

## L'AVENIR DU NUCLÉAIRE



**Catherine LECOMTE**  
(CM80)

Adjoint au Directeur  
de l'IRSN

*C. LECOMTE est Ingénieur  
en Chef des Mines.*

*Après un début de carrière  
au CEA consacré à la  
recherche sur les applica-  
tions des membranes et  
interfaces, elle a rejoint  
l'IPSN en 1988 en tant  
que responsable des  
études sur les accidents  
graves de réacteurs à eau.  
Elle coordonne actuelle-  
ment l'ensemble des pro-  
grammes de recherche de  
l'Institut, devenu l'IRSN en  
2002.*

## Les recherches en sûreté et radioprotection nucléaire menées à l'IRSN

### Le contexte de l'expertise en sûreté et radioprotection nucléaire

La sûreté nucléaire et la radioprotection constituent aujourd'hui une demande forte de notre pays, compte tenu de l'importance de la filière nucléaire française et des obligations de protection de l'homme et de l'environnement qui s'y attachent. Dans ce cadre, l'IRSN<sup>1</sup>, créé en 2002 par la réunion de l'IPSN<sup>2</sup> et de l'OPRI<sup>3</sup>, est un organisme technique visant à conseiller les pouvoirs publics en vue de la protection des travailleurs, du public et de l'environnement, vis-à-vis des risques liés aux utilisations de l'énergie nucléaire et des

rayonnements. Par suite, l'IRSN se doit donc avant tout d'être un organisme compétent, capable de fournir aux pouvoirs publics des évaluations fondées sur les meilleures connaissances disponibles, tout en développant des recherches permettant d'anticiper les enjeux futurs.

Ainsi, l'expertise de l'IRSN permet d'instruire les décisions à prendre par les pouvoirs publics, et sa recherche, en produisant des connaissances et compétences, contribue à étayer l'expertise et préparer l'avenir, conformément au décret<sup>4</sup> de création qui stipule que l'Institut "définit des programmes de recherches, menés en son sein ou confiés à d'autres organismes de recherches français ou étrangers, en vue de maintenir et développer les compétences nécessaires à l'expertise dans ses domaines d'activité".

Ces recherches constituent également un moteur puissant de la coopération internationale, qu'il s'agisse de confronter nos connaissances avec celles des meilleurs experts mondiaux, ou de promouvoir des améliorations de la sûreté et de la radioprotection dans certains pays, notamment d'Europe de l'Est.

### Les missions de l'IRSN

Dans le cadre du soutien aux autorités pour l'ensemble des questions relatives au nucléaire, l'IRSN doit assurer, par rapport aux exploitants, une expertise technique contradictoire des questions de sûreté et de radioprotection. Il doit aussi, de façon continue, s'assurer que la sûreté, ainsi que la radioprotection opérationnelle des travailleurs et du public, progressent de pair avec l'évolution des connaissances et des techniques, et ne risquent pas d'être remises en cause par des processus d'optimisation économique.

Pour maintenir cette capacité de questionnement, de proposition et d'anticipation, l'IRSN mène des activités de recherches et d'études dans les domaines prioritaires pour la maîtrise des risques

## LES MISSIONS DE L'IRSN

L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) a pour missions, dans le cadre de la politique générale du Gouvernement en matière de sécurité nucléaire :

- de réaliser des expertises, des recherches et des travaux, notamment d'analyse, pour des organismes publics ou privés, français ou étrangers ;
- de définir et réaliser les programmes de recherche nécessaires ;
- de contribuer à la formation en radioprotection des personnels de santé et des travailleurs exposés ;
- d'apporter un appui technique aux autorités de sûreté françaises ;
- de proposer les mesures à prendre en situation d'incident ou d'accident radiologique ;
- de participer à la veille permanente en matière de radioprotection.

*L'Institut fournit notamment un appui technique à la Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection, pour ce qui concerne les Installations Nucléaires de Base (INB) civiles et les transports, au Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la défense, pour ce qui concerne l'expertise de la sûreté des INB Secrètes (INBS), au Haut Fonctionnaire de Défense placé auprès du ministre chargé de l'industrie, pour le contrôle des matières nucléaires, ainsi qu'à la Direction Générale de la Santé et à la Direction des Relations du Travail. Il intervient en support aux pouvoirs publics dans le domaine de la préparation opérationnelle aux situations de crise, pour ce qui concerne les phases accidentelle et post-accidentelle.*

nucléaires ou radioactifs, afin de développer les compétences, modélisations et synthèses nécessaires.

