



rapport d'activité 2000

de l'ipsn



INSTITUT DE PROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

avant-propos



Michel Livolant

Directeur de l'IPSN

Alors que nous avions été conduits à préparer une sortie de l'IPSN du CEA pour constituer un nouvel IPSN, le gouvernement, suivant en cela les conclusions du rapport Le Déaut, a décidé que l'IPSN et l'OPRI devaient se regrouper pour former un nouvel institut, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, l'IRSN.

Les problèmes de statut de certains agents de l'OPRI, et le statut d'Établissement Public Industriel et Commercial (EPIC) du futur IRSN ont alors rendu nécessaire la mise en place d'une disposition législative. Le texte sur l'IRSN a donné lieu à des débats animés lors des différents passages à l'Assemblée et au Sénat, avant d'être définitivement adopté en début de cette année. Ce texte est l'événement créateur officiel de l'IRSN, et un décret en Conseil d'État doit maintenant assurer rapidement sa mise en application. Nous pouvons nous en réjouir, même si les incertitudes qui portent sur les activités de l'IPSN concernant la défense assombrissent cette perspective.

Tandis que ces événements venaient préciser l'avenir de l'Institut, un effort considérable était accompli en interne pour préparer la future autonomie de gestion en partant de ce qui était une direction du CEA. Les grandes options de gestion ont été définies, ainsi que la répartition des tâches entre la direction et les départements. Le système SAP a été paramétré en temps et en heure sur la base d'une organisation de projet faisant appel à tous les moyens disponibles de l'Institut. Parallèlement, un programme d'embauches intensif a été mené, afin de constituer les équipes permettant d'assurer le fonctionnement autonome de l'Institut.

Grâce aux efforts de tous, avec l'accord du CEA, ce fonctionnement autonome est devenu une réalité dès le

début de l'année 2001. Je tiens encore une fois à féliciter ceux qui ont été les acteurs de cette réussite.

L'activité scientifique et technique a été très soutenue en 2000 : un nouvel essais Phébus, plusieurs essais Cabri, la signature des accords internationaux sur le programme Cabri boucle en eau, les résultats de l'étude probabiliste de sûreté en cas d'accident grave, la réétude du terme source de produits de fission en cas d'accident, la révision des règles de détermination du niveau sismique et les essais de feux d'armoires électriques en sont quelques exemples marquants en sûreté. La publication de la carte radon, la mise au point du guide de sites contaminés, la présentation du programme DOSINTER de dosimétrie interne des travailleurs, la définition d'une méthode d'appréciation de l'exposition au rayonnement cosmique dans le transport aérien sont une illustration des actions en radioprotection, où l'avenir est préparé par le lancement du programme ENVIRHOM, et la décision d'installation à Cadarache d'un moyen d'étude performant pour la dosimétrie neutrons.

Notre action à l'international a notamment été marquée par la croissance de notre participation aux instances internationales et des relations bilatérales avec nos homologues en sûreté et radioprotection, par le succès de l'initiative franco-allemande pour Tchernobyl et du forum Eurosafe en étroite collaboration avec notre organisme frère la GRS.

Le futur IRSN devra renforcer cette dynamique, avec le challenge de réussir la symbiose des cultures IPSN et OPRI, dans le souci du meilleur accomplissement de nos missions de service public en toute indépendance et transparence.



André-Claude Lacoste

Président du Comité de direction de l'IPSN

Au moment où j'écris ces lignes, et bien qu'il s'agisse d'une introduction à la présentation du compte rendu d'activité de l'année écoulée, j'ai plus envie de me tourner vers l'avenir que vers le passé.

Certes, l'IPSN a continué, en 2000 comme les années précédentes, de jouer son rôle de grand organisme de recherche et d'expertise dans le domaine de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. L'essai Phébus réalisé cette année, comme la préparation du programme Cabri boucle à eau, témoignent de la vitalité des activités de recherche et de leur ouverture à la coopération internationale. Dans le domaine de l'expertise, les études sur les suites de l'inondation du Blayais survenue fin 1999, la cartographie du radon en France, la mise à jour du dossier des retombées en France de l'accident de Tchernobyl, sont des exemples parmi d'autres des productions de l'IPSN, sans parler de l'appui quotidien apporté à l'Autorité de sûreté dans sa tâche de surveillance des installations nucléaires.

Mais le plus important dans la vie de l'Institut, ce sont les perspectives de réforme, maintenant toutes proches. Les choses sont allées plus lentement qu'il n'était prévu : je ne pensais pas, en écrivant l'an dernier une introduction au rapport d'activité de 1999, que je serais appelé à écrire dans les mêmes conditions celle de 2000. Cependant, un stade irréversible a maintenant été atteint : la fusion de l'IPSN avec l'OPRI est à présent inscrite dans la loi, entérinant ainsi la nécessaire séparation entre IPSN et CEA.

Je voudrais ici rendre hommage au personnel de l'IPSN que les différents atermoiements et péripéties qu'a connus ce projet de réforme n'ont pas découragé, et tout spécialement à l'équipe qui a préparé, de longs mois durant, la scission entre l'IPSN et le CEA, qui comme tout accouchement ne peut se faire sans ruptures et sans douleurs.

L'association entre l'IPSN et l'OPRI s'est ajoutée au schéma initial de la réforme. Sur le fond, je me réjouis tout à fait de cette fusion : la compétence certaine de l'OPRI dans les mesures de radioprotection et les problèmes médicaux qui y sont liés viendra heureusement compléter celle qui existe déjà à l'IPSN dans les mêmes domaines. Il est néanmoins certain qu'il s'agit de deux organismes différents, ayant chacun son histoire et sa culture, et que leur fusion pourra entraîner quelques frictions. De même qu'une naissance ne se fait pas sans déchirements, un mariage ne se fait pas sans accommodements réciproques. Je suis persuadé que la nécessité où vont se trouver les uns et les autres d'être attentifs à une culture différente et une autre façon de travailler chez le nouveau partenaire sera, en fin de compte, fructueuse et enrichissante pour tous.

Bienvenue donc et longue vie à l'IRSN, qui rassemblera les deux organismes et constituera, j'en suis sûr, une référence en matière de recherche et d'expertise en sûreté nucléaire et radioprotection en France et à l'étranger, dans la continuité de ce que fait déjà l'IPSN.

présentation

de l'ipsn

L'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) est l'expert technique français du risque nucléaire et de ses conséquences sur l'homme et l'environnement. Sa compétence est fondée sur des recherches dans toutes les disciplines concernées, menées le plus souvent en association avec des partenaires français ou internationaux.

Ses principales activités concernent la sûreté des installations nucléaires, la sûreté des transports de matières radioactives, la protection de la santé de l'homme et de l'environnement, la sécurité et le contrôle des matières nucléaires et sensibles, l'organisation et l'entraînement à la gestion de crise.

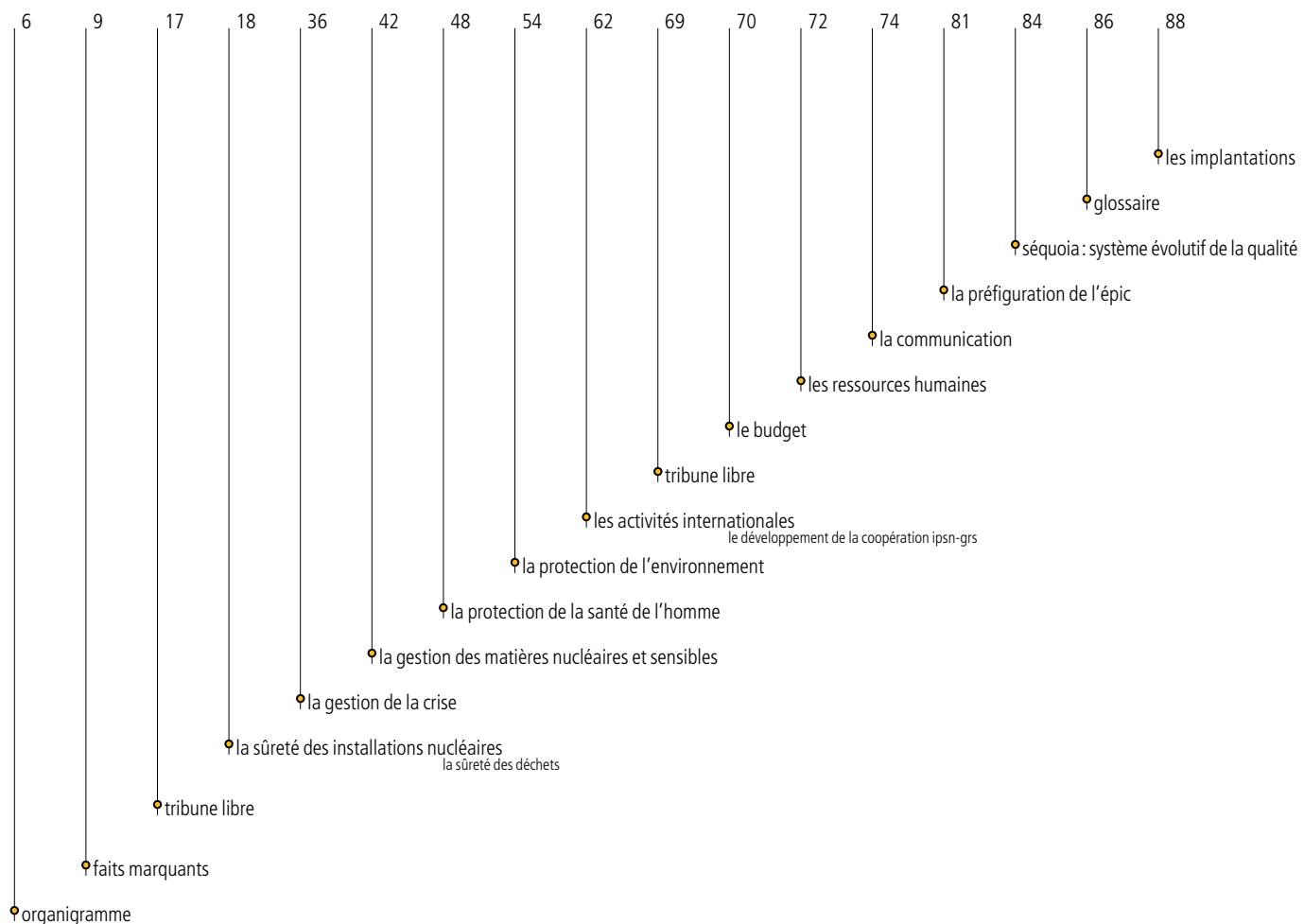
L'IPSN assure également une mission d'information du public et participe à de nombreuses actions internationales, tant en matière de recherche que d'expertise.

Doté d'un budget de 1,5 milliard de francs, l'IPSN regroupe mille trois cents personnes, principalement des ingénieurs et des chercheurs, ainsi que des médecins, des agronomes, des vétérinaires et des épidémiologistes. Ses ressources proviennent d'une subvention inscrite depuis de 2001 au budget du Ministère de l'environnement et comptabilisée également au titre du budget civil de recherche et de développement (BCRD). Ses autres recettes proviennent de contributions externes à ses programmes de recherche ou de la vente de prestations ou d'études à des clients privés ou publics.

Dans le cadre de la refonte du système de contrôle du nucléaire, l'IPSN doit être séparé du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et regroupé avec l'Office de protection contre les rayonnements ionisants (OPRI) dans un nouvel établissement public à caractère industriel et commercial dénommé Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire. L'IPSN a aujourd'hui largement préparé cette autonomie par rapport au CEA, notamment en mettant en place ses propres équipes et outils de gestion.



sommaire



organigramme

juin | 2001

Direction

Michel Livolant

Directeur

Daniel Quénart

Directeur adjoint

Louis CrouxDirecteur adjoint
chargé des ressources humaines**Bernard Boët**Secrétaire général
et responsable de la communication**Annie Sugier**

Directrice déléguée à la protection

Michèle VialaDirectrice déléguée
à la sûreté des déchets**Catherine Lecomte**Adjointe au Directeur
pour les programmes**Jean-Bernard Chérié**Adjoint au Directeur
chargé des affaires internationales**Philippe Jamet**Conseiller auprès du Directeur
pour la constitution de l'EPIC**Denys Rousseau**Chargé de mission auprès du Directeur
pour l'organisation de crise**Alain Bardot**Chef de division
qualité sûreté sécurité environnement**Jean-Claude Dale**

Trésorier délégué

Jean-Claude Saey

Auditeur interne

Comité de direction

Comité scientifique

Départements

DES

Département d'évaluation
de sûreté

Jean-Christophe Niel

DPEA

Département de prévention
et d'étude des accidents

Marc Natta

DPHD

Département de protection de la santé
de l'homme et de dosimétrie

Patrick Gourmelon

DPRE

Département de protection
de l'environnement

Jean-Claude Barescut

DRS

Département de recherches
en sécurité

Joseph Lewi

DSMR

Département de sécurité
des matières radioactives

Denis Flory

Président
André-Claude Lacoste
Directeur de la sûreté des
installations nucléaires

Membres
Jacques Deschamps
Secrétaire général du
Comité interministériel
de la sécurité nucléaire

Philippe Saint-Raymond
Directeur adjoint
de la sûreté des
installations nucléaires

Lucien Abenham
Directeur général
de la santé

Michel Sappin
Directeur de la défense
et de la sécurité civiles
Haut Fonctionnaire
de défense

Philippe Vesseron
Directeur de la
prévention des pollutions
et des risques
Délégué aux risques
majeurs

Dominique Maillard
Directeur général
de l'énergie et des
matières premières

François Lefaudeux
Conseiller pour
la sécurité nucléaire
du Délégué général pour
l'armement

Maryse Ardit

Présidente de l'INERIS

Claude Birraux
Député de la Haute-Savoie

Bernard Cazeneuve
Député de la Manche

François Dosé
Député de la Meuse

Jean-Marc Bruel
Administrateur
de Rhône-Poulenc

Participant également
Jean-François
Lacronique
Président de l'OPRI

René Pellat
Haut-commissaire
à l'énergie atomique

Direction de l'IPSN
Michel Livolant
Directeur

Secrétaire du comité
Bernard Boët
Secrétaire général

Président
René Pellat
Haut-commissaire
à l'énergie atomique

Membres
Martine Lagache
Département
de géologie,
École normale supérieure

Pierre Bacher
Ex-Directeur technique
à la direction
de l'équipement à EDF

Adolf Birkhofer
Professeur,
Directeur de la GRS
(Allemagne)

Paul De Meester
Professeur,
Président de la Société
belge des bétons

Serge Prêtre
Directeur de la Division
principale de la sécurité
des installations
nucléaires (Suisse)

Jean-François Saglio
Ingénieur général
des Mines

Raymond Sené
Laboratoire de physique
corpusculaire
du Collège de France

Peuvent assister
Sonia Gravier
pour le Secrétaire
général du Comité
interministériel
de la sécurité nucléaire

Philippe Kahn
pour la Direction
générale de l'énergie
et des matières
premières

Christian Cavata
pour la Direction de la
technologie du Ministère
de l'éducation nationale,
de la recherche
et de la technologie

Jacky Ferchaux
pour la Direction de la
sûreté des installations
nucléaires

Didier Lallemand
Haut Fonctionnaire
de défense auprès
du Secrétaire d'Etat
à l'industrie

Représentants
des ministères
François Lefaudeux
pour le Ministre
de la défense

Catherine Guénon
pour le Ministre
de l'intérieur

Jean-François
Lacronique
pour le Ministre
de la santé

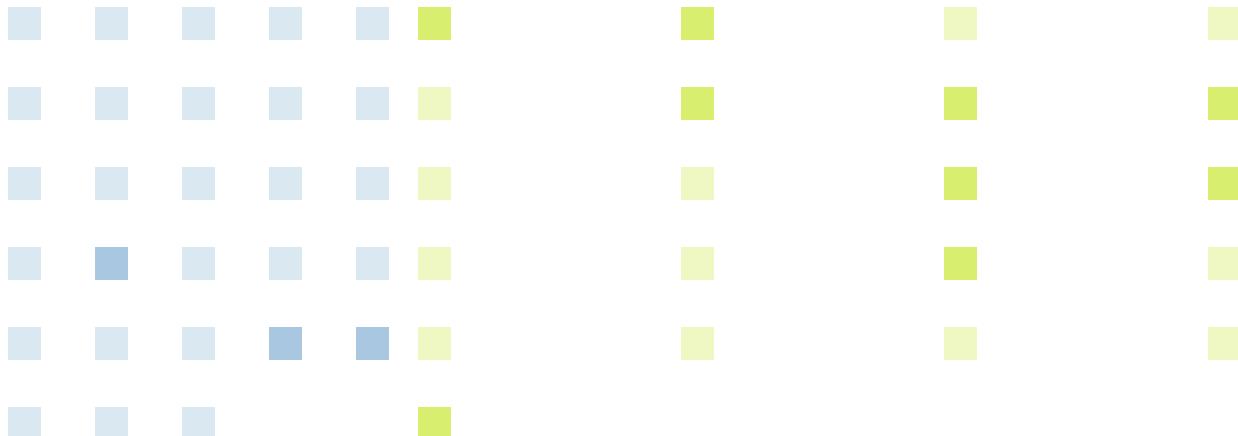
Jean-Pierre Henry
pour le Ministre
de l'aménagement
du territoire et de
l'environnement

Direction de l'IPSN
Michel Livolant
Directeur

Secrétaire du comité
Catherine Lecomte
Adjointe au directeur

faits marquants de l'année

2000 à l'ipsn



février

mars

17 février

L'IPSN réalise à Cadarache (Bouches-du-Rhône) le premier essai d'un nouveau programme de recherche sur les incendies dans les installations nucléaires. Ce programme de quinze essais, baptisé CARMELA, vise à améliorer les connaissances sur les feux d'armoires électriques présentes dans les locaux des installations nucléaires.

24-25 février

Réunion du Conseil de l'EURADOS à Fontenay-aux-Roses pour décider la réorganisation du réseau, à laquelle participe activement l'IPSN, et étudier l'incidence sur son fonctionnement du contrat passé avec la Commission européenne.

Création, auprès du Comité national de sécurité sanitaire, d'un groupe de travail, confié à un expert de l'IPSN, sur les approches de l'évaluation des risques non observables.

Confirmation par le gouvernement ukrainien de l'arrêt définitif du réacteur numéro 3 de la centrale de Tchernobyl, seul réacteur encore en fonctionnement, avant la fin de l'année 2000. Cette fermeture s'accompagne d'une aide financière internationale promise en 1995 par le G7.

L'IPSN organise à Fontenay-aux-Roses le second séminaire international sur la sécurité des transports de matières nucléaires à l'égard des actions de malveillance, qui rassemble une vingtaine de spécialistes américains, allemands, anglais et français.

1^{er} mars

Signature de la convention de coopération pour la réalisation du système d'information et d'évaluation de l'exposition au rayonnement cosmique dans le transport aérien (SIEVERT) entre l'IPSN, la DGAC, l'Observatoire de Meudon et l'IFRTT.

2 mars

Participation de l'IPSN à l'exercice national de crise du CNPE de Paluel (Seine-Maritime).

8 au 11 mars

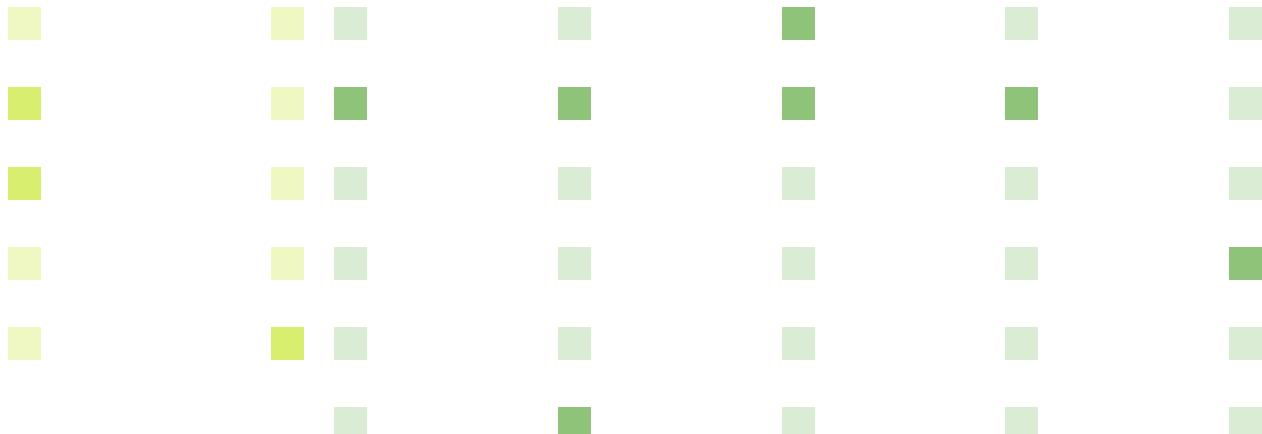
L'IPSN participe, comme chaque année, au MEDEC, salon professionnel du monde médical à Paris.

15 mars

L'IPSN décide de refondre son système de qualité.

16 mars

L'IPSN réalise à Cadarache (Bouches-du-Rhône) le quatrième essai (LTX) du programme de recherche en sûreté nucléaire Cabri-RAFT, mené avec EDF et la société japonaise JNC.



avril

17 mars

À Fessenheim (Haut-Rhin), l'IPSN agit en tant qu'appui technique au cours des inspections menées par les services du HFD au titre de la protection des installations nucléaires contre la malveillance. Au cours des inspections de ce type, l'IPSN apporte sa compétence, concernant notamment le fonctionnement des équipements de protection physique et la connaissance des sites.

21 mars

L'IPSN participe, à Montauban (Tarn-et-Garonne), à un exercice de sécurité nucléaire, portant notamment sur la gestion post-accidentelle d'un accident simulé les 17 et 18 novembre 1999 à la centrale de Golfech (Tarn-et-Garonne).

30 mars

Participation de l'IPSN à l'exercice national de crise du CNPE du Bugey (Ain).

31 mars

L'IPSN présente aux spécialistes de COGEMA les résultats obtenus dans le cadre du programme d'intérêt commun DOSINTER. Les études et recherches réalisées au cours des cinq dernières années portaient sur la dosimétrie et la surveillance des travailleurs exposés aux composés industriels ainsi que sur la toxicologie et le traitement de la contamination interne.

Démarrage par l'IPSN d'un nouveau dispositif expérimental, TOSQAN. Les essais prévus ont pour objectif d'étudier certains phénomènes physiques qui pourraient se produire dans l'enceinte de confinement lors d'un accident grave conduisant à la fusion du cœur d'un réacteur électronucléaire à eau sous pression (REP).

3 avril

L'IPSN démarre, en collaboration avec l'Ukrainian Institute for Agricultural Radioecology (UIAR, Kiev), un nouveau programme de recherche d'une durée de trois ans relatif au transfert dans les sols et les plantes du chlore 36, radio-élément à vie longue.

11-14 avril

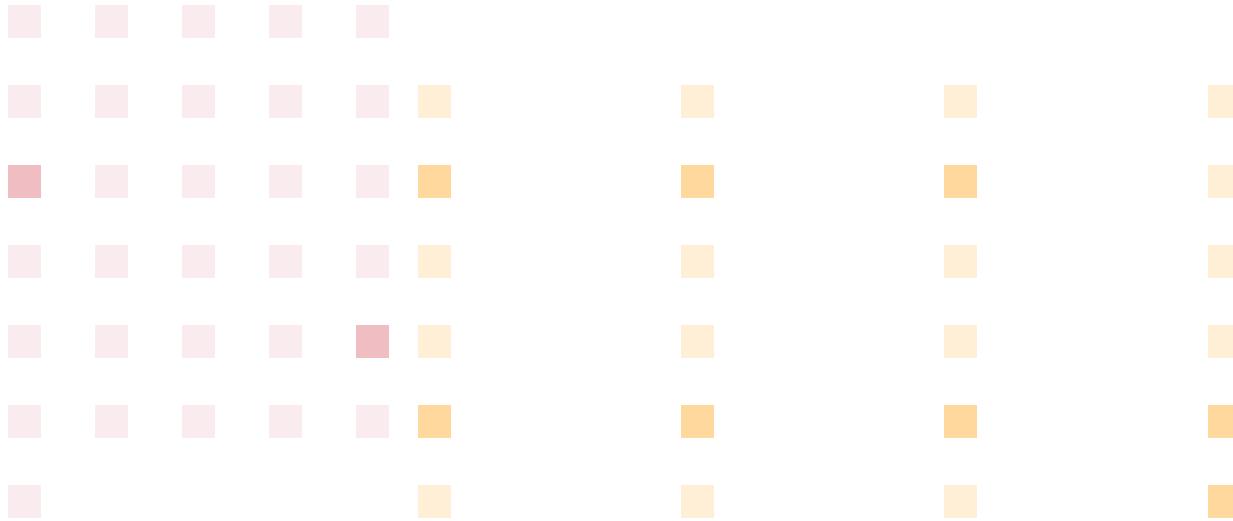
Cinquième réunion IPSN-MINATOM sur le thème de la radioprotection, à Fontenay-aux-Roses.

20 avril

L'IPSN présente son analyse du rapport définitif de sûreté de la centrale de Chooz B1 (Ardennes) devant le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires.

27 avril

L'IPSN présente la suite de son analyse des risques liés aux accidents graves dans les réacteurs à eau sous pression d'EDF devant le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires.



mai

juin

16 mai

Participation de l'IPSN à l'exercice national de crise du CEA de Saclay (Essonne).

25 mai

L'IPSN intervient à la demande conjointe de la DGS et de l'OPRI pour réaliser des mesures de rayonnements dans les locaux d'une halte garderie située 12, rue Chomel à Paris, à la suite de la découverte d'une contamination de l'immeuble par du radium. Ces mesures ont permis d'évaluer les doses reçues par les enfants et le personnel d'encadrement et d'apporter des éléments de réponse quant aux risques pour la santé liés à cette exposition.

25 mai

L'IPSN présente son analyse des risques de fatigue thermique dans les circuits de réfrigération à l'arrêt de l'ensemble des paliers de réacteurs à eau sous pression devant le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires.

L'IPSN installe dans le Jura une nouvelle station GPS pour évaluer l'aléa sismique et qui permet de mesurer en continu la position d'un point du sol par rapport à une constellation de satellites, avec une précision de l'ordre du millimètre.

Une première série de quatre essais du programme de recherche FLIP (Feux de combustible liquide en interaction avec la paroi), démarrée il y a un an, s'achève à Cadarache (Bouches-du-Rhône).

Dans le cadre d'un programme de recherche mené depuis 1997 avec COGEMA, l'IPSN a mis au point le code de calcul TRACI, qui permet d'évaluer les flux de radon à la surface des sites de stockage de résidus issus du traitement des minerais d'uranium.

5-8 juin

L'IPSN organise avec l'université de Pise, le PTB, le NPL et la CE une conférence sur la spectrométrie des neutrons dans les domaines de la science, de la technologie et de la radioprotection.

8 juin

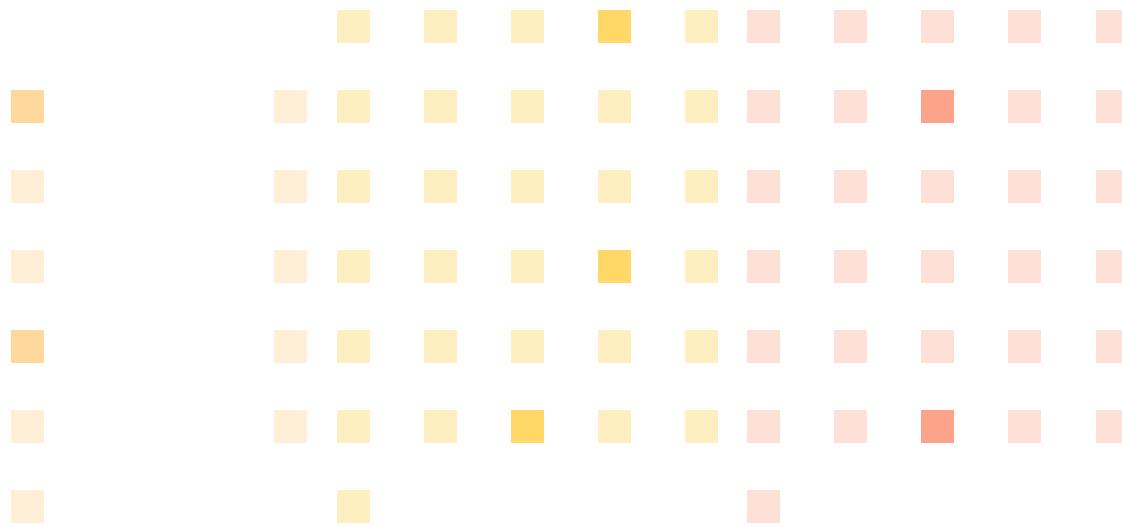
Participation de l'IPSN à l'exercice national de crise du CNPE de Civaux (Vienne).

20 juin

L'IPSN et l'université de Paris-Sud, pour le compte du Centre scientifique d'Orsay, signent un accord de collaboration dans le domaine de la protection de l'homme et de l'environnement. Cet accord implique neuf laboratoires du Centre scientifique d'Orsay et six services de l'Institut.

21 juin

L'IPSN réalise à Cadarache (Bouches-du Rhône) une expérience complémentaire du programme de recherche Cabri-REP sur la sûreté des combustibles à haut taux de combustion utilisés dans les centrales électronucléaires à eau sous pression. Définie en collaboration avec EDF, l'expérience a pour objectif essentiel de tester, en situation d'accident de réactivité, le comportement d'un nouvel alliage de gaine pour les combustibles à base d'oxyde d'uranium.



juillet

août

22 juin

L'IPSN présente devant le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires, son analyse d'une méthode proposée par EDF, dite méthode déterministe réaliste, pour l'étude des accidents de grosse brèche primaire des réacteurs à eau sous pression.

23 juin

Participation de l'IPSN à l'exercice national de crise du CNPE de Chooz (Ardennes). Cet exercice est l'occasion de tester les relations des pouvoirs publics français et belges en situation de crise.

23 - 24 juin

L'IPSN organise à Brest (Finistère), en collaboration avec l'université de Bretagne occidentale et l'ISBE, deux journées scientifiques sur le thème "Impact sur l'homme des rayonnements ionisants et non ionisants".

29 juin

L'IPSN organise l'exercice de crise Inventaire des matières nucléaires qui se déroule dans deux installations nucléaires du site de Marcoule (Gard) et qui a pour objectif de tester et d'améliorer les procédures d'inventaire des matières nucléaires.

4 juillet

Présentation au groupe permanent chargé du transport d'un rapport consacré aux problèmes d'étanchéité des colis.

19 juillet

Les activités de recherche de l'IPSN en radiopathologie sont présentées à André-Claude Lacoste, Directeur de la sûreté des installations nucléaires (DSIN) lors d'une visite de celui-ci sur le site de Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine).

28 juillet

La Ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Dominique Voynet, et la Secrétaire d'Etat à la santé, Dominique Gillot, confient une nouvelle mission à Annie Sugier, Directrice déléguée à la protection de l'IPSN. Cette mission constitue une prolongation des travaux du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin.

8 août

L'IPSN met à la disposition du public sur son site Internet les résultats des mesures de radioactivité naturelle et artificielle qu'il réalise dans l'environnement, en France métropolitaine et dans les DOM-TOM.

28 août

L'IPSN coordonne une étude européenne de grande ampleur concernant la surveillance individuelle des doses reçues par les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. Dans ce cadre, l'Institut met à disposition ses installations d'irradiation par les neutrons situées à Cadarache (Bouches-du-Rhône).



septembre

octobre

4-6 septembre

L'autorité nucléaire finlandaise de sûreté nucléaire et de radioprotection organise à Helsinki une conférence sur la dosimétrie individuelle en collaboration avec plusieurs instituts européens (ARCS, NRPB, ENEA, IPSN, PTB, RISÖ, SSI, TNO), EURADOS et la Commission européenne.

5 septembre

L'IPSN et la DGS publient, pour la première fois sous forme d'atlas, les résultats des mesures de radon dans l'habitat commencées dès 1982 par l'IPSN, et qui font l'objet depuis 1992 d'une campagne nationale commune sous l'égide de la DGS, avec la participation des DDASS.

13 et 14 septembre

L'IPSN organise à Paris les Journées de formation par la recherche, au cours desquelles des étudiants et des ingénieurs effectuant leurs thèses au sein des laboratoires de recherche de l'IPSN présentent l'avancement de leurs travaux.

19 septembre

Participation de l'IPSN à l'exercice national de crise de FBFC à Romans-sur-Isère (Drôme).

L'IPSN redémarre les expériences de criticité dans ses installations expérimentales "Appareillage B" et Silène de Valduc (Côte-d'Or). Celles-ci avaient été arrêtées en août 1999 à la suite d'un incident ayant conduit au basculement d'un écran de plomb.

Publication d'un ouvrage de la collection IPSN, aux éditions EDP Sciences, consacré à la CIPR. Cet ouvrage propose une synthèse de son histoire, de son fonctionnement et des concepts qu'elle a développés.

