les concentrations de plutonium rencontrées dans les sédiments de la mer d'Irlande marqués par les rejets de l'usine de retraitement de Sellafield rendent possible la mesure du plutonium dissous dans les eaux interstitielles des sédiments. Le prélèvement de carottes sédimentaires et l'extraction d'eaux interstitielles ont été réalisés dans des conditions permettant de conserver les caractéristiques physico-chimiques des milieux étudiés.

Les analyses des 230 échantillons prélevés ont permis de déterminer leurs caractéristiques sédimentologiques et géochimiques ainsi que les caractéristiques des eaux interstitielles (pH, potentiel redox...). Les modes d'association du plutonium avec les phases solides réactives des sédiments ont été déterminés et la concentration du plutonium dissous dans les eaux interstitielles a été évaluée.

Cette campagne a été réalisée dans le cadre du programme REMOTRANS de la Commission européenne, avec la collaboration du CEFAS (The Centre for Environment Fisheries and Aquaculture Science, UK) et de l'University College de Dublin (Department of Experimental Physics, Ireland).

### Étudier l'influence du Rhône sur les sédiments en Méditerranée

Les campagnes REMORA étudient l'influence des apports rhodaniens sur les transferts de radioéléments naturels et artificiels ainsi que de métaux traces en Méditerranée. Elles permettent notamment d'apprécier l'évolution temporelle des concentrations et des quantités accumulées dans les sédiments du delta sous-marin (pro-delta) du Rhône. La zone de mélange eau douce-eau de mer est le siège de phénomènes complexes d'agrégation, de floculation et de précipitation. Ces phénomènes de fixation entraînent une faible dispersion des radionucléides dans l'eau de mer et leur accumulation dans les sédiments du pro-delta du Rhône. Des phénomènes de remise en suspension, notamment lors des tempêtes de vent d'est et des crues du Rhône, contribuent à la redistribution des éléments piégés temporairement dans les sédiments. En outre, l'arrêt des opérations de retraitement industriel sur le site de Marcoule (Gard) depuis 1997 a conduit les équipes de l'IRSN à réaliser entre 2001 et 2002 des campagnes de prélèvements de sédiments dans l'ensemble du golfe du Lion afin d'analyser finement la réponse environnementale à un tel changement.

La campagne REMORA 3, conduite du 12 octobre au 5 novembre 2002, complète les campagnes effectuées en 2001 dans la zone sous l'influence directe des apports rhodaniens (programme européen REMOTRANS). Près de 2 400 échantillons de sédiments ont été récoltés au cours des trois campagnes REMORA.

La campagne REMORA 3 a été réalisée dans le cadre des programmes EUROSTRATAFORM (EUROpean margin STRATA FORMation), ORME (Observatoire de recherche méditerranéen sur l'environnement, CNRS) et PNEC (Programme national d'environnement côtier).



*Extraction de l'eau interstitielle de sédiments prélevés en mer.*

*Mission REMORA : carte de localisation des prélèvements.*





# > La radioprotection des populations et des professionnels

L'IRSN est le principal organisme technique français ayant vocation à informer les citoyens, à sensibiliser les professionnels et à conseiller les pouvoirs publics sur les risques liés à l'utilisation des rayonnements ionisants. Son expérience dans le domaine de la radioprotection des travailleurs lui permet de donner des avis techniques sur des projets de textes réglementaires et de participer aux travaux de diverses instances nationales ou internationales.

## Une évolution de la réglementation

La protection des individus contre les rayonnements ionisants repose sur trois principes : la justification des pratiques, l'optimisation de la protection et la limitation des doses. L'ensemble de la population est concerné mais de manière différente selon qu'il s'agit d'un travailleur, d'un patient ou d'une personne du public. Deux directives européennes récentes portent sur la radioprotection : « 96/29 » pour les travailleurs et le public et « 97/43 » pour les patients.

## La radioprotection des travailleurs

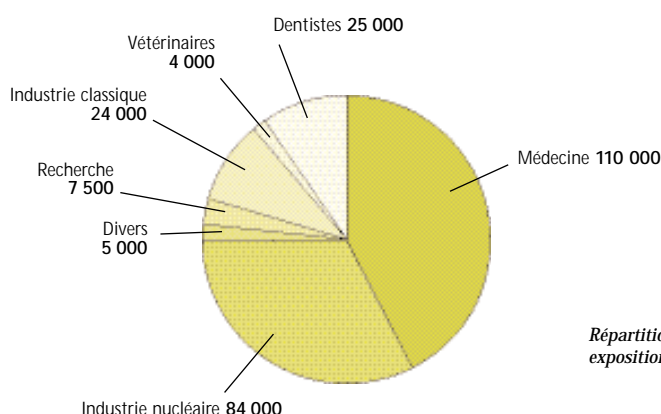
En France, 260 000 travailleurs des secteurs médical, nucléaire et industriel font l'objet d'une surveillance de leur exposition aux rayonnements ionisants. L'IRSN assure la dosimétrie de 60 % d'entre eux. L'Institut dispose pour ce faire de laboratoires spécialisés dans la surveillance de l'exposition externe (fourniture et exploitation de dosimètres) et de l'exposition interne (analyses radio-toxicologiques et anthropogammamétrie). Par ailleurs, l'IRSN réalise des expertises aux postes de travail, en vue de réduire les expositions professionnelles. En 2002, l'IRSN a assuré la distribution et le traitement de 1 900 000 dosimètres.



*L'IRSN assure la surveillance dosimétrique de travailleurs exposés aux rayonnements ionisants.*

## SISERI

Enregistrer, vérifier et restituer les doses reçues par les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants : tels sont les principaux objectifs de la base de données SISERI. Développée par l'Institut depuis 2000, elle est destinée aux différents acteurs de la radioprotection (médecins du travail, personne « habilitée » des entreprises...). Les développements en cours permettront à terme une consultation des données à distance, via un réseau Internet sécurisé.



*Répartition des 260 000 travailleurs faisant l'objet d'une surveillance de leur exposition aux rayonnements ionisants.*

### La protection radiologique des patients

L'IRSN contribue à l'élaboration de la future réglementation relative à la protection des patients, fondée sur la réduction des expositions au niveau optimal, tout en assurant la qualité des images diagnostiques et en garantissant l'atteinte des objectifs thérapeutiques. Son expertise porte sur la justification des actes, l'optimisation de la protection, le contrôle de qualité des appareils, les campagnes de dépistage médical et la formation des professionnels. Dans ce cadre, l'Institut a participé à l'élaboration d'un rapport sur les procédures et les doses de référence des examens radiologiques. Ce référentiel vise à réduire les écarts dosimétriques constatés pour un même examen.

Par ailleurs, dans le domaine de la radiothérapie, l'IRSN mène des recherches sur des indicateurs biologiques qui permettront d'apprécier la radiosensibilité de chaque patient en vue d'ajuster les protocoles thérapeutiques. Il conduit aussi des travaux sur les mécanismes d'apparition des effets secondaires afin de proposer des traitements appropriés.

### L'exposition aux rayonnements cosmiques

Pour mettre en œuvre la directive 96-29, le logiciel SIEVERT a été développé par l'IRSN, en collaboration avec la DGAC (Direction générale de l'aviation civile), l'Observatoire de Meudon (Hauts-de-Seine) et les compagnies

aériennes, pour fournir les informations nécessaires sur l'exposition aux rayonnements cosmiques à bord des avions et de calculer la dose reçue lors d'un vol. SIEVERT est ouvert aux compagnies aériennes françaises depuis août 2001 pour la dosimétrie réglementaire de leurs personnels. À ce jour, plus de vingt compagnies utilisent ce système et les doses ont été calculées pour près de 1 million de vols. Ce service a également été ouvert au public en mars 2002 : il est accessible sur Internet ([www.sievert-system.org](http://www.sievert-system.org)).

### La mesure du radon dans les habitations

Gaz naturel radioactif, le radon est classé parmi les substances cancérogènes pour le poumon. Depuis plus de 25 ans, il est étudié par l'IRSN qui a fourni aux pouvoirs publics des éléments afin d'élaborer une politique de prévention du risque correspondant. Ainsi, il a dressé une carte des concentrations de radon, publiée en 2000, après avoir effectué plus de 12 000 mesures du radon dans les habitations françaises, en collaboration avec les services du ministère de la Santé. Pour enrichir cette carte, des mesures complémentaires ont été effectuées en 2002 dans huit départements : l'analyse des résultats est en cours. Par ailleurs, un traitement croisé des mesures avec des données de l'INSEE (densité de la population, type d'habitat, comportement saisonnier...) a été effectué en 2002 ; il permettra d'estimer l'exposition de la population française au radon à partir des mesures de concentration.



*L'IRSN apporte son expertise sur la radioprotection des patients.*



### Les travaux de modélisation pour distinguer le radon provenant d'un site minier de celui d'origine naturelle

En abaissant le seuil d'exposition du public à la radioactivité ajoutée par les pratiques industrielles, la réglementation française issue de la directive européenne 96/29 a posé le problème de la distinction entre le radon d'origine naturelle et celui issu des stockages de résidus de mines d'uranium.

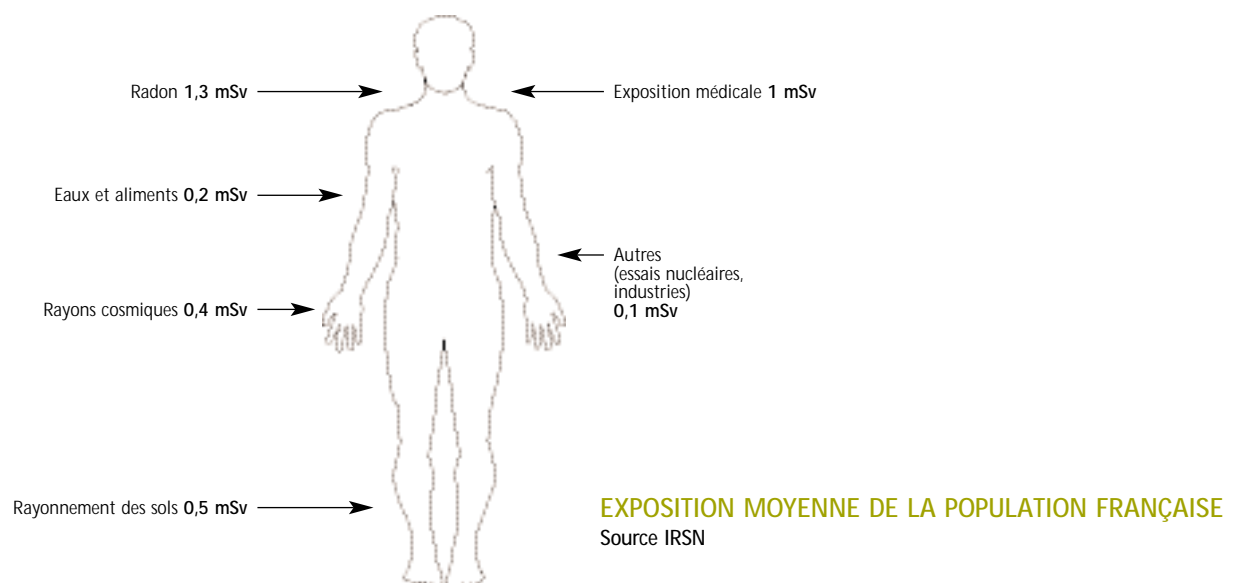
L'IRSN a effectué de nombreuses mesures du radon et de ses descendants radioactifs, principalement le bismuth 214 ( $^{214}\text{Bi}$ ), dans le cadre d'un programme de recherche mené sur le site minier de Bessines-sur-Gartempe (Haute-Vienne) et dans ses environs. Il s'avère que le rapport bismuth/radon est beaucoup plus faible au voisinage immédiat du site que dans l'environnement éloigné. Ce phénomène est lié pour l'essentiel à la dispersion atmosphérique, pour laquelle on dispose de modèles performants qui prédisent schématiquement que le bismuth mesuré au voisinage du site est représentatif du seul radon d'origine naturelle. On peut ainsi déduire à partir de la mesure du radon total la part du radon d'origine anthropique émis par le site minier.

En 2002, la méthode a été affinée, les hypothèses physiques et les simplifications des modèles utilisés ont été soumises à une analyse critique. Les incertitudes attachées à ces hypothèses ont été évaluées. L'IRSN dispose désormais d'une méthode applicable aux sites similaires dont les caractéristiques correspondent au domaine de validité de la méthode.

### Mesures du radon et de la fraction libre de ses descendants

Les travaux de métrologie pure du gaz radon sont destinés à disposer de valeurs de référence et à assurer une bonne traçabilité du gaz lors de l'étalonnage d'un appareil. Dans ce cadre, une intercomparaison internationale, portant sur les procédures d'étalonnage, a débuté en 2002. Un appareil de mesure, l'Alphaguard, a circulé dans 9 laboratoires européens qui en ont fait l'étalonnage. Cet exercice a montré un très bon accord entre les résultats obtenus par les différents laboratoires.

La métrologie du gaz radon est complétée notamment par la mesure de la fraction libre de ses descendants, petits aérosols (de l'ordre du nanomètre) qui contribuent au risque sanitaire. En 2001, l'Institut a lancé une collaboration avec l'université de Catalogne (Espagne) et l'université de Brest (Finistère) pour le développement d'instruments de mesure originaux, destinés à la caractérisation (mesure de la taille des particules) des descendants du radon et notamment du polonium 218. En 2002, une intercomparaison de deux systèmes de mesure de la fraction libre des descendants du radon a été réalisée. L'exploitation des résultats est en cours ; les premiers éléments analysés montrent un accord satisfaisant avec des points à améliorer, notamment sur les algorithmes de traitement des données.



## > La participation de l'IRSN aux travaux de la CIPR

Les experts de l'IRSN participent activement aux travaux de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) à un moment important de l'action de cet organisme visant à simplifier et clarifier le système de radioprotection afin de le rendre plus compréhensible et plus efficace. Les recommandations issues de ces travaux viendront compléter la publication 60 qui date de 1990 et qui sert de référence aux normes de base internationales de l'Agence Internationale pour l'énergie atomique (AIEA) et à la directive européenne de 1996 sur la radioprotection des travailleurs et des personnes du public.

Le mandat des membres de la CIPR vient d'être renouvelé pour la période 2001-2005. L'IRSN est représenté dans la Commission principale par Annie Sugier, Directrice à la Protection à l'IRSN, qui vient en outre d'être nommée présidente au Comité technique sur l'application des recommandations, où elle succède au Sud-Africain Bert Winkler. Participent également aux différents comités techniques de la CIPR : Margot Tirmarche (Comité 1 – Effets des rayonnements), Henri Métivier (Comité 2 – Limites dérivées), Jean-François Lecomte (Comité 4 – Application des recommandations).

La CIPR, qui a été créée en 1928 en tant qu'organisation non gouvernementale, joue un rôle primordial dans le développement et la diffusion des principes de protection contre les rayonnements ionisants. La Commission travaille en liaison étroite avec la Commission Internationale des unités et mesures radiologiques (ICRU) et maintient des liens avec de nombreuses autres organisations internationales, notamment le Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des rayonnements atomiques, placé auprès de l'Assemblée générale des Nations unies (UNSCEAR).



*Membres de la CIPR  
lors de la réunion de  
septembre 2001 à La Haye.*



## > Expertises et recherches en dosimétrie des neutrons

**A**u fil des années, l'IRSN a développé une activité importante et reconnue de recherches et d'expertises dans le domaine de la dosimétrie des neutrons. Doté d'installations de métrologie et d'essais, uniques au monde pour certaines, l'Institut occupe une place de référence tant au plan national qu'international.

### Des activités de recherche et d'étude Mesures et caractérisation des champs de rayonnement sur les lieux de travail

L'objectif des mesures est d'évaluer l'exposition des travailleurs aux neutrons, afin d'améliorer leur radio-protection en proposant des pratiques et des instruments mieux adaptés à leurs conditions d'irradiation. L'IRSN a mené de nombreuses campagnes de mesures en France (industrie nucléaire, armée, transports de matières radio-actives, radiothérapie, transports aériens ...), et à l'étranger (Espagne, Allemagne, Belgique). Parmi les opérations récentes, une campagne de mesures de dosimétrie des neutrons a été menée en 2002 dans une installation de production industrielle de combustibles MOX exploitée par COGÉMA (Compagnie générale des matières nucléaires) (Atelier ATPu).

### Évaluation des dosimètres individuels

Le comportement des dosimètres individuels varie en fonction des différentes caractéristiques du champ de rayonnement neutronique et des facteurs environnementaux (température...). Dans ce domaine, l'IRSN est impliqué dans deux programmes européens. Le premier, dénommé EVIDOS, porte sur l'évaluation des différentes méthodes

disponibles ou à l'étude pour assurer la dosimétrie individuelle des travailleurs, dans les conditions d'exposition réelles rencontrées aux postes de travail ; du 14 au 18 octobre 2002, les participants au programme EVIDOS ont été réunis autour des installations CEZANE et SIGMA afin d'étalonner les instruments utilisés pour ce programme. Le deuxième programme, mené dans le cadre d'EURADOS (European Radiation Dosimetry Group), vise à harmoniser les pratiques dosimétriques en Europe ; l'IRSN est chargé de faire un état des lieux du développement et de l'utilisation des dosimètres individuels électroniques.

# 10

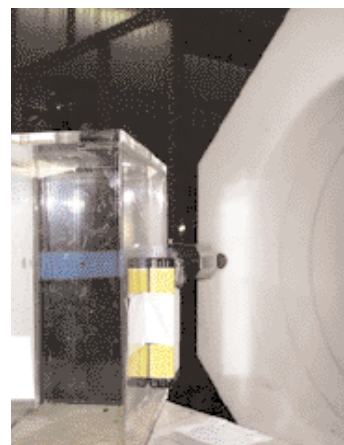
Nombre d'années de recherche nécessaires pour développer le premier dosimètre électronique pour les neutrons répondant aux normes internationales.

### Étalonnage de dosimètres à l'aide de sources de rayonnement de référence

L'étalonnage de dosimètres est effectué par le laboratoire IRSN accrédité par le COFRAC (Comité français d'accréditation) et concerne les photons et les neutrons. En tant que laboratoire associé au Bureau national de métrologie (BNM), l'IRSN joue le rôle de référence nationale pour la dosimétrie des neutrons. Il fait partie de l'association des laboratoires européens de métrologie, EUROMET, et est reconnu au niveau international par le Bureau international des poids et mesures (BIPM). À ce titre, l'IRSN organise des intercomparaisons avec d'autres laboratoires aux niveaux national et international.

### Recherche et développement de nouveaux instruments et méthodes de mesure

Les actions de recherche et développement visent à améliorer la surveillance de l'exposition des travailleurs. La recherche de nouvelles méthodes de mesure est effectuée à l'aide de codes de calcul scientifique permettant de simuler les conditions expérimentales étudiées. Des maquettes et des prototypes de laboratoire sont ensuite réalisés et testés sur les installations de référence. Disposer de références neutroniques, mais aussi photoniques, est primordial à l'IRSN pour mener des recherches et réaliser des expertises, car, sur les lieux de travail, les champs neutroniques sont toujours associés à des champs photoniques. La commercialisation en juin 2002 par un industriel français du premier dosimètre électronique « Saphydose-n » pour la mesure des rayonnements neutroniques concrétise le succès d'une étude et d'un transfert de technologie conduits par l'IRSN, après les travaux successifs menés dans ses laboratoires ; ce dosimètre, dont le premier prototype industriel a été validé lors de la campagne de mesures menée par l'IRSN dans la centrale EDF de Dampierre-en-Burly (Loiret), a été homologué en janvier 2002 par le CTHIR (Centre technique d'homologation de l'instrumentation de radio-protection).



Première campagne  
EVIDOS sur CANEL :  
Saphydose-n.



*L'IRSN dispose de moyens uniques en France pour la dosimétrie des neutrons : ici le dispositif modérateur CANCEL.*

### Participation aux instances normatives nationales et internationales

Les experts de l'IRSN participent à des groupes de travail nationaux (Bureau de normalisation d'équipements nucléaires (BNEN)) et internationaux, tels que l'International Organization for Standardization (ISO) et la Commission électrotechnique internationale (CEI). Pour l'ISO, l'activité en 2002 a porté sur l'élaboration d'une nouvelle norme concernant l'étalonnage dans des champs de rayonnements neutroniques à spectres « réalistes ». Le Comité d'instrumentation en radioprotection de la CEI, animé par l'IRSN, s'est réuni à Pékin (Chine). L'un des groupes de travail auxquels l'IRSN a participé activement concernait les dosimètres électroniques individuels et d'ambiance.

### Des installations uniques en France

Les moyens de référence de l'IRSN pour la dosimétrie des neutrons sont situés à Cadarache (Bouches-du-Rhône). Ces moyens, uniques en France, sont regroupés au sein de deux installations : CEZANE et SIGMA. L'installation CEZANE abrite l'irradiateur Van-Gogh, constitué de trois sources émettant des neutrons dans une gamme d'énergies intermédiaires et hautes (neutrons rapides). L'installation SIGMA comprend une source émettant des neutrons de faible énergie (neutrons thermiques).

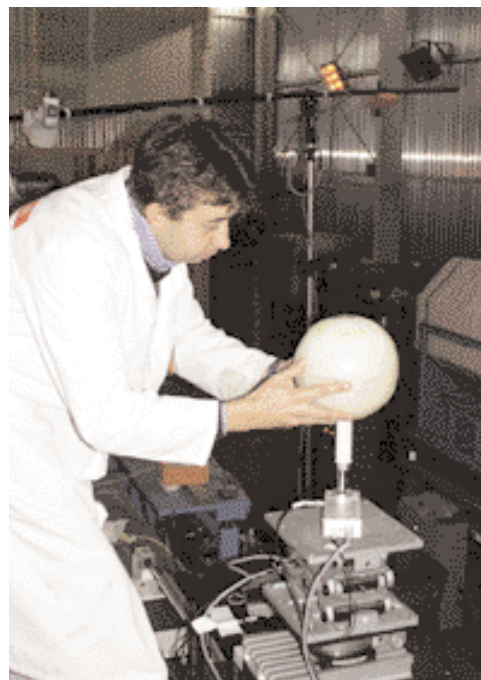
L'installation CEZANE abrite par ailleurs deux accélérateurs électrostatiques couplés à un dispositif modérateur dénommé CANCEL. Ces équipements permettent de produire expérimentalement un rayonnement de neutrons dont la distribution en énergie est dite « réaliste », c'est-à-dire représentative des conditions observées aux postes de travail. Ils permettent d'évaluer les performances des dosimètres et des détecteurs dans diverses configurations. Dans le cadre d'une collaboration EUROMET (European Metrology) entre l'IRSN, les laboratoires primaires allemand (PTB) et anglais (NPL) et l'université de Barcelone (Espagne) (UAB), les caractéristiques du champ de rayonnement produit par une nouvelle configuration du dispositif CANCEL ont été déterminées en 2002. Ce dispositif, unique au monde, est également destiné à devenir une référence car un projet de norme internationale sur la production et l'utilisation des spectres « réalistes » est en cours d'évaluation à l'ISO.

