

PRÉSENTATION

L'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) effectue des recherches et des expertises dans toutes les disciplines nécessaires à la maîtrise des risques nucléaires et de leurs conséquences sur l'homme et l'environnement. Ses domaines d'activité couvrent ainsi la sûreté des installations et 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, 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 qu'en matière d'expertise.

Actuellement placé sous la double tutelle des ministères chargés de l'Industrie et de l'Environnement, il dispose depuis 1990 d'un statut autonome au sein du Commissariat à l'énergie atomique (CEA).

Un Comité de direction et un Comité scientifique, composés de personnalités françaises et étrangères, orientent et évaluent ses travaux. Le directeur de l'Institut est nommé par arrêté interministériel.

Dans le cadre des réflexions engagées sur le système de contrôle français du nucléaire, l'IPSN a vocation à devenir un établissement public à part entière.

L'IPSN regroupe environ 1 300 personnes, principalement des ingénieurs et des chercheurs, ainsi que des médecins, agronomes, vétérinaires et épidémiologistes.

JANVIER

11 JANVIER

Établissement d'un guide en matière de réaménagement des stockages de résidus de traitement de minerais d'uranium. Ce guide a été soumis pour application, sous forme de circulaire, aux préfets des régions concernées.

JANVIER

Après le séisme de magnitude 3,5 survenu à Laffrey (Isère) le 10 janvier, l'IPSN et le Laboratoire de géophysique interne de l'Université de Grenoble diffusent un questionnaire auprès des habitants de l'agglomération grenobloise, afin de connaître de façon précise la répartition des conséquences ressenties dans les différents quartiers de la ville.



13 JANVIER

Participation de l'IPSN à une intercomparaison de dosimétrie biologique à la suite d'un accident d'irradiation causé par une source de cobalt 60 en Turquie.

14 JANVIER

L'IPSN assiste l'Arménie pour son premier exercice de sécurité nucléaire. Cette action relève du programme européen TACIS d'aide aux pays de l'ancienne Union soviétique.



22 JANVIER

L'IPSN organise à Fontenay-aux-Roses un séminaire scientifique sur les «Paléoséismes dans le fossé rhénan». Il porte sur les recherches effectuées par l'Institut sur les séismes survenus il y a des dizaines de milliers d'années, et leurs conséquences sur la définition de l'aléa sismique dans le Nord-Ouest de l'Europe.

JANVIER

L'IPSN participe à la conception de l'exposition «L'air que l'on respire», organisée par le Comité national contre les maladies respiratoires et la tuberculose (CNMRT). Cette exposition présente les risques liés à la pollution de l'air.

FÉVRIER**2 FÉVRIER**

Par un arrêté commun publié au *Journal officiel*, Dominique Voynet, ministre de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, et Christian Pierret, secrétaire d'État à l'Industrie, nomment cinq personnalités au Comité de direction de l'IPSN, dont trois nouveaux arrivants : Maryse Arditi, présidente de l'INERIS,



François Dosé, député de la Meuse, et Bernard Cazeneuve, député de la Manche.

8 AU 11 FÉVRIER

L'IPSN participe à la réunion du SAGSI de l'AIEA, consacrée à une éventuelle extension de la liste des matières contrôlées au titre de la non-prolifération.

9 FÉVRIER

L'IGR, l'université Paris XI et l'IPSN conviennent de créer une unité mixte installée à Villejuif afin d'accélérer les recherches en radiopathologie et radiobiologie et d'approfondir la connaissance biologique des effets des rayonnements ionisants sur les tissus sains.

**FÉVRIER**

L'IPSN et la Fédération française du bâtiment réalisent un dossier technique traitant des techniques de réduction du radon à l'intention des professionnels du bâtiment, des administrations, des élus locaux et des particuliers.

**6 AU 27 FÉVRIER**

L'IPSN participe, avec l'Autorité de sûreté américaine NRC, à une comparaison de codes de calcul de nouvelle génération employés pour les études des accidents de réactivité pouvant survenir dans les réacteurs à eau sous pression.

25 FÉVRIER

Quatrième retour de déchets vitrifiés au Japon. L'IPSN expertise les conteneurs utilisés pour ce transport.

MARS

17 AU 20 MARS

L'IPSN participe, pour la seconde fois, au MEDEC, salon professionnel du monde médical à Paris. L'Institut a organisé une conférence-débat sur «la radioactivité et ses effets sur la santé de l'homme».



AVRIL

14 AVRIL

Point de presse sur le rôle de l'IPSN dans la maîtrise des risques de prolifération nucléaire et chimique.



22 AU 24 MARS

L'IPSN réunit à Aix-en-Provence une cinquantaine de scientifiques représentant 18 organismes situés dans 12 pays pour le 3^e séminaire du club des utilisateurs de son logiciel ICARE, qui décrit le comportement du cœur d'un réacteur à eau au cours d'un accident grave.

15 AVRIL

Rapport d'expertise de l'IPSN sur l'étanchéité des enceintes de confinement des REP 1 300 et 1 400 MWe (présentation au groupe permanent réacteur).

22 AVRIL

L'IPSN signe la «Charte du réseau littoral méditerranéen», qui regroupe les principaux organismes de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur impliqués dans la surveillance ou l'observation des eaux de la Méditerranée.



AVRIL

Parution aux Éditions de physique du livre «*Les retombées en France de l'accident de Tchernobyl*», accompagné d'une série de fiches thématiques, dont certaines conçues avec des spécialistes de l'Institut Gustave-Roussy (IGR), destinées à l'information des médecins, pharmaciens et enseignants.



27 ET 28 AVRIL

L'IPSN participe à l'exercice de crise international de sécurité nucléaire organisé par l'OCDE au Canada, à la centrale de Darlington.



AVRIL

L'IPSN et l'OPRI réalisent des mesures de débit de dose sur un convoi SNCF transportant des emballages d'hexafluorure d'uranium enrichi (UF₆) à destination des États-Unis. L'objectif consiste à évaluer, pour chaque poste de travail, l'exposition à laquelle sont soumis les cheminots dans l'accomplissement de leur travail, puis à estimer les doses annuelles qu'ils reçoivent en tenant compte du cumul des tâches.

MAI

5 MAI

Une journée d'information sur la dosimétrie «Du becquerel au Sievert : conseils pratiques pour la dosimétrie interne» est organisée par l'IPSN à Saclay (Essonne). Elle réunit des médecins du travail et des spécialistes de la radioprotection.



5 MAI

Présentation aux groupes permanents chargés des usines et des réacteurs d'un rapport d'expertise sur l'organisation de la sûreté et de la radioprotection au CEA.

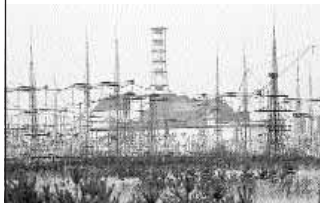
12 MAI

Présentation aux groupes permanents usines et déchets d'un rapport d'expertise sur la gestion des déchets radioactifs au CEA.



MAI

L'IPSN participe avec son partenaire allemand la GRS au quatrième exercice d'évaluation de l'impact dosimétrique d'un stockage souterrain théorique de déchets radioactifs. Mené dans le cadre d'un programme de recherche européen, cet exercice porte sur le stockage du combustible irradié dans différentes formations géologiques profondes. Il a pour principal objectif d'évaluer les ordres de grandeur de l'impact dosimétrique sur l'homme.



26 MAI

Signature de la convention de collaboration entre l'IPSN et les Instituts ukrainiens de géosciences et de radioécologie agricole concernant un programme de validation expérimentale sur un site pilote dans la zone de Tchernobyl.

JUIN

2 JUIN

L'Office d'assistance en radioprotection (OAR) de l'IPSN obtient la certification ISO 9002 par l'AFAQ pour les activités de contrôle d'efficacité des filtres THE, de contrôle des pièges à iode et de recette d'échantillons absorbants.

JUIN

Quatrième réunion du Comité d'éthique appliqué à l'expérimentation animale de l'IPSN. Ce Comité a été créé en 1998 par l'Institut, afin de garantir la déontologie des recherches en radiobiologie effectuées sur des modèles animaux.



3 JUIN

L'IPSN réalise dans son installation H2PAR, située à Cadarache (Bouches-du-Rhône), une nouvelle expérience sur le «risque hydrogène» et sur l'efficacité des recombineurs catalytiques.



8 JUIN

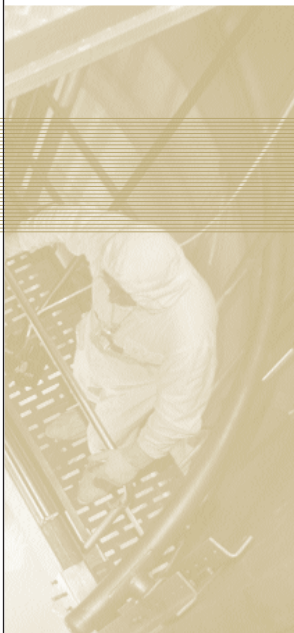
L'IPSN présente aux détenteurs français de matières nucléaires, réunis à Fontenay-aux-Roses, l'évolution des recommandations de l'AIEA sur la protection physique des matières et des installations nucléaires contre le vol, le détournement et le sabotage.

JUIN

L'IPSN organise deux séminaires internationaux présentant l'état d'avancement des programmes de recherche en sûreté nucléaire menés dans le réacteur expérimental CABRI, situé à Cadarache (Bouches-du-Rhône) : CABRI-RAFT et CABRI-REP.

24 JUIN

La Société française d'énergie nucléaire (SFEN) décerne à deux experts de l'IPSN, Bernard Cornu et Ignace Giacalone, un prix pour leurs travaux scientifiques menés dans le cadre du programme de recherche PHÉBUS-PF.

**15 JUIN**

Dans le cadre d'une exposition organisée par la ville de Salon-de-Provence (Bouches-du-Rhône) sur le séisme de Lambesc (11 juin 1909), l'IPSN présente ses travaux sur la sismicité française, en particulier sur la faille de la Durance.

15 JUIN

Présentation au Comité scientifique de l'IPSN du programme Mobilité des radionucléides présents dans les résidus de traitement de minerais d'uranium.

JUILLET**1^{ER} JUILLET**

L'IPSN réalise à Cadarache (Bouches-du-Rhône) le deuxième essai (RB2) du programme de recherche sur la sûreté de combustible nucléaire CABRI-RAFT, mené avec EDF et la société japonaise JNC.

6 JUILLET

Dans le cadre de ses activités relatives à la protection et au contrôle des matières nucléaires, l'IPSN développe un nouveau scellé électronique «IRES», qui a pour objectif de faciliter et d'améliorer la surveillance des matières nucléaires. Ce scellé IRES pourrait être posé prochainement dans des installations nucléaires françaises.

5 AU 9 JUILLET

L'IPSN participe au sixième congrès international sur les feux, organisé par l'association internationale IAFSS, le laboratoire de combustion et de détonique de l'université de Poitiers et le CSTB.

7 JUILLET

Le groupe «Radioécologie Nord-Cotentin» présidé par Annie Sugier, Directrice déléguée à l'IPSN, remet son rapport final aux ministères chargés de l'Environnement et de la Santé.



7 JUILLET

Le Laboratoire de mesure de la radioactivité dans l'environnement de l'IPSN, situé à Orsay, obtient l'accréditation du comité français COFRAC pour ses activités de mesure de la radioactivité dans l'environnement, ainsi que dans les aliments.

22 JUILLET

L'IPSN réalise à Cadarache (Bouches-du-Rhône) l'expérience FPT-4 du programme de recherche de sûreté nucléaire PHÉBUS-PF. Cet essai est le troisième d'une série de six, chacun reproduisant à échelle réduite et dans une installation étanche, le processus de fusion du cœur d'un réacteur électronucléaire à eau légère.

**11 AU 25 JUILLET**

Première participation de l'IPSN aux négociations du projet de protocole d'application de la Convention d'interdiction des armes biologiques.

21 JUILLET

Départ du premier transport de combustible recyclé (MOX) vers le Japon. L'IPSN a expertisé les dispositions retenues à l'égard de la sûreté et de la sécurité de ce convoi.

AOÛT**26 AOÛT**

Un incident survient sur le réacteur SILÈNE, implanté sur le centre d'études de Valduc (Côte-d'Or) et exploité par le laboratoire de criticité de l'IPSN. Un opérateur est blessé.

**6 AU 9 SEPTEMBRE**

L'IPSN participe au congrès international organisé à l'INSTN à Saclay sur le thème «Radioprotection : quelles formations pour demain ?» L'Institut propose à cette occasion une rencontre avec les enseignants.

15 ET 16 SEPTEMBRE

L'IPSN organise des Journées de formation par la recherche, à Saclay. Les doctorants de l'IPSN y présentent leurs travaux de recherche en radioprotection.

**SEPTEMBRE****6 SEPTEMBRE**

Dans le cadre de l'assistance aux pays de l'ancienne URSS, l'IPSN participe au premier exercice de sûreté nucléaire arménien baptisé «Aragas 99», qui simule la survenue d'un accident dans la centrale électronucléaire de Medzamor.

21 AU 24 SEPTEMBRE

L'IPSN participe, comme chaque année, au salon POLLUTEC, au parc des expositions Paris-Nord-Villepinte.

23 SEPTEMBRE

Évaluation des actions menées par EDF pour se prémunir contre le bogue de l'an 2000 (présentation au Groupe permanent chargé des réacteurs).

20 AU 24 SEPTEMBRE

L'IPSN organise, au Palais des congrès de Versailles, la sixième «Conférence internationale sur les risques de criticité (ICNC'99)», en partenariat avec l'OCDE/AEN et l'ANS. Elle rassemble près de 300 chercheurs représentant 24 pays.

OCTOBRE**3 AU 9 OCTOBRE**

Participation de l'IPSN à une mission d'assistance technique au Brésil, dans le cadre de l'application de la Convention sur l'interdiction des armes chimiques.

**30 SEPTEMBRE**

L'IPSN présente à EDF ses programmes de dosimétrie biologique : recherche et expertise en situation accidentelle.

7 OCTOBRE

La 17^e réunion de l'Observatoire des risques et de la sécurité de l'IPSN sur le thème «Des comparaisons de risques : pour quoi faire ?» est organisée à Paris.

7 AU 8 OCTOBRE

Visite d'une délégation russe de l'Institut Kurchatov, sur le thème de la télésurveillance.

11 OCTOBRE

Première réunion du Groupe permanent transport.

12 AU 14 OCTOBRE

Deux experts de l'IPSN participent, comme observateurs, à la simulation d'un accident de transport de matières radioactives à proximité du site nucléaire de Mayak (Oural).

18 AU 29 OCTOBRE

L'IPSN forme, à la demande de l'Institut lituanien de l'énergie (Kaunas), un groupe de scientifiques lituaniens à la neutronique.

**13 OCTOBRE**

L'IPSN réalise dans son réacteur de recherche CABRI, à Cadarache (Bouches-du-Rhône), le troisième essai (TP2) du programme de recherche en sûreté nucléaire CABRI-RAFT, mené avec EDF et la société japonaise JNC.

OCTOBRE

En collaboration avec l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN), l'IPSN conçoit un nouveau support de formation en «dosimétrie interne», le CD-Rom Calliope.

OCTOBRE

L'IPSN et l'organisme britannique AEA-Technology s'associent pour apporter un soutien technique à l'Autorité de sûreté nucléaire du Kazakhstan (KAEA), en prévision de la mise à l'arrêt définitif puis du démantèlement du réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium BN350, situé à Aktau, sur les bords de la mer Caspienne.

NOVEMBRE

2 NOVEMBRE

Inauguration de l'exposition «Le nucléaire sous haute surveillance», organisée par l'IPSN et l'Autorité de sûreté nucléaire, du 2 novembre au 23 janvier 2000 au Palais de la découverte (Paris). Cette exposition itinérante informe le grand public sur la maîtrise des risques liés à l'énergie nucléaire et sur les moyens de contrôle et de protection correspondants.



phonique réservée aux professionnels de santé pour les cas d'urgence, d'un numéro d'appel pour les questions d'ordre général et d'un livret sur «l'exposition accidentelle de l'homme aux rayonnements ionisants» adressé à 25 000 médecins.

15 AU 17 NOVEMBRE

Participation de l'IPSN à la réunion d'experts à Vienne sur l'opportunité de réviser la Convention sur la protection physique des matières nucléaires.



8 ET 9 NOVEMBRE

Participation de l'IPSN à une mission d'assistance technique au Tchad, dans le cadre de l'application de la Convention sur l'interdiction des armes chimiques.

10 NOVEMBRE

L'IPSN renforce son dispositif d'information destiné à sensibiliser les médecins généralistes et spécialistes aux risques sanitaires liés à l'utilisation industrielle ou médicale des rayonnements ionisants, avec la mise en place d'une «hotline» télé-

18 NOVEMBRE

Présentation au Groupe permanent réacteur d'un projet de règles fondamentales de sûreté relative au logiciel.

18 ET 19 NOVEMBRE

L'IPSN et son homologue allemand la GRS organisent, à Paris, le premier forum européen EUROSAFE sur la sûreté des installations nucléaires et la gestion des déchets radioactifs. Cette rencontre à caractère scientifique et technique regroupe plus de 500 experts, chercheurs et décideurs de l'Union européenne, des pays d'Europe de l'Est et des organisations internationales.



DÉCEMBRE

9 DÉCEMBRE

Entretiens avec une délégation japonaise sur le thème de la protection physique.

NOVEMBRE

L'Office d'assistance en radioprotection de l'IPSN, spécialisé dans les prestations de service en radioprotection, signe avec la société chinoise LANPC un contrat qui porte sur la fourniture des matériels nécessaires au contrôle de l'efficacité des dispositifs d'épuration des circuits de ventilation de la future centrale nucléaire de Ling Ao.

14 ET 15 DÉCEMBRE

L'IPSN organise des «Journées de formation par la recherche» à Cadarache (Bouches-du-Rhône), dans le domaine de la sûreté des installations nucléaires. Une quinzaine de doctorants de l'IPSN y participent.

DÉCEMBRE

Signature d'un accord de collaboration entre le centre de recherche russe MRRC et l'IPSN, ayant pour objectif de comparer les méthodes d'évaluation des doses par les techniques de dosimétrie biologique et physique.

31 DÉCEMBRE

Fin du programme européen PEACE. Ce programme qui a rassemblé cinq organismes européens et a été coordonné par l'IPSN, visait à mieux comprendre les transferts du césium et du strontium dans les sols et à évaluer les transferts de ces radioéléments vers la chaîne alimentaire. La plupart des expérimentations liées à ce programme se sont déroulées dans le bâtiment «lysimètres» de Cadarache (Bouches-du-Rhône).

**28 AU 30 DÉCEMBRE**

L'inondation de la centrale du Blayais mobilise le Centre technique de crise de l'IPSN trois jours et une nuit, du 28 au 30 décembre. C'est la première fois que le CTC est gréé dans le cadre d'une crise. L'opération se déroule bien, en ce qui concerne notamment le système de transmission automatique des données, dans des conditions pourtant difficiles.

**31 DÉCEMBRE**

Le CTC est à nouveau mobilisé lors du passage à l'an 2000. Il est gréé toute la nuit du 31 décembre 1999 au 1^{er} janvier 2000, sans qu'il soit nécessaire de faire appel à l'équipe de relève prévue initialement à 6 heures du matin. Trente spécialistes des différentes installations nucléaires sont présents.

MICHEL LIVOLANT

DIRECTEUR DE L'IPSN



En tête de tous les événements qui ont marqué l'année 1999, je citerai l'inondation de la centrale du Blayais, et la première mise en œuvre officielle en situation réelle du centre de crise de l'IPSN. Entre Noël et le jour de l'an, le centre a été mobilisé trois jours et une nuit, et les experts de l'IPSN ont rempli leur rôle de support aux pouvoirs publics dans ces circonstances difficiles. Cette situation a permis de vérifier l'utilité de l'entraînement assuré par les nombreux exercices de crise nationaux et internationaux.

L'essai PHÉBUS FPT-4, le troisième de la série, s'est déroulé avec succès le 22 juillet, apportant des données nouvelles sur l'émission en cas d'accident grave de produits radioactifs peu volatils. Dans le même temps, le futur programme CABRI «Boucle en eau» a été lancé, avec le soutien technique et financier d'organisations nationales et internationales, assurant ainsi la jouvence de cette installation.

Le rapport du Groupe «Radioécologie Nord-Cotentin» a été remis aux ministères chargés de l'Environnement et de la Santé. Ce Groupe, présidé par A. Sugier, a réuni pendant plus de deux ans de nombreux experts du secteur public, des exploitants et du milieu associatif, et a fourni le travail le plus complet réalisé à ce jour sur l'impact radiologique d'installations nucléaires sur une population.

Symbole vivant de notre collaboration étroite avec notre homologue allemand la GRS, le forum européen EUROSAFE sur la sûreté des installations nucléaires et la gestion des déchets radioactifs a réuni à Paris plus de 500 experts, chercheurs et décideurs de l'Union européenne, des pays d'Europe de l'Est et des organisations internationales, constituant ainsi la plus grande manifestation européenne dans ce domaine.

Outil indispensable de la communication vers le public, l'exposition IPSN/DSIN a été entièrement rénovée et inaugurée au Palais de la découverte, où de nombreux visiteurs ont pu approfondir leurs connaissances sur les risques nucléaires, et la «haute surveillance» dont ces risques étaient l'objet.

Ce rappel très succinct d'activités marquantes de l'Institut illustre le dynamisme de l'organisation et son souci de toujours mieux assurer ses missions, dans une période où l'incertitude maintenue sur son avenir aurait pu conduire à un certain immobilisme.

Les orientations gouvernementales ont été confirmées par des décisions prises lors d'une réunion de ministres, le 13 avril : l'IPSN conserve l'intégralité de ses missions tant en expertise qu'en recherche dans sa transformation en organisme indépendant.

Dans cette orientation, des groupes de travail, avec l'aide d'un consultant, ont préparé l'organisation interne du futur IPSN, ainsi que ses relations avec le CEA et l'ensemble de l'environnement extérieur. La situation des réacteurs de recherche PHÉBUS et CABRI, dont le CEA resterait l'exploitant nucléaire, et qui seront consacrés en priorité à des programmes de recherche en sûreté pilotés et exécutés par l'IPSN, a donné lieu après des discussions difficiles, à un projet de protocole signé par l'administrateur général du CEA et moi-même, conformément à la demande gouvernementale.

Je voudrais dire ici combien j'ai apprécié durant toute cette année la bonne volonté et l'efficacité avec lesquelles le personnel dans son ensemble a su réaliser cette double tâche : maintenir la qualité du travail présent et préparer l'avenir.

**ANDRÉ-CLAUDE
LACOSTE****PRÉSIDENT DU COMITÉ DE DIRECTION DE L'IPSN**

L'an dernier, j'évoquais déjà comme une priorité de l'année 1999 la mise en place d'un nouveau statut pour l'IPSN, en application de la décision du Premier ministre du 9 décembre 1998 qui avait choisi de séparer l'IPSN du CEA, de façon à assurer une meilleure visibilité de l'indépendance de l'appui technique de l'Autorité de sûreté nucléaire par rapport aux exploitants.

Cette décision avait suscité, au sein même de l'IPSN, des incompréhensions et des inquiétudes. Je rends hommage au travail d'explication et de préparation qui a été accompli tout au long de l'année écoulée : même si finalement la réforme attendue n'a pu prendre effet au 1^{er} janvier 2000 comme il l'avait été envisagé, les différents groupes de travail mis en place dans la perspective de la réforme ont eu une activité soutenue et de qualité ; l'IPSN est prêt pour s'engager dans les missions et avec la structure que lui désigneront les pouvoirs publics.

Cette activité supplémentaire, menée tout au long de l'année, n'a pas empêché l'IPSN de continuer à mener ses activités habituelles, dont le directeur de l'Institut relève les plus marquantes dans son avant-propos. En tant que responsable de l'Autorité de sûreté nucléaire, je suis évidemment très sensible à l'appui technique et l'expertise en sûreté dont nous bénéficions journalièrement en conditions ordinaires, et qui devient indispensable dans des conditions extraordinaires comme celles qui ont marqué la fin de l'année 1999 ; je salue ici le dévouement de ses agents, qui se sont mobilisés de façon efficace dans une période peu propice à la disponibilité du personnel.

Je n'aurai garde, pour autant, d'oublier l'activité de l'IPSN en matière de radioprotection. Complémentaire et indissociable de la sûreté, l'expertise en radioprotection devrait être une activité en essor dans les années qui viennent. Des épisodes comme celui de l'aide au traitement d'un ouvrier péruvien gravement irradié, montrent à la fois l'utilité sociale d'une expertise forte en la matière, et la place de choix qu'y occupe déjà la France sur la scène internationale.

Enfin, aux confins de la sûreté et de la radioprotection, j'évoquerai le travail remarquable accompli par le Groupe Radioécologie du Nord-Cotentin, sous l'impulsion de la directrice déléguée à la protection de l'IPSN, pour apprécier aussi objectivement et sereinement que possible l'impact des installations nucléaires de la presqu'île, sujet *a priori* hautement conflictuel. A la fois par sa méthode de travail participative et par ses résultats, ce groupe a accompli une tâche exemplaire, et les experts de l'IPSN y sont pour beaucoup.

Ces exemples choisis dans une vaste panoplie d'activités de recherche et d'expertise démontrent, s'il en était besoin, que l'avenir sera riche encore de tâches touchant tant à la sûreté qu'à la radioprotection, pour un IPSN affermi dans ses deux vocations par un statut renouvelé.

PHILIPPE JAMET

CONSEILLER AUPRÈS DU DIRECTEUR
POUR LA CONSTITUTION DE L'EPIC IPSN



Le gouvernement a annoncé en décembre 1998 sa décision de séparer l'IPSN du CEA, et de transformer l'Institut en établissement public à part entière. Les modalités de cette décision ont été précisées en avril 1999. L'année a ensuite été marquée par de très fortes incertitudes sur la date de création de l'EPIC. Dans ce contexte difficile, la direction de l'IPSN a considéré qu'il était indispensable de fixer une échéance opérationnelle aux travaux de préparation du futur établissement. Elle a retenu l'objectif de permettre un fonctionnement autonome de l'IPSN dès le 1^{er} janvier 2000.

Dans la continuité des réflexions internes engagées dès 1998, une nouvelle impulsion à la préparation de l'EPIC a été donnée au deuxième semestre 1999. Une véritable structure de projet a été créée, afin de proposer une organisation des unités fonctionnelles de l'EPIC, d'initier la mise en place du futur outil de gestion de l'IPSN et de piloter les discussions menées avec le CEA sur la séparation entre les deux organismes. L'IPSN a fait appel à un groupement de consultants spécialisés pour l'appuyer dans ses travaux. Pendant l'année 1999, environ 50 agents de l'Institut ont été impliqués à temps partiel dans le projet.

Le bilan à fin 1999 des travaux engagés est très largement positif. Le calendrier tendu imposé au projet a été tenu et, si les circonstances l'avaient voulu, l'IPSN aurait effectivement pu commencer à fonctionner de façon autonome dès le 1^{er} janvier 2000. Les discussions avec le CEA ont amené des résultats tangibles : les outils et les procédures de gestion ont été modifiés pour que les comptes de l'IPSN soient individualisés dès l'an 2000, un projet de protocole concernant l'utilisation par l'IPSN des réacteurs PHÉBUS et CABRI a été élaboré, et des principes ont été définis pour que des passerelles efficaces permettent la mobilité des compétences entre les deux organismes.

De nombreux sujets devront encore être traités avant que l'IPSN n'atteigne sa maturité en tant qu'organisme indépendant. Il est tout d'abord indispensable que l'EPIC dispose de son propre outil de gestion à partir de 2001, qui se substituera aux outils du CEA qui ne seront plus maintenus ; une organisation spécifique a été mise en place pour atteindre cet objectif. Des questions essentielles pour l'identité de l'Institut devront par ailleurs trouver des réponses. Dans le domaine de la recherche, l'IPSN devra établir des relations contractuelles claires avec EDF et COGEMA, permettant de concilier les exigences de transparence et d'indépendance qui président à la création de l'EPIC, avec les apports techniques et l'économie des moyens que confère la coopération avec des partenaires industriels. La communication dans le domaine des expertises effectuées par l'IPSN pour le compte des autorités devra faire l'objet également d'une réflexion approfondie, en liaison avec ces autorités ; des modalités devront être définies pour permettre à l'IPSN de contribuer à l'ouverture du débat et à la transparence des décisions prises, dans le respect des responsabilités de chacun des acteurs concernés.

C'est enfin dans le domaine des ressources humaines que se joue l'avenir de l'Institut. En premier lieu, il est indispensable de doter le personnel d'un statut clair et motivant, pour susciter sa confiance et son adhésion. Mais la réussite du nouvel IPSN passe également par l'importance accordée au travail en équipes pluridisciplinaires et au savoir-faire collectif, et par la promotion de la confiance réciproque, du professionnalisme et de la transparence interne.

Tout en préparant son avenir, l'IPSN devra assurer la continuité de ses missions de recherche et d'expertise. L'expérience de 1999 permet d'envisager avec confiance la poursuite de cette entreprise.

DANIEL QUÉNIART

DIRECTEUR ADJOINT



L'année 1999 n'a pas manqué d'événements notables où les pouvoirs publics ont fait appel aux compétences de l'IPSN dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Ces interventions de l'IPSN sont autant d'illustrations du rôle essentiel d'un organisme technique d'expertise dont les compétences sont assises sur des travaux de recherche conséquents, réalisés par lui-même ou par d'autres organismes, nationaux ou étrangers.

