

The logo for IRSN, featuring the letters 'IRSN' in a bold, sans-serif font. The 'I', 'R', and 'S' are red, while the 'N' is blue.

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

LE POINT DE VUE DE L'IRSN SUR LA SURETE ET LA RADIOPROTECTION DU PARC ELECTRONUCLEAIRE FRANÇAIS EN 2009

RAPPORT DSR N° 383

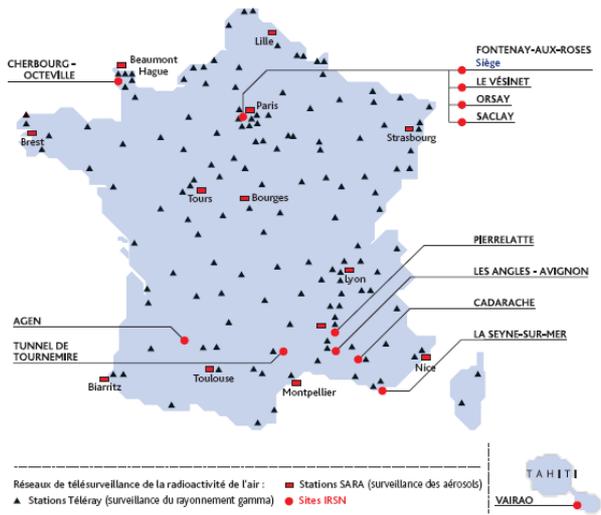
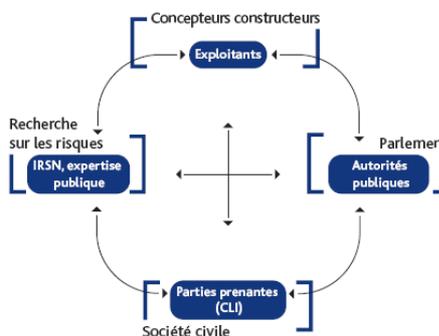
DIRECTION DE LA SURETE DES REACTEURS

Faire avancer la sécurité nucléaire en France et dans le monde

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) créé par la loi 2001-398 du 9 mai 2001 est l'expert public national en matière de risques nucléaires et radiologiques. L'IRSN contribue à la mise en œuvre des politiques publiques relatives à la sûreté et la sécurité nucléaires, la protection de la santé et de l'environnement contre les effets des rayonnements ionisants. Organisme de recherche et d'évaluation, l'IRSN agit en concertation avec toutes les parties concernées par ces politiques tout en préservant son indépendance de jugement.

ORGANISME FRANÇAIS DE SÛRETÉ, SÉCURITÉ ET RADIOPROTECTION NUCLÉAIRES

- **Les exploitants** sont responsables de la sûreté de leurs installations. Ils doivent démontrer la pertinence des solutions techniques et organisationnelles retenues à cet effet (dossiers de sûreté et études d'impact des rejets).
- **Les pouvoirs publics** (les ministères, l'Autorité de sûreté nucléaire – ASN, le Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense – DSND) définissent les politiques de sûreté, de sécurité et de radioprotection nucléaires. Ils organisent et mettent en œuvre des contrôles conformément à la loi 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et la sûreté en matière nucléaire.
- **L'IRSN** évalue les dossiers soumis par les exploitants et fournit ses avis et recommandations aux différentes autorités compétentes. Il analyse en permanence les retours d'expérience concernant l'exploitation des installations. Il évalue l'exposition de l'homme et de l'environnement aux rayonnements et propose des mesures pour protéger la population dans l'hypothèse d'un accident. La sûreté nucléaire étant essentiellement basée sur la science, l'IRSN renforce constamment son expertise par des activités de recherche, habituellement dans un cadre international.
- **Les Comités locaux d'information (CLI) et le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sûreté nucléaire (HCTISN)** réunissent les acteurs sociétaux concernés par les installations nucléaires. Ils constituent des organes privilégiés pour l'accès à l'information en matière de sûreté, de sécurité, de santé publique et de protection de l'environnement.



