



L'ACCUMULATION D'INCIDENTS GRAVES TEMOIGNE DE L'ÉTAT INQUIÉTANT DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE

Bernard Laponche et Jean-Luc Thierry, Global Chance, 10 décembre 2020

*

Table des matières

INTRODUCTION.....	2
1. CLASSEMENT ET COMPTABILITÉ DES ÉVÈNEMENTS SIGNIFICATIFS.....	2
2. LE NOMBRE DES INCIDENTS DE NIVEAU 2 DE 2010 À 2020.....	4
3. LA NATURE DES INCIDENTS DE NIVEAU 2 DE 2010 À 2020.....	6
4. LES INCIDENTS LIES AU RISQUE SISMIQUE.....	12
5. LE RISQUE DE RUPTURE D'UNE PARTIE DE LA DIGUE DU CANAL DONZÈRE-MONDRAGON	15
CONCLUSION.....	18
ANNEXE 1 – LISTE DES INCIDENTS DE NIVEAU 2 SUR LA PÉRIODE 2010-2020.....	21
ANNEXE 2 – LES INCIDENTS DE NIVEAU 2 PAR RÉACTEUR SUR LA PÉRIODE 2010-2020.....	23
ANNEXE 3 – RÉCAPITULATIF DES « DOSSIERS BARRÉS ».....	25

*

INTRODUCTION

Le parc électronucléaire d'EDF en fonctionnement est constitué de 56 réacteurs implantés dans dix-huit centrales¹. Ces réacteurs appartiennent à la « filière » des réacteurs à uranium enrichi et eau sous pression (REP) et se répartissent en trois grandes familles, ou « paliers », en fonction de leur puissance électrique : 32 réacteurs de 900 MW de puissance électrique dans 8 centrales, 20 de 1300 MW dans 8 centrales et 4 réacteurs de 1450 MW dans 2 centrales, avec une, deux ou trois paires de réacteurs par centrale.

Le rapport de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2019² mérite une lecture approfondie.

Dans le court chapitre intitulé « Appréciations de l'ASN par exploitant »³ et tout particulièrement à la première phrase du premier paragraphe de ce texte, intitulé « L'ASN considère que la rigueur d'exploitation des centrales d'EDF est en recul en 2019 », on peut lire :

« Le nombre d'évènements significatifs de niveau 1 sur l'échelle internationale des évènements nucléaires et radiologiques (INES) augmente régulièrement depuis plusieurs années. Il a ainsi augmenté de plus de 30% depuis 2017. Trois évènements significatifs ont été classés au niveau 2 en 2019 ».

Ce constat du nombre d'incidents de niveau 2 en 2019 nous a conduits à étudier l'évolution du nombre de ces incidents sur la période 2010-2020 (jusqu'à fin septembre), à partir de la liste d'incidents publiés par l'ASN⁴, liste dans laquelle les incidents de niveau 2 sont indiqués explicitement.

Cette note a pour objet de présenter ces incidents et de les comptabiliser, non seulement en nombre d'incidents tels que publiés par l'ASN mais aussi en relevant, pour chaque incident, les réacteurs concernés, information également fournie par l'ASN mais ne figurant pas dans les chiffres clés de son rapport annuel d'activités. Cette présentation repose essentiellement sur les documents diffusés pour chaque incident et sur les textes de l'ASN et de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) qui s'y rapportent.

Ajoutons qu'une meilleure connaissance des incidents est très souvent apportée par les « Lettres de suite d'inspection des activités nucléaires » de l'ASN⁵.

La description et l'analyse de ces incidents de niveau 2 sur cette période permettent de tirer des enseignements sur l'état du parc électronucléaire d'EDF et de mieux apprécier la nature des risques encourus du fait des défaillances dans la qualité des équipements comme dans la maintenance et l'exploitation des réacteurs.

1. CLASSEMENT ET COMPTABILITÉ DES ÉVÈNEMENTS SIGNIFICATIFS

1.1 Le classement des évènements significatifs pour la sûreté

Le « Guide relatif aux modalités de déclaration et à la codification des critères relatifs aux évènements significatifs impliquant la sûreté, la radioprotection ou l'environnement

1 Les deux réacteurs de la centrale de Fessenheim, de la filière REP, ont été arrêtés définitivement respectivement en février et juin 2020.

2 <https://www.asn.fr/Informer/Actualites/Rapport-de-l-ASN-sur-l-etat-de-la-surete-nucleaire-et-de-la-radioprotection-en-France-en-2019>

3 Pages 8 à 13.

4 <https://www.asn.fr/Controler/Actualites-du-control/Avis-d-incident-des-installations-nucleaires>

5 <https://www.asn.fr/Controler/Actualites-du-control/Letres-de-suite-d-inspection-des-installations-nucleaires>

applicable aux installations nucléaires de base⁶ et aux transports de matières radioactives »⁷ de l'ASN présente de façon détaillée les critères de déclaration des événements significatifs qui, dans la pratique et pour faciliter l'information, sont classés sur l'échelle INES, d'abord sur proposition d'EDF dans le cas des réacteurs des centrales nucléaires et, in fine, par l'ASN (qui peut modifier le niveau proposé par EDF).

L'application de l'échelle INES aux INB se fonde sur trois critères de classement :

- **les conséquences à l'extérieur du site**, appréciées en termes de rejets radioactifs pouvant toucher le public et l'environnement ;
- **les conséquences à l'intérieur du site**, pouvant toucher les travailleurs, ainsi que les installations ;
- **la dégradation de la défense en profondeur** de l'installation, c'est à dire des moyens successifs de protection (systèmes de sûreté, procédures, contrôles techniques ...) mis en place au sein de l'installation afin de limiter les effets d'un incident ou accident et de garantir le confinement de la radioactivité.

L'échelle comprend huit niveaux, indiqués sur le tableau 1.

Tableau 1 : Echelle INES

APPLICATION DE L'ÉCHELLE INES	CONSÉQUENCES À L'EXTÉRIEUR DU SITE	CONSÉQUENCES À L'INTÉRIEUR DU SITE	DÉGRADATION DE LA DÉFENSE EN PROFONDEUR
7 ACCIDENT MAJEUR	Rejet majeur : effets considérables sur la santé et l'environnement		
6 ACCIDENT GRAVE	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues		
5 ACCIDENT	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues	Endommagement grave du cœur du réacteur / des barrières radiologiques	
4 ACCIDENT	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement important du cœur du réacteur / des barrières radiologiques / exposition mortelle d'un travailleur	
3 INCIDENT GRAVE	Très faible rejet : exposition du public représentant au moins un pourcentage des limites fixé par le guide AIEA*	Contamination grave / effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu / perte des barrières
2 INCIDENT		Contamination importante / surexposition d'un travailleur	Incident assorti de défaillances importantes des dispositions de sécurité
1 ANOMALIE			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0 ÉCART		Aucune importance du point de vue de la sûreté	
ÉVÉNEMENT HORS ÉCHELLE		Aucune importance du point de vue de la sûreté	

6 Installations nucléaires de base :INB.

7 <https://www.asn.fr/Professionnels/Les-Guides-de-l-ASN/Guide-relatif-aux-modalites-de-declaration-des-evenements-significatifs-dans-les-domaines-des-installations-nucleaires>

Trois niveaux d'incidents dits « significatifs » figurent dans la colonne « Dégradation de la défense en profondeur » :

- **Niveau 1** : « Anomalie », situation sortant du régime de fonctionnement autorisé.
- **Niveau 2** : « Incident », anomalie assortie de défaillances importantes du dispositif de sûreté, ou, dans une autre présentation de l'ASN, défaillances importantes en matière de sûreté sans conséquences réelles.
- **Niveau 3** : « Incident grave », accident évité de peu, perte des barrières, ou, dans une autre présentation de l'ASN, accident évité de peu dans une centrale nucléaire avec défaillance de toutes les dispositions en matière de sûreté.