Au-delà de ce constat positif, je voudrais souligner que ces interventions doivent aussi être l'occasion de questionnements pour améliorer la réflexion et le fonctionnement de l'IPSN dans l'exercice de ses missions. J'illustrerai ce propos par trois exemples :

- L'accident de criticité survenu au Japon à la fin du mois de septembre 1999 montre bien la perte de vigilance qui peut s'instaurer à l'égard de situations accidentelles qui ne «préviennent» pas. Les travaux de recherche menés par l'IPSN dans les installations de criticité de Valduc, lui ont permis d'apparaître, à cette occasion, comme un expert particulièrement compétent en matière de phénoménologie des accidents de criticité ; il est clair que cette compétence doit être préservée. Mais il faut aussi rappeler régulièrement que, de par son industrie nucléaire, la France n'est pas à l'abri d'un tel accident. Le travail d'expertise détaillé mené par l'IPSN dans le domaine de la prévention des risques de criticité sur la base des propositions des exploitants, est essentiel pour assurer le haut niveau de garantie nécessaire. Au-delà de la prévention, il faut aussi s'interroger sur les modalités possibles d'intervention si un tel accident intervenait ; la question est difficile dès lors que la localisation précise, de l'accident n'est pas réellement prévisible mais elle ne peut pas être davantage éludée.

- L'inondation de la centrale du Blayais n'a certes pas eu de conséquence pour l'environnement et les différents acteurs ont considéré que, pendant la crise, l'IPSN a correctement assuré sa mission d'appui technique de la Direction de la sûreté des installations nucléaires, dans un dialogue efficace avec EDF. Ceci est satisfaisant et montre que les dispositions, prises pour assurer la disponibilité d'un centre technique de crise compétent, ont porté leurs fruits. Par contre, il faut noter que le suivi des installations assuré par l'Institut n'avait pas conduit celui-ci à réexaminer attentivement la protection de la centrale contre les inondations alors que la hauteur de la digue avait été reconnue comme insuffisante en 1997. Même si la sûreté est d'abord de la responsabilité des exploitants, et même si le rehaussement prévu de la digue n'aurait sans doute pas suffi à éviter toute inondation du site, cette constatation appelle à une plus grande vigilance.

- Dans un tout autre domaine, un ouvrier péruvien irradié par une source de gammagraphie a été traité en 1999 à l'hôpital Percy, avec l'appui de l'IPSN ; il était en effet apparu que seules les méthodes utilisées quelque temps auparavant pour soigner avec succès des soldats géorgiens irradiés, étaient susceptibles d'éviter une amputation. Après diverses difficultés, l'ouvrier péruvien a pu être accueilli en France trois mois après l'irradiation ; mais par suite de l'importance de celle-ci et de l'extension de l'infection, l'amputation n'a pas pu être évitée ce qui est d'abord sur le plan humain, un échec douloureux. Il faut, là aussi, en tirer des enseignements : l'un des plus patents est que le traitement d'une irradiation aiguë de ce type, doit être considéré comme présentant une certaine urgence et que des mécanismes plus précis doivent être mis en place pour décider rapidement de ce type d'intervention. Par ailleurs, s'il est évidemment impératif que le suivi des sources radioactives soit assuré avec rigueur par tous les acteurs concernés, la possibilité d'un accident d'irradiation aiguë en France ne peut pas être écartée et justifie la poursuite de recherches sur la dosimétrie et les effets des fortes doses.

Ces exemples montrent que les métiers de l'IPSN doivent être menés avec persévérance, humilité et une large ouverture d'esprit. Au-delà de l'indépendance formelle de l'organisme, il y a place pour la recherche d'une indépendance «intellectuelle» toujours plus forte ; ceci nécessite en particulier l'ouverture à d'autres pratiques, nationales ou étrangères, et à d'autres acteurs, y compris en dehors du nucléaire. La communication est, bien sûr, un axe essentiel de cette recherche et un enjeu d'avenir pour l'IPSN.

JUIN 2000

ORGANIGRAMME

DIRECTION

COMITÉ DE DIRECTION

LOUIS CROUXDirecteur adjoint chargé
des ressources humaines**BERNARD BOËT**Secrétaire général et responsable
de la communication**ANNIE SUGIER**

Directrice déléguée à la protection

MICHEL LIVOLANT

Directeur

DANIEL QUÉNIART

Directeur adjoint

MICHÈLE VIALADirectrice déléguée
à la sûreté des déchets**CATHERINE LECOMTE**Adjoint 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 IPSN**DENYS ROUSSEAU**Chargé de mission auprès du Directeur
pour l'Organisation de crise**DES**Département d'évaluation
de sûreté**JEAN-CHRISTOPHE NIEL****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 ABENHAIM**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 LEFAUDEX**Conseiller pour la sécurité
nucléaire du délégué général
pour l'armement**MARYSE ARDITI**

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

DIRECTION DE L'IPSN**MICHEL LIVOLANT**

Directeur

PARTICIPE ÉGALEMENT**RENÉ PELLAT**Haut-commissaire
à l'Énergie atomique**SECRÉTAIRE DU COMITÉ****BERNARD BOËT**

Secrétaire général

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

DÉPARTEMENTS**COMITÉ SCIENTIFIQUE****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 BIRKHOFFER

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

DIRECTION DE L'IPSN**M. MICHEL LIVOLANT**

Directeur

PEUVENT ASSISTER**JACK OLIVAIN**

Secrétariat général
du comité interministériel
de la sécurité nucléaire
(SGCISN)

PHILIPPE KAHN

Direction générale
de l'énergie et des matières
premières (DGEMP)

GENEVIÈVE BERGER

Direction de la technologie
du ministère de l'Éducation
nationale, de la Recherche
et de la Technologie

JACKY FERCHAUX

Direction de la sûreté
des installations nucléaires
(DSIN)

DIDIER LALLEMAND

Haut-fonctionnaire
de Défense
auprès du secrétaire
d'État à l'Industrie

**SECRÉTAIRE
DU COMITÉ SCIENTIFIQUE****CATHERINE LECOMTE**

Adjoint au Directeur

REPRÉSENTANT MINISTÈRES**FRANÇOIS LEFAUDEUX**

pour le ministre de la Défense

CATHERINE GUÉNON

pour le ministre de l'Intérieur

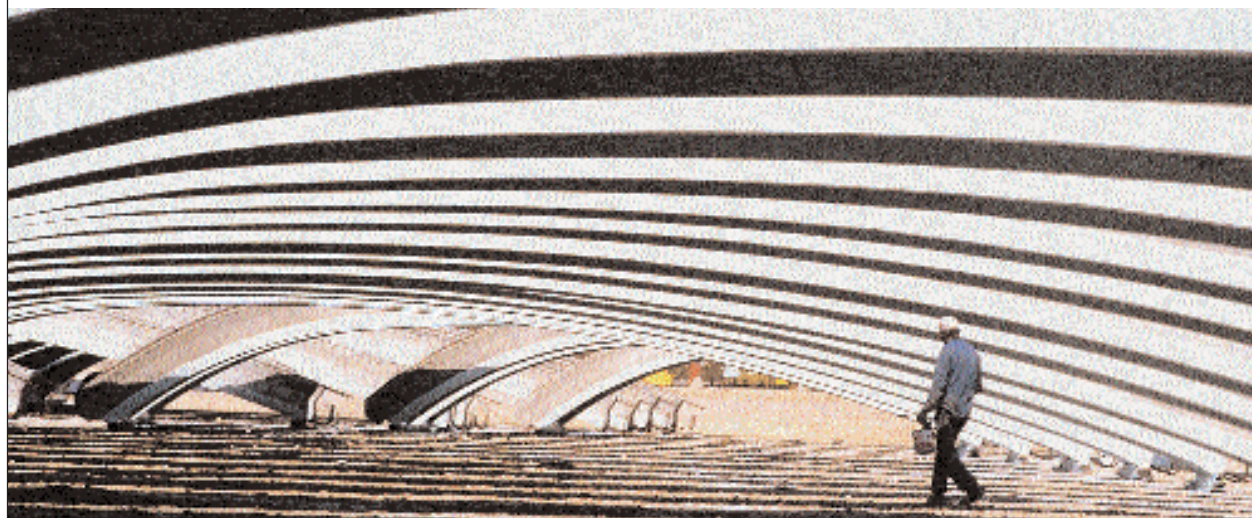
JEAN-FRANÇOIS LACRONIQUE

pour le ministre
de la Santé,
Président de l'OPRI

JEAN-PIERRE HENRY

pour le ministre
de l'Aménagement
du Territoire
et de l'Environnement

Dans le cadre de ses missions, l'**IPSN** réalise pour le compte des pouvoirs publics, des travaux d'évaluation et d'expertise des installations nucléaires aux différentes étapes de leur vie (conception, réalisation, exploitation, mise à l'arrêt définitif, démantèlement). Pour assurer le meilleur niveau de qualité de ces travaux, l'Institut mène des recherches dans tous les domaines concernés par la sûreté et son amélioration.



LA SÛRETÉ DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

PHÉBUS-PF : RÉALISATION DE L'ESSAI FPT4 ET DIFFUSION DU RAPPORT FINAL FPT0

Le programme PHÉBUS Produits de fission (PF) de développement des connaissances concernant le comportement d'un réacteur à eau légère et les rejets associés en cas d'accident grave, a été initié en 1988 par l'IPSN et la Communauté européenne ; d'autres partenaires français (EDF) et étrangers les ont rejoints (États-Unis, Canada, Japon, Corée, Suisse). Sur les six essais prévus, trois ont été réalisés. Les deux premiers essais, FPT0 et FPT1, ont été effectués fin 1993 et en 1996 avec, respectivement, une grappe de crayons de combustible neuf et une grappe de crayons de combustible irradié quelques années en réacteur. Ces deux essais ont mis en jeu un circuit de transport des produits de fission et une maquette d'enclaustrage de confinement.

En mars 1999, le rapport final de l'essai FPT0 a été édité et distribué à l'ensemble des partenaires nationaux et internationaux du programme. La rédaction de ses quatre volumes a nécessité trois années d'études et d'analyses. Les résultats obtenus sont d'une grande valeur pour la validation des codes de calcul des accidents graves. Afin d'assurer une plus large diffusion, ce rapport a été également édité et distribué sur support informatique de type CD-Rom en septembre 1999.

Le troisième essai, FPT4, a été réalisé le 22 juillet 1999, avec pour objectif l'étude des relâchements de produits de fission peu volatils et d'éléments transuraniens par un lit de débris de combustible irradié puis par un bain

fondus, formé par la liquéfaction de ce lit de débris. Une telle configuration du combustible a été observée dans le cœur accidenté du réacteur TMI2. Contrairement aux deux essais précédents, le circuit de transport des produits de fission était remplacé par un système de filtration placé au-dessus du lit de débris et la maquette d'enclaustrage de confinement ne servait qu'à condenser la vapeur injectée. L'essai a consisté à porter à la fusion, par paliers successifs de température, le lit de débris de combustible constitué à partir de crayons irradiés dans un réacteur d'EDF à Gravelines pendant 3 cycles. Le lit de débris a d'abord été porté à 1 850°C ; à cette température, seuls les produits de fission volatils sont relâchés. Il a ensuite été porté à 2 350°C environ, température conduisant au relâchement de produits de fission peu volatils. Enfin, la puissance du réacteur PHÉBUS a été presque doublée afin de liquéfier près de la moitié du lit de débris. Les images obtenues après essai par tomographie montrent que l'objectif de formation du bain fondu a été atteint. Les aérosols relâchés par le combustible expérimental pendant les différentes phases de l'essai ont été collectés séquentiellement dans des filtres, conformément au protocole expérimental. Les examens post-essai permettront d'évaluer les masses de produits radioactifs libérées.



L'ÉTUDE PROBABILISTE DE SÛRETÉ DE NIVEAU 2 DES RÉACTEURS DE 900 MWe

Les Études probabilistes de sûreté (EPS) constituent un moyen d'investigation systématique de la sûreté des réacteurs nucléaires. Elles permettent, notamment, d'aider à hiérarchiser les problèmes de sûreté et apportent des enseignements complémentaires par rapport à l'approche déterministe.

Prenant la suite de l'EPS de niveau 1, qui estime les risques de fusion du cœur du réacteur, l'Étude probabiliste de sûreté de niveau 2 (EPS 2) évalue, pour les séquences accidentelles menant à la fusion du cœur, les modes de défaillance du confinement, les rejets de produits radioactifs correspondants dans l'environnement, ainsi que les probabilités associées.

L'EPS de niveau 2 en cours à l'IPSN pour les réacteurs à eaux sous pression de 900 MWe constituera une étude de référence, fondée sur une représentation détaillée des systèmes et des actions humaines et une étude approfondie des phénomènes physiques intervenant lors des accidents graves en utilisant au mieux les connaissances et les codes de calcul disponibles.

Une première version, fondée sur la version de 1990 de l'EPS de niveau 1, a été achevée en 1999 et sera vérifiée en 2000. Une version ultérieure tiendra compte de l'amélioration des connaissances et de l'actualisation de l'EPS de niveau 1 et de l'EPS incendie.

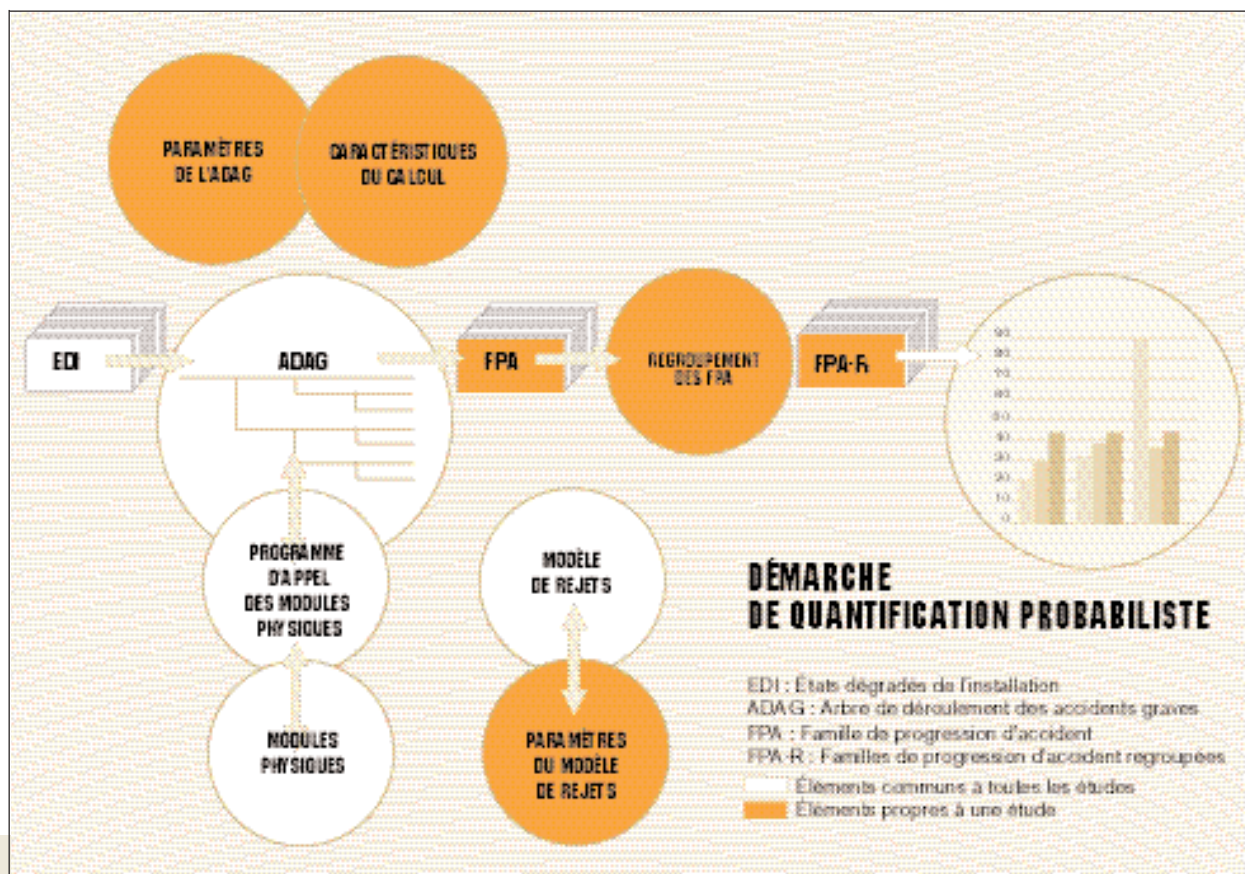
Les principales étapes de la réalisation d'une EPS 2 sont :

- l'interface avec l'EPS de niveau 1 sous la forme d'États dégradés de l'installation (EDI) ;
- le développement d'un Arbre de déroulement des accidents graves (ADAG), tenant compte des incertitudes relatives à certains phénomènes physiques ;
- le regroupement des séquences de l'ADAG selon le mode de défaillance du confinement et les transferts de produits radioactifs dans l'installation ;
- l'évaluation des rejets radioactifs dans l'environnement.

La quantification des différents événements de l'ADAG, pour laquelle un logiciel spécifique (KANT) a été développé, repose sur un ensemble important d'études concernant :

- le fonctionnement des systèmes (défaillances, récupérations, étanchéité du confinement) ;
- la fiabilité humaine, dont la quantification est fondée sur un modèle spécifique, tenant compte de l'organisation de crise et des guides d'intervention en situation d'accident grave ;





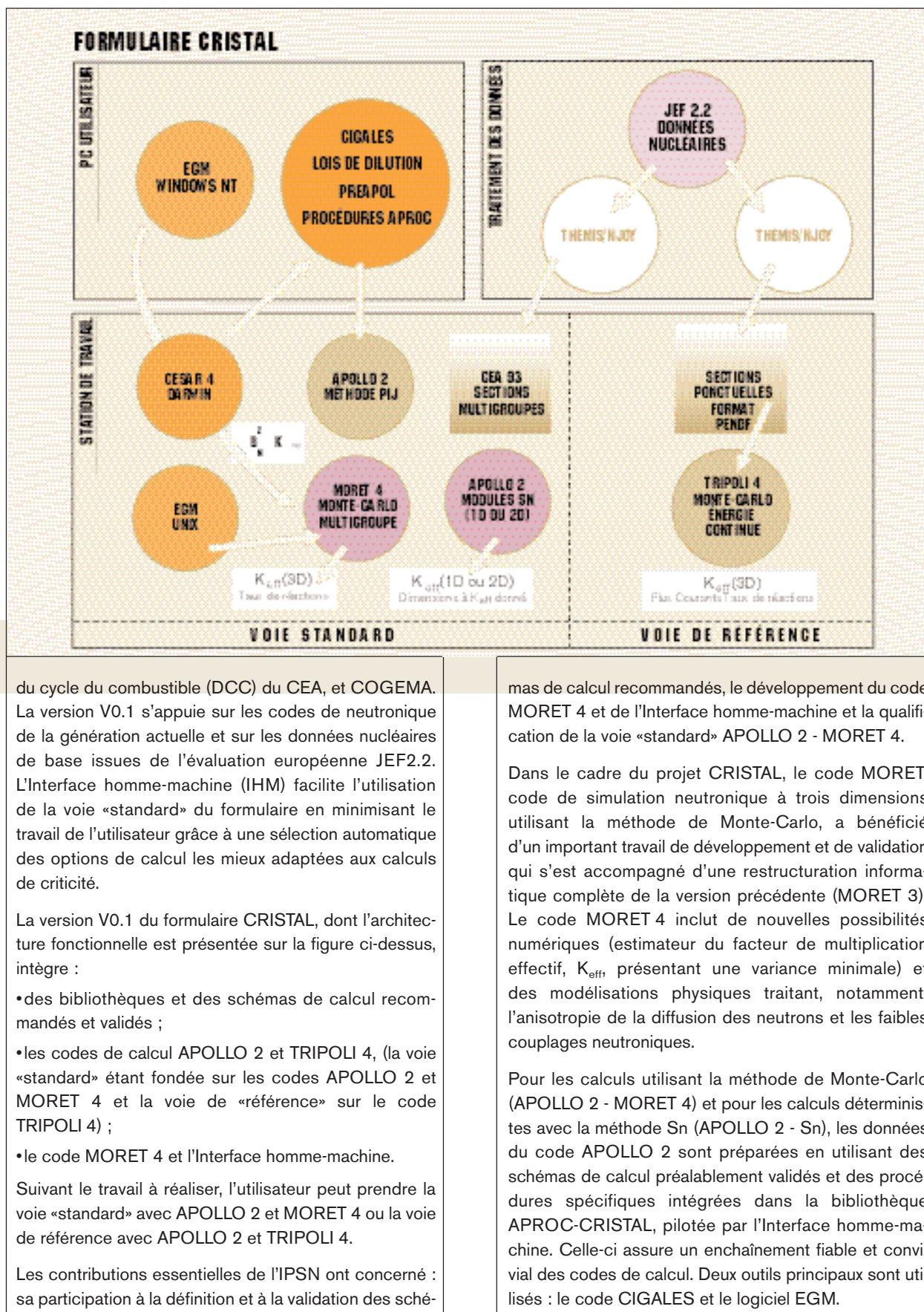
- l'ensemble des phénomènes physiques intervenant au cours des accidents, évalués, notamment, à l'aide des systèmes de codes ESCADRE puis ASTEC, développés en collaboration par l'IPSN et la GRS.

Le comportement des produits de fission a été évalué en tenant compte des résultats les plus récents obtenus dans le cadre des programmes expérimentaux menés par l'IPSN, notamment le programme PHÉBUS-PF.

La première version de l'EPS 2, achevée en 1999, a permis de clarifier les méthodes à retenir pour la version finale d'EPS 2, et de déterminer les priorités des études complémentaires à mener.

LIVRAISON DE LA PREMIÈRE VERSION DU FORMULAIRE DE CRITICITÉ CRISTAL AUX UTILISATEURS

Le formulaire CRISTAL a pour objectif l'évaluation du risque de criticité dans toutes les installations nucléaires et les emballages de transport mettant en œuvre des matières fissiles. Après quatre ans de développement, de validation et de qualification, la version V0.1 du formulaire a été livrée en 1999 aux utilisateurs de COGEMA/SGN et de l'IPSN. Ce formulaire a été développé et qualifié dans le cadre d'une collaboration entre l'IPSN, les Directions des réacteurs nucléaires (DRN) et





Le code CIGALES est une interface de génération des données d'APOLLO 2. Cette interface calcule les compositions atomiques des milieux fissiles de type prédéfinis en utilisant des lois de dilution et des milieux non-fissiles, et prépare les fichiers de données pour les calculs avec le code APOLLO 2.

L'éditeur graphique EGM est une interface de construction et de génération des géométries à trois dimensions pour le code MORET 4. Cette interface utilise la plateforme de développement CAS.CADE (modélisation géométrique 3D, visualisation graphique et module



d'entrées-sorties) de Matra Datavision et l'éditeur d'interfaces graphiques ILOG VIEWS.

Le formulaire de criticité CRISTAL a fait l'objet d'un très important effort de qualification par l'exploitation systématique de résultats d'expériences critiques d'origine française et étrangère. La base de qualification comporte environ 500 configurations expérimentales représentatives des milieux et des géométries variés rencontrés dans les opérations du cycle du combustible (usines, installations et transports) : milieux fissiles (solutions de nitrates de plutonium et d'uranium), milieux faiblement ou non modérés (poudres d' UO_2 et d' $\text{UO}_2\text{-PuO}_2$, milieux métalliques...), milieux de type «dissolveur», milieux en interaction neutronique, réseaux réguliers de crayons, assemblages combustibles en piscine ou en emballage de transport. Les nouveaux programmes expérimentaux menés par l'IPSN dans son installation de Valduc, permettront d'étendre encore le domaine

de qualification du formulaire CRISTAL en permettant d'évaluer plus précisément le risque de criticité des combustibles irradiés.



ENGAGEMENT DU PROJET DE BOUCLE À EAU DANS LE RÉACTEUR CABRI

L'implantation d'une boucle à eau sous pression dans le réacteur CABRI doit permettre d'étudier avec un environnement représentatif (eau sous pression) les conséquences d'un accident de réactivité dans un réacteur à eau fonctionnant avec des combustibles à uranium et uranium-plutonium à fort taux d'épuisement.

Les caractéristiques de la boucle à eau ont été définies pour permettre d'étudier aussi certains aspects des accidents de perte de réfrigérant primaire.

Ce projet a pris corps en mai 1999 avec le démarrage de l'avant-projet détaillé. Il sera mené en parallèle d'une rénovation complète de l'installation CABRI et comprendra le démantèlement de l'actuelle boucle à sodium, dont l'exploitation ne se justifie plus, compte tenu de l'arrêt de Superphénix.

EDF, ainsi que les organismes de sûreté et électriciens de nombreux pays étrangers, dont les États-Unis, l'Allemagne, le Royaume-Uni et l'Espagne, ont annoncé leur intention d'être partenaires de ce programme. Pour ce faire, des accords ont été élaborés en 1999 avec l'aide de l'OCDE, et les premières signatures sont attendues au 2^e trimestre 2000. Les négociations se poursuivent pour étendre la coopération internationale à d'autres nations.

CABRI avec sa boucle à eau sous pression sera alors le seul outil au monde capable d'étudier les conséquences d'un accident de réactivité dans une situation se rapprochant au mieux de la représentativité.

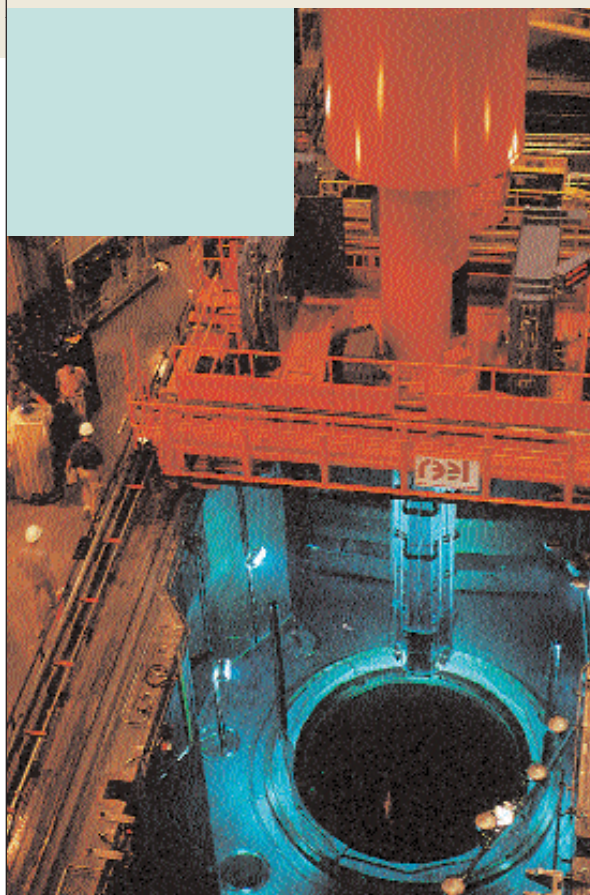
ENCEINTES DE CONFINEMENT DES TRANCHES DE 1 300 MWe

L'IPSN a examiné les dossiers transmis par EDF concernant le comportement et les moyens de réparation des enceintes de confinement à double paroi des tranches de 1 300 MWe, afin d'obtenir une étanchéité satisfaisante.

L'Institut a poursuivi, par ailleurs, des études théoriques et expérimentales de simulation et de prévision de la fissuration des enceintes due aux déformations différées, et des fuites correspondantes en conditions accidentelles. Enfin, l'IPSN a développé une méthode améliorée de mesure par gaz traceur des débits de fuite ; cette méthode a été mise en œuvre dans le cadre des essais de la maquette d'enceinte MAEVA, réalisée par EDF sur le site de Civaux.

VIELLISSEMENT DES MATÉRIELS

L'IPSN a effectué l'analyse d'anomalies dues à des phénomènes de vieillissement prématuré de certains composants des réacteurs : durcissement des silentblochs amortisseurs d'armoires électriques, retrait/fluage accéléré du béton de certaines enceintes de confinement de tranches de 1 300 MWe, fatigue thermique des tuyauteries



et corrosion côté secondaire des tubes de générateurs de vapeur.

L'IPSN a poursuivi par ailleurs des actions de recherche et développement dans le domaine des méthodes non destructives de contrôle des matériels mécaniques, du vieillissement thermique et sous irradiation des câbles électriques, du vieillissement des aciers austénoferritiques et de l'expertise de composants retirés de Chooz A.

Enfin, l'Institut étudie les méthodes envisageables pour le contrôle non destructif du vieillissement des structures en béton et a engagé, à partir d'une réflexion sur les besoins à moyen et long terme, des études plus fondamentales de compréhension de divers phénomènes de dégradation par vieillissement.

RFS, EPS ET LOGICIELS

Les études probabilistes de sûreté (EPS) sont utilisées pour conforter ou compléter les analyses de sûreté déterministes. Ceci a conduit l'Autorité de sûreté nucléaire (DSIN) à prévoir la préparation d'une règle fondamentale de sûreté portant sur leur développement et leur utilisation. Aussi, au cours de l'année 1999, l'IPSN a rédigé un projet de texte relatif à la doctrine et au domaine d'utilisation, ainsi qu'aux méthodes acceptables de réalisation des études probabilistes de sûreté de niveau 1.

Par ailleurs, l'Institut a élaboré un projet de règle fondamentale de sûreté (RFS) relative aux logiciels des systèmes électriques classés de sûreté, applicable aux réacteurs à eau sous pression. Ce projet a été examiné par un groupe de travail comprenant des représentants d'EDF et de la DSIN. Une présentation devant le groupe permanent chargé des réacteurs nucléaires a été effectuée.