Le développement de ces compétences, leur confrontation aux connaissances internationales, en vue de leur disponibilité dans les délais souhaitables pour l'expertise, conduisent l'Institut à développer des programmes pluriannuels, en partenariat avec de nombreux organismes français et étrangers. Quelques exemples en sont exposés ci-après.

### **Développer des compétences pour la maîtrise des risques nucléaires**

Si un effort important a de longue date été consacré à ces thèmes par les acteurs du nucléaire, une vigilance permanente et des travaux complémentaires restent nécessaires, notamment, pour approfondir la démarche de sûreté relative aux réacteurs en exploitation, réévaluer les critères de sûreté eu égard à l'utilisation prolongée du combustible dans les réacteurs, évaluer les options pour le devenir des déchets radioactifs, répondre aux interrogations du public sur les transferts de radioactivité dans l'environnement, contribuer à l'évolution des normes et pratiques de radioprotection opérationnelle des travailleurs, du public, et des personnes médicalement exposées.

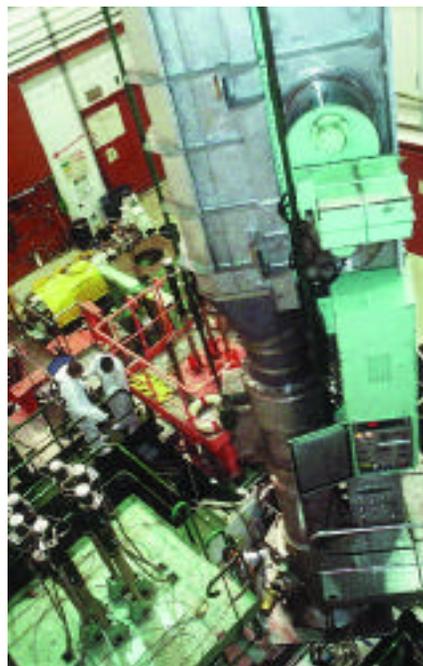
L'Institut approfondit ainsi sa connaissance des phénomènes physiques significatifs pour la sûreté et la radioprotection dans toutes les situations, normales ou accidentelles, caractérisant l'ensemble de la filière électronucléaire. Il doit en particulier rassembler un large spectre de compétences en vue d'une approche intégrée des risques nucléaires, de leur hiérarchisation, et de la production de synthèses des connaissances. Il coopère également avec les acteurs du domaine médical afin de proposer des voies de progrès en matière de diagnostic et de thérapeutique des pathologies radio-induites.

Le choix des priorités de recherches et d'études s'appuie sur une hiérarchisation des questions posées, notamment par rapport aux besoins opérationnels d'amélioration de la sûreté et de la protection. Les nombreux partenariats internationaux développés par l'Institut, en matière de recherche et d'expertise, fournissent par ailleurs l'opportunité d'une vision complémentaire des priorités dans ces domaines. Par ailleurs, une composante indispensable de l'activité de l'Institut est la mise en œuvre de programmes utilisant des équipe-

ments lourds, tels les réacteurs expérimentaux CABRI et PHEBUS, pour remplir ses missions. En effet, le parc électronucléaire français est en constante évolution, qu'il s'agisse de conception (paliers 900 MWe, 1300 MWe, N4, futur EPR), de gestion du combustible, d'augmentation des taux de combustion maximum (de 39 à 52 MWj/tU, voire 60 envisagés dans le futur), ou de nature du combustible (UO<sub>2</sub>, MOX) et des alliages de gainage. L'actualisation de l'analyse de sûreté correspondante nécessite par suite de réaliser des essais dans des réacteurs expérimentaux, seuls capables de reproduire des conditions suffisamment représentatives de l'ensemble du spectre des transitoires accidentels susceptibles d'affecter les réacteurs à eau légère.