DOMAINES DE COMPÉTENCE ESSENTIELS DE L'IRSN – R&D ET EXPERTISE OPÉRATIONNELLE

- Sûreté et sécurité nucléaire
 - Réacteurs
 - Cycle du combustible
 - Gestion des déchets
 - Transports des matières radioactives
 - Sources radioactives
- Radioprotection des personnes (y compris les patients) et de l'environnement
- Gestion des urgences nucléaires et radiologiques et capacité d'intervention opérationnelle
- Formation et éducation
- Gestion de l'information et interaction avec les parties prenantes et le public

Chiffres clés de l'IRSN
1 786 personnes
1 200 chercheurs et experts
321 M€ (budget 2010)

AVANT PROPOS

L'IRSN consacre des ressources importantes à une veille technique permanente de l'état de la sûreté du parc des 58 réacteurs électronucléaires français. Cette activité d'analyse, réalisée à partir des informations transmises par les centrales à l'ASN et l'IRSN notamment après chaque évènement, même mineur, permet de faire avancer la sûreté d'une part à partir de l'examen des enseignements à tirer des incidents les plus significatifs, d'autre part à partir de l'observation de tendances qui contribuent à orienter les études et recherches menées par l'Institut.

Avec presque une année de recul, nécessaire à la consolidation et à l'analyse des informations, l'IRSN rend public son rapport annuel de synthèse sur cette activité de veille pour l'année 2009. Ce rapport permettra aux parties prenantes - et plus largement au public - de mieux comprendre les questions concrètes de sûreté associées à l'exploitation des centrales, à travers la mise en évidence des difficultés rencontrées, mais aussi des progrès et efforts réalisés par EDF.

Ce rapport ne prétend pas à un exposé exhaustif des sujets impliquant la sûreté et la radioprotection dans les centrales nucléaires. Il présente une évaluation globale de la sûreté du parc en exploitation, en mettant en évidence des tendances d'évolution de certains paramètres significatifs pour la sûreté des installations. Il décrit ensuite une dizaine d'évènements ou incidents particulièrement riches d'enseignements dans l'optique d'une recherche permanente de l'amélioration de la sûreté. Pour chaque sujet évoqué, le rapport fait état des résultats de l'analyse menée par l'IRSN.

L'année 2009 a montré à nouveau, malgré les efforts de prévention réalisés, une très forte prépondérance du « facteur humain » (85%) à l'origine des incidents significatifs, la plupart sans conséquences notables. La complexification et la constante évolution des installations et des règles d'exploitation, ainsi que les contraintes organisationnelles fortes qui pèsent sur le personnel d'exploitation, notamment lors des chantiers associés aux « arrêts de tranche », sont des facteurs identifiés de contribution aux évènements de sûreté ou de radioprotection survenant dans les centrales nucléaires.

Par ailleurs, il y a lieu de souligner que des progrès continuent d'être enregistrés en matière de radioprotection, avec une poursuite de la baisse de la dosimétrie individuelle ; toutefois, plusieurs incidents notables sont survenus, particulièrement lors d'opérations classiques de radiographie industrielle effectuées sur les chantiers de maintenance. En d'autres circonstances, de tels incidents auraient pu avoir de graves conséquences en termes d'irradiation accidentelle d'intervenants.

Parmi les incidents de sûreté notables, le rapport présente en particulier l'incident de perte de la « source froide » d'une tranche du site de Cruas, dû à son obstruction soudaine de la prise d'eau alimentant le système de refroidissement du réacteur par une masse de végétaux. Cet incident qui a conduit à la mise en place de l'organisation nationale de crise rappelle l'importance du point de vue de l'IRSN, de ne jamais sous-évaluer les risques associés aux agressions naturelles envisageables.

De même, plusieurs anomalies génériques ont affecté en 2009 des matériels ou composants importants pour la sûreté, en particulier les tubes de générateurs de vapeur, sur lesquelles le rapport présente l'analyse de l'Institut.