2 octobre

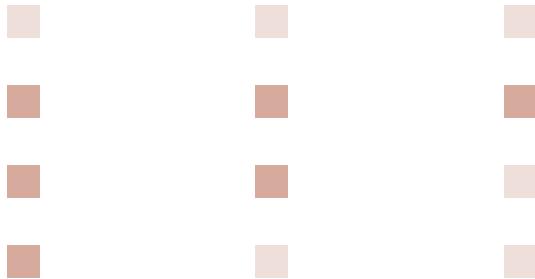
- L'exploitant des centrales nucléaires chinoises de Daya Bay et de Ling Ao adopte la logiciel SÉSAME de l'IPSN pour son futur centre de crise.
- L'IPSN commence à Cadarache (Bouches-du-Rhône) les opérations d'irradiation du quatrième essai (FPT-2) de son programme de recherche sur la sûreté des réacteurs nucléaires, Phébus PF.

9-14 octobre

L'IPSN participe à Nord-Cotentin 2000, treizième exercice européen d'intercomparaison des mesures de radioactivité dans l'environnement, organisé à l'initiative du Collectif des mères en colère.

12 octobre

L'IPSN et le SPRA signent une convention qui confie à l'IPSN le suivi de la dosimétrie individuelle par film du personnel de la Défense.

**11-13 octobre**

À l'occasion du colloque Extrem 2000 à Paris, consacré à la maîtrise des risques technologiques et naturels, des experts du Bureau d'évaluation des risques sismiques de l'IPSN présentent les premiers enseignements tirés de l'analyse des données des séismes de Turquie et de Taïwan survenus en 1999.

12 octobre

L'IPSN réalise à Cadarache (Bouches-du-Rhône) la quatrième expérience FPT2 du programme international de recherche Phébus PF, consacré aux accidents graves des centrales électronucléaires à eau sous pression.

17-18 octobre

Participation de l'IPSN à l'exercice national de crise du CNPE de Chinon (Indre-et-Loire) sur deux jours avec relève des équipes au Centre technique de crise de l'IPSN; le premier jour était un exercice de sûreté nucléaire et le deuxième, un exercice de sécurité civile.

17-20 octobre

L'IPSN participe, comme chaque année, à POLLUTEC, salon des professionnels de l'environnement, à Eurexpo Lyon.

19 octobre

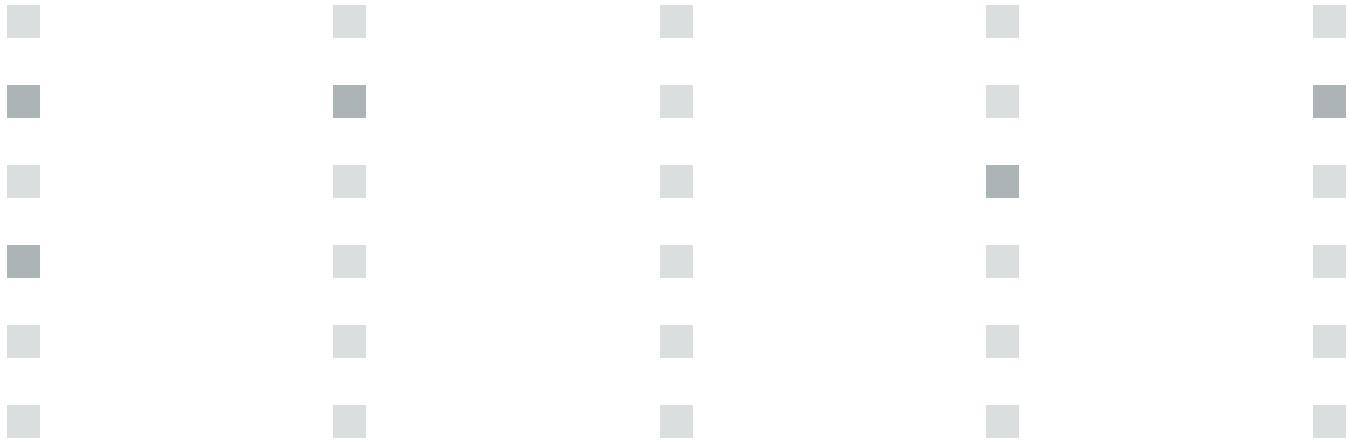
L'IPSN et le service de radioprotection d'EDF organisent à Paris une journée d'information pour les médecins des centrales nucléaires sur les lésions radio-induites de l'intestin.

19 et 26 octobre

L'IPSN présente au groupe permanent pour les réacteurs nucléaires et à des experts allemands un projet de directives techniques de sûreté (*technical guidelines*) pour les réacteurs de l'avenir; ce document récapitule les travaux franco-allemands menés à ce sujet depuis 1993.

22 octobre

Ouverture au public de la station expérimentale de Tournemire (Aveyron), dans laquelle l'IPSN étudie la capacité des roches argileuses indurées à retenir des éléments naturels, dans le cadre de ses recherches sur la sûreté des stockages de déchets radioactifs.



novembre

La CIPR a procédé, comme tous les quatre ans, au renouvellement de ses membres. Quatre experts de l'IPSN sont élus ou réélus : Annie Sugier à la Commission principale, Margot Tirmarche au Comité 1 (effets des rayonnements), Henri Métivier au Comité 2 (calculs des doses) et Jean-François Lecomte au Comité 4 (application des recommandations).

L'IPSN lance un nouveau programme de recherche international sur la sûreté des combustibles nucléaires, Cabri-Boucle à eau. Ce programme sera mené dans le cadre de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE.

Publication du dernier ouvrage de la collection IPSN consacré au césium et tout particulièrement à deux de ses isotopes radioactifs : le césium 137, redouté en cas d'accident nucléaire du fait de sa radiotoxicité et de son abondance, et le césium 135, dont la très longue période (2,9 milliards d'années) et la relative mobilité rendent problématique le stockage des déchets nucléaires.

À la demande des Ministères de la santé et de l'environnement, l'IPSN publie la première version du guide méthodologique consacré à la gestion des sites industriels potentiellement contaminés par des substances radioactives.

6-7 novembre

L'IPSN et son homologue allemand, la GRS, organisent à Cologne (Allemagne) la deuxième édition d'Eurosafe, forum européen sur la sûreté nucléaire.

10 novembre

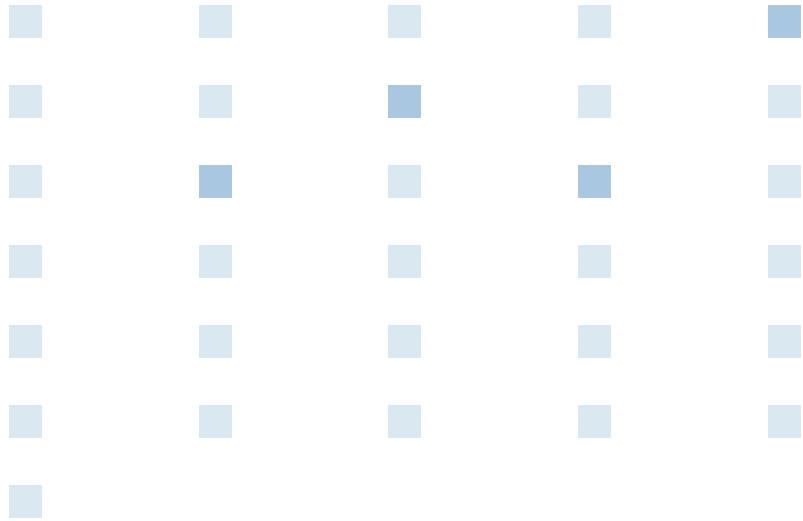
Une réunion interministérielle présidée par la Direction des relations internationales du CEA précise la position française dans le cadre des travaux menés à l'AIEA sur une éventuelle révision de la Convention sur la protection physique des matières nucléaires. L'IPSN assure la couverture technique de ces travaux pour la France (six réunions à Vienne durant l'année 2000). À noter l'élaboration dans ce contexte de principes fondamentaux de sécurité.

14 novembre

Participation de l'IPSN à l'exercice national de crise du CNPE de Cattenom (Moselle) ; les expertises de l'IPSN ont été transmises aux pays frontaliers (länder allemands de Rhénanie-Palatinat et de Sarre, Luxembourg).

16 novembre

L'IPSN présente devant les groupes permanents d'experts pour les réacteurs et pour les laboratoires et usines le résultat de la période probatoire d'une nouvelle version de la règle fondamentale de sûreté (RFS I.2.c), consacrée à la détermination de l'aléa sismique d'un site, ainsi qu'une proposition de texte définitif de cette règle.

**décembre****5 décembre**

Participation de l'IPSN à l'exercice national de crise du CNPE de Cruas (Ardèche).

5 décembre

La Compagnie pour l'étude et la réalisation de combustibles atomiques (CERCA) a présenté aux services du Haut Fonctionnaire de défense, en présence de l'IPSN, deux études de sécurité des matières nucléaires détenues dans l'établissement de Romans-sur-Isère. Ces deux études, fondées respectivement sur une approche de type protection physique et sur une approche de type suivi/comptabilité, ont montré l'intérêt et la complémentarité de ces deux approches.

8 décembre

Présentation au groupe permanent chargé des transports d'un rapport consacré à la conception du nouveau colis MX8 pour le transport de combustibles MOX neufs.

12 décembre

L'IPSN participe à l'exercice de crise Transport de matières radioactives. Il s'agit du premier exercice de ce type associant l'Autorité de sûreté nucléaire, l'IPSN, Transncléaire et l'expéditeur, EDF.

14 décembre

Signature du contrat BIODOS coordonné par l'IPSN au sein du cinquième Programme cadre européen de recherche et de développement. Quinze laboratoires européens collaborent à ce projet de recherche pour améliorer les connaissances en biocinétique et en dosimétrie pour la contamination interne.

les grandes orientations de l'ipsn pour l'année 2000



Daniel Quéniaart

Directeur adjoint

Dans le cadre restreint de cette tribune, seuls quelques grands sujets peuvent être abordés. Cela ne doit bien entendu pas conduire à sous-estimer les autres actions de l'IPSN qui toutes visent la maîtrise des risques liés à la radioactivité.

Dans les domaines de la protection de l'homme et de l'environnement, l'année 2000 a vu le démarrage de projets à moyen et long termes. Ainsi, le projet ENVIR-HOM a été lancé en vue d'améliorer les évaluations d'impact dans l'environnement dans un contexte de multipollution, ainsi que les modèles dosimétriques pour l'ingestion chronique d'une faible radioactivité ; ces travaux pourront à terme conduire à des évolutions sensibles de l'approche de la protection des personnes du public. Par ailleurs, l'IPSN a lancé l'acquisition d'un accélérateur pour la production de neutrons monocinétiques, en vue d'améliorer la dosimétrie des neutrons.

Dans le même temps, la gestion des héritages du passé a nécessité des travaux importants. En collaboration avec l'Institut de veille sanitaire, l'IPSN a réalisé en 2000 une estimation des risques de cancers de la thyroïde attribuables à l'accident de Tchernobyl avec une projection jusqu'en 2015. Cette étude met en évidence que l'augmentation générale des cancers thyroïdiens en France depuis plus de vingt ans nécessite une explication. Dans un autre domaine, les affaires de terrains ou de bâtiments contaminés par l'industrie du radium ou de l'uranium ont continué de se développer (Gif-sur-Yvette, halte-garderie de la rue Chomel, ...).

Dans les domaines de la protection contre les actions de malveillance et du contrôle des matières nucléaires et sensibles, l'IPSN a continué de jouer un rôle essentiel

aux plans national et international. Dans le même temps, les discussions sur la mise en oeuvre d'actions analogues dans le domaine de l'interdiction des armes bactériologiques se sont poursuivies.

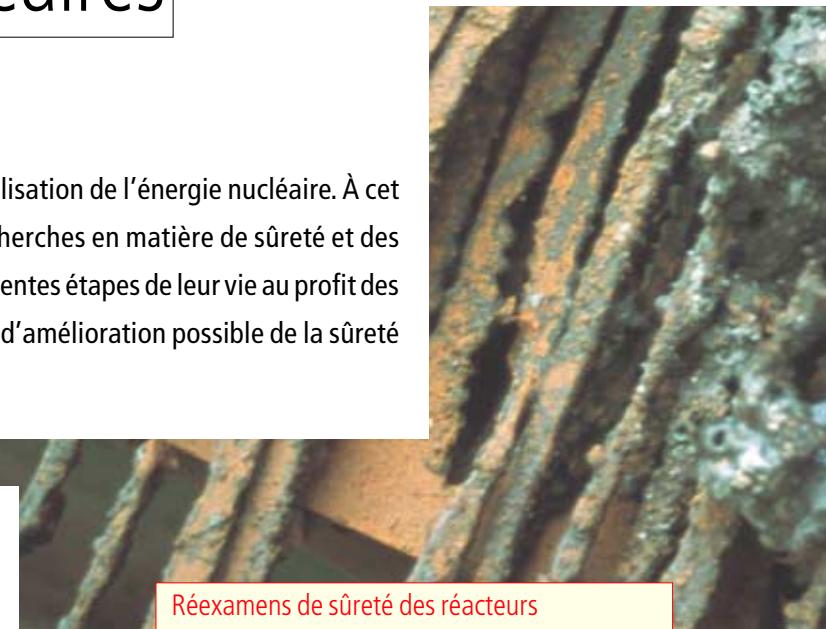
En matière de sûreté, l'essai Phébus-FPT2 a été réalisé en octobre 2000 ; les constatations faites au cours de la dégradation de la grappe expérimentale s'avèrent d'ores et déjà riches d'enseignements. Par ailleurs, la réflexion sur les programmes expérimentaux qui pourraient être réalisés dans le réacteur Phébus après les essais Phébus-PF a largement progressé. Parallèlement, l'accord "ombrelle" sur les essais Cabri-REP a été signé et les accords bilatéraux sont en cours de discussion avec les différents partenaires de programme. Enfin, l'année 2000 a vu le redémarrage de la station de criticité de Valduc arrêtée en 1999 à la suite d'un incident.

Les activités d'expertise en sûreté restent essentielles pour le traitement des difficultés rencontrées dans l'exploitation des installations nucléaires. Pour l'an 2000, je mettrai en exergue les suites de l'inondation de la centrale du Blayais (Gironde), survenue fin 1999, qui entraîne un réexamen approfondi des dispositions prises pour les différentes installations. De la même façon, l'accident de criticité de Tokai Mura (Japon) entraîne un réexamen de la prévention des risques de criticité dans les différentes installations concernées. Dans le même temps, l'évolution des connaissances a permis la mise au point d'une nouvelle doctrine en matière de mouvements sismiques. Enfin, après sept années de discussions avec l'industrie, les travaux franco-allemands menés par l'IPSN et la GRS au sujet des options de sûreté du projet EPR ont abouti à une proposition de directives techniques applicables à un tel réacteur, transmise à la DSIN.

la sûreté des installations nucléaires

La maîtrise des risques est impérative dans l'utilisation de l'énergie nucléaire. À cet effet, l'IPSN a pour mission d'effectuer des recherches en matière de sûreté et des expertises des installations nucléaires aux différentes étapes de leur vie au profit des pouvoirs publics, ainsi que d'identifier les voies d'amélioration possible de la sûreté à moyen et long termes.

Centrale nucléaire Phénix
à Marcoule (Gard).



Réexamens de sûreté des réacteurs
de 900 MWe et de 1300 MWe

Au cours de l'année 2000, l'IPSN a notamment analysé les études transmises par EDF en réponse aux demandes de l'Autorité de sûreté nucléaire émises dans le cadre du réexamen de sûreté des tranches de 900 MWe (paliers CPI-CP2), les programmes et les résultats de l'examen de conformité de ces tranches ainsi que les modifications issues de ces réexamens de sûreté.

- ◆ L'Institut a poursuivi l'évaluation des programmes d'examen de conformité des tranches de 900 MWe. Parmi les défauts de conformité les plus marquants, on peut citer :
- ◊ la découverte sur la tranche 1 de Fessenheim (Haut-Rhin) de 850 mètres linéaires de cloisons en parpaings non calculées pour résister au séisme et pouvant endommager des matériels importants pour la sûreté (IPS) dont le fonctionnement ou l'intégrité après séisme est requis. L'Institut a examiné

RES

Cette installation, dont la construction est prévue sur le centre CEA de Cadarache, sera constituée d'un module réacteur, dont les objectifs principaux sont la qualification du combustible des réacteurs de la propulsion navale et la validation de concepts pour les chaufferies de propulsion navale actuelles et futures, et d'un module piscine d'entreposage d'éléments combustibles irradiés. Elle sera également utilisée pour effectuer la formation des équipages. L'IPSN a entrepris l'analyse du dossier concernant le génie civil des modules piscine et réacteur. L'Institut a également entrepris l'examen du rapport préliminaire de sûreté de la partie réacteur.

Phénix

Au cours de l'année 2000, les travaux de rénovation et d'inspection ont été poursuivis dans le réacteur Phénix, resté à l'arrêt. L'opération très complexe consistant à contrôler des soudures de la virole conique de supportage du cœur a été effectuée, sans qu'aucun défaut susceptible d'affecter la sûreté de l'installation soit constaté. Par ailleurs, à la suite des contrôles destructifs et des expertises métallurgiques de divers modules des générateurs de vapeur, l'exploitant a présenté une démarche de sûreté visant à montrer la possibilité de fonctionner avec les fissures constatées dans l'enveloppe sodium de ces modules.

L'IPSN a examiné plusieurs dossiers transmis par l'exploitant dans le cadre du déroulement de ces travaux et de ces contrôles.

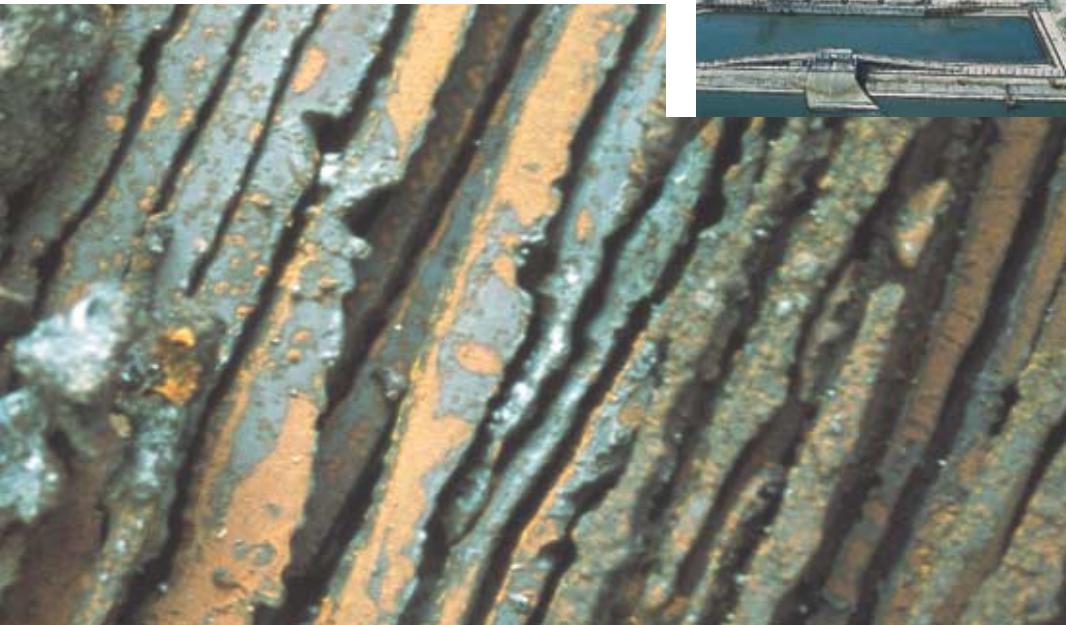
Création d'un pôle explosion à l'IPSN

Afin de fédérer et de compléter les compétences en matière d'évaluation du risque d'explosion qu'il possède déjà, l'IPSN a créé un pôle de compétences dans ce domaine. L'objectif est de mieux identifier les risques d'explosion dans les installations et de mieux apprécier les dispositions prises à cet égard par les exploitants. Les principales actions menées au sein de ce pôle explosion ont porté notamment sur l'analyse cri-

Centrale nucléaire de Fessenheim (Haut-Rhin).



Sortie d'un assemblage combustible à l'usine de traitement des déchets UP3, COGEMA, La Hague (Manche).



les différentes solutions proposées par l'exploitant pour rétablir dans les meilleurs délais la protection des matériels IPS susceptibles d'être endommagés ;

- ◊ la découverte d'une insuffisance des ancrages au sol des bâches des systèmes PTR et ASG de Bugey (Ain) et de Fessenheim. Les solutions proposées par EDF pour corriger ces anomalies ont été analysées par l'Institut au cours de l'année 2000. Par ailleurs, ces anomalies ont conduit l'Institut à juger nécessaire qu'EDF réalise un examen de la tenue au séisme de la totalité des bâches des systèmes importants pour la sûreté des paliers CPO et CPI-CP2.
- ◆ À l'issue du réexamen de sûreté, EDF a proposé environ soixante-dix modifications destinées à améliorer la sûreté des tranches de 900 MWe. Pour un certain nombre d'entre elles, l'Institut a examiné l'adéquation aux problèmes posés, l'absence

d'impact sur la fiabilité des systèmes concernés, le caractère suffisant des essais destinés à s'assurer de leur bonne intégration dans l'installation et l'adaptation des documents d'exploitation. En particulier, au cours de l'année 2000, l'Institut a examiné l'adéquation des modifications du système de ventilation (DVS) des locaux des moteurs des pompes des systèmes d'injection de sécurité (RIS) et d'aspersion dans l'enceinte (EAS) avec les exigences de sûreté identifiées dans le cadre du réexamen de sûreté. À l'issue de cet examen, il a estimé que les modifications matérielles actuellement proposées par EDF étaient insuffisantes pour garantir le refroidissement des moteurs des pompes RIS et EAS en situation d'accident de perte de réfrigérant primaire et devaient être améliorées.

tique de plusieurs outils de calcul d'explosion et des effets d'une explosion.

Instruction des demandes de modification des autorisations de l'usine COGEMA de La Hague

COGEMA a déposé une demande de modification des décrets d'autorisation de création des deux usines de traitement de combustibles irradiés UP3-A et UP2-800 et de la station de traitement des effluents liquides et des déchets solides STE3 de son établissement de La Hague. La DSIN a saisi le groupe permanent "usine" sur les points suivants :

- l'augmentation de la capacité d'entreposage de

combustibles dans les piscines des usines UP2-800 et UP3-A ;

◦ l'augmentation de la capacité annuelle de traitement de combustibles irradiés de chacune des usines tout en limitant la capacité maximale annuelle du site à 1 700 tonnes ;

◦ l'élargissement de la gamme de combustibles à traiter en y incluant d'autres types que ceux actuellement autorisés : combustibles à base d'oxyde d'uranium à taux d'irradiation élevé, combustibles à base d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium irradiés dans des réacteurs à eau légère, combustibles irradiés dans des réacteurs à neutrons rapides, combustibles irradiés dans des réacteurs expérimentaux ;

◦ la réception, l'entreposage et le traitement de substances et de matières nucléaires compatibles avec les spécifications des matières traitées dans les installations précitées provenant d'autres installations nucléaires que celles de La Hague. L'IPSN a examiné les rapports préliminaires de sûreté transmis par COGEMA à l'appui de sa demande de modification des décrets précités. En particulier, l'IPSN a apprécié la faisabilité des traitements envisagés au regard des risques à maîtriser et leur incidence en fonctionnement normal ou accidentel sur les personnes et l'environnement, en soulignant les domaines qui nécessiteraient des études complémentaires.



car nulle part il n'est d'arrêt

rainer maria rilke





Visite de surveillance
des installations.

RRA : circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt

L'IPSN a effectué l'analyse de l'ensemble des travaux engagés par EDF sur la fissuration des zones de mélange de fluides chaud et froid dans les circuits RRA des tranches du palier N4 et autres paliers. Ce type de fissuration par fatigue thermique a conduit à une fuite importante sur la tranche 1 de Civaux le 12 mai 1998. Cette analyse a couvert la nouvelle conception du RRA mise en œuvre par EDF sur les tranches du palier N4, les conséquences pour les zones similaires des tranches des paliers 900 MWe et 1300 MWe et l'avancement du programme de travail engagé par EDF tant sous

l'aspect de la compréhension des phénomènes en cause que sous l'aspect des solutions palliatives. À cet égard, l'IPSN a engagé des études de détermination des sollicitations thermomécaniques dans les zones de mélange, indépendantes de celle de l'exploitant. L'analyse de l'IPSN a conduit à formuler des demandes concernant le programme de suivi périodique de la nouvelle conception retenue pour le palier N4 et la stratégie de contrôle et de remplacement des zones similaires des tranches des autres paliers.

Méthode déterministe réaliste

L'IPSN a examiné la nouvelle méthode d'étude de

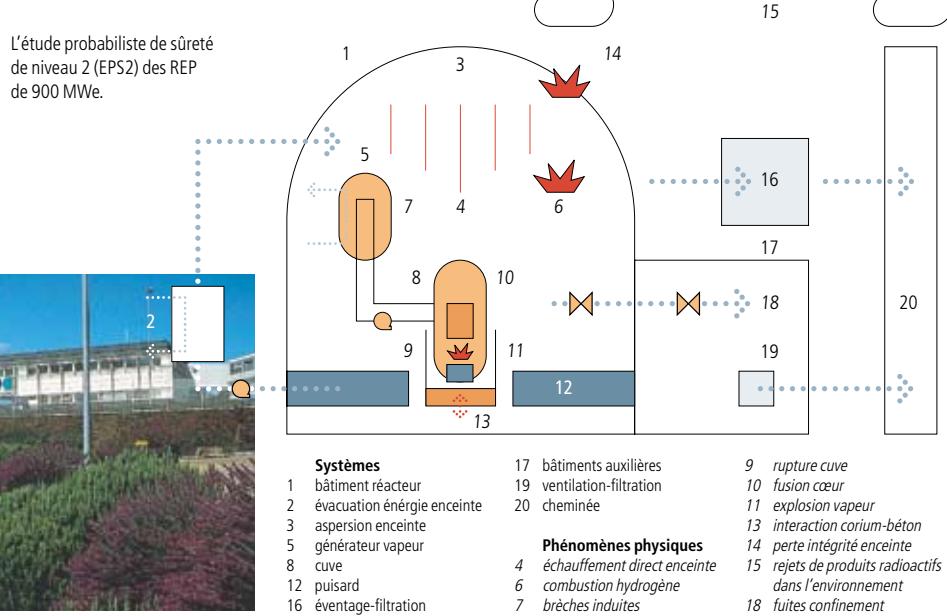
l'accident de perte de réfrigérant primaire par grosse brèche développée par EDF, appelée méthode déterministe réaliste APRP GB. L'analyse de l'IPSN a notamment porté sur la vérification de la capacité du code de thermohydraulique CATHARE à simuler le transitoire d'APRP GB, la méthode d'évaluation de la température maximale de gaine avec un haut niveau de probabilité et la définition d'hypothèses permettant de garantir un calcul avec ce code qui soit acceptable pour l'évaluation de la température maximale de gaine. Cette analyse a fait l'objet d'une réunion du groupe permanent réacteur courant juin 2000.



Usine de fabrication de combustible MELOX à Bagnols-sur-Cèze (Gard).



L'étude probabiliste de sûreté de niveau 2 (EPS2) des REP de 900 MWe



L'étude probabiliste de sûreté de niveau 2 (EPS2) des REP de 900 MWe et la réévaluation du terme-source de référence S3

L'année 2000 a vu la mise au point des rapports de synthèse de deux projets relatifs aux accidents graves¹ des réacteurs à eau sous pression : la première version de l'étude probabiliste de sûreté de niveau 2, qui vise à évaluer les fréquences et les niveaux des rejets radioactifs possibles dans l'environnement ; la réévaluation du terme-source de référence S3² qui constitue les bases techniques des PPI prévoyant les mesures que les pouvoirs publics pourraient mettre en œuvre afin de protéger les populations en cas d'accident majeur.

Le projet EPS2 constitue une étude à caractère systématique des scénarios possibles d'accident grave pour un REP de 900 MWe, à partir de l'ensemble des séquences accidentelles pouvant mener à la fusion du cœur, identifiées par l'EPS de niveau 1. La réévaluation du terme-source a au contraire concerné uniquement trois séquences avec grosse brèche

primaire mais a été menée pour tous les paliers (900, 1300 et 1450 MWe).

Pour ce qui concerne les études physiques, ces deux projets se sont appuyés sur les connaissances les plus récentes, acquises tant par les programmes propres de l'IPSN que dans le cadre de collaborations internationales, en particulier celles du programme Phébus PF. Ces études constituent ainsi des synthèses opérationnelles des programmes relatifs aux accidents graves conduits depuis de nombreuses années. Les deux projets ont également largement fait appel aux outils de calcul et aux méthodes développés ces dernières années.

Les résultats des études ont mis en évidence des domaines dans lesquels des efforts importants d'étude et de recherche restent à fournir pour diminuer les incertitudes associées. Parmi ceux-ci, on note en particulier l'étude des brèches induites

Révision de la Règle fondamentale de sûreté incendie

La Règle fondamentale de sûreté I.4.a (RFS I.4.a) concerne la protection contre l'incendie des installations nucléaires de base autres que les réacteurs nucléaires et les accélérateurs de particules. Elle précise les conditions dont le respect vaut conformité avec la réglementation française. Des difficultés d'application de cette Règle ont conduit l'IPSN à mener des réflexions sur les principes de base de la protection contre l'incendie, les méthodes d'évaluation du risque d'incendie et l'application de la démarche de sûreté. L'IPSN a proposé un projet de révision de la

RFS I.4. qui conduit à distinguer plus nettement les secteurs de feu, intègre plus explicitement, dans la démarche de sûreté, les moyens d'intervention et précise les conditions de dimensionnement des matériels.

Règle fondamentale de sûreté sur les études probabilistes de sûreté

Les études probabilistes de sûreté (EPS) sont utilisées pour conforter ou compléter les analyses de sûreté déterministes. À la demande de l'Autorité de sûreté, un groupe de travail comprenant des représentants de l'Institut a rédigé un projet de Règle fondamentale de sûreté por-

tant sur le développement et l'utilisation de telles études. Durant l'année 2000, l'Institut a présenté l'état d'avancement de cette Règle fondamentale de sûreté au groupe permanent pour les réacteurs nucléaires.

MELOX : examen en vue de la mise en service définitive

L'IPSN a examiné le rapport définitif de sûreté, les règles générales d'exploitation et le plan d'urgence interne de l'usine de fabrication d'éléments combustibles nucléaires à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium MELOX exploité par COGEMA. L'examen a principalement



"Appareillage B".



du circuit primaire du fait de hautes pressions dans certaines séquences accidentielles, l'interaction corium-béton en cas de percement de la cuve et le comportement de l'iode dans le circuit primaire et dans le bâtiment du réacteur.

En 2001, il est prévu de comparer les résultats obtenus avec des résultats d'études similaires engagées par EDF. Par ailleurs, la réalisation d'une nouvelle version de l'EPS2 a d'ores et déjà débuté ; elle reposera sur la version actualisée de l'EPS de niveau 1 (mise à jour de la version de l'EPS de niveau 1 dont les résultats ont été publiés en 1990) et couvrira l'ensemble des états initiaux (l'étude réalisée actuellement ne traitant que des états en puissance du réacteur).

Il convient de souligner le caractère particulièrement fédérateur de ces projets auxquels ont participé des équipes de quatre départements de l'IPSN.

¹ Les accidents graves sont par définition des accidents impliquant la fusion partielle ou totale des éléments combustibles du cœur du réacteur, à la suite d'une défaillance durable de leur refroidissement.

² Le terme-source S3 est par définition un rejet "enveloppe", différé (survenant un ou plusieurs jours après le début de l'accident) et par une voie filtrée, pour les accidents impliquant la fusion totale du cœur, d'un REP.

porté sur la dosimétrie du personnel et son évolution en fonction des caractéristiques des matières mises en œuvre et des combustibles fabriqués, la prévention des risques de criticité compte tenu de l'élargissement de la gamme d'éléments combustibles fabriqués et la prise en compte du facteur humain dans l'exploitation de l'usine. Le groupe permanent pour les usines n'a pas émis d'objection à la mise en service définitive de l'usine MELOX mais a toutefois recommandé que l'exploitant formalise sa démarche d'optimisation visant à maîtriser les risques d'exposition du personnel aux rayonnements ionisants et se fixe annuellement des objectifs de

dose individuel et collectif volontaristes basés sur les résultats de l'année précédente.

Nouvelles exigences pour les transports sur site

À la demande de la CST, l'IPSN a présidé un groupe de travail constitué en vue de proposer des seuils d'homologation (seuils pour la masse de matière fissile et l'activité contenue dans un colis transporté sur site au-delà desquels la conformité du colis devra être attestée par l'Autorité de sûreté compétente). Ce groupe de travail s'est réuni à trois reprises pour évaluer les conséquences dosimétriques des accidents possibles, compte tenu

des conditions de transport et d'intervention spécifiques aux sites. Ses résultats ont été exposés à la CST, qui a retenu le seuil d'activité de 100 A2 (soit cent fois plus élevé que le seuil au-delà duquel un agrément est nécessaire pour les transports sur la voie publique) et conservé le seuil de masse de matière fissile défini par la réglementation pour les transports sur la voie publique.

