



**FAITS
MARQUANTS
EN 2013**

FAITS MARQUANTS EN 2013

La mise en service des 58 réacteurs à eau sous pression du parc national électronucléaire d'EDF, implantés sur 19 sites, s'est échelonnée de 1977 à 1999. Ces réacteurs sont regroupés en paliers, chacun d'entre eux rassemblant des réacteurs de même puissance et de conception standardisée.

Des nouveautés technologiques ont été introduites au fur et à mesure de la conception et de la réalisation des centrales, ce qui explique les différents "types" de réacteurs par palier.

La sûreté et la radioprotection exigent une vigilance permanente de l'ensemble des acteurs impliqués, elles ne sont jamais définitivement acquises, doivent rester une priorité et toujours progresser, l'exploitant conservant, en tout état de cause, la responsabilité de la sûreté de ses réacteurs. Pour l'IRSN, progresser passe toujours par l'examen attentif et la prise en compte,

d'une part du retour d'expérience national et international, d'autre part des connaissances scientifiques nouvelles issues de la recherche. Cette approche est nécessaire pour s'assurer, par exemple, que le vieillissement des équipements ne constitue pas un facteur pouvant abaisser le niveau de sûreté des réacteurs.

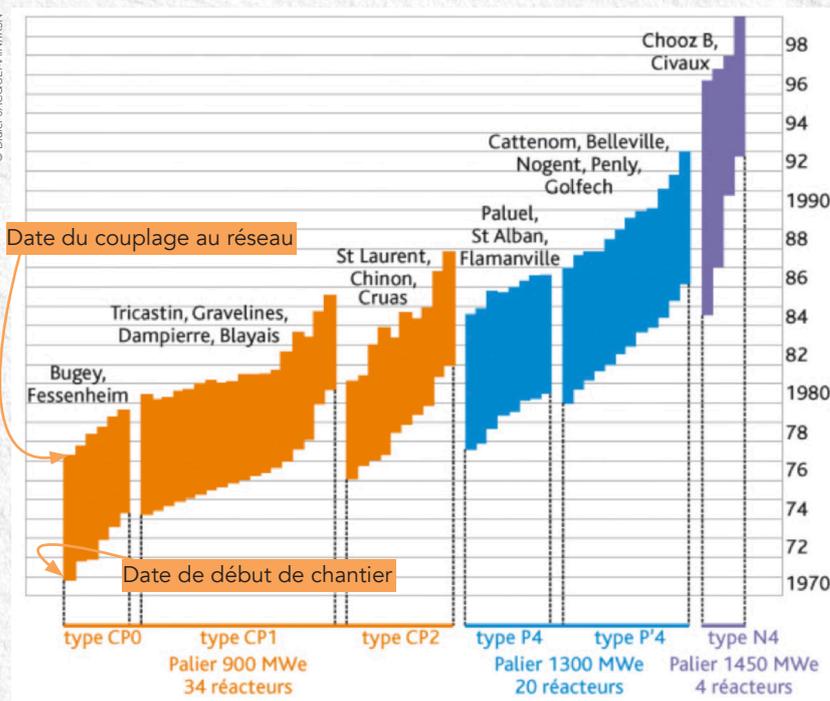
Tous les ans depuis 2008, l'IRSN rend public son point de vue sur la sûreté et la radioprotection des réacteurs électronucléaires français, en soulignant les principales évolutions constatées par rapport aux précédentes analyses réalisées, de façon à mettre en exergue aussi bien les améliorations observées que les axes de progrès à développer.