### UNE NOUVELLE INSTALLATION DÉDIÉE AUX NEUTRONS MONOÉNERGÉTIQUES

En 2000, l'IRSN a décidé de se doter d'un nouvel équipement pour produire des neutrons monoénergétiques de qualité métrologique : il s'agit du projet dénommé AMANDE, dont l'équipement sera implanté à côté de l'installation CEZANE. Ce nouvel équipement permettra d'étudier finement le comportement des instruments de radioprotection en fonction de l'énergie des neutrons, en les plaçant dans un champ neutronique d'énergie bien définie et connue avec précision et en faisant varier l'énergie de façon également parfaitement maîtrisée. La réalisation du projet AMANDE comprend la construction d'un accélérateur (en cours de fabrication par l'entreprise néerlandaise HVEE), la demande d'autorisation d'exploiter une installation classée pour la protection de l'environnement (déposée à la préfecture des Bouches-du-Rhône en juillet 2002) et la construction du bâtiment qui accueillera l'accélérateur et son hall d'essai (début des travaux prévu en 2003). Selon le calendrier actuel, la réception en usine de l'accélérateur devrait intervenir au cours de l'année 2003 et son installation sur le site en 2004. Après une période de tests, la mise en production opérationnelle se ferait en 2005.

En 2002, de nombreuses actions de communication ont été réalisées, en particulier en vue de l'enquête publique préalable à l'obtention de l'autorisation d'exploitation.

Avec l'installation d'AMANDE, l'IRSN possédera une chaîne complète d'installations métrologiques, pour les neutrons et pour les photons, qui pourra couvrir l'ensemble des besoins d'étalonnage et de qualification des appareils de radioprotection mis en œuvre pour assurer la surveillance dosimétrique des travailleurs de l'industrie nucléaire civile et militaire et du domaine médical.



*Pose d'un appareil de mesure des neutrons sur banc d'étalonnage Van-Gogh.*

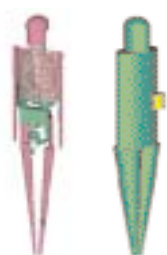
## > La gestion des expositions accidentelles

Lors d'accidents ou d'incidents d'irradiation ou de contamination, l'IRSN peut être sollicité pour apporter son expertise afin d'évaluer les doses reçues par les personnes irradiées et d'assister les équipes médicales en charge de leur traitement. En parallèle, l'Institut poursuit des travaux de recherche visant à améliorer les indicateurs de diagnostic – en développant en particulier de nouvelles techniques d'évaluation des doses – et à optimiser les thérapeutiques dispensées aux personnes irradiées.

### Des missions complémentaires

En cas d'accident, l'estimation de la dose reçue par une personne irradiée est un élément important pour le choix de la stratégie thérapeutique. Ce travail d'expertise s'appuie sur plusieurs approches complémentaires, mais il est essentiel de rassembler le maximum d'informations sur les circonstances de l'accident et les conditions d'exposition des victimes. La dosimétrie biologique permet d'évaluer la dose moyenne reçue par une personne irradiée à partir du dénombrement des anomalies chromosomiques instables dans les lymphocytes du sang circulant, par une technique de cytogénétique dite conventionnelle. La dosimétrie physique permet d'évaluer la distribution des doses dans l'organisme à partir de reconstitutions expérimentales ou par modélisation des conditions d'irradiation ; la dose reçue peut également être estimée à l'aide de mesures par résonance paramagnétique électronique de fragments osseux. En cas de contamination, l'activité incorporée, et donc la dose, peuvent être évaluées, en fonction des radionucléides, à partir des résultats d'anthropogammamétrie ou de mesures sur les urines ou les selles.

Outre les travaux visant à l'amélioration des techniques de mesure et d'évaluation précitées, les recherches menées par l'Institut dans le domaine de la gestion des expositions accidentelles ont pour principal objectif de proposer des thérapeutiques adaptées aux situations rencontrées, en tenant compte de la radiosensibilité de chaque individu et du caractère hétérogène des accidents d'irradiation.



*Reconstitution dosimétrique  
en cas d'accident : modélisation de la  
personne irradiée et de la source.*

### Les incidents au niveau national Roissy (Val-d'Oise)

Un colis défectueux contenant des matières radioactives ayant transité par l'aéroport de Roissy, l'IRSN a réalisé des expertises par dosimétrie biologique pour les neuf personnes qui avaient manipulé le colis pour son déchargement, son entreposage et son rechargement dans l'avion. Pour obtenir une bonne précision, 2 000 cellules ont été analysées, au lieu de 500 habituellement. Le nombre observé d'aberrations instables était anormalement élevé pour trois des personnes, mais l'intervalle de confiance de la dose reçue n'a pu être séparé du bruit de fond que pour l'une d'entre elles. De surcroît, aucune relation certaine avec le transit du colis radioactif endommagé n'a pu être mise en évidence.

### Bordeaux-Gradignan (Gironde)

À la demande du directeur de la Prévention des pollutions et des risques, l'IRSN a réalisé une expertise de l'incident survenu le 25 janvier 2002 sur une des lignes d'expérimentation de l'accélérateur Van-de-Graaff du Centre d'études nucléaires de Bordeaux-Gradignan (université de Bordeaux 1) ; cet incident a entraîné une exposition au tritium d'une dizaine de personnes présentes dans le local correspondant. Le niveau de contamination de ces personnes a été évalué à partir de mesures de tritium dans les urines effectuées par l'OPRI. L'analyse de l'incident a permis d'en tirer des enseignements pour renforcer la sécurité de ce type d'appareil ; les améliorations préconisées portent sur les dispositifs techniques permettant de prévenir le dégazage accidentel de tritium, sur la collecte et le contrôle des émissions de tritium et sur la protection et la surveillance des personnels sur leurs lieux de travail.

### Ladoux

L'IRSN a participé à l'analyse technique de l'accident d'irradiation survenu dans l'usine Michelin de Ladoux (Puy-de-Dôme) : en juin 2002, alors que trois travailleurs avaient pénétré dans une casemate dédiée à un accélérateur industriel d'électrons pour une opération de maintenance, le conducteur de l'appareil a par mégarde actionné partiellement le faisceau d'électrons, ce qui a entraîné la production de rayonnement X de freinage. L'IRSN a de plus procédé à une expertise de dosimétrie biologique qui n'a pas mis en évidence d'exposition significative des travailleurs concernés.



*Mobilisation des agents de l'IRSN pour traiter un grand nombre d'échantillons sanguins.*



## Les accidents au niveau international

### Géorgie

En décembre 2001, trois Géorgiens ont manipulé des générateurs d'électricité au strontium. Souffrant de graves brûlures et d'un effondrement de leurs lignées sanguines, ils ont été hospitalisés à Tbilissi (Géorgie) trois semaines plus tard. L'un d'entre eux présentait des lésions très importantes dans le dos.

L'IRSN est intervenu à la demande de l'AIEA et a recommandé le transfert en France du sujet le plus gravement atteint. Celui-ci est arrivé à Paris en février 2002, 88 jours après l'accident. Il a été pris en charge à l'hôpital des armées de Percy (Hauts-de-Seine), où il a subi plusieurs greffes. L'amélioration de son état de santé a permis son retour en Géorgie en avril 2003.

L'IRSN a apporté son support aux équipes hospitalières, notamment pour la réalisation des évaluations dosimétriques. Deux méthodes de dosimétrie biologique ont été mises en œuvre. L'estimation de la dose moyenne par la technique de cytogénétique conventionnelle a été complétée par une reconstitution de la dose reçue au niveau de la peau, technique appliquée pour la première fois dans un cas d'accident ; cette deuxième dosimétrie a été réalisée en dénombrant les translocations stables par la méthode FISH (hybridation *in situ* fluorescente dans des cellules de la peau). Les reconstitutions de doses sont cohérentes avec les données cliniques. Enfin, un calcul des doses, à l'aide d'une modélisation de la source et du patient, a confirmé la cohérence des différentes analyses.

### Pologne

À la demande de l'AIEA, l'IRSN est intervenu en 2002 en Pologne dans la gestion des conséquences d'un accident de radiothérapie survenu en février 2001, concernant cinq patientes. Après expertise clinique, la patiente la plus gravement atteinte a été transférée en France où elle a été traitée à l'Institut Curie. Elle a pu rentrer en Pologne après avoir subi plusieurs greffes. Pour trois des cinq patientes, une dosimétrie par résonance paramagnétique électronique a été effectuée sur un fragment de côte prélevé lors de l'exérèse chirurgicale dans la région irradiée. Les résultats de ces mesures ont permis d'affiner la stratégie thérapeutique en confirmant la possibilité de greffe.

## Une collaboration avec l'hôpital Saint-Antoine sur la recherche de thérapeutiques en hématologie

L'IRSN a créé, avec le CHU Saint-Antoine (université Paris-VI), un laboratoire commun dénommé Laboratoire de thérapie cellulaire et de radioprotection accidentelle (LTCRA), en 1999. Il a pour mission d'effectuer des recherches expérimentales en vue d'améliorer le traitement des aplasies médullaires, qu'elles soient consécutives ou non à une irradiation accidentelle, en faisant appel à la thérapie cellulaire. Celle-ci consiste à multiplier des cellules d'un patient hors de son organisme puis à les lui réinjecter au moment où il en a besoin. Cette technique, appliquée à des cellules souches hématopoïétiques prélevées après une irradiation accidentelle dans un territoire médullaire plus ou moins protégé de l'irradiation, a permis d'obtenir des résultats très prometteurs dans le traitement de l'aplasie radio-induite. Cette technique est en cours d'application pour d'autres types cellulaires, et en particulier pour les cellules souches mésenchymateuses qui, après ré-injection, ont la particularité d'acquérir la fonctionnalité des cellules de l'organe ou du tissu qu'elles colonisent. Un patient aplasique a été traité par cette technique en 2002. Ces travaux ont donné lieu à des publications dans des revues internationales.

**20**  
Nombre d'expertises par dosimétrie biologique pour des suspicions d'accidents réalisées par l'IRSN en 2002.

*Intercomparaison internationale de dosimétrie auprès du réacteur Silène : positionnement d'échantillons sanguins.*





# > Comprendre les effets des rayonnements ionisants

**L**es travaux menés sur les effets des rayonnements ionisants sur la santé sont essentiels pour l'exercice des missions de l'Institut en radioprotection. Ils permettent de développer des connaissances sur des sujets où des incertitudes subsistent.

## Les études épidémiologiques analytiques

Ces études, concernant des travailleurs et des populations exposés aux rayonnements ionisants, visent à mieux quantifier le risque de cancer en fonction de la dose reçue. Deux méthodes sont utilisées : les études de cohorte permettant de suivre dans le temps l'évolution du taux de maladie au sein d'un groupe de personnes exposées ; les études cas-témoins permettant de comparer l'exposition de personnes atteintes d'une pathologie à celle d'un groupe de « témoins » non affectés par cette maladie. L'IRSN poursuit actuellement des études mettant en œuvre ces méthodes :

- suivi de la cohorte des travailleurs du groupe CEA-COGEMA dans le cadre d'une étude internationale conduite par le CIRC (Centre international de recherche sur le cancer) ;
- suivi de la cohorte de 5 098 mineurs d'uranium français exposés au radon, complété par une étude cas-témoins au sein de cette cohorte pour étudier l'effet combiné du radon et du tabac ;
- étude cas-témoins sur le cancer du poumon au sein de populations exposées au radon domestique comportant 1 655 sujets (552 cas et 1 103 témoins) issus de 4 régions françaises ;
- étude des conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl, notamment dans le cadre de l'Initiative franco-allemande, et étude cas-témoins du risque de leucémie au sein des populations vivant sur les territoires contaminés au bord de la rivière Tetcha (Oural).

# 17 500

**Nombre d'analyses réalisées dans le cadre du programme ENVIRHOM, programme de recherche destiné à évaluer les risques de bioaccumulation de radionucléides.**

Parallèlement, l'IRSN participe au projet RIMED (Rayonnement ionisant en milieu médical) de surveillance épidémiologique de la mortalité des personnels de santé exposés aux rayonnements ionisants en France. Engagée en 2002, l'étude de faisabilité, coordonnée par l'INVS, portera sur 6 établis-

sements hospitaliers. L'IRSN apporte à ce projet son expérience du suivi épidémiologique d'une population active et de la gestion de bases de données professionnelles et dosimétriques.

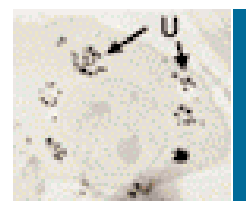
Enfin, dans la perspective de développer des études épidémiologiques sur des patients exposés aux rayonnements ionisants à des fins médicales, l'IRSN a démarré en 2002 une étude pilote sur une centaine d'enfants prématurés, soumis à des examens répétés durant la période néonatale. Ces travaux, menés en relation avec l'hôpital Trousseau, ont pour objectif de déterminer avec quelle précision il est possible d'estimer les doses reçues par ces enfants, et d'évaluer la pertinence et la faisabilité d'un suivi épidémiologique de la population correspondante.

## Effets de l'ingestion chronique de radionucléides

Afin d'améliorer l'évaluation des risques liés à l'incorporation régulière à bas niveau de radionucléides, l'IRSN a lancé en 2000 le programme ENVIRHOM, qui porte à la fois sur des constituants biologiques de l'environnement et sur l'homme. Le volet « homme » de ce programme est mené selon quatre axes :

- la recherche des phénomènes d'accumulation chronique des radionucléides ;
- la compréhension des mécanismes biologiques conduisant aux phénomènes observés ;
- l'analyse des effets biologiques sur le système immunitaire, le système digestif, le système nerveux central et le système reproducteur ;
- la mise au point de nouveaux modèles et codes de calcul biocinétiques et dosimétriques permettant d'apprécier les incertitudes sur les doses délivrées et de mieux tenir compte de la répartition cellulaire des radionucléides.

En 2002, les travaux ont porté sur les deux premiers axes et une partie de l'axe 3, l'étude des effets biologiques sur les systèmes digestif et nerveux central, le radionucléide étudié étant l'uranium et le modèle animal étant le rat. L'étude des conséquences de l'accumulation chronique de l'uranium sur la fertilité et le développement embryonnaire de rongeurs, ainsi que sur la capacité de l'organisme à répondre efficacement à des situations rencontrées fréquemment en santé publique – infections bactériennes, antigènes alimentaires... – sera entreprise en 2003.



*Distribution hétérogène d'uranium dans une cellule tubulaire proximale de rein.*

### Effets des irradiations aiguës

Les travaux dans ce domaine concernent à la fois les effets sévères occasionnés par une exposition accidentelle, mais aussi les effets délétères à long terme résultant d'expositions thérapeutiques. Historiquement, les travaux réalisés au sein de l'IRSN ont porté, d'une part sur le développement et l'application opérationnelle de la dosimétrie biologique par cytogénétique classique (évaluation de la dose à partir du dénombrement d'anomalies chromosomiques), d'autre part sur l'étude des dysfonctionnements radio-induits des systèmes physiologiques qui engagent le pronostic vital de la personne irradiée : système hématopoïétique, système digestif et système nerveux central. Ils ont tenu compte des avancées scientifiques considérables qui ont eu lieu en biologie ces dernières années. Aujourd'hui, en s'appuyant sur ces travaux et sur les enseignements tirés des accidents graves d'irradiation survenus dans le monde, les activités de recherche de l'IRSN ont progressivement évolué vers les sujets suivants :

- application opérationnelle de nouvelles méthodes de dosimétrie biologique pour reconstituer la dose reçue quelle que soit la typologie de l'irradiation. Dans ce cadre, des évaluations dosimétriques ont été réalisées sur des pièces chirurgicales de peau prélevées sur un patient géorgien et sur une patiente polonaise sévèrement irradiés, traités au Centre de traitement des brûlés (hôpital Percy) et à l'Institut Curie. Les résultats se révèlent particulièrement prometteurs pour caractériser l'étendue des lésions en cas d'irradiation localisée,
- physiopathologie des effets causés par une irradiation accidentelle ou par l'irradiation de tissus sains lors d'examen ou de traitements médicaux. Il s'agit d'identifier des indicateurs biologiques de diagnostic et de

### LIMITER LES EFFETS SECONDAIRES D'UNE RADIOTHÉRAPIE

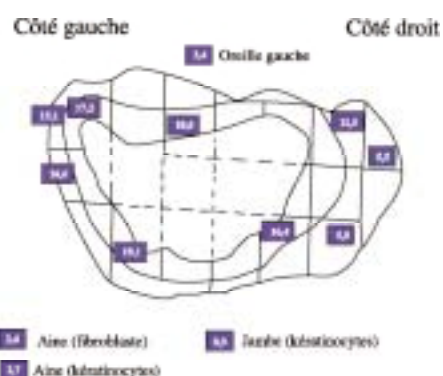
Les traitements en radiothérapie conduisent en général à délivrer des doses élevées nécessaires au contrôle tumoral, mais irradient aussi le tissu sain contigu au tissu cancéreux. Ils peuvent engendrer des effets secondaires très handicapants pour les patients. Face à ce sujet encore mal apprécié, l'IRSN poursuit des recherches, notamment au sein du laboratoire mixte qui a été constitué avec l'Institut Gustave-Roussy, afin de mieux comprendre les mécanismes impliqués dans l'initiation, le développement et la persistance de ces effets secondaires. L'objectif est de proposer des stratégies thérapeutiques préventives ou curatives. Les travaux, engagés en 2002, portent sur l'entérite radique chronique.

pronostic des pathologies radio-induites et de déterminer des actions thérapeutiques envisageables. Les tissus étudiés sont principalement l'endothélium vasculaire, la barrière intestinale et la peau, compte tenu de leur rôle possible dans les défaillances multiorganes observées ;

- mise au point de stratégies thérapeutiques pour le traitement des pathologies radio-induites en comblant les déficits cellulaires par la thérapie cellulaire. Ces travaux permettent à l'IRSN d'apporter une expertise aux formations médicales chargées d'accueillir des personnes irradiées accidentellement ou de traiter des patients par radiothérapie.

Toutes ces recherches sur les effets des rayonnements ionisants sur la santé menées à l'IRSN ne couvrent pas l'ensemble des questions liées à ce sujet, notamment celles de la cancérogenèse. Elles assurent cependant à l'IRSN une position privilégiée pour développer une recherche coopérative aux plans national et international.

Dénombrement des anomalies chromosomiques au microscope.



Dosimétrie biologique : cartographie de la dose reçue au niveau de la peau pour un des patients irradiés lors de l'accident de Georgie.

## Contribuer à la sûreté des installations — et des transports



Centrale nucléaire de production d'électricité de Paluel.

**750**

Avis techniques transmis  
par l'IRSN aux autorités  
de sûreté en 2002.

**13**

En 2002, l'IRSN a présenté  
13 rapports d'évaluation  
au groupe permanent pour  
les réacteurs nucléaires.

**133**

En 2002, l'IRSN a transmis  
133 avis relatifs à la sûreté  
des transports de matières  
radioactives.

**C**ontribuer à prévenir les accidents dans les installations ou lors des transports et limiter les conséquences de ceux qui se produiraient néanmoins est une préoccupation majeure de l'IRSN.

Apprécier la sûreté des installations et des transports nécessite de disposer à tout moment de connaissances techniques approfondies, compte tenu des évolutions des installations et de la démarche de sûreté : vieillissement des équipements, évolution des combustibles, accidents graves, gestion des déchets, prévention des risques de criticité, protection contre l'incendie... Pour ces sujets techniquement complexes, l'Institut développe et applique ses compétences dans les domaines des études, de l'expertise et de la recherche. Chercheurs et experts concourent au même objectif général : évaluer les risques pour mieux les maîtriser et prévenir leurs conséquences.

L'ensemble de la démarche comporte des évaluations de sûreté et des études permettant d'identifier des sujets insuffisamment connus ainsi que des recherches destinées à approfondir les connaissances. Dans ce cadre, l'Institut développe depuis de nombreuses années des Études probabilistes de sûreté appliquées aux réacteurs à eau sous pression, lui permettant d'apprécier la probabilité d'un événement redouté et ses conséquences.

Les travaux de recherche se traduisent en particulier par une interaction entre la mise au point de modèles analytiques, le développement de codes de calcul et la réalisation d'expérimentations dans des conditions réalistes.

Les compétences acquises par l'IRSN dans les domaines de l'expertise et de la recherche sont également mises à profit pour les installations non nucléaires. Une valorisation de ses compétences que l'Institut met au service de l'industrie.

## > Réexamen de la sûreté de Phénix

**M**is en exploitation en 1974, le réacteur Phénix est un réacteur à neutrons rapides, avec des circuits de refroidissement au sodium. En raison de l'âge de l'installation et des souhaits du CEA de l'exploiter encore pendant plusieurs années, l'exploitant s'est engagé depuis 1997 dans une phase de rénovation comprenant en particulier des améliorations importantes de la tenue aux séismes et aux feux de sodium.

### Des travaux conséquents

Les structures internes du cœur, les circuits de sodium, les équipements de secours ont été contrôlés et, dans certains cas, renouvelés, sur la base d'un bilan général du vieillissement des matériels ; les exigences de tenue sismique des installations ont été redéfinies et les bâtiments ont été renforcés en conséquence, à l'occasion d'un important chantier.

### Analyse des risques

En vue d'un éventuel redémarrage du réacteur, l'IRSN a examiné en 2002 les propositions du CEA en matière de méthodes de contrôle et d'analyse des défauts ainsi que de réparations des modules des générateurs de vapeur, affectés par un phénomène de fissuration propre à l'acier inoxydable utilisé pour leur construction. Concernant la sûreté des générateurs de vapeur, les justifications de l'exploitant ont été examinées selon une approche qui, pour chaque événement redouté, a identifié les lignes de défense existantes.

D'autres dossiers ont été examinés concernant notamment les risques en cas de feu de sodium et la surveillance en service de la partie supérieure de la cuve du réacteur. La structure supportant les barres de commande (bouchon-couvercle-cœur) a été particulièrement étudiée,

ainsi que les conséquences d'un accident de bouchage instantané d'un assemblage combustible qui est un initiateur possible de fusion partielle du cœur.

L'IRSN a présenté les résultats de ses analyses devant le groupe permanent pour les réacteurs nucléaires en octobre 2002. Cette réunion a été la dernière d'une série de huit réunions tenues depuis 1996 dans le cadre du réexamen de sûreté de l'installation.

Parmi les autres questions étudiées en 2002, l'Institut a souligné la nécessité que l'exploitant dispose de procédures et d'outils plus efficaces pour la gestion de situations de crise.

Un autre point important de l'année 2002 est l'examen des plans d'action incendie pour chaque bâtiment. Ces plans ont en effet été totalement revus par l'exploitant, en tenant compte des travaux de rénovation réalisés. Plusieurs modes communs de défaillance de matériels importants pour la sûreté ont ainsi été identifiés et traités par l'exploitant. Ces actions sont poursuivies en prévision d'une remontée en puissance du réacteur.

Il convient de rappeler que la durée de fonctionnement résiduelle du réacteur Phénix est au maximum de six cycles de fonctionnement, durant lesquels le CEA (Commissariat à l'énergie atomique) a prévu de réaliser diverses expériences d'irradiation, dans le cadre des travaux de séparation-transmutation, prévus par la loi du 30 décembre 1991 sur la gestion de déchets radioactifs de haute activité et à vie longue.

# 7

**En 2002, l'IRSN a transmis 7 avis techniques concernant la sûreté du réacteur à neutrons rapides Phénix et a rédigé un rapport pour le groupe permanent pour les réacteurs nucléaires.**



*Centrale nucléaire de production d'électricité de Saint-Alban.*

*Phénix à Marcoule.*





## > Étudier la sûreté des combustibles des réacteurs à eau

L'IRSN donne des avis sur les évolutions de gestion du combustible souhaitées par Électricité de France en vue de réduire les coûts de production. L'Institut est amené à développer des études et des programmes de recherche pour apprécier l'impact de ces évolutions sur la sûreté.