Notons qu'il n'y a pas eu d'incident de niveau 3 sur la période étudiée⁸.

Cette étude porte sur la présentation et l'analyse des incidents de niveau 2 publiés par l'ASN sur la période 2010-2020 (à fin septembre). Cet incident de niveau 2, « *assorti de défaillances importantes des dispositifs de sécurité* », peut conduire dans certains cas à une fusion du cœur et par conséquent à un accident grave ou majeur.

1.2 La comptabilité des incidents

L'ASN publie les incidents de niveau 2 selon la date de l'incident et comptabilise chaque année le nombre d'incidents dans son rapport d'activité. Pour chacun de ses avis d'incident, l'ASN en décrit la nature ainsi que les réacteurs nucléaires concernés.

Il est intéressant de rappeler que l'AIEA, Agence internationale pour l'énergie atomique de l'ONU, recommande, en cas d'incident significatif concernant plusieurs réacteurs, de comptabiliser le couple « incident-réacteur » (un réacteur ayant connu un incident) comme incident particulier afin de mieux évaluer les conséquences possibles sur la sûreté nucléaire du parc de réacteurs⁹.

Dans ce texte, l'AIEA remarque en outre que, puisque la règle de comptabilité (« *communication philosophies* ») est une décision nationale, il est totalement illusoire de vouloir faire des comparaisons internationales sur le nombre des événements significatifs.

2. LE NOMBRE DES INCIDENTS DE NIVEAU 2 DE 2010 À 2020¹⁰

L'Annexe 1 présente pour chaque année les incidents de niveau 2 signalés par l'ASN. A chaque date du signalement de l'ASN, figurent la nature de l'incident et les réacteurs concernés.

Nous avons pris comme date de référence celle de la publication par l'ASN qui est donc postérieure à la date de déclaration de l'incident par EDF et, a fortiori, de la date de l'incident lui-même. Si la date est proche d'un début d'année, il se peut donc que l'incident se soit produit à la fin de l'année précédente.

Nous n'avons trouvé qu'un cas où le niveau 2 n'était pas signalé dans le titre figurant dans la liste, mais qui figurait bien dans sa présentation.

⁸ Historiquement, il n'y a pas eu d'incident de niveau 3 sur le parc des réacteurs électronucléaires en France.

⁹ https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/INES_web.pdf, page 24.

¹⁰ Jusqu'au 30 septembre 2020.

A partir des informations données en Annexe 1, on peut établir un tableau du nombre d'incidents par année et par réacteur : le tableau en Annexe 2 récapitule cette comptabilité et permet d'établir le nombre de couples « incident-réacteur » pour chaque année.

2.1 Le nombre d'incidents de niveau 2 par année

Dans le tableau 2, la ligne « ASN » indique le nombre d'incidents publiés chaque année par l'ASN et la ligne « Couples » indique le nombre de couples « incident-réacteur » selon la méthodologie recommandée par l'AIEA (cf. supra). La dernière colonne du tableau en Annexe indique le nombre d'incidents pour chaque réacteur et le total des couples « incident-réacteur ».

Tableau 2 – Le nombre d'incidents de niveau 2 sur la période 2010-2020

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL
ASN	2	1	0	0	0	1	0	4	2	6	1	17
Couples	2	2	0	0	0	1	0	48	4	33	8	98

Les premières années de la période étudiée, jusqu'en 2017, ne connaissent peu ou pas d'incidents et, en plus, le nombre de réacteurs concernés par chaque incident est faible : 2 réacteurs pour 2 incidents en 2010¹¹, 2 réacteurs pour 1 incident en 2011, 1 réacteur pour 1 incident en 2015, zéro incident en 2012, 2013, 2014 et 2016.

La différence entre les deux comptabilités est considérable en 2017 (48 couples concernés par 4 incidents) et, à peu près au même niveau, en 2019 (33 couples pour 6 incidents).

Les années 2018 (2 incidents sur 4 réacteurs) et 2020 (1 incident sur 8 réacteurs jusqu'à fin septembre) ont un nombre beaucoup plus faible d'incidents et de couples, mais nous verrons que ces incidents qui concernent les diesels de secours s'inscrivent dans une série importante d'incidents à partir de 2017.

On voit bien que les deux comptabilités ne s'opposent pas, mais sont complémentaires : l'ASN compte l'incident par la date de sa publication, indépendamment du nombre de réacteurs concernés, ce que nous allons analyser ci-dessous, et « Couples » nous indique le nombre total de réacteurs concernés par les incidents de chaque année (le détail par incident est donné en Annexe 1).

Les deux informations sont importantes pour la sûreté car le même incident se produisant dans l'un ou l'autre des réacteurs pourrait avoir des conséquences différentes en termes de sûreté selon qu'il serait par exemple associé à un autre incident, ou bien à certaines défaillances ou agressions particulières à tel ou tel réacteur, comme nous allons le voir au chapitre suivant.

Chaque méthode de comptabilité donne une information particulière : en comptabilité ASN, même si l'on considère que le niveau 2 est assez alarmant, 17 incidents sur 10 ans, soit un peu moins de 2 par an, cela ne paraît pas vraiment grave, sauf pour les pics de 2017 et 2019 soulignés par l'ASN et l'IRSN. C'est une autre affaire lorsque l'on se rend compte, avec la comptabilité des « couples », qu'en réalité, du fait de l'occurrence du même incident sur plusieurs réacteurs, c'est dans 98 circonstances que l'on a constaté le « risque » posé par un

¹¹ Le décalage de date dont nous avons parlé se vérifie en 2010 : le premier des deux incidents signalés s'est produit le 1^{er} décembre 2009.

incident de niveau 2. Cela a évidemment des répercussions sur l'évaluation des probabilités d'accident.