Ces rapports de l'IRSN visent à informer le public sur les risques liés à l'exploitation des centrales électronucléaires en France et contribuent à apporter des réponses à ses préoccupations vis-à-vis du nucléaire. En effet, comme le montrent les résultats de l'enquête menée en 2013 par l'IRSN avec l'institut BVA* sur la perception par les Français des risques et de la sécurité, dont les risques liés à la radioactivité, les

Pour les Français, les accidents de Fukushima (38 %) et de Tchernobyl (23,2 %) restent les deux événements catastrophiques les plus effrayants loin devant d'autres catastrophes d'origine non nucléaire (pour en savoir plus : » Baromètre IRSN 2014)*

crainces relatives à un accident grave dans une centrale nucléaire restent fortes, même si l'on peut observer un léger recul (- 8 points par rapport à 2011) sur les réponses à la question "Selon vous, un accident dans une centrale nucléaire ayant la même ampleur qu'à Fukushima peut-il se produire en France ?".

A l'instar des années précédentes, le présent rapport qui donne le point de vue de l'IRSN sur la sûreté et la radioprotection du parc électronucléaire français sur l'année 2013 ne se veut pas exhaustif. Il vise à pointer les éléments que l'IRSN a jugés les plus marquants sur la période considérée et sur lesquels il a estimé nécessaire d'informer le public.



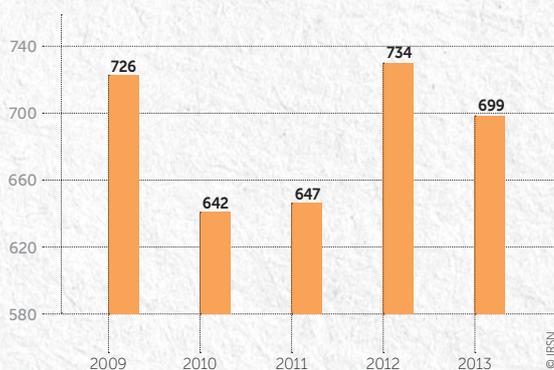
Années de mise en service des 58 réacteurs électronucléaires français.

(*) <http://www.irsn.fr/FR/IRSN/Publications/barometre/Pages/default.aspx>

+ LES PRINCIPALES TENDANCES EN 2013...

L'examen de l'exploitation du parc des réacteurs au cours de l'année 2013 met en évidence une **légère diminution du nombre d'événements significatifs pour la sûreté (ESS)**, par rapport à l'année 2012.

Les exploitants des installations nucléaires de base doivent déclarer à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) les événements significatifs pour la sûreté (ESS), pour la radioprotection (ESR), pour l'environnement (ESE) et pour les transports (EST), quarante-huit heures au plus tard après leur détection. Les ESS peuvent conduire à des conséquences notables pour la sûreté des installations. Les ESR sont susceptibles de porter atteinte à la santé des personnes par exposition aux rayonnements ionisants. Les ESE et les EST ne sont pas traités dans le présent rapport.



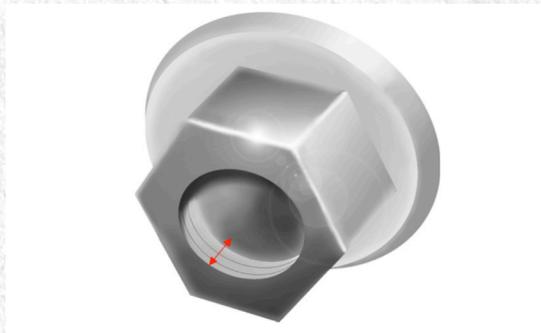
Evolution du nombre d'ESS déclarés entre 2009 et 2013.

L'analyse permet de constater une baisse notable du nombre d'événements liés à la réalisation des essais périodiques, qui est à relier aux nouveaux modes opératoires mis en place par EDF pour améliorer la rédaction des règles d'essais périodiques.

Toutefois, l'analyse de certains types d'événements, en particulier ceux liés aux défauts de pilotage des réacteurs, souligne qu'une attention particulière reste à apporter par EDF au sujet du maintien des compétences de son personnel, dans le contexte actuel de départs massifs à la retraite. La hausse du nombre de sorties du domaine de fonctionnement, dont la durée reste courte (la moitié des événements de ce type est détectée et corrigée en moins de six minutes), fait l'objet d'un suivi attentif de la part de l'IRSN.

