

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

LE POINT DE VUE DE L'IRSN SUR LA SURETE ET LA RADIOPROTECTION DU PARC ELECTRONUCLEAIRE FRANÇAIS EN 2011

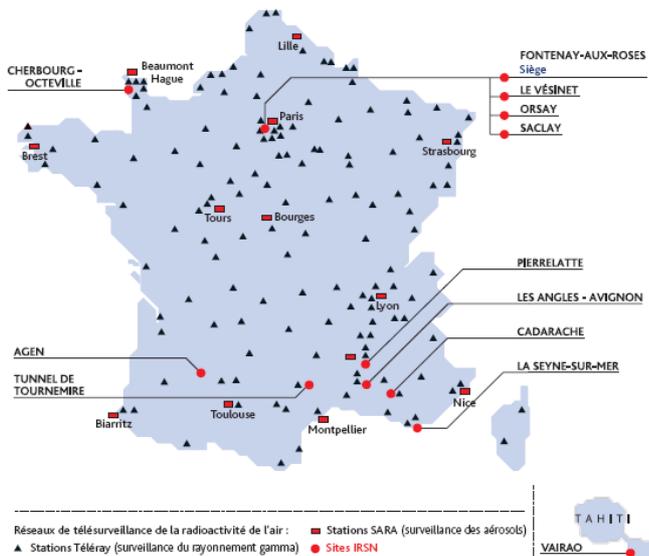
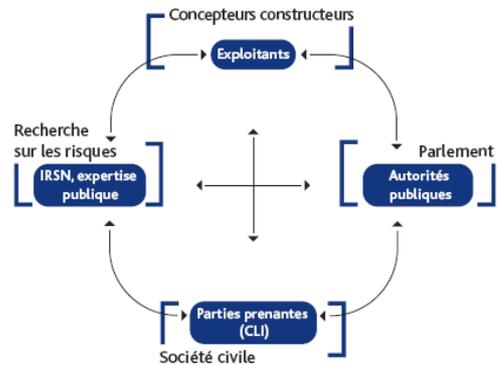
RAPPORT IRSN/DG/2013-00001

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

En matière de sûreté nucléaire, comme dans bien d'autres domaines faisant appel à des technologies complexes, le diable est souvent dans les détails, et un accident sérieux peut résulter d'un enchaînement malheureux d'évènements sans gravité particulière pris individuellement. Ces technologies sont par nature faillibles, et elles peuvent aussi être affectées par des perturbations venues de leur environnement. La sûreté des installations repose donc sur l'anticipation correcte des dispositions nécessaires pour faire en sorte que ces défaillances ou agressions externes restent sans conséquence majeure. Dispositions dont l'efficacité repose essentiellement sur la disponibilité effective des équipements importants pour la sûreté redondants ou de secours, sur la qualité des procédures de conduite, automatiques ou manuelles, et sur la compétence et l'entraînement des opérateurs.

La qualité de la maintenance, l'exhaustivité des études des nombreux scénarios possibles d'incidents et de traitement de leurs conséquences possibles, l'appréciation correcte des incertitudes et des marges disponibles, la recherche systématique des enseignements à tirer des incidents, même mineurs, qui surviennent réellement dans les centrales nucléaires et de leur gestion par les opérateurs, sont donc des paramètres essentiels pour la sûreté. Ces différents éléments font en permanence l'objet d'évaluations approfondies tant par EDF que par l'IRSN, qui y consacre des moyens importants en réalisant des études et analyses critiques indépendantes de celles de l'exploitant.

Il est également très important, de mon point de vue, que les principaux résultats de ce travail minutieux des ingénieurs et experts en sûreté soient connus, et reconnus pour leur contribution significative au progrès permanent de la sûreté et de la protection des opérateurs vis-à-vis de l'exposition aux rayonnements ionisants. Il en va de la capacité de la société à exercer sa vigilance au regard du maintien de conditions satisfaisantes de sûreté.

C'est pourquoi l'IRSN publie chaque année un rapport offrant, sur la base de l'appréciation indépendante de l'institut, une vision d'ensemble des avancées et difficultés rencontrées en matière de sûreté et de radioprotection sur l'ensemble du parc des réacteurs électronucléaires français. Ce rapport est publié avec le temps de recul nécessaire à l'appréhension des leçons tirées des évènements et des études réalisées, et celui-ci porte donc sur l'année 2011. L'accident de Fukushima, survenu en mars 2011, a généré une très forte focalisation des spécialistes de sûreté tant chez EDF qu'à l'IRSN et à l'ASN sur les enjeux de sûreté associés aux situations extrêmes que peuvent rencontrer des installations nucléaires; il n'a cependant pas détourné, bien au contraire, l'attention portée par l'IRSN à l'ensemble des actions de toute nature qui se conjuguent au quotidien pour assurer les meilleurs résultats possibles en matière de sûreté et de radioprotection.