### Des contraintes techniques liées à des enjeux économiques

Des considérations d'ordre économique conduisent la plupart des électriciens dans le monde à souhaiter augmenter les taux de combustion du combustible nucléaire qu'ils utilisent dans leurs installations.

Dans ce cadre, EDF a été autorisée en 1998 à utiliser le combustible à base d'oxyde d'uranium ( $UO_2$ ) jusqu'à un taux de combustion de 52 000 MWj/t en moyenne par assemblage (au lieu de 47 000 MWj/t précédemment). Il envisage pour l'avenir des taux de combustion maximaux pouvant atteindre, voire dépasser 60 000 MWj/t.

Quelques compagnies électriques, comme EDF depuis plus de 10 ans, utilisent aussi du combustible de type MOX (mélange d'oxyde d'uranium  $UO_2$  et d'oxyde de plutonium  $PuO_2$ ). Le taux de combustion moyen du combustible MOX est aujourd'hui en pratique limité à

45 000 MWj/t de par ses modalités d'utilisation. L'augmentation du taux de combustion du MOX est également un objectif industriel pour EDF.

Ces évolutions ont conduit l'Institut à établir, au début des années 1990, une revue des connaissances disponibles sur le comportement des combustibles dans le monde. Celle-ci a mis en évidence des manques de connaissance concernant le comportement des combustibles à

haut taux de combustion (supérieurs à la valeur autorisée de 47 000 MWj/t) et la nécessité d'examiner la validité des critères de sûreté en cas d'accident de dimensionnement comme l'accident de perte de refroidissement primaire et l'accident de réactivité consistant en l'éjection d'une grappe de commande.

### Des besoins croissants en termes d'analyse

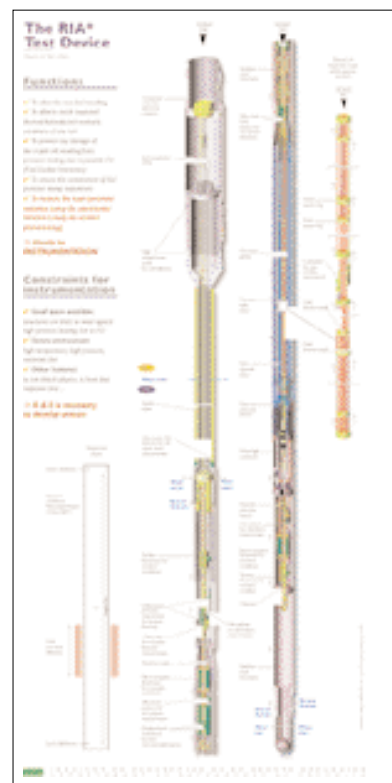
L'augmentation du taux d'utilisation du combustible a pour autre conséquence d'espacer les arrêts pour maintenance des réacteurs, calés sur les cycles d'utilisation du combustible. Cela nécessite d'examiner les conséquences des nouvelles pratiques du point de vue de la sûreté. L'IRSN a ainsi été amené à analyser en 2002 un dossier de faisabilité portant sur l'utilisation « à parité » des combustibles  $UO_2$  et MOX, impliquant de porter le taux de combustion du combustible MOX à 52 000 MWj/t.

L'analyse s'attache aux évolutions du combustible susceptibles d'affecter son comportement en exploitation : évolution de la conception de l'assemblage, utilisation de nouveaux matériaux de structure ou de gainage. En 2002, dans le cadre de ses expertises, l'IRSN a examiné en particulier une proposition d'assemblage à structure renforcée, destinée à pallier une défaillance attribuée à un percement de la gaine par « fretting », observée lors du cycle 8 de Cattenom 3. Les phénomènes de corrosion du gainage sont également surveillés par EDF et analysés.

Apprécier la sûreté de ces évolutions technologiques, notamment les marges de sûreté disponibles, implique le développement de méthodes d'évaluation de plus en plus évoluées, comprenant notamment des codes thermo-hydrauliques ou neutroniques tridimensionnels.

# 13

L'IRSN a réalisé 13 expertises sur le thème du combustible pour le compte des autorités de sûreté.



Dispositif d'essai dans la boucle à eau.

## Les programmes de recherche

Des programmes de recherche menés par l'IRSN étudient le comportement du combustible lors d'accidents de dimensionnement : l'accident d'injection accidentelle de réactivité, avec les programmes menés autour du réacteur CABRI, et l'accident de perte de refroidissement primaire, avec un programme d'étude du comportement du gainage irradié.

## Les programmes CABRI

Le premier programme CABRI portant sur du combustible REP a été engagé en 1993 dans la boucle du réacteur CABRI refroidie au sodium, en collaboration avec EDF et avec le soutien de la NRC, autorité de sûreté des États-Unis. Il avait pour objectif d'étudier le comportement des combustibles à base d'oxyde d'uranium ( $UO_2$ ) et des combustibles MOX en situation d'accident de réactivité pour de hauts taux de combustion. 12 essais, dits « REP-Na », ont été réalisés dans le réacteur CABRI, dont huit portant sur du combustible  $UO_2$  et quatre sur du combustible MOX. Les essais « en pile » ont été complétés par des essais dits « analytiques » relatifs notamment aux propriétés mécaniques des gaines irradiées et par le développement d'un code de calcul dénommé SCANAIR, permettant à la fois l'interprétation des résultats d'essais et la transposition aux conditions du réacteur. Les enseignements tirés de ce programme ont été utilisés dans le cadre de l'expertise des dossiers concernant l'utilisation de combustible  $UO_2$  jusqu'à un taux de combustion de 52 000 MWj/t.

Pour pouvoir déterminer le comportement de combustibles à taux de combustion encore plus élevé, l'IRSN a lancé en 2000 un nouveau programme international dénommé CABRI-Boucle à eau, mené pour l'essentiel dans le cadre de l'AEN de l'OCDE.

Les essais dans le réacteur CABRI seront réalisés dans une « boucle à eau » sous pression plus représentative des conditions thermohydrauliques caractéristiques des REP que la boucle en sodium qui équipait jusqu'à présent ce réacteur.

## Deux essais du nouveau programme international CABRI en 2002

En novembre 2002, les deux premiers essais du programme CABRI-Boucle à eau ont été réalisés. Ce sont des essais de référence, réalisés dans la boucle actuelle refroidie par du sodium liquide, avant son remplacement par la boucle à eau et la mise à niveau du réacteur. Le premier essai n'a montré aucune indication de rupture de gaine : les résultats expérimentaux sont en cours d'analyse. Lors du deuxième essai, un événement tardif a été enregistré, qui pourrait s'interpréter comme une rupture différée du crayon d'essai ; l'analyse des signaux et les examens qui seront réalisés en laboratoire permettront de confirmer ou d'infirmier cette rupture et, le cas échéant, d'en déterminer les caractéristiques.

## Une collaboration internationale exemplaire

Le partenariat technique et financier du programme CABRI-Boucle à eau comporte une contribution importante d'EDF et des contributions de partenaires étrangers, qui participent au programme sous l'égide de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques). À ce jour 10 pays (organismes de sûreté et industriels) ont signé un accord de participation avec l'IRSN.

### LE RÉACTEUR DE RECHERCHE CABRI

Le réacteur de recherche CABRI est une installation unique au monde, permettant de simuler les conditions d'un accident de réactivité dans un réacteur à eau sous pression. Opérationnel depuis 1978, il était initialement destiné aux études de sûreté des réacteurs à neutrons rapides (avec une boucle de refroidissement au sodium liquide). Quatre programmes y ont été menés, dont le dernier CABRI-RAFT, mené en partenariat avec l'organisme japonais JNC, s'est achevé en 2001. Son utilisation pour le programme CABRI-Boucle à eau nécessite, d'une part une mise à niveau en matière de sûreté compte tenu de l'évolution des pratiques, notamment en matière de protection contre les risques d'incendie et les risques sismiques, d'autre part le remplacement de la boucle en sodium par une boucle à eau.



Vue de la piscine  
et du cœur CABRI  
(installation du CEA).

## > Réexamens de sûreté des centrales électronucléaires

**L**es réexamens de sûreté ont pour objectif de vérifier, tous les dix ans, le niveau de sûreté des installations en tenant compte d'évolutions dans les pratiques de sûreté (résistance aux séismes...). 2002 a été une année-charnière, avec la fin du réexamen de sûreté lié aux deuxièmes visites décennales et le démarrage du réexamen de sûreté en vue des troisièmes visites décennales des centrales de 900 MWe. Quant aux centrales de 1 300 MWe, le réexamen de sûreté a commencé en 1997, en vue des deuxièmes visites décennales prévues à partir de 2005.

En pratique, le processus de réexamen de sûreté des centrales de 900 MWe et de 1 300 MWe s'articule autour de deux volets essentiels : la vérification de la conformité des réacteurs par rapport à leur référentiel de sûreté initial et la réévaluation des exigences de sûreté. Les études engagées à partir des nouvelles exigences de sûreté peuvent conduire à la mise en place de modifications d'amélioration de la sûreté lors des arrêts décennaux suivants.

### Réexamens de sûreté des centrales électronucléaires de 900 MWe en vue des deuxièmes visites décennales

Les centrales des réacteurs à eau sous pression (REP) de 900 MWe sont les plus anciennes du parc électronucléaire français. Leur démarrage a eu lieu entre 1977 et 1987. La démarche de réexamen de sûreté de ces centrales a été

engagée à partir de 1987 pour les plus anciennes. La concrétisation de cette démarche pour l'ensemble du parc des centrales de 900 MWe verra son aboutissement au fur et à mesure des deuxièmes visites décennales de ces centrales, soit après 20 ans de production.

Le groupe permanent pour les réacteurs nucléaires a été régulièrement consulté sur les différentes étapes de ce processus qui s'est déroulé sur plus de 10 ans.

Afin de clore cette démarche sur l'ensemble des centrales de 900 MWe, la DGSNR a demandé l'avis du groupe permanent sur la prise en compte des exigences de sûreté découlant du réexamen de sûreté des centrales après leur deuxième arrêt décennal.

L'IRSN a dressé un bilan de la démarche conduite par l'exploitant et présenté ses conclusions au groupe permanent les 28 février et 14 mars 2002. Il n'est pas apparu à ce stade d'éléments pouvant mettre en cause la poursuite de l'exploitation des centrales de 900 MWe jusqu'aux troisièmes visites décennales qui s'étaleront de 2008 à 2015. Néanmoins, EDF a encore un travail important à fournir pour clôturer l'exercice. En effet, les remises en conformité engagées et les modifications prévues ne contribueront complètement à l'amélioration du niveau de sûreté de ces centrales qu'à l'échéance de leurs deuxièmes visites décennales.

### Troisièmes visites décennales

Le réexamen de sûreté associé aux deuxièmes visites décennales a été particulièrement long. Aussi l'IRSN a souligné la nécessité d'identifier rapidement le contenu des phases du réexamen de sûreté lié aux troisièmes visites décennales : définition du contenu du réexamen et du référentiel associé, études proprement dites, contrôles et mise en place des modifications. Le bon déroulement de ce processus est en effet nécessaire pour respecter les échéances d'étude des modifications en vue de leur mise en place lors des arrêts décennaux. Les troisièmes arrêts décennaux des centrales de 900 MWe étant prévus à partir de la fin 2008, la définition de ce réexamen de sûreté a été lancée dès 2002. Cette étape est la première d'un processus qui fixera, à l'échéance de 2007, les conditions dans lesquelles les centrales de 900 MWe pourront continuer à être exploitées après 30 années d'exploitation.

# 130

**En France, l'IRSN suit 130 installations nucléaires de base (réacteurs à eau sous pression, usines du cycle du combustible...).**



Bâtiment réacteur (installation EDF).



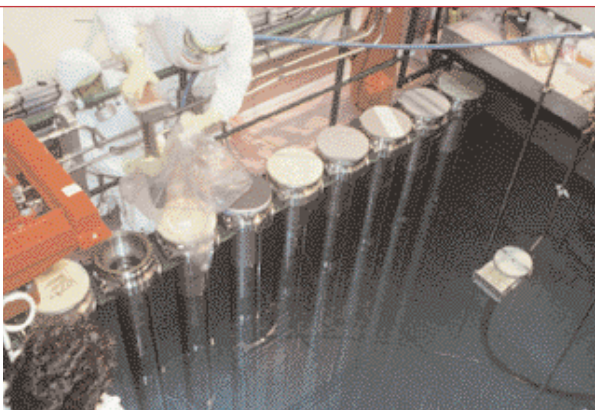
### Réexamen de sûreté des centrales électronucléaires de 1 300 MWe

Les 28 mars, 4 avril et 19 décembre 2002, l'IRSN a présenté au groupe permanent pour les réacteurs nucléaires son évaluation du référentiel des exigences de sûreté et des démarches d'EDF concernant les études de conformité et de réévaluation pour les centrales de 1 300 MWe.

Il en est ressorti la nécessité qu'EDF précise certains points comme l'aptitude fonctionnelle de certains matériels utilisés dans des situations accidentelles hors dimensionnement et prenne en compte de nouvelles exigences découlant du classement des matériels et systèmes importants pour la sûreté.

En outre, la tenue au séisme des bâtiments et des équipements devra être réexaminée en tenant compte de l'évolution des règles techniques relatives au risque sismique et les risques d'explosion à l'intérieur des bâtiments devront faire l'objet d'un examen pour toutes les centrales.

L'étape suivante consistera à évaluer le programme détaillé des modifications et les résultats de l'examen de conformité des réacteurs mis en œuvre par l'exploitant.



*Piscine du réacteur expérimental PHÉBUS PF (installation du CEA).*



*Centrale nucléaire de production d'électricité de Saint-Laurent-des-Eaux.*

### ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE DES ASSEMBLAGES COMBUSTIBLES USÉS STOCKÉS DANS LES PISCINES DE DÉSACTIVATION DES REP (RÉACTEUR À EAU SOUS PRESSION)

Pour réduire les durées d'arrêt des réacteurs afin d'accroître leur disponibilité, EDF a réduit le délai entre l'arrêt du réacteur et la fin du déchargement du combustible. Cela conduit à accroître la puissance résiduelle qui doit être évacuée de la piscine de désactivation lors des arrêts pour rechargement.

De ce fait, les installations participant à la sûreté du stockage des assemblages irradiés se trouvent aujourd'hui exploitées au-delà des conditions définies dans les rapports de sûreté. Cette situation a été mise en évidence par le retour d'expérience et par le réexamen de sûreté effectué pour les centrales de 900 MWe. Elle est traitée par la mise en place de contraintes d'exploitation transitoires auxquelles doivent succéder des améliorations définitives. Dans ce cadre, l'IRSN a analysé les propositions d'EDF pour améliorer la sûreté du stockage du combustible usé et lever les contraintes actuelles pesant sur l'exploitation des piscines de désactivation des centrales de 900 MWe.

L'Institut a analysé les modifications matérielles et documentaires proposées par EDF en vue de renforcer la prévention, la détection et la gestion des situations accidentelles pouvant affecter la sûreté du stockage du combustible irradié. Il a en particulier examiné si les dispositions proposées permettaient de gérer une situation de perte totale et prolongée du refroidissement d'une piscine de désactivation et analysé l'étude probabiliste transmise par EDF relative au risque de découvrement du combustible dans une telle situation.

Les conclusions de l'IRSN ont été présentées au groupe permanent pour les réacteurs nucléaires en novembre 2002. Il en ressort que la maîtrise du refroidissement du combustible usé entreposé dans les piscines de désactivation des centrales sera largement améliorée lorsque les modifications envisagées par EDF auront été réalisées. Ces modifications devront être adaptées pour être mises en application sur les centrales les plus récentes (1 300 et 1 450 MWe).



## > Les recherches sur les accidents avec fusion du cœur des réacteurs à eau sous pression

**Q**uoique extrêmement improbables, les accidents de fusion du cœur qui n'ont pas été traités lors de la conception initiale des centrales existantes méritent des précautions particulières. Des travaux de recherche importants sont menés par l'Institut sur les phénomènes mis en jeu, en vue de contribuer à la prévention et à l'atténuation des conséquences de tels accidents. Aujourd'hui, l'IRSN est un acteur majeur des recherches dans le monde sur les accidents de fusion du cœur des réacteurs à eau.

Les accidents de fusion du cœur résulteraient d'un enchaînement de défaillances et pourraient entraîner des rejets importants de produits radioactifs dans l'environnement.

### Des travaux d'études et de recherche

Les études et recherches menées à l'Institut autour des accidents graves visent à :

- identifier les scénarios d'accidents possibles et apprécier leurs probabilités ;
- étudier le déroulement et les conséquences possibles de tels accidents, notamment les risques de défaillance du confinement et les rejets envisageables.

Pour y parvenir, l'IRSN développe une stratégie de recherche qui combine des expériences analytiques, la modélisation physique des phénomènes, le développement et la qualification de codes de calcul applicables aux réacteurs et la réalisation d'expériences globales en réacteur expérimental. Les recherches étudient plus particulièrement la dégradation du cœur, la chimie de l'iode, le comportement des aérosols et la tenue du confinement. Elles font l'objet de collaborations internationales, notamment avec l'Union européenne, les États-Unis, le Japon, la Suisse, la Russie...



*Caisson pf dont la boucle (en rouge) simule un générateur de vapeur.*

### Un rôle d'appui aux pouvoirs publics

L'Institut a pour mission d'apporter des éléments techniques permettant aux pouvoirs publics :

- d'évaluer les dispositions proposées par les exploitants pour prévenir les accidents de fusion du cœur et en limiter les conséquences ;
- d'évaluer les moyens retenus ou envisageables pour limiter les conséquences de tels accidents ;
- de préparer des plans d'urgence et d'apprécier en temps réel, en cas d'accident, les risques encourus afin de pouvoir décider des contre-mesures à mettre en œuvre pour assurer la protection des populations ;
- d'améliorer la gestion de crise par une meilleure appréciation des effets, dispositions et interventions prévues et des délais d'occurrence d'événements redoutés ;
- d'apprécier l'acceptabilité des concepts de réacteurs futurs éventuels.

### LES ÉTUDES PROBABILISTES DE SÛRETÉ (EPS)

Publiée en 1990, l'Étude probabiliste de sûreté dite « de niveau 1 » évaluait la probabilité de fusion du cœur d'un réacteur à eau sous pression de 900 MWe. Elle a été prolongée par une EPS « de niveau 2 », dont l'objectif est d'évaluer les probabilités et les niveaux des rejets dans l'environnement résultant des séquences accidentelles de fusion du cœur. Une première version de l'EPS 2 publiée en 2000 reposait sur un certain nombre d'hypothèses simplificatrices, notamment sur la question essentielle du comportement mécanique de l'enceinte de confinement. Un travail de modélisation de celle-ci, incluant le comportement du béton, de la peau d'étanchéité et des zones singulières, a permis de lever en 2002 les hypothèses simplificatrices introduites. Le résultat de ce travail sera intégré dans la version révisée de cette étude, en cours de mise au point. Ces études utilisent l'ensemble des connaissances expérimentales et les outils de calcul disponibles à l'Institut. Elles permettent également de mettre en évidence des points sur lesquels des recherches apparaissent encore nécessaires.



*Les relations internationales passent par le réseau Sarnet.*

## Phébus PF : le plus important programme de recherche en sûreté nucléaire dans le monde

Mis en service en 1978 au Centre d'études de Cadarache (Bouches-du-Rhône), Phébus est un réacteur expérimental du CEA, qui a été modifié en 1989 pour pouvoir mener à bien le programme Phébus PF. Le dispositif expérimental de Phébus PF est une réplique à l'échelle 1/5 000 des principaux composants d'un réacteur à eau sous pression. Il permet de réaliser des expériences globales reproduisant l'ensemble des phénomènes survenant lors d'un accident de fusion du cœur et concourant au rejet de produits radioactifs. Le programme Phébus PF est un programme international animé par l'IRSN et mobilisant 35 organismes de l'Union européenne, des États-Unis, du Canada, du Japon, de la Corée du Sud et de la Suisse. En 2002, a été négociée l'entrée dans ce programme de nombreux organismes de pays candidats à l'entrée dans l'Union européenne : République tchèque, Slovaquie, Hongrie, Slovénie, Bulgarie et Roumanie.

Le programme Phébus PF comprend cinq essais répartis sur une période d'environ 15 ans. Le premier a été réalisé en 1993 : trois autres essais ont également été déjà réalisés respectivement en 1996, 1999 et 2000.

Après l'analyse des données du quatrième essai, une synthèse préliminaire de l'interprétation du programme Phébus PF dans son ensemble a été élaborée en 2002.

Trois points principaux se dégagent :

- des codes de calcul ont dû être modifiés : cela concerne les formes chimiques des produits de fission dans le circuit primaire, la présence d'iode gazeux parmi les produits de fission qui s'échappent par la brèche du circuit primaire, la production d'iode organique dans l'enceinte de confinement. Ces phénomènes doivent faire l'objet de travaux expérimentaux supplémentaires ;
- certains phénomènes non explorés apparaissent importants : cela concerne la dégradation et la relocalisation du combustible à haute température, l'effet de la dégradation du combustible sur les relâchements de produits de fission, le transport des produits de fission représentatifs dans le circuit primaire, la chimie de l'iode dans l'enceinte de confinement en présence de matériaux issus des barres de commande ;
- les modélisations concernant la thermohydraulique et le comportement des aérosols dans l'enceinte de confinement, le relâchement et le transport des produits de fission sont satisfaisantes.

Par ailleurs, la préparation du cinquième essai, prévu en 2004, a donné lieu en 2002 à la finalisation de la phase de précalculs, en collaboration avec les équipes allemandes, suisses et japonaises partenaires du programme. En parallèle a été mené un travail important d'assainissement de l'installation expérimentale, avant le montage des nouveaux circuits expérimentaux.

Enfin, un exercice international coordonné par l'IRSN a été poursuivi sous l'égide de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques). Il s'agit de tester les performances de différents codes de calcul en utilisant les résultats du deuxième essai. Ce projet rassemble plus de 30 organismes, issus de 20 pays, pour tester 15 codes différents. 2002 a vu l'arrivée de nouveaux partenaires comme le Mexique, la Turquie, la Croatie, qui ont participé à la spécification des calculs à réaliser puis à l'analyse qui sera achevée en 2003.

## ASTEC, un outil de calcul intégré

Développé depuis plus de dix ans avec la GRS (Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit – Allemagne), ASTEC est un système de codes de calcul intégré : il permet de simuler un accident de fusion du cœur d'un réacteur à eau, de l'événement initiateur jusqu'aux éventuels rejets de produits de fission hors de l'enceinte de confinement. ASTEC est actuellement utilisé dans le cadre des études probabilistes de sûreté réalisées par l'Institut. Il participe également à la définition des expériences Phébus PF. Aujourd'hui, ASTEC est en voie de devenir le code européen de référence dans son domaine.

Les principaux efforts menés en 2002 se sont portés sur la version V1, livrée en milieu d'année, qui doit maintenant être consolidée, notamment dans le cadre d'EVITA, projet européen de qualification d'ASTEC. Le développement du code a par ailleurs été poursuivi par l'élaboration de nouveaux modèles, concernant notamment l'iode.

Enfin, la formation des utilisateurs du code a débuté en 2002 : elle a concerné 40 personnes issues de tous les pays d'Europe.