Enfin, une augmentation du nombre de défaillances de matériels importants pour la sûreté du réacteur a été observée en 2013. La majeure partie de cette augmentation est imputable à des défauts de conformité sur des robinets qualifiés aux séismes présents dans un grand nombre de systèmes.

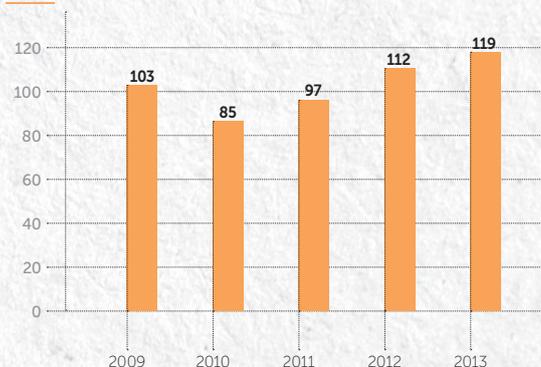
Les origines sont variées : corrosion ou fatigue mécanique d'équipements, non-conformités d'ancrages, vis trouvées desserrées ou vis absentes etc.



Vis d'ancrage trop courte.

Ces écarts, corrigés par l'exploitant, sont le plus souvent génériques, c'est-à-dire susceptibles d'affecter plusieurs réacteurs sur le même site ou plusieurs réacteurs de même puissance voire l'ensemble des réacteurs du parc. Les écarts sont souvent mis en évidence à l'occasion de contrôles périodiques, effectués lors des arrêts programmés des réacteurs. L'IRSN estime qu'EDF devrait accélérer le déploiement de son programme de contrôles et élargir son périmètre d'application à d'autres équipements.

En matière de radioprotection, **l'augmentation du nombre d'événements significatifs pour la radioprotection (ESR)** constatée depuis 2010 s'est poursuivie en 2013. Cependant, excepté un événement qui a entraîné une importante contamination corporelle d'un intervenant, la grande majorité des ESR survenus en 2013 n'a pas entraîné de conséquences notables sur la santé des personnes ou sur l'environnement.



Evolution du nombre d'ESR déclarés entre 2009 et 2013.

L'analyse montre une légère hausse du nombre de défauts d'accès en zone contrôlée. Pour y remédier, EDF a établi un plan d'actions qui sera décliné sur tous les sites afin d'améliorer la prise en compte des risques

radiologiques lors des travaux en **zone contrôlée** et notamment le renforcement de la préparation des activités dans ces zones.

Zone contrôlée : zone soumise à une réglementation spéciale pour des raisons de protection contre les rayonnements ionisants et de confinement de la contamination radioactive et dont l'accès est réglementé. Le port d'un dosimètre y est obligatoire.

De même, la réalisation d'opérations de radiographie industrielle, destinées principalement à contrôler l'état des soudures au niveau des tuyauteries en utilisant une source radioactive, a été à l'origine d'un accroissement du nombre d'ESR en 2013. Malgré la mise en place par EDF d'actions pour améliorer la préparation, la coordination, l'anticipation et la surveillance de la réalisation de ces opérations, l'IRSN estime qu'une attention particulière est à accorder par EDF aux conditions de réalisation de ces opérations (planification...). Par ailleurs, l'analyse réalisée montre que les efforts menés par EDF depuis l'année 2009 visant à un meilleur respect des règles de radioprotection par les intervenants doivent être poursuivis et renforcés, car le nombre d'événements significatifs correspondants est en augmentation. La majorité de ces événements concernent l'absence de port du dosimètre lors de l'accès des intervenants dans une zone contrôlée.

Le nombre d'événements significatifs (ES) : quel sens donner réellement à cet indicateur ?

Pour l'IRSN, le nombre d'ES ne constitue pas à lui seul une "image quantifiée" de la rigueur d'exploitation et les variations de ce nombre ne peuvent pas être directement liées à une variation du "niveau de sûreté ou de radioprotection" qui serait meilleur ou moins bon qu'avant. Ces ES sont par contre le reflet de difficultés qu'il s'agit d'analyser et de comprendre en tant qu'alertes pour trouver les pistes pertinentes qui amélioreront la sûreté et la radioprotection des installations lors de leur exploitation.