Souhaitant que ce rapport réponde à vos attentes d'information, je vous en souhaite une bonne lecture, et reste à votre écoute dans une perspective d'amélioration continue.

Jacques REPUSSARD

Directeur Général de l'IRSN

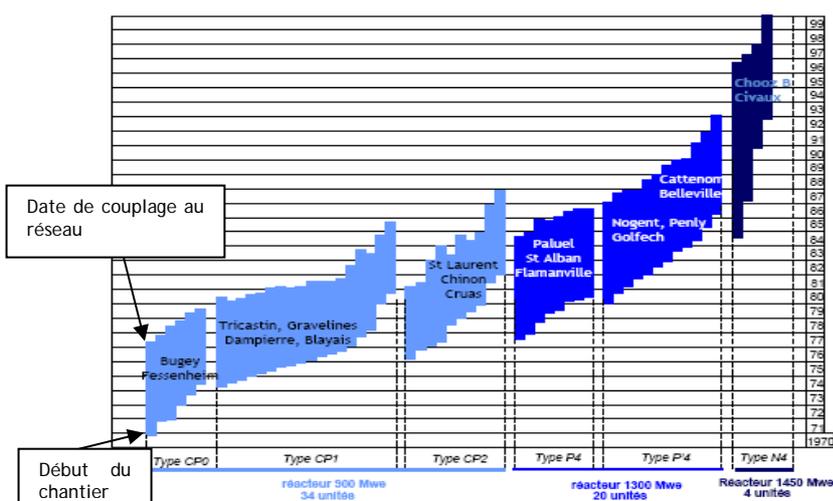
SOMMAIRE

AVANT PROPOS	2
SOMMAIRE	3
INTRODUCTION ET SYNTHESE	4
EVALUATION GLOBALE DE LA SURETE DU PARC EN EXPLOITATION	7
La sûreté de l'exploitation en 2009 les tendances	8
EVENEMENTS ET INCIDENTS	19
Vulnérabilités de la « source froide »	20
Tassements différentiels à la centrale de Dampierre	29
Événements concernant la radioprotection	32
Incident survenu lors d'un contrôle de soudure par gammagraphie	37
Corrosion des tubes des générateurs de vapeur du réacteur n°3 de la centrale du Bugey	42
ANOMALIES GENERIQUES	46
Défauts de qualités lors des opérations de maintenance et les non-conformités de matériels aux exigences de qualification.....	47
Fissurations de piquages de faible diamètre	50
Mélanges de graisses dans des équipements appelés à fonctionner dans des situations accidentelles	54
LES EVOLUTIONS SIGNIFICATIVES	57
Évolution des spécifications radiochimiques	58
Effet sur la sûreté de l'augmentation du taux de bouchage des tubes de générateurs de vapeur	61
Facteurs organisationnels et humains lors de la conception des modifications d'installations	66
DEFINITIONS ET ABREVIATIONS	71
CREDIT PHOTO	72

Les mots écrits en [bleu et soulignés](#) renvoient à des liens. Ces liens sont actifs sur www.irsn.fr.

INTRODUCTION ET SYNTHÈSE

Ce rapport présente le point de vue de l'IRSN sur la sûreté et la radioprotection dans l'exploitation du parc national électronucléaire d'EDF au cours de l'année 2009. Comme les années précédentes, il ne vise pas à l'exhaustivité mais plutôt à mettre en relief les points jugés significatifs par l'IRSN. Ce rapport comporte quatre parties. Dans un premier volet, l'IRSN présente les principales tendances qui se dégagent de son examen global de la sûreté et de la radioprotection du parc en exploitation pour l'année 2009. Le second volet traite des événements qui, par leur incidence sur la sûreté, ont marqué l'année; il présente également une synthèse des événements qui ont trait à la radioprotection des personnels. Le troisième volet est consacré aux anomalies dites génériques, c'est-à-dire affectant plusieurs centrales. Le dernier volet traite des évolutions significatives mises en œuvre ou planifiées par EDF : il peut s'agir de modifications ou d'aménagements dans l'exploitation des centrales destinés à répondre à des questions de sûreté, mais aussi à des contraintes économiques.