## SARNET, création d'un réseau d'excellence sur les accidents avec fusion du cœur

Piloté par l'IRSN, SARNET est un projet de réseau d'excellence qui sera proposé dans le cadre du premier appel d'offres du 6<sup>e</sup> PCRD. Il a pour objectif de mieux coordonner les efforts de recherche des laboratoires européens autour des accidents de fusion du cœur. Pour l'IRSN, c'est un prolongement logique des collaborations internationales déjà menées dans ce domaine.

C'est aussi l'occasion de promouvoir le code ASTEC à l'échelle européenne, pour contribuer à en améliorer la fiabilité, avec le retour d'expérience des utilisateurs européens.

Déjà près de 370 chercheurs et doctorants issus de 52 organismes européens ont manifesté leur intention de participer au réseau.

## > Assurer la sûreté de la gestion des déchets

La gestion des déchets radioactifs a pour objectif de confiner la radioactivité pour aboutir à un risque aussi faible que possible pour l'homme et pour l'environnement. Pour porter une appréciation sur les dispositions retenues par les exploitants, l'IRSN doit pouvoir évaluer la complétude et la qualité des dispositions, en situation normale ou accidentelle, des stockages et des divers modes de gestion des déchets. Cela implique que l'Institut mène des programmes de recherche qui lui apportent les connaissances appropriées dans les domaines concernés.

### Des enjeux à moyen et long termes

Les travaux de l'IRSN concernent notamment :

- la sûreté des installations de traitement, de conditionnement, d'entreposage et de stockage en surface de déchets radioactifs ;
- les possibilités de stockage dans les formations géologiques profondes. Dans ce domaine, l'IRSN développe à la fois un effort expérimental et des modélisations ;
- les études d'impact sur l'homme et l'environnement de sites pollués par des activités industrielles passées et de sites miniers.

### Examen de faisabilité d'un stockage profond

Dans le domaine du stockage des déchets radioactifs de haute activité et à vie longue en formation géologique, la loi du 30 décembre 1991 a prévu un bilan d'avancement des recherches en 2006. Pour préparer une éventuelle décision sur la réalisation d'un stockage profond, l'Institut a identifié des « points clés » prioritaires pour l'évaluation de la sûreté d'un stockage dans la formation argileuse de Bure (Meuse) étudiée par l'ANDRA (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs).

Ces points clés relèvent de trois types de préoccupations :

- la connaissance générale du site : géologie structurale (identification de la fracturation secondaire) ; hydrogéologie (exutoires et temps de transfert) ; capacité de confinement chimique et thermique de la formation argileuse ;
- la faisabilité des options de conception d'un stockage : évaluation des perturbations chimiques ; architecture des ouvrages et maîtrise de l'endommagement ; scellements et rétablissement de la continuité du milieu ;
- les conditions d'exploitation et de réversibilité du stockage.

L'IRSN a procédé en 2002 à l'examen critique de la modélisation géologique et hydrogéologique proposée

par l'ANDRA pour le site de Bure. Dans ce cadre, il a tenu compte notamment des premiers enseignements tirés des expérimentations géophysiques réalisées dans un laboratoire souterrain de recherche à Tournemire par une méthode sismique 3D haute résolution pour apprécier l'aptitude de la méthode à détecter des failles secondaires en milieu argileux.

### Application de la méthode sismique 3D haute résolution à la détection de failles en milieu argileux

Dans un milieu argileux quasi imperméable, le transport de radioéléments est fortement accéléré par la circulation d'eau dans d'éventuelles failles. L'appréciation de l'aptitude d'une formation argileuse à accueillir un stockage profond suppose donc de connaître les failles existantes.

La sismique 3D à haute résolution est une méthode susceptible de permettre l'identification des failles. Elle a fait l'objet d'un programme de tests coordonné par l'IRSN dans sa station expérimentale du tunnel de Tournemire (Aveyron).

Le principe de la méthode est le suivant : des camions vibreurs ébranlent le sol à des fréquences de 10 à 160 Hz ; les ondes acoustiques produites se propagent dans les trois dimensions de l'espace et sont réfléchies par les discontinuités du massif. Un réseau de 5 600 capteurs acoustiques disposés à la surface et reliés à une centrale d'acquisition permet de recueillir des informations, à la manière d'une échographie.

Les failles principales sont assez faciles à reconnaître par des méthodes classiques. Par contre, les failles étudiées ici sont des failles secondaires dont la détection par les méthodes de sismique classique est très difficile. La station expérimentale de Tournemire présente des failles secondaires qui ont été cartographiées.



Géophone utilisé pour l'enregistrement sismique.



Après une longue période préparatoire consacrée à la construction d'un modèle et à la définition des conditions de l'expérience, la campagne proprement dite s'est déroulée pendant 3 semaines en novembre 2001. Elle a mobilisé près de 20 personnes.

Selon les premiers résultats publiés en 2002, le dépouillement des spectres n'a pas permis d'identifier les failles de la couche argileuse. Ce premier résultat ne disqualifie pas pour autant la méthode dans son principe, car des progrès sont attendus dans les prochaines années, qui permettront une meilleure résolution.

### Gestion des déchets miniers

Les déchets des mines d'uranium contiennent des résidus radioactifs stockés sur place. Leur concentration en radionucléides les classe dans la catégorie des déchets faiblement actifs, mais leur volume, leur forme physico-chimique et la durée de vie des radioéléments contenus (période de plusieurs milliers d'années) posent néanmoins des questions concernant la protection du public.

Dans un premier temps, l'IRSN est amené à se prononcer sur les moyens de protection mis en place par l'exploitant après la cessation d'activité des mines. Ainsi, le dossier d'évaluation de l'impact radiologique après réaménagement du dernier site exploité, Jouac, est actuellement en cours d'étude.

Plus généralement, les expertises ont montré que l'activité minière est à l'origine d'un marquage radiologique mesurable de l'environnement. Afin de disposer d'une information plus complète, l'IRSN a lancé en 2002 un programme d'investigations à la demande du ministère de l'Écologie et du Développement durable. Ce programme pour objectif d'effectuer un bilan des connaissances disponibles concernant l'ensemble des sites, pour identifier les situations de marquage significatif ou de manque d'information. Il prévoit de compléter ensuite si nécessaire les connaissances sur l'état radiologique dans les régions minières les moins étudiées et de proposer éventuellement des inflexions aux dispositions existantes.

### La plate-forme expérimentale de Tchernobyl

Dans la zone dite de la « forêt rousse », à quelques kilomètres de la centrale de Tchernobyl, des terres et débris contaminés par l'accident ont été enterrés dans des tranchées non étanches creusées rapidement. Soumises à l'action des eaux de pluie, ces tranchées relâchent des radionucléides dans le milieu naturel.

En 1999, l'IRSN a engagé une coopération avec des organismes ukrainiens (IGS et UIAR) et le CEA (Commissariat à l'énergie atomique), afin d'étudier le transport des radionucléides dans l'environnement. Les connaissances acquises dans le cadre de ces recherches intéressent fortement les pays concernés. Pour les Ukrainiens, elles ont une application possible à la réhabilitation du site. Pour les Français, elles permettent une validation en vraie grandeur de modèles utilisés pour le stockage de déchets radioactifs ou la réhabilitation de sites contaminés.

Une plate-forme expérimentale a été aménagée comprenant des équipements permettant de suivre la contamination. Les chercheurs y étudient trois milieux distincts et diversement contaminés :

- l'emplacement de l'ancienne tranchée, milieu le plus contaminé ;
- la zone non saturée qui s'étend de la surface jusqu'à 3,5 m de profondeur, et dont les interstices ne sont pas complètement remplis d'eau ;
- la formation aquifère, au-dessous de 3,5 m, où l'eau comble les vides laissés par la matière solide.

Des résultats importants ont été obtenus, notamment dans la tranchée et dans la zone aquifère. Ces travaux, dont la synthèse a été effectuée en 2002, ont permis d'identifier les particules qui contribuent majoritairement à la source de radioactivité, de caractériser leurs dispersions respectives et de confronter ces observations aux modélisations. Pour la zone non saturée, la prévision de la migration des radionucléides à long terme nécessitera l'exploration d'autres phénomènes par des programmes spécifiques.



Réaménagement du site minier de COGÉMA Lodève.



Plateforme expérimentale de Tchernobyl : pose de sondes de prélèvement d'eau.

# > Une expertise au service de la maîtrise du risque industriel

L'ensemble des travaux de recherche et d'expertise menés à l'Institut lui donnent des compétences qui trouvent des applications au-delà de l'énergie nucléaire, notamment dans le domaine du risque industriel.

## L'expertise des installations classées

En tant qu'expert reconnu par le ministère de l'Environnement, l'IRSN effectue des analyses critiques d'études des dangers réalisées par des industriels. Il s'appuie pour cela sur ses compétences, notamment en chimie, génie chimique, protection contre l'incendie, explosion... Durant l'année 2002, l'Institut a réalisé une quarantaine d'analyses critiques d'études des dangers concernant des installations classées pour la protection de l'environnement. La multiplication d'analyses critiques par trois

par rapport à l'année 2001 est pour une bonne part une conséquence de l'accident de l'usine AZF à Toulouse (Haute-Garonne). Les expertises réalisées en 2002 ont concerné diverses usines : pétrochimie, chimie de transformation, chimie fine, agroalimentaire, agropharmaceutique... Elles ont porté sur des sujets très variés : risques d'incendie, d'explosion, d'emballlement thermique, dispersion de gaz toxiques, impact environnemental. L'IRSN a également réalisé des expertises moins courantes comme

l'instruction de demandes de dérogations à la mise en place de soupapes de sécurité sur des équipements sous pression ou la détermination d'effets dominos sur certains sites industriels.

## Expertises en olfactométrie

Depuis plus de 30 ans, le domaine de l'olfactométrie utilise et valorise les connaissances et compétences acquises dans le secteur du nucléaire sur le transfert et la dispersion des gaz. Aujourd'hui, l'IRSN mène une

activité d'expertise concernant des industries produisant des rejets gazeux malodorants. Les résultats des mesures olfactométriques effectuées par l'Institut permettent d'orienter le choix de solutions technologiques permettant de limiter l'impact de la pollution olfactive des industries sur l'environnement. L'IRSN travaille sur ce sujet en collaboration avec l'INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques).

En 2002, 15 études ont été menées pour des installations industrielles (agroalimentaire, usines d'équarrissage et de transformation, centre d'enfouissement technique), des bureaux d'études, des collectivités locales (services d'assainissement, stations d'épuration), des élevages (porcs, volailles).

L'Institut participe également à des formations sur le sujet auprès des personnels des réseaux de la qualité de l'air et des stations d'épuration, des membres des DIRE (Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement) et des DSV (Directions des services vétérinaires) ou dans le cadre de DESS et de DUT sur l'environnement...



Membre du jury en cours de flairage dans les masques de présentation de l'olfactomètre.

## Physique des aérosols

La physique et la métrologie des aérosols trouvent des applications en dehors du nucléaire. Peu développées par ailleurs en France, les compétences acquises et entretenues au sein de l'IRSN sont aujourd'hui internationalement reconnues.

Réception de GPL sur le site d'Herrlisheim.



Prélèvement canalisé d'un échantillon gazeux odorant.



*Expérience  
d'aérocontamination :  
mise en suspension  
lors d'une chute  
accidentelle de poudre.*

T=0,050 s

T=0,122 s

T=0,140 s

T=0,250 s

Dans ce cadre, l'Institut est représenté au Conseil scientifique de l'Institut national de recherche en sécurité, qui mène des travaux sur les risques professionnels. Il participe aux travaux de l'Association de prévention et d'étude des contaminations, rassemblant des industries agro-alimentaires, médicales...

Dans le domaine des risques professionnels, l'IRSN a collaboré à un contrat de la Commission européenne pour l'amélioration de la qualification des préleveurs d'aérosols aux postes de travail (CALTOOL). Il s'agissait de tester ces outils d'échantillonnage pour en comparer l'efficacité dans différentes situations et à différents postes de travail. Le contrat s'est terminé en 2002 et a donné lieu à des publications.

Par ailleurs, de nombreuses activités touchant le nucléaire peuvent avoir des applications plus larges, notamment pour les poudres toxiques. Un Programme d'Intérêt commun est en cours avec COGEMA sur la mise en suspension des poudres lors de chutes des conteneurs.

Enfin, la reconnaissance internationale de ces compétences s'est traduite par la remise du prix « International aerosol fellow Award », en 2002, à un chercheur de l'Institut.

### Étude probabiliste sur un centre de stockage et d'emplissage de gaz de pétrole liquéfié

À la demande du ministère de l'Environnement, l'IRSN a pris en charge la réalisation d'une Étude probabiliste de sûreté appliquée à une installation de type SEVESO. L'objectif de cette étude est de mieux cerner l'éclairage supplémentaire qu'une étude probabiliste pourrait apporter pour la sûreté de ces installations.

En liaison avec le Comité français du butane et du propane, le choix du site s'est porté sur un centre de stockage et d'emplissage de gaz de pétrole liquéfié, géré par la société Rhône-Gaz à Herrlisheim (Bas-Rhin).

La réalisation de l'étude a suivi une démarche en deux temps :

- la définition d'une méthode d'étude adaptée à l'installation, en liaison avec l'industriel concerné,
- la réalisation de l'étude proprement dite.

L'étude consiste à identifier les diverses séquences accidentelles qui peuvent conduire à un BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) à la suite d'un échauffement d'une des capacités de stockage, induisant une boule de feu, une onde de choc et des projections, et à évaluer les probabilités de ces séquences. Les initiateurs des séquences accidentelles peuvent être des défaillances de procédés mais aussi des agressions internes (incendie, inondation...).

En 2002, la première phase du projet a été réalisée et présentée au ministère. Le développement d'arbres d'événements qualitatifs a mis en évidence, d'une part les éléments de sécurité qui contribuent de façon significative à l'enchaînement des événements indésirables menant au BLEVE, d'autre part certaines difficultés de quantification des séquences accidentelles, dues à la représentativité limitée de certains modèles et à l'utilisation de données génériques.

L'étude implique près de 15 personnes à l'Institut, avec des compétences diverses : sûreté, développement d'Études probabilistes de sûreté, phénoménologie des accidents, évaluation des aléas climatiques ou liés aux activités humaines dans l'environnement du site...

La remise des conclusions de l'étude est prévue pour le mois de mai 2004.

### DES TRAVAUX MENÉS AVEC L'INERIS

À l'origine des collaborations entre l'IRSN et l'INERIS, figure la volonté des deux organismes de développer leurs synergies.

Dans le domaine de l'olfactométrie, la collaboration entre les deux organismes concerne :

- des expertises alliant les compétences de l'IRSN pour l'olfactométrie et celles de l'INERIS pour la physico-chimie : deux études ont été réalisées en commun en 2002 ;
- la rédaction d'un guide « odeurs », à la demande de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) et en collaboration avec d'autres experts. Ce guide présentera l'ensemble des démarches qu'un industriel doit mener pour limiter la pollution olfactive provenant de ses activités ;
- la mise en place fin 2002 d'un groupe de réflexion sur la réglementation, les techniques de mesure et la future norme européenne en matière d'olfactométrie.

Dans le domaine de l'incendie, les collaborations portent sur des projets de recherche : en 2002, les travaux ont notamment concerné la caractérisation de la puissance de feu de divers combustibles.

Enfin, la collaboration sur l'écotoxicologie concerne notamment des recherches sur les effets toxiques de l'uranium sur les poissons et le développement de marqueurs de génotoxicité.



## > Maîtriser le risque de criticité

L'IRSN traite des différents aspects du risque de criticité, de la prévention à l'étude des conséquences. Il s'agit tout d'abord de prévenir le développement d'une réaction de fission en chaîne hors d'un réacteur nucléaire, c'est-à-dire dans une installation non prévue à cet effet (usine, laboratoire ou emballage de transport). Ce type de réaction s'accompagne de l'émission de rayonnements neutroniques et gamma ainsi que de la production de produits radioactifs susceptibles d'être dispersés en dehors de l'installation concernée. Les principales conséquences d'un accident de criticité seraient donc d'irradier des personnes proches du lieu de l'accident. L'Institut développe des méthodes de calcul qualifiées et les applique à l'évaluation des dispositions de prévention du risque de criticité ; en cas d'accident, il évalue les conséquences sur les plans sanitaire et environnemental.

### Des enjeux techniques et économiques

La prévention du risque de criticité a été une préoccupation forte dès les premières utilisations de l'énergie nucléaire. Elle a conduit à la mise en place de mesures contraignantes : limitation des quantités de produits, de la taille des récipients, des quantités d'eau utilisées...

Les progrès des connaissances permettent aujourd'hui de réduire certaines contraintes, tout en assurant la sûreté de l'installation ou de l'emballage de transport. Dans ce domaine, l'IRSN met au point des méthodes, développe des codes de calcul et réalise des études de cas. La finalité de ces travaux est de disposer de moyens d'analyse précis du risque de criticité.

La qualification et la validation des outils de calcul consistent à confronter les résultats de calculs à la réalité sur des expériences approchant l'état critique. La comparaison des résultats calculés et des résultats expérimentaux permet de connaître la précision des calculs pour des situations particulières, et, le cas échéant, de proposer des améliorations des techniques de calcul.

Au-delà des travaux de recherche, l'IRSN intervient également dans le domaine de l'expertise, notamment pour les laboratoires, les usines et les transports. Le travail d'analyse consiste à vérifier que les dispositions de prévention, proposées par l'exploitant sur la base de calculs, sont bien adaptées et suffisantes, y compris dans les cas de dysfonctionnement envisageables. Dans le domaine des transports de matières fissiles, la vérification des calculs de criticité des transporteurs est systématique ; dans le

cas d'études effectuées avec des codes de calcul étrangers, des contre-calculs sont réalisés. Chaque année, plus de 50 dossiers concernant les transports de matières fissiles, correspondant chacun à des contenus multiples, sont étudiés à l'Institut.

### CRISTAL, un ensemble intégré de logiciels de calcul de nouvelle génération

CRISTAL est un programme piloté par l'IRSN et développé avec le CEA, avec un financement de COGÉMA.

Depuis 1999, la première version de ce code de calcul a été mise à la disposition de l'IRSN, du CEA et des grands industriels français du nucléaire (COGÉMA, Framatome, Technicatome). Il est utilisé par 90 ingénieurs. Il est actuellement en cours d'essai à EDF. Dans le cadre de ce programme, l'IRSN développe le code de simulation neutronique multigroupe à 3 dimensions, Moret IV ; il a par ailleurs en charge l'interface homme/machine qui assure l'intégration des différents modules de calcul, ainsi que la liaison avec les utilisateurs, ce qui permet de tenir compte de leur expérience.

En 2002, un site Web CRISTAL a été ouvert au grand public ; il dispose d'un espace protégé réservé aux utilisateurs, où ceux-ci échangent informations, remarques et questions. Ils peuvent aussi télécharger des documents ou des patches de correction. Outre le développement d'une communauté d'utilisateurs favorisant les échanges et la mise à disposition de l'information, l'ouverture du site a permis la mise en œuvre d'une organisation performante avec les utilisateurs, notamment pour la maintenance.

Une première mise à jour a été livrée en septembre 2002. Le développement de la version suivante a été engagé. Elle comportera de nouvelles fonctionnalités ; sa livraison est prévue pour septembre 2003.

Enfin, l'IRSN participe à l'International Criticality Safety Benchmark Evaluation Project, sous l'égide de l'OCDE. Ce projet consiste à mettre en commun les expériences de criticité réalisées dans le monde depuis plus de 20 ans. C'est un travail essentiel pour la qualification des outils de calcul comme CRISTAL : en effet, près de 1 200 expériences de criticité de diverses origines ont été recalculées par CRISTAL.

### Un Programme d'intérêt commun avec COGÉMA

En 2002 ont été poursuivis des programmes expérimentaux dans le cadre du Programme d'intérêt commun engagé avec COGÉMA depuis 1996. Ce programme concerne la prévention des risques de criticité dans les installations du cycle du combustible et les transports.

Il s'agit notamment d'évaluer quantitativement les marges de sécurité liées à la perte de réactivité des combustibles irradiés, puis de mettre au point des méthodes de calcul plus précises pour l'évaluation des risques de criticité. Pour ces combustibles, des expériences ont été conduites sur six produits de fission stables, qui sont responsables de la moitié de la perte de réactivité due aux produits de fission.

Par ailleurs, ce programme vise à améliorer les techniques de calcul de criticité pour répondre à des besoins nouveaux pour les installations nucléaires et les emballages de transport de matières fissiles. Les expérimentations menées sur le site de Valduc (Côte-d'Or) sont uniques au monde.

### Un exercice pour comparer les méthodes de dosimétrie d'accident de criticité

En 2002, l'IRSN a organisé un exercice d'intercomparaison internationale de dosimétrie d'accident de criticité. Cette opération, menée conjointement avec l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, a été effectuée en collaboration avec le centre CEA de Valduc. Elle a reçu le soutien de la Commission européenne.

Une trentaine de pays d'Europe de l'Est et de l'Ouest, d'Amérique du Nord et du Sud, ainsi que d'Asie, ont participé à cet exercice.

Il a permis à chacun de tester les techniques de dosimétrie physique et/ou biologique dans des conditions expérimentales simulant un accident de criticité.

Cette intercomparaison avait été décidée peu de temps avant l'accident de criticité survenu en septembre 1999 à Tokai-Mura (Japon).

Elle a consisté en des expériences menées au Centre CEA de Valduc sur le réacteur Silène, simulant différentes configurations d'accident de criticité entraînant une émission intense de rayonnements neutroniques et gamma.

Les résultats de l'étude finale et les conclusions seront publiés dans le cadre du « 9<sup>e</sup> Symposium international sur la dosimétrie des neutrons » à Delft (Pays-Bas) en septembre 2003. Une session complète sera consacrée à cette intercomparaison.

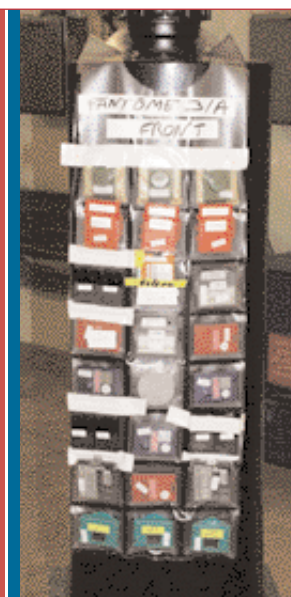
**29**  
pays différents

**60**  
laboratoires

**500**  
dosimètres  
irradiés pour  
l'intercomparaison  
internationale  
de dosimétrie  
d'accident  
organisée par  
l'IRSN en 2002.



Dosimètres de criticité exposés autour du réacteur Silène.



Intercomparaison internationale de dosimétrie auprès du réacteur Silène : positionnement de dosimètres.



## > Évaluer la sûreté des transports

L'utilisation de certains colis de transport de matières radioactives est soumise à un agrément délivré par l'autorité compétente : la DGSNR pour les transports à usage civil, le DSND pour les transports de matières intéressant la Défense. L'IRSN effectue des études et des recherches ainsi que des expertises concernant les transports de matières radioactives.

### L'expertise des colis de transport

Chaque année, l'Institut transmet entre 100 et 150 avis sur la conformité des colis de transport de matières radioactives à la réglementation. Dans ces avis, plusieurs aspects sont traités :

- la sûreté du confinement des matières radioactives ;
- la radioprotection des travailleurs et des personnes du public ;
- la prévention des risques de criticité.

Les agréments de colis nouveaux sont délivrés pour une période de trois à cinq ans. Dans le cas d'une prorogation d'agrément, l'Institut n'effectue qu'une expertise partielle, fondée notamment sur l'examen de l'expérience acquise. Pour certains types d'emballages, l'expertise porte notamment sur le risque de radiolyse.