+ LE RÉEXAMEN DE SÛRETÉ ET L'AMÉLIORATION CONTINUE DES RÉACTEURS...

Les installations et leurs modes d'exploitation ne sont pas figés dans le temps. Des modifications 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. Le code de l'environnement impose aux exploitants français de réaliser, tous les dix ans, un **réexamen de la sûreté** de leur(s) installation(s).

En quoi consiste un réexamen de sûreté ?

- › un examen de conformité de l'état de l'installation au référentiel de sûreté et à la réglementation en vigueur ; cet examen permet de traiter d'éventuels écarts de conformité qui ont pu être détectés ;
- › une réévaluation de sûreté dont l'objectif est de rapprocher, autant que faire se peut, le niveau de sûreté des réacteurs les plus anciens de celui des réacteurs les plus récents ; la réévaluation de sûreté peut conduire EDF à réviser ses documents de référence ;
- › le déploiement des améliorations résultant de la réévaluation de sûreté.

Le réexamen de sûreté vise à faire progresser la sûreté d'une installation tout au long de sa vie. La protection des centrales nucléaires contre les agressions d'origine interne et externe est une thématique importante du réexamen de sûreté des REP. Si les risques liés aux agressions ont été pris en compte à la conception des centrales nucléaires, un réexamen périodique est indispensable pour intégrer les évolutions des connaissances et les enseignements tirés du retour d'expérience. Le troisième réexamen décennal des réacteurs de 1300 MWe est en cours. Dans ce cadre, EDF a plus particulièrement examiné certaines agressions telles que les tornades, les projectiles générés par le vent, le **frasil**, la dérive de nappes d'hydrocarbure, l'explosion interne au site mais externe à l'îlot nucléaire. L'exter-

Le frasil : agression externe climatique d'origine naturelle, est un phénomène de formation de cristaux de glace dans l'eau qui survient lorsque la température de l'eau est inférieure à son point de fusion.

tise réalisée par l'IRSN des études menées par EDF sur ce sujet a mis en évidence des avancées importantes dans l'analyse des risques liés aux agressions, telles que l'étude des phénomènes et l'évaluation des vulnérabilités des installations. A la suite de ces études, EDF va procéder, dans les prochaines années, à la mise en place de dispositions complémentaires de surveillance et de protection des installations.

+ LE CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES...

Dans un réacteur, le confinement des substances radioactives est réalisé par l'interposition de "barrières" successives entre ces substances et les personnes ou l'environnement ; par exemple, le gainage des crayons combustibles et l'enceinte de confinement font partie de ces "barrières".

Le gainage des crayons

Le cœur du réacteur est constitué par des assemblages combustibles. Chaque assemblage est composé de crayons dans lesquels sont empilées des pastilles de combustible contenues dans des tubes métalliques appelées "gainés". Ces gainés constituent la première "barrière" visant à limiter le rejet de substances radioactives dans le circuit primaire.

Au cours de leur séjour dans le réacteur, les gainés des crayons des assemblages combustibles fabriquées en zircaloy 4 (alliage métallique à base de zirconium et contenant de l'étain), se corrodent au contact de l'eau du circuit primaire, ce qui peut conduire à une fragilisation de la gaine en situation accidentelle.

De ce fait, EDF prévoit le remplacement progressif du zircaloy 4 par un alliage moins sensible à la corrosion. Dans l'attente du remplacement complet de ces gainés dans tous les réacteurs concernés (les derniers remplacements sont envisagés en 2020), l'IRSN a considéré que des mesures de restriction d'exploitation des réacteurs concernés devaient être mises en œuvre.

L'enceinte de confinement

L'enceinte de confinement d'un réacteur à eau sous pression constitue également une "barrière" visant à limiter le rejet de substances radioactives dans l'environnement.