PHENIX : GRANDS TRAVAUX DE RÉNOVATION

Au cours de l'année 1999, le réacteur Phénix est resté à l'arrêt pour réaliser son entretien décennal, ainsi que des travaux de rénovation et d'inspection. Ces travaux ont pour but de renforcer la tenue au séisme des bâtiments, d'inspecter des soudures circulaires de la virole conique de supportage du cœur, de séparer des circuits d'eau et de sodium dans le bâtiment des générateurs de vapeur et de mettre en place un système antifouettement sur les tuyauteries de vapeur. L'IPSN a ainsi été amené à examiner en 1999 plusieurs dossiers transmis par l'exploitant dans le cadre du déroulement de ces travaux.

FONCTIONNEMENT DES ORGANES DE DÉCHARGE À L'ATMOSPHÈRE : RTGV

L'IPSN a examiné le programme de travail proposé par EDF pour vérifier expérimentalement le bon fonctionnement des vannes de décharge à l'atmosphère

de la vapeur secondaire d'un réacteur à eau sous pression, dans le cas d'une sollicitation en eau à la suite de la rupture d'un tube de générateur de vapeur. L'Institut a souligné la nécessité d'une bonne représentativité mécanique et thermohydraulique du dispositif expérimental, et a recommandé d'y implanter une instrumentation permettant une réelle compréhension des phénomènes physiques.

RÉEXAMEN DE SÛRETÉ DES RÉACTEURS DE 900 MWe ET DE 1 300 MWe

L'IPSN a poursuivi en 1999 le réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe. Il a évalué notamment les programmes d'examen de conformité des sites au référentiel de sûreté, ainsi que les principales modifications introduites à l'occasion des secondes visites décennales. La priorité des analyses a été donnée aux deux premiers sites ayant réalisé leur deuxième visite décennale :

- Tricastin, où un défaut de conformité susceptible de mettre en cause la qualification aux conditions accidentelles des pompes de sauvegarde de l'ensemble des réacteurs a été mise en évidence sur la tranche 1 ;
 - Fessenheim, pour lequel l'IPSN a recommandé qu'une vérification des ouvrages de site soit effectuée.
- Par ailleurs, l'Institut a évalué le référentiel de sûreté et le programme d'actions proposé par EDF pour effectuer le réexamen de sûreté et l'examen de conformité des réacteurs de 1 300 MWe.



EXAMEN DE L'ORGANISATION DE LA SÛRETÉ ET DE LA RADIOPROTECTION AU CEA

Depuis la fin des années 80, le CEA a renforcé et formalisé son organisation en matière de sûreté et de radioprotection, en tenant compte des exigences de l'arrêté du 10 août 1984 relatif à la qualité de la conception, de la construction et de l'exploitation des installations nucléaires de bases.

L'IPSN a examiné l'organisation du CEA, tant dans les installations qu'au niveau des directions fonctionnelles, notamment de la Direction de la sûreté nucléaire et de la qualité (DSNQ) et des directions de centre. Cet examen a porté plus particulièrement sur l'organisation mise en place pour les campagnes d'expérimentation et pour la mise à l'arrêt définitif des installations. Les actions engagées dans les domaines de la formation à la sûreté, de la diffusion de la culture de sûreté, de l'indépendance et de la compétence des unités chargées de la réalisation des contrôles internes, notamment dans le domaine de la radioprotection, ont également fait l'objet d'un examen attentif.



EXAMEN DES RISQUES ASSOCIÉS AUX ACCIDENTS GRAVES DANS LES RÉACTEURS À EAU SOUS PRESSION EN EXPLOITATION

L'IPSN a examiné les risques de fuite de l'enceinte de confinement en cas d'accident avec fusion du cœur des réacteurs, ainsi que l'adéquation des procédures de conduite ultimes et des guides à l'usage des équipes de crise. Il a étudié également la faisabilité des actions, prévues en local, au regard des conditions radiologiques associées.

En outre, l'Institut a examiné les dispositions prévues pour faire face à une contamination de la nappe phréatique à la suite de la percée de la cuve du réacteur et du radier de l'enceinte de confinement.

Il a étudié les modalités, proposées par EDF, pour l'implantation de recombineurs catalytiques d'hydrogène sur les tranches ; ces appareils permettent de réduire la teneur en hydrogène dans l'enceinte de confinement de telle sorte qu'en cas de combustion de ce gaz, la tenue du bâtiment du réacteur ne soit pas affectée. Par ailleurs, il a analysé l'intérêt et la faisabilité d'instrumentations spécifiques destinées à améliorer la gestion d'un accident grave.

RÉNOVATION DU SYSTÈME DE MESURE DU FLUX NEUTRONIQUE (RPN) DES RÉACTEURS DE FESSENHEIM ET DU BUGEY

L'IPSN a procédé, avec les outils logiciels développés à cet effet, à l'examen de la rénovation du système de mesure de la puissance neutronique de Fessenheim 1, qui doit ensuite être étendue à Fessenheim 2 et aux tranches du Bugey. Cette rénovation se traduit par le remplacement de la technologie électromagnétique actuelle, jugée obsolète, par un système numérique. L'examen a porté sur la justification de cette rénovation, sur la fiabilité et la qualité des logiciels et matériels mis en œuvre, les essais de validation et la réalisation sur site, l'interface homme-machine, la requalification du système et les conditions de sa maintenance.



ÉTUDES SUR LES RISQUES DE BOUCHAGE DES PUISARDS

En situation accidentelle, les débris produits par l'interaction d'un jet de fluide avec les structures et les équipements du bâtiment du réacteur pourraient être entraînés vers les puisards de l'enceinte de confinement. L'accumulation d'un lit de débris sur les filtres de ces puisards pourrait entraîner leur colmatage et une perte de charge préjudiciable au bon fonctionnement des pompes des systèmes d'injection de sécurité et d'aspersion dans l'enceinte. Pour évaluer plus précisément les risques, l'IPSN a lancé un programme d'étude (calculs thermohydrauliques et essais hydrauliques) pour caractériser les écoulements dans le fond du bâtiment du réacteur et le transport des débris en cas d'accident de perte de réfrigérant primaire.

PREMIÈRE PHASE DU PROJET SCAR

Les travaux engagés par l'IPSN, en partenariat avec EDF, dans le cadre du projet SCAR ont conduit à la réalisation en 1999 d'une première intégration du

code de thermohydraulique avancé CATHARE 2 dans le simulateur SIPA 2 de l'IPSN. Ce projet s'inscrit dans le cadre d'une collaboration de longue date avec EDF sur les simulateurs visant à couvrir les besoins de formation et d'étude pour les fonctionnements normaux et accidentels des réacteurs à eau pressurisée.

Les développements physiques et numériques du projet sont réalisés par la Direction des réacteurs nucléaires du CEA (Département de thermodynamique et de physique) et la Division recherche et développement du pôle industrie d'EDF. Le projet prévoit des adaptations du code CATHARE 2 dans une version unique pour permettre son accélération et l'extension du domaine d'application des simulateurs (démarrage ou arrêt du réacteur incluant l'arrêt à froid pour intervention). La première phase du projet (1997-1999), en remplaçant dans le simulateur l'ancienne version CATHARE-SIMU par CATHARE 2, a apporté une amélioration sensible de la qualité de la modélisation des phénomènes d'écoulement diphasique dans les circuits primaires et secondaires.

La seconde phase du projet (2000-2003) consistera à intégrer complètement la version qualifiée et vérifiée du code CATHARE 2 dans le simulateur et à obtenir des performances «temps réel».

UTILISATION DES RÉSULTATS DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT POUR L'ÉVALUATION DU RISQUE HYDROGÈNE LORS D'UN ACCIDENT GRAVE

Les programmes de Recherche et Développement de l'IPSN sur le risque «hydrogène» en cas de fusion du cœur, en particulier ceux menés dans l'installation RUT (Kurchatov Institut), ont débouché sur l'élaboration de critères pratiques relatifs aux risques de transition déflagration-détonation dans l'enceinte de confinement. Les études menées en utilisant ces critères ont permis de confirmer le gain en termes de sûreté apporté par l'implantation de recombineurs catalytiques. Le comportement de ces recombineurs dans les conditions d'environnement sévères d'un accident a été vérifié, par ailleurs, dans l'installation H2PAR.

PROGRAMME TOSQAN

Le programme expérimental TOSQAN a pour but de valider les modèles de condensation de la vapeur d'eau introduits dans le code de calcul TONUS, dans des conditions thermohydrauliques représentatives d'un accident grave. L'année 1999 a été marquée par l'achèvement des travaux de réalisation du gros œuvre et par la mise en place sur l'installation expérimentale des moyens de mesure des vitesses locales du gaz par vélocimétrie laser. Une étude spécifique a permis de mettre au point le dispositif d'ensemencement des écoulements dans l'enceinte par des poudres calibrées. Une bonne efficacité de ce dispositif est en effet essentielle pour la qualité des mesures.

PROGRAMME ASPERSION

L'étude de l'influence de la densité spatiale des gouttes d'aspersion sur l'efficacité de collecte des aérosols de produits de fission lors d'un accident grave a été menée à l'aide du code de calcul CASTEM 2000. Les calculs, réalisés sur trois gouttes alignées dont la distance a varié entre 5 et 25 diamètres de goutte, ont permis de mettre en évidence des variations de l'efficacité de collecte liée à la perturbation des champs de vitesse et de concentration des aérosols dans le sillage des gouttes. Cet effet est sensible dans le régime d'impaction des particules sur les gouttes, la condensation de la vapeur d'eau à la surface de celles-ci limitant l'ampleur de cet effet.



RÉALISATION DE LA PREMIÈRE PHASE D'EXPÉRIMENTATION SUR L'INSTALLATION «APPAREILLAGE B» VISANT À QUALIFIER L'ANTIRÉACTIVITÉ DES PRODUITS DE FISSION

Dans le domaine de la prévention des risques de criticité, les enjeux majeurs des prochaines années portent sur la prise en compte de la composition des combustibles irradiés en isotopes lourds et en produits de fission, c'est-à-dire la prise en compte dans les études de criticité de l'usure réelle du combustible présent dans les entreposages, les emballages de transport et les installations de retraitement, notamment lors de l'étape de dissolution du combustible.

Pour atteindre cet objectif, en gardant des marges de sûreté acceptables, il faut valider dans des conditions réalistes le formulaire de criticité CRISTAL. Pour cela, des expériences mettant en œuvre des produits de fission sont réalisées dans «l'Appareillage B», à Valduc.

Ce programme expérimental, mené en collaboration avec COGEMA, permet d'aborder les difficultés de traitement neutronique les unes après les autres avant de traiter le problème dans sa globalité. La première phase du programme, qui en comporte trois, s'est achevée en mai 1999 ; elle a consisté à déterminer les conditions de criticité de réseaux de crayons d' UO_2 enrichi (4,74 % en ^{235}U), au centre desquels était placé un réservoir en zircaloy contenant la solution de produits de fission à étudier.

Une cinquantaine d'expériences ont été réalisées, d'une part avec différentes concentrations de produits de fission, pris isolément ou en mélange, d'autre part avec de l'eau ou du bore dans le réservoir pour obtenir des données de référence.



AVANCÉES DANS L'ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES D'UN INCENDIE

En 1999, plusieurs actions significatives ont été réalisées en matière de transferts d'aérocontamination et de confinement en cas d'incendie. Il s'agit de l'acquisition de données sur la mise en suspension de radionucléides au cours de différents scénarios (feu de solvant et de crayons de combustibles) et sur les lois de colmatage des filtres très haute efficacité (THE) en cas de feux de solvants, ainsi que de l'extension du code couplé FLAMME_S/SIMEVENT à la propagation d'un incendie entre locaux. Par ailleurs, a été engagé le développement d'une nouvelle plate-forme de codes intégrés «incendie-ventilation», appelée SYLVIA. Cette plate-forme, constituée d'un ensemble de logiciels scientifiques, permettra d'améliorer la modélisation physique, les méthodes numériques et la convivialité des codes actuels de l'IPSN traitant de l'incendie et de la ventilation, et accueillera un module d'analyse de sensibilité et d'incertitudes.

LANCEMENT DU PROJET STARMANIA

Le programme STARMANIA a pour but d'étudier le comportement des équipements de sectorisation et de confinement (clapets coupe-feu, filtres, trémies...) soumis à des contraintes sévères de température (jusqu'à 400°C), pression (de - 250 à + 800 mbar relatif) et d'humidité relative de l'air (proche de la saturation), correspondant à des conditions accidentelles ou dégradées de fonctionnement d'une installation. L'année 1999 a été marquée par l'étude du dimensionnement et par le démarrage des travaux d'aménagement du bâtiment de Saclay, où le banc d'essai sera implanté.

SYNTHÈSE DES ESSAIS PROMETRA ET DÉVELOPPEMENT DU CODE DE CALCUL SCANAIR

Dans le cadre de l'étude du comportement des combustibles REP en cas d'accident de réactivité, la synthèse du programme d'essais mécaniques sur gaines irradiées (PROMETRA) a montré que la

présence d'hydrures, liée à la desquamation de la couche d'oxyde formée en réacteur, induisait un comportement fragile et une forte réduction de la résistance mécanique des gaines. Pour les gaines non desquamées, l'influence de la corrosion et de la vitesse de déformation sur les propriétés mécaniques est faible et les ruptures sont ductiles.

La version 3.1 du code de calcul SCANAIR intègre un premier jeu de lois mécaniques issues des essais PROMETRA, des améliorations de la thermo-hydraulique et du modèle de gaz de fission.

PRÉPARATION D'ESSAIS DANS LE RÉACTEUR SILÈNE

Dans le cadre des études de l'accident de fusion du cœur d'un réacteur à neutrons rapides, menées en collaboration avec EDF et JNC (Japon), l'objectif des essais TP3 dans le réacteur SILÈNE est la détermination du coefficient d'échange thermique entre le combustible et l'acier liquides. Une bille d'acier est placée au centre d'une pastille de combustible enfermée dans une capsule soumise à un transitoire de puissance. La bille d'acier fond puis se vaporise. Le coefficient d'échange est évalué à partir de la mesure de la pression interne de la capsule. En 1999, cinq essais du programme ont été définis en faisant varier le diamètre de la bille et l'énergie injectée ; ils seront réalisés en 2000.

ÉVALUATION DE L'IMPACT D'UNE RELOCALISATION DE COMBUSTIBLE DANS LE BALLON D'UNE GAINÉ DÉFORMÉE LORS D'UN ACCIDENT DE PERTE DE RÉFRIGÉRANT PRIMAIRE (APRP)

La relocalisation de combustible dans une gaine déformée lors d'un transitoire accidentel de perte de réfrigérant primaire a été observée dans tous les programmes expérimentaux utilisant des crayons de combustible irradié. Ses conséquences ne sont pas traitées par les codes de calcul utilisés pour les études de sûreté. Afin d'évaluer l'intérêt d'un nouveau programme expérimental consacré à ce phénomène, des calculs ont été réalisés avec le code CATHARE 2, pour un crayon à fort taux de combustion, après introduction de modifications spécifiques.

Les principaux résultats obtenus indiquent que la température maximale de gaine et le taux d'oxydation maximal augmentent de manière importante, par rapport aux résultats obtenus, sans tenir compte de la relocalisation du combustible.

COUPLAGE DU CODE DE DÉGRADATION ICARE AVEC LE CODE DE THERMOHYDRAULIQUE CATHARE

La première version du code de calcul ICARE/CATHARE a fait l'objet en juillet 1999 d'une livraison internationale (8 organismes étrangers). Le couplage du code de dégradation du cœur ICARE 2 et du code de thermohydraulique CATHARE constitue une étape importante, puisqu'elle permet de lever les principales limitations des versions antérieures d'ICARE, de simuler le comportement de l'ensemble d'un réacteur à eau (circuits primaire et secondaire) au cours d'un accident grave et de traiter la chute du corium vers le fond de la cuve jusqu'à sa rupture éventuelle.

ESSAIS ANALYTIQUES SUR LE COMPORTEMENT DE L'IODE AU COURS D'UN ACCIDENT GRAVE DE RÉACTEUR À EAU

Les premiers essais de transfert de matière ont été réalisés dans l'installation SISYPHE en juin 1999. Les essais suivants étudieront l'influence de différentes conditions thermohydrauliques sur le transfert de l'iode dans cette maquette d'enclume de confinement d'un réacteur à eau sous pression.

Une thèse établie en collaboration avec l'université de Marseille, soutenue avec succès en 1999, a permis de déterminer les mécanismes de piégeage de l'iode sur les peintures des enceintes des réacteurs à eau sous pression, phénomène qui peut réduire les rejets radioactifs.

Un programme d'études thermodynamiques et cinétiques de la chimie de l'iode dans le circuit primaire (CHIP) a été défini par ailleurs en 1999.

ÉTUDES DE FAISABILITÉ DU PROGRAMME PHÉBUS 2000

Des approfondissements des connaissances sur le comportement d'un réacteur à eau en cas d'accident grave apparaissent souhaitables, notamment concernant les effets du renoyage d'un cœur fortement dégradé, d'un combustible à fort taux de combustion ou d'un combustible mixte au plutonium. En 1999, ont été engagées les études de faisabilité pour un programme «PHÉBUS-2000» qui succéderait à l'actuel programme PHÉBUS-PF.

RÉALISATION DE DEUX ESSAIS DANS LE RÉACTEUR CABRI

Dans le cadre du programme RAFT, réalisé en collaboration avec EDF et JNC (Japon), concernant la sûreté des réacteurs à neutrons rapides, deux essais ont été réalisés avec succès en 1999 dans le réacteur CABRI. Le premier essai «RB2» a porté sur l'étude de la remontée incontrôlée d'une barre de

commande et a confirmé l'importance de limiter la quantité de combustible fondu en situation accidentelle. Le deuxième essai «TP2», réalisé avec trois aiguilles, visait à mieux connaître l'influence des gaz de fission sur l'entraînement de matériaux fondus (combustible et acier) hors de la zone fissile, lors d'un accident conduisant à la fusion du cœur d'un réacteur à neutron rapide.

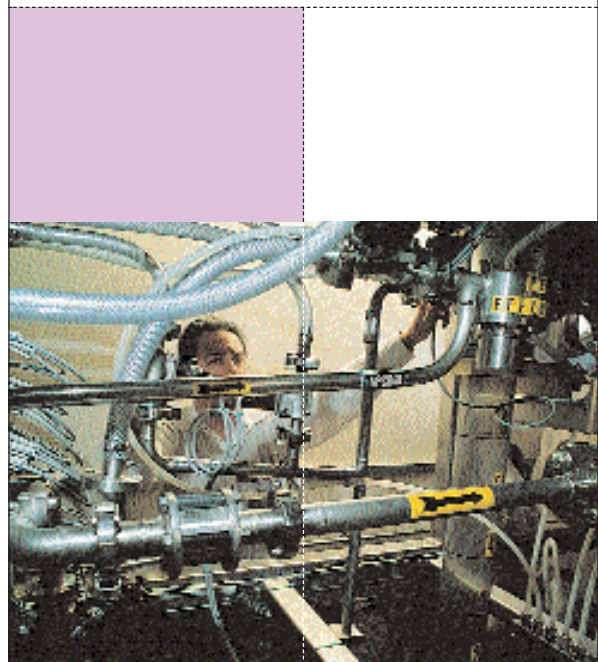
PRÉPARATION DU PROGRAMME MADRAGUE

Le programme MADRAGUE concerne l'étude analytique de la dégradation des crayons combustibles, ainsi que celle des barres de contrôle en carbure de bore lors d'un accident grave.

Au cours de l'année 1999 :

- un programme expérimental répondant aux besoins a été défini ;
- l'installation expérimentale a été dimensionnée ;
- l'étude de faisabilité des éléments essentiels de l'installation (dispositif d'essai, détection en ligne d'écroulement des crayons) a été démarrée.

Les essais, dont certains sont cofinancés par la Commission européenne, doivent démarrer en 2001.





LA SÛRETÉ DES DÉCHETS RADIOACTIFS

LA GESTION DES DÉCHETS AU CEA

L'IPSN a procédé à l'examen de la gestion des déchets radioactifs des installations civiles du CEA. Il a présenté ses conclusions devant les groupes permanents d'experts chargés des usines et des déchets le 12 mai 1999, estimant en particulier qu'un effort du CEA est nécessaire pour améliorer l'organisation de la gestion de ses déchets et pour la réalisation des projets d'installations nouvelles nécessaires à leur traitement, à leur conditionnement et à leur entreposage.

PROJET SPA

L'IPSN mène depuis 1982 des études d'évaluation de la sûreté de stockages en couches géologiques de déchets radioactifs, dans le cadre des programmes de la Commission des communautés européennes. Il a coordonné le projet européen SPA (Spent fuel disposal Performance Assessment), mené avec la participation de partenaires allemands (GRS), belges (SCK. CEN), espagnols (ENRESA), finlandais (VTT) et néerlandais (NRG). Ce projet s'est achevé en mai 1999, après trois ans de travaux.

Il a permis d'étudier l'évolution à long terme d'un stockage de combustibles usés dans trois types de formations géologiques (argile, granite et sel).

LE PROJET TOURNEMIRE COMME SUPPORT DE L'EXPERTISE SUR LES STOCKAGES PROFONDS

L'évaluation de la capacité de confinement des roches argileuses indurées passe par l'étude des transferts de fluides dans le milieu poreux et éventuellement fracturé constitué par cette roche. Dans le cadre du projet Tournemire, l'étude a porté d'abord sur l'analyse de la couche argileuse hors discontinuités. Elle se poursuit par l'analyse des discontinuités naturelles – les fractures – et des perturbations induites par les travaux d'excavation, en s'attachant à distinguer les caractéristiques génériques, pouvant être transposées à d'autres sites argileux, de celles spécifiques au site de Tournemire.

MAI 1999 : DIFFUSION AUX PRÉFETS D'UNE DOCTRINE RELATIVE AU RÉAMÉNAGEMENT DES STOCKAGES DE RÉSIDUS DE TRAITEMENT DE MINÉRAIS D'URANIUM

Élaborée par l'IPSN sous l'égide du ministère chargé de l'Environnement en relation avec COGEMA, cette doctrine précise les nouvelles modalités d'appréciation de l'impact radiologique des stockages de résidus miniers sur l'homme et sur l'environnement. L'évaluation des conséquences à court et à long terme repose sur l'analyse de divers scénarios possibles, comme cela était déjà le cas pour d'autres stockages de déchets radioactifs.

CONVENTION ENTRE L'ANDRA ET L'IPSN DÉFINISSANT LES MODALITÉS DE RÉALISATION D'UN PROGRAMME DE RECHERCHE DE L'IPSN DANS LES LABORATOIRES SOUTERRAINS DE L'ANDRA

Cette convention, signée le 8 octobre 1999 entre l'ANDRA et l'IPSN, rappelle le rôle de l'Institut, l'objectif de ses travaux de recherche, et définit les relations entre les deux partenaires. Pour un sujet tel que le stockage géologique de déchets radioactifs, l'IPSN se doit d'assimiler au fur et à mesure les connaissances scientifiques nouvelles (dont celles issues des laboratoires souterrains de l'ANDRA), de constituer un réseau de laboratoires conseils compétents sur des points particuliers (hydrogéologie, géochimie, connaissance des argilites...), de développer les outils nécessaires à l'expertise (codes appliqués à la migration des radionucléides...) et de participer aux débats scientifiques.

Le programme de recherche de l'IPSN sur le stockage profond comprend, d'une part la réalisation d'expériences dans les laboratoires d'études méthodologiques et instrumentales (tunnel de Tournemire, participation au projet Mont Terri...) et la modélisation des mécanismes importants pour la sûreté des stockages géologiques, d'autre part la réalisation

d'études concernant l'impact radiologique associé au stockage géologique de déchets, notamment les exercices européens. L'objectif des recherches de l'IPSN dans le laboratoire souterrain de Bure sera essentiellement de connaître certains aspects spécifiques des argiles du site.

La convention entre l'IPSN et l'ANDRA est une convention-cadre, qui a pour objet de définir les conditions générales dans lesquelles l'IPSN pourra effectuer des opérations scientifiques dans les laboratoires souterrains de l'ANDRA.

Ces conditions sont essentiellement les suivantes :

- expérimentateurs de l'IPSN non intégrés aux équipes de l'ANDRA ;
- interprétation par l'IPSN des expériences qu'il aura réalisées ;
- liberté de publication par l'IPSN des études et résultats obtenus ;
- propriété des résultats à l'IPSN avec droit d'usage pour l'ANDRA ;
- coût des opérations supporté par l'IPSN ;
- convention valable jusqu'en 2006 ;
- mise en place d'un comité technique.





En cas d'accident dans une installation nucléaire, les autorités pourraient avoir à prendre rapidement des mesures pour protéger les populations et l'environnement. Dans ce contexte, l'**IPSN** a mis en place un Centre technique de crise (CTC) permettant de réunir rapidement des spécialistes capables d'analyser la situation accidentelle, de prévoir son évolution et ses conséquences possibles dans l'environnement et de proposer aux pouvoirs publics des contre-mesures adaptées.

LA GESTION DE LA CRISE

ACCIDENT DE CRITICITÉ DE TOKAI-MURA

Un accident de criticité* est survenu le 30 septembre 1999 au Japon dans une usine de conversion de l'uranium de la Japan Nuclear Fuels Conversion Company (JCO) implantée à Tokai-Mura, à environ 150 kilomètres au nord-est de Tokyo. Cet accident, classé au niveau 4 de l'échelle INES, s'est produit dans une cuve contenant une solution nitrique d'uranium enrichi à 18,8 % en isotope 235. Lors du premier pic de puissance, les trois opérateurs qui étaient situés à proximité de la cuve ont reçu des doses d'irradiation très importantes, estimées initialement à 17, 10 et 3 Grays, puis réévaluées à 9, 5 et 1,2 Grays. La criticité s'est poursuivie pendant une vingtaine d'heures avant d'être totalement maîtrisée, en vidangeant l'eau refroidissant la cuve par l'extérieur qui jouait un rôle de réflecteur de neutrons. L'ensemble des actions de maîtrise de l'accident a nécessité l'intervention de 24 agents de l'usine ; les doses reçues par ces agents sont comprises entre 0,7 mSv et 48 mSv.

Les causes de cet accident constituent clairement un non-respect des procédures autorisées. En effet, d'une part la cuve a été utilisée lors d'une étape du procédé pour laquelle elle n'était pas prévue, d'autre part les équipements situés en amont et permettant de contrôler la quantité d'uranium introduite ont été bipassés.

Dès l'annonce de l'accident et au fur et à mesure de la communication des informations en provenance du Japon, l'IPSN a procédé à des estimations de l'importance de l'accident en termes de nombre de fissions produites et de dégagement de produits de fission, en tenant compte des résultats des programmes expérimentaux précédemment réalisés, par ses équipes, dans les réacteurs CRAC et SILÈNE. Ces estimations ont pu être effectuées grâce aux indications données par les balises de mesure des rayonnements gamma et neutroniques situées à environ 80 mètres de la cuve accidentée ; selon les hypothèses sur l'épaisseur des murs séparant la cuve et les balises, le nombre total de fissions évalué était compris entre $5 \cdot 10^{17}$ et $5 \cdot 10^{18}$; les estimations données ultérieurement par les experts japonais indiquent $2,5 \cdot 10^{18}$ fissions. Les estimations des doses reçues par les opérateurs ont également été utilisées pour calculer un nombre de fissions, correspondant au premier pic de puissance, de l'ordre de $1,2 \cdot 10^{18}$; on a pu conclure que la solution n'était pas entrée en ébullition. Ces estimations ont permis de vérifier que les conséquences dans l'environnement étaient effectivement faibles et limitées, pour l'essentiel, à l'irradiation directe par les rayonnements émis par la cuve jusqu'à l'arrêt de la réaction en chaîne.

L'expertise réalisée par l'IPSN a aussi concerné les effets de l'irradiation subie par les trois opérateurs. Compte tenu de l'expérience de l'IPSN dans les domaines de la dosimétrie et des effets aigus des irradiations, de leurs traitements thérapeutiques ; compte tenu aussi de l'existence d'un laboratoire mixte réunissant l'Institut et l'hôpital Saint-Antoine, trois experts de l'IPSN, accompagnés du professeur Gorin de cet établissement hospitalier, ont participé à une mission internationale qui s'est rendue au Japon les 28 et 29 octobre 1999, à l'invitation de l'Institut national des sciences radiologiques (NIRS) de Chiba, pour faire part de leur expérience et, le cas échéant, prodiguer des conseils sur le suivi médical des trois victimes gravement irradiées. Les experts de l'IPSN ont pu noter que le plan d'urgence coordonné par le NIRS avait remarquablement fonctionné dès le début et que la qualité des soins reçus par les patients avait été exemplaire. Cet accident a illustré les difficultés qui se posent lors de l'évaluation des conséquences d'une irradiation accidentelle dans un champ de rayonnements avec une forte composante neutronique. Les échanges des experts avec leurs homologues japonais ont permis de confronter les points de vue, tant pour ce qui

L'expertise réalisée par l'IPSN a aussi concerné les effets de l'irradiation subie par les trois opérateurs.

concerne l'évaluation des doses que pour ce qui concerne l'état clinique et le traitement des patients.

Sur un plan plus général, l'accident de Tokai-Mura rappelle que, les accidents de criticité si ils sont rares, ils «ne préviennent pas». Les organismes de sûreté doivent donc rester particulièrement vigilants et veiller constamment à la qualité de l'exploitation des installations et au respect des procédures approuvées.