### Radiolyse lors des transports de matières radioactives

Le phénomène de radiolyse (décomposition de l'eau en hydrogène et oxygène sous l'effet des rayonnements ionisants) peut avoir un impact sur la sûreté des emballages de transport, dans la mesure où il peut conduire à une explosion. Sur ce sujet, l'Institut a notamment effectué depuis 10 ans une revue des modèles de colis agréés ou sous arrangement spécial.

Compte tenu de la diversité des situations rencontrées et de la complexité du phénomène de radiolyse, il a été demandé aux industriels de fonder leurs justifications sur des valeurs expérimentales. Les industriels ont réalisé des mesures dans des conditions réelles, afin de quantifier le phénomène de radiolyse pour tous les colis. À cet effet, ils ont développé des programmes expérimentaux, dont certains arrivent aujourd'hui à leur terme.

Les colis concernés se répartissent en plusieurs catégories :

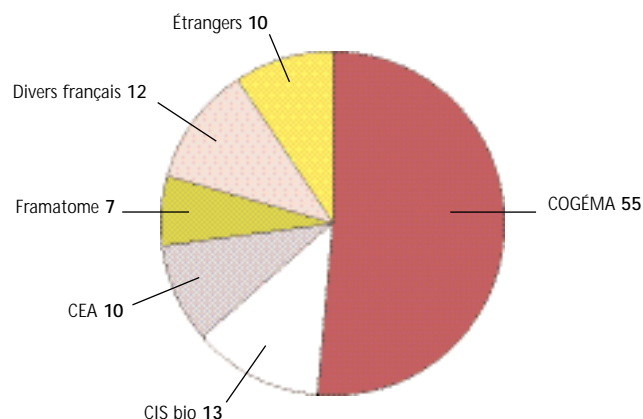
- les colis de transport sous eau de combustibles irradiés destinés au retraitement : CASTOR S1, EXCELLOX 6, NTL 11, NTL 15. Ces colis ont été équipés de nouveaux catalyseurs (recombinant l'hydrogène et l'oxygène) permettant d'éliminer les gaz issus de la radiolyse de l'eau. Ces équipements sont en cours d'évaluation ;
- les colis de transport de déchets organiques (cellulose, plastiques divers, gants...) : TN GEMINI, RD 26, RD 15IIB,

IU 11, DGD-D-001. Compte tenu de la difficulté de mener des expériences analytiques, il a été décidé de procéder au cas par cas et de mener des campagnes de mesures de la concentration de l'hydrogène en fonction du temps et de l'activité des déchets transportés. Cela a permis de quantifier les phénomènes et de montrer que les concentrations d'hydrogène n'atteignent pas les limites de sécurité ;

- les colis de transport d'oxyde de plutonium (FS 47, TN BGC-1), pour lesquels il apparaît une absorption d'oxygène et non une production d'hydrogène.

La démarche de sûreté autour du risque de radiolyse est une démarche progressive et prudente qui consiste, dans un premier temps, à accorder des autorisations de transport pour des gammes de puissances et des durées limitées, puis à étendre ces autorisations en fonction des résultats des programmes expérimentaux.

RÉPARTITIONS DES 111 AVIS RELATIFS AUX COLIS TRANSMIS EN 2002



### METTRE À PROFIT LE RETOUR D'EXPÉRIENCE

L'IRSN analyse les incidents et accidents de transport de matières radioactives. Ainsi, l'analyse de l'incident survenu le 29 décembre 2001 à Roissy (Val-d'Oise), au cours d'un transport de produits radioactifs en provenance de Suède et à destination des États-Unis a mené aux conclusions suivantes :

- la qualité de la préparation des colis doit être contrôlée très rigoureusement ;
- le conditionnement du contenu des colis doit être mieux spécifié ;
- les programmes de radioprotection obligatoires depuis juillet 2001 pour les transports aériens et la surveillance dosimétrique des travailleurs les plus exposés doivent être rapidement mis en œuvre par les transporteurs.

### Fin du Programme d'intérêt commun avec COGÉMA sur la sûreté des transports de matières radioactives

Démarré en 1996 le Programme d'intérêt commun s'est terminé en 2002 avec l'achèvement d'une étude sur le comportement thermique des emballages de transport TN 12/2 et TN 28 VT, soumis à des feux de durée variable.

Selon la réglementation, un colis de type B doit pouvoir résister à un feu à 800 °C pendant 30 minutes pour pouvoir être agréé. L'objectif de l'étude était de déterminer les durées réalistes de tenue au feu des emballages pour différents niveaux de température.

Une approche par calcul a permis de décrire de façon réaliste le comportement de certains matériaux des emballages comme la résine. L'étude a utilisé des modèles tridimensionnels adaptés à la simulation des phénomènes et notamment à la présence de singularités dans les emballages.

Le code développé a été qualifié avec les résultats expérimentaux obtenus sur un emballage réel et sur des échantillons soumis à des essais en four. La simulation a permis de déterminer les durées maximales de tenue au feu de ces emballages en étudiant les risques de perte d'étanchéité des joints, de rupture de gaines et de déformation de la structure interne de l'emballage.

Quatre températures ont été étudiées : 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1 000 °C. Les températures inférieures à 800 °C concernent notamment les transports maritimes. La température de

### UNE NOUVELLE COLLABORATION AUTOUR DE LA RADIOPROTECTION DANS LES TRANSPORTS

Les données dosimétriques de la base de données SISERI ont été utilisées dans le cadre d'une étude européenne sur les statistiques des flux et doses de transport, effectuée en 2002 et destinée à mieux connaître l'impact du transport sur la dosimétrie des travailleurs.

1 000 °C est associée à des configurations du type tunnel ou à des hydrocarbures spéciaux (type kérosène).

Les calculs relatifs aux deux emballages prennent en compte l'élévation de température au sein de l'emballage après la fin du feu. À titre d'exemple, le confinement des emballages TN 12/2 et TN 28 VT reste assuré pour un feu de 800 °C sur une durée de 1 h 40, ce qui met en évidence une marge de sécurité de l'ordre de trois par rapport à la durée réglementaire de 30 minutes.

Cette étude a confirmé l'intérêt d'utiliser des modèles tridimensionnels malgré la complexité de leur mise en œuvre.

Dans le cadre de ce programme, l'IRSN a développé un outil très sophistiqué d'évaluation des températures des colis dans des conditions de feux diverses : THERMX-PROTÉE, maintenant disponible pour des applications à d'autres emballages.



Bateau de transport des emballages de combustibles usés (TN12/2).



Retour de résidus vitrifiés à destination du Japon dans des emballages de transports TN28VT.

# > Renforcer la protection contre l'incendie

**L**e risque d'incendie est une préoccupation importante en matière de sûreté, compte tenu de la probabilité d'un feu dans une installation nucléaire et des conséquences graves qu'un incendie non maîtrisé pourrait occasionner. Les travaux de recherches, d'études et d'expertises menés par l'IRSN sur les feux permettent de mieux apprécier les dispositions prises par les exploitants pour assurer la sûreté de leurs installations et promouvoir des améliorations.

## Une synergie entre expertises et recherches

L'évaluation des dispositions techniques prises par les exploitants pour assurer la sûreté de leurs installations contre les risques d'incendie a montré l'existence de domaines insuffisamment connus méritant des actions de recherche. Celles-ci comprennent des programmes expérimentaux et des travaux de modélisation : les résultats des recherches contribuent à faire évoluer les dispositions mises en place en matière de sûreté.

## Des études qui mettent en exergue des zones d'incertitudes

Les études menées en soutien à l'évaluation de sûreté s'intéressent à l'ensemble des mécanismes pouvant entraîner des rejets de produits radioactifs à la suite d'un incendie. Parmi ces études, l'étude probabiliste de sûreté menée sur les risques de fusion du cœur en cas d'incendie dans une centrale de 900 MWe a notamment mis en évidence des zones d'incertitude importantes qui ont conduit l'IRSN à réaliser des recherches pour améliorer les connaissances. Il en est ainsi des sujets suivants :

- la combustion des armoires électriques : le programme CARMELA a fourni en 2002 des premiers résultats à ce sujet ;
- la propagation aux locaux voisins *via* la ventilation et les ouvertures d'un incendie démarré dans un local fermé et ventilé : le programme DIVA a été engagé ;
- le comportement des équipements de sectorisation et de confinement (portes, clapets, filtres...) soumis à des contraintes résultant d'un feu : le programme STARMANIA, démarré en 2001 et poursuivi en 2002, étudie ce sujet ;
- la « caractérisation » des combustibles : l'action menée par l'IRSN vise à améliorer la base de données existante par la mesure de certaines propriétés physiques d'une trentaine de matériaux.

Les premiers enseignements tirés de ces programmes de recherches ont déjà été utilisés pour les expertises, notamment pour l'évaluation de la vulnérabilité des salles de conduite des centrales électronucléaires. Des améliorations ont été préconisées à la suite de cette évaluation.

Par ailleurs, l'examen de l'expérience d'exploitation a mis en évidence d'autres sujets de préoccupation, par exemple l'aspect corrosif des suies et l'évolution de l'étanchéité des bétons soumis à un flux thermique. Ces sujets font l'objet de réflexions approfondies en vue de la définition, le cas échéant, de programmes de recherches ultérieurs.

La plupart des sujets évoqués ci-dessus et les résultats des recherches correspondantes présentent également un intérêt pour la sûreté des laboratoires et des usines. Pour les installations de ce type, un travail a été engagé dès 1998 en vue d'une révision de la Règle fondamentale de sûreté I.4.a, relative à la protection contre l'incendie des installations nucléaires de base autres que les réacteurs nucléaires. L'objectif est de tenir compte de l'évolution des connaissances et de mieux distinguer ce qui relève du cantonnement du feu (sectorisation des locaux) de ce qui relève du confinement des matières radioactives. La nouvelle rédaction, discutée en novembre 2001 par le groupe permanent compétent, a été approfondie en 2002 et a fait l'objet de tests d'application à une installation.

## L'ÉVALUATION DE SÛRETÉ

L'Institut a examiné en 2002 le Plan d'action contre l'incendie mis en œuvre par EDF sur ses installations, et présenté son avis au groupe permanent pour les réacteurs nucléaires les 7 et 21 novembre 2002. Cet avis met en exergue :

- l'évolution souhaitable des référentiels, compte tenu des travaux de recherche menés au sein de l'IRSN ;
- des propositions d'améliorations concernant la salle de commande CPY.

*Essai du programme CARMELA visant à étudier la combustion des armoires électriques.*



### Des recherches pour approfondir les connaissances

#### La propagation d'un feu aux locaux voisins *via* la ventilation et/ou les ouvertures d'un feu démarré dans un local fermé et ventilé.

Le dispositif d'essais DIVA a été mis en service en 2002 pour améliorer les connaissances sur la propagation des gaz chauds ou des particules vers les locaux voisins d'un local en feu, *via* le réseau de ventilation et les autres communications (portes, trémies...). Ce dispositif comporte trois locaux donnant sur un couloir commun. Un quatrième local permet de traiter la propagation vers les étages supérieurs. Les locaux sont reliés entre eux par des portes, dont les fuites peuvent être calibrées, et par un réseau de ventilation de type industriel. Les premiers essais ont eu lieu en 2002 ; l'interprétation est en cours.

#### Les feux de solvant dans les cellules de stockage des usines COGÉMA de La Hague (Manche).

Le programme d'essais FLIP (Feux de liquides en interaction avec une paroi) a été mené entre 1996 et 2002 en collaboration avec COGÉMA. Il concerne le développement d'un feu de solvant (tétrapropylène hydrogéné/tributyl phosphate ou TPH/TBP) en nappe qui pourrait se produire dans un local de stockage de ce solvant. L'année 2002 a été consacrée à la réalisation des derniers essais et à l'interprétation des essais réalisés les années précédentes, ainsi qu'à la qualification du code couplé FLAMMES/SIMEVENT sur la base de ces essais. Un document de synthèse été élaboré à la suite de ce programme riche en enseignements (par exemple, sur les niveaux maximaux et les évolutions temporelles des pressions et des températures pour différentes options de conduite de la ventilation).

### Le comportement des équipements de sectorisation et de confinement soumis à un feu.

Pour mieux apprécier le comportement des éléments de sectorisation en cas d'incendie, notamment leur tenue aux pressions qui peuvent en résulter, un programme a été mené en 2002 dans l'installation STARMANIA, concernant le comportement aéraulique de clapets coupe-feu et leur degré de résistance mécanique. Par ailleurs, le colmatage des filtres, qui pourrait conduire à une perte du confinement des substances radioactives, en particulier par rupture du médium filtrant, a été étudié dans l'installation BANCO. L'ensemble des essais sur les filtres a permis l'élaboration d'un modèle empirique de résistance aéraulique utilisé dans les modélisations de l'interaction entre la ventilation et l'incendie.

### Le mode de combustion des armoires électriques.

Les premiers essais du programme CARMELA, menés en 2000 et 2001, ont été interprétés en 2002. Une campagne expérimentale complémentaire, baptisée CARMELA Bis, a été définie et préparée en 2002 pour mieux caractériser certaines grandeurs physiques utilisées par le modèle développé lors de l'interprétation des essais CARMELA. Le programme sera achevé en 2003 par la réalisation d'essais de combustion d'armoires réelles.

### La mise en suspension des radionucléides

En cas d'incendie impliquant des radioéléments, ces derniers peuvent être relâchés sous forme d'aérosols ou de gaz. La détermination des facteurs de mise en suspension est essentielle pour pouvoir apprécier les rejets de matières radioactives et les conséquences radiologiques pour les travailleurs et les intervenants. Sur ce sujet, l'IRSN complète et améliore la base de données BADIMIS relative à la mise en suspension d'une contamination particulière par différents mécanismes.

Feu d'une nappe de solvant du programme d'essais FLIP (Feu de liquide en interaction avec une paroi).



Banc d'essais Starmania destiné à l'étude du comportement des équipements de confinement et de sectorisation en cas de feu.



# IRSN

## Veiller à la non-prolifération et lutter contre la malveillance



Contrôle de matières nucléaires en cours de transport.

62

En 2002, l'IRSN a réalisé 62 analyses dans le domaine de la chimie pour le haut fonctionnaire de Défense du ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie.

50 inspections  
100 avis

L'IRSN évalue les mesures prises par les exploitants pour protéger leurs installations et les matières nucléaires qui y sont détenues. Dans ce cadre, l'Institut a effectué 50 inspections et transmis 100 avis au haut fonctionnaire de Défense en 2002.

**N**on-prolifération des armes nucléaires, chimiques et bactériologiques et protection contre la malveillance sont deux domaines où l'IRSN mène des expertises et des recherches ; certains de ses agents sont également mandatés pour réaliser des inspections. Il rend compte notamment au haut fonctionnaire de Défense du ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie.

L'IRSN met ses connaissances et ses pratiques à la disposition des autorités françaises et des organisations internationales concernées pour la mise en œuvre en France des traités de non-prolifération des armes nucléaires mais aussi chimiques et bactériologiques.

Protéger les installations nucléaires et les transports de matières radioactives contre des actions malintentionnées pouvant conduire à des rejets radioactifs dans l'environnement, tel est le but de la lutte contre la malveillance qui a pris une dimension renforcée après les attentats terroristes de septembre 2001.

### > La non-prolifération des armes chimiques

L'IRSN apporte son soutien technique aux pouvoirs publics et aux industriels pour la mise en œuvre sur le territoire national des contrôles internationaux dans le domaine de la non-prolifération. À l'origine, seul le secteur nucléaire était concerné. Compte tenu de l'expérience acquise par l'Institut dans ce domaine, les pouvoirs publics lui ont demandé d'assurer la même mission pour l'application de la Convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'emploi des armes chimiques et sur leur destruction (CIAC), signée à Paris en janvier 1993. Enfin, depuis 1999, l'Institut est également impliqué dans le domaine de la non-prolifération des armes bactériologiques.

La Convention sur l'interdiction des armes chimiques est entrée en vigueur en France en 1997. Depuis cette date, l'Institut assure des missions d'expertise et d'appui technique nécessitant des compétences scientifiques et juridiques, organisées autour de trois activités :

### Le soutien technique aux autorités pour les négociations internationales et pour l'application en France de la convention dans le secteur civil.

L'Institut a assuré le recensement des industriels concernés par la convention, qui doivent déclarer les produits qu'ils utilisent. Il réalise l'analyse et le traitement de leurs déclarations.

Dans le domaine des négociations internationales, l'IRSN a participé en 2002 au groupe d'experts mis en place par l'Organisation pour l'interdiction des armes chimiques sur l'homogénéisation des déclarations : celui-ci a abouti en novembre 2002 à la définition de règles et de seuils de déclaration pour les importations et les exportations des produits chimiques concernés, communs à tous les pays signataires de la convention. Cela conduira à une modification des textes réglementaires français, des manuels et des formulaires de déclaration. Le travail correspondant a été engagé en 2002.

### Le conseil aux industriels pour l'élaboration des déclarations et la préparation des inspections internationales.

L'IRSN conseille les industriels pour l'élaboration des déclarations, en tenant compte des spécificités de leurs installations.

Les visites préparatoires aux inspections internationales correspondent pour l'IRSN à un travail pédagogique auprès des industriels. Il s'agit de les sensibiliser aux dispositions des textes législatifs et réglementaires de la convention et aux conséquences pour les installations : vérification des déclarations, fréquence des inspections, accès des inspecteurs à des zones et à des informations « sensibles » pour le développement économique de l'entreprise. L'IRSN procède à des visites préalables des sites afin de faciliter le déroulement des inspections proprement dites. En 2002, l'Institut a réalisé 18 visites préalables.

### L'accompagnement des inspections internationales

Effectuées par l'OIAC, les inspections ont pour objectif de vérifier la conformité des informations transmises par les autorités françaises dans les déclarations. Lors de ces inspections, l'IRSN en tant que représentant de l'État français joue un rôle d'interface entre les inspecteurs et les industriels. Les sites inspectés sont choisis par l'OIAC à partir des informations fournies dans les déclarations.

Jusqu'en 2000, la plupart des inspections menées dans le monde ont concerné les principaux pays industrialisés. Cela a représenté 20 inspections pour la France. L'extension, en avril 2000, des inspections à l'ensemble des produits chimiques organiques a considérablement augmenté le nombre de pays concernés. Après avoir rencontré quelques difficultés financières, l'OIAC a repris un rythme d'inspections soutenu à partir du 4<sup>e</sup> trimestre 2002.

### SUIVI DES TRANSPORTS DES MATIÈRES NUCLÉAIRES SENSIBLES

L'Échelon opérationnel des transports (EOT) a été créé en 1983 au sein de l'Institut pour assurer des responsabilités opérationnelles dans le domaine de la gestion et du suivi des transports de matières nucléaires.

Dans ce cadre, il instruit chaque année près de 2 000 demandes d'autorisation de transport et assure le suivi de ces transports sur le territoire national.

Ces transports sont effectués par voie routière, ferroviaire, maritime ou aérienne (en provenance ou à destination d'un port ou d'un aéroport placé sous juridiction française).

Le suivi de chaque transport est adapté à la sensibilité des matières transportées. Certains transports parmi les plus sensibles suivent des itinéraires agréés par le haut fonctionnaire de Défense du ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie et sont suivis en temps réel à l'IRSN, grâce à des moyens de communication par satellite.

Ce suivi permet de détecter tout incident, accident ou événement pouvant retarder ou compromettre l'exécution du transport. Dans un tel cas, l'EOT prend les mesures appropriées : information des autorités, déclenchement d'actions de secours ou de protection physique, arrêt du transport, changement d'itinéraire...

Parallèlement au suivi des transports, les agents mandatés par l'EOT effectuent des inspections inopinées des transports, afin de s'assurer du respect des dispositions réglementaires : conditions de franchissement des péages d'autoroute et de passage des frontières, conditions de réception et de stationnement des convois, verrouillage et surveillance des véhicules pendant leur arrêt... Plus de 40 inspections sont faites chaque année, dans les ports, les gares, les passages de frontières et les aéroports ou à proximité des établissements habilités à détenir des matières nucléaires.



Contrôle de matières nucléaires en cours de transport.

## > La lutte contre la malveillance

L'une des missions de l'Institut est d'évaluer les mesures prises par les industriels pour protéger leurs installations et les transports de matières radioactives contre d'éventuelles actions de malveillance qui pourraient conduire à des rejets de produits radioactifs dans l'environnement. Bien entendu, les résultats de ces évaluations restent largement confidentiels, mais les attentats de septembre 2001 ont renforcé la préoccupation des pouvoirs publics dans ce domaine.

### Malveillance contre les installations

L'évaluation par l'Institut des dispositions prises ou prévues par les exploitants est effectuée sur la base de menaces types prédéfinies. Il s'agit de vérifier le caractère suffisant de ces dispositions et, si nécessaire, de préconiser la mise en place de dispositions complémentaires. La démarche adoptée comporte trois étapes :

- l'appréciation de la sensibilité des différents équipements de l'installation. La sensibilité est caractérisée par l'importance des conséquences qui pourraient résulter d'une action de malveillance, c'est-à-dire des quantités de produits radioactifs ou chimiques qui pourraient être rejetées dans l'environnement ;
- l'appréciation de la vulnérabilité des équipements jugés sensibles, c'est-à-dire l'évaluation de la difficulté à réaliser une agression donnée sur ces équipements ;
- la recherche, si nécessaire, de dispositions complémentaires permettant soit de réduire la sensibilité des équipements, soit de rendre plus difficile une éventuelle agression.

Plusieurs menaces types ont été définies : leur pertinence fait l'objet d'une confrontation avec l'expérience tirée d'événements survenus en France ou à l'étranger, éventuellement dans d'autres secteurs d'activités que le nucléaire. Ces événements sont rassemblés dans un fichier des actions de malveillance, constitué par l'Institut. En 2002, des propositions ont été faites par l'Institut pour durcir les menaces types, en tenant compte notamment des enseignements tirés des attentats du 11 septembre 2001. De plus, l'IRSN a également proposé aux autorités des projets de textes réglementaires visant à renforcer et à préciser la réglementation.

En complément de ses évaluations, l'IRSN accompagne les inspections des installations nucléaires dans le domaine de la malveillance.

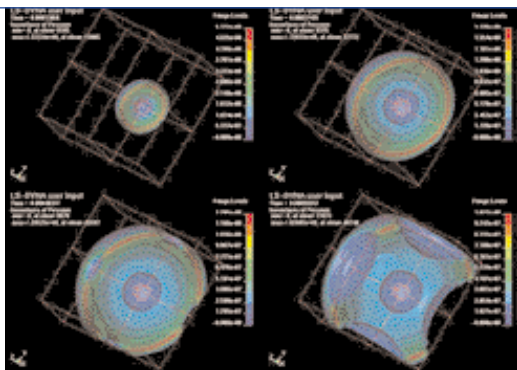
En 2002, un effort particulier a été porté sur le contrôle des accès aux installations : mise en place de dispositions complémentaires et vérification de cette mise en place sur les sites (une trentaine), en relation avec le plan Vigipirate. Ces mesures de durcissement de l'accès des personnes, des véhicules et des marchandises ont concerné EDF, le CEA, COGEMA, EURODIF (Usine européenne d'enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse), FBFC (Franco-belge de fabrication de combustibles) et l'ILL (Institut Laue-Langevin).