A ce titre, l'étanchéité des enceintes de confinement (contrôle de leur **taux de fuite**) et le suivi de leur vieillissement sont essentiels. Leur surveillance est réalisée pendant le fonctionnement du réacteur, lors des arrêts programmés des réacteurs et lors des réexamens de sûreté décennaux.

Les enceintes des réacteurs de 1300 et de 1450 MWe comportent une double paroi en béton : une paroi interne constituant "l'enceinte interne" et une paroi externe constituant "l'enceinte externe", séparées par un "espace entre-enceintes". Le taux de fuite de l'enceinte qui est contrôlé lors de l'"épreuve enceinte" correspond en réalité au taux de fuite de l'"enceinte interne".

Ainsi, tous les dix ans, EDF réalise un essai appelé "**épreuve enceinte**" pour contrôler l'étanchéité de chaque enceinte et évaluer son comportement mécanique. EDF a effectué, pour certains réacteurs, des travaux de revêtement visant à renforcer l'étanchéité des enceintes.

L'épreuve enceinte : afin de contrôler son taux de fuite, l'enceinte est "gonflée" en air à sa pression de dimensionnement (~ 5 fois la pression atmosphérique) par une dizaine de compresseurs pendant 3 jours. La quantité d'air qui peut s'échapper de l'enceinte est déterminée en calculant, pour différentes valeurs de pression, l'évolution de la masse d'air contenue dans l'enceinte.

Au vu des résultats de ces essais, l'IRSN a estimé que les enceintes de confinement des réacteurs de 1300 MWe et de 1450 MWe sont actuellement robustes et aptes à remplir leur fonction de confinement. Il convient de souligner par ailleurs que, en complément des programmes de suivi et des travaux de revêtement, EDF poursuit le développement de nouvelles techniques pour améliorer l'étanchéité des enceintes, au-delà de la pression de dimensionnement.