2.2 Le nombre d'incidents de niveau 2 par réacteur

On extrait du tableau en annexe le nombre d'incidents par réacteur sur la période 2010-2020 :

- **4 incidents** : 1 réacteur : Paluel 1.
- **3 incidents** : 10 réacteurs : Belleville 1 ; Bugey 4 ; Golfech 2 ; Nogent 1 ; Paluel 2, 3, 4 ; Penly 2 ; St Laurent 1, 2.
- **2 incidents** : 24 réacteurs : Belleville 2 ; Bugey 2, 3, 5 ; Cattenom 1, 2, 3, 4 ; Chinon B 4 ; Cruas 4 ; Fessenheim 1, 2 ; Flamanville 1, 2 ; Golfech 1 ; Gravelines 1 à 6 ; Nogent 2 ; Tricastin 3, 4.
- **1 incident** : 16 réacteurs : Blayais 1, 2 ; Chinon B2, B3 ; Civaux 1, 2 ; Cruas 1 ; Dampierre 1, 2, 3, 4 ; Penly 1 ; St Alban 1, 2 ; Tricastin 1, 2.
- **0 incident** : 7 réacteurs : Blayais 3, 4 ; Chinon B1 ; Chooz B1, B2 ; Cruas 2, 3.

On retrouve bien les 98 incidents sur 58 réacteurs.

Notons que sur les 11 réacteurs ayant connu 3 ou 4 incidents, 8 sont du palier 1300 MW, dont les 4 réacteurs de la centrale de Paluel.

3. LA NATURE DES INCIDENTS DE NIVEAU 2 DE 2010 À 2020

3.1 Une comptabilité plus réaliste par nature de l'incident

Nous avons jusqu'ici comptabilisé les incidents selon leur date de publication par l'ASN.

Mais, en examinant la liste présentée en Annexe 1, on constate qu'un certain nombre d'incidents déclarés à une certaine date pour un certain nombre de réacteurs se reproduisent à l'identique à une date ultérieure pour de nouveaux réacteurs.

Cela se produit pour les incidents suivants :

- Les incidents du 30 octobre 2017 (4 réacteurs), du 19 janvier 2018 (2 réacteurs) et du 15 mars 2019 (11 réacteurs) sont de fait des extensions de l'incident du 20 juin 2017 (20 réacteurs) qui porte sur la défaillance d'ancrage d'équipements mettant en péril le fonctionnement des diesels de secours en cas de séisme. Le même incident a touché progressivement **43 réacteurs**.
- L'incident du 7 juin 2019 est une extension à 2 réacteurs supplémentaires de celui du 13 mai 2019 (12 réacteurs) qui porte sur la défaillance de tuyauteries des diesels de secours en cas de séisme. Le même incident a touché donc progressivement **14 réacteurs**.

Dans l'analyse des incidents en fonction de leur nature, nous effectuerons le regroupement des incidents de même nature et étudierons par conséquent 13 incidents différents de niveau 2. Ces 13 incidents peuvent se décliner selon trois catégories : des incidents isolés, mais significatifs, des incidents liés à des équipements défaillants touchant plusieurs réacteurs, des incidents liés à des défaillances d'équipements en cas de séisme.

3.2 Incidents isolés, mais significatifs

Ces incidents ne concernent qu'un ou un petit nombre de réacteurs, sans relation entre eux. Ils sont décrits et analysés successivement dans les paragraphes suivants.

Incident de perte du refroidissement des auxiliaires du 23 février 2010¹²

Le 1^{er} décembre 2009, sur le réacteur n°4 de la centrale de Cruas-Meysses, les grilles et filtres disposés sur la prise d'eau de refroidissement ont été obstrués par un afflux massif de débris végétaux charriés par le Rhône. Le refroidissement normal des systèmes auxiliaires de ce réacteur a été perdu. Le réacteur 4 a été mis à l'arrêt, le refroidissement a été assuré par le pompage de l'eau brute secourue. Le refroidissement normal a été remis en fonctionnement le jour suivant. La lettre de suite d'inspection par l'ASN du 16 décembre 2009 a demandé un certain nombre d'actions correctives.

On a là affaire à une agression extérieure naturelle qui pourrait se reproduire sur d'autres réacteurs, mais cela n'a pas été le cas durant la période étudiée, tout au moins au niveau 2 de l'échelle INES des incidents.

Deux incidents d'irradiation ou contamination accidentelle

Ces incidents concernent des travailleurs d'une entreprise prestataire lors d'activités de maintenance, signalés le **12 mai 2010¹³** dans le bâtiment combustible du réacteur Chinon B4 et le **28 août 2015¹⁴** au cours de l'arrêt programmé du réacteur 4 du Blayais.

Si ces incidents n'ont pas de relation entre eux, ils sont révélateurs d'une situation permanente d'exposition éventuelle de travailleurs des entreprises prestataires dont on sait qu'ils exercent la majorité des travaux de maintenance.

Il est clair que ce type d'incident peut se produire sur tous les réacteurs et une très grande vigilance s'impose aux inspections de l'ASN, notamment pendant la réalisation des quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MW actuellement en cours qui mobilisent un nombre très élevé de travailleurs des entreprises prestataires.

Incident portant sur le non-respect des règles générales d'exploitation lors des opérations de vidange du circuit primaire de réacteur 2 de la centrale de Golfech.

Cet incident signalé le **2 décembre 2019¹⁵** mérite analyse car le non-respect des règles générales d'exploitation est un incident qui revient très fréquemment dans la liste des incidents de l'ASN mais le plus souvent avec le classement de niveau 1.

Ici, pas de défaillance d'un équipement, pas d'agression extérieure, mais une première erreur non détectée sur le champ dans l'exécution d'une opération, suivie d'une succession d'erreurs dans le pilotage du réacteur dans le but de retrouver une situation normale, doublée à un moment donné par l'indisponibilité d'un des deux capteurs de niveau d'eau dans la cuve, isolé par erreur.

L'ASN a consacré à cet incident très particulier une note technique¹⁶ qui présente :

- La description de l'événement :

12 <https://www.asn.fr/Controler/Actualites-du-controler/Avis-d-incident-des-installations-nucleaires/Perte-du-systeme-de-refroidissement-des-auxiliaires-de-surete-du-reacteur-n-4-de-la-centrale-de-Cruas-Meysses>

Le classement en niveau 2 n'est pas indiqué dans le titre correspondant dans la liste d'incidents de l'ASN.

13 <https://www.asn.fr/Controler/Actualites-du-controler/Avis-d-incident-des-installations-nucleaires/Incident-de-niveau-2-a-la-centrale-nucleaire-d-EDF-de-Chinon-Indre-et-Loire-Irradiation-d-un-travailleur-dans-le-batiment-combustible-du-reacteur-n-B4>

14 <https://www.asn.fr/Controler/Actualites-du-controler/Avis-d-incident-des-installations-nucleaires/Centrale-du-Blayais-Irradiation-d-un-travailleur-lors-de-l-arret-programme-du-reacteur-4>

15 <https://www.asn.fr/Controler/Actualites-du-controler/Avis-d-incident-des-installations-nucleaires/Evenement-significatif-de-surete-de-niveau-2-a-la-centrale-de-Golfech>

16 <https://www.asn.fr/Informer/Actualites/Evenement-significatif-de-surete-de-niveau-2-a-la-centrale-de-Golfech>

« La vidange partielle de ce réacteur a été réalisée sans procéder à l'ouverture de l'évent du pressuriseur. Cette vidange a provoqué une diminution de la pression dans le circuit primaire jusqu'à atteindre la pression d'ébullition de l'eau et la formation d'une bulle de vapeur sous le couvercle, ce qui a conduit à des mesures de niveau d'eau dans le circuit primaire non représentatives de la situation réelle. Dans cette configuration, le risque principal est de perdre le refroidissement du combustible par cavitation des pompes du circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt ».