Enfin, l'Institut a conduit des expérimentations et des études concernant les dommages aux bâtiments, aux bassins de stockage, aux réseaux de ventilation en cas d'agression malveillante.

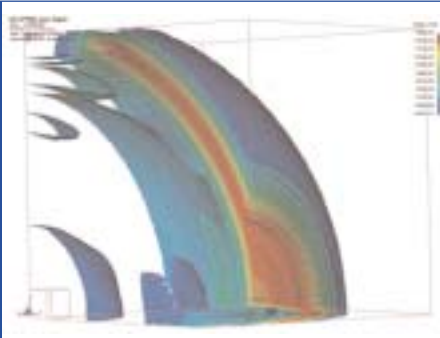
# 38

Dans le domaine du nucléaire et de la chimie, l'IRSN a réalisé 38 accompagnements d'inspection internationales d'Euratom, de l'AIEA et de l'OIAC. Cela correspond à un effort d'accompagnement représentant 153 hommes/jour en 2002.

Simulation numérique de détonation d'explosif.



Transport d'emballages de combustibles usés.



Simulation numérique de détonation d'explosif.



Transport d'emballages de combustibles usés.

### Actions de malveillance contre les transports de matières radioactives

L'IRSN a mené des recherches concernant notamment la résistance des emballages aux agressions terroristes. L'objectif de ces travaux est de disposer d'outils d'évaluation des conséquences de telles agressions, afin de pouvoir proposer des évolutions techniques ou réglementaires appropriées. Si la conception des emballages résultant de l'application de la réglementation en matière de sûreté

assure une certaine défense et si divers essais ont été réalisés par le passé, la démarche suivie aujourd'hui est plus systématique grâce à la simulation numérique. Elle permet de bien cibler les essais à réaliser et de mieux les exploiter.

Depuis 2000, l'IRSN développe un programme visant à étudier un ensemble représentatif d'emballages soumis à divers types d'armes (armes à feu, fortes charges explosives, armes

antichars...) : les travaux correspondants sont menés en partenariat avec la DGA et le CEA.

Dans le domaine des charges explosives, l'année 2002 a vu l'achèvement des essais pour un premier emballage, avec la validation des modèles numériques associés.

Dans le domaine des charges perforantes, une étude a été menée en 2002 pour ce même emballage de transport et a montré une bonne concordance entre les résultats issus de la simulation numérique et ceux des expérimentations.

Parallèlement, une collaboration a été lancée avec les États-Unis, la Grande-Bretagne et l'Allemagne concernant les conséquences radiologiques possibles d'une attaque d'un transport de combustibles irradiés avec une charge perforante.

### ÉTUDE D'IMPACT D'UN AVION SUR UNE CENTRALE

À la suite des attentats du 11 septembre 2001, l'IRSN a réalisé en 2002 une étude du comportement mécanique de l'enceinte de confinement d'une centrale électro-nucléaire en modélisant de façon détaillée un agresseur constitué par un avion commercial de type récent et en considérant différentes trajectoires et vitesses ainsi que différents points d'impact.

Le modèle de l'agresseur a été réalisé avec l'aide et la collaboration efficaces du constructeur de l'avion qui disposait de modèles qu'il a fallu adapter pour tenir compte des différences entre un crash frontal et un crash en phase d'atterrissage. Les caractéristiques importantes de l'avion, telles que les diverses masses et leur répartition, le comportement mécanique des différentes parties de l'avion et de leurs liaisons ainsi que le comportement particulier des moteurs, ont été pris en compte.

L'étude réalisée par l'IRSN fournit des informations sur les capacités ultimes des enceintes de confinement, tant en termes de stabilité d'ensemble et de possibilités de perforation, qu'en termes de sollicitations des matériels dues à l'ébranlement d'ensemble de l'installation.

# 14

**Nombre de visites  
préparatoires aux  
inspections inter-  
nationales conduites  
chez des industriels  
du secteur de la  
chimie en 2002 :  
14 visites représentant  
28 hommes/jour.**



## Animer les relations à l'international



Chantier de la nouvelle installation d'entreposage « à sec » de combustibles irradiés sur le site de Tchernobyl.

29

L'IRSN collabore avec des organismes de sûreté ou de radioprotection de 29 pays.

Allemagne	Hongrie
Argentine	Inde
Belgique	Italie
Biélorussie	Japon
Brésil	Maroc
Bulgarie	Portugal
Canada	République tchèque
Chine	République slovaque
Corée du Sud	Royaume-Uni
Croatie	Russie
Cuba	Slovénie
Égypte	Suède
Espagne	Suisse
États-Unis	Ukraine
Finlande	

La collaboration entre différents pays permet de mutualiser des moyens, d'enrichir les connaissances et de partager les compétences. Elle contribue à satisfaire la complémentarité entre activités de recherche et activités d'expertise.

Dans les domaines de la sûreté, de la radioprotection ou de la sécurité, l'ouverture internationale de l'IRSN se développe d'année en année. Cette activité est organisée autour de trois axes : approfondissement des connaissances scientifiques et techniques, participation à l'élaboration de guides, recommandations ou normes et contribution au renforcement de la radioprotection, de la sûreté et de la sécurité nucléaires à l'étranger.

### > Un Institut résolument tourné vers l'international

#### Approfondir les connaissances scientifiques et techniques

En permettant d'accroître les connaissances, de compléter les outils disponibles, notamment les codes de calcul, et d'améliorer les méthodes, la coopération internationale développée par l'IRSN dans les domaines de la recherche et de l'expertise contribue à une meilleure appréciation des risques et à l'amélioration de leur maîtrise. Les échanges et travaux sont menés dans le cadre d'accords de coopération bilatéraux ou multilatéraux ou de programmes lancés par des instances internationales ; ils conduisent à des conclusions qui peuvent bénéficier d'un consensus international.

## Une participation active aux programmes internationaux

Pour les programmes cadres de recherche et de développement (PCRD) européens, l'année 2002 est une année de transition avec la poursuite du 5<sup>e</sup> PCRD et le lancement du 6<sup>e</sup> programme cadre de la Communauté européenne de l'énergie atomique (EURATOM).

Pour le 5<sup>e</sup> PCRD, l'IRSN a contribué en 2002 de manière significative à une vingtaine de projets : dans le domaine des accidents graves, achèvement de COLOSS (projet européen consacré à l'étude de la dégradation du cœur lors d'un accident grave) et d'ENTHALPY (base européenne de données thermodynamiques du corium) ; poursuite de BIODOS, relatif à la radioprotection des travailleurs et du public (modèles dosimétriques), d'ICHEM (étude du comportement de l'iode dans l'enceinte de confinement d'un réacteur), de BORIS (étude de la migration des radioéléments dans le sol)...

Avec le 6<sup>e</sup> PCRD, la Commission européenne propose une approche totalement différente où la structuration de l'espace européen de la recherche passe par une forte incitation des organismes à s'associer en réseaux d'excellence, avec une stratégie et des moyens communs sur le long terme, ou à mettre en œuvre de vastes projets intégrés. L'IRSN s'est pleinement lancé dans cette démarche : la mise en place du réseau SARNET, réseau d'excellence sur les accidents de fusion du cœur d'un réacteur à eau sous pression (REP), en est le premier exemple.

Enfin, dans le cadre des travaux d'EURADOS (European Radiation Dosimetry Group), cofinancés par la Commission européenne, un exercice d'intercomparaison en matière de dosimétrie des rayonnements dans l'environnement a été réalisé en 2002. Au cours de cette année, l'IRSN a assuré la présidence de l'association EURADOS, qui rassemble plus de 30 organismes européens autour de deux objectifs majeurs : faire progresser la dosimétrie des rayonnements ionisants et promouvoir le développement de méthodes dans ce domaine.

Parmi les grands programmes internationaux, l'IRSN a poursuivi en 2002 le programme Phébus auquel participent 35 organismes et le programme Cabri-boucle à eau qui fait l'objet d'une large coopération internationale sous les auspices de l'OCDE. Il a participé au lancement du programme MCCI (étude de l'écoulement du cœur fondu hors de la cuve et des interactions avec le béton de l'enceinte de confinement) qui rassemble 13 pays de l'OCDE.

## Développement des collaborations bilatérales

L'année 2002 a vu le renouvellement de l'accord général entre l'IRSN et le JNC japonais (Japan Nuclear Cycle Institute) et les négociations pour le renouvellement de l'accord général avec le JAERI japonais (Japan Atomic Energy Research Institute). Ce dernier accord traitera notamment du relâchement de produits de fissions au cours d'un accident grave et des risques de criticité dans les installations du cycle du combustible.

Par ailleurs, la coopération avec les instituts de recherche russes IBRAE (Institut de sûreté nucléaire de l'Académie des sciences) et Kurchatov s'est poursuivie en 2002 autour des codes de calcul concernant les accidents graves et la négociation d'un accord avec l'Association belge Vinçotte nucléaire (AVN) a été initiée.

Enfin, des négociations ont été menées avec les organismes bulgare, slovène et roumain en vue de leur entrée dans le programme Phébus PF.

Dans le domaine de la radioprotection, un accord de coopération a été signé en décembre 2002 entre l'IRSN et le CPHR cubain (Centro de protección e higiene de las radiaciones). Les premiers sujets de coopération concernent l'impact sanitaire de l'accident de Tchernobyl, l'évaluation de l'impact environnemental de la radioactivité, le traitement des personnes surexposées accidentellement et la mesure de la radioactivité à de faibles niveaux.

L'année 2002 a également vu le renforcement des collaborations entre l'IRSN et la Russie (Institut de biophysique de Moscou et Medical Radiological Center d'Obninsk). Une nouvelle coopération a été lancée en 2002 avec l'institut IBRAE dans le domaine de la radioécologie (projet CITRAME).

## Participer à l'élaboration de guides, recommandations ou normes de radioprotection, sûreté et sécurité nucléaires

Cette activité repose sur l'expertise de l'IRSN et vise à l'élaboration de documents destinés pour la plupart à guider les acteurs du nucléaire dans leurs pratiques.

Dans ce domaine, l'IRSN participe aux travaux de groupes consultatifs, de comités et de groupes de travail de l'AIEA, de l'AEN, de l'UNSCEAR, de la CIPR et de la Commission européenne...

### Contribuer au renforcement de la radio-protection, de la sûreté et de la sécurité nucléaires à l'étranger

La sûreté des installations nucléaires dans certains pays étrangers est un sujet majeur de la coopération internationale de l'IRSN en matière d'expertise. L'objectif est de contribuer, par des collaborations concrètes, au renforcement des compétences dans les pays concernés.

Dans ce cadre, les pays d'Europe de l'Est font l'objet de nombreuses collaborations, dont la plupart sont menées en association étroite avec la GRS allemande. Elles se traduisent notamment par la réalisation d'évaluations, la mise en place ou le développement de cadres réglementaires, le transfert et l'initiation à l'utilisation de codes de calcul. L'IRSN a notamment pris part en 2002 au démarrage du projet de revue internationale du rapport de sûreté de la tranche 1 de la centrale russe de Koursk. Il a participé à la mise en œuvre des projets liés à la mise à l'arrêt définitif de la centrale nucléaire de Tchernobyl, des réacteurs 1 et 2 de Kozloduy (Bulgarie) et du réacteur 1 d'Ignalina (Lituanie), à la réduction des risques présentés par l'actuel sarcophage, ainsi qu'à l'amélioration du parc nucléaire ukrainien, de la centrale arménienne de Metzamor et du réacteur 2 d'Ignalina.

En Ukraine, l'accord bilatéral signé avec l'organisme technique de sûreté ukrainien (State Scientific and Technical Center) a conduit en 2002 au lancement de travaux communs sur la gestion des déchets, la formation, les études de sûreté. L'objectif est de comparer les pratiques et réglementations dans les deux pays, la France et l'Ukraine.

Parmi les faits marquants de l'année 2002, le lancement en juin, lors du sommet du G8 à Kananaskis (Canada), du « Partenariat mondial du G8 contre la prolifération des armes de destruction massive et des matières connexes » a conduit les pouvoirs publics à solliciter l'IRSN dans les domaines de la sécurisation des matières nucléaires et des sources radioactives dans la Fédération de Russie.

En Géorgie, à la suite de l'accident survenu en décembre 2001 à Lia où 3 habitants ont été gravement exposés à des sources radioactives, l'IRSN a effectué des expertises complémentaires sur un des patients en 2002 : reconstitution dosimétrique et cartographie de la zone reçue au niveau de la zone cutanée à greffer. Ces expertises ont été réalisées en soutien à la gestion médicale de la victime traitée à l'hôpital des armées de Percy.

Il est à noter qu'aujourd'hui, les relations entre l'IRSN et les partenaires (organismes techniques de sûreté et de radioprotection, organisme de recherche...) de l'Europe de l'Est évoluent vers des collaborations plus équilibrées. L'IRSN encourage ces changements ainsi que la mutualisation des compétences de ces pays. Ainsi, l'Institut a soutenu la création, en septembre 2002, du CENS (Centre d'expertise en sûreté nucléaire). Ce réseau regroupant les organismes de sûreté d'Europe centrale et orientale vise à renforcer les capacités d'expertise dans cette zone géographique.

Au-delà de l'Europe, le renforcement de la coopération avec la Chine a donné lieu en 2002 à l'adaptation aux besoins chinois du système SESAME de gestion de crise pour les centrales de Daya Bay et Ling Ao, de conception française, ainsi qu'à de nombreux échanges dans les domaines de la protection et de la lutte contre l'incendie, de la sûreté des réacteurs expérimentaux...

Avec l'Inde, l'accord de coopération entre l'IRSN et le BARC (Bhabha Atomic Research Center) a été élargi pour couvrir la radioprotection. De plus, des échanges ont concerné l'application de codes de calcul d'accident pour des études de sûreté relatives aux réacteurs de puissance indiens.



*Délégation indienne à l'IRSN.*



# > Une coopération franco-allemande étroite

La collaboration entre l'IRSN et la GRS (Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit) a pris forme en 1989 avec la signature d'un premier accord de partenariat, renforcé en 1998 avec la création d'un directoire regroupant les directions des deux instituts. Les nombreuses actions conjointes, menées depuis plus de 10 ans, ont contribué à jeter les bases d'une approche européenne des questions de sûreté nucléaire.

## Les principales actions menées en 2002

- la mise en œuvre de l'IFA (Initiative franco-allemande pour Tchernobyl), programme destiné à rassembler, sous forme de bases de données, les informations techniques disponibles sur les conséquences de l'accident de Tchernobyl, en Ukraine, en Biélorussie et en Russie, selon trois axes : la sûreté du sarcophage, les transferts de radioéléments dans l'environnement et la santé des populations. Ces bases de données seront à la disposition des pouvoirs publics, des scientifiques et du public.

L'année 2002 a vu l'évaluation de la base de données sur la sûreté du sarcophage dans la perspective de son intégration à la base de données internationale financée par la BERD (projet SIP) dans le cadre de la construction du nouveau sarcophage. En parallèle, le programme radioécologie s'est achevé par l'introduction des données radioécologiques dans la base de données commune REDAC (Radioecological Database after Tchernobyl). En outre, l'axe « santé » se poursuit avec le suivi des effets à long terme de l'accident sur les populations. Enfin, un site Internet présentant les résultats généraux obtenus dans les trois domaines est en cours de constitution ;

- la coopération pour l'amélioration de la sûreté des centrales nucléaires d'Europe de l'Est réalisée au travers de Riskaudit filiale IRSN/GRS, et en collaboration avec les autres organismes techniques de sûreté européens, dans le cadre des programmes européens PHARE et TACIS et des projets de la BERD ;

- la poursuite de l'élaboration en commun du code de calcul ASTEC modélisant les accidents de fusion du cœur ;

- la poursuite de la coopération concernant l'expertise du projet de réacteur à eau sous pression EPR ;

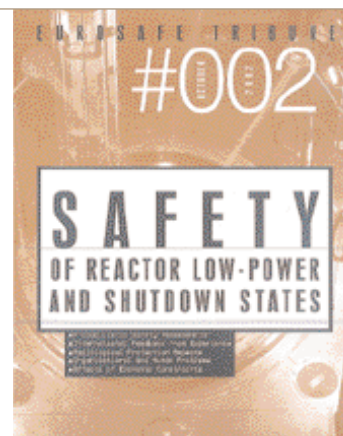
- le développement de l'approche EUROSAFE, destinée à favoriser à terme la création d'un pôle européen d'expertise en sûreté nucléaire : en 2002, le quatrième forum EUROSAFE, forum international annuel scientifique et technique, a rassemblé à Berlin (Allemagne) près de 500 participants. 50 présentations scientifiques et techniques ont été faites durant cette manifestation. L'année 2002 a également vu le lancement de *La Tribune Eurosafe*, magazine diffusé à l'ensemble des invités du forum. Enfin, un site Internet en français, allemand et anglais ([www.eurosafe-forum.org](http://www.eurosafe-forum.org)), permet d'informer les participants sur les réflexions et travaux menés par des organismes de sûreté et de radioprotection. La mise en œuvre de l'approche EUROSAFE est conduite par un comité des programmes qui regroupe 6 organismes de sûreté et de radioprotection européens : AVN (Belgique), CSN (Espagne), GRS (Allemagne), HSE (Royaume-Uni), IRSN (France), SKI (Suède). En 2002, l'approche EUROSAFE a reçu le soutien financier de la Commission européenne, ce qui a contribué à renforcer sa dimension européenne.

Parallèlement, l'année 2002 a vu le renforcement de la concertation AVN/GRS/IRSN. Une première réunion tripartite a eu lieu en décembre à Bruxelles (Belgique) pour un renforcement de la coopération sur l'organisation, les méthodes d'évaluation de sûreté et le réexamen de sûreté. Elle a notamment porté sur l'évaluation des organisations, la qualité des expertises selon la nouvelle norme AFNOR et le réexamen de sûreté.



Le Forum EUROSAFE organisé en 2002 à Berlin a rassemblé plus de 500 participants.

Le magazine *La Tribune Eurosafe* a été lancé en 2001 par l'IRSN et la GRS, son partenaire allemand.





# IRSN

## Contribuer à l'information et à la formation

La communication et l'information font partie des missions de l'Institut. Pour exercer ces missions, une direction de la communication a été créée en 2002. Elle a pour objectif de positionner l'Institut comme organisme d'expertise et de recherche dans le domaine de la prévention et de la gestion du risque nucléaire et radiologique.

### > Une communication fondée sur la transparence et la pédagogie

#### Une mission d'information

L'Institut contribue à l'information sur le risque et la prévention des risques nucléaires et radiologiques. Ce faisant, il contribue au développement d'une culture sur le risque en France. L'IRSN prend part aux débats de la société civile portant sur ces questions, tout en étant à l'écoute des attentes des publics en matière d'information.

#### Les actions 2002 vers des publics spécifiques

##### « Le nucléaire sous haute surveillance » à la rencontre du public.

Depuis plus de 15 ans, l'exposition itinérante « Le nucléaire sous haute surveillance » est présentée au grand public et plus particulièrement aux scolaires. Elle a pour objectif d'informer sur les risques liés à l'énergie nucléaire et sur les moyens mis en œuvre pour les maîtriser. Elle est organisée par l'IRSN et la DGSNR, en partenariat avec les collectivités locales. En 2002, elle a été présentée à Blois, Bordeaux et Dijon et elle a accueilli plus de 10 000 visiteurs.

Par ailleurs, la collection des livrets de l'IRSN s'est étoffée en 2002 avec une publication sur les déchets radioactifs.

##### Vers les élus

Avec l'organisation en janvier 2002 d'une troisième journée d'information sur les risques liés au radon, l'IRSN et le ministère de la Santé ont poursuivi leur effort d'information en direction des responsables locaux.

La participation au Salon des maires de France a été également l'occasion de sensibiliser les 36 000 maires à ces risques, notamment par la diffusion d'une lettre-bilan, *Le radon en questions*.

**Rencontres annuelles avec les professionnels** de la santé, de l'environnement et de la sûreté

La présence dans des salons professionnels comme le Medec (mars 2002) et Pollutec (novembre 2002) sont autant d'occasions pour l'Institut d'échanger avec les professionnels et de les informer.

De même, l'organisation d'EUROSAFE, forum européen qui s'adresse aux professionnels de la sûreté, est un partenariat exemplaire entre l'IRSN et la GRS. Sa mise en œuvre est conduite par un comité des programmes qui regroupe 6 organismes de sûreté et de radioprotection européens. Il permet de promouvoir la convergence européenne des pratiques de sûreté.

**Pour la communauté scientifique**, plusieurs supports scientifiques ont été élaborés en 2002 :

- le premier rapport scientifique et technique de l'IRSN, diffusé à 3 500 exemplaires en France et à l'étranger ;
- le site Internet dédié aux publications scientifiques de l'Institut ;



Stand de l'IRSN au Salon des Maires.

- un nouveau document dans la collection scientifique : « Dose collective – Indications et contre-indications » et sa traduction en anglais « Collective dose – Indications and Contraindications ».

**Les relations avec les médias** s'attachent à apporter des informations, soit liées à l'actualité, soit sur des sujets de fond. En 2002, outre l'accompagnement des programmes et actions de l'Institut, cette activité a notamment concerné la création de l'IRSN, Tchernobyl 16 ans après...

### En interne, accompagner la création de l'IRSN

En 2002, la communication interne a notamment lancé une réflexion sur les valeurs du nouvel Institut dans le cadre de groupes de travail, l'objectif étant d'aboutir à une vision partagée des valeurs de l'IRSN. Une enquête a été menée sur les attentes du personnel, à partir d'un panel représentatif.

### INTERNET : UNE INFORMATION EN TEMPS RÉEL

Le site Internet de l'IRSN ([www.irsn.org](http://www.irsn.org)) a été mis en ligne au début 2002. Tout d'abord site institutionnel présentant le nouvel Institut, il a progressivement intégré les contenus des sites IPSN et OPRI, étoffés par de nouvelles rubriques, puis par une nouvelle page d'accueil plus ergonomique.

Un nouveau site dédié à la recherche et aux publications scientifiques de l'IRSN a vu le jour en 2002. Il rassemble les références des articles, conférences, thèses, publiés par l'Institut depuis 3 ans, ainsi que les thèses en cours ou à venir, les équipes et les sujets de recherche.

En 2002, le site de l'IRSN a reçu 165 700 visites par 44 500 visiteurs différents, dont près de 9 000 pour le seul site scientifique.

## > Formation

**P**articiper à l'effort d'enseignement et de formation par la recherche est important pour confirmer la mission de l'IRSN dans le domaine du développement des connaissances. C'est aussi une occasion de développer l'ouverture, tant au monde scientifique qu'universitaire. C'est enfin un moyen efficace d'attirer à l'Institut de jeunes chercheurs et des post-doctorants qui constituent un vivier d'embauches.

### Contribuer à l'enseignement

En matière d'enseignement, outre des contributions ponctuelles des agents de l'Institut, l'IRSN participe activement à des formations d'écoles d'ingénieurs et d'universités :

- Génie atomique (INSTN, Saclay, Essonne).
- DESS de radioprotection (université Joseph-Fourier, Grenoble).
- Option énergie nucléaire de l'École nationale supérieure d'ingénieurs (ENSI) à Bourges (Cher).
- Option nucléaire et technologies associées de l'École des mines de Nantes (Loire-Atlantique).
- DESS Sciences des aérosols, génie de l'aérocontamination (université Paris-XII, Val-de-Marne).

Dans certains cas, des accords de collaboration sont signés qui prévoient des programmes de recherche et l'accueil de stagiaires. En 2002, des accords ont été signés avec l'université Joseph-Fourier, l'ENSI de Bourges, l'université de Caen (Basse-Normandie), l'université de Paris-XII (Val-de-Marne) et l'université de La Rochelle.