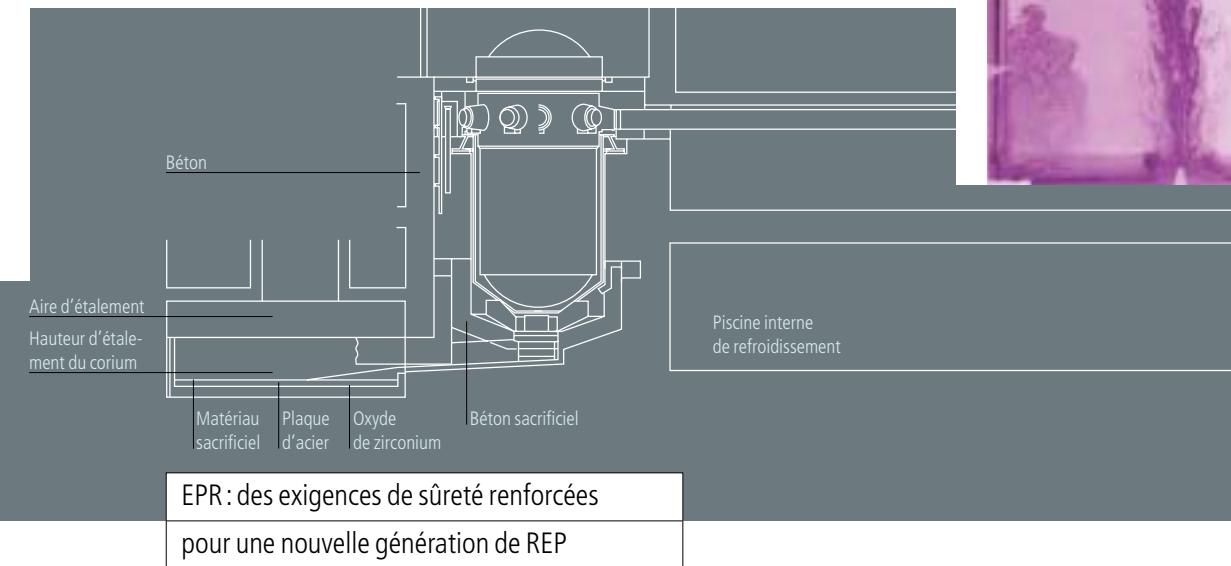
Mise en suspension de contamination

La connaissance des coefficients de mise en suspension de matières radioactives en situation d'exploitation normale et accidentelle des installations est essentielle pour, d'une part, mieux



Principe du récupérateur de corium.

Visualisation d'une chute de poudre dans une enceinte non ventilée.



EPR : des exigences de sûreté renforcées

pour une nouvelle génération de REP

Les options de sûreté détaillées proposées par le concepteur franco-allemand du réacteur EPR ont été analysées par l'IPSN en association avec son homologue allemand, la GRS ; les résultats de ces analyses ont été présentés au groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires avec la participation d'experts allemands. L'ensemble de ces travaux s'est achevé par la préparation de directives techniques, qui ont été approuvées les 19 et 26 octobre 2000, puis transmises à l'Autorité de sûreté nucléaire. Ces directives techniques sont l'aboutissement de sept années de discussions franco-allemandes sur les réacteurs de l'avenir.

Une des principales exigences de conception est de prendre en compte les accidents avec fusion du cœur dans le dimensionnement des futurs réacteurs REP : les accidents pouvant entraîner des rejets radioactifs précoce et importants doivent être “pratiquement éliminés” à la conception, et les situations de fusion du cœur à basse pression ne doivent nécessiter que des contre-mesures limitées en importance et en durée dans l'environnement de l'installation.

Des exigences renforcées s'appliquent en particulier aux agressions externes (séismes, explosions, chutes d'avion). La majorité des systèmes IPS sont organisés selon quatre trains indépendants (dont deux suffisent pour assurer la fonction), répartis dans quatre zones géographiques séparées.

Une étude probabiliste doit être menée par le concepteur, dès les premiers stades de la conception, afin d'apprécier le caractère suffisant des dispositions prises.

estimer les conséquences radiologiques de ces situations et, d'autre part, optimiser les moyens de protection à mettre en œuvre dans la conception des installations.

L'insuffisance des données dans ce domaine a conduit l'IPSN à lancer en 1998 le programme Aérocontamination cofinancé par COGEMA.

L'effort a tout d'abord porté sur la mise en suspension de contamination par écoulement d'air et par chute de poussières.

Concernant le léchage, l'année 2000 a été marquée, d'une part, par la réalisation et l'analyse des premières expériences en inactif et, d'autre part, par le lancement de la réalisation de l'installation BISE

ACTIVE, qui accueillera des expériences sur des pastilles MOX et des poussières d'UO₂, de PuO₂ et MOX. Concernant la chute de poussières, une nouvelle installation, DISCO, a été conçue pour accueillir des expériences sur des poussières inactives qui seront réalisées en atmosphère calme et en atmosphère ventilée.

Par ailleurs, la première version de la base informatisée de données BADIMIS a été livrée aux utilisateurs de l'IPSN et de COGEMA. Cette base doit rassembler l'ensemble des valeurs de coefficients de mise en suspension acquises au cours du programme.

Le programme produits de fission reprend sur “l'Appareillage B” de Valduc

Après le changement de la cuve du cœur expérimental, la première approche sous-critique a été réalisée le 22 septembre 2000. Cette expérience est la première du deuxième volet du programme Produits de fission, et s'inscrit dans le cadre du Programme d'intérêt commun Criticité avec COGEMA. L'objectif de ce programme est de qualifier sur le plan neutronique l'antiréactivité apportée par les produits de fission présents dans le combustible usé. Le deuxième volet de ce programme, que l'on nomme Dissolution élémentaire, concerne des produits de fission en

La piscine Pégase à Marcoule (Gard).



Accidents graves

L'IPSN a soumis au groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires une analyse actualisée des risques de percement du radier des réacteurs REP par le corium, mélange extrêmement chaud et corrosif de matières fissiles et de structures fondues.

Cette analyse a permis d'acquérir une meilleure connaissance des conditions d'utilisation de certains équipements en situation d'accident grave, d'améliorer notamment les procédures de conduite et l'appréciation des actions à mener dans le cas d'une contamination radioactive des nappes phréatiques à la suite du percement du radier par le corium.

L'IPSN a analysé le programme d'installation des recombineurs catalytiques proposé par EDF pour réduire le risque d'explosion de l'hydrogène dégagé dans l'enceinte de confinement au cours d'un accident grave.

solutions faiblement acidulées, isolées ou mélangées, en interaction avec des réseaux de crayons de type UO₂. Ces expériences se rapprochent des conditions réelles rencontrées sur le plan de la neutronique lors de la dissolution du combustible usé.

Les résultats du programme H2PAR

Le programme d'essais H2PAR, d'une durée de quatre ans, s'est achevé fin 2000. Il a permis de vérifier le comportement des recombineurs catalytiques d'hydrogène dans une atmosphère représentative de celle qui régnerait dans l'enceinte de confinement d'un REP lors d'un accident grave. Parmi les résultats récents, on peut noter :

- . le bon comportement des recombineurs dans des atmosphères chargées d'aérosols d'iode d'argent ou de produits provenant de la dégradation de peintures;

- . la détermination, dans la plage de concentrations en vapeur d'eau attendues lors d'un accident grave, du seuil d'inflammation de ces dispositifs en fonction de la fraction molaire d'hydrogène (seuil de l'ordre de 8 %);
- . l'influence des paramètres géométriques principaux (notamment l'espacement entre les plaques catalytiques et l'allongement de la hauteur de la cheminée au-dessus des plaques) sur les performances des recombineurs.

Avancées dans la quantification des rejets de contamination

Deux types d'actions ont été menés afin d'améliorer la quantification des rejets de contamination dans les conditions normales ou accidentelles de fonctionnement d'une installation. En aéraulique, une modélisation de l'influence du vent sur la hiérarchisation des dépressions et des débits de ventilation a été mise au point. Dans le domaine du dépôt des aérosols, de nouvelles données expérimentales ont été acquises et des modèles ont été développés ou appliqués pour déterminer la rétention des aérosols dans les fis-



Qualification des outils d'étude des risques de criticité

L'évaluation des risques de criticité présentés par une installation (ou un emballage de transport) mettant en œuvre des matières fissiles nécessite de pouvoir calculer, avec une précision connue, le coefficient de multiplication effectif (K_{eff}) des neutrons dans des "configurations enveloppes" afin de vérifier qu'il reste inférieur à 1 (état critique) avec des marges de sécurité suffisantes. Les configurations de calcul sont définies par l'analyse de sûreté en retenant les combinaisons les plus défavorables des paramètres, compte tenu des modes de contrôle de la criticité et des milieux fissiles ; elles correspondent aux situations les plus pénalisantes dans lesquelles l'installation pourrait se trouver à la suite des dysfonctionnements plausibles.

Le nouveau schéma de calcul de criticité CRISTAL, développé par le CEA et l'IPSN, fait actuellement l'objet de nombreux travaux de qualification, dans

le but de détecter d'éventuels écarts entre calculs et expériences et de connaître la précision obtenue. Pour ce faire, des configurations critiques expérimentales, représentatives des situations réelles, sont modélisées et calculées. Les incertitudes associées à tous les paramètres expérimentaux sont précisées et leur impact sur le résultat du calcul du K_{eff} de l'expérience est déterminé.

Les expériences critiques, parfois anciennes, réalisées à Valduc par l'IPSN ou menées dans des laboratoires étrangers, sont ainsi systématiquement réévaluées afin de servir de références pour la qualification des nouveaux schémas de calcul de criticité.

Études sur le risque hydrogène au laboratoire H2PAR à Cadarache (Bouches-du-Rhône).

sures d'une paroi et le colmatage des filtres à très haute efficacité par des particules solides.

Recherches sur la prédition des transferts de contamination dans les espaces ventilés

Plusieurs travaux ont été menés afin de mieux quantifier les écoulements et les transferts de contamination à l'intérieur d'espaces ventilés. Dans le domaine numérique, l'évaluation de deux codes, l'un fondé sur une approche multidimensionnelle (CFX) et l'autre sur une approche systémique (IDTS), a été engagée sur la base d'expérimentations réalisées dans différents

locaux. En ce qui concerne les techniques de traçage, la qualification d'un système de détection d'aérosols fluorescents en temps réel pour des aérosols liquides a été achevée. Enfin, des expériences de traçage effectuées sur une installation réelle ont permis d'accéder à une première approche de calcul des transferts dans le champ proche d'une source accidentelle.

Accident de perte de réfrigérant primaire (APRP) : fondements des critères

Les critères de sûreté relatifs aux accidents de perte de réfrigérant primaire ont été fixés en 1974 par la NRC (États-Unis) après une procédure contradic-

toire et publique (Audition pour la réglementation du circuit de refroidissement de secours du cœur) pour les combustibles REP à faible taux de combustion et à gaine en zircaloy, puis étendus en 1992 aux gaines en zirlo. Des résultats surprenants obtenus avec un autre alliage ont amené l'IPSN à relier les conclusions de cette audition. Cette relecture a révélé une perte de connaissance par la communauté internationale, non des critères mais de leurs fondements, susceptible d'avoir un impact important sur leur transposition aux gaines en zircaloy à fort taux de combustion et à d'autres alliages. Cela nécessitera une attention accrue lors de l'instruction des demandes d'EDF d'augmentation

Vue générale de la maquette MAEVA sur le site de Civaux (Vienne).



MAEVA : évaluation du confinement des REP en situation accidentelle

EDF a réalisé une maquette (MAEVA) de simulation à échelle 1/3 d'une tranche d'enceinte de confinement de réacteur pour étudier en particulier les problèmes d'étanchéité.

La méthode de mesure locale des fuites en air mise en œuvre par EDF sur la paroi de cette maquette est identique à celle mise en œuvre lors des épreuves des enceintes de confinement des REP 1300/1400 MWe en exploitation. Cette méthode, dite "par

boîtes de mesure", consiste à appliquer sur le parement de la maquette une boîte collectrice des fuites (BCF) reliée à un débitmètre mesurant le débit d'air collecté. La précision de cette méthode dépend de plusieurs paramètres, notamment du mode opératoire lié à la mise en place de la boîte (étanchéité) et de la perte de charge du débitmètre.

Pour quantifier les débits de fuite à travers les micro-fissures du béton sur la maquette, l'IPSN a proposé une autre méthode de mesure. Cette méthode utilise également des boîtes collectrices, mais le principe de la mesure des débits consiste à injecter un traceur gazeux (hélium) dans l'enceinte puis à mesurer simultanément les concentrations en hélium dans l'enceinte et dans les boîtes de mesure.

des taux de combustion des combustibles UO₂ et MOX et de changement d'alliage de gaine.

Programme ASPERSION : évaluation du transfert de l'iode dans les gouttes d'eau pour le cas de l'aspersion en mode direct

L'efficacité de la collecte des produits de fission par le système d'aspersion des REP est étudiée sur l'installation CARAIDAS. Après les essais sur la phase aérosols, des essais de rabattement de l'iode gazeux ont été réalisés en mode direct (sans re-circulation de l'eau d'aspersion).

Les variables étudiées sont le pH, la température du gaz, la pression et la concentration de l'iode

moléculaire. Il apparaît que le taux de rabattement de l'iode diminue fortement avec le pH, tandis qu'il ne semble pas être influencé par les autres variables. Les résultats obtenus sont en accord avec les prévisions des modèles existants.

Réalisation des premiers essais dans SILÈNE du programme RAFT pour les réacteurs à neutrons rapides

Le 23 novembre 2000, le premier essai d'étalonnage du programme RAFT-TP3, qui comportera plusieurs essais SILÈNE, a été réalisé sur l'installation. Ce programme d'essai s'inscrit dans le cadre des études de la phase de transition d'un accident

de fusion du cœur d'un réacteur à neutrons rapides et est réalisé en collaboration avec l'entreprise japonaise JNC. L'objectif est de fondre l'oxyde d'uranium par chauffage nucléaire pour vaporiser l'acier. En interprétant l'enregistrement du front de montée en pression dû à la vaporisation de l'acier, il est possible d'évaluer le coefficient d'échange thermique combustible-acier en phase liquide.

Avancement du programme TOSQAN

Le programme expérimental TOSQAN est destiné à valider les modèles relatifs à la distribution de l'hydrogène (condensation, diffusion turbulente, aspersion...) introduits dans le code de calcul



Accès au dispositif d'injection des gouttes dans CARAIDAS.

Cette méthode, plus sensible que celle mise en place par EDF, a été retenue comme méthode de référence lors d'une campagne d'intercomparaison (séquence EVI réalisée en mars 2000) des moyens de mesure des débits de fuite. Ses résultats ne dépendent pas du mode opératoire ni de la perte de charge liée au débitmètre, et elle permet de détecter des débits de fuite de l'ordre de 0,5 litre par heure et par mètre carré.

TONUS, pour des conditions thermohydrauliques représentatives d'un accident grave de REP. L'année 2000 a été marquée par la mise en exploitation de l'installation, qui est maintenant opérationnelle pour l'essentiel (notamment la vélocimétrie laser), et par l'achèvement de l'implantation de l'instrumentation avec les mesures de concentrations gazeuses par spectrométrie de masse et par diffusion Raman.

Point technique sur le projet Cabri- Boucle à eau sous pression

L'avant-projet détaillé (APD) de la boucle à eau sous pression dans le réacteur Cabri a été mis à jour avec

de nouvelles options (dimensionnement de la cellule expérimentale prenant en compte la possibilité d'une réaction combustible-eau, implantation des matériels de la boucle dans la piscine SCARABÉE compte tenu de l'arrêt définitif de ce réacteur). La note de synthèse sur les options de sûreté et la note de classement de sûreté du matériel ont été élaborées.

L'avant-projet sommaire (APS) des dispositifs d'essai a été établi. Un programme important de recherche et développement de l'instrumentation a été lancé en 1998 et se poursuit. Le calendrier est le suivant :

. mise au niveau des normes modernes de la protection contre l'incendie en 2001 ;

- . dépôt de la demande d'autorisation pour la boucle à eau en 2002 ;
- . début des travaux de mise au niveau des normes anti-sismiques modernes début 2003 ;
- . début des travaux de la boucle à eau, du bloc pile et de la ventilation fin 2003, pour une installation prête à fonctionner en 2005.

Réalisation des essais REP Na11 et REP Na12 dans le réacteur Cabri

Deux essais REP dans la boucle sodium ont été réalisés dans le réacteur Cabri en 2000 : REP Na11 le 21 juin et REP Na12 le 7 décembre. Définis en collaboration avec EDF, ils visaient à étudier le

Piscine du réacteur expérimental Phébus PF. Poste d'examen de contrôle (en rouge au premier plan).



Vue du hall SURA habitant les deux réacteurs Cabri et Scarabée.

Programme international Cabri-Boucle à eau : partenaires, matrice d'essais

Des considérations essentiellement d'ordre économique conduisent aujourd'hui la plupart des électriciens dans le monde à chercher à augmenter les taux de combustion du combustible nucléaire. Cela conduit les concepteurs à mettre au point de nouveaux alliages pour améliorer la résistance des gaines à la corrosion (gainages dits avancés). C'est dans ce cadre que l'IPSN a défini le programme international Cabri-Boucle à eau qui comportera douze nouveaux essais dans le réacteur Cabri, dont dix dans l'installation rénovée et équipée d'une boucle à eau sous pression. Cette boucle est nécessaire pour étudier les conséquences d'un accident de réactivité dans un réacteur à

comportement des combustibles REP à haut taux de combustion en cas d'un accident de réactivité. L'essai REP Na 11 (63 GWj/t) concernait le nouvel alliage M5 prévu par EDF pour remplacer à terme l'alliage actuellement utilisé pour les gaines des combustibles à base de dioxyde d'uranium. L'essai REP Na 12 (65 GWj/t) visait à compléter les études relatives au comportement du combustible MOX (mélange de dioxydes d'uranium et de plutonium). L'énergie déposée dans les crayons pendant le transitoire de puissance a été respectivement de 110 cal/g et 104 cal/g. Aucune rupture des crayons n'a été constatée.

Interprétation : synthèse du programme Cabri FAST

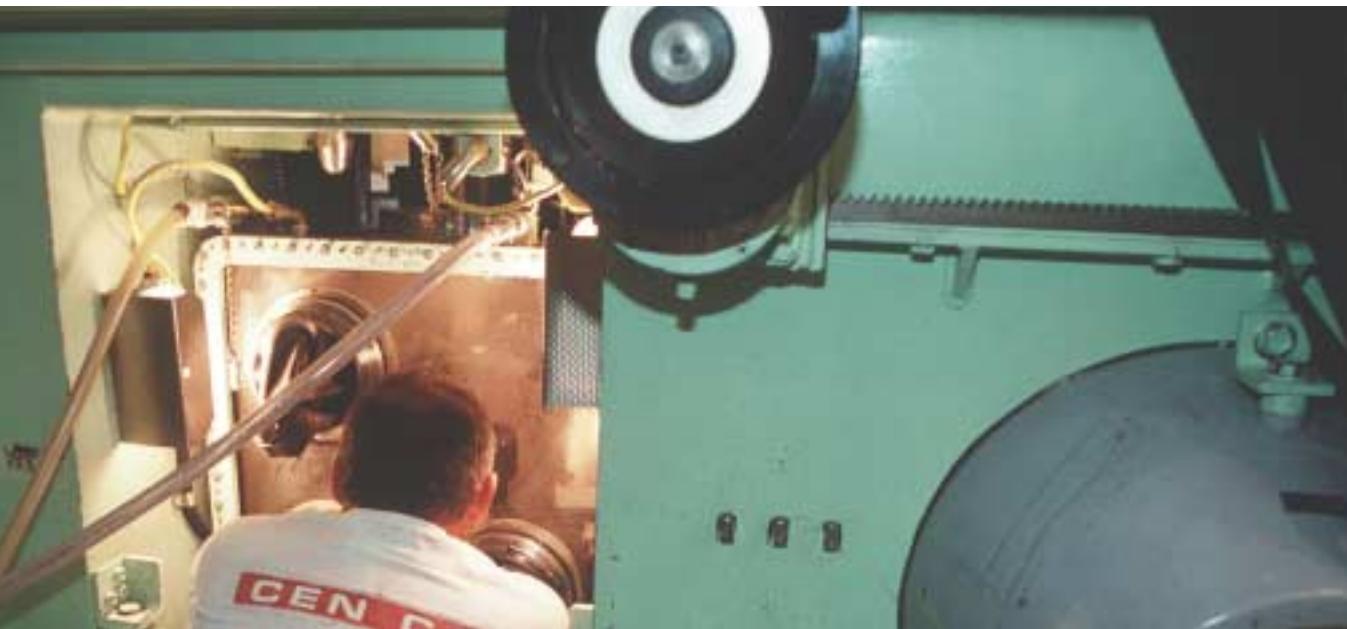
La synthèse des résultats du programme Cabri FAST, consacré, d'une part, au transitoire de remontée de barre de commande des RNR et, d'autre part, à leur accident de fusion globale du cœur, a été réalisée ; elle met en évidence des éléments essentiels sur le comportement accidentel des aiguilles annulaires irradiées : détermination de la puissance à laquelle la fusion du combustible intervient, marge importante par rapport à la rupture lors de rampes lentes de puissance, mouvements internes de combustible fondu modifiant le chargement mécanique sur la gaine et

pouvant influencer les conditions de rupture de celle-ci.

Séminaire Phébus PF et rapport final de l'essai FPT1

Du 20 au 22 mars 2000, s'est tenu à Marseille le quatrième séminaire technique du programme Phébus PF. Cent soixante-dix participants, provenant de tous les pays impliqués dans le programme, ont assisté aux présentations des résultats et des enseignements tirés des trois premiers essais et de leur utilisation pour la validation des codes de sûreté. Ont été également présentés et discutés les objectifs et l'état de pré-

Appareillage de transfert
du dispositif expérimental Cabri.



'eau, avec un environnement plus représentatif que dans l'actuelle boucle à sodium, qui ne permet d'étudier que le début de l'accident.

- ♦ Deux essais seront menés en 2002, dans la boucle à sodium actuelle, sur du combustible à base d'oxyde d'uranium à gainage avancé (M5 et Zirlo).
- ♦ En 2005, un essai de qualification de la boucle à eau sera mené sur du combustible à faible taux de combustion.
- ♦ De 2005 à 2007 seront menés :
 - ◊ deux essais, semblables à ceux de 2002, dans la boucle à eau;
 - ◊ des essais sur du combustible à taux de combustion encore plus élevé;
 - ◊ des essais sur combustible à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium;
 - ◊ des essais complémentaires de compréhension physique.

Le partenariat technique et financier comprend :

- ♦ un accord Ombrelle sous l'égide de l'OCDE, qui a pour but de fixer les règles communes à l'ensemble des participants;
- ♦ des accords bilatéraux, établis avec EDF et chaque pays concerné.

À ce jour, des organismes de neuf pays ont signé l'accord Ombrelle (Allemagne, Corée, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Hongrie, République tchèque, Suède, Suisse) et deux pays, l'Espagne et la Suède, ont signé un accord bilatéral.

paration des derniers essais du programme ainsi que les résultats des essais analytiques en support à l'interprétation des essais Phébus PF.

Conformément au protocole de 1998 entre l'Union européenne et l'IPSN, le rapport final de l'essai Phébus FTP1 a été approuvé par la Commission européenne à la fin de l'année. Cet essai a permis de tirer des enseignements de premier ordre concernant la dégradation d'un combustible irradié, le relâchement de produits de fission et en particulier le comportement de l'iode lors d'une séquence représentative d'un accident grave de REP.

Lancement d'un programme de R&D sur le renoyage du cœur au cours d'un accident grave

L'injection d'eau dans la cuve est prévue, si elle est possible, en cas d'accident grave dans un REP. Compte tenu du manque de connaissances sur ses conséquences (essentiellement la cinétique de production d'hydrogène, la repressurisation du circuit primaire, le risque d'explosion de vapeur en cuve, la réémission des produits de fission), l'IPSN a réalisé un inventaire des besoins et un état des lieux en vue de définir une stratégie globale de recherche sur le renoyage d'un

coeur dégradé (essais analytiques, essais globaux, modélisation et développement de codes).

Lancement du programme CHIP

Le programme CHIP concerne l'étude de la chimie de l'iode en phase gazeuse dans le circuit primaire d'un REP lors d'un accident grave. Il permettra de recueillir des données thermodynamiques et cinétiques sur le comportement de l'iode à haute température en vue de valider les bases de données de thermochimie et les codes de calcul. Ces données aideront à interpréter les résultats des essais Phébus PF. Les paramètres clés sont les concentrations des produits de fis-

Installation Phébus à Cadarache
(Bouches-du-Rhône).



Phébus PF : réalisation de l'essai FPT2
et exploitation de l'essai FPT4



L'essai FPT2 a été réalisé avec succès en octobre 2000. Son objectif était l'étude du relâchement des produits de fission sous atmosphère peu oxydante (contrairement au cas de l'essai FPT1) lors d'un accident grave d'un REP, et de leur comportement dans l'enceinte de confinement. La grappe combustible, réirradiée pendant une semaine environ avant l'essai proprement dit, a été partiellement fondu à plus haute température que lors de l'essai FPT1. Des produits de fission ont été relâchés sous H₂ pur (la vapeur d'eau injectée étant totalement réduite en hydrogène par l'oxydation des gaines du combustible en alliage de zirconium) pendant dix-huit minutes ; des dépôts de produit de fission plus importants que lors de l'essai FPT1 ont été observés dans le circuit. Pendant la phase de quatre jours où sont étudiés le comportement chimique des produits de fission dans l'enceinte de confinement et leur répartition entre l'eau du puisard, l'atmosphère située au-dessus et les parois

au contact de cette eau ou de cette atmosphère, le comportement de l'iode dans le puisard (milieu basique et plus chaud que l'atmosphère de l'enceinte de confinement) a été différent de ce qui a été observé lors de l'essai FPT1.

Par ailleurs, le démantèlement du dispositif expérimental de l'essai Phébus FPT4 a été entrepris en cellule chaude. Cet essai avait pour objectif l'étude du relâchement des produits de fission et des actinides par un lit de débris de combustible au cours d'un accident grave de REP. Après séparation du lit de débris et du système de filtration placé au-dessus de lui, où ont été piégés les aérosols relâchés, les cinq filtres ont été extraits puis découpés à l'aide d'outils spécialement mis au point à cet effet. L'examen du combustible et les analyses d'échantillons de filtres, prévus au cours des deux années à venir, permettront de déterminer les relâchements de produits de fission et d'actinides.

sion, la composition du gaz vecteur H₂O/H₂, les temps de séjour et la distribution des températures dans la section d'essai. La réflexion porte actuellement sur la définition du dispositif d'essai et les conditions expérimentales à réaliser.

FEUX: construction de DIVA et démarrage du programme CARMELA

L'année 2000 a été consacrée à la construction du dispositif pour l'incendie, la ventilation et l'aéraulique (DIVA). Ce dispositif expérimental à grande échelle est destiné à l'étude de la propagation du feu et des fumées vers les locaux adjacents à un local en feu.

Le programme expérimental CARMELA étudie les feux dans les armoires électriques, équipements qui sont à l'origine de départs de feux. Les dix-huit essais réalisés en 2000 ont permis d'étudier sur un modèle analytique d'armoire électrique l'influence de divers paramètres (ventilation, encombrement) sur le développement du feu. Ce programme sera suivi d'essais de feux d'armoires réelles.

Essais de combustion d'hydrogène dans l'installation RUT

Dans le domaine du risque hydrogène, l'IPSN poursuit sa collaboration avec l'Institut Kurchatov

(Russie) et FZK (Allemagne) dans le cadre d'expériences de combustion turbulente dans l'installation RUT, située près de Moscou.

Les essais réalisés en 2000 montrent des accélérations de flamme, dont certaines avec augmentation de pression sensible, inattendues selon les critères actuels, dans des géométries avec convergent. Le programme prévu s'attachera à préciser s'il convient de raffiner les critères ou de tenir compte d'incertitudes.

Il est à noter que ce programme est désormais partiellement financé par l'UE dans le cadre du cinquième PCRD et associe de nouveaux partenaires : la GRS, SIEMENS et JRC ISPRA.

la sûreté des déchets nucléaires



Évaluation des performances d'un stockage de combustibles usés

Dans le cadre des programmes de recherche et développement de la Commission européenne, l'IPSN participe depuis 1982 à des études relatives à la sûreté des stockages géologiques de déchets radioactifs, consacrées principalement à l'évaluation de l'impact radiologique. La participation de l'IPSN à ces exercices permet de confronter ses méthodes d'analyse et d'expertise avec l'utilisation du logiciel MÉLODIE¹ à celles utilisées dans d'autres pays européens et de les améliorer. L'étude SPA, dernier en date de ces exercices, a abordé le cas d'un stockage de combustibles irradiés.

Les hypothèses initiales de l'étude (quantités et types de combustibles à stocker, modes de conditionnement, concepts de stockage et sites) ont été choisies en cohérence avec le contexte national de

chaque pays participant. Dans le cas de la France, l'IPSN a tenu compte de l'exploitation des centrales électronucléaires actuellement en service et d'un retraitement partiel des combustibles UOX déchargés afin d'assurer la production de combustibles MOX. Pour ce qui concerne le conditionnement des combustibles et la conception des ouvrages de stockage, les choix se sont appuyés sur les résultats du groupe de travail Stockage direct². Deux types de formations géologiques ont été étudiés : l'argile et le granite.

Les caractéristiques choisies par l'IPSN pour la formation argileuse dérivent de celles rencontrées dans les formations sédimentaires de la bordure est du Bassin parisien. Pour la formation cristalline, il s'agit d'un massif granitique affleurant ; la petite fracturation y est supposée homogène.

Les doses calculées résultent de l'arrivée d'eau contaminée dans la biosphère *via* un puits ou une rivière. Pour ce qui concerne les voies d'exposition



Château de transport TN 12 de combustibles irradiés.



Projet SCAR

L'objectif de ce projet, mené en partenariat avec EDF, est l'intégration du code CATHARE 2 dans le simulateur de thermohydraulique accidentelle SIPA 2 afin de bénéficier d'une modélisation plus précise des écoulements diphasiques et de la base de qualification plus étendue de ce code. La phase de faisabilité (1997-2000) du projet SCAR est achevée ; elle a permis de fixer les options de réalisation concernant l'intégration informatique et les principales options numériques. Elle se concrétise par l'obtention d'un modèle de chaudière CP1 basé sur CATHARE 2 déjà utilisé pour les études et la formation.

La phase de réalisation (2001-2003) utilisera la dernière version de CATHARE 2 et inclura en particulier une modélisation diphasique du circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt.

CORINE : bilan du programme

Le programme CORINE s'est achevé en 2000. Ce programme, financé par l'IPSN et réalisé par le CEA à Grenoble, était destiné à étudier, à l'aide de matériaux simulants, les phénomènes physiques intervenant dans l'étalement du corium, mélange des matériaux résultant de la fusion du cœur (combustible, barres de commandes, structures...). Les résultats obtenus sont utilisés pour la qualifi-

cation du code CROCO développé à l'IPSN, permettant de calculer l'étalement du corium dans l'enceinte de confinement d'un REP lors d'un accident grave. L'utilisation de matériaux simulants permet de travailler à basse température (moins de 200°C) et de réaliser de nombreux essais. L'installation CORINE consistait en une plaque métallique horizontale en forme de secteur de cercle d'angle de 19° et d'une longueur d'environ 7 m sur laquelle avait lieu l'étalement. Le fluide était déversé à la pointe du secteur, les mesures ont porté sur la progression du front d'étalement, l'épaisseur de la coulée, les températures... Les simulants étaient des mélanges eau-glycérol, des alliages



Entreposage de fûts de déchets en attente d'évacuation.

et la modélisation des transferts dans l'environnement, l'approche de l'IPSN concerne un groupe critique dont on suppose qu'il utilise l'eau contaminée à la fois comme boisson et pour l'irrigation de cultures.

Les doses efficaces engagées calculées sont généralement très faibles, de l'ordre ou inférieures au μSv par an pour un scénario normal ; les contributions des produits de fission et des produits d'activation se distinguent assez nettement de celles des noyaux lourds dans le temps ; seuls quelques radio-nucléides contribuent de manière significative à l'impact radiologique total.

D'une manière générale, trois périodes successives peuvent être distinguées. Pendant la première (correspondant à la tenue des conteneurs et aux délais de transfert de radionucléides à travers la barrière ouvragee), l'impact radiologique est nul.

Pendant la deuxième, l'impact radiologique est essentiellement associé aux produits de fission et aux produits d'activation (^{14}C , ^{36}Cl , ^{129}I , ^{79}Se et ^{126}Sn). Pendant la troisième, la contribution prépondérante est celle des noyaux lourds (^{226}Ra , ^{229}Th , ^{230}Th et ^{231}Pa).

Pour le site argileux, les relâchements dans la biosphère de produits de fission et de produits d'activation n'interviennent qu'après quelque dix-mille ans ; les relâchements de noyaux lourds n'interviennent pas avant quelques millions d'années. Pour le site granitique, les relâchements de produits de fission et de produits d'activation interviennent après quelque dix-mille ans ; les relâchements de noyaux lourds vers la biosphère interviennent après quelque cent-mille ans.