- Ses conséquences réelles :

« Un endommagement de plusieurs composants nécessaires au maintien de l'intégrité du circuit primaire a été suspecté par EDF et a nécessité des interventions de maintenance préventive ».

- Ses conséquences potentielles :

*« La vidange partielle de ce réacteur a été réalisée sans procéder à l'ouverture de l'évent du pressuriseur. Cette vidange a provoqué une diminution de la pression dans le circuit primaire jusqu'à atteindre la pression d'ébullition de l'eau et la formation d'une bulle de vapeur sous le couvercle, ce qui a conduit à des mesures de niveau d'eau dans le circuit primaire non représentatives de la situation réelle. Dans cette configuration, **le risque principal est de perdre le refroidissement du combustible** par cavitation des pompes du circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt ».*

Ce sont bien les conséquences potentielles, qui peuvent conduire à un accident grave ou majeur par perte du refroidissement, qui justifient le classement au niveau 2 de cet incident.

On comprend avec cet exemple que l'occurrence d'un accident résultera souvent de l'enchaînement et de la combinaison d'un problème technique et de fautes de conduite entraînant ou révélant éventuellement d'autres défaillances techniques, etc.

De fait, si ce cas est bien isolé par l'originalité de l'évènement déclencheur, il est parfaitement reproductible à partir d'un très large éventail d'erreurs humaines potentielles, couplées avec des défaillances techniques elles-mêmes potentiellement nombreuses.

On lira également avec profit un article du *Journal de l'énergie* qui donne des informations complémentaires sur le déroulement de l'incident¹⁷.

3.2 Incidents portant sur des équipements défaillants sur plusieurs réacteurs, sans agression extérieure

Cette catégorie comprend l'incident de février 2011 et l'incident de 2019, sur des composants électriques défaillants.

Bien que n'ayant été classé qu'au niveau 1 (« anomalie générique ») l'évènement à l'usine Creusot Forge des **malfaçons et falsifications** sur la fabrication d'équipements importants pour la sûreté des réacteurs nucléaires a considérablement augmenté les inquiétudes sur le suivi et le contrôle des équipements pour que nous l'ajoutions à notre analyse (sans évidemment le prendre en compte dans notre comptabilité des évènements de niveau 2). Nous le présentons en troisième position dans cette section.

¹⁷ <https://journaldelenergie.com/nucleaire/reacteur-nucleaire-edf-accident-robinet/>

Incident sur l'usure prématurée des coussinets des diesels de secours

Sur la période 2010-2020, le premier incident qui touche les diesels de secours est publié le **17 février 2011**¹⁸ : une usure prématurée de « **coussinets** » sur des diesels de secours. Les coussinets sont des composants mécaniques destinés à limiter les frictions entre les pièces mobiles du moteur diesel¹⁹.

Sur tous les sites où sont présents les coussinets défectueux ainsi détectés, la plupart sont classés en niveau 1 car équipés en partie d'une autre marque de coussinets sauf sur **2 réacteurs** (Tricastin 3 et 4) pour lesquels l'incident est classé en niveau 2 car tous les diesels de secours (les deux groupes électrogènes ainsi que le groupe électrogène complémentaire commun à l'ensemble des réacteurs du site) sont équipés de coussinets « *potentiellement sensibles* ».

Incident portant sur des composants électriques défectueux.

Publié le **24 décembre 2019**²⁰, cet incident de niveau 2 porte sur des défauts sur des composants électriques défectueux rendant indisponibles des systèmes de secours du **réacteur 2 de la centrale nucléaire de Penly**.

Les matériels assurant la sûreté de chaque réacteur sont alimentés en électricité par l'intermédiaire de deux tableaux électriques redondants (voies A et B). Ces tableaux électriques alimentant en particulier les moteurs actionnant les vannes et les pompes des systèmes de sauvegarde et les tableaux de contrôle-commande du réacteur.

Dans le cadre de l'arrêt pour maintenance programmée et renouvellement du combustible du réacteur ayant débuté en juillet 2019, EDF a procédé au remplacement de parties mobiles de ces tableaux électriques. Par la suite, d'octobre à décembre 2019, EDF a constaté que 28 composants (contacts d'insertion fabriqués par Schneider Electric) remplacés sur des tableaux électriques étaient potentiellement défectueux et a alors considéré indisponibles les pompes des systèmes de sauvegarde et de refroidissement du réacteur.

L'ASN a classé au niveau 2 cet incident « *en raison de la dégradation des fonctions de sûreté, liée au **montage de composants défectueux** sur des tableaux électriques importants pour la sûreté, et à **l'organisation défectueuse de l'exploitant**, tant dans la préparation des activités de maintenance que dans l'analyse tardive des défauts successifs* ».

EDF a effectué par la suite le remplacement des 28 composants défectueux et vérifié quels autres réacteurs pourraient être concernés par les pièces défectueuses qui seraient alors remplacées.

En réponse à la saisine de l'ASN sur cet incident, l'IRSN a produit le 19 décembre 2019 l'Avis IRSN n° 2019-00292²¹.

Cet avis est particulièrement intéressant car il précise le déroulement des opérations et le comportement d'EDF dans cette affaire :

- L'IRSN confirme que l'incident avait été déclaré de niveau 1 par EDF ; le niveau 2 ayant ensuite été déclaré après constat que 28 contacteurs étaient concernés.

18 <https://www.asn.fr/Controler/Actualites-du-controle/Avis-d-incident-des-installations-nucleaires/Incident-de-niveau-2-concernant-les-groupes-electrogenes-de-secours-a-moteur-diesel-de-la-centrale-nucleaire-du-Tricastin>

19 https://nanopdf.com/download/asnote-technique-anomalie-diesels170211-5_pdf

20 <https://www.asn.fr/Controler/Actualites-du-controle/Avis-d-incident-des-installations-nucleaires/Reacteur-2-de-la-centrale-nucleaire-de-Penly-Evenement-significatif-classe-niveau-2-INES>

21 <https://www.irsn.fr/FR/expertise/avis/2019/Documents/decembre/Avis-IRSN-2019-00292.pdf>

- EDF ayant détecté des anomalies de fonctionnement sur trois pompes de systèmes importants pour la sûreté dont le diagnostic s'orientait vers le remplacement de contacts d'insertion, a considéré que cette situation ne remettait pas en cause la poursuite du redémarrage du réacteur.
- Le remplacement des contacts d'insertion défectueux a attendu la mise à disposition d'EDF de pièces de rechange et l'exigence de remplacement par l'ASN, du fait de la recommandation de l'IRSN considérant que laisser en l'état les contacts potentiellement défectueux supprime une ligne de défense.