La mise en service des 58 réacteurs à eau sous pression du parc national électronucléaire EDF en exploitation s'est échelonnée de 1977 à 1999. Ces réacteurs sont regroupés en paliers. Chaque palier rassemble les réacteurs de même puissance, dont la conception est standardisée. Ces réacteurs sont implantés sur 19 sites.

La sûreté et la radioprotection exigent une vigilance permanente de l'ensemble des acteurs impliqués, elles ne sont jamais définitivement acquises, elles doivent rester une priorité et toujours progresser, l'exploitant conservant, en tout état de cause la responsabilité de la sûreté de ses installations. Pour l'IRSN, progresser passe tout d'abord par l'examen attentif et la prise en compte du retour d'expérience national et international, ainsi que des connaissances scientifiques nouvelles issues de la recherche. Cette démarche est permanente et garantit la pertinence des expertises.

L'examen de l'exploitation du parc des réacteurs au cours de l'année 2009 ne met pas en évidence d'évolutions significatives pour les principales tendances relevées au cours des deux précédentes années 2007 et 2008. L'IRSN note en particulier deux tendances qui restent fortes. L'une porte sur les défauts en matière de qualité des interventions de maintenance, dont les causes peuvent être diverses : une préparation

insuffisante d'interventions, une réalisation incorrecte ou des contrôles défectueux. L'autre se rapporte aux difficultés d'appropriation des référentiels d'exploitation par les exploitants des centrales, dont l'évolution continue rend complexe la déclinaison dans les documents opératoires. C'est un facteur important de non-conformités aux spécifications techniques d'exploitation, dont le nombre est toujours aussi élevé.

Malgré de grandes disparités entre les centrales, la majorité des événements significatifs, environ 85 %, ont pour origine une défaillance d'origine organisationnelle ou humaine. Plusieurs plans d'actions élaborés au niveau national ont été mis en œuvre en vue d'améliorer les pratiques, les organisations et les modes de management. Si, sur le fond, ces plans sont effectivement de nature à améliorer la sûreté de l'exploitation et la radioprotection, leur efficacité réelle dépend par contre de la manière dont chaque centrale les priorise et les décline. Elle dépend aussi de la manière dont les acteurs de terrain les perçoivent en regard de leurs pratiques habituelles et donc se les approprient. Cette appropriation repose fortement sur l'accompagnement prodigué par les services centraux d'EDF concernant ces plans d'actions et les évolutions de référentiel qu'ils induisent. Tous ces facteurs peuvent expliquer en partie les fortes disparités de performances entre centrales. Outre la complexification des règles d'exploitation et les difficultés d'appropriation de ces règles par les acteurs de terrain, un autre facteur important d'aléas réside dans les conditions d'exploitation très contraignantes et tendues qu'imposent les objectifs de productivité du parc, en particulier lors des arrêts de tranche pour maintenance et rechargement, au cours desquels on constate un nombre élevé d'événements significatifs, en augmentation sur certains paliers du parc.

Sur le plan de la gravité des incidents, l'IRSN note qu'aucun incident n'a eu de conséquence importante pour l'état de l'installation, l'environnement, la santé des travailleurs et de la population. L'IRSN souligne toutefois l'incident survenu à la centrale de Cruas en décembre 2009, où une arrivée massive de végétaux a bloqué l'alimentation en eau d'une des stations de pompage de la centrale, conduisant à la perte totale du circuit de refroidissement des systèmes importants pour la sûreté du réacteur n°4. Cet incident, bien géré par l'exploitant de la centrale, a été classé au niveau 2 de l'échelle internationale INES. D'autres incidents de perte partielle de la «source froide», survenus en 2009, sont exposés dans ce rapport. Ils montrent qu'une grande vigilance doit être maintenue à l'égard des risques d'agression naturelle et notamment des risques de perte de la «source froide». Ce sujet, mis en avant par l'IRSN depuis plusieurs années, fera l'objet d'approfondissements en 2010. Le second incident, déclaré par un prestataire, et classé au niveau 2 de l'échelle internationale INES en 2009, est survenu dans la centrale de Flamanville ; il s'agit d'une irradiation accidentelle d'un opérateur lors d'un tir de contrôle gammagraphique. Bien que la dose reçue ait été faible, l'importance des conséquences possibles d'un tel incident a motivé une analyse plus approfondie de l'incident par l'IRSN.