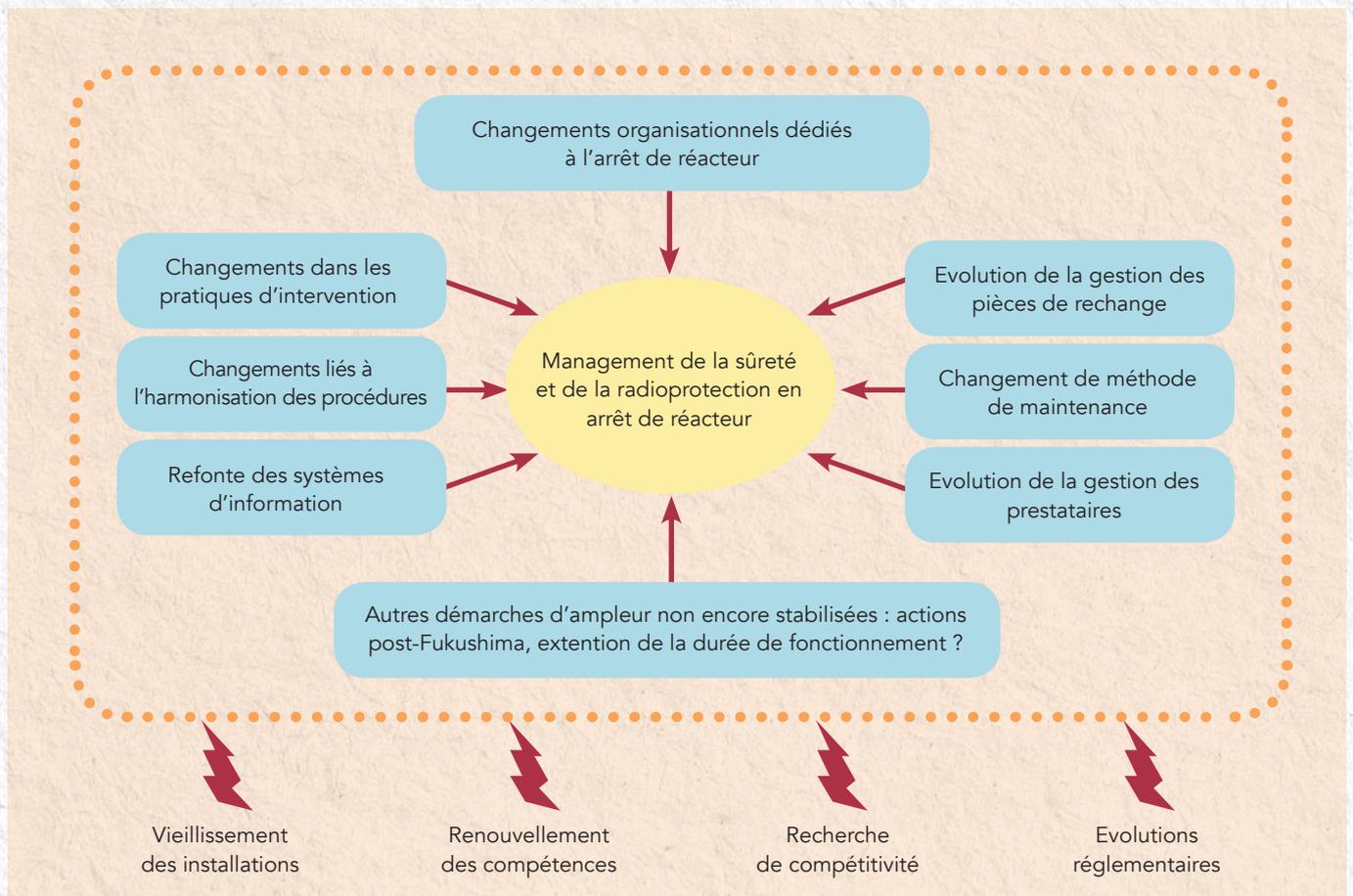


Enceinte de confinement.

LES DISPOSITIONS ORGANISATIONNELLES LORS DES ARRÊTS DE RÉACTEUR...

EDF doit périodiquement arrêter ses réacteurs (tous les 12 à 18 mois) pour remplacer les assemblages de combustible les plus usés par des assemblages neufs, procéder à des opérations de contrôle, de maintenance et d'entretien sur les équipements, vérifier le bon fonctionnement des matériels et de l'installation en effectuant des essais périodiques, etc. Pour faire face aux risques liés aux opérations menées lors de ces arrêts, EDF a, depuis quelques années, fait évoluer significativement son organisation en charge de la préparation et du suivi des interventions de maintenance exécutées lors de ces arrêts pour en assurer un meilleur pilotage. Ces périodes d'arrêt présentent en effet des risques pour la sûreté et la radioprotection, en raison du nombre et de la diversité des opérations réalisées dans un laps de temps très contraint. A cet

égard, l'analyse du retour d'expérience montre qu'une part importante des événements déclarés chaque année par EDF se produit lors des nombreux chantiers réalisés pendant ces arrêts programmés. L'IRSN a évalué l'efficacité des dispositions de management de la sûreté et de la radioprotection retenues par EDF lors des périodes d'arrêt. Dans ce cadre, l'IRSN a mené des entretiens et des observations approfondies des activités réalisées lors de trois arrêts programmés de réacteurs. Il a pu constater que les conditions de préparation des arrêts pouvaient être dégradées (alourdissement des programmes de travaux de maintenance préventive, retards accumulés lors des campagnes d'arrêts des années précédentes...). Par ailleurs, d'autres changements d'organisation ou de méthodes de travail sont intervenus et les cumuls de ces changements ont un impact fort sur les équipes sur le terrain. Enfin, l'IRSN a estimé qu'une attention particulière sera à apporter à l'équilibre entre la charge de travail et les ressources compétentes disponibles, dans la perspective retenue par EDF d'une prolongation de la durée d'exploitation des centrales au-delà de 40 ans qui entraînerait certainement une augmentation des volumes des travaux de maintenance.



Le management de la sûreté et de la radioprotection en arrêt de réacteur à la croisée des changements.