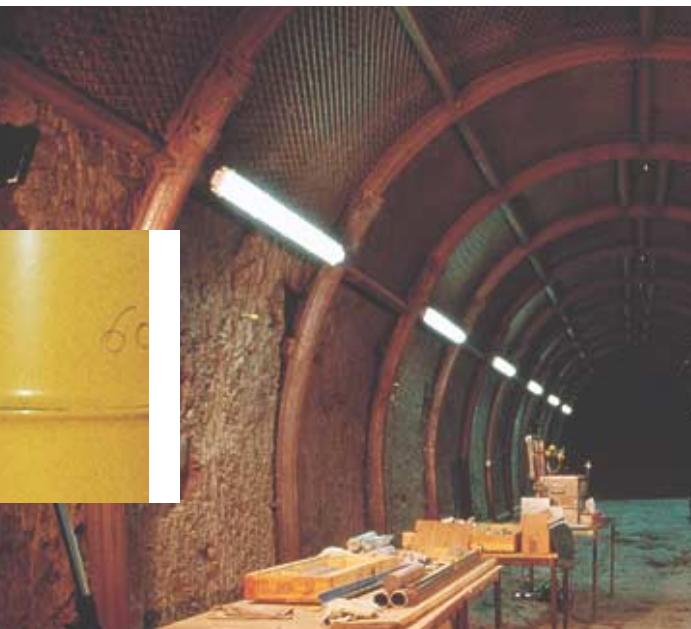
Au terme de cet exercice et de ceux qui l'ont précédé, l'IPSN dispose d'une réelle expérience en matière de modélisation intégrée d'une installation de stockage de déchets radioactifs en milieu géolo-

bismuth-étain, des sels fondus... Les principaux phénomènes étudiés ont été l'étalement sans et avec formation de croûte ainsi que la percolation à partir du support afin de représenter la traversée de l'écoulement par les gaz générés lors de l'interaction corium-béton.

Recherches menées dans les formations argileuses

L'IPSN mène depuis 1988 dans sa station expérimentale du tunnel de Tournemire (Aveyron), un programme de recherches visant à caractériser les propriétés de confinement d'une formation d'argile dure (ou argilite) au regard de la problématique du stockage en profondeur de déchets radioactifs qui pourrait se réaliser sur d'autres sites. Récemment, on a observé, à l'extrémité des galeries creusées dans le tunnel, un réseau de fissures particulières différentes des fissures d'origine tectonique. L'ouverture de ces fissures varie avec l'humidité de l'atmosphère :

au contact de l'air sec, la roche argileuse perd par évaporation l'eau qu'elle contient, se contracte, et la force ainsi engendrée provoque la fissuration sur une profondeur de plusieurs dizaines de centimètres. L'interprétation de ce phénomène, important pour le stockage de déchets radioactifs qui serait creusé dans le même type de roche, a fait l'objet d'une thèse de doctorat. Un phénomène de fissuration analogue (en cours d'interprétation) a été observé dans l'argilite du tunnel autoroutier du mont Terri (Suisse), où l'IPSN participe également, depuis 1995, à un programme international de recherches consacré au même objectif.



Site de Tournemire (Aveyron):
vue intérieure d'une galerie.

gique. Les résultats acquis et les enseignements qu'ils permettent de tirer contribuent à définir et hiérarchiser les points nécessitant des approfondissements. L'exercice a aussi montré d'assez larges divergences des participants sur les choix concernant les limites de solubilité et la sorption des radionucléides. Ces divergences, correspondant à un niveau élevé d'incertitude, ont une influence importante sur les résultats de calcul d'impact radiologique, notamment parce qu'elles conditionnent les concentrations des radionucléides et les temps d'arrivée aux exutoires. L'IPSN prévoit d'engager un travail de fond sur ce sujet à partir d'une analyse critique des données disponibles dans la littérature et sur l'interprétation des données expérimentales acquises dans la station expérimentale de l'Institut à Tournemire (Aveyron). L'IPSN consacre également un effort important au développement de modèles d'écoulement et à leur intégration dans le logiciel MÉLODIE. L'Institut

accorde un intérêt particulier aux travaux d'acquisition et d'interprétation de données hydrogéologiques sur le site de Bure (Meuse).

¹ Outil de modélisation global développé par l'IPSN afin de simuler les principaux mécanismes susceptibles d'influencer les relâchements et les transferts de radionucléides dans le stockage et le milieu géologique.

² La DCC a formé en 1991 un groupe de travail rassemblant les différentes directions concernées du CEA, d'EDF, de COGEMA et de l'ANDRA afin de procéder à une étude de l'option de stockage direct des combustibles usés, pour comparaison avec l'option de retraitement.

Travail avec COGEMA sur les sites miniers

Dans le cadre d'un programme d'intérêt commun avec COGEMA, l'IPSN étudie depuis 1996 les mécanismes qui contrôlent la diffusion du radon dans les sols et l'efficacité des couvertures mises en place lors du réaménagement des stockages de résidus de traitement de minerais d'uranium. Le programme expérimental sur site développé à cet effet a permis de valider un code de calcul

(TRACI) qui calcule le transport du radon dans les sols en fonction de leurs caractéristiques et des conditions météorologiques. L'effet de l'érosion sur l'efficacité des couvertures à long terme apparaît aujourd'hui comme l'un des sujets majeurs qui devraient orienter les études à venir.



la gestion de la crise



L'implication de l'IPSN dans la gestion de crises réelles ou simulées est constante. Au moyen de son Centre technique de crise (CTC) l'IPSN peut réunir rapidement des spécialistes afin d'analyser la situation, de prévoir son évolution et de proposer aux autorités les contre-mesures adaptées, comme cela a été le cas lors de l'incident survenu dans la centrale du Blayais (Gironde) le 28 décembre 1999.

Parallèlement, pour maintenir à un niveau de sûreté suffisant la qualité de l'organisation et des pratiques mises en place par l'IPSN en cas de crise, des exercices de simulation d'accidents sont réalisés chaque année.

La gestion de la crise lors de l'inondation partielle du site du Blayais (Gironde)

La centrale du Blayais (Gironde), qui comporte quatre tranches nucléaires à eau sous pression de 900 MWe, est implantée en bordure de la Gironde dans une zone marécageuse. Dans la nuit du 27 décembre 1999, des perturbations importantes liées à la tempête qui a balayé la France sont survenues. Dès 19 h 30, le site a été confronté à la perte des sources d'alimentation électrique en 225 kV sur les quatre tranches du site ainsi qu'à une perte du réseau électrique à 400 kV sur les tranches 2 et 4; à la suite de la perte de ces sources électriques externes, les groupes électrogènes à moteur diesel de ces deux tranches ont été sollicités et ont rempli correctement leur fonction dans l'attente du retour du réseau électrique 400 kV, intervenu vers 22 h 20. La ligne de 400 kV qui alimente les tranches 1 et 3 est, elle, restée disponible pendant le déroulement de l'événement. La tempête, conjuguée avec les hautes eaux de la marée,

a conduit à une hausse exceptionnelle du niveau de la Gironde. Sous l'effet du vent très violent, des vagues importantes se sont formées et ont submergé les protections du site, conduisant à son inondation partielle. Cette inondation a débuté le 27 décembre vers 19 h 30, soit deux heures avant la pleine mer.

À 22 h, une alarme de niveau haut de la Gironde a été transmise à la tranche 4. Des paquets d'eau ont submergé la plate-forme avec des entrées remarquées notamment sur le côté nord-ouest de la digue. Lors du passage de l'eau, l'enrochement protégeant la digue a été arasé dans sa partie haute donnant sur la Gironde. La hauteur d'eau sur le site a atteint environ 30 cm dans l'angle nord-ouest du site.

Exercices de crise en suivi et comptabilité des matières nucléaires

L'objectif de ces exercices est de préparer les exploitants détenant des matières nucléaires à réaliser, le plus rapidement possible, un inventaire desdites matières pour pouvoir confirmer ou infirmer l'existence d'un vol ou d'un détournement. Un exercice est réalisé chaque année dans une installation ou un groupe d'installations. En juin 2000, l'exercice a concerné les installations ATALANTE et UP1 de Marcoule. Il a permis de tester l'organisation de crise, notamment les interfaces entre les exploitants CEA et COGEMA, les moyens de communication et les

procédures des exploitants et de l'autorité (HFD). À cet égard, l'exercice s'est déroulé en heures ouvrables sur environ huit heures, et environ vingt personnes, réparties en trois équipes de crise, ont contrôlé plus de cent cinquante articles de natures diverses, tels que des conteneurs et des fûts de déchets. À noter qu'une brigade de gardiennage du site a également été mobilisée pendant cet exercice. Des observateurs de l'IPSN étaient présents dans ces équipes. L'IPSN a également préparé l'exercice et géré le PC des autorités implanté à Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine).



Après la tempête, pilotage des réacteurs, constat et remise en état de la centrale du Blayais (Gironde).



À 3 h, le 28 décembre, les équipes de crise de la centrale ont été appelées pour renforcer les équipes présentes. À 3 h 15, les équipes nationales de crise d'EDF ont été mobilisées. À 3 h 30, l'Autorité de sûreté nucléaire a été informée. À 6 h 30, l'IPSN a été informé par les services nationaux d'EDF. Une équipe de spécialistes de l'IPSN s'est alors réunie dans les locaux du centre de crise à Fontenay-aux-Roses dès 7 h 45.

Compte tenu de la situation, le PUI de niveau 2 a été engagé à la demande de l'Autorité de sûreté et l'organisation de crise a alors été mise en place avec le gréement du Centre technique de crise de l'IPSN (CTC) à partir de 9 h et jusqu'au 29 décembre dans la soirée. Dans la nuit du 28 au 29 décembre, une équipe de relève a assuré la permanence de gréement du CTC. Dans la journée du 30 décembre, une équipe "allégée" a été réunie toute la journée. Le 30 décembre au soir, il a été décidé de ne

pas maintenir en permanence l'équipe de crise et d'assurer durant les jours suivants des points en audioconférence avec l'exploitant.

L'équipe de l'IPSN a eu pour objectif, durant la matinée du 28 décembre, d'évaluer la situation et la conduite proposée par EDF pour atteindre un état de repli des tranches, d'identifier les défaillances qui pourraient entraver cette conduite et d'évaluer les délais disponibles en cas d'aggravation de la situation. Durant l'après-midi du 28 décembre et la journée du 29 décembre, l'équipe de l'IPSN a continué à évaluer la situation, en liaison avec les spécialistes d'EDF. Durant la journée du 30 décembre, l'équipe a évalué le meilleur état de repli du réacteur. Cette évaluation a conduit l'IPSN à approuver la proposition d'EDF consistant à maintenir le réacteur en état d'arrêt à froid normal sur les générateurs de vapeur.



Prélèvement d'échantillons aux alentours d'un site accidenté.

La mise en place d'une organisation de crise
en cas d'accident affectant un transport
de matières radioactives



Afin de pouvoir gérer au mieux les conséquences d'un accident de transport de matières radioactives, l'IPSN a poursuivi des travaux d'amélioration de son organisation en cas de crise et a participé à un exercice national.

Les procédures opérationnelles de transmission de l'alerte et d'expertise par la Cellule d'évaluation mobile (CEM), constituée de deux experts chargés d'examiner sur le terrain les colis accidentés, et par la Cellule d'évaluation des colis (CEC) du Centre technique de crise (CTC) de l'IPSN ont été redéfinies. Les matériels nécessaires ont été approvisionnés, notamment : un téléphone GSM, une valise INMARSAT, des cartes routières, un appareil photo-

phique numérique, un PC portable avec courrier électronique pour transmettre des photographies, et du matériel de radioprotection.

Les documents de travail nécessaires à l'expertise technique en cas de crise de transport ont été regroupés : annuaires, réglementations en vigueur, certificats d'agrément, plans d'urgence (PSS-TMR, PUI-T), et des réflexions sont en cours sur l'organisation d'un double archivage des dossiers de sûreté des colis.

L'IPSN a participé au premier exercice national réalisé le 12 décembre 2000 avec la société Transnucléaire, EDF en tant qu'expéditeur, l'Autorité de sûreté nucléaire, la DRIRE compétente, et la Sécurité civile en observateur.

Si la transmission de l'alerte a été plus lente que prévu, les communications entre l'Autorité de sûreté, EDF, Transnucléaire, l'IPSN et les cellules mobiles ont été satisfaisantes.



Exercice de crise à Chinon (Indre-et-Loire).

La préparation et le bilan des exercices de crise

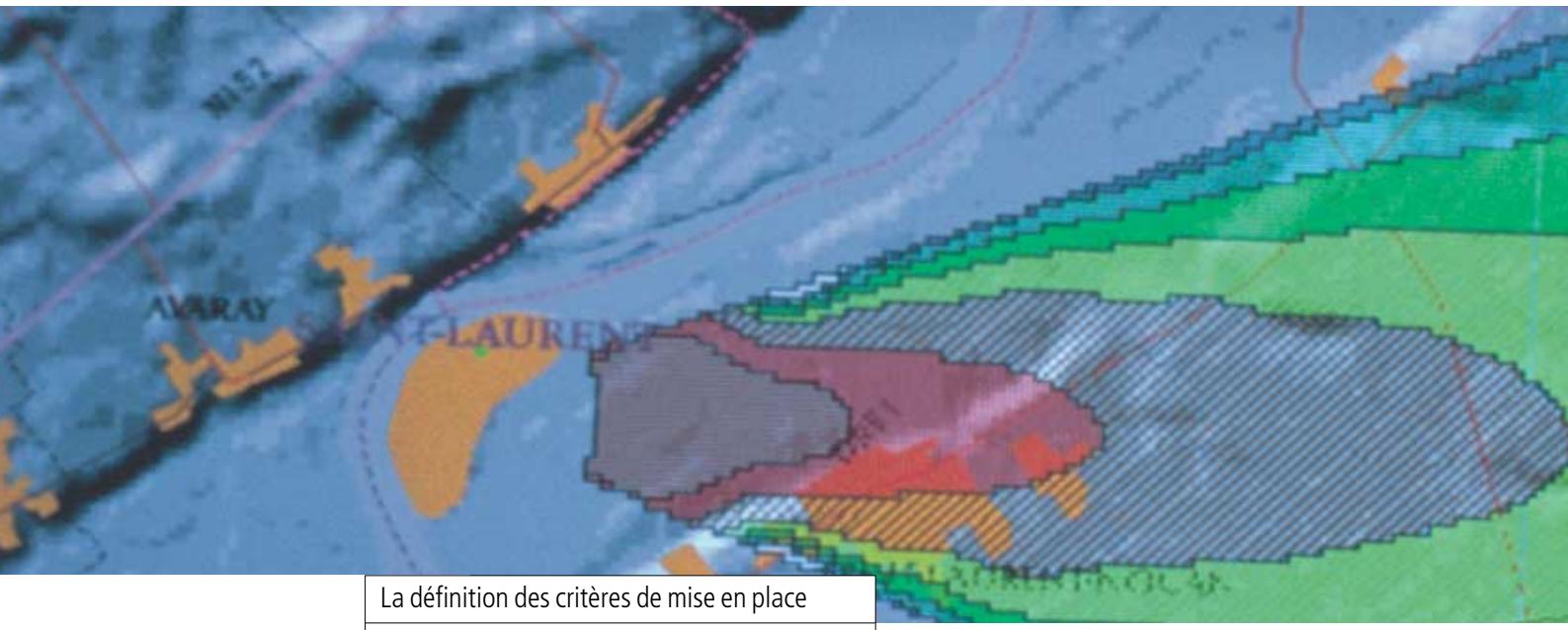
En 2000, dix exercices nationaux de crise nucléaire ont été organisés, dont deux portant sur des installations autres que des réacteurs électronucléaires—une installation du centre d'études de Saclay du CEA et l'installation de Romans-sur-Isère (Dôme) exploitée par FBFC—ainsi qu'un exercice de crise de transport de matières radioactives. L'IPSN a participé à la préparation de ces exercices, notamment en établissant des scénarios techniques. Au cours des exercices, l'IPSN a testé sa capacité de réponse aux situations simulées. Un de ces exercices a été effectué sur une longue durée avec, de ce fait, un scénario plus réaliste. Deux exercices ont été organisés sur des centrales

électronucléaires situées à proximité des frontières : celles de Chooz (Ardennes) et de Cattenom (Moselle). Des contacts avaient été pris, au préalable, avec les pouvoirs publics de Belgique, d'Allemagne et du Luxembourg afin de définir les modalités pratiques d'échange d'information en situation de crise. Lors de l'exercice de Chooz, l'IPSN a transmis des avis techniques à l'autorité de sûreté belge ainsi qu'à son support technique, AVN, et a échangé avec ce dernier des informations techniques. Il en a été de même à l'occasion de l'exercice de Cattenom (Moselle) avec le Luxembourg et les länder de Saxe et de Rhénanie-Palatinat.

L'organisation des mesures radiologiques réalisées par les CMIR

Depuis deux ans, l'IPSN organise, en collaboration avec l'OPRI et la DDSC/MARN, la mise en œuvre, à l'occasion des exercices de crise nucléaire, d'une cellule "mesures" au PCO (point de regroupement et de coordination des moyens d'intervention—ordre public, secours, mesures—et de liaison avec les élus et les médias) des préfectures concernées. Cette cellule est chargée d'organiser la réalisation de mesures sur le terrain, notamment par les CMIR, et de transmettre les résultats à l'IPSN et à l'OPRI. L'IPSN serait alors amené à traiter ces résultats et à diffuser

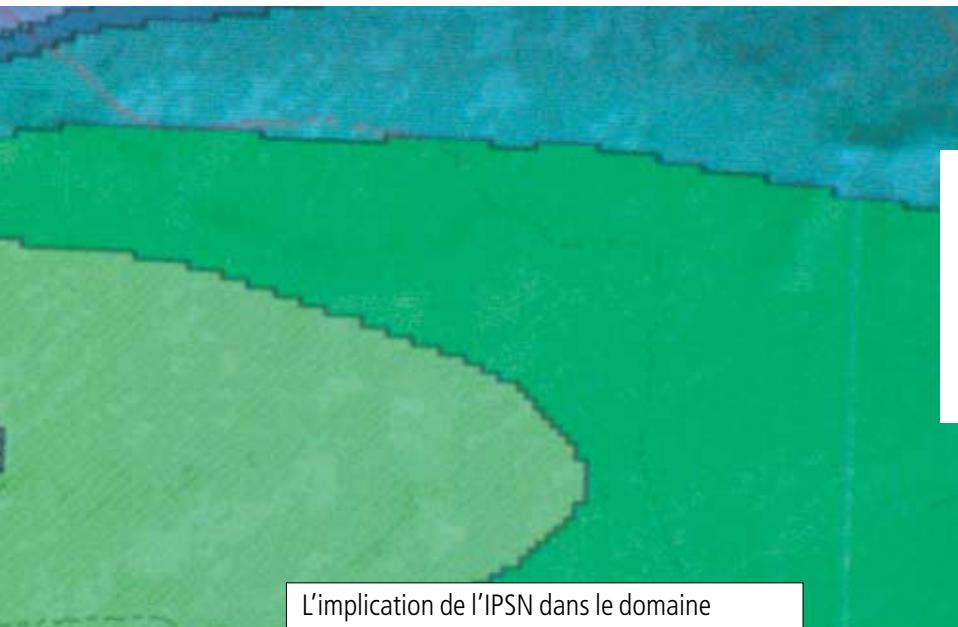
des synthèses permettant ainsi d'engager des actions de protection des populations et de réhabilitation de l'environnement. En 2000, l'IPSN a mis à la disposition de cette cellule un système informatique permettant d'enregistrer les résultats des mesures effectuées et de les transmettre automatiquement aux entités concernées.



La définition des critères de mise en place
de la phase réflexe des PPI

L'introduction de la phase réflexe dans les PPI des sites nucléaires est un des axes de l'amélioration de ces plans décidée par les pouvoirs publics. Il s'agit de lancer des actions de protection immédiate des populations lorsqu'une situation accidentelle pourrait conduire en quelques heures à des rejets importants dans l'environnement. En cas d'atteinte de critères techniques fixés *a priori* dans l'installation, le préfet, informé de cette situation par l'exploitant, déciderait d'engager la phase dite réflexe, qui prévoit l'alerte des populations situées dans le rayon défini et leur mise à l'abri sans délai. L'IPSN a tout d'abord participé à la définition du

processus à suivre par les exploitants pour mettre en application la phase réflexe des PPI des sites nucléaires. Puis l'Institut a examiné les propositions des exploitants en matière de critères d'engagement de cette phase ainsi que de rayons de mise en place de mesures de protection des populations. Dans le cas des centrales exploitées par EDF, un rayon "réflexe" de 2 km a été proposé par l'Autorité de sûreté nucléaire, après l'avis technique de l'IPSN. Il en a été de même pour le site de La Hague de COGEMA (rayon de 2 km) ainsi que pour l'installation de Romans-sur-Isère (Drôme) exploitée par FBFC (rayon de 600 m).



L'implication de l'IPSN dans le domaine de la gestion de crise au niveau international

Au cours de l'année 2000, les activités se situant à la croisée des thèmes “gestion de crise” et “international” ont permis de maintenir et de renforcer les contacts de l'IPSN avec nombre de ses homologues étrangers. Quatre exemples illustrent ces travaux de l'Institut :

- ♦ il a contribué à promouvoir le programme INEX conduit sous les auspices de l'OCDE/AEN. L'année 2000 a vu se mettre en place la préparation de l'exercice INEX 2000, qui aura lieu sur le site de Gravelines en mai 2001. Cette préparation a mis en évidence l'implication beaucoup plus importante par rapport aux précédents exercices INEX des organisations gouvernementales de l'ONU comme l'AIEA, l'OMS, l'OMM, l'OCHA... dans la gestion des aspects internationaux des accidents nucléaires ou radiologiques majeurs;
- ♦ un exercice sur table conduit de façon conjointe par BES et l'IPSN a eu lieu à Cadarache (Bouches-du-Rhône) fin juin 2000. Cet exercice a permis d'inter-



Le sous-marin *Kursk*.

comparer des outils de gestion de crise en situation post-accidentelle tels que RODOS, ASTRAL et PARK ;

- ♦ la collaboration entre l'IPSN et l'IBRAE (Fédération de Russie) a été marquée par son dixième anniversaire. L'accident du *Kursk* en août 2000 a permis de mettre en évidence l'utilité de cette relation : l'IBRAE a fourni à l'IPSN des éléments d'information qui lui ont permis d'alimenter la communication de l'Institut sur cet événement dramatique ;
- ♦ enfin, concernant l'Asie, l'IPSN a participé à deux exercices de sécurité nucléaire. Il s'agit, d'une part, d'un exercice dans le Guangdong (République populaire de Chine), le 28 février 2000, et, d'autre part, d'un exercice autour du site de la centrale de Shimane au Japon, les 27 et 28 octobre 2000. Cette participation, intégrée à des missions interministérielles françaises, a renforcé les liens techniques tissés lors de collaborations sur les outils de gestion de crise dont il est rendu compte par ailleurs dans ce rapport annuel.

la gestion des matières nucléaires et sensibles

L'Institut apporte son soutien aux pouvoirs publics pour le contrôle des matières nucléaires et sensibles sur les plans national et international. Pour les matières nucléaires, l'accent a été particulièrement mis sur la préparation d'une éventuelle révision de la Convention sur la protection physique ainsi que sur l'évaluation des premières études de sécurité destinées à la démonstration de la capacité des systèmes de suivi-comptabilité mis en place par les exploitants à détecter rapidement une perte, un vol ou un détournement de matières nucléaires. Par ailleurs, les activités internationales liées aux contrôles de non-prolifération se sont poursuivies dans le domaine de la chimie et ont débuté dans celui de la biologie.

La révision de la convention sur la protection physique des matières nucléaires

Dès le début des années 1970, l'AIEA a organisé des forums où les experts ont pu confronter leurs expériences nationales dans le domaine de la protection physique des matières nucléaires. L'expérience acquise a été ainsi rassemblée pour la première fois en 1972 sous forme de recommandations à caractère technique, évolutives, dans un document alors intitulé "La protection physique des matières nucléaires" (INFCIRC/225). Ces recommandations ont été suivies de la négociation, sous les auspices de l'AIEA, d'une Convention sur la protection physique des matières nucléaires, ouverte en 1980 à la signature des États et signée par la France en 1991. Vers la fin des années 1990 le contexte international a changé et plusieurs conférences ont été organisées, sous l'impulsion de l'AIEA, pour faire évoluer ces recommandations.

Les recommandations concernent différents domaines, tels que l'organisation des États pour la

protection des matières nucléaires ou la mise en place de règles d'accès aux magasins où sont stockées de telles matières.

Les États signataires de la Convention s'engagent à prendre des dispositions garantissant la continuité de la protection physique des matières nucléaires au cours des transports internationaux. Ils s'accordent l'entraide judiciaire la plus large possible dans toute procédure pénale au cas où, au cours d'un transport international, des matières seraient l'objet d'infractions ou de menaces, telles que le vol ou le détournement. Ils s'accordent également l'entraide nécessaire pour récupérer les matières perdues ou volées.

Révision de fond des recommandations

Depuis 1997, l'IPSN a largement participé aux travaux de révision de la troisième édition de l'INFCIRC/225, tout d'abord en organisant, pour le compte de l'AIEA, une réunion d'experts à Cada-

Non-prolifération nucléaire et renforcement des garanties

La découverte d'un programme clandestin en Irak et les difficultés rencontrées par l'AIEA en Corée du Nord ont mis en évidence les limites du régime traditionnel de garanties appliquée aux matières nucléaires. Convaincus de la nécessité d'accroître l'efficacité du régime de lutte contre la prolifération, les États signataires du TNP ont élaboré un programme de renforcement des accords de garanties (programme appelé "93+2"). Dans ce cadre, la France a signé avec l'AIEA et EURATOM (le 22 septembre 1998) un

protocole spécifique s'inspirant du modèle utilisé par les États non dotés d'armes nucléaires (INFCIRC/540).

En vue de son application en France, le secrétariat du Comité technique interministériel pour l'application du traité Euratom a demandé à l'IPSN de réaliser une enquête destinée à recenser ses futurs assujettis.

Le rapport d'enquête transmis en 2000 par l'IPSN comprend la liste des entreprises, établissements et administrations qui se sont déclarés concernés par les dispositions du protocole.

La sûreté et la sécurité des deux premiers transports de déchets vitrifiés vers la Belgique

Les deux premiers transports de déchets vitrifiés partant de La Hague vers la Belgique ont eu lieu par voies routière et ferroviaire en avril et en novembre 2000. L'expertise menée par l'IPSN a montré que les performances du modèle de colis utilisé (TN 28 VT) satisfaisaient aux exigences de la réglementation française relative à la sûreté du transport des matières radioactives. Par ailleurs, l'IPSN a effectué un suivi régulier de l'acheminement des colis sur le territoire national.



Wagons spécialisés pour le transport de combustible irradié.



rache (Bouches-du-Rhône) en 1997. Le groupe d'experts a émis des projets de modifications qui ont été examinés au cours de deux réunions d'un Comité technique qui a rassemblé à Vienne, en 1998, une trentaine d'États sous présidence française.

Avec la révision 4 de l'INFCIRC/225, une évolution est engagée vers une obligation de résultats, par opposition à une obligation de moyens. Le principe de défense en profondeur est également introduit. Toutefois, il est à noter que l'approche retenue en France, fondée sur des mesures de prévention, de gestion (en termes de détection d'obstacles interposés entre le domaine public et les matières nucléaires et d'intervention) et de limitation des conséquences d'événements tels que le vol ou le détournement de matières nucléaires, va au-delà de la définition restrictive de ce principe qui a été retenue dans le texte adopté.

D'une façon générale, l'expérience française dans le domaine de la protection des matières nucléai-

res, acquise lors de la réalisation des études de sécurité concernant la gestion de ces matières ou lors des travaux des groupes d'experts consultés sur la prise en compte des actions de malveillance pour la conception et l'exploitation des installations nucléaires, constitue une référence.

Les travaux de réflexion sur une révision de la Convention

Si les États ont l'entièr responsabilité de la protection des matières nucléaires et des installations nucléaires contre le vol ou le sabotage, il ont toujours exprimé leur intérêt pour la mise en place de critères minimaux en matière de protection physique. Cela s'est traduit particulièrement par l'adoption de la Convention sur la protection physique des matières nucléaires.

S'appuyant sur le précédent de la Convention sur la sûreté nucléaire, l'AIEA a rassemblé en 1999 un groupe d'experts afin d'examiner l'adéquation de

Non-prolifération bactériologique : le protocole de vérification

L'IPSN a poursuivi sa participation aux négociations du protocole de vérification de la Convention sur l'interdiction des armes biologiques, dans le cadre de la Conférence du désarmement de l'ONU (Genève).

Basé sur un désarmement complet et un contrôle des activités potentiellement proliférantes, avec un régime de déclaration et de visite des installations civiles, le protocole prévoit également le contrôle des transferts internationaux des agents biologiques et de certains équipements en relation avec leur manipulation.

L'IPSN, qui s'attache à anticiper l'impact de l'application de ce protocole en France, a rédigé un questionnaire destiné aux industriels français susceptibles d'être affectés directement par l'application de ce nouveau régime, en collaboration avec les organisations professionnelles des secteurs concernés.



il sera nouveau et il dépendra de nous

gaston berger



Château TN 28 VT pour le transport de déchets vitrifiés

Contrôle des matières nucléaires

contenues dans les déchets radioactifs

l'actuelle Convention à l'évolution des pratiques nationales et internationales.

Une étape significative de ces travaux a été marquée par le consensus atteint sur un texte rassemblant les objectifs et les principes fondamentaux relatifs à la protection physique des matières nucléaires et des installations nucléaires.

Une convergence se dessine au sein du groupe d'experts sur la nécessité de réviser cette convention, et de limiter cette révision à une obligation d'appliquer les objectifs et principes fondamentaux définis ci-dessus à la protection physique des matières nucléaires et des installations nucléaires civiles.

Les travaux du groupe d'experts devraient prendre fin en mai 2001, laissant éventuellement place à une conférence formelle de révision de la Convention sur la protection physique des matières nucléaires.

La loi de juillet 1980 créant le contrôle national des matières nucléaires¹ prévoit que ces matières doivent être contrôlées quelle que soit leur forme. Les déchets produits par les exploitants et contenant de telles matières sont à ce titre soumis au contrôle national. Il est donc demandé aux exploitants de connaître la quantité et la qualité des matières nucléaires contenues dans les déchets qu'ils produisent et de déclarer ces valeurs au contrôle national.

La caractérisation des matières nucléaires contenues dans les fûts de déchets présente des difficultés spécifiques :

- les quantités de matières nucléaires contenues dans les déchets sont relativement faibles, et parfois incluses dans des matrices de conditionnement dont la constitution est imprécise ;
- la position des matières dans le colis est mal connue ;

Non-prolifération chimique et coopération internationale

L'expérience acquise par l'IPSN dans le domaine de la mise en œuvre de la Convention sur l'interdiction des armes chimiques s'est concrétisée, en 2000, par de nombreuses sollicitations de la part de ses homologues étrangers. Riche en réunions techniques multilatérales (Croatie, États-Unis, Italie, Royaume-Uni), cette année a été marquée par une coopération franco-allemande importante, qui a conduit à un échange entre les équipes d'accompagnement de ces deux pays durant une inspection de l'Organisation pour l'interdiction des armes chimiques.

Études de sécurité de site

Les exploitants détenant des matières nucléaires (plutonium et uranium enrichi) en quantité significative ont l'obligation de réaliser et de transmettre au HFD une étude de sécurité destinée à apprécier la valeur du dispositif assurant la sécurité de ces matières. Lorsque celles-ci sont détenues dans plusieurs installations, voire dans plusieurs établissements d'un même site, il est demandé à l'exploitant d'établir une étude de sécurité de site qui complète, pour les aspects généraux, les études réalisées pour chacune des installations de ce site. Six sites doivent présenter des études de site ; trois dossiers ont été

transmis et analysés par l'IPSN en 2000 : il s'agit du centre DAM de Valduc (Côte d'Or), du centre CEA de Cadarache (Bouches-du-Rhône) et de l'établissement COGEMA de Marcoule (Gard).



Départ en accompagnement d'inspection internationale.



PLUM, banc de mesure du Plutonium dans les fûts de déchets.

• les méthodes de mesure utilisées, notamment par spectrométrie gamma ou mesures neutroniques passives, peuvent être perturbées par la présence d'éléments "polluants" émetteurs de neutrons ou de photons gamma (curium, neptunium, americium...).

Les limites de détection des dispositifs de mesure de même que les incertitudes sur le résultat annoncé sont dès lors élevées. Pour cette raison, l'Autorité² chargée du contrôle national attache une importance particulière à la caractérisation des déchets, car de mauvaises estimations des quantités de matières nucléaires dans ceux-ci entraîneraient une perte de contrôle de ces matières, pouvant dissimuler un détournement en cas de surévaluation des déclarations de mise aux déchets.

L'IPSN en tant qu'appui technique de l'Autorité chargée du contrôle national des matières nucléai-

res effectue des inspections dans les installations détenant de telles matières, au cours desquelles des mesures physiques (essentiellement comptage neutronique ou spectrométrie gamma) peuvent être effectuées sur certains articles, et notamment les déchets, afin de vérifier les déclarations des exploitants. L'IPSN a développé des dispositifs et des méthodes de mesure adaptés aux produits à quantifier et au contexte particulier de ces inspections. La qualité des mesures effectuées contribue à l'efficacité du contrôle national des matières nucléaires.

¹ Les matières concernées sont les produits fissiles et fertiles ainsi que ceux pouvant être utilisés dans l'élaboration d'une arme : l'uranium, le plutonium, le thorium, le deutérium, le tritium, le lithium 6.

² Il s'agit du Haut Fonctionnaire de défense du Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie.