Le dernier paragraphe du texte de l'IRSN est particulièrement inquiétant : « *De plus, les éléments transmis à ce jour par EDF amènent l'IRSN à considérer cet événement comme un écart de conformité en émergence pouvant affecter d'autres réacteurs du parc nucléaire français* ».

En suite à cette possibilité formulée par l'IRSN sur le fait que d'autres réacteurs pouvaient être affectés par le même incident, **l'auteur de cette note a consulté l'IRSN sur ce point.** Voici sa réponse :

« *Comme il est indiqué dans l'avis, l'IRSN estimait que l'écart relevé sur les contacteurs de Penly 2 pouvait être présent sur d'autres réacteurs (pas seulement 1300). De ce fait, EDF a engagé des contrôles et a détecté le même souci potentiel sur les réacteurs suivants :*

- *Gravelines 1, 18 contacteurs sur la voie A et 2 voie B,*
- *Gravelines 2, 14 contacteurs sur la voie B,*
- *Gravelines 4, 15 contacteurs sur la voie A,*
- *Gravelines 5, 14 contacteurs sur la voie B,*
- *Chooz B1, 2 contacteurs sur la voie B,*
- *Belleville 2, 1 contacteur*
- *Flamanville 2, 14 contacteurs voie A et 14 voie B*

Tous les contacteurs potentiellement défectueux ont été remplacés par EDF ».

Ce sont donc **7 réacteurs supplémentaires dans 4 centrales** qui sont concernés par cet événement.

Notre analyse étant basée sur les publications des incidents par l'ASN, nous n'avons pas fait figurer cette « extension » dans notre compilation. Si l'on prenait en compte cette extension, le nombre de couples « incident-réacteur » serait de 105.

On constate une fois de plus la combinaison dangereuse d'une défaillance technique (cette fois-ci du fait du fabricant, ce qui pose la question du contrôle avant mise en place), et de défaillances de maintenance et d'exploitation, ce qui augmente forcément la probabilité d'un accident grave.

Malfaçons et falsifications sur la fourniture d'équipements importants pour la sûreté des réacteurs

A la suite de la détection en 2014 d'une anomalie sur la cuve de l'EPR²² en construction à Flamanville²³, l'ASN a demandé à Areva NP de procéder à une revue de la qualité de la fabrication dans son usine de Creusot Forge (Saône-et-Loire). Les premières investigations menées en 2016 sur ces dossiers ont permis d'identifier 89 irrégularités portant sur les réacteurs en fonctionnement d'EDF. L'ASN a alors demandé à EDF d'étendre la revue à l'ensemble des dossiers de fabrication des composants forgés dans cette usine.

Dans le cadre de la vérification des activités passées dans son usine de Creusot Forge, Areva NP a mis en évidence la présence de dossiers internes traçant des irrégularités dans la fabrication de composants d'équipements sous pression nucléaire²⁴. Ces irrégularités, de natures très diverses, consistent en des incohérences, des modifications ou des omissions dans les dossiers de fabrication, relatives à des paramètres de fabrication ou des résultats d'essais. En somme, des **falsifications**²⁵, considérées par l'ASN comme des « *pratiques inacceptables*²⁶ ».

Certaines informations relatives au forgeage, au traitement thermique, aux essais mécaniques ou aux analyses chimiques n'étaient ainsi pas transmises au client de Creusot Forge et à l'ASN. Par la suite, les mêmes déviations ont été constatées sur des pièces forgées fournies par l'entreprise japonaise JCFC²⁷.

Au 1^{er} avril 2019, l'ASN a soldé l'instruction de l'analyse exhaustive d'EDF sur les équipements de 58 réacteurs²⁸. On trouve en Annexe 3 le tableau des résultats de cette analyse réalisé par Wise-Paris en 2019.

Suite à cette instruction, les 58 réacteurs ont reçu un feu vert de l'ASN pour redémarrer, à l'issue de leur arrêt programmé pour maintenance.

Ainsi l'acier des calottes de cuve de l'EPR en construction à Flamanville et certains fonds primaires de générateurs de vapeur provenant de Creusot Forge et d'autres fonds primaires de générateurs de vapeur, d'ailleurs de plus mauvaise qualité, provenant de JCFC se retrouvaient avec des concentrations en carbone trop importantes dans certaines zones, pouvant conduire à des propriétés mécaniques plus faibles qu'attendues. L'excès de carbone dans les aciers concernait 18 réacteurs de 900 ou 1450 MW de puissance électrique, dont 12 équipés de fonds primaires fabriqués par JCFC.

Les enquêtes menées par EDF se sont étendues sur plusieurs années, ponctuées par des exigences particulières de l'ASN concernant des contrôles complémentaires sur les générateurs de vapeur, notamment celle du 18 octobre 2016²⁹ ordonnant la réalisation sous trois mois de ces contrôles sur 12 réacteurs, ce qui a nécessité la mise à l'arrêt non programmé de 5 réacteurs (Civaux 1, Fessenheim 1, Gravelines 4, Tricastin 2, 4).

22 Les anomalies sur le couvercle et le fond de la cuve du réacteur EPR ont été rendues publiques par l'ASN le 7 avril 2015.

23 Note d'information de l'IRSN du 18 octobre 2016 et Note technique ASN du 28 juin 2017.

24 Référence : Notes d'information de l'ASN du 03/05/2016, du 23/09/2016 et du 19/09/2017

25 Les dossiers mettant en évidence des falsifications ont été dénommés « dossiers barrés » du fait de leur signalement.

26 Déclaration de Pierre-Franck Chavet, président de l'ASN. *Le Figaro* du 23 novembre 2016.

27 JCFC: Japan Casting and Forging Corporation.

28 <https://www.edf.fr/groupe-edf/nos-energies/nucleaire/segregation-carbone-et-dossiers-de-fabrication-creusot-forge/dossiers-de-fabrication>

29 <https://www.asn.fr/Informer/Actualites/Controles-complementaires-sur-les-generateurs-de-vapeur-de-cinq-reacteurs-d-EDF>

Cet événement est particulièrement grave, tant par sa nature « inacceptable » (falsification) que par le grand nombre de réacteurs concernés. Notons en particulier que la présence de fonds de générateurs de vapeur concernés par des excès de carbone a imposé des « mesures compensatoires » susceptibles de modifier les règles d'exploitation des réacteurs concernés, ce qui peut compliquer la conduite en cas d'accident et donc le risque potentiel.

4. LES INCIDENTS LIÉS AU RISQUE SISMIQUE

Le risque d'accident en cas de séisme³⁰ concerne la majorité des incidents de niveau 2 sur la période.