* Accident de criticité : déclenchement incontrôlé d'une réaction de fission en chaîne au sein d'un milieu contenant des matières fissiles, telles l'uranium 235 ou le plutonium 239. Un accident de criticité entraîne, notamment, une émission intense de rayonnements gamma et neutroniques et un dégagement de gaz de fission radioactifs. Ce type d'accident peut avoir des conséquences très graves pour les travailleurs de l'installation concernée ; en revanche, les conséquences dans l'environnement sont faibles au-delà du proche voisinage de l'installation.



INTÉGRATION DU MODÈLE D'ÉCARTS-TYPES FRANCO-ALLEMANDS DANS LES CODES DE DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE (CONRAD, SIGMA, COTRAM)

Dans le domaine de la modélisation des transferts atmosphériques de gaz passifs, la France et l'Allemagne utilisent des modèles de type gaussien «à bouffées» : une émission de polluant est simulée par une succession de «bouffées», chacune emportant une fraction des produits rejetés hors de l'installation. Les paramètres utilisés pour la résolution de l'équation gaussienne de transport-diffusion permettent de définir, en fonction de la distance par rapport au centre de la bouffée, la distribution de la concentration du polluant dans l'espace en fonction du temps et des conditions météorologiques. Les principaux paramètres sont des écarts-types de distribution et sont élaborés sur la base d'expérimentations.

La France et l'Allemagne utilisent des modèles d'écarts-types différents, pouvant entraîner des résultats divergents, particulièrement dans des conditions météorologiques extrêmes, ce qui pourrait poser problème en cas d'accident survenant dans une installation nucléaire située à proximité d'une frontière et conduire, notamment, à des mesures de protection des populations différentes dans chaque pays. C'est pourquoi la commission franco-allemande chargée de la sûreté des installations a demandé à un groupe de travail, auquel participe l'IPSN, d'établir un modèle théorique commun d'estimation des écarts-types.



Ce nouveau modèle a été introduit en 1999 dans les codes de dispersion atmosphérique compris dans les systèmes CONRAD (évaluation des conséquences radiologiques des rejets accidentels) et SIGMA (évaluation des conséquences des rejets accidentels de produits toxiques ou inflammables), utilisés au Centre technique de crise de l'IPSN, ainsi que dans l'application COTRAM (évaluation de la dispersion atmosphérique des rejets normaux des installations nucléaires ou chimiques).

PLAN D'ACTION DE L'IPSN POUR SE PRÉMUNIR CONTRE LES EFFETS DU BOGUE DE L'AN 2000

Les installations nucléaires

Pour évaluer les dispositions retenues par les industriels en vue du passage à l'an 2000, l'IPSN a adopté une démarche d'analyse spécifique en faisant intervenir des ingénieurs chargés du suivi des installations nucléaires et des experts spécialisés dans différents domaines (systèmes informatiques, contrôle-commande, facteurs humains). Cette démarche a conduit l'Institut :

- à évaluer l'organisation mise en place par chaque site pour traiter le passage à l'an 2000 des automates programmables et des systèmes informatiques ;
- à estimer la sensibilité de chaque installation aux défaillances possibles lors du passage à l'an 2000, avec identification des équipements concernés et des conséquences de ces défaillances ;

- à étudier les ressources nécessaires aux installations, telles que l'eau, l'électricité, les télécommunications.

Parmi les installations nucléaires, le cas des réacteurs électronucléaires était spécifique : leur bon fonctionnement est essentiel à la continuité de la fourniture électrique par le réseau national, cette continuité contribuant elle-même à la sûreté des centrales nucléaires.

L'IPSN a analysé la démarche proposée par EDF, qui consistait à effectuer un inventaire des systèmes informatiques, à déterminer ceux qui pouvaient être sensibles au passage à l'an 2000, à les modifier et à les tester avant de procéder, le cas échéant, à leur remplacement sur site.

Afin de compléter cette démarche, l'IPSN a examiné en détail la gestion d'un éventuel «incident réseau généralisé», en particulier, la formation des opérateurs sur la conduite à adopter en cas de défaillance du réseau électrique, l'augmentation des réserves en fioul et en eau des tranches et le choix d'un niveau de puissance pour les tranches lors du passage à l'an 2000.



L'IPSN a présenté en septembre 1999 un rapport d'examen technique devant le groupe permanent d'experts chargé des réacteurs nucléaires. L'Institut a par ailleurs participé le 27 octobre à un exercice impliquant la DSIN et EDF, afin de vérifier l'efficacité de l'organisation mise en place.

Le Centre technique de crise de l'IPSN

En 1999, diverses actions ont été menées pour s'assurer du caractère opérationnel de l'ensemble des moyens du Centre technique de crise (CTC) pendant et après le passage à l'an 2000.

Une liste exhaustive des matériels a tout d'abord été établie, afin d'obtenir des garanties auprès des fournisseurs sur leur capacité à fonctionner correctement pendant et après l'an 2000. Lorsque de telles garanties n'ont pas pu être réunies, des actions supplémentaires ont été entreprises.

Certains matériels ont été remplacés : c'est en particulier le cas de la passerelle permettant de se connecter à une tranche EDF et de disposer ainsi d'une liaison automatique de transfert de données, ou encore du poste d'acquisition des données météorologiques transmises par Météo France Toulouse.

Pour d'autres moyens non certifiés «compatibles an 2000», des tests sur plate-forme ont été effectués. Ce fut le cas pour les logiciels du système SÉSAME (Schéma d'évolution des situations accidentelles et méthodes d'évaluation), dont le fonctionnement correct au passage à l'an 2000 a pu être vérifié.

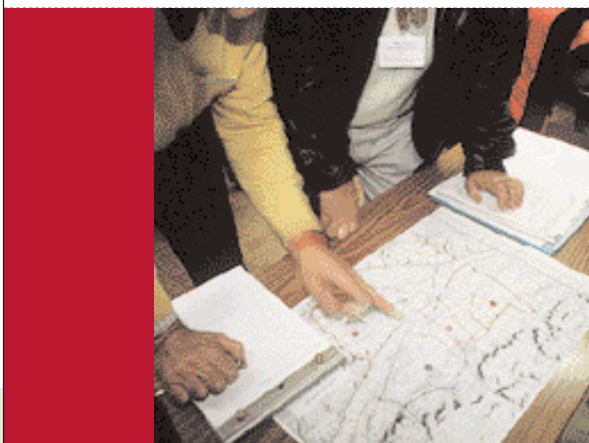


La nuit du 31 décembre 1999 au 1^{er} janvier 2000

Le risque d'événement anormal se trouvant accru au moment du passage à l'an 2000, une organisation particulière a été mise en place au Centre technique de crise de l'IPSN pendant la période jugée la plus critique. Elle a consisté en un grément du Centre technique de crise dans la nuit du 31 décembre 1999 entre 22 heures et 3 heures du matin et en un renforcement de l'équipe d'astreinte jusqu'au 3 janvier 2000. Dès 16 heures, un contact a été établi avec un expert de l'Institut présent sur le site de la centrale chinoise de Daya Bay, qui passait à l'an 2000 sept heures avant la France.

Les contacts avec les bureaux de Riskaudit, situés à Moscou et à Kiev, ont permis à l'équipe en place au Centre technique de crise de recueillir également des informations sur le passage à l'an 2000 des centrales nucléaires de Russie et d'Ukraine.

L'ensemble de ces actions a permis de passer à l'an 2000 sans encombre. Aucune difficulté n'a été relevée et le caractère opérationnel des moyens du CTC a été assuré pendant et après le passage à l'an 2000.



DOCUMENTATION DE CRISE POUR LES INSTALLATIONS AUTRES QUE LES REP

En complément de la documentation « officielle » implantée au Centre technique de crise (rapports de sûreté, plans d'urgence internes [PUI], plans particuliers d'intervention [PPI]), le retour d'expérience des exercices de crise a mis en évidence la nécessité de disposer d'une documentation synthétique opérationnelle, pour les installations autres que les réacteurs de puissance d'EDF. Différents types de documents sont ainsi réalisés :

- des fiches synthétiques descriptives des installations permettant aux intervenants convoqués au Centre technique de crise de l'IPSN en cas d'urgence de (re)prendre contact rapidement avec l'installation concernée par la situation accidentelle ;
- des fiches « accident-type » permettant de disposer très rapidement d'ordres de grandeur des conséquences radiologiques ou chimiques pour des scénarios d'accident typiques ;
- des fiches sur les compositions isotopiques des matières contenues dans les installations permettant d'effectuer un premier calcul de conséquences.

Après validation, ces documents sont implantés sous forme de classeurs au Centre technique de crise et sont également accessibles sur intranet.

BILAN DES EXERCICES RÉALISÉS EN 1999

En 1999, dix exercices de crise nationaux ont été organisés, dont trois portant sur des installations autres que des réacteurs électronucléaires : une installation du centre d'études de Cadarache du CEA, le réacteur à haut flux de l'institut Lauë-Langevin à Grenoble et un sous-marin basé à l'île Longue. L'IPSN a participé à leur préparation, notamment en établissant des scénarios techniques. Au cours des exercices, l'IPSN a testé sa capacité de réponse aux situations simulées. Deux de ces exercices ont été effectués sur une longue durée rendant, de ce fait, le scénario plus réaliste. L'exercice de Fessenheim a ainsi duré quatorze heures ; l'IPSN a mis en place puis a testé sa procédure de relève des équipes au cours de cet exercice. Celui de Golfech, lui, a été conduit sur deux jours. Pour la première fois, lors d'une simulation, les conditions liées à la levée des mesures de protection des populations et des restrictions de commercialisation de produits locaux ont été abordées. Enfin, durant cette période, l'IPSN a participé à un exercice international effectué sur le réacteur électronucléaire de Darlington au Canada.

RENFORCEMENT DES ASTREINTES REP AU CENTRE TECHNIQUE DE CRISE

L'équipe d'astreinte du Centre technique de crise de l'IPSN est actuellement composée de cinq agents chargés, en cas d'activation du Centre, d'établir le contact avec l'exploitant concerné et de fournir une première estimation rapide des conséquences associées à un rejet éventuel de produits radioactifs. Elle doit également constituer une équipe complète (environ vingt personnes), à l'aide de l'annuaire de crise. En 1999, afin que le CTC soit pleinement opérationnel dans des délais restreints, le Comité d'orientation des activités de crise a décidé de renforcer le nombre d'agents d'astreinte en le portant à dix ; sept d'entre eux étant spécialisés dans le fonctionnement des réacteurs à eau pressurisée français.

Le risque d'événement anormal se trouvant accru au moment du passage à l'an 2000, une organisation particulière a été mise en place au Centre technique de crise de l'IPSN pendant cette période jugée la plus critique.

RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LA DISTRIBUTION D'IODE STABLE AUTOUR DES SITES ET ATTITUDES DES POPULATIONS À L'ÉGARD DES CONTRE-MESURES PRÉCONISÉES EN CAS D'ACCIDENT RADIOLOGIQUE

L'IPSN a présenté au Secrétaire général du comité interministériel de la sécurité nucléaire les résultats de l'étude du retour d'expérience de la distribution d'iode stable faite en 1996 et 1997 autour de sites nucléaires pilotes. L'étude suggère que la qualité des campagnes d'information des populations préalables à la distribution est essentielle pour assurer un bon taux de distribution. Parallèlement, le baromètre IPSN sur les risques et la sécurité s'intéresse depuis 1996 aux opinions du public sur les contre-mesures préconisées en cas d'accident radiologique. L'enquête, réalisée en 1999, montre que les Français sont toujours très largement favorables à la prédistribution de l'iode autour des sites nucléaires, mais qu'ils ignorent où s'en procurer. De plus, ils accepteraient de suivre ces contre-mesures, toutefois plus par obligation que par conviction de leur utilité.

ORGANISATION DES MESURES EN FRANCE : RÔLE DE L'IPSN

Le projet CITRAME, engagé en janvier 1999, a pour objectif de préparer l'IPSN à rassembler l'ensemble des résultats des mesures qui seraient prises dans l'environnement en cas d'accident, à en établir la synthèse et à la restituer sous forme de cartes, graphiques... aux acteurs de la gestion de crise.

Le cahier de charges du projet répartit les actions à mener en trois catégories :

- établissement de protocoles avec les acteurs de la mesure ;
- développement de méthodes de traitement des résultats de mesures et des outils informatiques associés ;
- organisation de la Cellule conséquences radiologiques du Centre technique de crise de l'IPSN, formation, exercices.

Durant l'année 1999, les discussions menées avec les exploitants CEA, EDF, COGEMA, avec l'OPRI et la direction de la Défense et de la Sécurité civiles ont attesté de l'accueil très favorable réservé au projet.

Elles ont permis de préparer les protocoles d'accord avec les différents organismes et de définir les modes de transmission des informations échangées.

Le développement des méthodes et des outils de traitement des résultats de mesures a progressé également : en particulier, la base de données assurant la sauvegarde des résultats, la définition des types de représentation des résultats sous forme de carte et enfin, les méthodes dites d'assimilation des mesures permettant de caractériser la situation radiologique de l'environnement à partir d'un nombre limité de mesures. Ce dernier sujet va faire l'objet de collaborations avec le NRPB (Royaume-Uni) et l'IBRAE (Russie).

L'achèvement du projet CITRAME est prévu pour mi-2002.





L'Institut s'est plus particulièrement efforcé de promouvoir auprès des instances internationales les positions françaises concernant la gestion des matières sensibles du point de vue des risques de prolifération. L'accent a été également porté sur la transmission des connaissances aux responsables de la gestion de ces matières comme aux administrations. Enfin, l'expérience de l'**IPSN** a été requise pour suivre la mise en place de la Convention d'interdiction des armes bactériologiques.



LA GESTION DES MATIÈRES SENSIBLES

PREMIER TRANSPORT DE COMBUSTIBLE MOX D'EUROPE VERS LE JAPON

Le 21 juillet 1999, deux navires appartenant à la compagnie britannique PNTL ont pris la mer pour acheminer du combustible MOX au Japon. L'un transportait du combustible expédié par la France, l'autre du combustible en provenance du Royaume-Uni. Du côté français, la coordination de la préparation du transport de MOX vers le Japon a été effectuée par le Secrétariat général du comité interministériel pour la sécurité nucléaire (SGCISN).

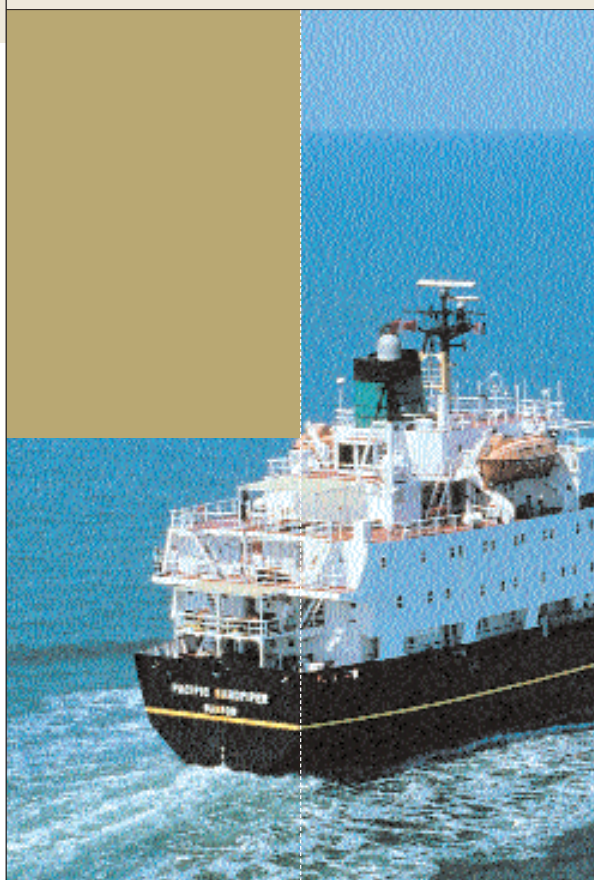
L'IPSN a expertisé les dispositions retenues par les différentes sociétés intervenantes, COGEMA, PNTL et Transnucléaire, pour mener à bien ce transport. En particulier, il a vérifié la sûreté du modèle de colis transporté. L'emballage utilisé (TN 17/2), conçu par la société Transnucléaire, se présente sous la forme d'un cylindre en acier de 75 tonnes, de 6,1 mètres de longueur et de 2 mètres de diamètre comprenant une cavité. Cet emballage est équipé d'un système de fermeture étanche et d'un capot absorbeur de chocs à chaque extrémité.

L'expertise, menée par l'IPSN, a montré que les performances du modèle de colis satisfont aux exigences de la réglementation française, reprises des recommanda-

tions pour la sûreté du transport des matières radioactives de l'AIEA. En particulier, ces colis résistent, sans perdre leurs fonctions de sûreté, aux épreuves réglementaires successives, qui comportent une chute d'une hauteur de neuf mètres sur une surface indéformable, une chute d'une hauteur d'un mètre sur un poinçon, un feu de 800°C totalement enveloppant d'une durée de 30 minutes et une immersion à quinze mètres de profondeur pendant huit heures. À l'issue de cette expertise, l'emballage a été agréé par la DSIN pour contenir huit assemblages de combustible MOX non irradié pour réacteurs à eau bouillante. Lors du premier transport, trente-deux assemblages MOX de ce type ont été expédiés par la France.

À la demande du Haut-fonctionnaire de Défense du ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, l'IPSN a expertisé les mesures prises par COGEMA pour assurer la sécurité des colis MOX destinés au Japon, tant lors de leur entreposage que lors de leur transport. Il s'agissait de vérifier l'efficacité de ces mesures et leur conformité aux objectifs de protection contre le vol ou le détournement de matières nucléaires.

En particulier, l'IPSN a pris part, en coopération avec le Directorate for Civil Nuclear Security britannique, à l'évaluation de la protection du transport dans sa phase



maritime, et a participé à l'inspection effectuée par les autorités françaises des moyens de protection à bord du navire concerné (systèmes de condamnation des cales et des moyens de manutention, scellés...). De plus, l'IPSN a effectué un suivi en temps réel des différentes étapes du transport terrestre des colis sur le territoire français, afin d'en vérifier le bon déroulement et d'alerter les pouvoirs publics en cas d'incident.

Les navires transportant le combustible MOX sont arrivés sans encombre au Japon, le 27 septembre 1999 à Okuma et le 1^{er} octobre 1999 à Takahama.

UN SCELLÉ UNIVERSEL POUR LE CONTRÔLE DES MATIÈRES NUCLÉAIRES

Au cours des sept dernières années, un programme «93 + 2» a été décidé pour renforcer le système de garanties de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA). Ce programme, approuvé par le Conseil des gouverneurs, a fait l'objet de négociations entre les États membres et le Secrétariat. Celles-ci ont abouti à un protocole, appelé INFCIRC/540, adoptant des mesures permettant d'accroître l'aptitude de l'Agence à détecter des activités nucléaires clandestines.

Une de ces mesures est l'emploi de la télésurveillance, alternative aux inspections classiques, grâce à l'exploitation en temps quasi réel des données transmises à l'Agence.

La mise en place de la télésurveillance s'est avérée assez simple pour les appareils de vidéosurveillance et de mesures nucléaires. En revanche, les scellés métalliques employés depuis de nombreuses années par les organismes chargés des contrôles internationaux et nationaux afin de garantir l'intégrité du confinement des matières nucléaires, ne peuvent pas être utilisés en télésurveillance. Leur vérification nécessite un contrôle en laboratoire avec une main-d'œuvre importante. Les résultats ne sont connus que longtemps après leur ouverture.

Il est donc nécessaire de développer de nouvelles techniques qui permettent l'utilisation de scellés électroniques pour la télésurveillance.

Dans le cadre du programme de soutien français aux garanties de l'AIEA, l'IPSN a été chargé du développement d'un scellé électronique qui peut être géré de manière indépendante par plusieurs corps d'inspecteurs internationaux et par le contrôle national français.

Pour le contrôle national, ce type de scellé simplifierait la gestion d'une crise liée à un éventuel détournement de matières nucléaires en permettant l'interrogation du scellé à fin d'inventaire. En effet, aujourd'hui, faute de moyens communs avec les organismes de contrôle internationaux, les autorités nationales pourraient se trouver dans l'obligation de briser les scellés apposés par l'AIEA et EURATOM dans les installations françaises.

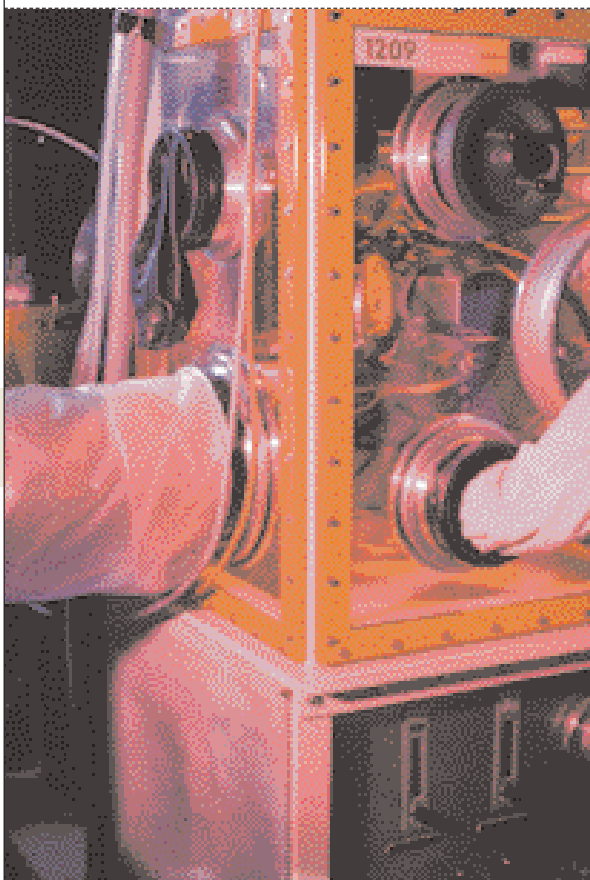
Ce scellé intéresse également EURATOM qui met des scellés communs avec l'AIEA et souhaite une meilleure coordination avec le contrôle national.

Après une étude de faisabilité, l'IPSN a élaboré un cahier des charges décrivant les fonctionnalités souhaitées :

- vérifications multiples et indépendantes par différents corps d'inspecteurs ;



- enregistrement de tout événement, notamment en cas de tentative de fraude ;
- authentification des données enregistrées ;
- interrogation à distance et capacité de télésurveillance,
- indication de la qualité et de la quantité des matières mises sous scellés ;
- génération et transmission d'un bulletin de santé quotidien ;
- utilisation pour plusieurs missions après changement de batteries.



Le développement et la réalisation du scellé Integrated and Reusable Electronic Seal (IRES) a été confié à des industriels : BEFIC/SAPHYMO pour la mécanique, l'électronique et les logiciels de gestion, THOMSON-CSF pour la partie authentification des données.

Une démonstration d'un premier prototype avec envoi des données authentifiées et cryptées à Vienne, via une liaison satellite, a été réalisée avec succès entre le 1^{er} juillet et le 31 août 1999.

«93 + 2» LE PROTOCOLE ADDITIONNEL DE RENFORCEMENT DES GARANTIES

Le régime des garanties internationales de non-prolifération, visant les matières nucléaires a été créé en 1957. En application du traité de non-prolifération, les États non dotés d'armes nucléaires (ENDAN) signataires ont contracté l'obligation de soumettre aux garanties de l'AIEA leurs matières nucléaires, afin de donner l'assurance qu'elles ne soient pas «détournées vers des armes nucléaires ou d'autres dispositifs explosifs nucléaires».



Cependant, la découverte d'un programme clandestin en Irak et les difficultés rencontrées par l'AIEA en Corée du Nord ont mis en évidence des insuffisances, d'où le programme de renforcement des garanties dénommé «93 + 2».

Pour la France, État doté d'armes nucléaires, un protocole spécifique, s'inspirant du modèle utilisé par les ENDAN (INFCIRC/540), a été signé le 22 septembre 1998 avec l'AIEA et EURATOM.

Deux nouveautés importantes y apparaissent :

- la France s'engage à déclarer certaines activités qu'elle mène en coopération avec des ENDAN ;
- l'AIEA dispose d'une possibilité étendue d'inspection en France.

En appui du secrétariat du Comité technique interministériel pour les questions relatives à l'application du traité EURATOM (CTI), l'IPSN participe à la préparation de l'entrée en vigueur du protocole. Plusieurs actions ont été entreprises :

- la rédaction d'un guide de lecture du protocole ;
- le lancement d'une enquête permettant d'identifier les industriels concernés par les nouvelles déclarations d'activités ;
- la préparation d'un projet de loi d'application, pour rendre les dispositions du protocole contraignantes.

CONVENTION SUR LA PROTECTION PHYSIQUE

Les États-Unis affichent depuis plusieurs années leur volonté de durcir la convention sur la protection physique des matières nucléaires (INFCIRC/274) pour s'orienter vers un régime international de contrôle mis en place sous l'égide de l'AIEA. Lors d'une réunion tenue en novembre 1999 pour étudier la nécessité d'une révision de cette convention, un groupe de cinq pays (Allemagne, Belgique, France, Royaume-Uni et Suède) dans lequel la France s'est largement impliquée, a défendu une approche prudente. La France défend une position privilégiant une obligation de résultats et le développement d'une culture de sécurité.

APPLICATION DE L'ÉCHELLE INES AUX TRANSPORTS

Le 1^{er} octobre 1999, une échelle de gravité des incidents et accidents de transport de matières radioactives est entrée en application en France pour une période probatoire d'un an. Cette échelle est une transposition des principes et critères de classement de l'échelle internationale des événements nucléaires (INES) publiée par l'AIEA et applicable aux installations nucléaires. Elle a été élaborée à partir d'un premier projet réalisé par l'IPSN en 1997. En 2000, l'Institut participera à une étude de mise en application internationale.

PREMIÈRE RÉUNION DU GROUPE PERMANENT CHARGÉ DES TRANSPORTS

Le groupe permanent chargé des transports a pour mission d'étudier les aspects techniques de la sûreté du transport des matières radioactives et fissiles à usage civil. Ses membres ont été nommés par le

Directeur de la sûreté des installations nucléaires et comprennent, outre les représentants de différents ministères, des experts français, notamment de l'IPSN, et étrangers. La première réunion de ce groupe permanent a eu lieu le 11 octobre 1999 et a traité trois sujets : les problèmes génériques de sûreté des transports, les incertitudes de sûreté sur les colis d'assemblages combustibles neufs pour réacteurs de puissance et l'examen de la demande d'agrément déposée par la société Framatome, concernant l'emballage FCC-4 destiné au transport d'assemblages combustibles neufs à base d'oxyde d'uranium.

PROTOCOLE DE VÉRIFICATION DE LA CONVENTION D'INTERDICTION DES ARMES BIOLOGIQUES

La convention d'interdiction des armes biologiques, signée par la France en 1972 et en application depuis 1975, ne prévoit pas de mécanisme de vérification permettant de s'assurer que les États parties en respectent la lettre et l'esprit. Afin de pallier ce manque, les États membres de l'ONU étudient activement depuis 1996, à Genève, un projet de protocole visant la mise en place d'un système de vérification approprié.

Le Haut-fonctionnaire de Défense du ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie a demandé à l'IPSN de participer en 1999 aux négociations de Genève aux côtés des diplomates, afin de bénéficier de l'expérience acquise par l'Institut en matière de non-prolifération. Cette participation se poursuivra en 2000.

ORGANISATION DE LA CRISE TRANSPORT

L'IPSN a poursuivi ses travaux de mise en place d'une organisation de crise pour traiter les accidents de transport. Les procédures d'alerte des différents départements impliqués de l'IPSN ont été harmonisées. Des procédures d'envoi d'experts en sûreté des emballages de transport sur les lieux d'un accident ont été mises en place. Ces experts sont dotés de moyens informatiques et de télécommunications. Une documentation réglementaire et technique, une base de données sur les colis (BACCARAD) et un logiciel d'évaluation des conséquences radiologiques (POSÉIDON) ont été installés ou sont en cours d'installation au CTC. Par ailleurs, des contacts ont été établis avec la DDSC, la DSIN, le HC et l'OPRI concernant l'organisation nationale de gestion de crise.

Bien que les accidents radiologiques soient plutôt rares et fassent peu de victimes, leurs effets sont souvent très graves, voire mortels. Le nombre de pertes, vols ou abandons de sources radioactives semblent toutefois augmenter dans le monde. En 1999, **l'IPSN** est intervenu à diverses reprises, dans le cadre de sa mission d'expertise et de soutien au profit des instances médicales chargées de soigner les victimes de tels accidents ; c'est dans cette perspective que s'inscrivent ses programmes de radioprotection accidentelle et de radiopathologie.



LA PROTECTION DE LA SANTÉ DE L'HOMME

BIO-INDICATEURS D'ATTEINTE RADIO-INDUITE DE LA MOELLE OSSEUSE

Dans la plupart des cas, le traitement des victimes d'irradiations accidentelles à doses moyennes et fortes n'a pas pu leur éviter une issue fatale. Ceci est dû en partie au manque d'indicateurs de pronostic et de diagnostic qui permettraient de délimiter l'étendue des dommages causés à la moelle osseuse. L'un des axes de recherche poursuivi à l'IPSN en radiohématologie est de trouver de nouveaux indicateurs de l'atteinte radio-induite de la moelle osseuse.