Études de sécurité pour les aspects "suivi et comptabilité"

Les exploitants détenant des matières nucléaires (plutonium et uranium enrichi) en quantité significative ont l'obligation de réaliser une étude de sécurité concernant le suivi et la comptabilité de ces matières. L'étude consiste à évaluer l'efficacité et la fiabilité des systèmes de suivi et de comptabilité prévus pour détecter la perte, le vol

ou le détournement d'une petite quantité de matières nucléaires. Les modalités de réalisation de ces études, déjà décrites dans un texte réglementaire d'application, vont être validées et précisées à partir de l'expérience acquise grâce à la réalisation d'une étude de sécurité de ce type effectuée en 2000 par la société CERCA à Romans-sur-Isère (Isère).

la protection de la santé de l'homme

L'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants suscite un large éventail de questions concernant tout à la fois les conséquences sanitaires de situations accidentelles et l'évaluation du risque induit par les activités nucléaires ou les expositions naturelles.

Dans un tel contexte, également marqué par la perspective du rapprochement de l'IPSN et de l'OPRI, l'IPSN a renforcé en 2000 son dispositif de recherche et ses collaborations pour mieux connaître l'exposition du public, et il poursuit des programmes de radioprotection accidentelle et radiopathologie en relation avec les instances médicales concernées.



Impact sanitaire de l'accident de Tchernobyl en France : estimation des doses à la thyroïde et évaluation des risques de cancer thyroïdien

Dans le cadre d'un travail mené avec l'Invs à la demande de la DGS, l'IPSN a réalisé une nouvelle estimation des doses à la thyroïde, dues aux retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl, reçues par les enfants qui résidaient dans l'est de la France en 1986.

L'objectif de l'étude était de fournir des éléments scientifiques et techniques sur les effets éventuels sur la santé des retombées en France de l'accident, notamment la survenue de cancers de la thyroïde, et sur les investigations qu'il conviendrait de mener pour mettre en évidence ou écarter l'existence de tels effets. Le choix d'étudier plus particulièrement les cancers thyroïdiens était motivé par deux raisons importantes : cette pathologie est l'une des principales conséquences de l'accident de Tchernobyl observées en Biélorussie, en Ukraine et en Russie ; de plus, l'analyse des registres de cancer dans la population générale française met en évidence une augmentation de l'incidence de ce



Recueil de données concernant le régime alimentaire.

Reprise du programme expérimental de radiopathologie des irradiations neutroniques auprès du réacteur SILÈNE

Le programme expérimental en radiopathologie sur l'étude des effets biologiques des neutrons a repris en novembre 2000 auprès du réacteur SILÈNE (Valduc) avec d'autant plus d'intérêt que l'accident de criticité de Tokaï-Mura (Japon) survenu en 1999 a montré, à nouveau, l'importance de l'hétérogénéité de l'irradiation par les neutrons. Dans ce contexte, un essai thérapeutique a été mené chez le primate non humain irradié à forte dose. Ce traitement vise à compenser l'aplasie radioinduite de la moelle osseuse par l'in-

jection de cellules hématopoïétiques et mésenchymateuses cultivées et amplifiées *in vitro*. Certaines fonctions digestives (capacité d'absorption du côlon) ont également été étudiées chez le rat après des doses croissantes d'irradiation. Ces expérimentations seront poursuivies en 2001.

Conclusion du programme METREPOL

L'action concertée METREPOL, commencée en décembre 1997 en collaboration avec la Commission européenne, a eu pour principal objectif de développer une nouvelle approche de la gestion médicale des accidents radiologiques. Cinq grou-

pes d'experts ont participé à la rédaction d'un ouvrage, dont l'IPSN pour les chapitres "Syndrome gastro-intestinal" et "Syndrome neuro-vasculaire". Ce manuel doit être diffusé en mars 2001 par le British Institute of Radiology. Il constituera un pas vers l'harmonisation sur le plan international de la prise en charge médicale des accidents radiologiques.



cancer depuis plus de vingt ans, qui, bien qu'antérieure à la survenue de l'accident, est souvent perçue comme une conséquence de cet accident.

L'étude a été menée dans le prolongement des travaux réalisés en 1997¹. L'estimation des doses repose sur les données les plus précises disponibles sur le régime alimentaire moyen des enfants. Ainsi, les doses à la thyroïde sont estimées à 1,9 mSv pour le nourrisson, 9,8 mSv pour l'enfant de 1 an, 5,9 mSv pour l'enfant de 5 ans et 3,0 mSv pour l'enfant de 10 ans. L'étude menée en 2000 montre également que ces résultats sont influencés principalement par le type de lait consommé et son délai de consommation, ainsi que par la zone de provenance des aliments.

L'IPSN a évalué le risque de cancers thyroïdiens lié à l'accident de Tchernobyl à partir de différents modèles de risque publiés dans la littérature scientifique et en prenant l'hypothèse d'une relation dose-effet linéaire sans seuil. Avec cette hypothèse, le nombre théorique de cancers de la thyroïde en excès serait compris entre 0,5 et 22 cas pour la période 1991-2000 (97 cas attendus spontanément) et entre 7 et 55 pour la période 1991-2015 (899 cas attendus spontanément), parmi les 2,27 millions d'enfants qui résidaient dans l'est de la France en 1986. Toutefois, il se peut aussi que l'excès réel de cancers thyroïdiens soit nul, étant donné l'incertitude sur l'existence d'un risque aux niveaux de dose considérés ici.

Développement de la résonance paramagnétique électronique pour la dosimétrie d'accident

Depuis 1998, l'IPSN s'est doté d'un laboratoire de spectrométrie par résonance paramagnétique électronique (RPE) dans le but de compléter les techniques disponibles pour la reconstitution des doses dues à des irradiations externes accidentelles. La RPE consiste à mesurer la quantité de radicaux libres créés à l'intérieur des matériaux, qui est proportionnelle à la dose reçue. Un programme d'études a été défini sur plusieurs années en collaboration avec l'IBPh de Moscou et le MRRC d'Obninsk. Il s'articule autour d'échanges régu-

liers de scientifiques entre les instituts, qui permettent à l'IPSN de se situer au niveau des meilleurs laboratoires mondiaux.

Motricité intestinale et irradiation

Dans le cadre d'une thèse soutenue en décembre 2000, une inhibition de la motricité intestinale et colique, sans altération histologique marquée, a été observée chez le rat le troisième au septième jour après une irradiation abdominale de 10 Gy. Elle était associée à l'apparition d'une diarrhée transitoire et d'une réponse inflammatoire avec une accélération du transit intestinal global. Ces recherches ont permis de montrer

qu'une irradiation abdominale conduit à des altérations fonctionnelles importantes sans modifications structurelles de la paroi digestive.

Évaluation de la radioprotection dans les installations nucléaires de base (INB)

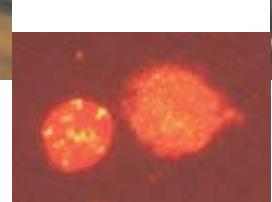
L'IPSN a présenté à la conférence IRPA un guide technique définissant un référentiel de radioprotection pour les opérations conduisant au déclassement des INB ainsi que pour les grands chantiers de maintenance. Ce guide précise ce qu'est la démarche globale de radioprotection et comment l'analyse des risques radiologiques, la radioprotection opérationnelle et l'optimisation

Tubes de sérums.

Bilan de l'exposition des travailleurs en France en 1999

	Effectif surveillé	Dose collective (h.mSv)	Effectif > seuil de détection	Effectif > 20 mSv/an
Défense	10930	825	1601	0
Usages médicaux et vétérinaires	137068	15230	Nc *	79
Transport de matières radioactives		non identifié dans les statistiques		
Usages industriels	23200	19203	Nc *	66
Sources naturelles		non identifié dans les statistiques		
Cycle nucléaire militaire	2891	259	181	0
Cycle nucléaire civil (y compris enseignement, recherche, autorités et appuis techniques)	32918	18695	Nc *	7
Autres établissements de recherche	8095	4020	Nc *	0
Prestataires du cycle nucléaire civil	32038	53629	Nc *	6
Employeurs non classés	5772	400	Nc *	1
Total	252912	112261	Nc *	159

*Nc: non connu



Les résultats obtenus montrent que, selon le modèle choisi, les excès de cas estimés sont inférieurs ou comparables aux incertitudes sur l'estimation du nombre de cas spontanés : ces excès devraient dès lors être difficilement détectables du point de vue épidémiologique.

¹ Rapport IPSN 97-03 sur les conséquences radioécologiques et dosimétriques de l'accident de Tchernobyl en France.

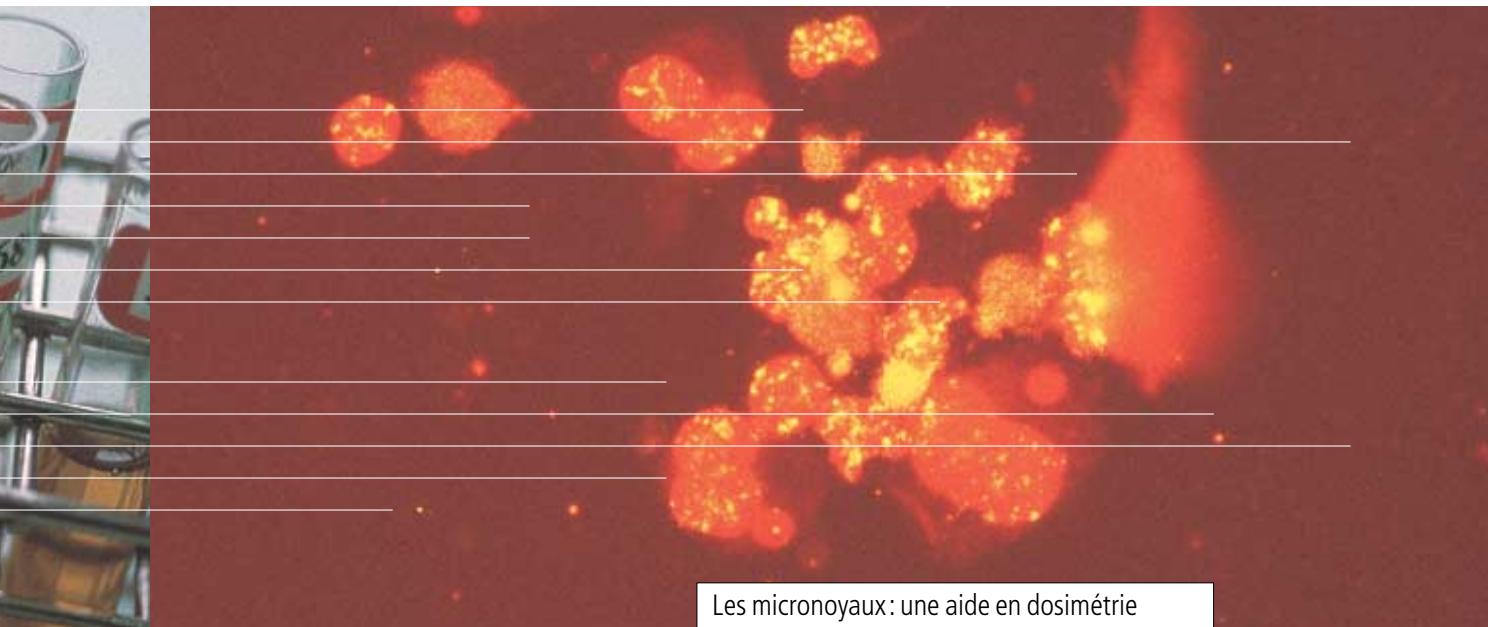
y concourent. Les critères permettant d'apprécier l'adéquation des dispositions prises aux risques radiologiques sont explicités. Ce guide, élaboré, à la demande du Haut-commissaire à l'énergie atomique, pour les INB classées secrètes, devrait être étendu prochainement, à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire, à l'ensemble des INB et à toutes les phases de vie des installations (conception, exploitation).

Bilan de l'exposition des travailleurs en France en 1999

L'IPSN a poursuivi la collaboration initiée en 1997 avec l'OPRI et le SPRA, visant à dresser le bilan de l'exposition des travailleurs en France. Le bilan pour l'année 1999 (*voir le tableau ci-dessus*) montre que l'effectif surveillé reste important et en majorité dans le secteur médical. Les travailleurs de l'industrie nucléaire reçoivent la dose collective la plus importante, particulièrement les prestataires (48 % de la dose collective totale). En revanche, il apparaît que les doses annuelles supérieures à 20 mSv ont pratiquement disparu dans l'industrie nucléaire (13 tra-

vailleurs en 1999, 219 en 1997). Les travailleurs les plus exposés sont désormais concentrés dans les secteurs médicaux et industriels non nucléaires (145 travailleurs au-dessus de 20 mSv en 1999, 205 en 1997).

En l'absence de base de données centralisée directement exploitable, la difficulté de réaliser un tel bilan réside dans la nécessité de confronter de multiples sources d'information non homogènes et de les interpréter pour affecter les populations exposées aux différents secteurs d'activité.



Les micronoyaux : une aide en dosimétrie
biologique opérationnelle

Observation par microscopie à fluorescence de micronoyaux dans des cellules binucléées.

Le dénombrement des micronoyaux dans les lymphocytes du sang périphérique est utilisé à l'IPSN en complément de la cytogénétique conventionnelle (dénombrement des anomalies chromosomiques instables de type dicentrique), qui est la technique reconnue sur le plan médico-légal pour évaluer la dose reçue en cas d'irradiation ou de suspicion d'irradiation accidentelle. Les micronoyaux sont des portions de chromosome endommagées par les rayonnements ionisants et rejetées hors du noyau de la cellule sous forme de petites masses d'ADN qui peuvent être dénombrées. Le comptage de ces micronoyaux dans les lym-

Résultat de la première action concertée européenne sur la bio-dosimétrie par FISH

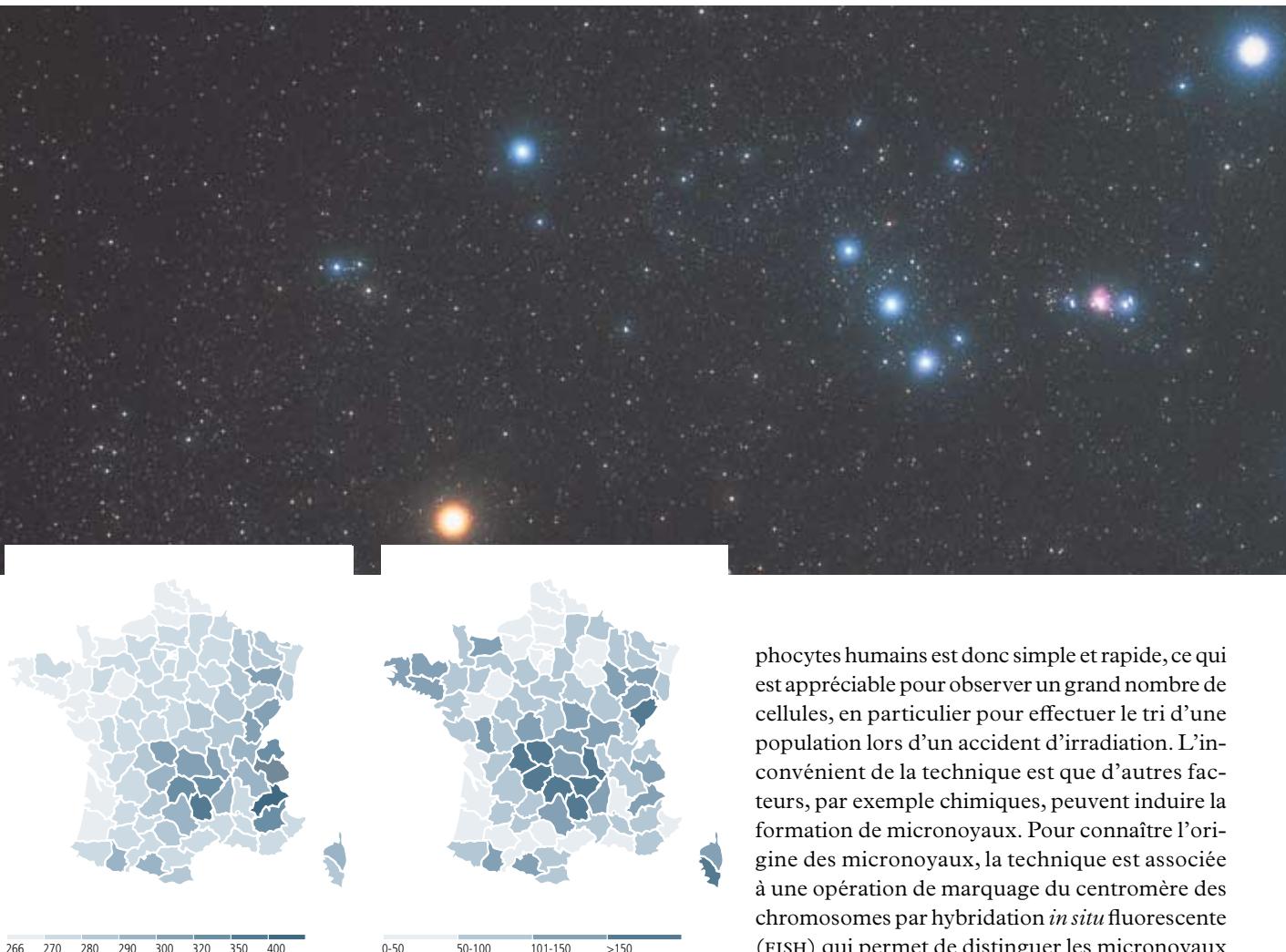
L'IPSN a participé activement à une action concertée européenne pour évaluer le bénéfice de l'utilisation en dosimétrie biologique de l'hybridation *in situ* fluorescente (FISH-peinture), méthode reconnue aujourd'hui indispensable pour les reconstructions de doses anciennes. Cependant, la fréquence des translocations détectées par la méthode FISH doit être utilisée avec prudence du fait de l'incertitude sur la stabilité temporelle apparente de certaines formes de translocations, surtout à des doses supérieu-

res à 2 Gy. Aux doses d'irradiation très faibles, c'est le bruit de fond naturel en translocations, en augmentation avec l'âge, qui devient limitatif. Ce programme a été reconduit par la Commission européenne pour une période de trois ans à compter de 1999.

Sous-comité "Radioprotection" de l'ISO

Un expert de l'IPSN représente la France qui assure la présidence du Sous-comité "Radioprotection" au sein du Comité technique "Énergie nucléaire" de l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Regroupant seize pays membres participants et neuf pays membres ob-

servateurs, ce Sous-comité traite des mesures de radioactivité, de dosimétrie, d'instrumentation, de dispositifs et d'équipements assurant la protection des utilisateurs de produits ou de sources émettant des rayonnements ionisants. Sous la présidence française, le domaine de compétence du Sous-comité s'est élargi à des sujets nouveaux : suivi individuel de la contamination interne, dosimétrie biologique, mesures de radioactivité dans l'environnement, suivi des mouvements illicites de matières radioactives, dosimétrie des personnels navigants civils exposés aux rayonnements cosmiques. Une dizaine d'experts de l'IPSN renforcent activement la partici-



phocytes humains est donc simple et rapide, ce qui est appréciable pour observer un grand nombre de cellules, en particulier pour effectuer le tri d'une population lors d'un accident d'irradiation. L'inconvénient de la technique est que d'autres facteurs, par exemple chimiques, peuvent induire la formation de micronoyaux. Pour connaître l'origine des micronoyaux, la technique est associée à une opération de marquage du centromère des chromosomes par hybridation *in situ* fluorescente (FISH) qui permet de distinguer les micronoyaux d'origine chimique et les micronoyaux radio-induits. Les proportions respectives de ces deux types de micronoyaux permettent d'améliorer la précision de ce test aux doses inférieures à 0,5 Gy.

pation française aux onze groupes de travail. En 2000, sept normes internationales ont été publiées, vingt-cinq autres documents sont en cours de rédaction ou soumis à un vote d'acceptation.

Doses dues à la radioactivité naturelle

La dose individuelle moyenne due à la radioactivité naturelle s'élève à 2,4 mSv/an en France. Elle résulte de quatre composantes. L'exposition au radon conduit à une dose individuelle moyenne égale à 1,4 mSv/an, due pour l'essentiel au radon présent dans l'habitat à une concentration mesurée moyenne égale à 90 $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$.

L'exposition au rayonnement cosmique en France a été précisée de façon plus fine; la dose individuelle moyenne correspondante est de 0,28 mSv/an, avec des différences importantes d'un département à l'autre (*voir cartes ci-dessus*). L'irradiation tellurique résulte des radionucléides présents dans la croûte terrestre; les mesures faites en France permettent de considérer que la valeur de 0,46 mSv/an établie par l'UNSCEAR au plan mondial s'applique. De même, on peut retenir la valeur de 0,23 mSv/an proposée par l'UNSCEAR pour l'ingestion.



Château de transport en phase de décontamination, centrale de Dampierre-en-Burly (Loiret).

Campagne de mesures neutroniques
lors d'une évacuation d'assemblages
combustibles irradiés d'une centrale nucléaire

Les personnels affectés aux opérations d'évacuation d'assemblages combustibles irradiés d'une centrale électronucléaire vers l'usine de retraitement sont exposés à des champs de rayonnements gamma et neutroniques. Dans le cadre d'un contrat d'études passé avec EDF, l'IPSN a réalisé sur le site de Dampierre-en-Burly (Loiret), au mois de juillet 2000, une campagne de mesures neutroniques lors de l'évacuation d'un emballage de transport contenant des combustibles MOX. Les champs de rayonnements rencontrés aux postes de travail ont été étudiés, au moyen d'un spectromètre neutron de type multisphères : en plusieurs points de l'emballage, dans la fosse de décontamination du bâtiment du combustible et sur la remorque de

transport. Après avoir ainsi déterminé les caractéristiques des champs neutroniques rencontrés, le comportement des dosimètres individuels et des débitmètres neutroniques actuellement utilisés par EDF a pu être évalué. L'étude a fait apparaître une surestimation systématique des équivalents de dose mesurés à l'aide de ces appareils. Profitant de cette étude, le dosimètre individuel électronique neutron DIEDAC mis au point par l'IPSN, dont la réalisation industrielle par société Saphymo est en cours, a pu être testé en situation opérationnelle.

Réponse de dosimètres individuels électroniques sous rayonnements x et γ
 En suivant les spécifications et les méthodes décrites dans les normes CEI-61526 et ISO 4037, l'IPSN a étudié, au sein de son laboratoire accrédité, les caractéristiques dosimétriques de sept dosimètres individuels électroniques récents fonctionnant dans la gamme d'énergie photo-électrique 12 keV – 1,25 MeV. Dans l'ensemble, les résultats obtenus sont en accord avec les spécifications des normes, sauf pour les énergies inférieures à 50 keV, où deux dosimètres seulement sont conformes.

la protection de l'environnement

L'environnement peut être une voie de transfert du risque radioactif vers l'homme ; c'est aussi un milieu fragile qui doit être préservé. Afin de répondre aux préoccupations des pouvoirs publics et des populations, l'IPSN a pour mission d'étudier les interactions entre l'environnement et les activités humaines pouvant libérer de la radioactivité. Pour ce faire, l'Institut étudie l'origine et le devenir des radionucléides rejetés ou préexistants dans l'environnement, en vue d'évaluer l'impact radiologique des installations nucléaires en fonctionnement ou lors d'un accident nucléaire.

La reconstitution des dépôts d'iode en France à la suite du passage du nuage de Tchernobyl

L'iode 131 est le radionucléide dont le rôle est maintenant admis dans l'augmentation des cancers de la thyroïde dans les pays de l'ex-URSS à la suite de l'accident de Tchernobyl. Avec le césium 137 et le césium 134, il fait partie des trois principaux produits de fission qui se sont déposés en France en mai 1986. En raison de sa courte période radioactive (8 jours), l'iode 131 a disparu dans les semaines qui ont suivi les dépôts.

Dans son rapport de synthèse publié en 1997 sur les conséquences de l'accident de Tchernobyl en France, l'IPSN a présenté une carte des dépôts moyens d'iode 131 par département. L'un des objectifs était d'estimer les doses moyennes reçues par la population, qui ont résulté principalement de la consommation de lait et de légumes feuilles. L'étude précisait que trois facteurs avaient pu conduire à des dépôts localement plus importants :

de fortes précipitations au moment des dépôts, l'altitude et, dans une moindre mesure, l'interception des dépôts par une couverture boisée. Une étude complémentaire a été menée en 2000 en vue de recenser les communes où les dépôts ont été les plus importants afin d'évaluer plus précisément les doses reçues par leurs habitants. Les zones concernées ont été déterminées en localisant les communes sur lesquelles les précipitations atmosphériques ont excédé 20 mm durant la première semaine de mai 1986. L'étude permet d'établir une corrélation entre les hauteurs des précipitations et les dépôts de césium 137 encore mesurables de nos jours sur les sols de ces communes (figure page 57). Les dépôts d'iode ont été reconstitués en utilisant le rapport entre les activités de l'iode 131 et celles du césium 137 déposées en 1986.

Contrôles radiologiques à Gif-sur-Yvette

Une usine d'extraction de radium a été exploitée à Gif-sur-Yvette de 1912 à 1957. Le quartier correspondant a fait l'objet de mesures de décontamination dans les années 1970. Il subsistait toutefois une certaine radioactivité, et la question a resurgi début 2000 à la suite de la plainte d'un riverain. À la demande du préfet, l'IPSN a mené une étude historique du site et des investigations sur les voiries. Conjointement avec l'OPRI, l'IPSN a réalisé une campagne de mesures systématiques du rayonnement gamma sur les terrains et de la concentration de radon dans les habitations. Dans une trentaine de propriétés, les mesures du

rayonnement gamma dépassent sur des zones de faible superficie le niveau naturel de la région parisienne, mais les examens de contrôle réalisés sur quelques personnes n'ont pas montré de contamination par le radium. Deux des quarante-vingts propriétés contrôlées présentent de fortes concentrations de radon. Dans l'une des maisons à forte concentration de radon, l'IPSN a testé avec succès des actions correctives. Les résultats de mesure ont été communiqués aux particuliers et des réunions d'information ont été organisées. La synthèse en cours à l'IPSN permettra de proposer les éventuelles servitudes et les remèdes à mettre en œuvre.

Radon et plomb 210 au sommet du mont Blanc

Intrigués par des teneurs excessivement élevées en plomb 210 dans le névé au sommet du mont Blanc (jusqu'à quatre-vingts fois les activités volumiques attendues, et mesurées par ailleurs dans le massif alpin), les chercheurs du laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement (du CNRS) ont fait appel à l'IPSN pour y mesurer *in situ* les teneurs en radon 222, précurseur radioactif du plomb 210. Des activités volumiques atteignant 145 000 Bq.m⁻³ ont été relevées dans l'air du névé, prouvant que le radon issu du socle grani-tique du mont Blanc est bien à l'origine des ano-





Le mont Blanc.

À partir des hauteurs des précipitations fournies par Météo-France, les dépôts de césium 137 et d'iode 131 ont été évalués, commune par commune, pour tout l'est de la France, complétant ainsi les estimations moyennes par département faites en 1997.

Les résultats de ces estimations montrent que 2,5 millions de personnes réparties sur 2 300 communes ont été concernées par des dépôts d'iode 131 supérieurs aux moyennes départementales estimées en 1997 à $45\ 000 \pm 15\ 000 \text{ Bq.m}^{-2}$ pour les plaines agricoles de l'est de la France. Dans cette population, 100 000 personnes résident sur 180 communes où les dépôts estimés sont supérieurs à $190\ 000 \text{ Bq.m}^{-2}$ allant jusqu'à $420\ 000 \text{ Bq.m}^{-2}$. Ces dépôts plus importants n'ont cependant pas conduit à une augmentation proportionnelle de la contamination moyenne des denrées consommées

malies de plomb 210 : une faille dans le massif, relayée par des crevasses dans le glacier sommital, conduit ce radon jusqu'au névé, très perméable, dans lequel s'accumulent ses descendants, dont le plomb 210. Ces activités volumiques remarquablement élevées mettent en évidence les précautions qui doivent être prises pour l'utilisation du plomb 210 dans la neige à des fins de traçage atmosphérique. Les résultats, qui ont été publiés dans le *Journal of Environmental Radioactivity*, illustrent par ailleurs les surprises que l'on peut rencontrer en incluant de tels sites atypiques dans une cartographie systématique du radon, et les enseignements scientifiques que l'on peut en retirer.

L'observatoire permanent de la radio-activité dans l'environnement

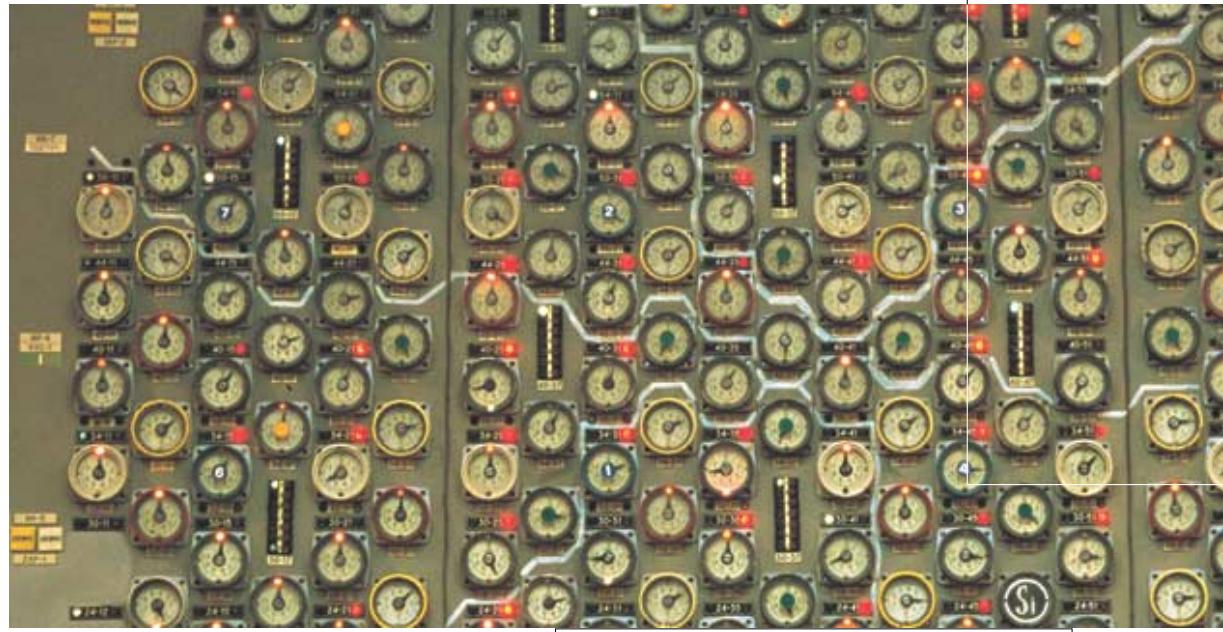
Depuis le 10 août 2000, l'IPSN met à la disposition du public sur son site Internet (www.ipsn.fr/opera) les résultats des mesures de radioactivité naturelle et artificielle qu'il réalise dans l'environnement. Les données sont représentatives du territoire français métropolitain et des territoires d'outre-mer et sont obtenues dans le cadre de l'Observatoire permanent de la radioactivité (réseau OPERA) mis en place à partir de 1959. Durant la première journée d'ouverture du site, plus de mille connexions ont été observées. Le site, en versions française et anglaise, est régulièrement visité depuis lors, avec environ trente-cinq connexions journalières. Une page du site est consacrée à des liens avec les partenaires scientifiques et institutionnels. Une boîte aux lettres offre la possibilité aux internautes de poser des questions.

Répartition du plutonium dans les environs de Marcoule

Des niveaux de plutonium et d'américium supérieurs aux moyennes nationales ont été mesurés dans les sols d'une zone de 25 km^2 autour du centre de Marcoule. Une étude a été menée dans le cadre du projet CAROL dont l'objectif est d'étu-

Campagne de prélèvement en Méditerranée.

Salle de contrôle du réacteur n° 3 de la centrale de Tchernobyl.



Résultats obtenus sur le site pilote de Tchernobyl

par les habitants concernés. En effet, seule une petite partie des denrées consommées sur ces zones est susceptible d'y avoir été produite. Pour des doses moyennes, il reste préférable d'utiliser l'évaluation de 1997 pour les surfaces agricoles de plaine qui fournissent l'essentiel des deux denrées contribuant le plus aux doses internes par ingestion : le lait et les légumes feuilles. Pour évaluer les doses reçues par les habitants des communes les plus touchées, la principale difficulté est d'estimer la part d'autoconsommation et de déterminer l'impact de comportements atypiques. Ce travail sera poursuivit en 2001.

Depuis juin 1999, l'IPSN coordonne le projet Site pilote de Tchernobyl auquel sont associés le CEA (DAMRI) et deux instituts ukrainiens. Le but est d'étudier les mécanismes de dispersion du strontium 90 et du césium 137 dans une nappe, afin de valider les modèles utilisés dans les études d'impact. La source des radionucléides est une tranchée d'enfouissement de matériaux contaminés par des particules de combustible éjectées lors de l'accident. Le programme comprend des caractérisations des particules en laboratoire (taille et composition), des expérimentations de terrain (suivi des niveaux d'eau, suivi d'éléments injectés) et des modélisations.

dier la répartition des radionucléides dans la basse vallée du Rhône. Habituellement, le plutonium présent dans les sols français résulte, comme dans tout l'hémisphère nord, des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires effectués entre 1945 et 1980. Dans les sols voisins de Marcoule, l'activité globale en actinides ajoutée a été estimée à 3 GBq, le double de l'activité déjà présente. Les caractéristiques isotopiques du plutonium permettent de montrer que l'activité ajoutée provient pour l'essentiel du retraitement de combustibles à vocation militaire effectué dans les années 1960 et 1970. Les teneurs en actinides des productions agricoles locales restent cepen-

dant à des niveaux extrêmement bas et les doses résultant de leur consommation ne devraient pas excéder le microSievert par an.