### Participer à la formation par la recherche

Chaque année, l'Institut accueille dans ses laboratoires, des doctorants et des post-doctorants. L'année 2002 est la première année de gestion autonome des thèses et des post-doctorants, à la suite de la création de l'IRSN. Les propositions de thèses et de stages post-doctoraux sont soumises à une procédure d'expertise des sujets, qui prévoit une évaluation de ceux-ci par deux experts extérieurs à l'Institut. Une telle procédure permet de vérifier la pertinence des sujets tout en favorisant les échanges entre les chercheurs de l'Institut et des experts extérieurs, professeurs des universités et des écoles.

En 2002, 11 thèses ont été soutenues et 22 thèses ont débuté (dont 64 % cofinancées par des entreprises, des collectivités locales ou des allocations de recherche...). Au 31 décembre 2002, 13 stages post-doctoraux étaient en cours, dont plusieurs concernaient des étudiants étrangers (Amérique du Nord, Amérique du Sud, Asie, Europe de l'Est, Afrique du Nord).

L'un des objectifs de la formation par la recherche est de faciliter l'insertion professionnelle en favorisant l'adéquation entre la thèse et le projet professionnel. Sur les trois dernières années, 56 % des thésards et 80 % des post-doctorants ont trouvé un poste en contrat à durée indéterminée. En 2002 a été créée, au sein de l'Institut, une antenne de l'association Bernard-Grégory qui contribue à l'insertion professionnelle des chercheurs, notamment par leur mise en relation avec des industriels.

De même, l'organisation des journées « Formation par la recherche » permet de rassembler près de 200 personnes et permet aux doctorants de présenter l'avancement de leurs travaux dans les conditions d'un congrès.

Enfin, dans le site Internet scientifique de l'IRSN ouvert en 2002, la rubrique des thèses est l'une des plus consultées. L'utilisation d'Internet pour présenter notamment les thèses soutenues, celles en cours et les propositions de sujets reçoit un bon accueil parmi les candidats.

# Poursuivre des objectifs de qualité

Les partenaires de l'Institut attendent de l'IRSN d'être un organisme reconnu dans le domaine de l'évaluation des risques liés au nucléaire et à la radioactivité, et de faire la démonstration de ses capacités techniques et organisationnelles à assurer la qualité de ses activités.

Dans cette optique, le projet SEQUOIA a été engagé dès 2000 : il s'agit d'un projet transversal et ambitieux dont la première grande étape est la certification des activités d'expertise prévue en 2004.

De même, l'Institut poursuit l'obtention d'accréditations pour les activités d'essais et d'étalonnage. C'est une garantie de l'impartialité et de l'efficacité de ses méthodes et techniques.

## SEQUOIA, un projet fédérateur

L'objectif du projet est d'obtenir une meilleure maîtrise de l'ensemble des activités de l'IRSN et de leurs interactions : réalisation de « produits » (expertises, recherches, études...), management et support (achat, vente, gestion des ressources humaines, documentation...).

Après une phase de diagnostic qui a confirmé l'opportunité et la nécessité d'un tel projet, la phase suivante a permis de définir les spécifications du futur Système de management de la qualité, son domaine d'application, l'identification des grands processus, l'organisation de la qualité ainsi que la méthode à utiliser pour la refonte du système qualité. Dès cette étape, les actions ont été conduites de façon à couvrir l'ensemble des activités techniques de l'IPSN et de l'OPRI, dès la création de l'IRSN.

La refonte proprement dite a démarré en 2002. Fondée sur une démarche participative, elle s'appuie sur des groupes thématiques, dédiés chacun à l'étude d'un processus et constitués de personnels concernés par ce processus. La coordination du projet et les groupes thématiques bénéficient de l'assistance d'un prestataire extérieur qui apporte notamment son expérience sur de tels projets.

En 2002, les travaux ont porté principalement sur les domaines du management, des supports et de l'expertise.

En matière de « management », l'effort a été particulièrement mis sur l'organisation générale de la qualité dans l'Institut, la surveillance et l'amélioration du système qualité et la maîtrise des documents du système qualité.

Dans le domaine du « support », le développement des compétences et le recrutement, les achats, les ventes, les contrats européens de recherche, la documentation (notamment la publication de thèses) ont été étudiés.

Des documents ont ainsi été élaborés. Certains sont d'ores et déjà en application ; d'autres sont en cours de mise au point ou de validation.

Les actions de communication et de formation indispensables à la réussite de la démarche entreprise ont été recensées et organisées dans un plan d'accompagnement afin d'aider le personnel à s'approprier le projet.

## ACCREDITATIONS (NORME ISO 17025)

Laboratoire d'études et de recherches en dosimétrie externe (Cadarache, Bouches-du-Rhône).	Étalonnage d'instruments utilisés en dosimétrie des neutrons.
Laboratoire d'études et de recherches en dosimétrie externe (Fontenay-aux-Roses, Hauts-de-Seine).	Étalonnage d'instruments utilisés en dosimétrie des photons.
Laboratoire de mesure de la radioactivité de l'environnement (Orsay, Essonne).	Analyse des radionucléides présents dans tous les types d'échantillons de l'environnement.
Laboratoire de physique et de métrologie des aérosols et du confinement (Saclay, Essonne).	Essais physiques des appareils mesurant la contamination de l'air par des gaz radioactifs.
Laboratoire d'étude des transferts de contamination, épuration, ventilation (Saclay).	Essais physiques des équipements ventilés de protection individuelle contre la contamination radioactive.
Service de surveillance de l'environnement et de l'intervention (Le Vésinet, Yvelines).	Analyse des radionucléides présents dans tous les types d'échantillons de l'environnement.

### Une politique en faveur de l'accréditation

L'IRSN a défini en 2002 une politique claire en faveur de l'accréditation de ses activités d'essais et d'étalonnage notamment lorsque :

- les résultats doivent répondre à des exigences réglementaires ou contractuelles ;
- les résultats doivent constituer une référence incontestable ;
- les résultats sont utilisés pour réaliser des expertises.

Des projets d'accréditations ont ainsi été engagés dans les domaines liés au radon, à la mesure du radium dans l'eau et à la dosimétrie biologique.

### La certification à l'IRSN

Dans le cadre du projet SEQUOIA, l'IRSN a pour objectif d'obtenir la certification de l'ensemble de ses activités. Des démarches de certification ou de renouvellement de certification ont été menées par des unités intervenant dans des domaines spécifiques, ou pour répondre à des exigences de donneurs d'ordre.

C'est le cas pour le CTHIR (Centre technique d'homologation d'instrumentation de radioprotection) qui a obtenu une certification en 2002 et pour l'OAR (Office d'assistance en radioprotection) qui a engagé les actions nécessaires au renouvellement de la certification obtenue en 1999.

### Un nouveau référentiel d'accréditation en 2002

L'année 2002 a été marquée pour les laboratoires par le changement de référentiel, créé par la publication de la nouvelle norme ISO 17025. La mise en conformité à ce nouveau référentiel a impliqué des changements conséquents, tant sur le plan organisationnel que sur le plan technique. Cet objectif a été tenu pour toutes les unités qui ont obtenu le renouvellement de leur accréditation. Actuellement, 6 unités ont une accréditation par le COFRAC (voir encadré).



#### CERTIFICATIONS (NORME ISO 9001 VERSION 2000)

Centre technique d'homologation d'instrumentation de radioprotection (Saclay).

Évaluation de l'instrumentation de radioprotection pour les industries nucléaire et médicale et celles utilisant des rayonnements ionisants.

Office d'assistance en radioprotection (Fontenay-aux-Roses).

- Recette et contrôle des filtres à très haute efficacité et des pièges à iode des installations nucléaires.
- Recette d'échantillons absorbants des systèmes d'épuration des effluents gazeux radioactifs
- Mesure du radon dans l'environnement et dans les bâtiments.



*Laboratoire de spectrométrie gamma (à gauche) et laboratoire de synthèse du benzène (à droite) : deux activités accréditées à l'IRSN.*





# Ressources humaines et relations sociales : accompagner l'installation et le développement de l'IRSN

**D**ès sa création en février 2002, l'IRSN a exercé des responsabilités d'employeur auparavant exercées par le CEA et par l'OPRI. Cela a structuré les activités de l'année 2002 autour de trois sujets :

- les actes d'administration nécessaires à l'exercice de la responsabilité d'employeur et la gestion individuelle des salariés ;
- les instances de représentation du personnel ;
- les procédures et les outils de gestion.

En toile de fond, un enjeu majeur est de proposer un cadre attractif pour que les salariés qui participent au développement du nouvel Institut trouvent les raisons d'y poursuivre leur carrière, y compris ceux qui sont mis à disposition par le CEA et ceux qui ont le statut de fonctionnaire.

Au moment de la création de l'IRSN, plus de la moitié des salariés qui contribuent aux activités de l'IRSN avaient le CEA pour employeur (800 personnes) et 200 étaient salariés de l'ex-OPRI ou fonctionnaires. Conformément aux dispositions du décret du 22 février 2002, les salariés CEA mis à disposition bénéficient d'une période de trois ans à compter de l'entrée en vigueur du décret pendant laquelle ils peuvent exprimer le souhait de poursuivre leur carrière au CEA ou celui de choisir le statut IRSN.

## Intégration du personnel de l'OPRI

Parmi les actions directement liées à la création de l'IRSN, l'intégration du personnel de l'OPRI a nécessité un travail d'explication qui s'est traduit par des réunions d'information et des entretiens individuels. Il s'agissait de proposer aux agents de l'OPRI, établissement public à caractère administratif, un contrat de droit privé correspondant au statut du nouvel Institut. Au 31 décembre 2002, sur les 197 salariés de l'OPRI, 165 ont opté pour un contrat IRSN.

## Des instances de représentation pour assurer le dialogue social et négocier l'accord d'entreprise

L'accord d'entreprise est, conformément aux dispositions du décret du 22 février 2002, négocié à partir des dispositions issues de la convention de travail du CEA, adaptées au contexte, à la taille et aux activités de l'Institut.

Ce projet mobilise, tant la Direction générale, qui considère ce dossier comme un élément central de la gestion des ressources humaines de l'entreprise, que la Direction des ressources humaines, qui apporte son expertise et son soutien logistique aux nombreuses réunions tenues à ce sujet. Ces travaux ont notamment été l'occasion de proposer et de négocier des évolutions de l'architecture et de l'économie générale de la grille des augmentations de salaires et de promotion des salariés non-cadres.

La fin de l'année a été consacrée à la préparation des élections des représentants du personnel aux différentes instances légales et conventionnelles qui seront au cœur de la qualité du dialogue et des échanges entre les salariés et la Direction.

Pour offrir aux salariés des possibilités d'évolution de carrière au-delà du périmètre des activités de l'IRSN, les conditions de mobilité entre le CEA et l'IRSN ont été discutées et ont débouché sur un projet de convention entre les deux organismes, transmis aux ministères de tutelle et au ministère du Budget, comme prévu par le décret du 22 février 2002. La convention est destinée à favoriser les échanges de compétences pour un enrichissement mutuel et une ouverture des perspectives de carrière pour les salariés des deux organismes. Le même type d'accord sera développé avec d'autres organismes, dont les activités sont connexes à celles de l'IRSN. Au 31 décembre 2002, 43 salariés de l'IRSN étaient mis à disposition dans d'autres organismes, dont la DGSNR.

## L'élaboration et la maîtrise des procédures et des outils de gestion

Dans le domaine de la paie, le progiciel dont s'est doté l'Institut a été paramétré pour tenir compte de la variété des statuts du personnel ; il est opérationnel depuis la fin février 2002.

Plus de 17 statuts différents sont gérés par le service responsable de cette activité.

Ce paramétrage et sa mise en production ont été et restent une activité prenante à laquelle sont dédiées des ressources importantes. À la Direction des ressources humaines, chacun des opérateurs et des responsables a le souci permanent de répondre à l'attente légitime de



*Chaque année, l'IRSN accueille des doctorants et des post-doctorants. Près de 50 % des post-doctorants ont été embauchés par l'IRSN au cours des dernières années.*



chaque salarié de disposer de bulletins de paie dans les délais impartis.

L'outil informatique a fait l'objet d'améliorations pour que les opérations de règlement des frais de mission soient également effectuées dans les meilleurs délais et en application des dispositions réglementaires en vigueur.

### **Permanence et qualité des activités d'administration du personnel et exercice de la responsabilité d'employeur**

Outre les projets liés à la mise en place du nouvel Institut, la Direction des ressources humaines a exercé ses missions de base pour permettre aux laboratoires et aux unités de support de disposer des moyens nécessaires à l'atteinte des objectifs opérationnels qui leur sont fixés. Ainsi, elle a contribué à la réalisation de 150 recrutements, à la constitution et au suivi de 266 dossiers de personnels intérimaires venus en appui des équipes, à la conduite d'opérations d'intégration telles que le stage d'accueil des nouveaux arrivants. La gestion des déplacements professionnels a été assurée pour la France et l'étranger (plus de 8 700 missions traitées et soldées en 2002).

Dans le domaine de la formation, l'activité a représenté en 2002 un budget de 1,4 M euros, soit 6 000 heures de formation réparties en trois thèmes : scientifiques et techniques (70 %), langues, activités de bureautique.

En 2002, l'IRSN a accueilli 120 stagiaires dont 70 % inscrits à un 3<sup>e</sup> cycle universitaire ou en fin de cycle d'école d'ingénieurs. Par ailleurs, une vingtaine de collaborateurs étrangers ont été reçus pour un séjour d'une moyenne de six mois. Ils sont en majorité originaires d'organismes partenaires de l'Institut et suivent une formation dans le cadre des accords internationaux de l'IRSN.

Parmi les obligations qui incombent à l'employeur, les relations avec l'ensemble des organismes sociaux et des administrations qui interviennent dans la réglementation et le contrôle des ÉPIC (Établissements publics à caractère industriel et commercial) ont été établies. La production d'informations à caractère légal et réglementaire a été mise au point et fait maintenant l'objet d'une présentation régulière.

### **CHIFFRES ET DATES CLÉS (AU 31 DÉCEMBRE 2002)**

1 437 postes.

66 % de cadres : ingénieurs et administratifs.

34 % de non-cadres : techniciens, personnels de support administratif et logistique.

42 % de salariés IRSN (602 personnes).

58 % des personnels sont mis à disposition de l'IRSN par le CEA (835 personnes).

700 bulletins de paie IRSN.

6 000 heures de formation en 2002.

8 700 missions traitées.

120 dossiers de stagiaires.

Les délégués du personnel et les représentants du personnel au comité d'entreprise ont été élus les 23 janvier 2003 (premier tour) et 6 février 2003 (second tour).



*Des réunions relatives à l'organisation de l'IRSN se sont tenues tout au long de l'année 2002.*

# Le budget 2002 de l'IRSN

La création de l'IRSN au cours de l'année 2002, ainsi que les modifications importantes de son statut fiscal ont nécessité la mise en place d'outils nouveaux et d'une organisation adaptée à la gestion d'un Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) doté d'un agent comptable.

Les deux conséquences immédiates de cette situation dans la présentation de l'exécution budgétaire sont :

- des éléments prévisionnels établis sur 12 mois mais une réalisation établie sur seulement 10 mois ;
- une présentation des documents dans le format de la norme comptable M9-5.

Les recettes totales de l'Institut ont été d'un montant de 214,5 M€ dont 83 % en provenance du ministère de l'Écologie et du Développement durable. Le solde, soit 17 %, provient des prestations effectuées pour des tiers ou de programmes cofinancés notamment avec EDF et COGÉMA.

Les dépenses en frais de fonctionnement se sont élevées à la somme de 200,4 M€, dont seulement 25 120 486,08 € en charges de personnel. Cette faiblesse tient au fait que la majorité des collaborateurs en provenance de l'IPSN sont encore salariés du CEA, qui facture cette prestation.

Les transferts des actifs de l'OPRI et de l'IPSN n'étant pas encore complètement réglés, les écritures comptables ne figurent donc pas dans le bilan de l'IRSN. Pour cette même raison, aucune dotation aux amortissements n'a été faite durant l'exercice 2002.

La balance entre recettes et dépenses donne un résultat d'exploitation bénéficiaire d'un montant de 14,1 M€, qui autofinance en quasi-totalité les investissements de l'exercice qui représentent 14,7 M€.

Le solde global de l'exécution budgétaire de ce premier exercice de l'IRSN se concrétise donc par un prélèvement sur le fonds de roulement d'un montant de 0,7 M€.



## 1 – TABLEAU SYNTHÉTIQUE DE RAPPROCHEMENT DES PRÉVISIONS ET DES EXÉCUTIONS

### A – Compte de résultat (en millions d'euros)

	Dépenses		Recettes		
	P	E	P	E	
Compte de résultat					
Charges de personnel	106,0	25,1	38,5	34,6	Ventes de prestations de services,
			241,8	178,5	Subventions publiques
Autres charges d'exploitation	154,7	175,3	0,1	1,4	Autres produits d'exploitation
Total des charges	260,7	200,4	280,4	214,5	Total des produits
Résultat (bénéfice)	19,8	14,1	—	—	Résultat (perte)
<b>Total équilibre du compte de résultat</b>	<b>280,4</b>	<b>214,5</b>	<b>280,4</b>	<b>214,5</b>	<b>Total équilibre du compte de résultat</b>

P = Prévisions 12 mois – E = Exécutions 10 mois.

### B – Capacité d'autofinancement (en millions d'euros)

	Capacité		Insuffisance		
	P	E	P	E	
Résultat (bénéfice)	19,8	14,0			Résultat (perte)
+ Valeur comptable des éléments d'actifs cédés					– Produits des cessions d'éléments d'actifs
+ Dotations aux amortissements et aux provisions	0,0	0,0			– Produits issus de la neutralisation des amortissements
					– Quote-part des subventions virées au résultat
					– Reprises sur amortissements et provisions
Sous-total	19,8	14,0			Sous-total
<b>Capacité d'autofinancement</b>	<b>19,8</b>	<b>14,0</b>			<b>Insuffisance d'autofinancement</b>

P = Prévisions 12 mois – E = Exécutions 10 mois.

### C – Tableau de financement abrégé (en millions d'euros)

	Dépenses		Recettes		
	P	E	P	E	
Insuffisance d'autofinancement			19,8	14	Capacité d'autofinancement
Acquisitions d'immobilisations corporelles et incorporelles	19,8	14,7			Subventions publiques d'investissement
Immobilisations financières					Autres ressources (hors opérations internes)
<b>Total des emplois</b>	<b>19,8</b>	<b>14,7</b>	<b>19,8</b>	<b>14</b>	<b>Total des ressources</b>
Apport du fonds de roulement				0,7	Prélèvement sur le fonds de roulement
<b>Total équilibre du tableau</b>	<b>19,8</b>	<b>14,7</b>	<b>19,8</b>	<b>14,8</b>	<b>Total équilibre du tableau</b>

P = Prévisions 12 mois – E = Exécutions 10 mois.



## 2 – COMPTE DE RESULTAT

### A – Produits (en millions d'euros)

Produits (hors taxes)	Exercice 2002 (10 mois)
<b>Produits d'exploitation</b>	<b>213,5</b>
Ventes de marchandises	
Production vendue	
• Travaux	
• Prestations de services, études et activités annexes	34,7
Montant net du chiffre d'affaires	34,7
Production stockée	
• En-cours de production de biens	
• En-cours de production de services	
• Produits	
Production immobilisée	
Subventions d'exploitation	178,6
Reprises sur amortissements et provisions	
Transferts de charges	0,1
Autres produits	0,1
<b>Produits financiers</b>	<b>1</b>
De participation	
D'autres valeurs mobilières et créances de l'actif immobilisé	
Autres intérêts et produits assimilés	
Reprises sur provisions et transferts de charges financières	
Différences positives de change	
Produits nets sur cessions de valeurs mobilières de placement	1
<b>Produits exceptionnels</b>	<b>0</b>
Sur opérations de gestion	
Sur opérations en capital	
• Produits des cessions d'éléments d'actifs	
• Subventions d'investissement virées au compte de résultat de l'exercice	
• Autres	
Neutralisation des amortissements	
Reprises sur provisions et transferts de charges exceptionnelles	
<b>Total produits</b>	<b>214,7</b>
<b>Solde débiteur = perte</b>	
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>	<b>214,5</b>

## B – Charges (en millions d'euros)

Charges (hors taxes)	Exercice 2002 (10 mois)
<b>Charges d'exploitation</b>	<b>200,5</b>
Coût d'achat des marchandises vendues dans l'exercice	
• Achats de marchandises	
• Variation des stocks de marchandises	
Consommations de l'exercice en provenance de tiers	
• Achats stockés d'approvisionnements	
– matières premières	
– travaux	
– autres (études, prestations)	
• Variation des stocks d'approvisionnements	
• Achats de sous-traitances	29,1
• Achats non stockés de matières et fournitures	19
• Services extérieurs	123,8
Impôts, taxes et versements assimilés	
– sur rémunérations	0,6
– autres	2,9
Charges de personnel	
– salaires et traitements	17,7
– charges sociales	7,4
Dotations aux amortissements et aux provisions	
– sur immobilisations : dotations aux amortissements	
– sur immobilisations : dotations aux provisions	
– sur actif circulant : dotations aux provisions	
– pour risques et charges : dotations aux provisions	
Autres charges	
<b>Charges financières</b>	<b>0</b>
Dotations aux amortissements et aux provisions	
Intérêts et charges assimilées	
Différences négatives de change	
Charges nettes sur cessions de valeurs mobilières de placement	
<b>Charges exceptionnelles</b>	<b>0</b>
Sur opérations de gestion	
Sur opérations en capital	
• Valeurs comptables des éléments immobilisés et financiers cédés	
• Autres	
Dotations aux amortissements et aux provisions	
• Dotations aux provisions réglementées	
• Dotations aux amortissements et aux autres provisions	
<b>Total charges</b>	<b>200,5</b>
<b>Solde créditeur = bénéfice</b>	<b>14</b>
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>	<b>214,5</b>

### 3 – BILAN

#### A – Actif (en millions d'euros)

ACTIF		Exercice 2002 (10 mois)	
	Brut	Amortissements et provisions (à déduire)	Net
<b>Actif immobilisé</b>			
<b>Immobilisations incorporelles</b>			
Frais d'établissement			
Frais de recherche et de développement			
Concessions, brevets, licences, marques, procédés, logiciels, droits et valeurs similaires	1,3		1,3
Fonds commercial			
Autres			
<b>Immobilisations incorporelles en cours</b>	<b>0,1</b>		<b>0,1</b>
<b>Avances et acomptes</b>			
<b>Immobilisations corporelles</b>			
Terrains			
Constructions	0,8		0,8
Installations techniques, matériel et outillage	4,8		4,8
Autres	3,1		3,1
<b>Immobilisations corporelles en cours</b>	<b>4,6</b>		<b>4,6</b>
<b>Avances et acomptes</b>			
<b>Immobilisations financières</b>			
Participations			
Créances rattachées à des participations			
Autres titres immobilisés			
Prêts			
Autres			
<b>Total (I)</b>	<b>14,7</b>	<b>0</b>	<b>14,7</b>
<b>Actif circulant</b>			
<b>Stocks et en-cours</b>			
Matières premières et autres approvisionnements			
En-cours de production (biens et services)			
En-cours de travaux			
Produits intermédiaires et finis			
Marchandises			
<b>Avances et acomptes versés sur commandes</b>	<b>27,6</b>		<b>27,6</b>
<b>Créances d'exploitation</b>			
Créances clients et comptes rattachés	35,7	0,1	35,6
Autres	54,9		54,9
<b>Créances diverses</b>			
Valeurs mobilières de placement	47,1		47,1
Actions			
Autres titres			
Disponibilités	0,3		0,3
<b>Comptes de régularisations</b>			
<b>Charges constatées d'avance</b>			
<b>Total (II)</b>	<b>165,6</b>	<b>0,1</b>	<b>165,5</b>
<b>Charges à répartir sur plusieurs exercices (III)</b>			
<b>Primes de remboursement des emprunts (IV)</b>			
<b>Écarts de conversion Actif (V)</b>			
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>	<b>180,3</b>	<b>0,1</b>	<b>180,2</b>