Je vous souhaite une agréable lecture de ce rapport.

Jacques REPUSSARD

Directeur Général de l'IRSN

SOMMAIRE

AVANT PROPOS	2
SOMMAIRE.....	3
INTRODUCTION ET SYNTHÈSE.....	4
EVALUATION GLOBALE DE LA SÛRETÉ ET DE LA RADIOPROTECTION DU PARC EN EXPLOITATION.....	6
La sûreté de l'exploitation en 2011 : les tendances	7
La radioprotection en exploitation : les tendances.....	17
EVENEMENTS, INCIDENTS, ANOMALIES	26
Anomalies d'études dans la démonstration de sûreté	27
Déséquilibre de débit entre lignes d'injection de sécurité des réacteurs de 900 MWe.....	33
Défauts dans une pénétration du fond de cuve du réacteur n° 1 de la centrale de Gravelines ..	36
Anomalies concernant des supports de tuyauteries.....	41
Incident survenu le 4 mai 2011 au réacteur n° 1 de la centrale nucléaire du Tricastin	45
Défaillances d'origine humaine ou organisationnelle dans la surveillance des réacteurs.....	49
EVOLUTIONS SIGNIFICATIVES.....	53
La démarche d'EDF pour une amélioration continue de la sûreté	54
Maîtrise des effets du vieillissement des réacteurs.....	58
Température ambiante élevée pour les pompes d'injection de sécurité	64
Les cœurs mixtes.....	67
Nouveaux obturateurs pour intervenir dans les boîtes à eau des générateurs de vapeur.....	72
Risque de boilovert au voisinage de la centrale de Gravelines	77
DEFINITIONS ET ABREVIATIONS.....	81

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

INTRODUCTION ET SYNTHÈSE

L'accident survenu à la centrale japonaise de Fukushima Daiichi est à l'évidence, l'événement qui aura marqué l'année 2011. Cet accident n'a pas eu de conséquence directe sur l'exploitation des réacteurs du parc national d'EDF ; par contre il a conduit à s'interroger sur la robustesse des réacteurs et des organisations face à des situations extrêmes non prises en compte dans le dimensionnement des installations. Sans attendre que soient tirés tous les enseignements de cet accident, ce qui demandera plusieurs années, des actions ont été engagées dès avril 2011, selon des directives fixées par le gouvernement. Dans ce cadre, l'ASN a demandé aux exploitants nucléaires français de réaliser des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) de leurs installations. Les ECS visent à prendre en compte les premiers enseignements des événements survenus à la centrale de Fukushima Daiichi, en évaluant la résistance des installations nucléaires françaises à des scénarios extrêmes. L'analyse par l'IRSN des ECS réalisées par les exploitants a fait l'objet d'un [rapport](#) diffusé en novembre 2011. Les ECS ont conduit à définir une démarche innovante, découplée de la démarche de sûreté habituelle (réexamens de sûreté) ; elles visent à compléter les dispositions de sûreté existantes en vue de conférer aux installations une meilleure robustesse face à des situations non considérées jusqu'à présent dans les référentiels de sûreté. EDF a transmis en juin 2012 un dossier d'études proposant les dispositions qu'il envisage de prendre, qualifiées de « noyau dur ». L'avis de l'IRSN sur les propositions d'EDF sera présenté dans le prochain rapport public annuel de l'IRSN portant sur l'année 2012.

Le présent rapport, qui porte sur l'année 2011, comporte trois parties. La première partie présente les principales tendances que l'IRSN dégage de son examen global de la sûreté et de la radioprotection du parc en exploitation pour l'année 2011. La seconde partie présente certains événements, incidents ou anomalies survenus cette même année, parmi ceux considérés comme marquants par l'IRSN. Enfin, la troisième partie expose, sous le vocable « évolutions significatives », des sujets dont l'intérêt pour la sûreté a nécessité des études et des évaluations approfondies de l'IRSN.

Pour ce qui concerne l'exploitation des réacteurs du parc national d'EDF, l'IRSN n'a pas relevé d'incident susceptible d'affecter de manière significative la sûreté des installations, l'environnement ou la population. Bien qu'il existe des disparités parfois importantes entre centrales, le nombre total d'événements significatifs pour la sûreté (ESS) déclarés en 2011 par EDF a été sensiblement le même qu'en 2010. L'IRSN a constaté une nouvelle hausse du nombre des ESS pendant les arrêts des réacteurs pour rechargement de combustible et maintenance ; les différents dispositifs organisationnels et de management déployés jusqu'à présent en vue d'améliorer les performances, n'ont pas montré jusqu'à présent une efficacité suffisante.