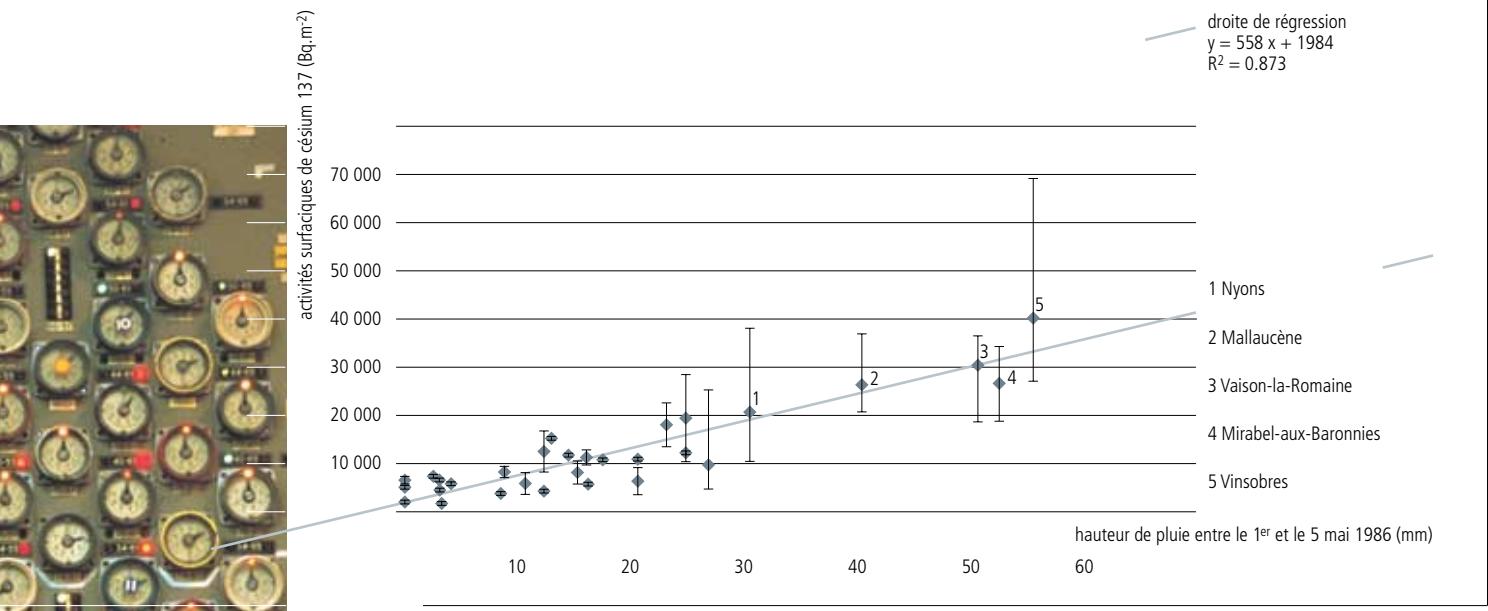
Les radionucléides artificiels dans la rade de Toulon

Le Syndicat intercommunal de l'aire toulonnaise a commandé à l'IPSN une étude de la répartition des radionucléides artificiels au sein du sédiment de la rade de Toulon, point d'accueil du porte-avions Charles-de-Gaulle. La présence de césium 137 a été détectée sur l'ensemble des cinquante et un échantillons prélevés en avril 2000, à des niveaux caractéristiques de zones géographiques

de même latitude résultant des retombées atmosphériques des essais d'explosions d'engins nucléaires et des retombées de l'accident de Tchernobyl. Dans seize échantillons, la présence d'américium 241 a été détectée, mais les activités correspondantes n'ont pas pu être quantifiées. Il est probable que la présence de cet élément soit, comme celle du césium 137, à relier aux retombées des essais nucléaires atmosphériques.

Les observatoires marins en Manche

Les mesures de radioactivité dans l'environnement effectuées depuis 1993 par l'IPSN dans le cadre de l'Observatoire marin apportent deux



Relation entre la hauteur des pluies et le dépôt de ^{137}Cs dans la vallée du Rhône

L'estimation des dépôts d'iode 131, aujourd'hui disparus, conduit à des valeurs d'activité de ce radionucléide initialement déposé cinq à dix fois plus importantes que celles dues au césium 137.

L'analyse au microscope électronique des particules de combustible a permis de préciser le terme source (particules présentes dans l'eau). Grâce à une méthode originale de mesure rapide du strontium 90 sur le terrain, la répartition dans les trois dimensions de cet élément au voisinage de la tranchée a été établie. La répartition de cet élément entre la solution aqueuse et le sol a ainsi pu être déterminée de façon cohérente avec les mesures en laboratoire.

Les modélisations à venir auront notamment pour objectif de déterminer le mécanisme dominant (diffusion ou convection) mis en jeu dans le transport des radionucléides.

types d'informations. D'une part, les niveaux de référence observés dans l'Atlantique, en dehors des zones d'influence des installations nucléaires, sont déterminés. D'autre part, une série de stations de prélèvement réparties dans la Manche, de l'ouest de la Bretagne jusqu'au Pas de Calais, permet de suivre l'évolution des activités dans une zone où des rejets industriels ont lieu.

Le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin : étude des incertitudes

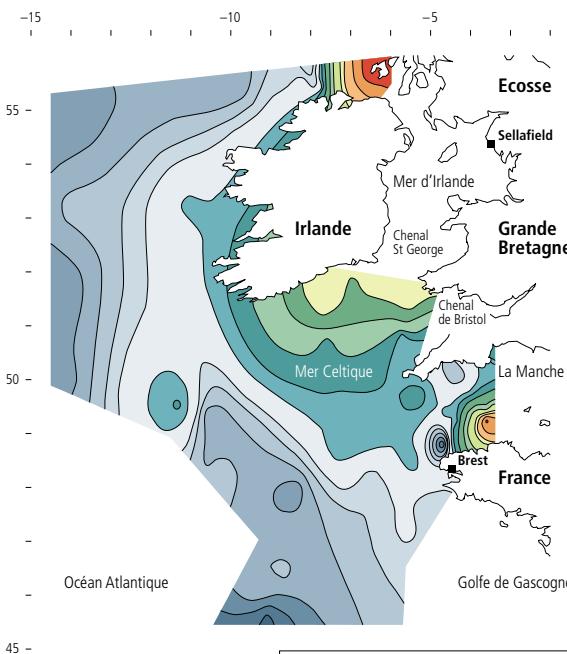
Le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin a estimé à 0,0014 cas le nombre de leucémies attribuables aux rejets des installations nucléaires du

Nord-Cotentin pour la cohorte des jeunes de 0 à 24 ans entre 1978 et 1996. Les Ministères de l'environnement et de la santé ont demandé une prolongation des travaux de ce groupe afin d'estimer l'incertitude sur ce résultat. Dans ce cadre, l'IPSN a réalisé une étude caractérisant les distributions statistiques des valeurs des paramètres utilisés dans les modèles de transfert. Ces informations seront ensuite utilisées pour estimer l'incertitude sur les doses reçues par la population.

Instrumentation pour l'étude de la dispersion atmosphérique en altitude

Une instrumentation spécifique, comportant des

appareils de mesure radioactive et météorologique embarqués dans la nacelle d'un ballon captif, a été mis au point afin d'obtenir en temps réel des informations sur les activités de l'air en krypton 85 dans les environs de l'usine de traitement des combustibles irradiés de La Hague. L'instrumentation permet aussi de qualifier la stabilité de l'atmosphère à partir des mesures des gradients verticaux de température et de vitesse du vent. Ce dispositif, testé avec succès lors d'essais réalisés en 2000 autour de La Hague, permettra, en utilisant krypton 85 comme traceur, d'étudier la dispersion atmosphérique en champ proche en cas de rejet en hauteur.



Tritium dans les eaux de surface
Campagne ATMARA, juillet 1998.

Acquis et perspectives du projet Mercantour

L'objectif du projet Mercantour (Alpes du Sud) est d'étudier les conséquences des dépôts de radioactivité artificielle résultant de l'accident de Tchernobyl sur les écosystèmes montagnards. En 2000-2001, le projet vise la réalisation d'une cartographie de la radioactivité des sols du Mercantour et la connaissance des processus de formation des points chauds de radioactivité dans ces sols. Les expérimentations de terrain dans une zone atelier (2000 m^2) située sous le col de la Lombarde (Alpes-Maritimes), menées sur l'ensemble d'un



cycle hydrologique montrent que la présence de neige a été un des facteurs prépondérants de concentration des dépôts radioactifs sous forme de points chauds. La variabilité des dépôts de radioactivité obéit à une logique spatiale, dont l'occupation du sol et la topographie sont les principaux paramètres. L'utilisation de ces paramètres permet d'étendre la cartographie des dépôts à une plus grande échelle (bassin du Chastillon = 30 km^2) pour mettre en évidence d'autres zones où des points chauds pourraient exister (carte ci-dessus).

Le cycle du carbone et l'activité en carbone 14

Un partenariat scientifique entre l'IPSN et EDF a été engagé en 2000 pour étudier les mécanismes de transfert du carbone 14 issu des rejets des centrales nucléaires dans les compartiments de l'environnement jouant un rôle dans le cycle du carbone: milieux aquatiques continental et marin et milieu terrestre. L'étude consiste à quantifier les niveaux d'activité en carbone 14 des compartiments de l'environnement sous l'influence des rejets des centrales nucléaires, les comparer aux niveaux observés dans les zones hors influence et interpréter les résultats.

L'état de référence, hors influence des rejets, sur le site de Nogent-sur-Seine a été réalisé. Par ailleurs, l'analyse des premiers résultats sur des échantillons terrestres recueillis sur le site de Dampierre montrent, compte tenu de l'incertitude de la mesure, une augmentation non significative de l'activité en carbone 14 des échantillons prélevés en zone influencée par les rejets.

La surveillance radiologique de la Polynésie française

L'IPSN a poursuivi en 2000 son activité de surveillance radiologique de l'environnement naturel et des principales chaînes alimentaires des

cinq archipels de la Polynésie française (à l'exclusion des sites militaires).

La synthèse de cette surveillance est publiée dans un rapport annuel destiné aux élus locaux, aux autorités françaises et au Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR).

Le code CASTEUR

Le code CASTEUR a pour objectif de fournir un outil opérationnel pour l'étude des transferts des radionucléides entre les principaux compartiments physiques et biologiques d'un cours d'eau et au sein de ceux-ci. Ce modèle permettra de

Parc national du Mercantour
(Alpes du Sud).



Mesure sismologique dans le réseau de la Durance.

Origines des radionucléides pénétrant dans la Manche

Les radionucléides dissous dans l'eau de mer de l'Atlantique nord proviennent essentiellement des retombées des essais nucléaires atmosphériques. Les mesures réalisées par l'IPSN entre 1983 et 1994 dans la Manche ouest et dans la mer Celtique ont permis de mettre en évidence des concentrations de radionucléides solubles (^{137}Cs et ^3H) sensiblement plus élevées que celles des eaux de l'Atlantique proche.

Aussi l'IPSN a-t-il organisé en 1994 et 1998 deux campagnes océanographiques dont le but était de

mieux comprendre la circulation des masses d'eaux dans l'Atlantique proche. Les résultats de ces campagnes ont confirmé que :

- ◆ à l'ouest du méridien 14° ouest, les eaux de surface de l'Atlantique sont marquées uniquement par les retombées des essais nucléaires ;
- ◆ un faible marquage des eaux est possible en provenance de la Méditerranée (eaux profondes de 1000 m, remontant le long du Portugal et dans le Golfe de Gascogne) ;
- ◆ il existe un marquage en ^{137}Cs et surtout en ^3H en provenance de la mer d'Irlande, donc de l'usine de Sellafield, dont environ 1 % des rejets de radionucléides solubles transiteraient par la Manche ;
- ◆ il existe un marquage significatif en tritium en provenance du chenal de Bristol attribuable pour l'essentiel aux rejets de la centrale Magnox de Hinkley Point et de l'usine Amersham de Cardiff.

traiter les transferts tant pour les situations accidentnelles que pour les rejets chroniques. Un prototype mis au point en 2000 a permis de réaliser les premiers tests de validation. L'année 2001 sera consacrée à la poursuite de ces tests et à la détermination de la forme finale du code.

d'un rejet éventuel de ce radionucléide dans le milieu naturel, un programme expérimental a été mis en place, en collaboration avec l'université de Provence et l'Institut ukrainien de radioagronomie. Les premiers résultats montrent que la rétention du chlore 36 par les sols est faible, essentiellement conditionnée par leur teneur en matière organique, et que les transferts par voie racinaire aux végétaux cultivés sont très élevés.

Comportement à long terme du chlore 36 dans les écosystèmes agricoles

Du chlore 36 peut être rejeté dans l'environnement à partir des usines de traitement de combustibles irradiés et des sites de stockage des déchets. Afin d'acquérir les connaissances de base indispensables à l'évaluation du devenir

Surveillance sismique de la faille de la moyenne Durance

Depuis 1996, l'IPSN exploite le long de la faille de la moyenne Durance un réseau de douze stations qui enregistrent en permanence l'activité sismique, faible mais régulière, de la région. Une vingtaine de microséismes sont ainsi détectés chaque année. Les buts poursuivis sont l'étude de l'ébranlement sismique à faible distance de la faille où il prend sa source, la compréhension des mécanismes mis en jeu au foyer des séismes, la localisation précise des séismes et, le cas échéant, l'acquisition de données sur les forts séismes.



tout est changement,

non pour ne plus être
mais pour devenir



ce qui n'est pas encore

épicète

les activités internationales

les contributions de l'ipsn à une amélioration

internationale de la sûreté et de la protection

dans le domaine nucléaire

Les relations internationales sont importantes dans l'ensemble des activités de l'IPSN, que ce soit pour le développement des connaissances scientifiques et techniques, comme dans le cadre des programmes de recherche Phébus PF et Cabri, pour l'élaboration de consensus internationaux ou pour le renforcement de la sûreté nucléaire et de la radioprotection dans le monde. Les collaborations de l'Institut avec ses partenaires étrangers, en particulier avec la GRS, son homologue allemand, et avec les organisations internationales en constituent les points forts.

Coopération avec les pays d'Europe de l'Est

La sûreté des installations nucléaires des pays d'Europe de l'Est est un sujet majeur de l'action internationale de l'IPSN. L'objectif poursuivi est de contribuer, au travers de collaborations concrètes, à l'amélioration du niveau de sûreté des installations ainsi qu'au renforcement des autorités de sûreté de ces pays et de leurs appuis techniques. Cette coopération est largement menée en partenariat avec la GRS, dans le cadre des actions de la filiale commune, Riskaudit, et en collaboration avec les autres organismes techniques de sûreté européens.

Elle s'inscrit principalement dans le cadre des programmes PHARE et TACIS de la Commission européenne et des projets de la Banque européenne de reconstruction et de développement (BERD).

En 2000, l'IPSN a pris part à la mise en œuvre d'une quinzaine de projets, parmi lesquels on peut citer :

- *Le transfert de codes de calcul et la formation à leur utilisation*

Le transfert de codes de calcul d'accidents de l'IPSN et de la GRS aux appuis techniques (SEC-NRS, Institut Kurchatov, EREC) de l'autorité de sûreté russe et la formation de ceux-ci à l'utilisation de ces outils se sont poursuivis en 2000. Pour l'IPSN, les codes de calcul concernés sont CATHARE, ICARE et ESCADRE.

- *La réduction des risques présentés par l'actuel sarcophage de Tchernobyl*

Un programme d'actions sur une dizaine d'années visant à réduire les risques présentés par l'actuel sarcophage est mis en œuvre depuis 1998. Ce programme a fait l'objet d'une analyse par l'IPSN et la GRS. Depuis son lancement, les deux instituts, en association avec la société américaine Scientech, assurent une mission de consultant auprès de l'autorité de sûreté ukrainienne. En 2000, cette mis-

Participation au rapport WENRA

L'IPSN a contribué, en appui à l'Autorité de sûreté nucléaire, à l'élaboration de la deuxième version du rapport de la WENRA sur l'état de la sûreté nucléaire dans les pays de l'Europe de l'Est candidats à l'entrée dans l'Union européenne. Cette nouvelle version, rendue publique le 9 novembre 2000, complète et met à jour un premier rapport publié en mars 1999.

de conception française), le logiciel de crise SÉSAME de l'IPSN va être adapté aux caractéristiques de ces centrales et installé dans leur centre technique de crise commun auquel, outre l'exploitant, les autorités locales et les représentants de l'autorité de sûreté chinoise auront accès. Le logiciel SÉSAME, déjà utilisé au centre technique de crise de l'IPSN, permet de réaliser le diagnostic de l'état de l'installation et le pronostic des rejets en cas d'accident.

Coopération avec le STUK finlandais

Le STUK et l'IPSN ont signé, le 14 août 2000, un accord de coopération dans les domaines de l'expertise et de la recherche en sûreté et en protection nucléaire. Les premières applications de cette coopération concernent les études probabilistes de sûreté, en particulier pour les risques d'incendie, l'étude expérimentale des feux dans les installations nucléaires, les méthodes et outils logiciels pour centres de crise.

Coopération avec la Chine

Dans le cadre d'un accord technique et financier signé avec GNPJVC (exploitant des centrales nucléaires chinoises de Daya Bay et de Ling Ao,

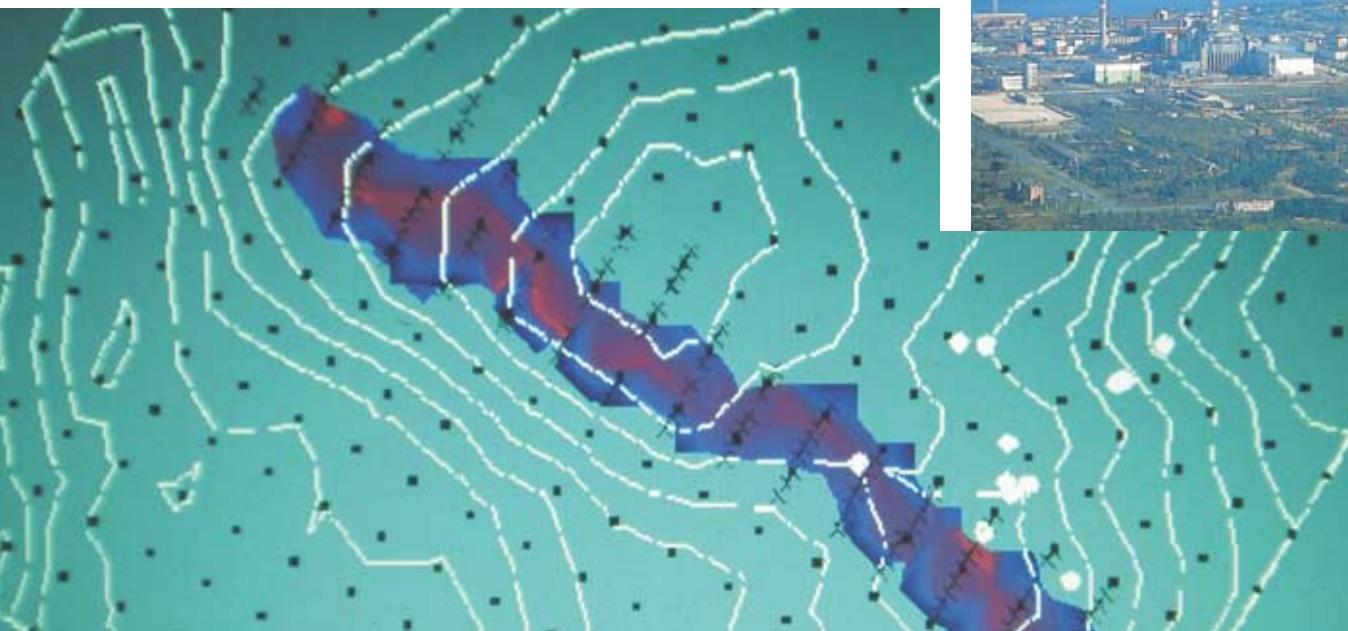
Coopération avec le BACR indien

Après un an de discussions entre l'IPSN et le BARC, institut de recherche indien, un accord de



Site pilote de Tchernobyl.
Étude du transfert des radionucléides dans l'environnement.

Vue d'ensemble de la centrale de Tchernobyl (Ukraine).



sion a notamment porté sur les travaux de conformité de la structure du sarcophage.

◆ *La mise hors service de la centrale de Tchernobyl*
Dans le cadre de la préparation de la mise à l'arrêt définitif de la centrale de Tchernobyl, l'IPSN participe depuis le début de 1999, auprès de l'autorité de sûreté ukrainienne, à l'examen des cinq installations destinées au traitement et au stockage des combustibles usés, des effluents radioactifs et des déchets. En 2000, le travail de l'IPSN a principalement porté sur l'installation d'entreposage des combustibles usés et sur l'installation de traitement des effluents.

◆ *L'analyse des améliorations proposées pour la tranche 2 de Medzamor en Arménie*

L'IPSN, en collaboration avec la GRS et l'autorité de sûreté italienne (ANPA), a poursuivi en 2000 son soutien à l'autorité de sûreté arménienne (ANRA) pour l'octroi des autorisations d'implantation des améliorations de sûreté de la tranche 2 de Medzamor.

◆ *L'évaluation des risques d'incendie*

L'assistance apportée à l'autorité de sûreté russe pour l'évaluation de l'EPS incendie, réalisée par les appuis techniques de l'exploitant pour la tranche 4 de la centrale de Balakovo (Russie), s'est achevée au cours de l'année 2000 par l'élaboration d'un guide pratique d'évaluation des risques d'incendie tenant compte des approches suivies en Europe de l'Ouest.

◆ *L'évaluation des mesures d'amélioration de sûreté à la centrale de Saint-Pétersbourg*

L'IPSN, en collaboration avec la GRS, a apporté son soutien à l'autorité de sûreté russe pour l'examen des améliorations de sûreté concernant le système de détection et de surveillance de la concentration d'hydrogène dans les locaux où l'hydrogène est

collaboration a été signé en juillet 2000. Celui-ci concrétise la volonté des deux parties de collaborer dans le domaine des accidents graves et plus particulièrement sur deux sujets : la modélisation et la validation du code de calcul ICARE relatif à la dégradation du cœur et la validation du code de calcul intégré ASTEC pour l'étude des accidents graves.

Les détails de la mise en place de la coopération sont en cours d'établissement. Ils prévoient la venue à l'IPSN de détachés indiens du BARC pour prendre en main les outils de calcul qui seront ensuite utilisés au BARC pour leur valida-

tion mais aussi pour les besoins de recherche du BARC.

Coopération avec la Lituanie

L'IPSN a poursuivi pendant l'année 2000 sa participation au projet LAP en Lituanie. Ce projet, qui réunit six pays occidentaux (Allemagne, États-Unis, Finlande, France, Royaume-Uni, Suède), consiste en une assistance continue à l'autorité de sûreté lituanienne dans sa mission de contrôle de la sûreté nucléaire en Lituanie. Dans le cadre de ce projet, la contribution de l'IPSN a, en 2000, porté en particulier sur le démantèlement des installations nucléaires et la

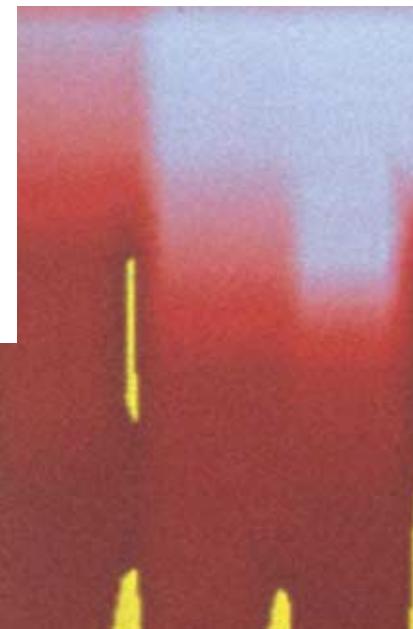
gestion des déchets radioactifs ainsi que sur les questions relatives à l'assurance de la qualité et à l'information du public. L'IPSN continue en outre à apporter son concours au NSAC, comité consultatif chargé de conseiller le gouvernement lituanien et l'autorité de sûreté lituanienne sur les questions relatives à l'exploitation de la centrale nucléaire d'Ignalina.

Nouveaux programmes expérimentaux de l'OCDE

L'OCDE coordonne depuis plusieurs années de grands programmes expérimentaux auxquels l'IPSN participe. Il s'agit en particulier des projets



Visite des membres du China Institute for Radiation Protection et présentation des moyens métrologiques de l'IPSN.



susceptible de s'accumuler et le système SKALA de contrôle du réacteur.

♦ *L'évaluation des conséquences radiologiques associées au stockage de déchets de faible et moyenne activité en Roumanie*

En partenariat avec la GRS, l'IPSN a démarré, au cours de l'année 2000, la phase préparatoire d'un projet visant à assister l'autorité de sûreté roumaine pour l'évaluation de la sûreté à long terme d'un centre de stockage de déchets de faible et moyenne activité dans les galeries existantes d'une ancienne mine située à Baita Bihor.

♦ *Second système d'arrêt d'urgence pour le réacteur n° 2 de la centrale d'Ignalina*

Depuis juin 2000, l'IPSN participe, en partenariat avec la GRS, AEA-T et SIP, à la revue de sûreté du second système d'arrêt d'urgence qui doit être installé en 2003 sur le réacteur n° 2 de la centrale. Scientech mène une action complémentaire avec un financement américain.

♦ *L'assistance à l'autorité de sûreté lituanienne et à ses appuis techniques*

L'IPSN, en coopération avec la GRS, CIEMAT, Jacobsen Engineering et plusieurs instituts scientifiques lituaniens, apporte, depuis octobre 2000, une assistance à l'autorité de sûreté lituanienne (VATESI) et à ses appuis techniques dans la réalisation de tâches liées à l'octroi d'autorisations pour la tranche n° 2 d'Ignalina, et dans la préparation de tâches, de plus long terme, comme l'organisation nationale de crise et l'établissement d'un centre technique de crise au siège de VATESI à Vilnius.

HALDEN, RASPLAV, prolongé par le projet MASCA, et OLHF.

Le projet HALDEN, dont le programme actuel couvre la période 2000-2002, porte sur trois sujets : le comportement de combustibles à haut taux de combustion dans des conditions d'exploitation normale ou transitoire, le comportement des matériaux de structure du cœur vis-à-vis des mécanismes de fissuration et les effets de la chimie de l'eau, enfin les interactions homme-machine. Les deux premiers sujets impliquent des essais dans le réacteur HBWR du centre de recherches de HALDEN (Norvège).

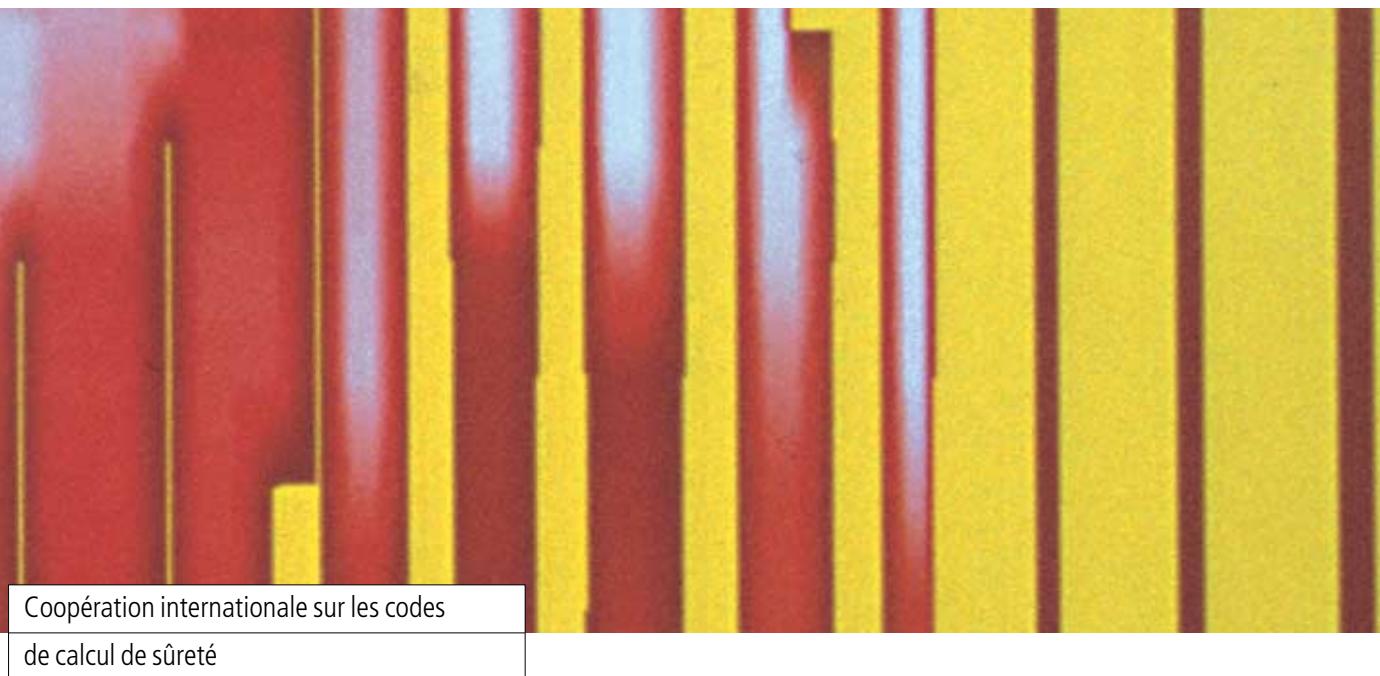
Le programme MASCA est organisé autour d'essais réalisés à l'institut russe Kurchatov (Moscou) sur l'étude de l'interaction entre le corium et le fond de la cuve en cas d'accident grave. Le programme expérimental comporte des essais avec des matériaux réels et avec des simulants. Parmi les points retenus comme importants, il faut mentionner la stratification des mélanges fondus et l'obtention des propriétés des matériaux de ces mélanges en vue de valider les modèles de calcul. Le programme OLHF est réalisé au Sandia National Laboratory (États-Unis) afin d'étudier la percée du fond de cuve en cas d'accident grave. Les résultats servent à valider les modèles de cal-

cul de mécanique utilisés dans l'étude des accidents graves.

Contribution aux travaux des organisations internationales

Les organisations internationales jouent un rôle majeur dans la construction de consensus en matière de règles et de pratiques, mais aussi sur des sujets scientifiques et techniques particulièrement importants, dans les domaines de la sûreté nucléaire, de la radioprotection et du contrôle des matières nucléaires et sensibles. L'IPSN contribue aux travaux de groupes consultatifs, de comités et de groupes de travail de

Code de calcul ICARE.



Dans le domaine de la sûreté des réacteurs nucléaires, les codes de calcul de l'IPSN font l'objet de nombreuses collaborations et bénéficient d'une politique de diffusion qui a permis à plusieurs organismes étrangers d'en acquérir le droit d'usage. Ces collaborations consistent en actions d'amélioration et de qualification physique de modèles ; pour l'année 2000, on peut notamment citer :

- ◆ l'adaptation et la qualification du code intégré d'accidents graves ASTEC réalisées pour les VVER 1000 avec l'Institut Kurchatov (Russie) et pour les VVER 440 avec le VUJE (Slovaquie) ;
 - ◆ la qualification par AECL (Canada) du module SOPHAEROS sur des essais canadiens et IPSN ;
 - ◆ la poursuite de la qualification internationale du code ICARE/CATHARE relatif à la dégradation de cœur ; planifiée sur trois années, cette action a été lancée en 1999 avec la participation active de nombreux organismes dont AVN (Belgique), AEKI
- (Hongrie), ENEA (Italie), NRI (République tchèque) et Institut Kurchatov (Russie) ;
- ◆ l'engagement d'une collaboration avec VTT (Finlande) sur la modélisation des grandes déformations dans le code SCANAIR consacré au comportement de crayons combustibles lors d'accidents de réactivité ;
 - ◆ la poursuite de la qualification et de l'amélioration par l'Institut Kurchatov (Russie) de TH2D, module de thermohydraulique bidimensionnelle du code SCANAIR ;
 - ◆ le lancement du programme européen EVITA consacré à la qualification du code intégré d'accidents graves ASTEC, lui-même co-développé avec la GRS ;
 - ◆ l'intégration dans le code ICARE/CATHARE relatif à la dégradation de cœur des derniers développements réalisés par IBRAE (Russie) sur les interactions entre mécanique et chimie des gaines.

ces organisations, en particulier de la Commission européenne, de l'AIEA, de l'AEN, de l'UNSCEAR et de la CIPR.

La collaboration IPSN-MINATOM en radioprotection

Deux délégations du MINATOM et de l'IPSN se sont réunies en avril pour évaluer l'avancement des actions menées conjointement concernant la dosimétrie des travailleurs aux postes de fabrication des pastilles d'oxyde d'uranium, et le développement des moyens expérimentaux et théoriques utilisables pour l'évaluation d'un accident radiologique. La dosimétrie des neu-

trons, l'épidémiologie, l'expertise en radioprotection et la dosimétrie du radon sont des sujets envisagés pour de futurs échanges scientifiques et méthodologiques dans le cadre de cette collaboration. Afin d'améliorer le suivi des actions et de développer les orientations stratégiques de cette collaboration, un comité de pilotage a été mis en place.