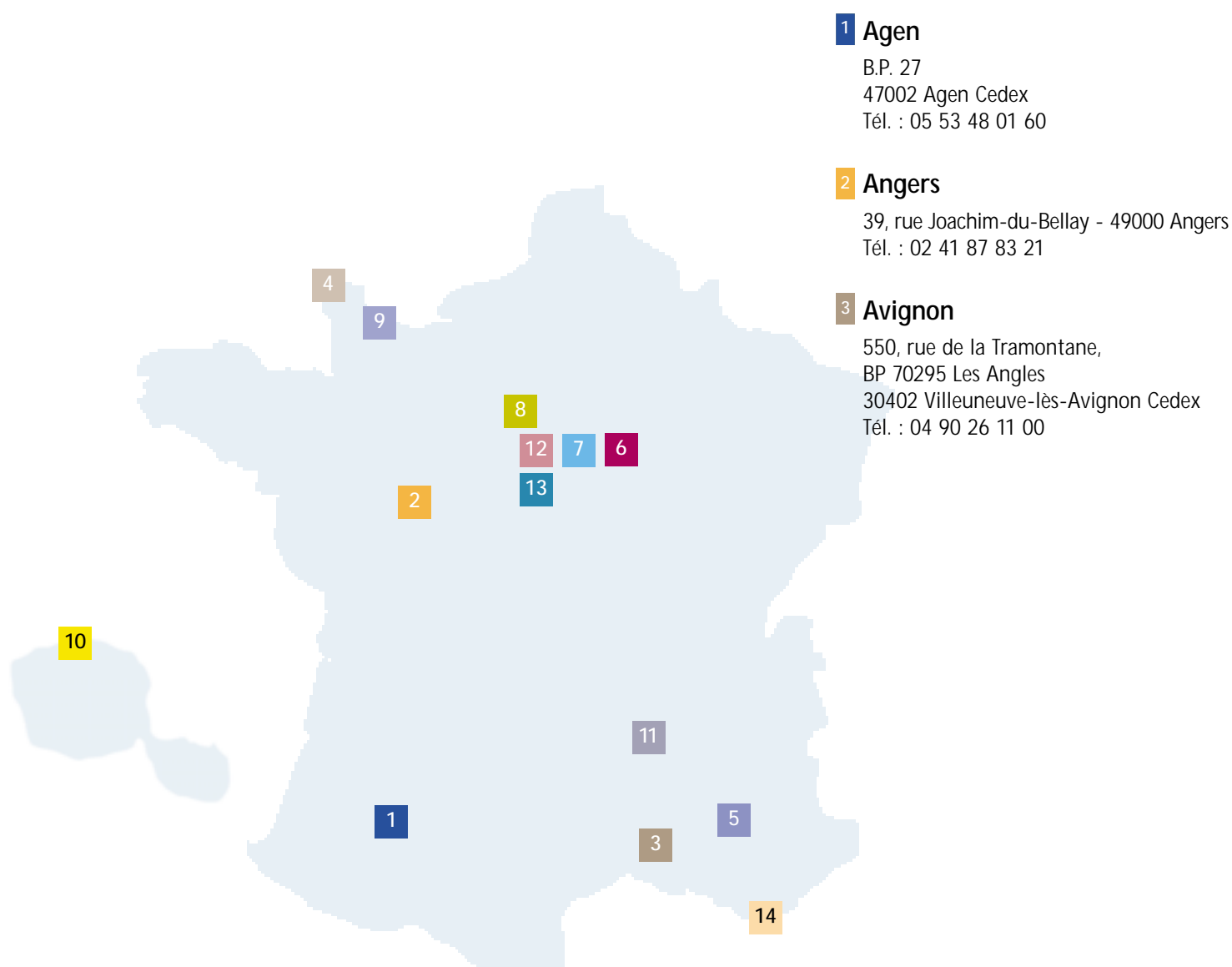
## B – Passif (en millions d'euros)

PASSIF	Exercice 2002 (10 mois)
Capitaux propres	
Dotation	
Complément de dotation. État	
Complément de dotation (organismes autres que l'État)	
Fonds propres	
Autres compléments de dotation. État	
Autres compléments de dotation. Autres organismes	
Dons et legs en capital	
Écarts de réévaluation	
Réserves	
Réserves réglementées	
Autres	
Report à nouveau	
Résultat de l'exercice (Bénéfice ou perte)	14,1
Sous-total : situation nette	14,1
Subventions d'investissement	
Provisions réglementées	
<b>Total I</b>	<b>14,1</b>
<b>Provisions pour risques et charges</b>	
Provisions pour risques	
Provisions pour charges	
<b>Total II</b>	<b>0</b>
<b>Dettes</b>	
Dettes financières	
Emprunts obligataires	
Emprunts et dettes auprès des établissements de crédit	
Emprunts et dettes financières divers	- 0,2
Avances et acomptes reçus sur commandes en cours	2,4
Dettes d'exploitation	
Dettes fournisseurs et comptes rattachés	84,3
Dettes fiscales et sociales	54,8
Autres	
Dettes diverses	
Dettes sur immobilisations et comptes rattachés	6,8
<b>Autres dettes</b>	<b>17,9</b>
Comptes de régularisations	
Produits constatés d'avance	0,1
<b>Total III</b>	<b>166,1</b>
<b>Écarts de conversion Passif (IV)</b>	
<b>TOTAL GÉNÉRAL (I+II+III+IV)</b>	<b>180,2</b>



# Les implantations

## de l'IRSN



**4 Beaumont-Hague**

Rue du vieux chemin  
B.P. 224  
50442 Beaumont-Hague Cedex  
Tél. : 02 33 01 05 61

**5 Cadarache**

B.P. 3  
13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex  
Tél. : 04 42 25 70 00

**6 Clamart**

77-83, avenue du Général-de-Gaulle  
92140 Clamart

Courrier : B.P. 17  
92262 Fontenay-aux-Roses Cedex  
Tél. : 01 58 35 88 88

**7 Fontenay-aux-roses**

B.P.17  
92262 Fontenay-aux-Roses Cedex  
Tél. : 01 58 35 88 88

**8 Le Vésinet**

31, rue de l'Écluse - B.P. 35  
78116 Le Vésinet  
Tél. : 01 30 15 52 00

**9 Octeville**

B .P. 10  
Rue Max-Pol-Fouchet  
50130 Cherbourg-Octeville  
Tél. : 02 33 01 41 00

**10 Papeete**

B.P. 519 Tahiti Papeete  
Polynésie Française  
Tél. : 00 689 481 707

**11 Pierrelatte**

B.P. 166  
26702 Pierrelatte Cedex  
Tél. : 04 75 50 40 00

**12 Saclay**

B.P. 68  
91192 Gif-sur-Yvette Cedex  
Tél. : 01 69 08 60 00

**13 Orsay**

Bois des Rames Bâtiment 501  
91400 Orsay  
Tél. : 01 69 85 58 40

**14 Toulon**

Toulon Zone Portuaire de Brégaillon  
B.P. 330  
83507 La Seyne-sur-Mer Cedex  
Tél. : 04 94 30 48 29

# Glossaire

## A

**Accident de criticité** : Déclenchement incontrôlé d'une réaction de fission en chaîne au sein d'un milieu contenant des matières fissiles telles que l'uranium 235 ou le plutonium 239.

**ADEME** : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

**AEN** : Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE.

**Aérosol** : Dispersion, en particules très fines (de l'ordre du micron), d'un liquide ou d'un solide dans un gaz (air ou oxygène).

**AFNOR** : Association française de normalisation.

**AFSSE** : Agence française de sécurité sanitaire environnementale.

**AIEA** : Agence internationale de l'énergie atomique.

**Alpha (symbole  $\alpha$ )** : Rayonnement composé de noyaux d'hélium 4, fortement ionisant mais très peu pénétrant. Une simple feuille de papier est suffisante pour arrêter sa propagation.

**AMANDE** : Accélérateur pour la métrologie et les applications neutroniques en dosimétrie externe.

**ANDRA** : Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (France).

**APRP** : Accident de perte de réfrigérant primaire.

**Assemblage combustible** : Faisceau de crayons de combustible, reliés par une structure métallique, utilisé dans les réacteurs nucléaires.

**ASTEC** : Accident Source Term Evaluation Code, système de codes de calcul développé en collaboration par l'IRSN et la GRS pour évaluer les phénomènes physiques intervenant au cours d'un accident de fusion du cœur d'un réacteur à eau sous pression.

**AVN** : Association Vinçotte nucléaire (Belgique).

## B

**BARC** : Bhabha Atomic Research Center (Inde).

**Becquerel (Bq)** : Unité de mesure, légale et internationale, utilisée pour la radioactivité. Le becquerel (Bq) correspond à une désintégration par seconde.

**BERD** : Banque européenne pour la reconstruction et le développement.

**Bêta (symbole  $\beta$ )** : Rayonnement composé d'électrons de charge négative ou positive. Un écran de quelques mètres d'air ou une simple feuille d'aluminium suffisent à les arrêter.

**BIPM** : Bureau international des poids et mesures.

**BLEVE** : Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion.

**BNEN** : Bureau de normalisation des équipements nucléaires.

**BNM** : Bureau national de métrologie (France).

**BORIS** : Programme étudiant la biodisponibilité des radionucléides dans les sols (BiOdisponibility of Radionuclides In Soils).

## C

**CABRI** : Réacteur d'essais concernant la sûreté du combustible utilisé par l'IRSN.

**CARMELA** : Programme de recherche de l'IRSN sur les incendies dans les installations nucléaires visant à améliorer les connaissances sur les feux d'armoires électriques.

**CAROL** : CAMargue-Rhône-Languedoc, projet d'étude de la répartition des radionucléides artificiels dans la région Bas-Rhône.

**CATHARE** : Code avancé de thermohydraulique appliqué aux réacteurs à eau sous pression.

**CEA** : Commissariat à l'énergie atomique (France).

**Césium (Cs, numéro atomique 55)** : Métal rare et toxique dont les caractéristiques sont comparables à celles du potassium.

**CHU** : Centre hospitalo-universitaire.

**CIPR** : Commission internationale de protection radiologique.

**CIRC** : Centre international de recherche sur le cancer

**Circuit primaire** : Circuit fermé constitué par un ensemble d'appareils assurant la circulation du fluide caloporteur chargé d'extraire la chaleur dégagée par le cœur d'un réacteur.

**CIREA** : Commission interministérielle des radioéléments artificiels

**CLI** : Commission locale d'information.

**CNRS** : Centre national de la recherche scientifique (France).

**Cœur** : Zone du réacteur nucléaire où se produisent les réactions nucléaires.

**COFRAC** : Comité français d'accréditation.

**COGÉMA** : Compagnie générale des matières nucléaires (France).

**COLOSS** : Projet européen consacré à l'étude de la dégradation du cœur lors d'un accident grave.

**Combustible nucléaire** : Matière fissile (capable de subir une réaction de fission) utilisée dans un réacteur pour y développer une réaction nucléaire en chaîne. Après utilisation dans un réacteur nucléaire, on parle de combustible irradié.

**CRISTAL** : Nouveau formulaire français de criticité développé en collaboration par l'IRSN, le CEA et COGEMA. Il a pour objectif l'évaluation du risque de criticité dans toutes les installations nucléaires et les emballages de transports mettant en œuvre des matières fissiles.

**Criticité** : Risque de phénomènes de fission incontrôlés dans les matériaux fissiles.

**CSN** : Consejo de seguridad nuclear (Espagne).

**CTC** : Centre technique de crise de l'IRSN.

**CTHIR** : Centre technique d'homologation de l'instrumentation de radioprotection.

## D

**DIAPLU** : Projet d'étude sur le comportement du PLUtonium dans la DIAgénèse des sédiments marins.

**DGA** : Délégation générale pour l'armement.

**DGAC** : Direction générale de l'aviation civile.

**DGS** : Direction générale de la santé.

**DISPRO** : Projet d'étude sur la DISpersion en champ PROche.

**DIVA** : Dispositif pour l'incendie, la ventilation et l'aérocontamination.

**Dosimétrie** : Détermination, par évaluation ou par mesure, de la dose absorbée par une substance ou un individu en cas d'irradiation.

**DGEMP** : Direction générale de l'énergie et des matières premières.

**DGSNR** : Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

**DRIRE** : Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement.

**DSND** : Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense.

**DSV** : Direction des sciences du vivant.

## E

**EDF** : Électricité de France.

**Enceinte de confinement ou bâtiment du réacteur** : Enceinte étanche en béton, contenant la cuve du réacteur, le circuit primaire, les générateurs de vapeur ainsi que les principaux auxiliaires assurant la sûreté du réacteur.

**ENTHALPY** : Base européenne de données thermodynamiques du corium.

**ENVIRHOM** : Programme de recherche de l'IRSN environnement-santé, sur les conséquences des expositions chroniques aux radionucléides présents à faible dose.

**ÉPIC** : Établissement public à caractère industriel et commercial.

**EPS** : Étude probabiliste de sûreté.

**EURADOS** : EUROpean RAdiation DOSimetry group.

**EURATOM** : Communauté européenne de l'énergie atomique.

**EURODIF** : Usine européenne d'enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse.

**EVIDOS** : Evaluation of Individual Dosimetry in Mixed Neutron-Proton Fields : programme de recherche financé par la Communauté européenne.

**EVITA** : European Validation of the Integral Code ASTEC.

## F

**FASSET** : Framework for ASSEssment of Environmental impact.

**FLAMMES** : Codes de calcul décrivant l'évolution de feux de produits carbonés développés par l'IRSN.

**FLIP** : Feux de liquide en interaction avec une paroi.

**Framatome** : Société de fabrication de chaudières nucléaires.

## G

**Gamma (symbole  $\gamma$ )** : Rayonnement électromagnétique, très pénétrant mais peu ionisant, émis lors de la désintégration d'éléments radioactifs. Des écrans de béton ou de plomb permettent de s'en protéger.

**GEA** : Groupe d'études atomiques.

**GRNC** : Groupe radioécologie Nord-Cotentin.

**GRS** : Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (Allemagne).

**GSIEN** : Groupement de scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire (France).



## H

**HAT** : Human Alimentary Tract Model.

**HFD** : Haut fonctionnaire de défense.

**HSE** : Health and Safety Executive (Royaume-Uni).

## I

**IBRAE** : Institut de sûreté nucléaire de l'Académie des sciences de la Fédération de Russie.

**ICARE** : Interprétation des cœurs accidentés pour les réacteurs à eau : code de calcul simulant la dégradation d'un cœur de réacteur à eau durant un accident grave.

**ICHEM** : Projet européen sur la chimie de l'iode.

**ICPE** : Installation classée pour la protection de l'environnement.

**IFA** : Initiative franco-allemande.

**IFREMER** : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.

**IGR** : Institut Gustave-Roussy (France).

**IGS** : Institute of Geological Sciences.

**ILL** : Institut Laue-Langevin.

**INB** : Installation nucléaire de base.

**INBS** : Installation nucléaire de base secrète.

**INDOS** : International Dosimetry.

**INERIS** : Institut national de l'environnement industriel et des risques.

**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.

**InVs** : Institut de veille sanitaire.

**IPSN** : Institut de protection et de sûreté nucléaire.

**IRSN** : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.

**ISO** : Organisation internationale de normalisation.

**ISO 9001** : Norme européenne du système de management et de la qualité.

**Isotopes** : Éléments dont les atomes possèdent le même nombre d'électrons et de protons, mais un nombre différent de neutrons. Ils ont le même nom, et les mêmes propriétés chimiques. On connaît actuellement environ 325 isotopes naturels et 1 200 isotopes créés artificiellement.

## J

**JNC** : Japan Nuclear Cycle Institute.

**JAERI** : Japan Atomic Energy Research Institute.

## L

**LTCRA** : Laboratoire de thérapie cellulaire et de radioprotection accidentelle.

## M

**Matières nucléaires** : Sont ainsi dénommées les matières qui pourraient être utilisées pour fabriquer un engin explosif nucléaire. Elles sont définies à partir de leurs caractéristiques fissiles (pour un engin à fission), fusibles (pour une bombe thermonucléaire), ou fertiles (capacité à produire des matières fissiles ou fusibles). La législation française en retient six : plutonium, uranium, thorium, tritium, deutérium et lithium 6 (le deutérium et le lithium 6 ne sont pas radioactifs).

**MCCI** : Molten-core Concrete Interaction.

**MEDEC** : Salon de la médecine en France.

**MINEFI** : Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie.

**MOX** : Combustible à oxydes mixtes d'uranium et de plutonium.

**MWe** : Mégawatt électrique.

## O

**OAR** : Office d'assistance en radioprotection.

**OCDE** : Organisation de coopération et de développement économiques.

**OIAC** : Organisation pour l'interdiction des armes chimiques.

**OPERA** : Observatoire permanent de la radioactivité dans l'environnement.

**OPRI** : Office de protection contre les rayonnements ionisants.

## P

**PCRD** : Programme cadre de recherche et de développement (Communauté européenne).

**PHARE** : Programme européen d'assistance à la restructuration des économies des pays d'Europe centrale.

**Phébus** : réacteur expérimental.

**Phébus PF** : Programme de recherche consacré à l'étude du comportement des produits de fission (PF).

**Phénix** : Réacteur à neutrons rapides de 250 MWe.

**PIC** : Programme d'intérêt commun.

**Plutonium** : (Pu, numéro atomique 94). Élément chimique transurannique. L'isotope 239 a une période de 24 110 ans.

**POLLUTEC** : Salon international des équipements, des technologies et des services de l'environnement pour l'industrie.

## R

**Radioactivité** : Propriété de certains éléments chimiques dont les noyaux se désintègrent spontanément pour former d'autres éléments en émettant des rayonnements ionisants.

**Radioélément** : Élément radioactif naturel ou artificiel.

**Radionucléide** : Isotope radioactif d'un élément.

**Radioprotection** : Ensemble de mesures destinées à assurer la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les effets néfastes des rayonnements ionisants.

**RAFT** : Reactivity Accident Fuel Test, programme de recherche de l'IRSN réalisé en collaboration avec EDF et JNC (Japon) concernant la sûreté des réacteurs à neutrons rapides.

**REMORA** : Projet d'étude sur la REMobilisation des Radionucléides dans le pro-delta du Rhône.

**REMOTRANS** : REMobilisation, long distance TRANSport and Bioavailability of Radionuclides in Marine sediments.

**REP** : Réacteur à eau sous pression.

## S

**SARA** : Surveillance automatisée de la radioactivité des aérosols.

**SCANAIR** : Système de calcul d'analyse d'accident d'injection réactivité de l'IRSN.

**SARNET** : Severe Accident Research Network.

**SEQUOIA** : Système évolutif de la qualité, objectif de l'IRSN pour l'avenir.

**SÉSAME** : Schéma d'évolution des situations accidentelles et méthodes d'évaluation. Il s'agit d'un système informatique développé par l'IRSN pour l'évaluation des rejets produits par un réacteur à eau sous pression en cas d'accident.

**SILÈNE** : Réacteur expérimental utilisé par l'IRSN pour les expériences de criticité.

**SIMEVENT** : Logiciel de simulation de ventilation développé en collaboration par l'IRSN, SGN et COGÉMA.

**SIP** : Shelter Implementation Plan.

**SISERI** : Système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants.

**SIEVERT** : Système d'information et d'évaluation par vol de l'exposition au rayonnement cosmique.

**SKI** : Statens Kärnkraftinspektion (Suède).

**SSTC** : State Scientific and Technical Center (Ukraine).

**STARMANIA** : Station pour les transferts d'aérocontamination et les résistances mécaniques appliquées aux nuisances incidentelles et accidentelles.

**Sûreté nucléaire** : Ensemble des dispositions prises à tous les stades de la conception, de la construction, du fonctionnement et de l'arrêt définitif des installations nucléaires pour prévenir les accidents et en limiter les effets.

**SYMBIOSE** : SYstemic Approach for Modelling the Fate of Chemicals in BIOSphere and Ecosystems.

## T

**TACIS** : Technical Assistance for Commonwealth of Independent States, programme européen d'assistance à la restructuration des économies des nouveaux États indépendants.

**Taux de combustion** : Énergie thermique produite par les fissions nucléaires dans une unité de masse de combustible. Il est mesuré en mégawatts-jour par tonne (MWj/t).

**Technicatome** : Ensemblier dans le domaine des systèmes sûrs et de la maîtrise des environnements sévères.

**Tranche** : Unité de production électrique comportant une chaudière et un groupe turboalternateur. Une tranche nucléaire se caractérise essentiellement par le type du réacteur et la puissance du groupe turboalternateur.

**TRANSAT** : Projet d'étude sur le TRANSfert eau ATmosphère.

## U

**UIAR** : Ukrainian Institute of Agricultural Radiology.

**UNSCEAR** : Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants.

**UO<sub>2</sub>** : Dioxyde d'uranium.

## Coordination IRSN

Direction de la communication

## Rédaction

La Clé des mots

## Conception graphique et coordination

Agence Aristophane

## Assistance à la réalisation

LAO Conseil

## Impression

Néotypo

## Crédits photographiques

Page sommaire gauche : © IRSN (en haut), © EDF (en bas).

Page sommaire droite : © IRSN (haut), © BERD (milieu),  
© Thomas Gogny (bas).

Pages 5, 7 et 8 : © Vincent Leloup.

Pages 10, 12, 13, 15, 16, 17 : © IRSN.

Page 18 : © Thomas Gogny.

Page 19 : © Thomas Gogny (gauche), © Pascal Gennerat (droite).

Pages 22, 23 : © IRSN.

Page 25 : © Thomas Gogny (haut), © CEA Valduc (bas).

Page 26 : © IRSN.

Page 27 : © Thomas Gogny.

Pages 28, 29 : © EDF.

Page 31 : © IRSN.

Page 32 : © Claude Cieutat.

Page 33 : © Claude Cieutat (haut), © EDF (bas).

Page 34, 36 : © IRSN.

Page 37 : © COGEMA / © Jean-Marie Taillat (gauche), © IRSN (droite).

Pages 38, 39 : © IRSN.

Page 41 : © CEA Valduc.

Page 43 : © COGEMA / © Jezequel.

Pages 44, 45, 46, 47 : © IRSN.

Page 48 : © IRSN (gauche), © COGEMA / © Jean-Marie Taillat (droite).

Page 49 : © IRSN (gauche), © COGEMA / © Jean-Marie Taillat (droite).

Page 50 : © BERD.

Page 52, 53 (gauche), 54 : © Thomas Gogny.

Page 57 : © IRSN.

Page 59 : © Thomas Gogny (haut), © IRSN (bas).

Page 67 : © IRSN (gauche), © Thomas Gogny (milieu, droite)

© Communication IRSN

ISSN : 1762-0600

Dépôt légal : août 2003