Pour bien comprendre la nature du risque, il faut noter que l'expression « risque sismique » se réfère au séisme pris comme référence dans les études de sûreté : un accident lié à la défaillance des équipements concernés pourrait conduire à un accident grave au cas où un séisme de ce niveau se produisait.

Le risque sismique et sa prise en compte évoluent dans le temps. En France, les centrales ont été conçues sur la base d'une évaluation donnée du risque sismique. Sauf que ce risque a évolué depuis. La carte des risques adoptée en 1991 a été modifiée en 2011 pour revoir à la hausse le risque sismique en France. Certaines centrales y sont entrées et d'autres sont passées à un risque plus fort qu'auparavant. Depuis 2011, 12 des 19 centrales françaises sont situées en zone sismique, dont 5 en zone dite « moyenne » (la plus élevée en France) : Fessenheim, Bugey, Saint-Alban, Cruas, Tricastin.

Suite au séisme du Teil, en Ardèche, de novembre 2019, l'IRSN étudie la nécessité de revoir les référentiels sismiques à la hausse et les sismologues du CNRS envisagent même d'actualiser leur évaluation des risques sismiques en France car le séisme du Teil s'est produit sur une faille qui était classée comme « inactive »³¹.

4.1 L'incident de niveau 2 conduisant à un risque de perte totale de la source froide

Cet incident a été publié le **16 octobre 2017**³².

L'eau, qu'elle soit pompée dans les cours d'eau ou dans la mer, est essentielle pour le fonctionnement des réacteurs car elle en assure le refroidissement. La perte totale de cette « source froide » peut entraîner la fusion du cœur, donc un accident grave ou majeur.

La source froide des réacteurs³³ pourrait être perdue du fait de l'indisponibilité des pompes du circuit d'eau brute secourue des réacteurs résultant de l'inondation interne due à une rupture, **en cas de séisme**, de tuyauteries des systèmes d'alimentation en eau du réseau de protection contre l'incendie et de filtration d'eau brute.

30 https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire/risque_sismique_installations_nucleaires/Pages/1-Pourquoi_les_seismes.aspx?dId=37cd738c-9f1b-4032-a2d0-e6e8a0ff17dc&dwId=2c2c348f-b077-4fa1-ae22-36c4179d2e48#.X8DOAi17QS4

31 <https://www.cnrs.fr/fr/seisme-du-teil-vers-une-reevaluation-du-risque-sismique-en-france-et-en-europe-de-louest>

<https://nhess.copernicus.org/articles/17/1573/2017/>

https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN_NI_Seisme-Le-Teil-11112020.pdf

32 <https://www.asn.fr/Controler/Actualites-du-controler/Avis-d-incident-des-installations-nucleaires/Incident-de-niveau-2-pour-20-reacteurs-d-EDF>

33 https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Pages/20171016_Tenue-au-seisme-tuyauteries-station-pompage-29-reacteurs-nucleaires-EDF.aspx#.X8C82S17QS4

On a constaté également, sur plusieurs portions de ces tuyauteries, des dégradations conséquences de la corrosion qui a pu se développer en **l'absence d'une maintenance préventive adaptée**.

Cet incident concerne **20 réacteurs**, dont :

- 10 réacteurs du palier 900 MW : Chinon B3, B4 ; Cruas 1, 4 ; Dampierre 1, 2, 3, 4 ; Saint-Laurent 1, 2.
- 10 réacteurs du palier 1300 MW : Belleville 1, 2 ; Cattenom 1, 2, 3, 4 ; Golfech 1, 2 ; Nogent 1, 2.

En fait, 29 réacteurs sont concernés par cet incident, mais il a été classé en niveau 0 pour 9 réacteurs, la perte éventuelle étant estimée partielle.

Cet incident est caractéristique de la combinaison possible et dangereuse d'une cause d'agression extérieure naturelle (séisme) et d'une cause interne, le défaut de maintenance.

La combinaison des causes de défaillances accroît considérablement le risque d'accident nucléaire.

4.2 L'inquiétante saga des risques liés au séisme sur les diesels de secours

Les groupes de secours à moteur diesel (les « diesels de secours ») permettent d'alimenter les systèmes de sûreté du réacteur en cas de perte de l'alimentation électrique sur le réseau national. Chaque réacteur nucléaire est équipé de deux groupes électrogènes de secours. En outre, un groupe électrogène supplémentaire est disponible pour l'ensemble des réacteurs d'un même site. Chacun de ces groupes suffit à alimenter les systèmes nécessaires pour assurer la sûreté du réacteur à l'arrêt.

Le premier incident s'est produit en 2011 mais c'est à partir de 2017 que la déclaration des incidents s'est multipliée. Sur cette question des diesels, on lira avec profit les articles du *Journal de l'énergie* consacrés aux diesels de secours des centrales nucléaires d'EDF³⁴.

Les ancrages

Le 20 juin 2017³⁵: incident de niveau 2 concernant les diesels des centrales nucléaires de Belleville, Cattenom, Flamanville, Golfech, Nogent, Paluel, Penly et Saint-Alban, c'est-à-dire les **20 réacteurs** du palier 1300 MW. C'est ce que l'on appelle une anomalie générique.

L'ASN en explique la cause dans son annonce :

*« L'événement significatif porte sur l'absence de démonstration de la **tenue au séisme des ancrages** dans le génie civil des systèmes auxiliaires des diesels de secours. Il recouvre à la fois des problèmes de **conception** génériques à l'ensemble des réacteurs de 1300 MW et des problèmes locaux liés à **un mauvais état** ou à **un mauvais montage des ancrages**».*

Ces réacteurs de 1300 MW sont rejoints par **4 réacteurs** de 900 MW (Fessenheim 1, 2 ; Bugey 2, 5), par la déclaration de l'ASN du **30 octobre 2017³⁶**, pour le même incident (résistance au séisme des ancrages).

³⁴ <https://journaldelenergie.com/nucleaire/diagnostic-alarman-edf-diesels-secours-reacteurs/>, 11 mars 2016 et <https://journaldelenergie.com/?s=groupe+electrogenes>, 26 mars 2016

³⁵ <https://www.asn.fr/Controler/Actualites-du-controler/Avis-d-incident-des-installations-nucleaires/Groupes-electrogenes-de-secours-a-moteur-diesel-incident-de-niveau-2>

³⁶ <https://www.asn.fr/Controler/Actualites-du-controler/Avis-d-incident-des-installations-nucleaires/Incident-de-niveau-2-relatif-aux-groupes-electrogenes-de-secours-a-moteur-diesel>

Le **19 janvier 2018**, l'ASN étend cet incident de niveau 2 à **2 réacteurs** de 900 MW (Bugey 3, 4).