L'IRSN observe des évolutions positives dans des domaines de la conduite des réacteurs, mais certaines tendances négatives persistent. L'IRSN pointe en particulier deux domaines qui doivent faire l'objet d'améliorations : celui des non-conformités aux spécifications techniques d'exploitation, dont le nombre reste élevé et, bien que les causes soient diverses, traduisent en général des difficultés et des aléas mal maîtrisés dans l'exploitation ; celui de la maintenance, le nombre d'anomalies de matériels liées à la maintenance ayant augmenté en 2011, confirme la tendance déjà observée depuis plusieurs années. Bien que ces non-conformités et anomalies soient détectées assez tôt pour éviter des dégradations, significatives de la sûreté, l'IRSN considère que la situation doit être améliorée. En effet, l'expérience montre que le niveau de fiabilité des matériels peut jouer un rôle essentiel dans l'évolution d'une situation incidentelle si plusieurs défaillances se cumulent ; c'est ce que montre en particulier un incident survenu sur le réacteur n°1 de la centrale du Tricastin, présenté dans la seconde partie du rapport ; la qualité de la maintenance participe à la fiabilité et présente donc un enjeu pour la sûreté des installations.

En matière de radioprotection, l'IRSN note que la majorité des travailleurs exposés a cumulé, sur 12 mois glissants, une dose efficace inférieure à la limite de dose fixée pour les personnes du public (1 mSv). Le nombre de travailleurs exposés ayant reçu une dose individuelle comprise entre 16 et 20 mSv (limite réglementaire) sur 12 mois glissants reste quant à lui très faible (2 personnes en 2011 contre 3 en 2010 et 10 en 2009). La dose collective reçue par les travailleurs augmente de l'ordre de 15 % en 2011 par rapport à l'année 2010. Mais ce résultat est à mettre en perspective avec l'augmentation du volume de maintenance réalisé en 2011, qui devrait encore s'accroître dans les années à venir. Dans ce contexte, les efforts d'EDF devront rester soutenus, voire renforcés. Concernant la radioprotection des travailleurs, le nombre annuel d'événements significatifs déclaré pour le parc des réacteurs d'EDF est resté stable au cours des trois dernières années. L'IRSN observe néanmoins une augmentation du nombre de déclarations d'événements liés à des défauts de signalisation ou à des non-respects des conditions d'accès en zone contrôlée ; des progrès restent donc à réaliser dans ces domaines.

Une anomalie peut concerner un matériel, mais aussi des études de conception, ou même la conduite du réacteur. Certaines de ces anomalies dégradent ou sont susceptibles de dégrader significativement la sûreté d'un réacteur. Elles font alors l'objet d'analyses et d'un suivi par l'IRSN. Quelques-unes d'entre elles, jugées particulièrement significatives par l'IRSN, sont présentées dans la seconde partie du rapport.

Les réacteurs nucléaires français font par ailleurs l'objet de modifications tout au long de leur exploitation, en particulier dans un objectif d'une d'amélioration continue de la sûreté. Ces modifications résultent pour la plupart d'études réalisées dans le cadre des réexamens de sûreté des réacteurs, réalisés tous les dix ans. Loin de se limiter à une simple vérification de conformité à ce qui a été défini lors de la conception, ces réexamens conduisent à définir de nouvelles exigences de sûreté et à réaliser les modifications associées. C'est aussi le cas pour certains sujets dont l'étude, menée en parallèle des réexamens de sûreté, conduit à des évolutions, comme par exemple le dossier « grands chauds », qui tire les enseignements de la période caniculaire de 2003. Cette démarche a démontré toute sa pertinence dans le cadre des évaluations complémentaires de sûreté mentionnées plus haut ; certaines améliorations qu'il est alors apparu nécessaire de réaliser avaient déjà été discutées, voire programmées lors des réexamens de sûreté. Dans l'ensemble des évolutions, s'inscrit le souhait d'EDF exprimé en 2010, de prolonger la durée de fonctionnement des réacteurs du parc en exploitation au-delà de 40 ans, en y adossant un programme d'amélioration de leur niveau de sûreté. Les propositions d'EDF à ce sujet ont fait l'objet en 2011 d'un examen détaillé par l'IRSN.

Définitions et abréviations

1300 MWe : Réacteur nucléaire français de 1300 MWe

900 MWe : Réacteur nucléaire français de 900 MWe

ASN : Autorité de sûreté nucléaire

ANDRA : Agence Nationale pour la gestion des Déchets RadioActifs

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 la maîtrise 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) chaque fois qu'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, 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 calcul. Elle dépend de l'énergie transmise aux tissus, du type de rayonnement et du tissu atteint

SEC : Système d'alimentation en eau brute secouru (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 résultant de l'exploitation du réacteur

VD3 : 3ème visite décennale d'un réacteur nucléaire

Crédit photo/images

EDF : Pages 35, 37, 42, 43, 44, 51, 59, 72(photo), 73, 75,

IRSN : Pages 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 23, 27, 28, 33, 34, 36, 38, 39, 45, 46, 57, 60, 66, 67, 68, 72(croquis), 77, 78, 79.