Les actions de coopération en cours avec le MRRC

La première action engagée avec le MRRC pour collaborer à la reconstitution dosimétrique d'accidents radiologiques a débuté en 2000. Cette

action, qui fait l'objet d'un accord de deux ans passé fin 1999, porte sur la reconstitution des doses individuelles dans les territoires les plus contaminés à la suite de l'accident de Tchernobyl. Des prélèvements de sols et une cartographie des doses individuelles ainsi que des premières mesures anthroporadiométriques et des collectes de dents pour mesure par RPE ont été réalisés dans le village de Zaborié (Oblast de Briansk). Fin 2000, un second protocole d'accord a été conclu pour étendre la reconstitution de doses à des personnels de sous-marins russes exposés accidentellement il y a plus de trente ans et pour lesquels l'expertise de l'IPSN en dosimétrie bio-

Piscine du réacteur expérimental
Phébus PF.



Deux contrats européens coordonnés au sein
du cinquième PCRD

Dans le domaine des accidents graves, deux projets coordonnés par l'IPSN ont été lancés dans le cadre du cinquième PCRD. Le projet COLOSS consacré à la dégradation du cœur comprend des essais à petite échelle (dont les essais d'oxydation dans MADRAGUE du carbure de bore (B4C) utilisé dans les barres de commande des réacteurs de 1300MWe), et deux essais de dégradation d'une grappe de crayons combustibles comportant une

barre en B4C dans les installations étrangères QUENCH et CODEX. Le projet s'étend également au développement et à la validation de modèles, et comporte de nombreuses applications aux réacteurs avec divers codes dont ICARE/CATHARE et ASTEC. Le projet ENTHALPY est consacré au développement et à la validation d'une base européenne de données thermodynamiques sur le corium. Notons aussi des contributions significatives de l'IPSN à d'autres projets menés dans le même cadre : ICHEMM (chimie de l'iode), PHEBEN2 (validation des codes décrivant le comportement des produits de fission dans le circuit et l'enceinte de confinement sur des essais Phébus) et LPP (relâchement des PF d'un bain de corium).

logique par aberrations chromosomiques stables sera principalement utilisée.

comme présidente du comité des programmes du XI^e Congrès de l'IRPA (Madrid, 2004).

dent de Tchernobyl. L'avenir de l'UNSCEAR et sa reconnaissance au sein de l'ONU ont par ailleurs fait l'objet de débats au cours de cette session.

X^e Congrès de l'IRPA

L'IRPA a tenu son X^e Congrès en mai 2000 à Hiroshima (Japon). Plus de mille participants représentant cinquante-quatre pays étaient réunis. Cette manifestation est l'occasion, tous les quatre ans, de faire le point sur l'état des connaissances en radioprotection. L'IPSN a présenté de nombreuses contributions. Ce congrès a été marqué par un débat sur l'avenir du système international de protection radiologique, auquel la France a activement participé. Annie Sugier a été choisie

49^e Session de l'UNSCEAR

Deux représentants de l'IPSN faisaient partie de la délégation française à l'UNSCEAR dont la 49^e Session en mai concluait un cycle de travail qui a abouti à la publication de la dernière édition du rapport UNSCEAR, *Sources and effects of ionising radiation*. Le document diffusé à la fin de l'année 2000 couvre l'ensemble des connaissances scientifiques relatives aux sources d'exposition naturelles et artificielles et à leurs effets pour l'homme, en particulier à la suite de l'acci-

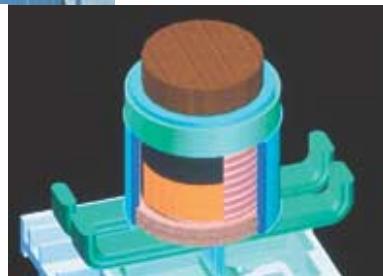
dent de Tchernobyl. L'avenir de l'UNSCEAR et sa reconnaissance au sein de l'ONU ont par ailleurs fait l'objet de débats au cours de cette session.

Collaboration avec l'Institut Kurchatov sur le code ASTEC

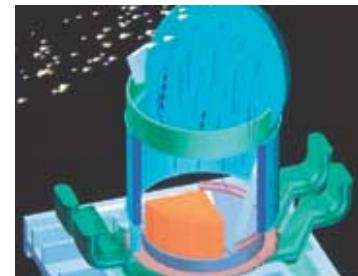
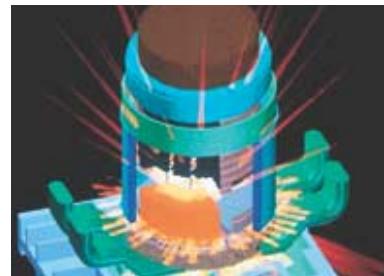
L'application du code intégré ASTEC aux accidents graves dans les VVER est un objectif mentionné dans le cahier des charges de ce code. Une collaboration a débuté en 1999 entre l'IPSN et l'Institut Kurchatov (Russie) sur ce sujet pour les réacteurs VVER-1000. Plusieurs actions ont été réalisées par cet organisme avec la version ASTEC V0 : formation d'utilisateurs russes par



développement de la coopération ipsn-grs



Paroi en acier du sarcophage recouvrant la tranche accidentée de la centrale de Tchernobyl.



Réconstitution, étape par étape, de l'explosion du réacteur n° 4 de la centrale de Tchernobyl, survenue le 26 avril 1986.

Mise en œuvre de l'IFA

C'est en juillet 1997 que l'IPSN, la GRS et le Centre ukrainien de Tchernobyl ont signé l'accord concrétisant l'initiative franco-allemande (IFA) pour Tchernobyl, décidée par les gouvernements français et allemand en 1996. Ce projet de six millions d'euros, financé par les pouvoirs publics français et allemand, ainsi que par EDF et le groupement d'électriciens allemands VDEW, a pour objectif de rassembler sous forme de banques de données les informations techniques, encore dispersées pour la plupart, concernant les conséquences de l'accident de 1986. Trois domaines sont concernés : la sûreté du sarcophage, les transferts de radioéléments dans l'environnement et la santé

des populations. Trente-sept sous-projets précités ont été mis en œuvre dans les trois domaines et des résultats concrets sont maintenant obtenus. Le renforcement des liens entre les trois projets devrait permettre d'harmoniser les outils et le référencement géographique utilisés en Biélorussie, en Russie et en Ukraine. La structure définitive des bases de données implantées au Centre de Tchernobyl est définie. La réflexion sur un site internet du Centre de Tchernobyl, présentant les résultats généraux des trois projets, est engagée.

l'IPSN, qualification d'ASTEC sur des essais spécifiques aux VVER, applications à des scénarios d'accident grave (avec comparaison avec le code MELCOR), spécifications de modèles de systèmes de sécurité. Les travaux vont se poursuivre avec la qualification des modules de la version ASTEC V1 actuellement en cours de développement.

Renforcement de la collaboration avec le Canada sur le code SOPHAEROS

Dans le cadre des échanges entre le COG et l'IPSN dans le domaine du comportement des produits de fission, la collaboration, au-delà d'échanges de résultats expérimentaux en 2000, s'est renforcée sur le code SOPHAEROS, qui simule le transport des produits de fission dans le circuit primaire. Les travaux de qualification réalisés par AECL (Canada) se sont poursuivis avec des résul-

tats satisfaisants, notamment sur les essais canadiens BTF-104 et HCE-3 et sur les essais DEVAP de l'IPSN. De plus, il est envisagé qu'AECL intègre dans le code des modèles spécifiques aux réacteurs CANDU, mais suffisamment génériques pour être applicables aux REP et inclus dans la version officielle du code, gérée par l'IPSN.



Seconde édition du forum européen EUROSAFE.

Démarrage du projet EVITA du cinquième PCRD

La collaboration entre l'IPSN et la GRS sur le développement du code intégré d'accident graves ASTEC a pris une nouvelle dimension en 2000, avec le démarrage du projet EVITA.

Coordonné par la GRS et l'IPSN, le projet EVITA est mené dans le cadre du cinquième PCRD de la Commission européenne. Il rassemble dix-huit organismes, dont plusieurs industriels, tels que Siemens, Framatome et EDF. Il a pour objectif la validation du code, et s'appuie pour cela sur une stratégie prenant en compte les phénomènes d'après leur contribution aux risques définie dans le projet VASA du quatrième PCRD. Deux types de travaux sont prévus :

- ◆ la qualification du code par comparaison avec des essais internationaux de référence, tels que des ISP ;
- ◆ l'évaluation de sa capacité à simuler des scénarios d'accidents dans des réacteurs de différents types (REP et VVER) avec procédures et moyens de limitation des conséquences associées, et sa comparaison avec d'autres codes intégrés d'origine américaine, tels que MELCOR et MAAP4.

Les enseignements tirés de ces applications seront pris en compte pour l'évolution future du code. À terme, cette collaboration autour du code ASTEC devrait en faire la référence européenne pour la simulation des scénarios d'accidents graves.

EUROSAFE 2000

L'IPSN et la GRS ont conjointement organisé, à Cologne, les 6 et 7 novembre 2000, la deuxième édition du forum européen EUROSAFE sur la sûreté des installations nucléaires, la gestion des déchets et la radioprotection. Ces journées à caractère scientifique et technique ont regroupé plus de cinq cent experts, chercheurs et décideurs de l'Union européenne, de la Suisse, des pays d'Europe de l'Est et des organisations internationales. Destinées à favoriser une collaboration plus étroite entre les organismes techniques de sûreté et une convergence des pratiques de sûreté en Europe, elles ont permis

de débattre des enjeux de la déréglementation des marchés de l'électricité et de son impact sur la sûreté nucléaire. Les derniers travaux de l'IPSN, de la GRS, de leurs partenaires de l'Union européenne et de l'Europe de l'Est ont été présentés. Les prochaines journées auront lieu à Paris les 5 et 6 novembre 2001.

préparer le nouvel établissement



Bernard Boët

Secrétaire général

Dans le cadre du statut défini par l'arrêté interministériel de 1990 et de son protocole d'application avec le CEA, l'IPSN ne disposait pas d'unités fonctionnelles propres. Au cours de l'année 2000, l'Institut a préparé la mise en place de l'administration du futur Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN). Le bon déroulement de ces travaux a permis, dès le 1^{er} janvier 2001 de mettre en place un mode de fonctionnement autonome dans le cadre d'une délégation élargie accordée par l'Administrateur Général du CEA au Directeur de l'IPSN. Les différents volets de cette opération ont nécessité une implication exceptionnelle du personnel de l'Institut et le soutien de prestataires extérieurs.

Le premier volet a consisté à définir l'organisation fonctionnelle du futur établissement : partage des tâches entre unités centrales et groupes administratifs des départements opérationnels de l'IPSN, dimensionnement des équipes pour chaque fonction, création d'une antenne de la Direction implantée à Cadarache pour les unités IPSN de la zone sud. Les principales procédures ont été ensuite définies, écrites, présentées et diffusées à l'encadrement de l'IPSN et à son personnel administratif. Ces étapes ont été réalisées avec l'aide du cabinet CEGOS, en concertation avec les responsables opérationnels de l'Institut et avec une implication forte des futurs responsables fonctionnels de l'IRSN. Ces derniers ont parallèlement organisé la constitution de leurs équipes par mutations et surtout par recrutements externes. Les arrivées correspondantes sont intervenues en fin d'année 2000 et au début de 2001.

Le paramétrage du système de gestion, fondé sur le progiciel SAP/R3, s'est déroulé en 9 mois avec l'aide de la société CMG, retenue à l'issue d'un appel d'offres

lancé à l'automne 1999. Le délai très court a pu être tenu en décalant sur 2001 la plus grosse partie des développements concernant la paie et en concentrant les formations sur décembre 2000 et janvier 2001. Le démarrage du nouveau système au 1^{er} janvier 2001 s'est accompagné du passage à l'Euro. Les premiers mois d'utilisation témoignent, malgré les bogues à corriger, d'une réussite dans l'implantation opérationnelle du système.

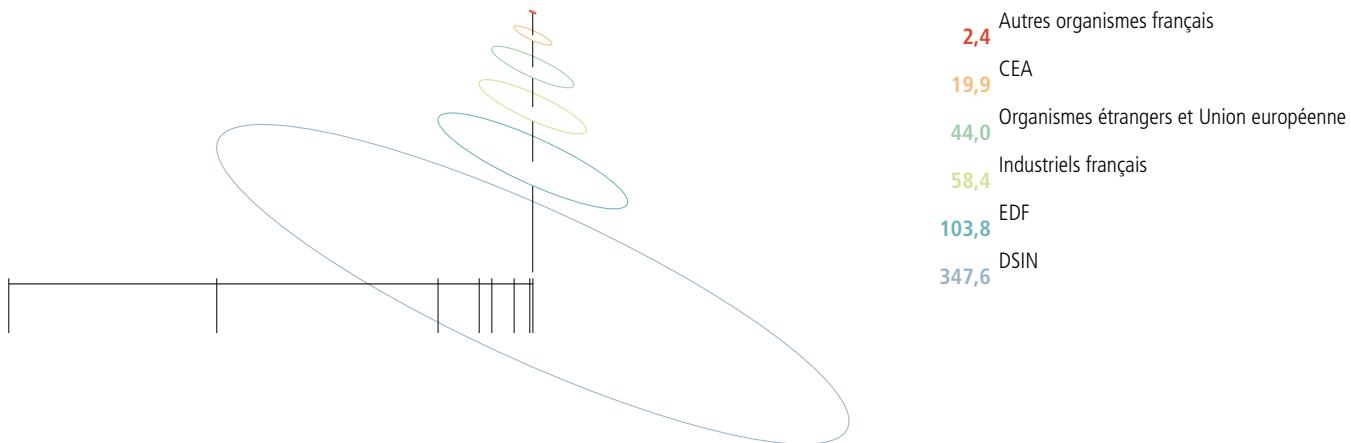
La préparation de la séparation de l'IPSN et du CEA s'est poursuivie. En attendant la création effective de l'IRSN, le CEA a accepté la mise en œuvre de l'outil de gestion paramétré par l'IPSN, ainsi que celle des équipes fonctionnelles de l'IPSN. Il a également autorisé l'installation d'un trésorier délégué de l'IPSN qui a vocation à devenir l'agent comptable de l'IRSN.

Une réflexion autour d'un document de propositions stratégiques pour le futur établissement, dit "document fondateur", était parallèlement conduite dans chaque unité de l'IPSN. Cette démarche a, comme la forte mobilisation sur la préparation du fonctionnement autonome, contribué à renforcer l'adhésion au projet, malgré les reports enregistrés en 2000 sur la date de création effective de l'IRSN.

Les arbitrages sur les futures unités fonctionnelles ont également constitué la première étape d'une maîtrise des frais généraux du futur Institut ; ceux-ci dépendront également de la capacité à réduire à terme le recours au CEA pour certaines prestations logistiques.

Pour autant, les travaux administratifs nécessaires à la constitution de l'IRSN ne sont pas terminés. L'un des objectifs de l'année 2001 sera assurément de renforcer la collaboration avec l'OPRI pour donner toute son identité à l'IRSN.

un budget marqué par la préparation du futur établissement indépendant



Recettes de l'IPSN hors subvention de l'État en 2000

en millions de francs

L'IPSN a disposé d'un budget annuel d'environ 1,5 milliard de francs, financé à 62 % par une subvention de l'État et à 38 % par des recettes externes, dont la plus importante vient d'une convention signée avec la Direction de la sûreté des installations nucléaires (DSIN).

Un solde d'exécution 2000 négatif

Avec – 10,6 MF (intégrant un report de – 1,1 MF des exercices antérieurs), le solde d'exécution 2000 traduit l'effort exceptionnel réalisé pour préparer le futur statut de l'Institut et une baisse conjoncturelle des recettes externes.

La croissance des ressources de l'Institut s'est établie à + 1,8 % et celle des dépenses à + 2,4 %.

Les faits marquants de l'exécution 2000

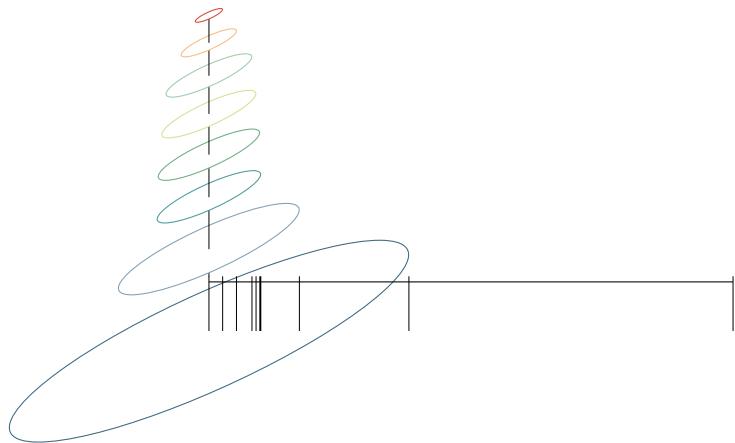
Les ressources de l'IPSN en 2000 ont atteint 1 534 MF. Les postes les plus importants sont la subvention de l'État (959,5 MF), la convention avec la DSIN (347,6 MF) et les recettes des participations aux programmes d'études et de recherches de l'Institut (137,2 MF).

Par rapport à 1999, la subvention de l'État a augmenté de 5,4 %, compte tenu d'une dotation de 37 MF pour financer les dépenses nouvelles liées à la création du futur établissement.

Les autres recettes ont diminué, notamment celles générées par la convention avec la DSIN (– 1,1 %). En matière de dépenses, le poste le plus important est celui des frais de personnel (524,3 MF), en progression par rapport à 1999 (+ 2,8%) du fait d'une progression des effectifs, liée notamment à la constitution d'équipes fonctionnelles indépendantes du CEA. Les dépenses de préparation du futur établissement ont atteint 42,1 MF, dont plus de 20 MF ont été consacrés au paramétrage du futur outil de gestion. La solution retenue est fondée sur le progiciel SAP R/3 et constitue un investissement majeur pour la gestion du futur Institut.

Cette opération ainsi que les premières opérations lancées dans le cadre du programme Cabri-Boucle à eau pour l'étude de la sûreté des combustibles à haut taux de combustion expliquent l'augmentation significative du poste d'investissement (+ 29,4 %).

Prestations	2,5
Déchets	5,3
Assistance internationale et communication	8,1
Radioécologie	9,0
Technologies, matières et transports	9,7
Radioprotection	9,9
Sûreté autres réacteurs	17,3
Sûreté REP	38,2

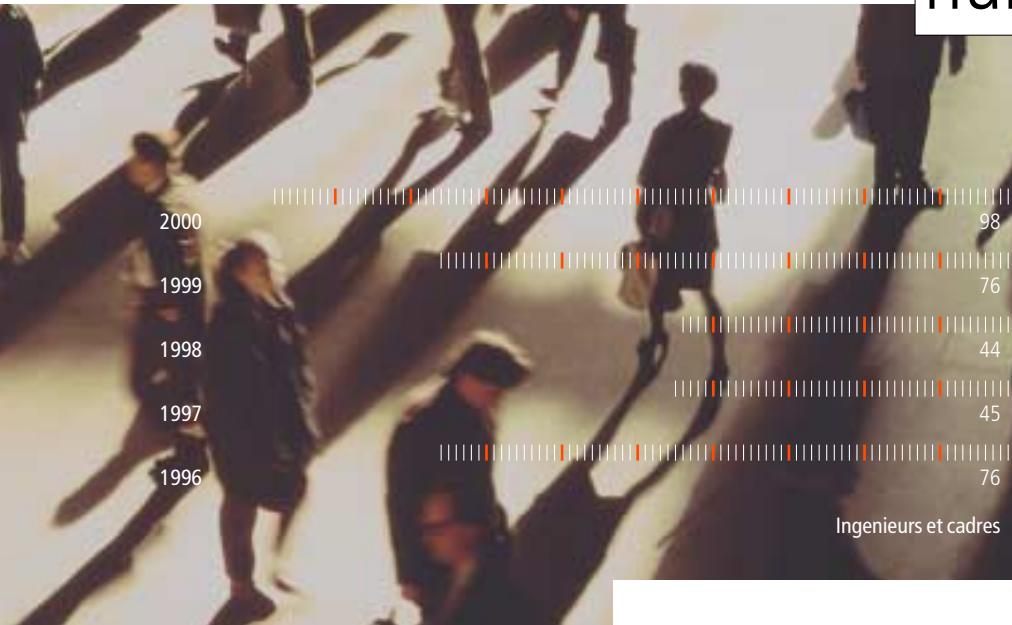


Budget 2000 réalisé : répartition par activité
en pourcentage

Réalisation du budget 2000 en crédits de paiement en MF

Ressources	Budget 00 initial	Budget 00 réalisation	% init/réal	Dépenses	Budget 00 initial	Budget 00 réalisation	% init/réal
Subvention de l'État	959,5	959,5	0,0%	Salaires et charges	572,0	524,3	– 8,3%
préparation ÉPIC	37,0	37,0		Autres charges de personnel	52,2	50,6	– 3,0%
sur programmes	726,4	726,4	0,0%	dont main-d'œuvre hors CT	10,0	9,9	
sur frais généraux	196,1	196,1	0,0%	dont transports et déplacements	42,2	40,7	
Affectation des reports	–	1,1		Autres charges et sous-traitances externes	424,1	384,3	– 9,4%
Convention DSIN	360,1	347,6	– 3,5%	Sous-traitances vers le CEA	169,8	188,8	11,2%
dont hausse de frais généraux				dont sous-traitances logistiques CEA	72,3	72,2	
EDF	96,0	91,3	– 4,9%	dont sous-traitances scientifiques CEA	97,5	116,6	
COGEMA	20,9	19,0	– 9,1%	Investissements	136,8	140,3	2,6%
Autres recettes	125,9	98,3	– 21,9%	Frais généraux du CEA	180,0	256,8	42,7%
Unités CEA	19,2	19,9	3,6%	dont prélevés sur subvention		196,1	
				dont collectés sur convention DSIN		41,9	
				dont collectés sur d'autres recettes		18,8	
Total	1 581,6	1 534,5	– 3,0%	Provision fiscalité IPSN	46,8		
				Total	1 581,6	1 545,1	– 2,3%
				Solde			– 10,6

les ressources humaines



Évolution des recrutements à l'IPSN
de 1996 à 2000

L'année 2000 se caractérise par la poursuite parallèle de deux chantiers dans le domaine des ressources humaines :

- ♦ constitution des équipes de gestion chargées d'assurer la mise en place du nouveau système d'information (SAP) et son exploitation ultérieure ;
- ♦ poursuite d'une politique active de recrutement en vue de remplacer les départs de l'Institut.

L'effectif présent augmente par rapport à l'exercice précédent mais reste en deçà de l'effectif objectif : 1329 pour 1389.

Évolution des effectifs

Les ingénieurs représentent comme dans le passé la proportion la plus importante des recrutements : 80 sur 140. Une part notable des embauches a concerné des ingénieurs confirmés issus des ingénieries du nucléaire.

La nécessité de disposer de spécialistes dans le domaine de la gestion a entraîné le recrutement de 18 cadres et de 24 employés dans les domaines

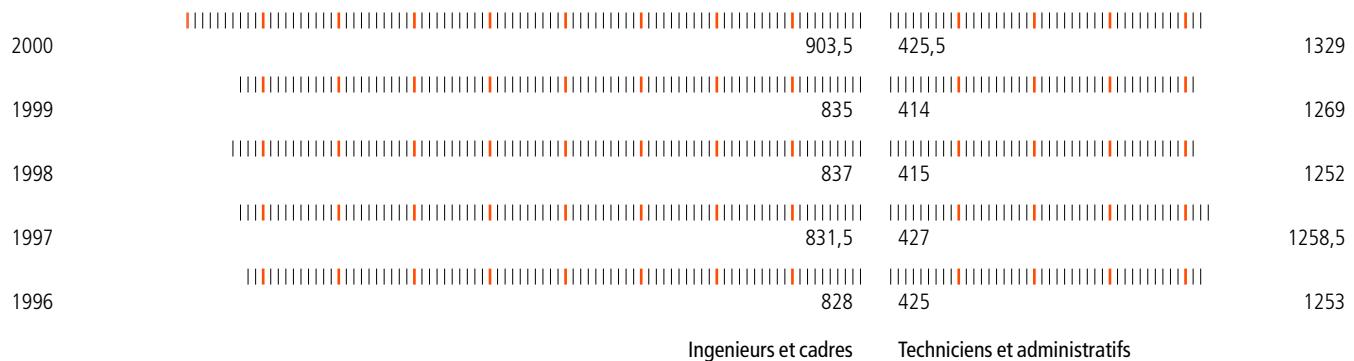
de l'informatique, des achats, de la comptabilité et de la trésorerie.

Globalement, le taux de renouvellement rapporté à l'effectif moyen représente 12,5 %. Le rajeunissement de la population se confirme avec une moyenne d'âge de 41,7 ans pour la deuxième année consécutive et le pourcentage de cadres est maintenu à 68 %.

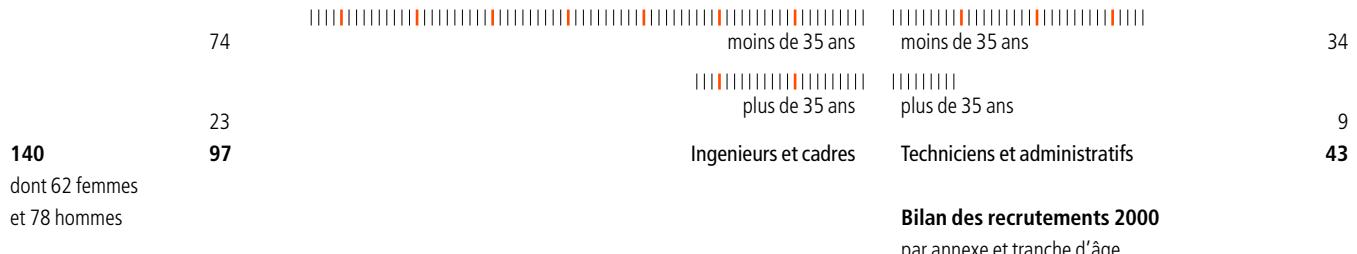
Gestion des carrières

Le recours à des recrutements extérieurs en nombre élevé pose des problèmes pour assurer une bonne intégration du personnel et un transfert de connaissances.

En ce qui concerne la politique de formation, l'année 2000 a été, une fois de plus, l'occasion d'engager un grand nombre d'actions visant au maintien et à l'acquisition de compétences techniques dans le but de former les nouveaux arrivés aux métiers de l'IPSN, de favoriser l'évolution de carrière des personnels et de contribuer à la qualité des travaux d'expertise et de recherche de l'Institut.



Évolution des effectifs de l'IPSN par catégories de 1996 à 2000



Bilan des recrutements 2000
par annexe et tranche d'âge

Ainsi, ce sont environ 55 000 heures de formation qui ont été dispensées, principalement dans les disciplines des sciences appliquées et des techniques (28 %), des langues étrangères (25 %) et des relations, communication et management (14 %). On ne peut manquer de signaler également l'effort tout particulier qui a été mené à la fin de l'exercice en matière de formation au progiciel intégré SAP. Ainsi, entre la fin novembre et la fin décembre,

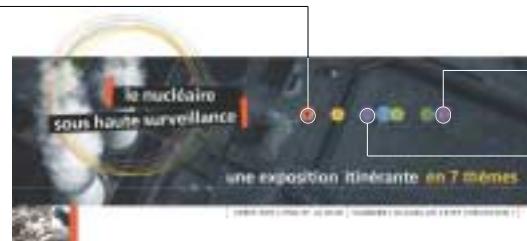
193 personnes ont suivi des sessions de formation aux différents modules SAP, et cela grâce à un nombre important de formateurs internes.

Préparation de l'avenir

Des rencontres ont été organisées avec les équipes fonctionnelles de l'OPRI. Elles ont eu pour but de procéder à des échanges sur le fonctionnement et le statut de chacun des organismes et de leur personnel.

la communication

la radioactivité : qu'est-ce que c'est ?



Pour satisfaire l'exigence d'une information claire et transparente, l'Institut s'appuie sur trois pôles complémentaires : médias, publics institutionnels et spécialisés, communication interne. Au cours de l'année 2000, l'IPSN a porté ses efforts sur trois orientations particulières : entraîner à la prise de parole les personnels amenés à se prononcer dans les médias ; développer et animer le site Internet de l'Institut ; poursuivre l'élargissement des contacts avec la presse.

Une information régulière et soutenue
des médias

Un souci réel de renforcer les relations de l'Institut avec les médias

L'IPSN a diffusé cette année une information régulière sur ses activités de recherche et d'expertise ainsi que sur divers événements ayant marqué l'actualité. De nombreux experts ont accordé des interviews aux journalistes. Le bulletin de l'IPSN, présentation synthétique des faits marquants de l'Institut, a fait l'objet d'une diffusion mensuelle. Le lancement du nouveau programme de recherche sur les feux dans les installations nucléaires CARMELA, la réalisation des différents essais menés dans les réacteurs de recherche Cabri et Phébus, situés à Cadarache, ou encore le lancement du nouveau programme de recherche Cabri-Boucle à eau, ont fait l'objet de communiqués et de dossiers de presse.

Un des faits les plus marquants a été l'arrêt de la centrale de Tchernobyl en Ukraine. Les médias ont fortement sollicité l'Institut sur ce sujet ainsi que sur les conséquences de l'accident qui s'est produit

quatorze ans plus tôt. L'IPSN a présenté en décembre 2000 les résultats de l'étude qu'il a menée avec l'Institut de veille sanitaire, à la demande de la Direction générale de la santé, sur le risque de cancer de la thyroïde en France lié à cet accident. D'autres sujets ont également fortement marqué l'année 2000, qu'il s'agisse de la sortie, début janvier, d'un rapport sur le risque d'inondation dans les centrales nucléaires, à la suite de l'inondation de la centrale du Blayais (Gironde) fin décembre 1999, ou de la publication, en septembre 2000, du premier atlas radon dans l'habitat, présentant les résultats de mesures de ce gaz radioactif d'origine naturelle dans l'habitat démarrées en 1982. À noter également les éléments d'information diffusés par l'Institut lors du naufrage, en août, du sous-marin nucléaire *Koursk* en mer de Barents, ou encore la participation de l'Institut, en septembre, à l'exercice Nord-Cotentin 2000, campagne de mesures de la radioactivité dans le département de la Manche, très suivie par les médias.



• et si... un accident survenait?

• l'accident de Tchernobyl



Une communication externe pédagogique et transparente

**Une information en temps réel:
le site Internet www.ipsn.fr**

Tout au long de l'année, le site Internet a contribué à faire connaître en temps réel les avis d'experts de l'IPSN sur les sujets d'actualité, notamment sur l'accident de Tchernobyl, la radioécologie dans le Nord-Cotentin, les résultats d'études scientifiques et, depuis juillet, les données publiées par les observatoires de la radioactivité dans l'environnement. Alimenté régulièrement en information, le site a vu son audience multipliée par trois avec 105 000 visiteurs en 2000. Cette évolution progressive vers un site axé sur l'information est le prélude à une restructuration plus profonde, pour laquelle la réflexion est d'ores et déjà entamée.

Une information pédagogique du grand public et des scolaires

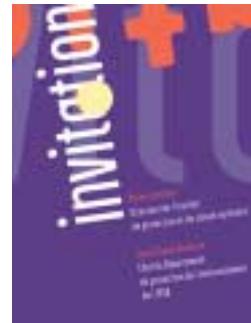
La nouvelle exposition de l'IPSN et de l'Autorité de sûreté nucléaire, *Le nucléaire sous haute surveillance*, a commencé ses déplacements en France. Au cours de l'année 2000, elle a été présentée dans les villes de Nantes, Montpellier, Privas, Caen et Bar-le-Duc, et a accueilli environ 66 000 visiteurs. Destinée principalement au public scolaire et au grand public, cette exposition aborde les risques liés à l'énergie nucléaire et les moyens mis en œuvre pour se prémunir contre eux. Des petits livrets d'approfondissement sur chacun des sept sujets de l'exposition ont été édités.

Pour les publics scolaires, des visites spécifiques ont été organisées à l'attention des inspecteurs pédagogiques régionaux (IPR) et des associations de professeurs des matières concernées, afin de motiver les visites des classes.



je suis maintenant
dans une époque transitoire

Les principaux sujets développés dans la presse en 2000, en pourcentage.



11,9 • L'environnement

La transparence de l'information nucléaire • 12,9

21,6 • La protection et la santé

La sécurité des installations • 24,9

Pour les visiteurs individuels, une animation spécifique, baptisée Nucléon, a été mise en place en dehors des périodes scolaires. Ce cyberacteur dialogue en temps réel avec les visiteurs par le biais d'un écran et d'un système vidéo, et les incite à répondre à un questionnaire dont les réponses se trouvent dans l'exposition. Il intervient en renfort des experts et des chercheurs de l'IPSN présents en permanence dans l'exposition.

Celle-ci a été, au cours de l'année, enrichie par des cycles de conférences et un bar des sciences organisés sur des sujets en liaison avec elle.

Sur le site Internet de l'IPSN, des pages spécifiques à l'exposition (www.ipsn.fr/expo) permettent de découvrir les grands sujets abordés et les villes qui l'accueillent.