Le **15 mars 2019**³⁷, l'incident concernant le défaut de **résistance au séisme d'ancrages** des systèmes auxiliaires des diesels de secours est à nouveau signalé et classé au niveau 2 pour **11 réacteurs** de 900 MW (Blayais 1, 2, les six réacteurs de Gravelines, Saint-Laurent 1, 2 et Chinon 2).

Le communiqué de l'ASN ajoute que les contrôles complémentaires réalisés par EDF ayant abouti à ces résultats ont révélé de **nouveaux défauts de résistance aux séismes** pour les réacteurs de 1300 MW des centrales de Paluel, Saint-Alban, Belleville et Nogent 2, sans qu'un niveau d'incident soit signalé.

Le **13 mai 2019**, l'ASN étend cet incident de niveau 2 à **6 réacteurs** de 900 MW (Fessenheim 1, 2 ; Bugey 1, 2, 3, 4).

Ainsi, sur une période de deux ans, ce sont **43 réacteurs** qui ont été affectés par la potentielle défaillance des ancres des systèmes auxiliaires des diesels de secours.

La gravité de cet incident est due à la combinaison de problèmes de conception (pour tous les réacteurs du palier 1300 MW) et, selon les réacteurs, de mauvais état des équipements ou de mauvais montage des ancres engageant la responsabilité de la direction de chaque centrale. En tout cas, c'est bien cette combinaison de différentes causes dans l'occurrence d'un incident qui accroît nettement la probabilité du passage de l'incident à l'accident.

Les vases d'expansion

Le **19 janvier 2018**³⁸, nouvel incident de niveau 2 sur les diesels de secours.

Cette fois-ci, l'incident porte sur l'absence de démonstration de **résistance au séisme des vases d'expansion des diesels de secours** d'un certain nombre de réacteurs du palier 1300 MW du fait de défauts liés à un phénomène de corrosion résultant d'une maintenance insuffisante de ces matériels.

Cet incident est classé en niveau 2 pour **2 réacteurs** (Paluel 1, 2) car les deux groupes électrogènes de secours de chaque réacteur sont affectés.

Notons que le même incident, affectant seulement un seul des deux diesels de secours, a été classé en niveau 1 pour 5 réacteurs de 1300 MW répartis dans 5 centrales (Belleville, Cattenom, Nogent, Paluel, Penly).

La dégradation des tuyauteries

Le **13 mai 2019**³⁹, événement significatif de niveau 2 portant sur un risque de **dégradation de tuyauteries** des diesels de secours du fait de leur potentiel contact avec des éléments de génie civil **en cas de séisme** pour les centrales nucléaires de Civaux, Gravelines et Paluel, soit **12 réacteurs**. Les trois paliers de puissance, 900, 1300 et 1450 MW sont donc concernés.

L'IRSN a publié une note d'information très intéressante sur cet incident, intitulée :

37 <https://www.asn.fr/Contrôler/Actualites-du-contrôle/Avis-d-incident-des-installations-nucléaires/Groupes-electrogenes-de-secours-a-moteur-diesel-defaut-de-resistance-au-seisme>

38 <https://www.asn.fr/Contrôler/Actualites-du-contrôle/Avis-d-incident-des-installations-nucléaires/Corrosion-des-vases-d-expansion-des-groupes-electrogenes-de-secours-classe-au-niveau-2>

39 <https://www.asn.fr/Contrôler/Actualites-du-contrôle/Avis-d-incident-des-installations-nucléaires/Diesels-de-secours-de-Saint-Laurent-des-Eaux-incident-de-niveau-2>

*« Non-conformité de tenue au séisme de groupes électrogènes de secours à moteur Diesel des réacteurs EDF (risque d'interaction des tuyauteries et raccords flexibles reliés aux moteurs avec les structures environnantes) ».*⁴⁰

On y relève en particulier, pour ce qui concerne les conséquences potentielles pour la sûreté :
*« Ainsi, une situation de séisme de niveau SMS (voire SMHV)⁴¹ affectant les réacteurs concernés et engendrant potentiellement une perte des alimentations électriques externes pouvait conduire à terme à **une fusion du cœur** provoquée par l'impossibilité d'alimenter en électricité les dispositifs prévus pour refroidir le combustible, ainsi qu'à une **perte de refroidissement** de la piscine d'entreposage du combustible usé ».*

Cette phrase confirme l'importance du séisme comme agression extérieure majeure en termes de sûreté, ce qui confirme l'intérêt de bien associer chaque incident de niveau 2 concerné par le risque sismique aux réacteurs concernés et particulièrement à ceux se situent en zone sismique.

Le **7 juin 2019**, l'ASN étend cet incident aux **2 réacteurs** de la centrale de Saint-Laurent.

Défauts divers sur les diesels de secours

Incident de niveau 2 publié le **6 février 2020**⁴² : **défauts de résistance au séisme** de certains matériels contribuant au fonctionnement des diesels de secours de plusieurs réacteurs de 1300 MW. Ces défauts sont de trois types : mauvais montage de raccords en élastomère de tuyauteries, corrosion de certaines portions de tuyauteries ou de leur support.

Compte tenu des conséquences potentielles du dysfonctionnement de **deux diesels de secours** d'un même réacteur en **cas de séisme**, cet événement est classé en niveau 2 pour les **8 réacteurs** suivants : Belleville 1 ; Flamanville 1 et 2 ; Nogent 1 ; Paluel 1, 3 et 4 ; Penly 2.

Nous avons présenté au paragraphe 2.2 le nombre d'incidents de niveau 2 par réacteur. On constate que le réacteur le plus touché par le risque sismique sur les diesels de secours est Paluel 1, signalé 4 fois pour des incidents différents : une fois en 2017, deux fois en 2019 et une fois en 2020.

Au total, ce sont 67 couples incident-réacteur qui concernent les diesels de secours.

5. LE RISQUE DE RUPTURE D'UNE PARTIE DE LA DIGUE DU CANAL DONZÈRE-MONDRAGON

Cet incident de niveau 2 signalé le 28 septembre 2017 est probablement le plus grave de la période, à la fois par le risque encouru et par la décision drastique de l'ASN de mise à l'arrêt des **4 réacteurs** du Tricastin.

La centrale nucléaire du Tricastin est implantée en rive droite du canal de Donzère-Mondragon, dans la plaine de Pierrelatte. La face supérieure de la plateforme qui constitue le socle ou radier des 4 réacteurs se situe à environ 6 mètres sous le niveau du plan d'eau du canal. Un canal d'amenée et un canal de rejet ont été ménagés, avec des digues se raccordant à celles du canal de Donzère-Mondragon aux extrémités nord et sud de l'enceinte de la centrale. **La prévention du risque d'inondation des installations de la centrale repose sur la robustesse des digues.**

⁴⁰ https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN_NI-ESS-niveau-2-Diesels-interactions-tuyauteries-13052019.pdf

⁴¹ SMHV : Séisme maximal historiquement vraisemblable – SMS : Séisme majoré de sécurité.