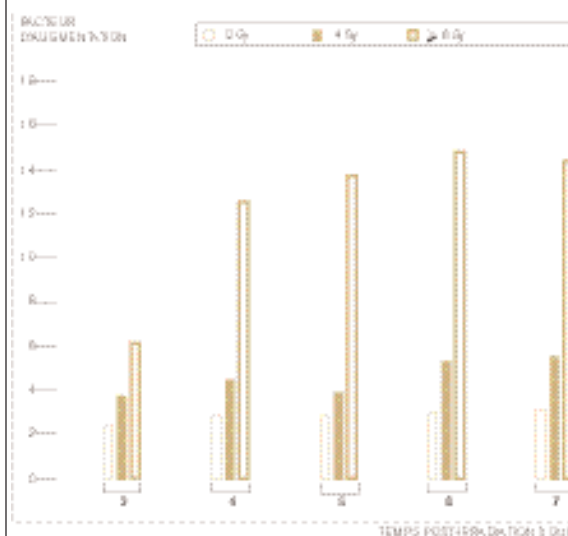
Le Flt3-ligand (Flt3-l) est un facteur de croissance qui agit sur les cellules de la moelle osseuse qui donnent naissance aux cellules sanguines. La concentration sérique de Flt3-l est inversement proportionnelle à la quantité de ces cellules immatures. Il en résulte que le taux de Flt3-l sérique est élevé lorsque les traitements médicaux (chimiothérapie ou radiothérapie) induisent une atteinte de la moelle osseuse. Ceci a suggéré que le taux de Flt3-l plasmatique puisse servir d'indicateur de l'atteinte de la moelle osseuse dans les situations d'irradiation accidentelle. La validité de cette hypothèse a été vérifiée à la fois avec un modèle pré-clinique de primate non humain développé à l'IPSN et en clinique humaine dans le cadre du laboratoire commun IPSN/CHU Saint-Antoine.

Dans une première expérience, huit animaux ont été irradiés à des doses de 2, 4, 6 et 7 Gy. La concentration plasmatique de Flt3-l augmente de façon proportionnelle à la dose d'irradiation, avec un effet de saturation au-delà de 6 Gy (figure ci-contre). Cette expérience a montré que la concentration plasmatique de Flt3-l est corrélée négativement au nombre de globules blancs circulants, avec un caractère prédictif à 2 jours de l'évolution de leur nombre.

Le suivi de patients, traités par greffe de moelle osseuse dans le service des maladies du sang de l'hôpital Saint-Antoine, a été entrepris pour vérifier la concordance des résultats obtenus en clinique humaine avec le modèle animal. Des résultats préliminaires concernant huit patients montrent une élévation de la concentration plasmatique du Flt3-l qui est aussi corrélée négativement au nombre de neutrophiles circulants. Nous retrouvons le caractère prédictif du Flt3-l (figure page 44). Cependant, ces résultats demandent à être confirmés par la prise en compte d'autres patients traités par irradiation et greffe de moelle osseuse.

Au vu de ces résultats, il apparaît clairement que le suivi du Flt3-l peut constituer un excellent bio-indicateur de l'atteinte de la moelle osseuse. Cependant, d'autres études seront nécessaires pour connaître la valeur de cet indicateur dans des situations d'irradiations hétérogènes, et pour mieux comprendre les mécanismes de régulation de la production de cette molécule dans l'organisme.

**FACTEUR D'AUGMENTATION
DE LA CONCENTRATION DE FLT3-L
EN FONCTION DE LA DOSE
D'IRRADIATION DU JOUR 3 AU JOUR 7
APRÈS IRRADIATION**



BILAN DU PIC DOSINTER

En 1995, l'IPSN et la COGEMA ont mis en place des programmes de recherches d'intérêt commun pour améliorer la protection des travailleurs à l'égard des risques de contamination interne.

Les progrès réalisés depuis lors concernent trois domaines :

- les études de postes de travail dans les usines COGEMA et COMURHEX de Pierrelatte et Malvézi ont permis de caractériser la nature physico-chimique et la biocinétique de 13 composés de l'uranium utilisés par l'industrie nucléaire française et de compléter ainsi les résultats obtenus précédemment dans les ateliers du procédé SILVA et de FBFC ;
- de nouvelles techniques ont été mises au point pour mesurer et analyser la contamination interne chez les travailleurs ;
- les études de biocinétique et de toxicologie des actinides, ainsi que la recherche de molécules chélatantes ont apporté des résultats prometteurs pour des traitements efficaces de contaminations accidentelles par l'uranium.

ÉTUDES EN LABORATOIRE SUR LA CARACTÉRISATION ET LE CONFINEMENT DE LA CONTAMINATION PARTICULAIRE AUX POSTES DE TRAVAIL

Deux actions complémentaires sont menées afin d'améliorer l'évaluation et la maîtrise de la protection des opérateurs aux postes de travail, lesquelles passent par une meilleure connaissance, non seulement de la représentativité des prélèvements atmosphériques, mais aussi des critères de confinement dynamique.

Ainsi, par des techniques de traçage gazeux et particulaire, il a été mis en évidence que les critères actuels de vitesse d'air aux ouvertures ne suffisent pas à limiter les transferts de contamination vers l'extérieur d'une enceinte ; il faut, en effet, tenir compte également de la géométrie de l'ouverture et surtout du diamètre aérodynamique du contaminant.

Afin d'améliorer la stratégie d'échantillonnage des aérosols aux postes de travail, la nouvelle installation expérimentale CEPIA a été réalisée en 1999 ; c'est une chambre de 36 m³ qui dispose d'un système de ventilation modulable et réglable.





MICROSCOPIE CONFOCALE

Un microscope confocal est désormais fonctionnel à l'IPSN. Ce dispositif permet la localisation spécifique de protéines et l'étude des tissus en trois dimensions. Il est utilisé pour l'étude des perturbations de l'environnement cellulaire et des connexions intercellulaires responsables de la perte d'intégrité de la barrière intestinale après irradiation. La mise en évidence des composants de la matrice extracellulaire et des myofibroblastes localisés au contact des cellules épithéliales est en cours.

NOUVEL ANTHROPORADIAMÈTRE

L'IPSN étudie avec une société belge un nouveau type d'anthroporadiamètre équipé de détecteurs au silicium. Ce système permettra d'augmenter la sensibilité de la mesure pulmonaire des actinides émetteurs de raies X et γ de faible énergie, et de réaliser pour la première fois la mesure complète du thorax. Un premier détecteur modulaire de conception industrielle est réalisé. Il utilisera un circuit intégré comportant une électronique analogique multi-voies à bas bruit dont un prototype est développé par un laboratoire de microélectronique de Saclay.

CEPIA doit permettre de conduire des essais dans des situations proches de celles rencontrées sur les sites (avec opérateur mobile réel ou simulé), avec la bonne maîtrise de l'ensemble des paramètres physiques associés à l'aérocontamination et aux écoulements d'air.

ATTEINTES RADIO-INDUITES ET APOPTOSE

Le rôle de la membrane cellulaire dans la manifestation des dommages radio-induits a longtemps été négligé. Nous avons cherché à quantifier ces dommages à l'aide du cytomètre en flux. Cet outil a permis, en accédant à différentes caractéristiques cellulaires, d'apprécier simultanément la viabilité cellulaire et les propriétés biophysiques de la membrane. Cette méthodologie constitue un outil performant pour l'étude des relations entre dommages membranaires et apoptose dans la perspective de valider la mesure de la fluidité membranaire comme bio-dosimètre potentiel.



ANALYSE DES ACTINIDES DANS LES URINES

Deux résultats peuvent radicalement modifier les protocoles d'analyses des traces d'actinides dans les urines pour la détection d'une faible contamination d'un travailleur : une molécule macrocyclique de la famille des calixarènes permet d'isoler sélectivement et quantitativement, de façon reproductible, les isotopes de U, Pu et Am présents dans les urines, tandis que, l'ICP-MS diminue considérablement le temps de mesure. L'ICP-MS permet même de doser 1 mBq. l⁻¹ après simple dilution des urines pour des isotopes tels que ²³⁵U et ²³⁸U.

PROJET «SIEVERT»

En application de la directive EURATOM 96/29 du 13 mai 1996, les entreprises exploitant des avions devront évaluer l'exposition du personnel navigant aux rayonnements cosmiques. Actuellement, il n'existe pas d'outil qui permette de répondre à cette obligation. C'est pourquoi la Direction générale de l'aviation civile, l'IPSN, l'Office de protection contre les rayonnements ionisants (OPRI) et l'observatoire de Paris-Meudon se sont associés pour proposer un système permettant de calculer les doses reçues par chaque vol enregistré. Des données relatives aux vols et les informations dosimétriques correspondantes seront ainsi accessibles.

PROGRAMME DE TESTS INTER-LABORATOIRES EN DOSIMÉTRIE DES NEUTRONS

Le laboratoire d'étalonnage du service de dosimétrie de l'IPSN, associé au BNM pour la métrologie des neutrons, et accrédité pour l'étalonnage des appareils de radioprotection par le Comité français d'accréditation, a organisé un programme de tests inter-laboratoires permettant de comparer les références des laboratoires français d'étalonnage. Cinq autres laboratoires ont participé à cette intercomparaison. Cet exercice a permis de valider les techniques mises en œuvre et d'harmoniser les méthodes d'étalonnage utilisées.

COLLABORATION AVEC L'INSTITUT GUSTAVE-ROUSSY

Dans le cadre de l'unité mixte IPSN-IGR, une étude a commencé chez des patients irradiés pour raisons thérapeutiques au niveau de la sphère abdominale. Il s'agit d'évaluer les dysfonctionnements tissulaires qui conduisent aux troubles du transit fréquemment observés après ce type de radiothérapie. Dans les tissus sains compris dans le champ d'irradiation, on a observé une diminution des mouvements de l'eau et des ions, ainsi qu'une perte de la contractilité musculaire en réponse à certains agents de régulation. Ces dysfonctionnements peuvent être à l'origine des troubles du transit observés.

ANALYSEUR D'IMAGES

Un système d'analyses d'images dédié à la dosimétrie biologique par cytogénétique conventionnelle (dicentriques) et par fluorescence (translocations) est maintenant utilisé en routine au laboratoire de dosimétrie biologique multiparamétrique de l'IPSN. Il a été développé par une société française d'imagerie, en collaboration avec le laboratoire. Si les fonctions de «recherche des cellules» et d'«acquisition d'images» sont complètement automatisées, l'observation des aberrations chromosomiques reste semi-automatique et leur comptage nécessite l'intervention d'un opérateur.

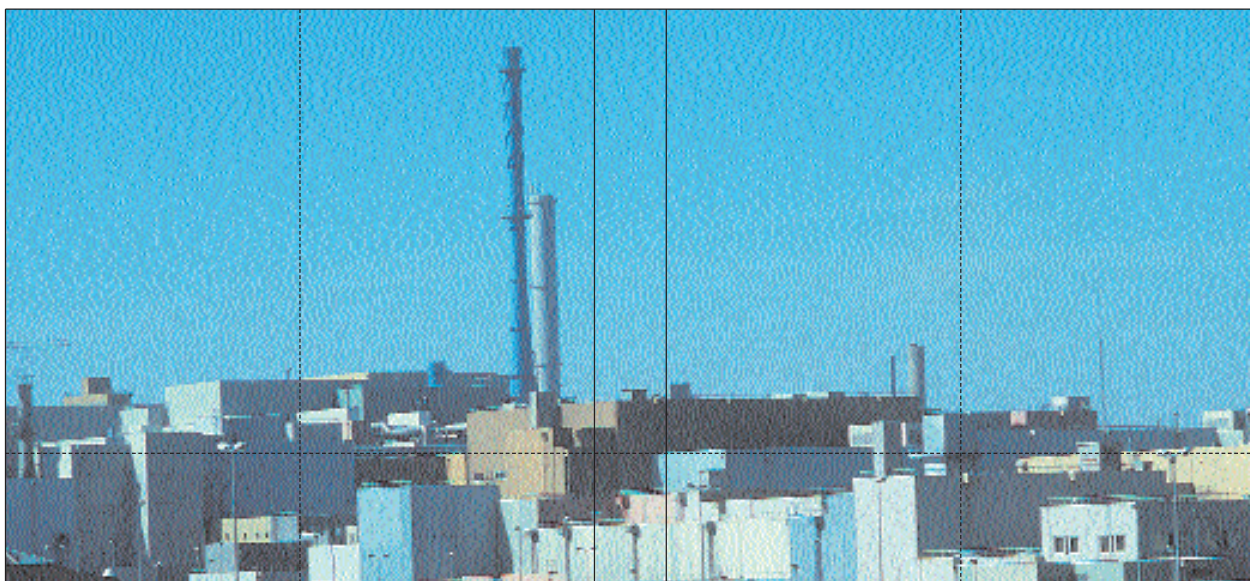
CINQ ANNÉES D'ANALYSE DE LA RADIOPROTECTION DANS LES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

Au cours des cinq dernières années, l'IPSN a porté une attention toute particulière sur la mise en œuvre de l'optimisation de la radioprotection dans les installations. La démarche suivie par les exploitants intègre les phases suivantes : l'estimation des expositions, l'identification des moyens d'action techniques et organisationnels, l'évaluation des coûts et autres contraintes (logistiques, sociales ou organisationnelles) associées à ces moyens d'action, l'analyse décisionnelle et, enfin, le suivi et l'évaluation *a posteriori* des solutions mises en œuvre. Cette démarche a été appliquée assez systématiquement aux chantiers de démantèlement par les exploitants, et elle s'étend à l'exploitation quotidienne des installations. Parallèlement, l'IPSN développe des méthodes lui permettant de mieux évaluer les pratiques associées et de les promouvoir dans l'ensemble des installations.

MINEURS D'URANIUM FRANÇAIS

Dans le cadre de l'étude épidémiologique des mineurs d'uranium français, le suivi de la cohorte initiale a été étendu aux mineurs embauchés après 1972, exclus de la première analyse, ce qui porte l'effectif de la cohorte totale à 5 098 mineurs suivis jusqu'à la fin de l'année 1994. Les analyses statistiques récentes confirment l'existence d'un excès de décès par cancer du poumon, dont le risque augmente avec l'exposition cumulée au radon. Cette étude s'inscrit dans un projet européen coordonné par l'IPSN, qui vise à améliorer la connaissance du risque de cancer associé à de faibles expositions chroniques au radon. En effet, la cohorte française, exposée sur une période moyenne de quatorze ans, a cumulé des expositions au radon largement inférieures à celles de la plupart des études étrangères. L'effectif important de cette cohorte permet de mieux décrire le risque de cancer pour des expositions annuelles faibles, d'autant plus que la qualité de la dosimétrie individuelle apporte plus de crédibilité à ce résultat.





Il existe différentes interactions entre les installations nucléaires et leur environnement. Connaître et expliquer la répartition des polluants radioactifs dans l'environnement, tel est l'objectif des recherches menées par l'**IPSN** dans ce domaine. Celles-ci portent actuellement sur différents milieux : radioécologie atmosphérique, radioécologie terrestre autour des installations, radioécologie marine...



LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

EXPERTISE DE L'IPSN DANS LE CADRE DU GROUPE RADIOÉCOLOGIE NORD-COTENTIN

En août 1997, la ministre de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement et le secrétaire d'État à la Santé ont décidé la création du «Groupe Radioécologie Nord-Cotentin» présidé par Annie Sugier, Directrice déléguée à la protection à l'IPSN. Ce Groupe avait pour mission principale d'estimer le risque de leucémie, pour les jeunes de 0 à 24 ans, sur une période déterminée de 1978 à 1996 autour du site de la Hague (dans le canton Beaumont-Hague), à partir de l'évaluation des expositions reçues du fait des différentes sources de rayonnements (naturels, diagnostic médical et installations industrielles nucléaires du Nord-Cotentin).

Un premier travail a consisté à dresser un inventaire des rejets de routine et incidentels, radioactifs, liquides et gazeux, effectués par les installations nucléaires implantées dans le Nord-Cotentin.

Plus de cinquante experts d'organismes de recherche, d'expertise et de contrôle (CNRS, IPSN, OPRI), des exploitants (EDF, COGEMA, ANDRA, Marine nationale), de la Commission spéciale d'information auprès de l'établissement de la Hague, de mouvements associatifs (ACRO, GSIEN, CRII-RAD) et d'instituts étrangers (NRPB britannique, BfS allemand, Office fédéral de radioprotection suisse) ont travaillé pendant près de deux ans au sein du Groupe.

Les transferts de contaminants radioactifs des sources de rejet à l'homme ont été estimés à l'aide de modèles reproduisant les principaux mécanismes de dispersion et de concentration des radionucléides dans l'environnement jusqu'à l'homme. Les valeurs des paramètres de transfert ont été ajustées aux conditions du site grâce à l'analyse statistique des données relatives aux activités des radionucléides mesurées dans l'environnement du Nord-Cotentin, fournies par neuf laboratoires. Ces données sont aujourd'hui disponibles sur un CD-Rom.

La confrontation des résultats fournis par les modèles avec ceux des mesures de terrain a permis de vérifier la validité des modèles retenus par le Groupe ou d'introduire parfois des facteurs correctifs pour tenir compte des particularités du site. Ainsi, les résultats des travaux de recherche menés par l'IPSN de 1997 à 1999 ont alimenté les réflexions du Groupe. On retiendra en particulier l'apport des études et recherches sur l'iode 129, le carbone 14 et le krypton 85. Certaines études ont été commanditées par le Groupe, comme celle sur les

teneurs en chlore 36 des différents indicateurs représentatifs de la chaîne alimentaire terrestre de l'environnement proche du site de la Hague.

Les doses à la moelle osseuse et le risque de leucémie qui en résulte pour les jeunes de 0 à 24 ans du canton de Beaumont-Hague du fait des rejets des installations industrielles nucléaires de la région et du fait des autres sources d'exposition, ont ensuite été calculés.

Il convenait tout d'abord de «reconstituer» le groupe de population («cohorte») concerné, puis de calculer les activités incorporées par l'organisme et l'exposition externe à partir des concentrations dans l'environnement,



en tenant compte des habitudes de vie, déterminées sur la base d'enquêtes locales (localisation géographique du groupe de population considéré, utilisation de l'environnement et consommation des produits alimentaires par ce même groupe). L'application de facteurs spécifiques permet de convertir ces activités en doses. Les facteurs retenus sont ceux dont l'utilisation est recommandée par les instances internationales ; ils n'ont pas fait l'objet d'une analyse critique du Groupe. Les habitudes de vie des individus de la cohorte, qui ont été choisis de manière à privilégier le réalisme, correspondent à des situations moyennes.

Le nombre de leucémies théoriquement attribuables à l'exposition aux rayonnements ionisants (risque radio-induit) a été calculé en utilisant comme hypothèse la relation dose/effet sans seuil.

Sur ces bases, le nombre de leucémies attribuables à une exposition homogène aux rejets des installations nucléaires des jeunes âgés de 0 à 24 ans du canton de Beaumont-Hague au cours de la période 1978-1996 a été estimé à 0,0014 cas. Ce nombre représente environ 0,2 % des cas attribuables à l'ensemble des sources d'exposition aux rayonnements ionisants. Ce résultat est

Ce Groupe avait pour mission principale d'estimer le risque de leucémie, pour les jeunes de 0 à 24 ans, sur une période déterminée de 1978 à 1996, autour du site de la Hague, à partir de l'évaluation des expositions reçues du fait des différentes sources de rayonnements.

une estimation moyenne et, à ce stade, les incertitudes associées n'ont pas été quantifiées. Un travail vient d'être entrepris afin de les évaluer.

L'outil de calcul développé par le Groupe constitue, à ce jour, en France, le moyen le plus complet pour évaluer rétrospectivement un impact en termes de risque de leucémie à partir de rejets radioactifs effectués sur une longue période.

L'étude a permis aussi de rassembler des compétences diverses existantes au sein de l'IPSN, dans des organismes étrangers et dans des associations de défense de l'environnement. Dans ces conditions, le Groupe a mis en évidence les points d'accord entre les experts et souligné les réserves de certains de ses membres, dès lors qu'une analyse d'incertitude n'a pas encore été réalisée, ainsi que le refus de la CRII-RAD d'approuver les travaux effectués.

Les recommandations émises par le Groupe concernant les besoins d'amélioration des connaissances pour la modélisation des transferts de radionucléides dans l'environnement constituent des sujets d'études, d'ores et déjà intégrés aux programmes de recherche de l'IPSN :

- amélioration des procédures de mesures dans l'environnement : ^{14}C , tritium lié, ^{129}I ... ;

- étude de la dispersion atmosphérique en champ proche, en particulier la distribution verticale des concentrations dans un panache ;

- quantification des transferts par les embruns et de leur part relative dans les dépôts ;

- modélisation du transport en mer des radionucléides associés aux particules ;

- prise en compte de contextes de multipollution ;

- quantification des incertitudes sur les paramètres des modèles pour les phénomènes de dispersion (atmosphérique et marine) et de transfert (facteur de concentration, Kd).

PRINCIPALES CONCLUSIONS DU PROGRAMME PEACE

Le programme européen PEACE était consacré à l'étude des conséquences sur l'environnement agricole d'une contamination radioactive émise dans l'atmosphère lors d'un accident nucléaire grave affectant une centrale de type REP. Dépassant la seule quantification des grandeurs radioécologiques traditionnelles (facteurs de transfert), ce programme visait à obtenir une meilleure compréhension des mécanismes qui régissent le



comportement des polluants radioactifs césium et strontium dans les sols et leurs transferts aux plantes, dans le but d'améliorer la précision des prédictions nécessaires en situation de crise ou post-accidentelle. Une modélisation mécaniste de la migration et de l'absorption racinaire a pu être confrontée aux résultats d'expérimentations originales réalisées dans une installation IPSN unique au monde, permettant de simuler une contamination radioactive dans des conditions contrôlées.

Les plantes se contaminent toutes plus en strontium qu'en césium par voie racinaire, mais avec des variations qui ne peuvent pas être appréhendées sur la base des

physiologie. En particulier, la prise en compte des cinétiques de croissance et de transpiration des plantes dans le modèle mécaniste de transfert développé permet désormais de mieux appréhender les variations de l'intensité des transferts observées.

LA GESTION DES SITES INDUSTRIELS CONTAMINÉS PAR DES SUBSTANCES RADIOACTIVES

Il existe en France, comme dans d'autres pays, un certain nombre de sites sur lesquels s'est exercée dans le passé



seules propriétés physico-chimiques de la matrice solide des sols. Le rôle complexe, mais essentiel, de la solution du sol a été identifié. Il s'agit du compartiment interface, dont la composition résulte de sa double interaction, avec la matrice solide du sol d'une part, et les surfaces absorbantes des racines d'autre part. C'est à travers leurs effets sur la composition chimique de la solution du sol, notamment en ions majeurs (K et Ca + Mg, respectivement compétiteurs du césium et du strontium), que le «type de sol», les pratiques agricoles, le temps et les conditions climatiques induisent une variabilité des facteurs de transfert. La migration verticale est réduite dans les sols agricoles minéraux. Les profils de pénétration en profondeur s'établissent très tôt après la contamination (moins d'un mois), ce qui suggère l'importance de l'état d'humectation du sol au moment du dépôt et des premières pluies. Ils demeurent similaires sur tous les sols étudiés, et sans différenciation marquée entre le césium et le strontium bien que leurs coefficients de distribution solide/liquide respectifs (K_d) soient très différents. La prédiction de la migration en profondeur ne peut donc se contenter d'une description des sols réduite au concept classique K_d . Enfin, le césium et le strontium pénétrant dans les racines par l'intermédiaire des systèmes de transport membranaire du K et du Ca, respectivement, leurs transferts à la plante sont aussi gouvernés par sa

une activité industrielle ou de recherche impliquant des substances radioactives. La présence résiduelle de radionucléides dans les sols et les bâtiments de ces sites peut entraîner une exposition des riverains et justifie parfois que des mesures d'assainissement des sites soient prises.

À la demande des ministères chargés de la Santé et de l'Environnement, l'IPSN a rédigé un guide méthodologique destiné à faciliter le choix d'une stratégie d'assainissement. Le but est de mettre à la disposition de l'ensemble des parties prenantes (administrations, élus, bureaux d'études, associations...) une méthode faisant l'objet d'un large consensus.

Le guide distingue plusieurs étapes. Les premières conduisent à prendre si nécessaire des mesures d'urgence puis à procéder à une évaluation simplifiée des risques. Celle-ci repose sur le calcul de l'impact dosimétrique, associé à divers scénarios génériques d'utilisation du site et de ses bâtiments (usage résidentiel du site, implantation de bureaux, etc.), couvrant la grande majorité des situations rencontrées en pratique. L'aide au choix de la stratégie d'assainissement consiste à recenser les techniques possibles (enlèvement des terres, confinement *in situ*, pose d'écrans, etc.), puis à les combiner selon les besoins. Il convient aussi de définir les filières d'entreposage ou de stockage des déchets éventuels.



Le choix de la stratégie appropriée se fait après examen de plusieurs variantes qui doivent être caractérisées sous divers aspects : la réduction de l'impact radiologique, les coûts, l'exposition des intervenants, les nuisances associées à la mise en œuvre de la stratégie, la stabilité des solutions techniques au cours du temps, la réversibilité de ces solutions, les besoins de surveillance institutionnelle et d'entretien du site.

Le guide met l'accent sur le fait que les étapes d'évaluation des risques et le choix de la stratégie d'assainissement nécessitent parfois une concertation étroite des parties prenantes. Celle-ci doit conduire à sélectionner une stratégie apte à concilier plusieurs préoccupations : la protection sanitaire des populations, la recherche d'une utilisation du site propre à favoriser le redéploiement économique et social de la communauté concernée, la maîtrise des ressources financières affectées à la réhabilitation, le fait que les servitudes éventuelles attachées à la stratégie et à l'utilisation convenues soient jugées acceptables par les populations locales en regard des perspectives ouvertes par la réhabilitation.



TRANSFERTS DES RADIONUCLÉIDES AU SEIN DES SYSTÈMES AQUATIQUES CONTINENTAUX DANS UN CONTEXTE DE MULTIPOLLUTION

Les micro-polluants métalliques et organiques induisent une contamination chronique de nombreux écosystèmes aquatiques et peuvent provoquer un stress chez les organismes qui y vivent. Quelle est l'incidence de cette altération sur la contamination de ces organismes par les polluants radioactifs ? Répondre à cette question doit permettre d'accroître le réalisme des modèles de simulation de la contamination radioactive des composantes biologiques des écosystèmes, et contribuer à préciser les limites d'utilisation des espèces sélectionnées comme bioindicateurs de radio-contamination.

ÉTUDE DU TRANSFERT DES ACTINIDES DANS L'ENVIRONNEMENT

L'étude bibliographique, menée pour préparer la prise en compte des transuraniens dans le code ASTRAL, montre que l'on dispose de facteurs de transfert racinaires, alors que subsistent des lacunes relatives aux transferts foliaires et à la rétention dans les sols agricoles. L'acquisition expérimentale de ces paramètres opérationnels s'effectuera à partir de 2000. Par ailleurs, l'étude de la biodisponibilité à long terme des transuraniens s'oriente vers l'investigation des phénomènes de sorption-désorption dans les sols cultivés et leur modélisation mécaniste.

INFLUENCE DES EAUX DE DÉGRADATION DES BÉTONS SUR LE COMPORTEMENT DU CÉSIMUM DANS LES SOLS

Cette étude, entreprise en 1997, porte sur l'influence de la composition des eaux de lixiviation de matrices en béton sur la migration des radioéléments dans le sol. Ces «eaux de béton» alcalines et fortement chargées en sodium et en potassium, changent la réactivité des éléments traces toxiques dans les sols. En leur présence, la fixation du césium est diminuée. Les mélanges les plus aptes à piéger le césium dans ces conditions sont ceux contenant des argiles ou de la dolomite. Ces premiers résultats ont permis de définir un plan d'expériences pour une étude dynamique en laboratoire.

LE RADON DANS LES ÉTABLISSEMENTS OUVERTS AU PUBLIC

Une circulaire interministérielle de janvier 1999 fixe les modalités de gestion du risque lié au radon dans les établissements ouverts au public (écoles, hôpitaux, etc.) : si l'activité volumique est, en moyenne annuelle, inférieure à 400 Bq. m⁻³, aucune action correctrice n'est demandée ; si elle est supérieure à 1000 Bq. m⁻³, la mise en œuvre d'actions correctrices est exigée ; enfin, entre 400 et 1000 Bq. m⁻³, «il est souhaitable d'entreprendre des actions correctrices simples».

L'IPSN peut offrir ses services pour effectuer les mesures du radon et les interpréter (diagnostic) ; il peut aussi proposer des actions correctrices. L'Institut est intervenu dans ce cadre à la demande des autorités locales, dans des écoles de la Creuse, de la Corrèze et du Finistère.

DISPERSION EN CHAMP PROCHE AUTOUR DE L'USINE DE LA HAGUE

L'IPSN a entrepris depuis juin 1997 une étude *in situ* de la dispersion atmosphérique des rejets d'effluents gazeux en champ proche autour de l'usine de retraitement de la Hague. En effet, le domaine d'application des modèles gaussiens classiquement utilisés ne permet pas leur utilisation dans le champ proche des installations pour des rejets réalisés à grande hauteur, comme c'est le cas à la Hague. Utilisant le krypton 85 comme traceur, cette étude menée par l'IPSN vise à déterminer la distribution horizontale et verticale du panache en fonction de la stabilité de l'atmosphère et de la distance par rapport au point de rejet. Les premiers essais concernant le vol d'un ballon captif équipé de matériels de mesure du krypton 85 ont été réalisés en 1999 pour étudier la dispersion verticale. L'objectif de cette étude est d'aboutir à une modélisation spécifique permettant d'étendre le domaine d'application des modèles de dispersion.