Plusieurs anomalies affectant l'installation ou certains matériels, dont certaines génériques sur le parc, ont fait l'objet d'examen par l'IRSN en 2009. Le traitement des anomalies génériques s'étend généralement sur plusieurs années. Certaines d'entre elles, découvertes ou en cours de traitement en 2009, sont présentées dans ce rapport. La détection de fissures circulaires dans la paroi externe des tubes d'un générateur de vapeur du réacteur n°3 de la centrale de Bugey a en particulier fait l'objet de nombreuses investigations et d'une forte mobilisation de l'IRSN du fait de la nouveauté de ce type de défaut. Mis à l'arrêt en mai 2009, le réacteur ne

redémarrera qu'à la fin de l'année 2010, après remplacement à titre préventif de ses trois générateurs de vapeur. D'autres anomalies ont pour origine des défauts de qualité de la maintenance, en augmentation sur le parc au cours des dernières années, avec des conséquences pour la sûreté variables suivant le matériel concerné. Certaines anomalies peuvent remettre en cause la qualification des matériels pour leurs utilisations en situation accidentelle.

L'IRSN a exposé dans son [rapport public relatif à l'année 2008](#) un incident survenu à la centrale de Tricastin où deux assemblages combustibles étaient restés accrochés aux équipements internes supérieurs lors des opérations d'enlèvement de ces équipements. Deux incidents similaires sont survenus en 2009, l'un sur le réacteur n°1 de la centrale de Gravelines en août, l'autre sur le réacteur n°2 de la centrale du Tricastin en novembre. Comme en 2008, les assemblages combustibles concernés ont pu être décrochés sans conséquence pour le personnel et pour l'environnement. Bien que ces deux événements aient été suivis attentivement par l'IRSN, ils ne sont pas détaillés dans le présent rapport, le lecteur pourra se reporter à l'exposé dans le rapport public relatif à l'année 2008. Le renouvellement d'un tel incident montre que les actions correctives mises en place sur le parc après l'incident de Tricastin en 2008 n'étaient pas suffisantes. EDF a donc mené des études complémentaires qui l'ont conduit à renforcer les opérations de contrôle.

Les installations et leurs modes d'exploitation ne sont pas figés dans le temps. Des motivations diverses, qui relèvent de la sûreté, de la radioprotection, de la disponibilité, ou encore d'aspects économiques, entraînent des évolutions qui peuvent être d'ordre technique ou organisationnel. Plusieurs évolutions significatives ont fait l'objet d'examens par l'IRSN en 2009, dont trois sont exposées dans le présent rapport.

La perte d'étanchéité de gaines de combustibles dans les réacteurs de 1300 MWe au début des années 2000 (avec pollution radiologique de l'eau du circuit primaire), avait conduit EDF à renforcer les critères de radioactivité de l'eau du circuit primaire, fixés dans les spécifications radiochimiques de ces réacteurs, pour lesquels des actions de conduites sont prescrites. EDF a depuis corrigé les anomalies de conception à l'origine des pertes d'étanchéité de gaines, et souhaite revenir à des spécifications communes pour l'ensemble des réacteurs du parc. Ce sujet est en cours d'instruction.

A l'occasion de chaque arrêt de réacteur pour rechargement de combustible, les tubes des générateurs de vapeur sont contrôlés afin de détecter des défauts précurseurs de fuites, voire de ruptures lors du fonctionnement du réacteur. Ainsi, à titre préventif, EDF procède au bouchage de tubes à chaque arrêt pour rechargement de réacteur. Toutefois, les taux de bouchage désormais atteints peuvent avoir un impact significatif sur le fonctionnement du réacteur, d'où la nécessité d'études pour évaluer leur impact sur la sûreté et apprécier leur acceptabilité.