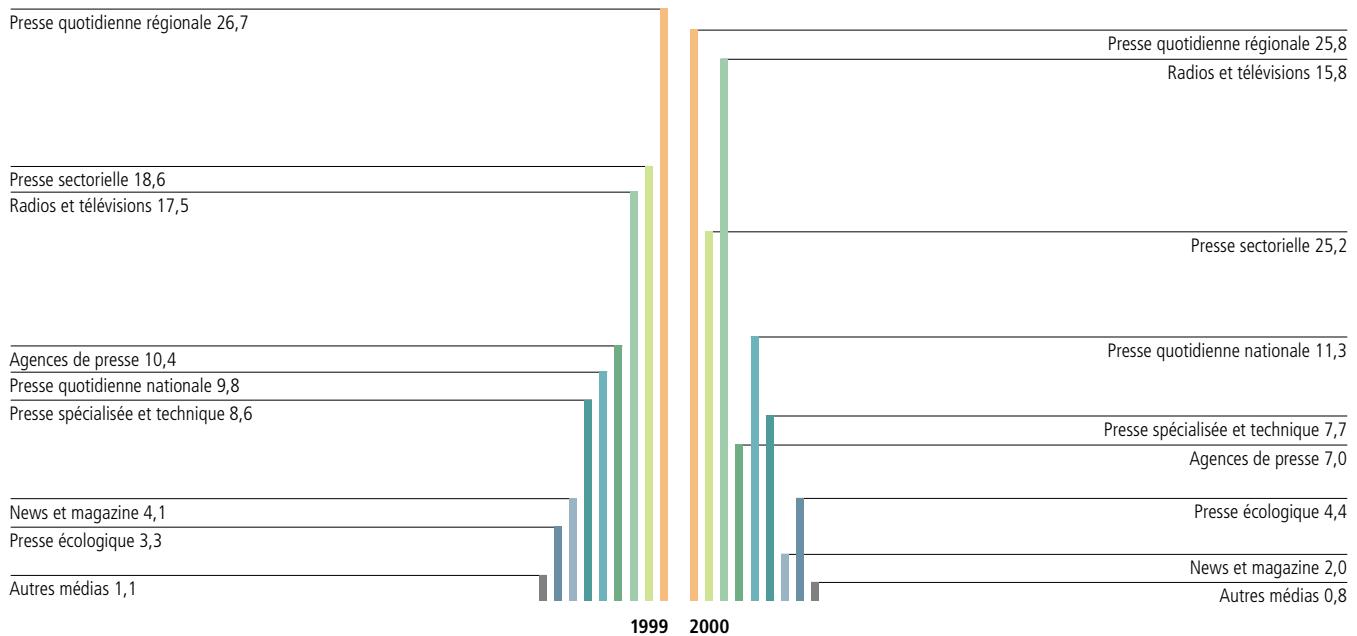
Des rencontres annuelles des professionnels de la santé et de l'environnement

Comme chaque année, l'IPSN a participé à deux salons professionnels (MEDEC et POLLUTEC), au cours desquels il a présenté ses activités sur des stands largement ouverts au public.

Des journées "portes ouvertes" qui favorisent le dialogue avec la population

L'Institut mène dans le tunnel de Tournemire (Aveyron) des recherches sur la capacité des roches argileuses indurées à retenir des éléments naturels. Pour expliquer ces recherches à la population locale, l'IPSN a, dans le cadre de la semaine de la science, ouvert les portes du tunnel le 22 octobre dernier. Plus de six cents personnes sont venues participer aux visites guidées animées par les experts et les chercheurs de l'Institut chargés du projet. Pour accompagner cette manifestation, l'IPSN a réalisé une campagne d'information au niveau local, et édité un document de présentation des activités de recherches effectuées dans le massif.

La structure de la couverture
des médias en 1999 et en 2000,
en pourcentage.



Une politique éditoriale toujours plus riche

- ◆ Lancée en 1997, la collection des livrets IPSN a pour vocation d'informer le grand public sur des sujets variés. Un livret sur le transport des matières radioactives a été publié cette année : il explique en quoi le transport des matières radioactives, phase sensible du cycle du combustible, doit faire l'objet d'une attention particulière des pouvoirs publics.
- ◆ Deux nouveaux titres de la collection scientifique de l'IPSN ont été publiés :
 - ◊ *ICRP. Histoire, politiques et méthodes de la CIPR* ;
 - ◊ *Le césium. De l'environnement à l'homme*.
 Ces deux nouvelles publications portent à treize le nombre des titres disponibles dans la collection IPSN.
- ◆ Au cours de l'année 2000, ont également été publiés :
 - ◊ le rapport scientifique et technique 2000, qui propose un ensemble représentatif des différentes activités de l'Institut en matière de recherche et d'expertise ;
 - ◊ une brochure, réalisée sous l'égide de la Commission européenne, qui présente la revue des récentes avancées en Europe concernant le devenir à long

terme des radionucléides dans l'environnement ;

- ◊ la première version du guide méthodologique de l'IPSN consacré à la gestion des sites industriels potentiellement contaminés par des substances radioactives ;
- ◊ la première édition d'un catalogue des publications de l'IPSN permettant à chacun de les découvrir et de se les procurer *via* le site Internet.

Communication interne:
vers un document fondateur pour le futur ÉPIC

Bientôt, l’Institut sera indépendant du CEA. Pour préparer cette évolution, l’année 2000 a été marquée par une information régulière des agents de l’IPSN sur le déroulement de la constitution du futur établissement, que ce soit par l’Intranet ou par le journal interne. Les personnels ont par ailleurs été invités dès avril 2000 à participer à l’élaboration d’un document fondateur pour le futur établissement.

Les questions soumises s’articulent autour de trois sujets : les opportunités actuelles de l’IPSN, les orientations stratégiques possibles et les principes de fonctionnement interne. Quelques semaines après le lancement de la démarche, les unités ont organisé un débat interne en vue d’apporter leur contribution et de nombreuses discussions ont été menées pour faire émerger dans chaque unité les points qui la concernent le plus.

Fin 2000, toutes les unités ont apporté leur contribution. Propositions et idées seront rassemblées dans un recueil diffusé au sein de l’IPSN, dont la direction du futur établissement disposera pour rédiger le document fondateur lui-même. Ce document sera alors l’occasion d’afficher les orientations stratégiques du nouvel établissement indépendant.



la préfiguration

de l'épic

Le travail de mise en place du futur ÉPIC a conduit à des résultats tangibles en 2000, dans un contexte marqué par des évolutions importantes.



Contexte

En juin 2000, le gouvernement envisageait de créer l'ÉPIC par décret, sous la forme d'un Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) qui regrouperait l'IPSN et la majeure partie de l'OPRI. Les discussions interministérielles sur ce sujet ont fait apparaître des interrogations concernant l'utilisation de la voie réglementaire. Le gouvernement a décidé en septembre 2000 d'infléchir sa démarche et de procéder à la création du nouvel ÉPIC par voie législative. Le dispositif retenu prévoit de créer l'IRSN par un amendement à la proposition de loi tendant à la création d'une Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE) ; un décret en Conseil d'État préciserait ensuite les conditions de transfert à l'IRSN des moyens, droits et obligations de l'IPSN et de l'OPRI qui reviennent au nouvel établissement.

La proposition de loi sur l'AFSSE a été examinée en deuxième lecture par l'Assemblée nationale le 12 décembre 2000. Un amendement de création de l'ÉPIC conforme aux orientations du gouvernement a été adopté en deuxième délibération. L'examen de cette proposition de loi se poursuit en 2001.

Organisation fonctionnelle de l'ÉPIC

Les groupes de travail mis en place dès 1999 ont poursuivi leurs activités en 2000, avec l'objectif de définir une organisation fonctionnelle pour le futur établissement. La direction de l'IPSN a examiné en février 2000 les propositions qui lui avaient été soumises et elle a statué sur les missions et les effectifs des unités fonctionnelles du futur établissement. Il a été décidé de créer six unités fonctionnelles à part entière pour les finances, les fonctions commerciale et juridique, les ressources humaines, les systèmes d'information, les fonctions qualité, sûreté, sécurité et environnement, et la logistique. En outre, a été négociée avec le CEA la mise en place d'une trésorerie déléguée de l'IPSN qui assure les paiements et les encaissements de l'Institut et préfigure la future



Système de gestion de l'ÉPIC

agence comptable. La fonction stratégie et programme et la fonction relations internationales, qui existent déjà à l'IPSN, seront renforcées et adaptées dans le cadre du futur ÉPIC. Celui-ci sera enfin doté d'une structure propre d'audit interne.

Un plan global de mise en place des personnels nécessaires à la constitution des unités fonctionnelles du futur ÉPIC a par ailleurs été approuvé par la direction de l'IPSN. La mise en œuvre de ce plan a été engagée dans le cadre du budget 2000 de l'Institut, qui prévoyait un premier contingent de soixante-quinze postes, pour commencer à constituer les unités fonctionnelles du nouvel établissement. Les efforts effectués en matière de redéploiement interne, de mutation en provenance du CEA et de recrutement ont permis à l'IPSN de disposer en janvier 2001 des effectifs suffisants pour assurer l'essentiel des fonctions nécessaires à son autonomie administrative.

Des contacts ont par ailleurs été pris avec l'OPRI dans la perspective du regroupement des deux organismes.

Un travail considérable a été effectué en 2000 pour que l'Institut dispose dès 2001 d'un système de gestion autonome et opérationnel.

Les procédures administratives indispensables à un fonctionnement autonome de l'établissement ont été rédigées.

L'IPSN avait choisi dès 1999 de s'orienter vers le choix du progiciel SAP, qui devait faire l'objet d'un paramétrage adapté à l'ÉPIC. Après la définition de l'organisation du projet, la constitution d'une équipe spécifique et la sélection d'une société spécialisée pour effectuer le paramétrage, le projet lui-même a été lancé en mars 2000. Les spécifications générales relatives au paramétrage ont été établies puis approuvées par la direction de l'Institut ; le paramétrage a ensuite été réalisé ; il a été suivi par une phase de tests d'intégration, destinés à vérifier le bon fonctionnement d'ensemble du système.

En même temps qu'étaient menés les travaux d'adaptation du logiciel lui-même, des présentations de l'outil aux futurs utilisateurs ont été organisées à partir de juillet 2000 ; elles ont été suivies



Statut de l'IPSN en 2001

par des formations de plus en plus opérationnelles, qui ont été poursuivies jusqu'au début 2001. Le progiciel SAP et les nouvelles procédures de l'Institut ont été mis en œuvre à partir du 2 janvier 2001, dans des conditions globalement satisfaisantes.

Après consultation des instances compétentes, l'administrateur général du CEA a notablement élargi les responsabilités du directeur de l'IPSN dans le cadre des règles applicables au commissariat. Une autonomie renforcée a ainsi été conférée à l'Institut, dont le statut lui a permis de mettre en place des unités fonctionnelles et un système de gestion propres.

séquoia : système évolutif

de la qualité, objectif ipsn

pour l'avenir



Lors de sa revue annuelle de direction sur la qualité du 15 mars 2000, l'IPSN a décidé de refondre son système de qualité pour le mettre en conformité avec la norme ISO 9001, version 2000, en vue d'une certification de tout ou partie de ses activités.

Cette refonte est une opération stratégique qui permettra à l'Institut de se doter d'un véritable système de management de la qualité, qui constitue l'objectif du début des années 2000 pour la majorité des entreprises ou organismes.

La refonte touchera à la fois le fond et la forme du système actuel. Elle visera à simplifier, à clarifier et à compléter la structure du système actuel pour en faire un système global pour l'Institut. Cela conduira à analyser et à décrire la manière dont l'IPSN réalise ses activités (approche des processus), à mettre en commun ce qui peut l'être en choisissant le niveau approprié (Institut, département, service) et à combler les manques, en particulier au niveau de la direction et des unités fonctionnelles (achats, ressources humaines, informatique...).

Sera poursuivie également la mise en place des dispositions permettant de mettre en conformité le système de qualité avec la norme ISO 9001, version 2000, et de justifier des compétences des laboratoires de l'Institut dont la reconnaissance conduit à l'accréditation par le COFRAC selon la norme ISO 17025.

Les actions ont débuté en mai 2000 avec le démarrage du projet SÉQUOIA. Pour l'année 2000, elles ont consisté en une étude préliminaire à la refonte.

Etat des lieux

Une première étape a permis de dresser un état du système actuel de qualité de l'IPSN en tenant compte de l'existant dans les départements et les unités de la direction, mais aussi des travaux en cours dans le cadre de la mise en place du nouveau système de gestion et de l'établissement des procédures pour le fonctionnement de l'IPSN indépendant du CEA. Cette étape, conduite essentiellement en faisant appel aux acteurs de la qualité des départements et aux responsables des unités de la direction, a permis d'obtenir une première esquisse des principaux processus de l'Institut. Elle a en outre confirmé l'intérêt et l'opportunité d'engager dès maintenant la refonte du système de qualité, sachant qu'il faudra être vigilant pour bien gérer les risques associés à ce type de projet (risque pour les certifications et accréditations déjà obtenues, risque en termes d'acceptation des unités, intérêt d'arriver à des résultats dans des délais raisonnables).



Élaboration du programme de refonte

La phase de définition des principes qui serviront de base au futur système de qualité de l’Institut est actuellement en cours. Afin que le futur système de qualité soit celui de l’ensemble de l’Institut, cette deuxième étape, qui est capitale pour l’avenir, voit la participation et l’implication d’un éventail élargi de personnes.

L’un des temps forts et fondateurs a été le séminaire d’orientation SÉQUOIA, qui s’est déroulé à Bougival (Yvelines) les 19 et 20 octobre et qui a réuni environ soixante-dix personnes représentant les différents métiers et activités de l’Institut ; tous les échelons hiérarchiques y étaient représentés, depuis le directeur jusqu’au personnel de secrétariat.

Dans la perspective du projet gouvernemental de regroupement des activités de l’IPSN et de celles de la majeure partie de l’OPRI au sein d’un nouvel organisme appelé IRSN, cinq personnes de l’OPRI, dont son président, ont participé à ce séminaire.

Les réflexions et propositions ont porté sur la politique de qualité du futur Institut, l’identification des clients et des produits, les relations client/fournisseur internes et externes, la qualité en recherche et en expertise, la formation et les compétences, les modes de gestion, la maîtrise et le traitement de l’information, le management de la qualité. Elles ont apporté une matière riche qui est en cours d’analyse.

À l’issue du séminaire, des groupes de travail qui associent des responsables de la qualité et des personnes des unités ont été initiés mis en place afin de décrire les principaux processus de l’Institut et d’en dresser la cartographie. La synthèse de tous ces travaux vise à définir le schéma directeur du futur système de qualité au début de 2001, avant d’établir le programme détaillé des actions de la refonte proprement dite.

Accompagnement

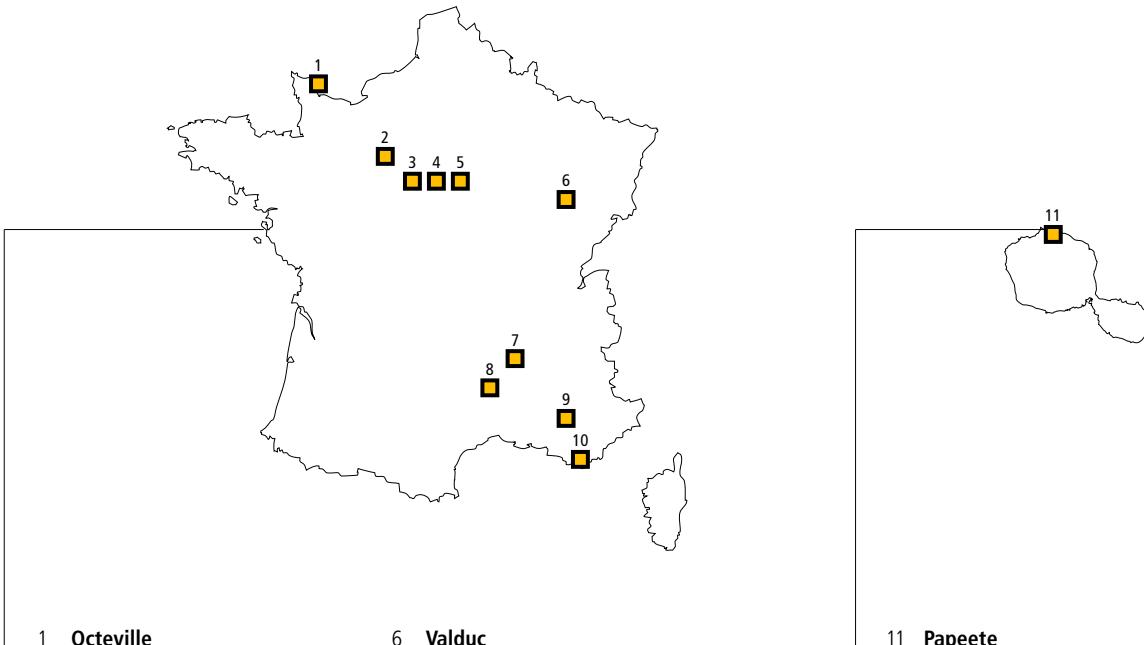
En parallèle à cette démarche, des actions d’information et de sensibilisation sur les évolutions récentes de la qualité qui servent de base au projet SÉQUOIA ont été conduites en juin pour la direction et les chefs de département, et en septembre et octobre pour les chefs de service et les responsables de la qualité des unités. Cette opération indispensable sera poursuivie en 2001, en l’étendant progressivement à l’ensemble du personnel.

glossaire

ADN	Acide désoxyribonucléique	CPO, CP1, CP2	Evolutions du réacteur EDF de 900 MWe
AEA-T	Atomic energy authority-technology (Royaume-Uni)	CRISTAL	Formulaire français de criticité
AECL	Atomic energy of Canada limited (Canada)	CROCO	Code for relocation of corium (code de calcul)
AEKI	Central research institute for physics of the hungarian academy of sciences/Atomic energy research institute (Hongrie)	CST	Commission de sûreté des transports
AEN	Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire	CTC	Centre technique de crise
AEROCONTAMINATION	Programme pour la connaissance des coefficients de mise en suspension de matières radioactives en situation d'exploitation normale et accidentelle des installations	DAM	Direction des applications militaires du CEA
AFSSA	Agence française de sécurité sanitaire des aliments	DAMRI	Département des applications et de la métrologie des rayonnements ionisants du CEA
AFSSE	Agence française de sécurité sanitaire environnementale	DDASS	Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique	DDSC/MARN	Direction de la défense et de la sécurité civiles/Mission d'appui à la gestion du risque nucléaire
ANPA	Autorité de sûreté italienne	DES	Département d'évaluation de sûreté
ANRA	Autorité de sûreté arménienne	DEVAP	Essais français pour la validation du code SOPHAEROS
APD	Avant projet détaillé	DGAC	Direction générale de l'aviation civile
APRP	Accident de perte de réfrigérant primaire	DGEMP	Direction générale de l'énergie et des matières premières
APS	Avant projet sommaire	DGS	Direction générale de la santé
ARCS	Austrian research centre Seibersdorf (Autriche)	DIEDAC	Dosimètre individuel électronique à diode associée à un convertisseur
ASG	Système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur	DISCO	Installation pour l'étude de poudres inactives dans différentes atmosphères, pour le programme AEROCONTAMINATION
ASTEC	Accident source term evaluation code (code de calcul)	DIVA	Installation pour l'étude de la propagation du feu et des fumées vers les locaux adjacents à un local en feu
ASTRAL	Assistance technique en radioprotection accidentelle (code de calcul)	DOM-TOM	Département d'outremer – Territoire d'outremer
AVN	Association vinçotte nucléaire (Belgique)	DOSINTER	Dosimétrie et surveillance des travailleurs exposés aux composés industriels
BADIMIS	Base de données rassemblant l'ensemble des valeurs de coefficients de mise en suspension acquises au cours du programme AEROCONTAMINATION	DPEA	Département de prévention et d'étude des accidents
BARC	Bhabha atomic research centre	DPHD	Département de protection de la santé de l'homme et de dosimétrie
BCF	Boîte collectrice des fuites	DPRE	Département de protection de l'environnement
BCRD	Budget civil de recherche et de développement	DRS	Département de recherches en sécurité
BERD	Banque européenne pour la reconstruction et le développement	DSIN	Direction de la sûreté des installations nucléaires
BFS	Bundesamt für Strahlenschutz (Allemagne)	DSMR	Département de sécurité des matières radioactives
BISE ACTIVE	Installation pour réalisation des expériences en actif dans le cadre du programme AEROCONTAMINATION	DVS	Système de ventilation des locaux des moteurs de pompes EAS et RIS (ISBP)
BTF-104	Essai canadien pour la validation du code SOPHAREOS	EAS	Système d'aspersion dans l'enceinte
E	EDF	Électricité de France	
CABRI FAST	Programme dédié aux transitoires de remontée des barres de commande des RNR et à l'accident de fusion globale du cœur	ENEA	Ente per le nuove tecnologie, l'energia et l'ambiente / Comité pour les nouvelles technologies, l'énergie et l'environnement (Italie)
CANDU	Canadian deuterium-uranium reactor (filière canadienne de réacteurs nucléaires)	ENTHALPY	Base européenne de données thermodynamique du corium
CARMELA	Programme de recherche sur les incendies dans les installations nucléaires visant à améliorer les connaissances sur les feux d'armoires électriques	EPS	Étude probabiliste de sûreté
CAROL	Camargue-Rhône-Languedoc, projet d'étude de la répartition de radionucléides artificiels dans la région Bas-Rhône	ÉPIC	Etablissement public à caractère industriel et commercial
CASTEAUR	Calculs simplifiés des transferts de radionucléides dans les cours d'eau récepteurs	EREC	Appui technique de l'autorité de sûreté russe
CATHARE	Code de calcul avancé de thermohydraulique pour les études de comportement des réacteurs à eau sous pression en situation accidentelle	ESCADRE	Etudes de séquences de cœur accidenté de réacteur à eau
CE	Commission Européenne	EURADOS	European Radiation Dosimetry group
CEA	Commissariat à l'énergie atomique	EURATOM	Traité européen de l'atome
CEC	Cellule d'évaluation des colis	EVITA	European Validation of the Integral code ASTEC
CEI	Comité électrotechnique international		
CEM	Cellule d'évaluation mobile	FBFC	Franco-belge de fabrication de combustible
CERCA	Compagnie pour l'étude et la réalisation de combustibles atomiques (filiale de COGEMA et de FRAMATOME)	FISH	Hybridation In Situ Fluorescente
CFX	Evaluation de codes fondée sur une approche multidimensionnelle : codes 3D de thermohydraulique développés par AEA-T	FLIP	Feux de combustible liquide en interaction avec une paroi (campagne d'essai)
CHIP	Programme d'étude de la chimie de l'iode en phase gazeuse dans le circuit primaire d'un REP lors d'un accident grave	FPT-2	Quatrième expérience du programme international de recherche Phébus PF (Produits de Fission), consacré aux accidents graves dans les centrales nucléaires à eau sous pression
CIEMAT	Centro de investigaciones energéticas medioambientales y tecnológicas (Espagne)	GNPJVC	Guangdong nuclear plant joint venture company
CIPR	Commission internationale de protection radiologique	GPS	Global positionning system
CMIR	Cellule mobile d'intervention radiologique	GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
CNPE	Centre nucléaire de production de l'électricité	GSM	Global System for Mobile communications
CNRS	Centre national de la recherche scientifique	HALDEN	Programme coordonné par l'OCDE, avec essais dans le réacteur HBWR du Centre de recherches de HALDEN (Norvège)
CODEX	Installation hongroise	HCE-3	Essais canadiens pour la validation du code SOPHAEROS
COFRAC	Comité français d'accréditation	HFD	Haut-Fonctionnaire de défense
COG	Candu owners group	IBPh	Institut de biophysique de Moscou
COGEMA	Compagnie générale des matières nucléaires	IBRAE	Institut de sûreté nucléaire de l'Académie des sciences de Russie
COLOSS	Projet européen dédié à l'étude de la dégradation du cœur lors un accident grave	ICARE	Interprétation des coeurs accidentés pour les réacteurs à eau (code de calcul)
CORINE	Programme d'étude des phénomènes physiques intervenant dans l'étalement du corium, mélange des matériaux résultant de la fusion du cœur	ICHEMM	Projet européen sur la chimie de l'iode
		ICRP	International commission of radiological protection
		IDTS	Evaluation de codes fondé sur une approche systémique
			Initiative franco-allemande

IFA	Institut français pour la recherche et la technologie polaires	POLLUTEC	Salon international des équipements, des technologies et des services de l'environnement pour l'industrie
IFRTP	Installation nucléaire de base	PPI	Plan particulier d'intervention
INB	International exercises	PSS-TMR	Plan de secours spécialisé—Transport des matières radioactives
INEX	Protocole de renforcement des garanties contre la non prolifération signé par la France avec l'AIEA et Euratom	PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Allemagne)
INFCIRC		PTR	Système de traitement des piscines
INMARSAT	International Mobile Satellite (a remplacé International Maritime Satellite)	PUI-T	Plan d'urgence interne—Transport
InVS	Institut national de veille sanitaire	PuO ₂	Dioxyde de plutonium
IPS	Important pour la sûreté	QUENCH	Installation allemande (Karlsruhe)
IPSN	Institut de protection et de sûreté nucléaire	RAFT	Reactivity accident fuel test
IRPA	Association internationale de radioprotection	RASPLAV	Programme précurseur du programme MASCA coordonné par l'OCDE
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire	REP	Réacteur à eau sous pression
ISBE	International society of the built environment	RFS	Règle fondamentale de sûreté
ISO	Organisation internationale de normalisation	RGE	Règles générales d'exploitation
ISP	International standard problems	RIA	Reactivity initiated accident
JNC	Japan nuclear cycle institute (Japon)	RIS	Système d'injection de sécurité
JRC ISPR	Joint research centre de la commission européenne d'Ispra (Italie)	RISO	Risoe national laboratory
K _{eff}	Coefficient de multiplication effectif des neutrons	RNR	Réacteur à neutrons rapides
KV	kiloVolt	RODOS	Real-time on-line decision support system for nuclear emergencies
LAP	Licensing assistance project	RPE	Résonance paramagnétique électronique
LPP	Programme européen sur le relâchement des produits de fission dans un bain de corium	RRA	Circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt
MARPOL 4	Code de calcul américain sur les accidents graves	RUT	Installation de l'Institut Kurchatov où sont réalisées des expériences de combustion pour étudier le risque hydrogène
MADRAGUE	Installation pour des essais sur des crayons de carbone de bore et de combustible simulant la dégradation du cœur	SAP	Logiciel de gestion (Allemand)
MAEVA	Maquette enceinte vapeur : maquette d'enceinte de réacteur REP pour l'étude de l'étanchéité en cas d'accident de dimensionnement	SCANAIR	Système de calcul pour l'analyse d'accident par injection de réactivité
MASCA	Programme organisé autour d'essais réalisés à l'Institut russe Kurchatov (Moscou) sur l'étude de l'interaction entre le corium et le fond de la cuve en cas d'accident grave. Coordonné par l'OCDE.	SCAR	Simulator cathare release
MARN	Mission d'appui à la gestion du risque nucléaire (rattaché au Ministère de l'intérieur)	SEB	Système auxiliaire d'eau brute dans les réacteurs à eau sous pression
MEDEC	Salon de la médecine en France	SEC-NRS	Appui technique de l'autorité de sûreté russe
MELCOR	Code de calcul américain sur les accidents graves	SÉQUOIA	Système évolutif de la qualité, objectif de l'IPSN pour l'avenir
METREPOL	Medical treatment protocols for radiation accident victims as a basis for a computerised guidance system	SÉSAME	Schéma d'évolution des situations accidentelles et méthodes d'évaluation
MINATOM	Ministère russe de l'énergie atomique	SILÈNE	Réacteur expérimental de l'IPSN utilisé pour les expériences de criticité
MOX	Mixed oxide fuel	SIP	Shelter implementation plan (programme pour Tchernobyl)
MRC	Medical radiological research center d'Obninsk (Russie)	SIPA 2	Simulateur d'accident dans les réacteurs à eau sous pression
mSv	milliSievert	SKALA	Système russe de contrôle du réacteur
MWe	megaWatt électrique	SMHV	Séisme maximal historiquement vraisemblable
NPL	National physical laboratory	SOPHAEROS	Module du code astec simulant le transport des produits de fission dans le circuit primaire
NSAC	Nuclear safety advisory committee	SPA	Spent fuel disposal performance assessment
NRC	Nuclear regulatory commission (Etats-Unis)	SPRA	Service de protection radiologique des armées
NRI	Nuclear research institute (République Tchèque)	SSI	Swedish radiation protection institute
NRPB	National radiological protection board (Royaume-Uni)	STUK	Radiation and nuclear safety authority (Finlande)
OCDE	Organisation de coopération et de développement économique	TACIS	Technical assistance to the Commonwealth of independent states
OCHA	Bureau de la coordination des affaires humanitaires (Nations Unies)	TH2D	Module de thermohydraulique bidimensionnelle du code SCANAIR
OLHF	Programme réalisé au Sandia National Laboratory (Etats-Unis) afin d'étudier la percée du fond de cuve en cas d'accident grave	TN	Transnuklear, filiale de COGEMA
OPERA	Observatoires permanents de la radioactivité de l'environnement	TN28VT	Modèle de colis pour transports de déchets vitrifiés
OPRI	Office de protection contre les rayonnements ionisants	TONUS	Système de codes dédié à la modélisation du risque hydrogène
OLHF	Étude du comportement du fond d'une cuve REP en cas d'accident grave	TOSQAN	Tonus qualification analytique : installation expérimentale utilisée pour les essais de qualification du système de codes TONUS
OMM	Organisation météorologique mondiale (Nations Unies)	TRACI	Code de calcul du transport du radon dans les sols en fonction de leurs caractéristiques et des conditions météorologiques
OMS	Organisation mondiale de la santé	TUD	Université technologique de Delft
PARK	Outil logiciel d'aide à la gestion de la crise en situation post-accidentelle	UE	Union européenne
PCO	Poste de commandement opérationnel	UNSCEAR	Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants
PCRD	Programme cadre de recherche et de développement	UO ₂	Dioxyde d'uranium
PF	Produit de fission	VASA	Validation strategies for severe accident codes
PHARE	Poland and Hungary assistance to the reconstruction of the economy (programme européen)	VATESI	Autorité de sûreté lituanienne (Lithuanian nuclear power safety inspectorate)
PHEBEN 2	Projet européen de validation des codes décrivant le comportement des produits de fission dans le circuit et l'enceinte de confinement sur des essais Phébus	VTT	Centre de recherche technique de Finlande
PIC	Programme d'intérêt commun	VUJE	Nuclear power plants research institute de la République Slovaque
		VVER	Vodo-vodianoï energetičeskii reaktor, réacteur nucléaire russe à eau sous pression
		WENRA	Western European nuclear regulators' association

les implantations de l'ipsn



1 **Octeville**
B.P. 10
rue Max-Pol-Fouchet
50130 Octeville

2 **Orsay**
Bois des Rames (Bât. 501)
91400 Orsay

3 **Saclay**
91191 Gif-sur-Yvette
Cedex

4 **Fontenay-aux-Roses**
B.P. 6
92265 Fontenay-aux-Roses
Cedex

5 **Clamart**
77-83, av. du Général-de-Gaulle
92140 Clamart

6 **Valduc**
21120 Is-sur-Tille

7 **Pierrelatte**
B.P. 38
26701 Pierrelatte
Cedex

8 **Marcoule**
B.P. 171
30207 Bagnols-sur-Cèze
Cedex

9 **Cadarache**
B.P. 1
13108 Saint-Paul-Lez-Durance
Cedex

10 **Toulon**
Zone portuaire Bregaillon
B.P. 330
83507 La Seyne-sur-Mer
Cedex

11 **Papeete**
B.P. 519—Tahiti
Papeete
Polynésie française

Coordination IPSN
Emmanuelle Mur

Conception graphique et coordination
martin.brunner.associés

Recherche littéraire
Geneviève Fourgous
Michel Monory
Florence Grandidier

Photogravure
Icône Graphic

Impression
Imprimerie Delta

Crédits photographiques

- © F. Grandidier
couverture, pages 20-21, 44-45,
60-61, 76-77
- © AFP
page 41 (droite)
- © Assemblée nationale/
Service de la communication
pages 82-83
- © C. Cieutat/IPSN
pages 18-19, 22, 24, 26, 27, 28 (droite),
28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 38 (gauche),
39, 42-43, 48, 49, 50, 54, 55, 59, 64,
65, 66 (gauche), 68
- © Ciel et espace/A. Fujii
pages 52-53
- © COGEMA
pages 19 (droite), 23, 43 (droite),
46-47
- © A. Devouard
pages 2, 3, 17, 69
- © Jacana/Z. Frantisek
pages 84-85
- © P. Landmann
pages 56-57, 63, 66-67

© martin.brunner.associés
page 78

- © La médiathèque EDF
pages 36, 37
- C. Cieutat
page 55 (bas)
- M. Moreau
page 19 (haut)
- D. Riffet
page 18 (gauche)
- © IPSN
pages 25, 28 (gauche), 29 (droite), 33,
38 (droite), 40-41, 47, 51, 53 (droite),
58-59
- © Pix/D. Grossmann
page 72
- © Ph. Prouff/IPSN
page 56 (gauche)
- © Préférences
pages 74, 75 (haut)
- © Sénat/
Service de la communication
pages 80-81
- © Webmasters@FDA
page 75 (bas)

© Mission communication IPSN
2001

ISSN 1280-6390
Dépôt légal: juin 2001