### **Assurer la pertinence et l'indépendance des recherches de l'Institut**

L'indépendance et la pertinence des expertises menées par l'Institut impliquent la prise en compte de l'ensemble des informations accessibles, via des relations avec les



(Photo 1) Le réacteur expérimental CABRI

pouvoirs publics, les exploitants, les associations, les collectivités locales, ainsi que des règles strictes pour garantir la qualité des recherches menées.

Cette qualité des recherches fait l'objet d'un effort permanent, que ce soit par le choix des priorités, ou par l'ouverture des résultats à la critique extérieure, grâce à une politique active de publication et à la mise en place d'une critique par les pairs, notamment dans le cadre de l'évaluation scientifique et technique des programmes menés.

Les travaux menés en coopération avec des exploitants nucléaires respectent des conditions de nature à garantir l'indépendance de l'Institut : en effet, si mener une recherche commune présente de nombreux avantages (économie de moyens, meilleure coopération technique), ces travaux sont menés de façon à ne pas préjuger des conclusions des expertises menées ultérieurement par l'Institut : coopération strictement limitée au domaine de la recherche, ouverture à d'autres partenaires, notamment, possibilité de réaliser des recherches qui n'auraient pas l'aval des exploitants nucléaires. Il convient de signaler la cohérence de cette démarche avec la réflexion internationale à ce sujet, actuellement menée dans le cadre de l'OCDE.

### **Exemples de programmes scientifiques et techniques**

Les programmes de R&D retenus visent à constituer un ensemble scientifique et technique cohérent, associant les unités de l'IRSN et les partenaires extérieurs, pour développer la meilleure synergie possible entre expertise, études, et recherche.

Parmi les programmes pluriannuels développés par l'Institut, quelques exemples sont présentés ci-après :

- dans le domaine de la sûreté des réacteurs électrogènes existants, des travaux particuliers sont menés pour vérifier en permanence l'adéquation des critères de sûreté, compte tenu des évolutions de l'exploitation des centrales, améliorer encore le niveau de sûreté atteint, et renforcer la prévention des accidents les plus graves :
- le domaine du combustible nucléaire, par exemple, est marqué par une évolution constante vers des temps de séjour plus longs en réacteur, qui nécessitent des essais, dans des conditions représentatives, pour mettre au point des critères de sûreté adaptés à ces nouvelles conditions de fonctionnement ; c'est le cas notamment des essais "CABRI-WLP"<sup>5</sup>, menés dans le cadre d'une vaste coopération internationale sous l'égide de l'OCDE, qui visent à étudier le comportement de combustible avancé, en soumettant un crayon combustible irradié à un accident de réactivité simulé ; ces essais sont réalisés dans le réacteur CABRI à Cadarache (photo 1), en association avec un important programme d'essais analytiques et de modélisation ; ils sont programmés sur la période 2002-2008 ; les résultats obtenus serviront à l'instruction des nouvelles demandes d'autorisation de fonctionnement qui seront présentées par EDF dans

la décennie en cours ;

- s'agissant des accidents graves de réacteurs à eau (accidents de fusion de cœur), l'accent est mis tant sur l'étude des moyens de prévention que sur celle des moyens de limitation des conséquences ; à cet égard, on peut mentionner le programme H2PAR (photo 2) d'étude du comportement de recombineurs catalytiques d'hydrogène utilisables en situation d'accident grave : il s'agissait de vérifier que de tels dispositifs étaient bien compatibles avec les conditions d'ambiance chimique typiques d'un tel accident ; les résultats obtenus par l'Institut ont permis de conforter son expertise sur ce dossier, en liaison avec la décision des pouvoirs publics de demander à EDF l'implantation de ces dispositifs dans ses réacteurs de production d'électricité ;
- pour ces mêmes accidents graves, un autre volet d'étude particulièrement important est l'étude du comportement des produits radioactifs, avec notamment le programme PHEBUS PF (photo 3) qui vise à quantifier globalement, par des expériences représentatives, l'ensemble des phénomènes qui gouverneraient le rejet en cas d'accident ; l'Institut acquiert ainsi l'expertise nécessaire pour jouer son rôle de support aux autorités dans de telles situations, en vue de la protection du public ;
- dans le domaine de la sûreté des déchets radioactifs, les actions de l'Institut visent, dans le contexte de la loi de 1991, à développer les compétences nécessaires à la mise en œuvre d'un questionnement critique quant à la sûreté des futurs modes de gestion des déchets qui pourraient être proposés ;
- en ce qui concerne la sûreté d'un éventuel stockage profond de déchets radioactifs, l'Institut s'attache au comportement à long terme de tels stockages, lié principalement au milieu géologique environnant ; pour cela, l'Institut acquiert des connaissances sur les propriétés de transport d'eau et de solutés dans un milieu argileux, ainsi que sur le comportement mécanique d'ouvrages creusés dans l'argile, en réalisant des mesures dans la station expérimentale de Tournemire (photo 4), ancien tunnel ferroviaire maintenant utilisé pour des travaux de R&D, à l'exclusion de toute radioactivité artificielle ;
- dans le domaine de la protection de l'environnement, les mesures de radioactivité dans l'environnement fournissent un indicateur concernant la qualité de l'exploitation des installations, et permettent de détecter et d'identifier toute autre source de contamination radioactive ; pour progres-