BILAN DES PREMIERS RÉSULTATS DU PROJET CAROL

Où se trouvent aujourd'hui les radionucléides artificiels introduits depuis près de cinquante ans dans le bassin versant du bas Rhône ? En quelles quantités ? Et quel est leur devenir ? Les premiers résultats du projet CAROL, destinés à répondre à ces questions, ont permis de mettre en évidence deux des principaux «réservoirs» de radionucléides : le sol et les sédiments du delta immergé du Rhône, en termes de répartition, de stock et de provenance. L'étude des flux de radionucléides véhiculés par le Rhône et ses canaux, ainsi que celle des flux anthropiques liés à l'agriculture, à l'élevage et l'industrie agroalimentaire dans son ensemble, se poursuivent.

ÉTUDE DE LA DISTRIBUTION DES RADIONUCLÉIDES DANS LES ALPES

Les niveaux significatifs de contamination des reliefs de l'est du territoire font des écosystèmes montagnards des «laboratoires naturels» pour l'étude *in situ* du comportement des radionucléides artificiels. Le premier objectif de cette étude est de contribuer à la connaissance des processus qui ont présidé à la concentration des radioéléments dans les sols, sous forme de «tâches». Sa première étape a consisté à réaliser une cartographie spatiale des dépôts, par une cartographie à l'échelle d'une «zone atelier» situé dans un petit bassin versant du massif du Mercantour.



MÉSOCOSME : ÉTUDE *IN SITU* DES MÉCANISMES DE TRANSFERT DANS UN ÉCOSYSTÈME MARIN

Le projet MISCO, mené en collaboration avec le Centre océanologique de Marseille (COM), s'appuie sur la mise en place d'un dispositif expérimental original par son lieu et par sa taille : le mésocosme. Il s'agit d'isoler par une enceinte souple, délimitant un volume de 100 m³ d'eau de mer, une chaîne trophique simplifiée pour déterminer de manière réaliste les facteurs de transfert des radionucléides obtenus en laboratoire. Ce dispositif permet une approche globale des mécanismes de transfert dans l'écosystème côtier dans des conditions

proches de celles du milieu naturel, mais en limitant l'extrême variabilité de certaines conditions du milieu. Les premiers résultats de l'expérience MISCO 99, qui s'est déroulée en juin dernier sur le littoral méditerranéen dans une zone sous influence des apports de Rhône (golfe de Fos-sur-Mer), montrent l'importance du stock de radionucléides artificiels dans les sédiments pour l'étude de la biodisponibilité des radionucléides.

ACCREDITATION COFRAC POUR LES MESURES DANS L'ENVIRONNEMENT

Le laboratoire de mesure de la radioactivité de l'environnement de l'IPSN a été accrédité par le Comité français d'accréditation (COFRAC) pour les programmes 135 et 99-4. Ceux-ci couvrent l'ensemble des mesures de radioactivité réalisées sur des échantillons de l'environnement et des aliments destinés à l'homme ou aux animaux. Les accréditations portent plus précisément sur les mesures obtenues par spectrométrie alpha (transuraniens), gamma, comptage proportionnel (^{90}Sr) et scintillation liquide (^3H et ^{14}C) aux plus bas niveaux de concentration possibles.

SPECTROMÉTRIE GAMMA EN LABORATOIRE SOUTERRAIN

La chaîne de spectrométrie gamma de l'IPSN, installée dans le laboratoire souterrain de Modane, situé dans le tunnel du Fréjus, est opérationnelle pour la mesure des très faibles concentrations de radioactivité. Cette installation permet, par exemple, de quantifier le krypton 85 par mesure directe à des niveaux de concentration inférieure à 100 Bq. m^{-3} , valeur plus de 10 fois inférieure aux valeurs accessibles par une installation équivalente dans un laboratoire de surface. Dans le cas des aérosols, les limites de détection du césium 137 sont 3 à 4 fois plus faibles qu'avec un système classique équipé d'un veto cosmique (système permettant d'éliminer la composante cosmique).

ÉTALONNAGE DES DOSIMÈTRES DU RADON

Dans son installation expérimentale BACCARA, l'IPSN a réalisé l'étalonnage de différents dosimètres du radon suivant la procédure développée pour ces mesures. Les essais consistent à déterminer l'écart entre une valeur de référence et la valeur indiquée par le dosimètre testé. La valeur de référence est issue d'un étalon primaire de radon 222 nouvellement développé au CEA à partir d'une méthode de mesure absolue de l'activité du radon 222 lui-même. Ces essais, qui ont porté sur un moniteur «alphaGUARD» mesurant l'activité volumique en ^{222}Rn moyennée sur une heure et sur neuf dosimètres qui évaluent l'activité volumique moyenne, ont démontré la faisabilité de tels étalonnages.

PARTICIPATION À UNE EXPÉRIENCE DE MIGRATION DES GAZ DANS LE SOL AUTOUR DU BARRAGE DE ROSELEND

Dans le cadre de ses recherches sur la migration des gaz dans le sol, l'IPSN participe à une expérience originale conduite par le laboratoire de détection et de géophysique du CEA autour du lac-réservoir de Roselend (Savoie). Les premiers résultats ont été publiés en 1999 dans la revue *Nature* ; ils mettent en évidence une corrélation entre les déformations de la croûte terrestre et la concentration du radon dans l'atmosphère d'une galerie creusée au voisinage du lac. Cette expérience apporte des données tout à fait nouvelles sur les mécanismes de migration des fluides autour d'une cavité souterraine et sur d'éventuels signaux précurseurs de séismes.

ÉTUDES ET INFORMATION SUR LES SÉISMES : EXEMPLE DE GRENOBLE

Le bureau d'évaluation des risques sismiques de la sûreté des installations nucléaires de l'IPSN et le Laboratoire de Géophysique interne et de Tectonophysique de l'université de Grenoble (LGIT) ont réalisé en novembre 1999 un forage expérimental profond (540 mètres) dans la commune de Montbonnot, au nord du campus universitaire de Grenoble. Ce forage fait partie d'un programme scientifique que le LGIT et l'IPSN développent ensemble depuis 1997. Le but est de modéliser l'amplification des secousses sismiques régulièrement constatée dans la vallée et dans la ville de Grenoble.





Qu'il s'agisse d'améliorer la sûreté des installations nucléaires, la protection de l'homme et de l'environnement, le contrôle des matières sensibles, toutes les activités de l'**IPSN** sont menées dans un contexte international. L'Institut a renforcé le partenariat qu'il développe depuis plus de dix ans avec son homologue allemand, la GRS. Ensemble, ils ont lancé en 1999, à Paris, les journées «EUROSAFE».



LES ACTIVITÉS INTERNATIONALES

**LES CONTRIBUTIONS DE L'IPSN À UNE AMÉLIORATION
INTERNATIONALE DE LA SÛRETÉ ET DE LA PROTECTION
DANS LE DOMAINE NUCLÉAIRE**

ASSISTANCE AUX PAYS D'EUROPE DE L'EST

La sûreté des installations nucléaires des pays d'Europe de l'Est est un sujet majeur de la coopération internationale développée par l'IPSN en matière d'expertise de sûreté. L'objectif poursuivi est de contribuer, au travers de collaborations concrètes, à l'amélioration du niveau de sûreté des installations, de même qu'au renforcement des autorités de sûreté de ces pays et de leurs appuis techniques.

Cette coopération, menée en partenariat avec la GRS et en collaboration étroite avec les autres organismes techniques de sûreté européens, porte principalement sur :

- la mise en place ou le développement du cadre réglementaire propre au secteur nucléaire dans les pays concernés ;
- le transfert et la formation à l'utilisation d'outils d'évaluation de sûreté ;
- la réalisation d'évaluations de sûreté.

Ces évaluations peuvent concerner, suivant l'état d'avancement des projets, la définition d'objectifs ou d'exigences de sûreté, la détermination de points faibles à corriger, l'évaluation de programmes d'amélioration, l'analyse et l'évaluation des solutions détaillées proposées.

Cette coopération est réalisée principalement dans le cadre des programmes PHARE et TACIS de la Commission européenne et, plus récemment, des projets de la Banque européenne de reconstruction et de développement (BERD).

Dans ce cadre, l'IPSN a pris part, en 1999, à la mise en œuvre d'une vingtaine de projets, parmi lesquels on peut citer :

- l'assistance au développement de la réglementation et à la constitution de dossiers de sûreté en Ukraine
- En collaboration avec l'autorité réglementaire de sûreté ukrainienne, l'IPSN a contribué à définir les axes de renforcement de la base réglementaire existante en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection.

Sept programmes ont été bâtis, concernant aussi bien les normes et règles de sûreté, les procédures et la formation de l'autorité de sûreté que son action en matière de protection du personnel et de surveillance de l'environnement. L'IPSN est plus particulièrement en charge des volets relatifs à la qualification et au classement des équipements, ainsi qu'à l'analyse des procédures ukrainiennes d'autorisation pour la modernisation des réacteurs en exploitation. Trois séminaires ont été organisés en 1999 pour, d'une part, illustrer les pratiques

allemandes, finlandaises, françaises et néerlandaises en matière de qualification et, d'autre part, renforcer à partir de l'expérience française, les bases réglementaires ukrainiennes concernant les systèmes de contrôle-commande.

- le transfert et la formation à l'utilisation de codes de calcul

Le transfert de codes de calcul d'accidents de l'IPSN et de la GRS aux appuis techniques de l'autorité de sûreté russe et leur formation à l'utilisation de ces outils de calcul ont démarré fin 1998 en Russie et se poursuivront pendant plus de deux ans. Pour l'IPSN, les codes de calcul concernés sont CATHARE, ICARE et ESCADRE.

- la participation à l'évaluation de la sûreté de la centrale nucléaire de Mochovce en Slovaquie
- Dans le cadre d'un projet PHARE relatif à l'évaluation de la sûreté de la centrale de Mochovce, l'IPSN a poursuivi, au cours de l'année 1999, l'examen des améliorations de sûreté apportées à la tranche 1. Celui-ci a porté plus particulièrement sur la conception des systèmes, ainsi que sur l'analyse des risques d'agressions internes et externes.

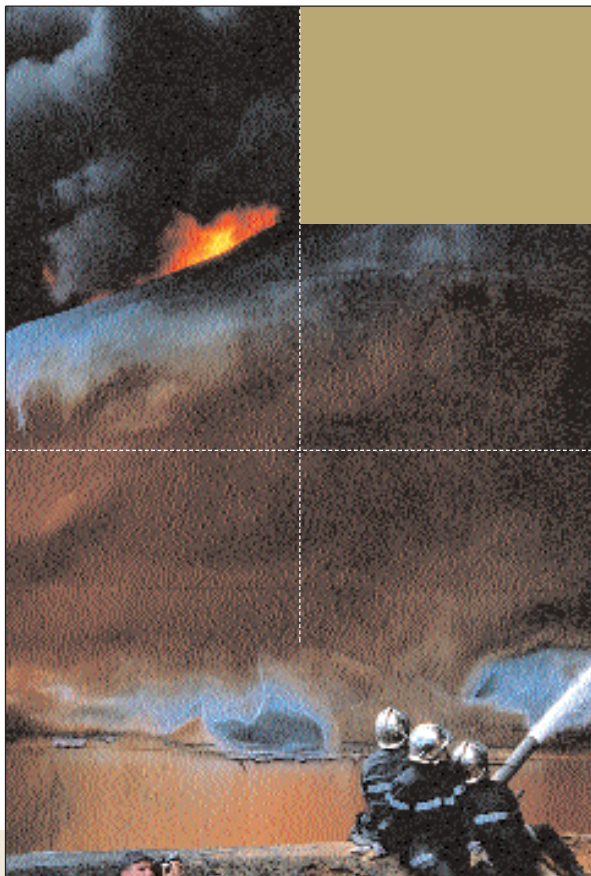
- la réduction des risques présentés par l'actuel «sarcophage» de Tchernobyl

Un programme d'actions sur une dizaine d'années visant à réduire les risques présentés par l'actuel «sarcophage», a été défini en 1997 par un groupe d'experts internationaux. Il comprend vingt-deux tâches ayant pour objectifs la réduction des risques d'effondrement du «sarcophage» et des conséquences d'un tel effondrement, l'amélioration de la surveillance des matières nucléaires encore présentes, le renforcement de la sécurité du personnel et la définition d'une stratégie pour le devenir à long terme du «sarcophage».

Ce programme a fait l'objet d'une analyse par l'IPSN et la GRS. Depuis 1998, en association avec la société américaine Scienteck, ils assurent une mission de consultant auprès de l'autorité de sûreté ukrainienne sur la planification des actions techniques et réglementaires et sur le suivi des évaluations de sûreté. En 1999, celle-ci a notamment porté sur les travaux de conformité de la structure du «sarcophage».

- l'assistance à l'autorité de sûreté ukrainienne dans les activités liées à l'arrêt définitif de la centrale de Tchernobyl

Dans le cadre d'un projet TACIS concernant la préparation de la mise à l'arrêt définitif de la centrale de Tchernobyl, l'IPSN participe depuis début 1999 à l'examen des cinq installations destinées au traitement et au stockage des combustibles usés, des effluents radioactifs et des déchets.



• *L'analyse des améliorations proposées*

pour la tranche 2 de Medzamor en Arménie

Dans le cadre d'un contrat TACIS «2 + 2» qui associe l'autorité de sûreté arménienne (ANRA) et Riskaudit, l'exploitant arménien et l'électricien ENEL, l'IPSN, en collaboration avec la GRS, a apporté son soutien à l'ANRA pour l'octroi des autorisations d'implantation des améliorations de sûreté de l'unité 2 de Medzamor. Au-delà de l'aide à la décision, cette action est organisée pour permettre un transfert de pratiques en matière d'expertise de sûreté.

• *L'évaluation des risques d'incendie*

Dans le cadre d'un contrat TACIS piloté par l'IPSN, une assistance est apportée à l'autorité de sûreté russe pour l'évaluation de l'EPS incendie développée par les appuis techniques de l'exploitant pour la tranche 4 de Balakovo.

Sur la base de cet exemple concret, l'IPSN et ses partenaires assistent l'autorité de sûreté russe dans l'élaboration d'un guide pratique d'évaluation des risques d'incendie tenant compte des approches suivies en Europe de l'Ouest.

Le projet, démarré en 1998, se terminera au premier trimestre 2000.

• *L'assistance à l'autorité de sûreté lituanienne (VATESI) pour le «licensing» de la tranche 1 d'Ignalina*

Dans le cadre d'un contrat PHARE, une assistance est apportée à l'autorité de sûreté lituanienne dans l'application des recommandations qui ont résulté de l'évaluation de sûreté de la centrale. L'IPSN a participé à la revue de sûreté du système de confinement du réacteur, du système DAZ (mesures compensatoires du système de contrôle et de protection) et du système de refroidissement du cœur.

• **COOPÉRATION AVEC LA CHINE**

Un accord de coopération a été signé avec l'autorité de sûreté chinoise et son support technique (Centre de sûreté nucléaire de Pékin) en vue d'organiser des échanges techniques portant sur les méthodes d'analyse des incidents significatifs et les enseignements tirés de l'exploitation des réacteurs à eau sous pression. Dans ce cadre, l'Institut accueille un représentant du Centre de sûreté nucléaire de Pékin depuis septembre 1999 pour une durée d'un an.

Par ailleurs, des échanges d'information ont eu lieu entre l'IPSN, l'autorité de sûreté chinoise et son appui technique, sur le bogue de l'an 2000. Cette coopération s'est concrétisée par la présence d'un ingénieur de

l'IPSN, accompagné d'un représentant local de l'autorité de sûreté chinoise, à la centrale nucléaire de Daya Bay (province de Guangdong) pendant la nuit du 31 décembre 1999 au 1^{er} janvier 2000 ; cet ingénieur est resté en liaison permanente avec le Centre technique de crise de l'IPSN. L'objectif était d'obtenir des informations sur le fonctionnement des deux réacteurs de la centrale de Daya Bay, de conception française, lors du passage à l'an 2000, qui a eu lieu en Chine sept heures avant la France.

Enfin, l'IPSN a signé un accord de coopération avec l'autorité de sûreté chinoise, accompagnée de son appui technique, portant sur des échanges relatifs à l'allongement à 18 mois du cycle de fonctionnement des tranches de Daya Bay.

Ce projet tient compte de l'expérience acquise par l'IPSN, notamment des nouvelles méthodes d'étude développées pour l'analyse de l'allongement des cycles de fonctionnement des tranches françaises de 900 MWe (Fessenheim et Bugey) et de 1 300 MWe, ainsi que de l'augmentation du taux de combustion.

• **COOPÉRATION INTERNATIONALE SUR LES MÉTHODES ET OUTILS POUR LA GESTION DE CRISE**

En matière de méthodes et d'outils de gestion de crise, l'originalité de la démarche développée en France pour prévoir les rejets envisageables de façon à mettre



en œuvre suffisamment tôt des mesures de protection des populations, a séduit plusieurs organismes étrangers. Ceci a conduit l'IPSN à développer, depuis quelques années, des activités internationales dans le cadre d'accords de coopération ou de contrats bilatéraux (Japon, Chine, Arménie...) et de contrats européens financés par la Commission européenne (PHARE, RODOS).

Les objectifs poursuivis sont la valorisation internationale des travaux menés par l'Institut pour l'amélioration de la gestion d'une crise, l'assistance aux pays demandeurs et l'harmonisation des différentes approches retenues au niveau européen.

Dans un premier temps, c'est pour les réacteurs de type VVER-440/213 qu'ont été adaptés la méthode 3D/3P¹ et l'outil SÉSAME², utilisés pour l'estimation des rejets envisageables hors de l'installation. L'outil SÉSAME-VVER est employé en Hongrie et en Slovaquie. Les règles de fonctionnement d'un club des utilisateurs SÉSAME ont été définies, et une première réunion de cette instance devrait se tenir courant 2000.

Dans le cadre du 4^e programme de recherche et développement financé à 50 % par la Commission européenne, l'IPSN, compte tenu de ses compétences

dans le domaine de la gestion de crise, a été chargé de coordonner entre 1997 et 1999 un projet de développement d'un outil de crise permettant l'estimation des rejets en cas d'accident affectant un réacteur électrogène européen. Le système STEPS, fondé sur les principes de développement de SÉSAME, traite des réacteurs à eau pressurisée et à eau bouillante. Il a été élaboré avec la collaboration d'organismes finlandais (VTT, STUK), allemand (FzK) et suisse (ETHZ).

1. Triple diagnostic / triple pronostic.
2. Schéma d'évolution des situations accidentelles et méthodes d'évaluation.

• **COLLABORATION INTERNATIONALE CONCERNANT LES CODES D'ACCIDENT GRAVE DE L'IPSN**

Parmi les actions de valorisation à l'étranger des codes développés par l'IPSN, l'année 1999 a été principalement marquée par :

- l'organisation en mars d'un séminaire international ICARE, qui a rassemblé dix-huit organismes étrangers utilisateurs et a permis de définir les bases d'un programme international de validation du code ;
- l'engagement de quatorze partenaires européens, comprenant des organismes de sûreté, des organismes de recherche et développement et des industriels, à participer à la qualification du système de codes intégré franco-allemand ASTEC. Cette action bénéficie d'un financement de l'Union européenne.

En outre, des améliorations importantes des modèles retenus dans les codes de l'IPSN ont été apportées par AEA-Technology (Royaume-Uni), l'université de Toronto, le centre de recherche d'ISPR (EURATOM) et IBRAE (Russie), concernant le comportement des produits de fission et les mécanismes de dégradation du cœur. La qualification physique de ces outils bénéficie de nombreuses collaborations internationales, parmi lesquelles on peut citer les travaux de partenaires d'Europe centrale et d'Europe de l'Est concourant à étendre la validité des outils de l'IPSN aux réacteurs de type VVER : l'institut Kurtchatov (Russie), VUJE (Slovaquie), AEKI (Hongrie), NRI (République tchèque).

**EXTENSION DES COOPÉRATIONS AVEC LE JAPON
DANS LES DOMAINES DE LA RADIOPROTECTION
ET DE LA RADIOÉCOLOGIE**

Les analogies des programmes nucléaires japonais et français renforcent l'intérêt d'une collaboration approfondie en matière de protection de la santé de l'homme et de l'environnement entre les organismes de recherche et d'expertise concernés des deux pays. Au-delà de la reconnaissance mutuelle entre cher-

cheurs au travers des publications et des conférences, l'IPSN et ses partenaires japonais ont entrepris en 1999 plusieurs missions exploratoires dans les domaines de la radioprotection, particulièrement en dosimétrie, et de la radioécologie.

Le premier objectif visé est de développer le partage d'expérience (échantillonnage, mesure, modélisation...) afin de tirer profit des domaines d'excellence mis en évidence de part et d'autre et de contribuer ainsi à l'amélioration constante de l'expertise.

EXERCICES EN RUSSIE ET EN ARMÉNIE

Tout au long de l'année 1999, l'IPSN, en collaboration avec l'IBRAE (Russie), a assisté l'ANRA, l'autorité de sûreté nucléaire arménienne, pour l'organisation et la réalisation du premier exercice de sécurité nucléaire en Arménie.

Le scénario accidentel retenu était la rupture de tubes de générateur de vapeur de la centrale de Medzamor, située à 25 km à l'ouest de Yerevan, rupture qui conduisait à des rejets simulés de produits radioactifs dans l'environnement.

Les objectifs de l'exercice, qui s'est déroulé les 6 et 7 septembre 1999, concernaient la notification de l'accident et les procédures de transmission de l'alerte entre les différents départements ministériels impliqués, ainsi que leurs responsabilités respectives dans l'établissement et la mise en œuvre des plans d'urgence.

Par ailleurs, l'IPSN a été invité comme observateur à un exercice de crise organisé par le ministère russe de l'Énergie atomique (MINATOM) dans la région de Tchéliabinsk (sud-est de l'Oural). Le thème de l'exercice était un accident de transport de sources radioactives ; l'exercice a eu lieu en octobre 1999.

MISE EN PLACE DU CONTRÔLE NATIONAL Russe DES MATIÈRES NUCLÉAIRES : APPORT DE L'IPSN

Dans le cadre d'un projet européen TACIS, un contrat de collaboration a été élaboré en 1999 entre le centre de recherche d'ISPRA et l'IPSN. Ce projet vise à aider la Russie à mettre en place un système de contrôle national des matières nucléaires. Il prévoit plus spécifiquement d'apporter à la Russie des recommandations pour l'établissement d'une stratégie de production de l'instrumentation nécessaire pour ce contrôle. Le travail comportera plusieurs phases, notamment la comparaison des réglementations russes et françaises et une étude spécifique du contrôle d'un type d'installation. L'étude sera faite en insistant sur l'apport de l'instrumentation. L'IPSN a été choisi pour ce travail compte tenu de sa grande expérience dans ce domaine.

COLLABORATION AVEC LE MEDICAL RADIOLOGICAL RESEARCH CENTER

L'IPSN et le Medical Radiological Research Center d'Obninsk (Russie) ont signé un accord de collaboration sur les thèmes suivants :

- dosimétrie individuelle des habitants d'un village de la région la plus contaminée de Russie ;
- dosimétrie biologique rétrospective de victimes d'accidents de réacteurs dans les sous-marins ;
- création d'une banque de données médicales et dosimétriques de personnes irradiées accidentellement ;
- faisabilité d'étude de morbidité et mortalité par cancer de travailleurs d'entreprises de l'énergie nucléaire vivant à Obninsk.

ACCIDENT DE SOURCE EN TURQUIE

Fin 1998, en Turquie, deux conteneurs de sources de cobalt 60 à usage médical devant être réformés ont été vendus par erreur à des ferrailleurs d'Istanbul. L'irradiation accidentelle due à leur démantèlement a touché une dizaine de personnes et n'a été diagnostiquée comme telle qu'un mois plus tard. Trois pays européens, l'Angleterre, la Hollande et la France (IPSN), ont aidé les Turcs à la reconstitution biologique des doses et poursuivront le suivi cytogénétique de ces victimes pendant au moins deux ans.



MESURE DES NEUTRONS À LA CENTRALE DE VANDELLOS 2

Dans le cadre du contrat de collaboration signé en 1999 par l'IPSN et l'université autonome de Barcelone, l'Institut est intervenu à l'intérieur de la centrale de Vandellos 2 (PWR de 1004 MWe située à 130 km de Barcelone) pour une expertise concernant l'évaluation des doses individuelles dues aux neutrons. Une première phase de travail a permis de définir les moyens de mesures dosimétriques à mettre en œuvre, l'objectif final étant d'établir une cartographie du champ de rayonnements dans le bâtiment réacteur en cours de fonctionnement.



INTERCOMPARAISON EUROPÉENNE EN DOSIMÉTRIE DES NEUTRONS (DPHD)

La phase finale du projet européen «Advanced Methods of Active Neutron Dosimetry» comportait une intercomparaison des dosimètres individuels de neutrons développés dans ce cadre. Neuf dosimètres, étudiés dans six laboratoires européens, ont été testés grâce à l'installation CANEL, à Cadarache, dans des champs de neutrons «réalistes» simulant des postes de travail. Le dosimètre de l'IPSN qui en faisait partie est aujourd'hui en cours d'industrialisation.

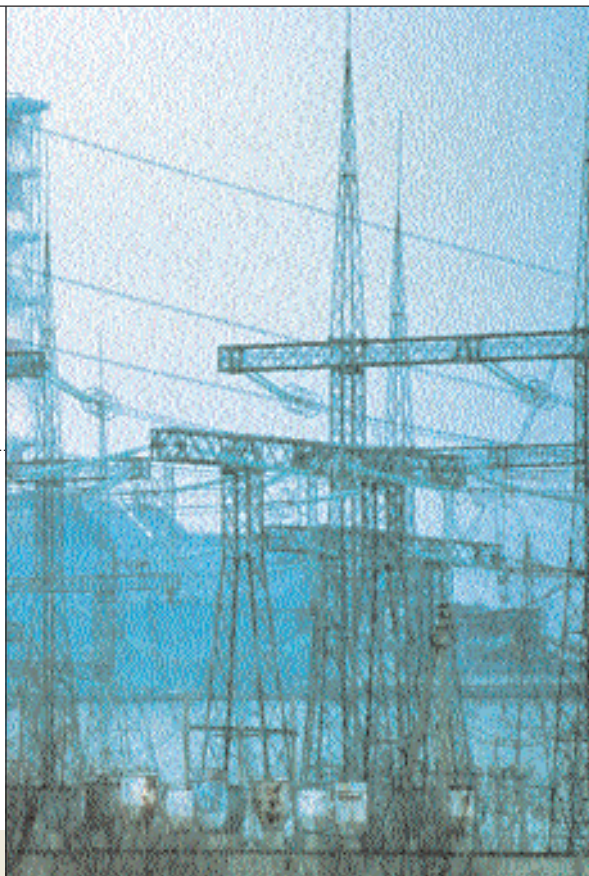
INTERCOMPARAISON INTERNATIONALE DU DOSAGE DE L'URANIUM

Chaque année, l'IPSN organise un exercice international d'intercomparaison du dosage en masse et par activité, de l'uranium dans les urines.

L'organisation concerne la collecte et le contrôle d'un volume de 200 litres d'urines, sa répartition dans des flacons de 500 ml, la surcharge en uranium, le contrôle de chaque flacon, l'envoi aux laboratoires inscrits et, enfin, l'exploitation et la présentation des résultats.

Quarante-quatre laboratoires de treize pays étaient inscrits en 1999.

Ces exercices d'intercomparaison sont l'occasion de faire le point sur l'évolution des techniques d'analyses.



PARTICIPATION AUX PROGRAMMES DE L'UNION EUROPÉENNE

L'IPSN est impliqué dans plusieurs projets retenus par la Commission européenne au titre du 5^e programme cadre de Recherche et Développement sur les accidents graves des réacteurs à eau avec, notamment, la coordination des projets COLOSS et ENTHALPY. Dans COLOSS, dédié à la dégradation du cœur, figurent les premiers essais MADRAGUE sur les crayons de carbure de bore et combustible, ainsi que les diverses applications des codes ASTEC et ICARE/CATHARE. Le projet ENTHALPY, quant à lui est dédié à l'extension et à la validation de la base de données thermodynamiques du corium TDBCR. En outre, l'IPSN est fortement engagé dans le projet EVITA, coordonné par la GRS, sur la validation du code intégré franco-allemand ASTEC.



LE DÉVELOPPEMENT DE LA COOPÉRATION IPSN-GRS

PARTENARIAT IPSN-GRS

Depuis la signature en juillet 1998 du nouvel accord de coopération entre l'IPSN et la GRS, la structure commune «Directorate» réunissant les directions des deux organismes, a poursuivi son rôle de coordination et d'harmonisation des stratégies respectives, afin de faire progresser le pôle technique franco-allemand en sûreté nucléaire.

Dans ce cadre, un accent particulier est mis sur les activités d'évaluation de sûreté et de définition des

programmes de recherche, ainsi que sur le renforcement des actions communes. Un pas nouveau a été franchi en 1999 avec la signature d'une convention destinée à faciliter les échanges de personnel scientifique et technique.

Enfin, l'IPSN et la GRS font de la convergence des pratiques de sûreté en Europe l'un de leurs objectifs en matière de collaboration avec les autres organismes techniques de sûreté européens. L'organisation du forum annuel «EUROSAFE» et le soutien à la création, à terme, d'un club de partenaires européens, s'inscrivent dans cette démarche.

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 des deux pays en 1996. Ce projet de six millions d'euros, financé par les pouvoirs publics français et allemands, 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 dans les domaines de la sûreté du sarcophage, des transferts de radioéléments dans l'environnement et de la santé des populations. Aujourd'hui, trente-trois sous-projets dans les trois domaines présentés sont en cours de mise en œuvre et commencent à fournir des résultats concrets. En juin 1999, une première version de la base de données sur le sarcophage a été transmise au Centre de Tchernobyl. Elle devrait permettre d'améliorer l'estimation des risques radiologiques à l'intérieur et aux abords du bâtiment et contribuer à la réalisation du projet «Shelter implementation plan» (SIP), géré par la BERD, qui vise à réduire les risques présentés par l'actuel sarcophage de Tchernobyl.