La prise en compte des facteurs organisationnels et humains lors de la conception des modifications est primordiale pour une exploitation sûre des installations. Un nombre significatif de modifications est engagé ou prévu dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux visites décennales des réacteurs. A cet effet, EDF a défini une démarche structurée pour prendre en compte les facteurs humains et organisationnels lors de la conception des modifications. L'IRSN a analysé en 2009 cette démarche et son déploiement.

Définitions et abréviations

1300 MWe : Réacteur nucléaire français de 1300 MWe

900 MWe : Réacteur nucléaire français de 900 MWe

ASN : Autorité de sûreté nucléaire

BAN : Bâtiment des auxiliaires nucléaires

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

Bore : Le bore est un élément chimique de symbole B, son numéro atomique est 5. Il a la propriété d'absorber les neutrons et est utilisé de ce fait pour le contrôle de la réaction en chaîne.

ASG : Système d'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur. Ce système a pour rôle l'alimentation en eau des générateurs de vapeur (GV) toutes les fois où elle est impossible à réaliser par le poste d'eau. C'est un circuit de sauvegarde qui, lors d'accidents ou d'incidents entraînant l'indisponibilité de l'alimentation normale des GV, assure l'alimentation en eau de ceux-ci, permettant ainsi l'évacuation de la puissance résiduelle.

DVH : Système de ventilation du local des pompes d'injection de sécurité à haute pression

DVN : Système de ventilation du bâtiment des auxiliaires nucléaires

EAS : Système (de sauvegarde) d'aspersion dans le bâtiment abritant le réacteur

[INES](#) : International Nuclear Event Scale, échelle internationale des événements nucléaires donnant une appréciation de la gravité d'un événement nucléaire

MWe : Le mégawatt électrique est l'unité de la puissance fournie au réseau électrique par une centrale nucléaire

RCV : Système de contrôle chimique et volumétrique du circuit primaire

Réaction en chaîne : Dans le domaine du nucléaire, une réaction en chaîne se produit lorsqu'un neutron cause la fission d'un atome fissile en produisant plusieurs neutrons qui à leur tour produisent d'autres fissions

REP : Réacteur à eau sous pression

Réservoir PTR : Réservoir d'eau borée de grande capacité qui alimente les circuits d'injection de sécurité (RIS) et d'aspersion dans l'enceinte (EAS)

RIS : Système d'injection de sécurité d'eau borée dans le cœur

RRI : Système de réfrigération intermédiaire

Salle des machines : bâtiment abritant le turbo-alternateur qui produit l'électricité

Sievert : Unité légale de dose efficace qui permet de rendre compte de l'effet biologique produit par une dose absorbée donnée sur un organisme vivant. L'équivalent de dose n'est pas une quantité physique mesurable ; elle est obtenue par le calcul. Elle dépend de l'énergie transmise aux tissus, du type de rayonnement et du tissu atteint

SEC : Système d'alimentation en eau brute secours (assure le refroidissement de l'eau du système RRI)

Taux de combustion : rapport exprimant le nombre de noyaux fissiles ayant connu une fission sur le nombre initial de ces noyaux

TEG : Système de traitement des effluents gazeux qui recueille les effluents gazeux du circuit primaire générés par l'exploitation du réacteur

VD3 : 3ème visite décennale d'un réacteur nucléaire

Crédit photo

Page 7 : photo Noak/Le bar Floréal/IRSN

Page 23 : photo EDF

Page 39 : photo INRS

Page 45 : photo ZETEC

Page 55 : photo EDF - centrale de Chooz B

Page 60 : photo AREVA-photothèque

Pages 4, 8, 10 à 18, 20 à 22, 26, 29, 33, 34, 38, 39, 42, 50, 51, 52, 59, 62, 63, 67, 68 : illustrations IRSN