ser davantage, l'Institut élabore des outils prédictifs permettant, d'une part de répondre aux différentes questions soulevées par l'observation de contaminations dans l'environnement, d'autre part d'évaluer le devenir et les conséquences d'éventuels rejets accidentels :



(Photo 2) Les essais H2PAR



(Photo 3) Le programme PHEBUS PF



(Photo 4) La station expérimentale de Tournemire



(Photo 5) Les essais en serres sur les transferts de radionucléides aux végétaux

- des expérimentations permettant de comprendre et modéliser les transferts de radioactivité entre compartiments de l'en-

vironnement sont menées à petite échelle sur des plantes et des animaux (photo 5) ; elles sont complétées par l'observation dans l'environnement du devenir des retombées d'essais aériens, des rejets industriels ou de Tchernobyl, qui permettent de compléter les essais de laboratoire

par des observations et des synthèses à l'échelle régionale ;

- ces résultats sont utilisés pour bâtir des modèles prédictifs, qui sont notamment mis à disposition du Centre Technique de Crise de l'IRSN, qui serait amené, en cas d'urgence radiologique, à conseiller les pouvoirs publics sur les mesures de protection éventuelles à mettre en œuvre (photo 6) ;

- la radioprotection : il s'agit d'évaluer la pertinence des mesures prises pour la protection des travailleurs et du public, en situation normale ou accidentelle, d'améliorer le diagnostic et la thérapeutique des pathologies radio-induites, et de décrire et analyser les phénomènes sociaux liés à la perception du risque nucléaire et à sa gestion ; l'analyse couplée de la sûreté et de la radio-

protection permet par ailleurs de porter une appréciation sur l'application, par les exploitants, du principe ALARA<sup>6</sup> de minimisation des doses de rayonnement ;

- l'IRSN implante, sur le site de Cadarache, un nouvel accélérateur de particules, AMANDE, qui permettra de tester la réponse de détecteurs neutroniques, particulièrement importants pour la radioprotection opérationnelle des travailleurs ;

- des travaux de recherche en radiobiologie sont développés depuis une dizaine d'années, en coopération étroite avec des formations hospitalières, pour identifier et développer des stratégies thérapeutiques utilisables vis-à-vis des irradiations accidentelles.

### Des actions menées en partenariat

Pour l'accomplissement de ses missions et le développement de ses capacités d'expertise, l'Institut s'appuie, comme indiqué plus haut, sur les travaux de recherche et



(Photo 6) Le Centre Technique de Crise de l'IRSN

d'études qu'il mène en propre, ainsi que sur un réseau de coopérations étendu et diversifié.

Les coopérations scientifiques et techniques concernent différents types d'organismes : universitaires, organismes de recherche et d'expertise, industriels, partenaires internationaux.

Les relations avec les universités et les activités d'enseignement sont activement recherchées, et se traduisent notamment par le développement de travaux communs et l'accueil de doctorants au sein de l'IRSN.

La définition des grands programmes de recherche fait systématiquement l'objet d'une concertation impliquant les experts en sûreté, les exploitants, les partenaires internationaux, et les scientifiques des disciplines concernées.