EUROSAFE 99

L'IPSN et la GRS ont conjointement organisé à Paris, les 18 et 19 novembre 1999, le premier forum européen EUROSAFE sur la sûreté des installations nucléaires et la gestion des déchets radioactifs. Ces journées à caractère scientifique et technique ont regroupé près de 500 experts, chercheurs et décideurs de l'Union européenne, de Suisse, des pays d'Europe de l'Est et des organisations internationales. Destinées à favoriser la convergence des pratiques techniques de sûreté en Europe, elles ont permis de débattre des principales questions en matière de sûreté nucléaire et de présenter les derniers résultats de travaux menés dans différents pays européens. Les prochaines journées auront lieu à Cologne, les 6 et 7 novembre 2000.

DÉVELOPPEMENT ET VALIDATION DU CODE DE CALCUL ASTEC

Le développement par l'IPSN et la GRS du système intégré de codes d'accident grave ASTEC a été particulièrement actif en 1999 avec, d'une part, une consolidation de la première version dite V0 et, d'autre part, d'élaboration des spécifications de la prochaine version dite V1. ASTEC V1 permettra de simuler l'accident depuis son début et sera caractérisé par une amélioration du traitement de la dégradation du cœur fondé, notamment, sur les modèles du code ICARE2.

SÛRETÉ DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES D'EUROPE DE L'EST

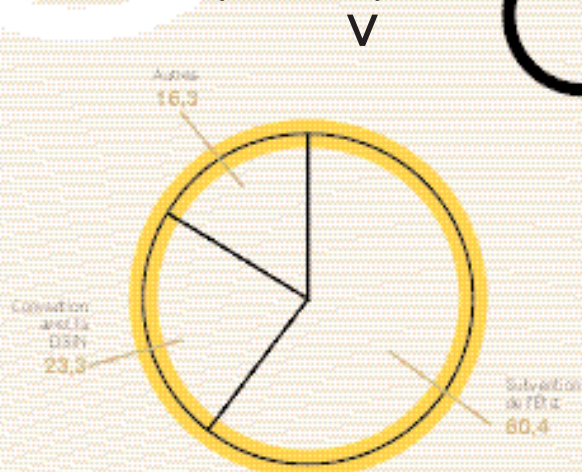
Réalisées au bénéfice des autorités de sûreté des pays d'Europe de l'Est et de leurs appuis techniques, les actions de l'IPSN et de la GRS concernant la sûreté des installations nucléaires dans ces pays s'inscrivent dans le cadre des programmes européens PHARE et TACIS et des projets de la BERD. Elles sont marquées par une forte collaboration avec d'autres organismes techniques de sûreté européens. En 1999, l'IPSN et la GRS ont pris part à la mise en œuvre d'une vingtaine de ces projets.

PROGRAMME EPR

Dans le cadre de la définition des orientations à retenir pour la sûreté des réacteurs à eau sous pression du futur, l'IPSN et la GRS ont continué à élaborer ensemble, des rapports d'évaluation concernant le projet de réacteur franco-allemand EPR. Cette collaboration a porté en particulier sur les dispositions de conception à adopter pour les effluents et les déchets, les situations à l'arrêt, les accidents graves, la fiabilité de l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur et du refroidissement de la piscine de désactivation du combustible usé. Les propositions de codes techniques, relatifs aux divers types d'équipements (mécaniques, électriques, contrôle-commande, protection contre l'incendie, génie civil, manutention et ventilation), ont également fait l'objet d'un examen commun.



BUDGET 1999 RÉALISÉ : ORIGINE DES RESSOURCES (EN POURCENTAGE)



LE BUDGET

L'IPSN dispose d'un budget annuel d'environ 1,5 milliard de francs, financé à 60 % par une subvention de l'État et à 40 % par des recettes externes, dont la plus importante vient d'une convention annuelle signée avec la Direction de la sûreté des installations nucléaires (DSIN).

UN SOLDE D'EXÉCUTION 1999 PROCHE DE L'ÉQUILIBRE

Avec - 1,1 MF, le solde d'exécution 1999 est très proche de l'équilibre. Il intègre le report négatif des exercices précédents (- 3,8MF).

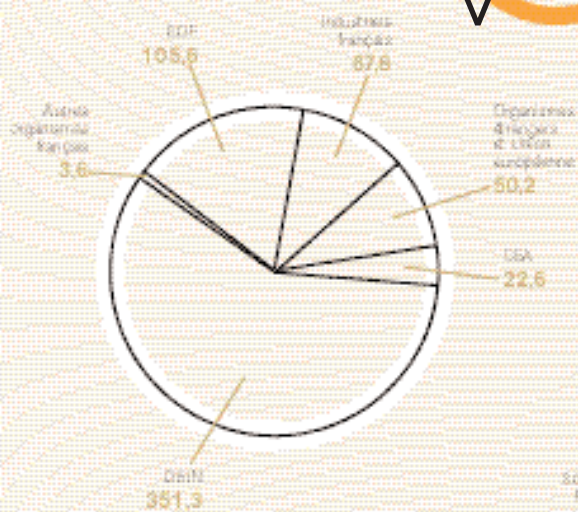
Ce résultat a été obtenu grâce à une bonne maîtrise des dépenses, malgré une croissance faible des ressources de l'Institut (+ 0,7 %), due à une réduction des prestations assurées pour le compte d'EDF et une baisse conjoncturelle des recettes en provenance des organismes étrangers.

LES FAITS MARQUANTS DE L'EXÉCUTION 1999

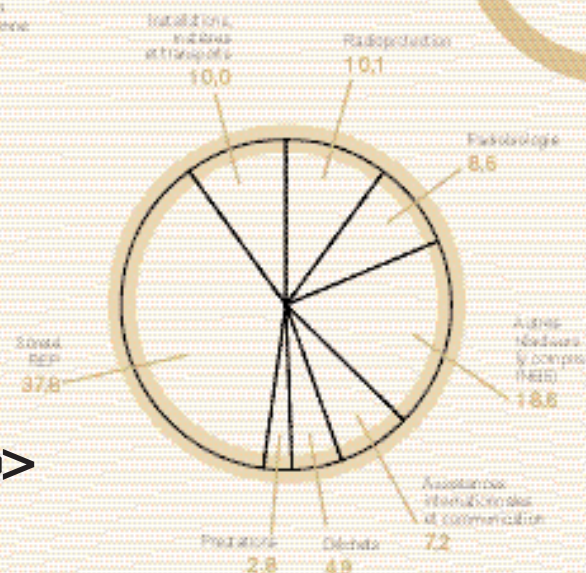
Les ressources recettes de l'IPSN en 1999 ont dépassé les 1 500 MF. Les postes les plus importants sont la subvention de l'État (910,4 MF), la convention avec la DSIN (351,3 MF) et les recettes générées par des participations aux programmes d'études et de recherches de l'Institut (154,5 MF). Par rapport à 1998, les augmentations de la subvention de l'État (+ 2,2 %) et de la convention avec la DSIN (+ 2,3 %) ont connu une évolution plus dynamique que celles des participations des autres partenaires.

En matière de dépenses, le poste le plus important est celui des frais de personnel (510 MF), en très légère progression par rapport à 1998 (+ 0,7 %), mais en net retrait par rapport aux prévisions initiales du fait du sous-effectif de l'Institut par rapport à son objectif. Les redéploiements opérés en conséquence, ont permis de financer un recours accru à la sous-traitance d'ingénierie et les premières dépenses de préparation de la séparation de l'IPSN et du CEA. Les investissements sont en retrait par rapport à la prévision initiale en raison du démarrage tardif du projet «boucle à eau».

**RECETTES DE L'IPSN HORS SUBVENTION
DE L'ÉTAT EN 1999 (EN MILLIONS DE FRANCS)**



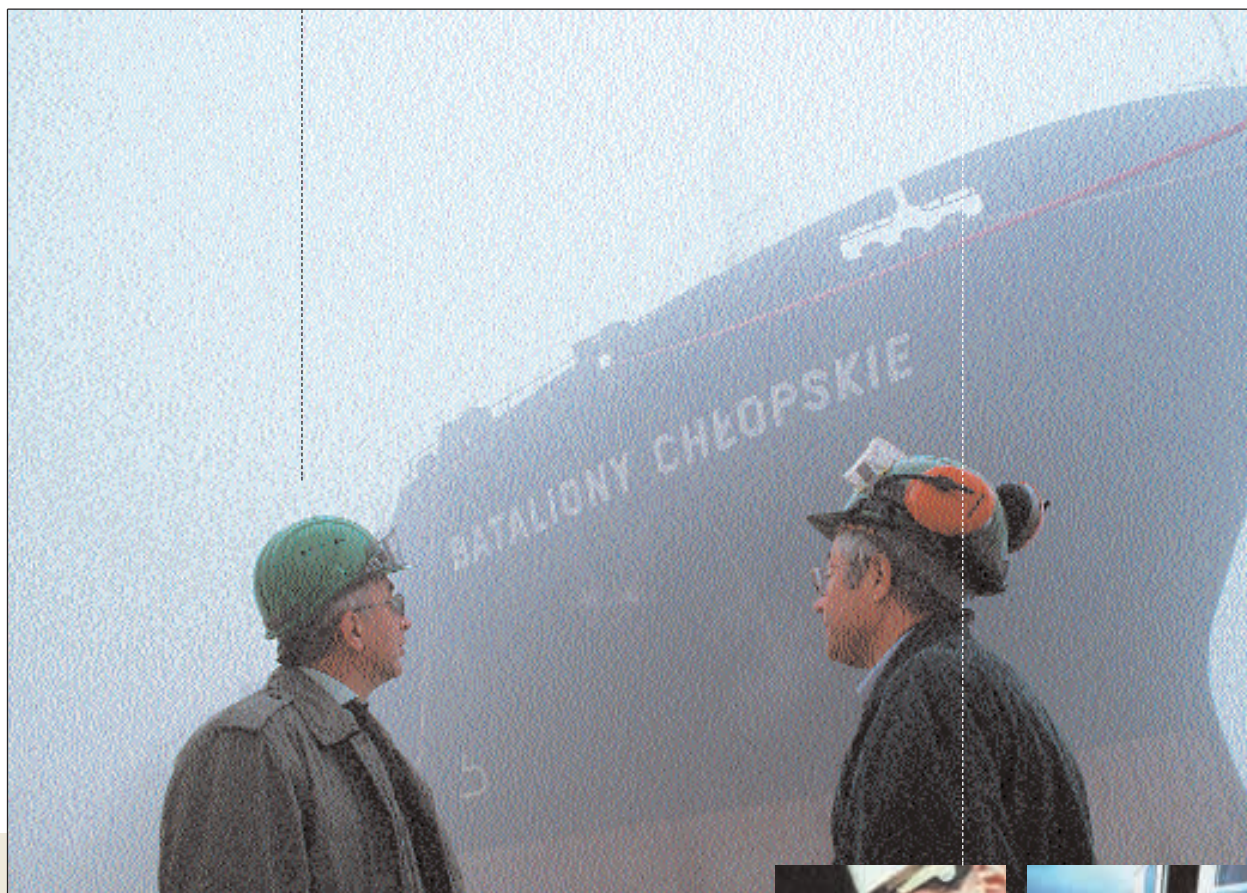
BUDGET 1999 RÉALISÉ :
RÉPARTITION PAR ACTIVITÉ (EN POURCENTAGE) ➤



RÉALISATION BUDGET 1999 (EN CRÉDITS DE PAIEMENT)

RESSOURCES (en MF)	BUDGET 99 INITIAL	BUDGET 99 RÉALISATION	% REAL/INIT
Subvention État	910,4	910,4	0,0 %
• sur programme	714,3	714,3	0,0 %
• sur frais généraux	196,1	196,1	0,0 %
Affectation des reports		- 3,8	
Convention DSIN dont hausse de frais généraux	351,3	351,3	0,0 %
EDF (actions coopératives)	95,5	92,2	- 3,4 %
COGEMA (PIC)	25,2	28,0	11,0 %
Autres recettes	112,5	107,0	- 4,9 %
Unités CEA	20,3	22,6	11,6 %
TOTAL	1515,2	1507,8	- 0,5 %
SOLDE			

DÉPENSES (en MF)	BUDGET 99 INITIAL	BUDGET 99 RÉALISATION	% REAL/INIT
● Salaires et charges	529,5	509,8	-3,7 %
● Autres charges de personnel	50,8	49,9	-1,7 %
• dont main-d'œuvre hors CT	11,0	11,7	6,1 %
• dont transports et déplacements	39,8	38,3	-3,9 %
● Autres charges	378,8	395,1	4,3 %
et sous-traitances externes			
● Sous-traitances vers le CEA	167,3	186,9	11,7 %
● Investissements	130,0	108,4	-16,6 %
● Frais généraux du CEA	258,8	258,8	0,0 %
• dont prélevés sur subvention	196,1	196,1	0,0 %
• dont collectés sur convention DSIN	41,9	41,9	0,0 %
• dont collectés sur autres recettes	20,9	20,8	-0,3 %
● TOTAL	1 515,2	1 508,9	-0,4 %
			-1,1



LES RESSOURCES HUMAINES



La politique menée par l'IPSN en matière de ressources humaines doit permettre le développement et le renouvellement des compétences propres à l'accomplissement de ses missions de recherche et d'expertise, dans les domaines de la protection et de la sûreté nucléaire.

En compensation du faible nombre d'arrivées par mutation en provenance du CEA, l'IPSN a réalisé cette année 108 recrutements, portant son effectif présent à 1 269 à la fin de l'année 1999.

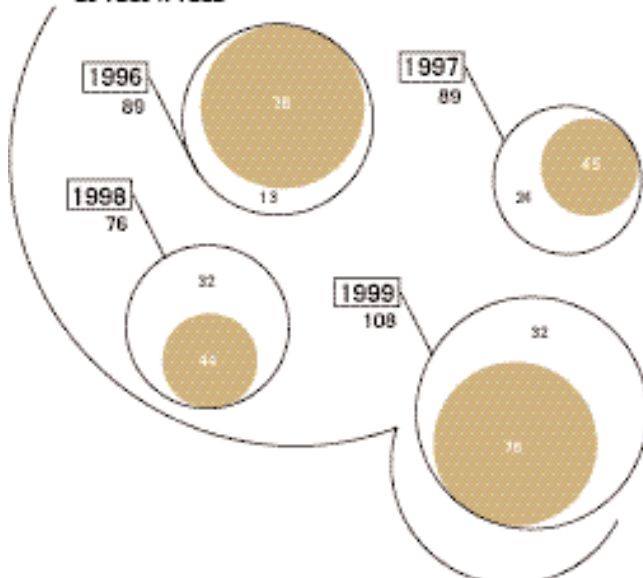
En conséquence de l'intégration d'un nombre important de jeunes ingénieurs et chercheurs, la gestion des carrières est devenue l'une des priorités de la fonction

ressources humaines, afin d'assurer au personnel une évolution de carrière basée sur le développement continu des compétences et une prise de responsabilité croissante.

Dans ce contexte, l'Institut poursuit son investissement dans le domaine de la formation professionnelle, ainsi que dans le développement de conventions favorisant, une fois l'IPSN devenu indépendant, les évolutions de carrière du personnel dans un ensemble plus vaste que l'Institut, pouvant comprendre, outre le CEA, des organismes comme l'ANDRA, l'EDF, la COGEMA, l'INERIS et l'OPRI.

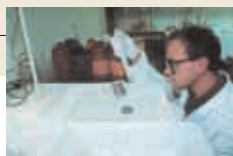
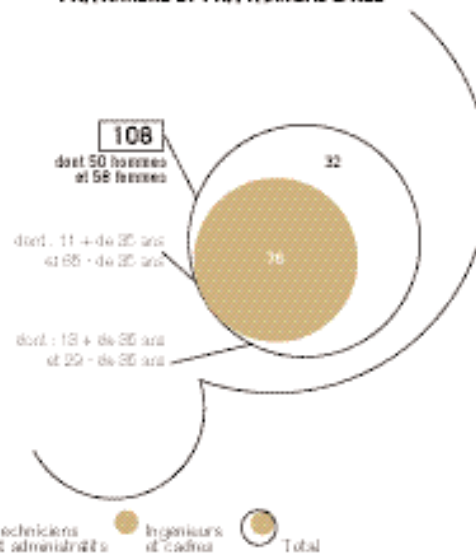
ÉVOLUTION DES RECRUTEMENTS À L'IPSN

DE 1996 À 1999



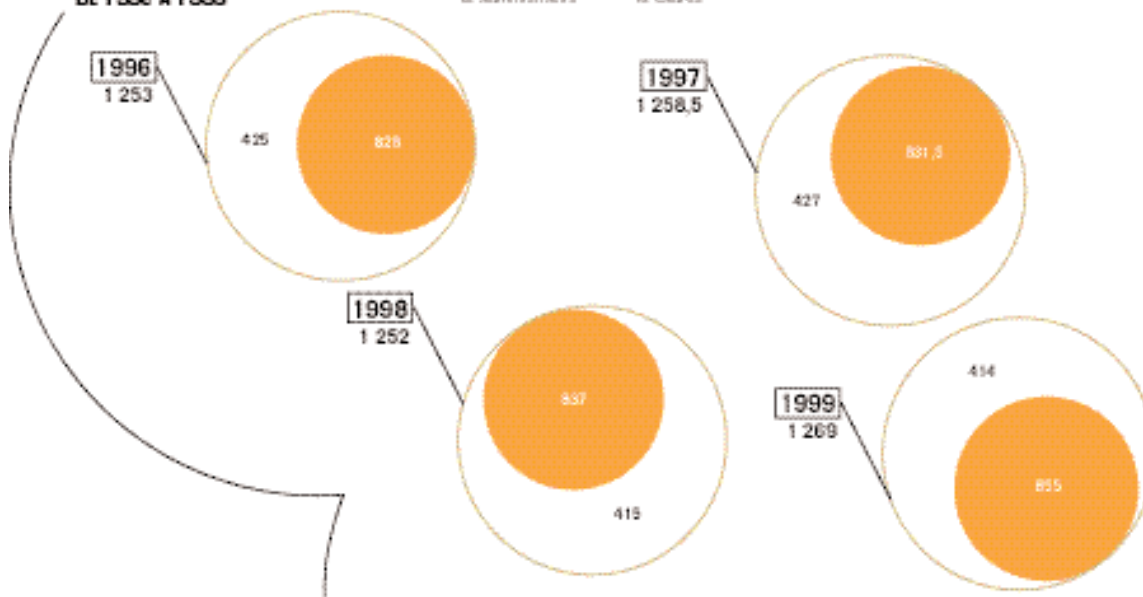
BILAN DES RECRUTEMENTS 1999

PAR ANNEXE ET PAR TRANCHE D'ÂGE



ÉVOLUTION DE L'EFFECTIF DE L'IPSN

DE 1996 À 1999



L'ÉVOLUTION DES EFFECTIFS

La tendance à la décroissance des effectifs réels enregistrée en 1998 s'est inversée grâce aux 108 recrutements réalisés cette année, portant l'effectif présent de l'IPSN à 1 269 au 31 décembre 1999.

Parmi les nouveaux arrivants, soixante-seize relèvent de la population «cadre», dont soixante-treize ingénieurs et chercheurs. Trente-deux personnes sont venues augmenter par ailleurs l'effectif des techniciens et des administratifs. La moyenne d'âge des nouveaux recrutés est de 31 ans.

Le flux de mobilité entrante du CEA vers l'IPSN est cependant en diminution cette année, avec 25 arrivées contre 31 en 1998 et 37 en 1997.

La diminution de la moyenne d'âge de la population totale IPSN enregistrée en 1998 se poursuit cette année, passant de 42,7 à 41,7 ans en 1999.

LA GESTION DES CARRIÈRES

Aujourd'hui, l'acte de recrutement a un impact immédiat et à long terme sur la gestion des carrières et des compétences, compte tenu, à la fois, de l'introduction d'une clause de transfert automatique à l'IPSN dans les contrats de travail, de la taille relative de l'Institut par rapport aux grands organismes de recherche français et de la composition de son effectif, constitué d'experts et de spécialistes de haut niveau. En conséquence, tout recrutement doit s'accompagner d'une réflexion approfondie sur les perspectives de carrière que l'Institut est à même de proposer au candidat en son sein, ou dans le cadre de conventions de mobilité avec d'autres organismes dont le CEA.

Bien qu'en diminution par rapport à 1998 (16 mobilités en 1999 contre 28 l'an passé), la mobilité interne a encore permis cette année de nombreux passages des métiers de l'expertise vers des activités de recherche et d'études. Elle a apporté aux salariés concernés une opportunité réelle d'évolution de carrière, ainsi qu'un développement significatif du champ de leurs compétences.

Par ailleurs, l'Institut a mis en place un certain nombre d'actions de formation, visant à encourager et à favoriser le développement des compétences tout au long de la carrière de ses personnels. Ainsi, en 1999, près de 62 000 heures de formation ont été dispensées. En fonction des objectifs des programmes, les principales disciplines concernées ont été les «sciences appliquées et techniques» (33 %), les «langues étrangères» (22 %) et les «relations, la communication et le manage-

ment» (12 %) avec, notamment, la mise en place d'actions visant à assurer la diffusion et l'assimilation de la déontologie à respecter en matière de recherche et d'expertise.

Il convient de noter également que de nombreuses actions initiées, en 1998 dans les domaines de la «qualité-méthodologie» et la «prévention, sécurité classique», se sont poursuivies tout au long de 1999, de même que les formations au management pour les nouveaux responsables et celles destinées aux «nouveaux arrivants de l'IPSN».

Par ailleurs, dans le domaine de l'informatique de gestion, des actions de formation ont été entreprises en vue du développement et de la mise en place d'un progiciel de gestion à partir de l'année 2000.

LES PASSERELLES

Afin de favoriser la fluidité des compétences entre l'IPSN et le CEA, une convention définissant les modalités de transfert des salariés d'un organisme vers l'autre sera signée.

Les passerelles mises en place pourront prendre la forme d'un détachement ou d'un recrutement et donneront lieu, en conséquence, à l'établissement d'un contrat de travail avec l'organisme d'accueil, qui veillera, par ailleurs, à retenir préférentiellement les candidats de l'autre organisme par rapport aux candidats extérieurs. Les directions des ressources humaines des deux organismes se concerteront, en vue de systématiser les échanges d'information sur les postes à pourvoir par recrutement ou par mobilité interne. Les salariés détachés qui auront un droit de retour dans l'organisme d'origine, pourront également être recrutés à tout moment, s'ils le souhaitent.



LA COMMUNICATION

La mission communication de l'IPSN est organisée en trois pôles : médias, publics institutionnels et spécialisés, communication interne. Conformément aux orientations de son Comité de direction, l'IPSN a porté ses principaux efforts en 1999 sur l'accroissement de la documentation technique fournie à la presse et sur l'achèvement d'une nouvelle exposition sur la gestion du risque nucléaire.

UNE INFORMATION RÉGULIÈRE DES MÉDIAS

L'IPSN s'est attaché particulièrement à fournir aux médias, en diffusant différents communiqués et dossiers de presse ou en intervenant à la radio ou à la télévision, une information régulière sur ses activités et des commentaires précis sur les sujets ayant marqué l'actualité de 1999.

Consolidation des «rendez-vous» réguliers avec la presse

L'intérêt du *Bulletin de l'IPSN*, lettre d'information mensuelle créée à la fin de 1998, a été confirmé en 1999, de même que celui des «Points de presse de l'IPSN», qui réunissent autour d'experts ou de chercheurs de l'Institut les principaux journalistes opérant en France sur les sujets nucléaires. Les principaux sujets traités lors de ces rencontres ont été :

- la sûreté nucléaire en Europe de l'Est ;
- le rôle de l'IPSN dans la maîtrise des risques de prolifération d'armes nucléaires et chimiques ;
- la sûreté des centrales françaises lors du passage à l'an 2000 ;
- les accidents de criticité dans l'industrie nucléaire ;
- les victimes de l'accident de Tokai-Mura ;
- l'information des médecins sur les risques nucléaires.

Le renforcement des partenariats

Une série d'actions de presse organisées avec différents partenaires a permis d'exposer plusieurs des collaborations importantes de l'IPSN, dans le domaine de la sûreté comme dans ceux de la santé et de l'environnement. Par exemple, les recherches en radiobiologie et radiothérapie menées avec l'Institut Gustave-Roussy ; l'étude des feux dans les installations présentée en collaboration avec des scientifiques de l'École nationale supérieure de mécanique et d'aéronautique de Poitiers ; les recherches sur les risques sismiques menées en collaboration avec l'Université de Grenoble.



Certaines des manifestations techniques organisées par l'Institut ont également été présentées aux journalistes : le forum sur la sûreté nucléaire «EUROSAFE» organisé à Paris avec la GRS, son homologue allemand ; la conférence internationale consacrée à la maîtrise des risques de criticité dans l'industrie nucléaire, ICNC'99, qui s'est déroulée à Versailles une semaine avant l'accident japonais de Tokai-Mura.

UNE INFORMATION RENFORCÉE VERS LES INSTITUTIONNELS, LES SCOLAIRES ET LES PROFESSIONNELS DE LA SANTÉ ET DE L'ENVIRONNEMENT

Les scolaires

L'IPSN et la Direction de la sûreté des installations nucléaires (DSIN) ont présenté en avant-première au Palais de la découverte à Paris, du 2 novembre 1999 au 23 janvier 2000, une nouvelle exposition destinée principalement aux scolaires et au grand public. Intitulée «Le nucléaire sous haute surveillance», celle-ci a été réalisée pour permettre aux visiteurs de s'informer, de manière simple, sur la maîtrise des risques liés à l'énergie nucléaire et sur les moyens de contrôle mis en œuvre.

Les principaux sujets abordés sont la sûreté des installations nucléaires, les stockages de déchets radioactifs, les transports de matières radioactives, ainsi que la sécurité des matières nucléaires, les dispositions à prendre en cas d'accident et les conséquences possibles sur l'homme et l'environnement.

L'exposition, conçue de manière vivante avec des films, des maquettes interactives et des jeux, est accessible à un large public. Des visites particulières pour des groupes de lycéens et de collégiens sont animées par des experts de l'IPSN qui répondent aux interrogations et témoignent de leur activité technique et scientifique.

La rénovation a été entreprise par une équipe de vingt-trois ingénieurs et scientifiques de la DSIN et de l'IPSN. Ils ont travaillé avec un médiateur scientifique et une scénographe spécialisée dans la conception d'expositions pour le grand public, dans la perspective d'une exposition attrayante pour les jeunes.

Après Paris, l'exposition a débuté «son tour de France» par les villes de Nantes, Montpellier, Privas et Lyon.

Pour accompagner le lancement de cette exposition, la Direction de la sûreté des installations nucléaires et l'IPSN ont réalisé des outils de présentation pédagogiques à destination des visiteurs.

Les 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 au travers de stands et de conférences-débats.

L'Institut a renforcé en 1999 son dispositif d'information des médecins généralistes et spécialistes sur les rayonnements ionisants et les risques sanitaires liés à leur utilisation industrielle ou médicale. Ce dispositif comprend trois volets :

- une «hot-line» téléphonique, réservée aux professionnels de santé pour les cas d'urgence ;
- un numéro d'appel pour les questions d'ordre général, accessible aux heures ouvrables et permettant une mise en relation avec des médecins ou spécialistes de l'IPSN ;
- la mise à disposition d'un livret de onze pages sur «l'exposition accidentelle de l'homme aux rayonnements ionisants», adressé à 25 000 médecins.

Cette action vise à mettre à la disposition des praticiens, non spécialistes dans le domaine des rayonnements ionisants, une source d'information rapide sur toutes les questions qu'ils peuvent se poser sur les effets de la radioactivité : conséquences des faibles et des fortes doses, doses délivrées en radiodiagnostic, impact des usines et des centrales nucléaires, exposition au radon dans les habitations, contamination due à l'accident de Tchernobyl...

La poursuite de l'effort éditorial

Un nouveau titre de la collection scientifique de l'IPSN a été publié en 1999 : *Retombées en France de l'accident de Tchernobyl : conséquences radioécologiques et dosimétriques*.

À caractère principalement scientifique, cet ouvrage a été complété par un jeu de fiches pédagogiques sur l'accident de Tchernobyl et ses retombées en France, à destination des scolaires et du grand public.

Le Centre de documentation sur la sécurité nucléaire (CDSN)

1 700 demandes de documentation et d'information ont été adressées cette année au CDSN. Un tiers environ émane d'interlocuteurs réguliers, qui se tiennent au courant des dernières publications sur la sécurité nucléaire via le bulletin signalétique trimestriel publié par le CDSN. Par ailleurs, les demandes d'informations sur le radon restent importantes, puisqu'elles représentent plus du quart des questions reçues par le Centre. À noter, enfin, un intérêt continu pour Tchernobyl, sujet de près de 7 % des questions.