<sup>1</sup> IRSN : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

<sup>2</sup> IPSN : Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire

<sup>3</sup> OPRI : Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants

<sup>4</sup> Décret n° 2002-254 du 22 février 2002

<sup>5</sup> CABRI Water Loop Program

<sup>6</sup> ALARA "as low as reasonably achievable"

## Pour en savoir plus :

→ Rapport Scientifique de l'IRSN, 2002

→ Site Internet de l'IRSN  
<http://www.irsn.org>

→ Site d'informations scientifiques de l'IRSN  
<http://www.irsn.org/net-science>

→ Site d'information sur le forum annuel EUROSAFE  
<http://www.eurosafe-forum.org>

## Club ENERGIE-MINES



**ENERGIE-MINES**, Club professionnel d'INTERMINES, s'est créé début 1999 afin de rassembler les Camarades (membres cotisants) des Associations des anciens de Nancy, Paris ou Saint-Etienne travaillant dans le secteur énergétique ; il leur offre des opportunités d'échanges, de réflexion et d'émulation dans une ambiance amicale et désintéressée. C'est également un lieu d'enrichissement tant personnel que professionnel pour chacun. Aujourd'hui, plus de 400 Mineurs ont participé au moins une fois aux activités du Club.

Afin mutualiser les initiatives et de créer des synergies, des rencontres sont organisées avec des groupes professionnels d'autres écoles. Chacun garde son indépendance et son libre choix d'organisation de ses activités. En participant à la création de la confédération "NRJ +" avec les clubs ou groupes d'autres associations d'anciens élèves (X, Ponts, Supélec, Arts&Métiers, Sciences Po, ESCP et dernièrement Centrale), nous voulons former une confédération de ceux qui partagent un intérêt commun pour le secteur de l'énergie ; le + de l'appellation "NRJ +", est symbole d'adhésion, afin d'aider à nos Camarades qui le souhaitent à agrandir leur réseau relationnel.

Le Bureau du Club, composé d'une douzaine d'anciens élèves issus des Ecoles des Mines ou du Corps des Mines, se réunit en moyenne une fois tous les deux mois. Il est animé par un président et un secrétaire. Il décide des orientations et des initiatives du Club dans le cadre de l'association INTERMINES qui regroupe les Associations des Anciens Elèves des Ecoles Nationales Supérieures des Mines de Paris, Saint-Etienne et Nancy. A ce titre, il bénéficie d'une aide logistique par l'intermédiaire du secrétariat des clubs professionnels. Il prend en compte le retour d'expérience des précédentes manifestations. Afin d'articuler continuité dans les actions et renouvellement des idées, une partie de ses membres sont des "permanents", qui vont rester membres pendant plusieurs années, et d'autres vont venir de façon plus épisodique ou seulement pendant une courte période.

La participation des anciens élèves aux activités des clubs professionnels d'INTERMINES est subordonnée au paiement de leur cotisation auprès de leur association. Les élèves des Ecoles des Mines sont invités à participer à nos rencontres. C'est pour eux l'occasion de rencontrer des anciens et de lier un certain nombre de contacts. Sous réserve de l'accord du Bureau, les membres cotisants peuvent inviter des collègues de travail ou des connaissances compétentes dans le domaine de l'énergie à venir avec eux assister aux rencontres organisées par le Club.

Le Club entretient une rubrique sur le site de la Revue : <http://www.mines-revue.org>. Les initiatives, l'enthousiasme des participants, la mutualisation des bonnes volontés constituent des atouts déterminants pour l'organisation des activités. Celles-ci peuvent revêtir différentes formes : conférences-débats, visites d'entreprises, dossiers thématiques dans la Revue des Ingénieurs, parution d'articles dans des revues spécialisées, animation de la rubrique sur le site de la Revue etc...

**François GIGER (CM75)**, Président du Club Energie-Mines  
**Jean-Louis RENAUDOT (N85)**, Secrétaire du Club Energie-Mines

Contact : **Kim Gauthier/Clubs Professionnels Intermines**  
60 bld Saint Michel - 75006 Paris

Tél : 01 46 33 86 29 - Fax : 01 46 33 22 29 - Email : [interminescubs@informines.org](mailto:interminescubs@informines.org)