UNE COMMUNICATION INTERNE PROCHE DE LA MATURITÉ

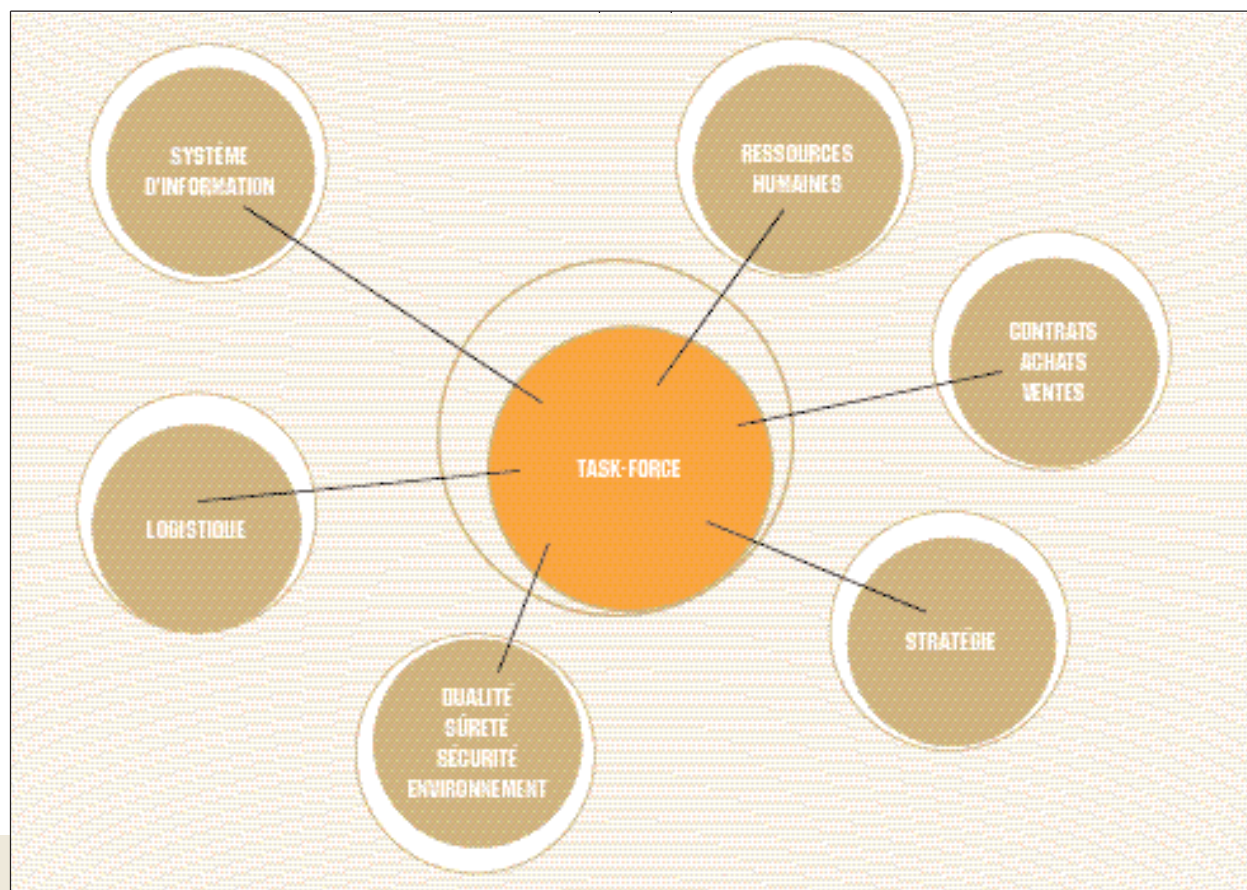
L'intranet IPSN : plus pratique, plus convivial

Deux ans après sa mise en ligne, l'intranet IPSN se transforme : plus convivial dans sa consultation, il présente plus d'informations pratiques comme les offres d'emploi, un annuaire du personnel mis à jour en temps réel et devient un vrai outil de travail avec la consultation de la banque informatique des travaux de l'Institut, des transparents, etc. Toutes les informations concernant la vie de l'IPSN sont également présentées sur ce site, que ce soient les publications externes avec une revue de presse disponible quotidiennement ; la diffusion des communiqués de presse ou les annonces internes. Chaque département gère aussi son propre domaine, ce qui permet de recueillir des informations riches et transversales de département à département.

Une communication interne tournée vers le futur

À partir de septembre, la communication interne s'est articulée autour des groupes de la «task-force» mise en place pour constituer le futur établissement. Dans ce cadre, un pôle «communication interne» a été créé et regroupe des correspondants représentant les services et départements de l'Institut. Son but : prendre en compte le point de vue des agents sur le futur IPSN.

Sur l'intranet, des informations sur l'état d'avancement des travaux des groupes de la «task-force» ont été communiquées de façon régulière. Elles ont été éditées par un journal interne mensuel, *Infos IPSN 2000*, dont la vocation est de faire un point synthétique sur les faits marquants du mois et de donner la parole aux différents animateurs des groupes. Enfin, des rencontres du pôle «communication interne» et du personnel ont été organisées en région parisienne et en province. Elles ont permis à chacun d'exprimer librement ses interrogations et aussi ses attentes sur l'évolution de l'Institut. Au-delà de l'organisation administrative en cours d'élaboration, les discussions ont souvent reflété l'attachement du personnel IPSN à ses différents métiers. Le contact direct et l'échange ont permis ainsi de mieux comprendre les préoccupations et les interrogations du personnel et d'y répondre dans les informations diffusées.



LA PRÉFIGURATION DE L'EPIC

Un travail très important a été effectué en 1999 pour préparer la mise en place du futur IPSN, dans un contexte marqué par une grande incertitude sur la date de création de l'EPIC. La direction de l'IPSN a considéré qu'il était indispensable de fixer une échéance opérationnelle à ce travail et a donc retenu, jusqu'en novembre 1999, l'objectif d'assurer un fonctionnement autonome de l'Institut à partir du 1^{er} janvier 2000.

CRÉATION D'UNE TASK FORCE

Des groupes de travail, consacrés à la préfiguration du nouvel IPSN, avaient été constitués dès 1998. À partir de l'été 1999, un nouveau rythme a été donné à la préparation du futur EPIC, par la création d'une «task-force» spécifique et l'appel à l'appui d'un groupement de consultants agissant sous la responsabilité de la CEGOS.

La «task-force» comprend un comité de pilotage auquel incombent les décisions essentielles, une équipe de projet chargée de l'animation des travaux et des groupes de travail consacrés aux grandes fonctions à organiser : systèmes d'information, ressources humaines, contrats/achats/ventes, stratégie, qualité/sûreté/sécurité/environnement, logistique. Un pôle communication interne dépendant directement du comité de pilotage est chargé à la fois d'informer le personnel de l'Institut sur l'avancement du projet et de répondre à ses interrogations, dans la mesure du possible.

L'objectif général de la «task-force» est de préciser, d'une part l'organisation que pourrait adopter l'EPIC pour assurer l'autonomie de ses fonctions essentielles dès sa création et d'autre part l'organisation visée à terme pour un fonctionnement pleinement indépendant.

La «task-force» a également pour mission d'élaborer les procédures du futur EPIC. En tant que structure centrale destinée à préparer la création du nouvel IPSN,

elle pilote, pour le compte de l'Institut, les discussions avec le CEA. Enfin, elle assure une liaison étroite avec l'équipe chargée de la mise en place du futur outil de gestion de l'IPSN, en lui fournissant les éléments nécessaires à l'organisation et aux procédures du futur EPIC.

Environ cinquante agents de l'IPSN et douze consultants ont participé aux travaux de la «task-force» en 1999.

PRINCIPAUX RÉSULTATS POUR 1999

Les propositions des groupes de travail en matière d'organisation du futur EPIC ont fait l'objet de deux réunions du comité de pilotage en 1999. Le principe de la création à Cadarache d'une antenne de la direction du futur EPIC a été retenu. En fin d'été 1999, les groupes de travail ont continué à approfondir leurs propositions d'organisation des fonctions centrales de l'EPIC, pour un arbitrage du comité de pilotage en février 2000, après concertation avec les chefs de département de l'Institut.

Une liste détaillée des tâches qui seraient sous-traitées par l'EPIC au CEA, a été proposée par les groupes de travail. Elles devront faire l'objet d'une convention, dont la préparation sera poursuivie en 2000.

Les discussions menées avec le CEA ont également permis d'élaborer un projet de protocole concernant l'utilisation par l'IPSN des réacteurs PHÉBUS et CABRI. Ce document suppose la mise en place de deux entités, l'une IPSN, l'autre CEA, dont les relations opérationnelles et contractuelles sont très précisément décrites. Ce projet de protocole a été transmis aux pouvoirs publics fin 1999.

Les discussions menées avec le CEA ont également abouti à des principes permettant d'établir des «passe-relles» et d'assurer la mobilité durable des compétences entre les deux organismes. Ce sujet devra faire l'objet également d'une convention signée entre le CEA et le futur EPIC.

SYSTÈME DE GESTION DU FUTUR IPSN

L'individualisation des comptes de l'IPSN dans le système de gestion utilisé en 2000 par le CEA a été rendu possible grâce à une adaptation spécifique.

Par ailleurs, il est indispensable que l'IPSN dispose de son propre système de gestion à partir de 2001, date à laquelle les outils actuels du CEA dont l'Institut dispose ne seront plus maintenus. L'IPSN a choisi de s'orienter vers le progiciel SAP, qui devra faire l'objet d'un paramétrage spécifique à l'EPIC.

Le cahier des charges correspondant a été rédigé en 1999, l'appel public à candidature et l'appel d'offres ont été organisés. Le calendrier retenu prévoit le début des travaux eux-mêmes en février 2000.

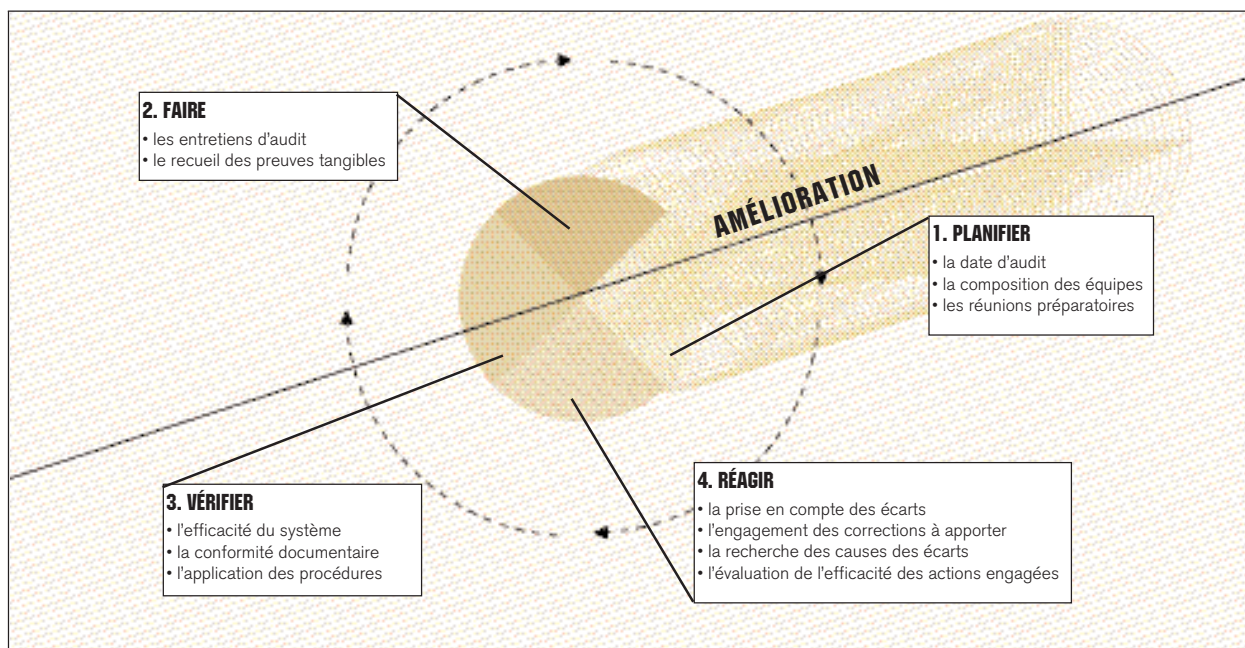
RESSOURCES HUMAINES

Le manque de personnel est une des difficultés principales rencontrées par l'IPSN dans la préparation du futur EPIC. Il s'agit, en effet, de constituer et d'organiser progressivement des unités fonctionnelles avec un personnel très réduit, dont le rôle essentiel était jusqu'ici d'assurer l'interface avec les moyens du CEA. Il est, par ailleurs, indispensable d'assurer la continuité des missions de l'Institut pendant cette période.

Dans ce contexte, l'Institut a lancé au premier semestre 1999 une dizaine de recrutements et de mutations en provenance du CEA, afin de commencer à constituer l'ossature de ses futures fonctions centrales. Dans le cadre de l'impulsion donnée par les travaux de la «task-force», il a été décidé de lancer, dès le mois d'octobre 1999, 20 recrutements supplémentaires pour amorcer le grèvement des unités fonctionnelles et constituer l'équipe nécessaire à la mise en place des nouveaux outils de gestion de l'EPIC.

De plus la direction de l'IPSN a reçu des représentants des syndicats du CEA, conformément au principe retenu lors de la réunion du comité national de cet organisme, le 22 juin 1999. À la suite de cette entrevue, des rencontres régulières ont été organisées entre la direction de l'IPSN, la direction des ressources humaines et des relations sociales du CEA et les organisations syndicales du CEA, afin d'établir la base de négociations préalables à la signature d'un accord d'entreprise, au plus tôt après la création de l'EPIC.

Dans le domaine de la communication interne, des informations relatives aux principales étapes et décisions ont été diffusées en temps réel sur le réseau intranet de l'Institut. Une lettre *IPSN 2000* a été diffusée par ailleurs à l'ensemble du personnel, pour faire périodiquement le point sur l'avancement du projet et aborder quelques sujets essentiels. Enfin, des forums avec le pôle communication de la «task-force» ont été organisés dans les différentes implantations de l'IPSN, ils favorisent la diffusion de l'information et l'expression directe des préoccupations des équipes.



L'AUDIT QUALITÉ INTERNE : UN PROCESSUS D'AMÉLIORATION

Pour faire un diagnostic, améliorer un processus, mettre en évidence les points forts et faibles d'un système, d'une organisation. L'audit est par définition «un examen méthodique et indépendant». Il s'inscrit dans la boucle de la qualité, dont les étapes importantes sont présentées ci-dessus : en 1999, un programme d'audits conséquent (36 audits) a porté sur de nombreuses activités dans les départements. La direction, quant à elle, s'est plutôt attachée à mener des audits de conformité à la norme ISO 9001 dans le domaine du développement des codes de calculs, leurs résultats devant servir de base à l'amélioration de la démarche qualité logiciel.

L'ASSURANCE QUALITÉ

Dans le cadre de l'amélioration de son système qualité, l'IPSN a entrepris en 1999 une démarche de standardisation de la maîtrise des activités communes à l'ensemble de ses unités.

À cet effet, plusieurs groupes de réflexion ont été mis en place afin d'analyser les processus existants, d'identifier les besoins et les actions qui en découlent et de les planifier dans les domaines de la qualité en recherche, de la maîtrise des documents, du traitement des écarts, de la gestion des matières nucléaires et radioactives, ainsi que de la structure de projet.

Parallèlement, une «cellule qualité logiciel» a été créée pour gérer l'évolution de la démarche qualité logiciel mise en place à l'IPSN en 1998. Le département de recherches en sécurité de l'Institut a fourni une contribution particulière sur l'identification des savoir-faire en matière de développement de codes de calcul pour la recherche débouchant sur l'écriture de procédures pour le développement, la maintenance et la qualification de ces codes. La cellule a validé ce travail.

Enfin, l'IPSN a poursuivi son programme de formations dévolues à la qualité et à la mise en place d'un corps d'auditeurs.

LES DOCUMENTS RELATIFS À LA QUALITÉ ET AU MANAGEMENT DE PROJET DU PROGRAMME PHÉBUS-PF

Après avoir revu son organisation en 1998, l'équipe en charge du programme PHÉBUS-PF s'est dotée d'un ensemble complet de documents relatifs à la qualité, comprenant, notamment, un plan de management basé sur la recommandation RG Aéro 0040, largement utilisée dans les domaines de l'aéronautique et de l'armement (édition de juin 1991, répertoriée en tant que norme NF X 50-410 d'août 1995).

Ces documents, qui complètent l'organisation générale de la qualité du département de recherches en sécurité, ont plus particulièrement conduit à préciser :

- les interfaces entre les activités liées au programme et celles des services (cas de la conception, par exemple) ;
- la logique de déroulement et de suivi du programme, en se rapprochant de la terminologie préconisée par la recommandation RG Aéro 0040 et en complétant l'organisation adoptée (manques identifiés dans certaines phases) ;

- les documents associés au programme et leur élaboration (entrée et sortie de phase, jalons à considérer, rédaction et vérification, types de vérification à réaliser, acceptation, approbation).

Il devrait en résulter des gains en productivité et en qualité, dus à la rationalisation des tâches et des interfaces.

L'ORGANISATION DU DÉPARTEMENT D'ÉVALUATION DE SÛRETÉ (DES) EN MATIÈRE DE GESTION DOCUMENTAIRE

La gestion du courrier et de l'archivage du DES a été réorganisée pour améliorer principalement le partage des informations et la traçabilité des documents. Cette organisation repose, désormais, sur un plan de classement et d'archivage, unique et commun à toutes les unités du département, ainsi que sur une base de données unique. Celle-ci rassemble :

- les références des courriers échangés (plus de 200 000 fiches) ;
- les fichiers contenant les textes originaux des lettres d'avis et des rapports élaborés par le département, ainsi que leurs images numériques. Ces documents sont également transcrits sur des microfiches afin de constituer un archivage de sécurité et de longue durée ;
- les images numériques des documents originaux reçus, dont le contenu est jugé important au plan technique (plus de 20 % du total des documents rassemblés).

Une documentation technique de référence sur plus de quinze ans a ainsi été constituée dans les domaines de compétence du département.

Un archivage centralisé permanent des exemplaires imprimés de tous les documents émis et reçus, représentant aujourd'hui plus de 2,4 km linéaires d'étagères, permet d'accéder à l'ensemble du patrimoine documentaire du département.

LE MANAGEMENT PAR LA QUALITÉ AU SERNAT : UN APPORT POUR LA SYNERGIE INTERNE

Le Service d'études et de recherches radioécologiques dans les milieux naturels (SERNAT) de l'Institut comprend quatre laboratoires répartis sur cinq sites différents : Cadarache, La Seyne-sur-Mer, Octeville, Orsay et, depuis peu, Papeete (Tahiti). Il a pour mission de rassembler et de développer les données et les outils nécessaires à la connaissance de la contamination radioactive de l'environnement par les radionucléides artificiels et d'en prévoir l'évolution au cours du temps.

Les programmes du SERNAT sont menés pour le compte de l'IPSN ou en partenariat avec des organismes extérieurs. Les activités qui en découlent sont de trois types :

- l'intervention sur le terrain ;
- la préparation d'échantillons et la métrologie ;
- l'interprétation des résultats.

Pour améliorer la qualité de son travail, le service a engagé avec ses laboratoires, une action de mise en commun des moyens et des méthodes utilisés pour chaque activité. Une première étape a permis de concentrer les moyens de mesure dans un laboratoire, une seconde étape consiste à unifier les procédures et modes opératoires relatifs aux activités des différents laboratoires du service.

La synergie entre laboratoires se fera grâce à une structure de coordination, mise en place dans le service et comprenant des représentants de l'échelon central et des laboratoires. Cette structure permet d'établir, à partir de l'existant, les actions qu'il convient d'harmoniser, et d'en suivre l'avancement. Ce travail s'achèvera par la rédaction et la mise en œuvre d'un nouveau programme d'Assurance Qualité au deuxième semestre 2000.

<p>ACRO Association pour le contrôle de la radioactivité</p> <p>ADAG Arbre de déroulement des accidents graves</p> <p>AEA-TECHNOLOGY Atomic Energy Authority (Royaume-Uni)</p> <p>AEKI Central Research Institute for Physics of the Hungarian Academy of Sciences/Atomic Energy Research Institute</p> <p>AEN Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE</p> <p>AFAQ Association française pour l'assurance de la qualité</p> <p>AIEA Agence internationale de l'énergie atomique</p> <p>ANDRA Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs</p>	<p>ASTEC Accident Source Term Evaluation Code</p> <p>ASTRAL Assistance technique en radioprotection postaccidentelle</p> <p>BNM Bureau national de métrologie</p> <p>BERD Banque européenne de reconstruction et de développement</p> <p>Bfs Bundesamt für Strahlenschutz (Allemagne)</p> <p>CABRI Réacteur d'essais de sûreté de combustible</p> <p>CAS CADE Plate-forme de développement informatique</p> <p>CATHARE Code avancé de thermo-hydraulique appliqué aux réacteurs à eau sous pression</p>	<p>CITRAME Circulation et traitement des mesures dans l'environnement en cas d'accident</p> <p>CNMRT Comité national contre les maladies respiratoires et la tuberculose</p> <p>CNRS Centre national de la recherche scientifique</p> <p>COFRAC Comité français d'accréditation</p> <p>COGEMA Compagnie générale des matières nucléaires</p> <p>COM Centre océanologique de Marseille</p> <p>CONRAD Système de codes de calcul de diffusion atmosphérique des radioéléments émis lors d'un accident et des conséquences radiologiques</p>	<p>CTC Centre technique de crise</p> <p>CTI Comité technique interministériel</p> <p>DAZ Mesures compensatoires du système de contrôle et de protection</p> <p>DCC Direction du cycle du combustible</p> <p>DES Département d'évaluation de sûreté</p> <p>DPEA Département de prévention et d'étude des accidents</p> <p>DPHD Département de protection de la santé de l'homme et de dosimétrie</p> <p>DPRE Département de protection de l'environnement</p> <p>DRN Direction des réacteurs nucléaires</p> <p>DRS Département de recherches en sécurité</p> <p>DSIN Direction de la sûreté des installations nucléaires</p> <p>DSMR Département de sécurité des matières radioactives</p> <p>DSNO Direction de la sûreté nucléaire et de la qualité</p> <p>EDF Électricité de France</p> <p>EDI États dégradés de l'installation</p> <p>EGM Éditeur graphique pour Moret</p> <p>ENEL Ente. nazionale del energia elettrica</p> <p>ENDAM Etats non dotés d'armes nucléaires</p>
<h1>GLOSSAIRE</h1>			
<h2>LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS</h2>			
<p>ANS American nuclear society</p> <p>ANRA Autorité de sûreté arménienne</p> <p>APOLLO Code de calcul de neutronique</p> <p>APRP Accident de perte de réfrigérant primaire</p>	<p>CDSN Centre de documentation sur la sécurité nucléaire</p> <p>CEA Commissariat à l'énergie atomique</p> <p>CEPIA Chambre d'études sur les préleveurs individuels et d'ambiances</p> <p>CIGALES Cristal interface générant des apollo liés aux études de sûreté criticité</p>	<p>COTRAM Evaluation de la dispersion atmosphérique des rejets normaux des installations nucléaires ou chimiques</p> <p>CRII-RAD Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité</p> <p>CRISTAL Nouveau formulaire français de criticité</p> <p>CSTB Centre scientifique et technique du bâtiment</p>	

<p>ENRESA Empresa Nacional de Residuos Radioactivos</p> <p>EPIC Etablissement public à caractère industriel et commercial</p> <p>EPR European Pressurized water Reactor</p> <p>EPS Études probabilistes de sûreté</p> <p>ESCADRE Etudes de séquences de cœur accidenté de réacteur à eau</p> <p>EURATOM Communauté européenne de l'énergie atomique</p> <p>FBFC Franco-belge de fabrication de combustibles</p> <p>FLAMME_S Codes de calcul décrivant l'évolution de feux de produits carbonés (pour la sûreté)</p> <p>FZK Forschungszentrum Karlsruhe GmbH Technik und Umwelt (Allemagne)</p> <p>GRS Gesellschaft für- und Anlagen Reaktorsicherheit (Allemagne)</p> <p>GSNI Groupement de scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire</p> <p>HC Haut-commissaire</p> <p>H2 PAR Hydrogen Passive Autocatalytic Recombiner</p> <p>IAFSS International Association for Fire Safety Science</p> <p>IBRAE Institut de sûreté nucléaire de l'Académie des sciences de la fédération de Russie</p> <p>ICARE Interprétation des cœurs accidentés pour les réacteurs à eau</p>	<p>ICNC International conference on nuclear criticality safety</p> <p>ICP-MS Plasma à couplage inductif associé à un spectre de masse</p> <p>IFA Initiative franco-allemande</p> <p>IGR Institut Gustave-Roussy</p> <p>IHM Interface homme-machine</p> <p>ILOG VIEWS Editeur d'interfaces graphiques</p> <p>INERIS Institut national de l'environnement industriel et des risques</p> <p>INES <i>International Nuclear Event Scale</i> (Echelle internationale de gravité des événements nucléaires)</p> <p>INSTN Institut national des sciences et techniques nucléaires</p> <p>IRES Integrated and Reusable Electronic Seal</p> <p>ISPRA Centre de recherches d'Euratom</p> <p>JNC Japan Nuclear Corporation</p> <p>JCO Japan Nuclear Fuels Conversion Compagny</p> <p>KAEA Autorité de sûreté nucléaire du Kazakhstan</p> <p>LGIT Laboratoire de géophysique interne et de technologie</p> <p>MAEVA Maquette d'enclenche de réacteur REP pour l'étude de l'étanchéité en cas d'accident de dimensionnement</p>	<p>MINATOM Ministère russe de l'Énergie atomique</p> <p>MISCO Mésocosme <i>in situ</i> en zone côtière</p> <p>MOX Combustible à oxyde mixte d'uranium et de plutonium</p> <p>MRRC Medical Radiological Research Center</p> <p>NIRS Institut national des sciences radiologiques (Japon)</p> <p>NRC Nuclear Regulatory Commission (Etats-Unis)</p> <p>NRPB National Radiological Protection Board (GB)</p> <p>OCDE Organisation de coopération et de développement économiques</p> <p>ONU Organisation des Nations unies</p> <p>OPRI Office de protection contre les rayonnements ionisants</p> <p>PIC Programme d'intérêt commun</p> <p>PF Produits de fission</p> <p>PEACE Programme d'étude agronomique sur les accidents contaminant l'environnement</p> <p>PHARE Poland-Hungary Assistance for Reconstruction of the Economy</p> <p>PNTL Compagnie britannique</p> <p>POSEIDON Logiciel d'évaluation des conséquences radiologiques des accidents</p>	<p>PPI Plan particulier d'intervention</p> <p>PROMETRA Programme d'essais mécaniques sur gaines irradiées</p> <p>PUI Plans d'urgence interne</p> <p>RAFT Reactivity Accident Fuel Test</p> <p>REP Réacteur à eau sous pression</p> <p>RFS Règle fondamentale de sûreté</p> <p>RGV Remplacement du générateur de vapeur</p> <p>RODOS Real Time on Line Decision Support System</p> <p>RPN Système de protection neutronique des réacteurs à eau sous pression</p> <p>RUT Plate-forme d'essais située en Russie permettant l'étude expérimentale des déflagrations et détonations d'hydrogène</p> <p>SAGSI Standing Advisory Group for Safeguard Implementation</p> <p>SAP Logiciel de gestion (Allemand). Systèmes, applications, procédés.</p> <p>SCANAIR Système de calcul d'analyse d'accident d'injection réactivité</p> <p>SCAR Simulator CATHARE Release</p> <p>SCK. CEN Centre d'études nucléaires de Mol (Belgique)</p>
--	---	---	---

SÉSAME Schéma d'évolution des situations accidentelles et méthodes d'évaluation	THE Très haute efficacité			
SFEN Société française d'énergie nucléaire	TMI2 Réacteur n°2 de la centrale de Three Miles Island (USA)			
SGCISN Secrétariat général du comité interministériel de la sécurité nucléaire	TN 17/2 Emballage de transport			
SIGMA Système d'évaluation des conséquences des rejets accidentels de produits toxiques ou inflammables	TONUS Système de codes dédié à la modélisation du risque hydrogène			
SILÈNE Réacteur expérimental de l'IPSN	TOSQAN Tonus qualification analytique			
SILVA Séparation isotopique par laser à vapeur atomique	TRIPOLI 4 Code de calcul en neutronique			
SIMEVENT Logiciel de simulation de ventilation	UO2 Dioxyde d'uranium			
SIP Shelter Implementation Plan	VTT Centre de recherche technique de Finlande			
SIPA Simulateur d'accident dans les réacteurs à eau sous pression	VVER Vodaa Vodianne Energitscheski reactor. Réacteurs à eau sous pression de conception soviétique, dont le principe de fonctionnement ressemble à celui des réacteurs à eau sous pression occidentaux			
SISYPHE Simulation système Phébus Enceinte	VUJE Nuclear Power Plants Research Institute			
SPA Spent fuel disposal Performance Assessment				
STARMANIA Programme étudiant le comportement des équipements de sectorisation et de confinement				
STEPS Source Term Estimation for Plan Satus				
STUK Stäteilyturvakeskus (Helsinki-Finlande)				
SYLVIA Codes intégrés «incendie-ventilation»				
TACIS Technical Assistance for Commonwealth of Independent States				

LES IMPLANTATIONS DE L'IPSN

JUIN 2000

ORSAY

Bois des Rames (Bât. 501)
91400 Orsay

OCTEVILLE

B.P. 10
Rue Max-Pol-Fouchet
50130 Octeville

FONTENAY-AUX-ROSES

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

SACLAY

91191 Gif-sur-Yvette Cedex

CLAMART

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

VALDUC

21120 Is-sur-Tille

PAPEETE

B.P. 519 - Tahiti
Papeete Polynésie française

PIERRELATTE

B.P. 38
26701 Pierrelatte
Cedex

MARCOULE

B.P. 171
30207 Bagnols-sur-Cèze
Cedex

CADARACHE

B.P. 1
13108 Saint-Paul-Lez-Durance
Cedex

TOULON

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