⁴² <https://www.asn.fr/Controler/Actualites-du-controler/Avis-d-incident-des-installations-nucleaires/Groupes-electrogenes-de-secours-incident-de-niveau-2>

Le 18 août 2017, EDF a déclaré à l'ASN un événement significatif pour la sûreté relatif à un risque de rupture d'une partie de la digue du canal de Donzère-Mondragon pour les séismes les plus importants étudiés dans la démonstration de sûreté nucléaire.

La note d'information de l'IRSN du 28 septembre 2017, après avoir expliqué que des expertises menées depuis 2007 mettaient en évidence l'importance de ce problème, précise : « *La centrale nucléaire du Tricastin n'est pas conçue pour faire face à un tel événement (la rupture de la digue) qui entraînerait une perte totale du refroidissement du combustible présent dans le cœur et la piscine d'entreposage de chaque réacteur, conduisant à un **accident de fusion de ce combustible*** ». C'est-à-dire à un accident grave (type Three Mile Island) ou majeur (type Fukushima).

Par décision du 27 septembre 2017⁴³, l'ASN a imposé à EDF la mise à l'arrêt provisoire des 4 réacteurs de Tricastin dans les délais les plus courts afin de réaliser les travaux nécessaires au renforcement de la digue : « *EDF devra compléter ses investigations géotechniques afin de caractériser plus finement la constitution de la partie de la digue concernée et procéder, avant le redémarrage des réacteurs, aux renforcements nécessaires pour assurer la résistance de la digue au séisme maximal retenu dans la démonstration de sûreté nucléaire*⁴⁴ ».

Mais l'affaire n'est pas terminée : par décision du 25 juin 2019⁴⁵, l'ASN fixe à EDF des prescriptions complémentaires applicables à la centrale nucléaire du Tricastin compte tenu des risques d'inondation externe à la suite d'un séisme. EDF doit informer l'ASN, sous trois mois, de l'organisation retenue pour la surveillance et l'entretien de cette digue et doit justifier, au plus tard le 31 décembre 2022, que les travaux réalisés permettent d'écarter le risque de brèche de la digue du canal de Donzère-Mondragon après un séisme de vérification (lui-même défini par un courrier précédent).

Cet incident, que l'on peut qualifier de majeur par le risque encouru, appelle plusieurs commentaires :

1. Les risques liés au séisme existaient évidemment depuis la première divergence du premier réacteur en février 1980. Les travailleurs et les populations ont ainsi vécu sous une menace permanente.
2. Si les inquiétudes se sont manifestées tardivement, la question de ce risque a été posée depuis des années et EDF n'en a tenu aucun compte. Il a fallu le « coup de force » de l'ASN (c'est ainsi qu'EDF l'a vécu) de l'arrêt de 4 réacteurs, mesure extrême, pour que les choses bougent.
3. Cela n'a pas suffi puisque l'ASN a dû faire un rappel à l'ordre en juin 2019.
4. Enfin, les mesures prises devraient garantir la robustesse de la digue pour le séisme majoré de sécurité (SMS), actuellement défini à partir du séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV) dans sa valeur actuelle. Or nous avons vu que celle-ci devra vraisemblablement être mise en cause et, de toute façon, on sait bien que la force d'un séisme reste une quantité très difficile à prévoir.

43 <https://www.asn.fr/Reglementer/Bulletin-officiel-de-l-ASN/Installations-nucleaires/Decisions-individuelles/Decision-n-2017-DC-0606-de-l-ASN-du-27-septembre-2017>

44 Caractérisation des séismes pris en compte dans les études de sûreté : Séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV) et Séisme majoré de sécurité (SMS).

45 Décision ASN n° 2029-DC-0674

La rupture de la digue, du fait de la hauteur du canal par rapport à la base de la centrale, restera en tout état de cause une menace permanente sur la sûreté de la centrale du Tricastin.

Remarque : le cas de Fessenheim

Les deux réacteurs de Fessenheim sont désormais arrêtés définitivement, mais un risque sismique semblable à celui des quatre réacteurs du Tricastin les a concernés depuis leur démarrage et se présente encore aujourd'hui pour les piscines d'entreposage des combustibles irradiés issus de ces réacteurs et présents sur le site pour encore plusieurs années.

En effet, l'une des vulnérabilités de la centrale de Fessenheim est que son plancher se situe à environ huit mètres sous le niveau du Grand Canal d'Alsace qui assure son refroidissement. A la suite de la catastrophe de Fukushima, l'ASN avait demandé à EDF d'examiner les conséquences de la rupture des digues du Grand Canal d'Alsace à proximité du site de Fessenheim. Cela aurait évidemment pour conséquence une inondation du site susceptible d'engendrer la perte totale des alimentations électriques externes et internes et donc un accident grave ou majeur.

En 2007, une étude par le bureau d'études suisse RESONANCE⁴⁶ avait conduit à la réévaluation du séisme de Bâle de 1356 pris comme référence historique pour l'estimation du risque sismique pour la centrale de Fessenheim. L'IRSN écrivait alors dans son avis 2008-93 que les travaux du groupe de travail EDF-IRSN-ASN « *conduisaient aujourd'hui l'IRSN à revoir à la hausse la magnitude du séisme de Bâle, ce qui va dans le sens des valeurs évoquées dans l'étude RESONANCE* » et concluait : « *En tout état de cause, un diagnostic sismique visant à évaluer le niveau de sûreté des structures et des équipements à l'égard d'un mouvement de sol réévalué implique de mobiliser des moyens d'études conséquents, ce qui ne peut être envisagé que dans le cadre d'un réexamen de sûreté de l'installation* ».

La décision du gouvernement d'arrêter définitivement la centrale de Fessenheim, confirmée en 2015 et finalement exécutée en 2019 a évidemment arrêté ces investigations.

Cela appelle deux commentaires :

- Si Fessenheim avait été soumis à sa 4^{ème} visite décennale, c'est à cette occasion que le réexamen de sûreté dont parle l'IRSN eut dû prendre en compte le risque sismique, mobilisant ainsi « des moyens d'études conséquents » et possiblement des travaux importants. On peut en tout cas formuler l'hypothèse que le risque sismique ainsi réévalué aurait entraîné le refus de la poursuite du fonctionnement de Fessenheim au-delà de sa 4^{ème} visite décennale.

Le fait que celle-ci ait été évitée par l'arrêt définitif en 2019 n'efface pas cette possibilité.

- Si risque sismique il y a, il reste sensible non pas pour le réacteur lui-même, vidé de son combustible, mais pour les « piscines » d'entreposage des combustibles irradiés situées au flanc de chaque réacteur (risque de fissuration des murs des piscines et risque de rupture du canal d'Alsace).

Enfin, l'exemple du séisme du Teil de novembre 2019 rappelle la possible réactivation de failles anciennes près de Fessenheim, comme celle de Bâle mais aussi celle du Kaiserstuhl en

⁴⁶ Voir : <https://journaldelenergie.com/nucleaire/risque-sismique-sous-evalue-nucleaire-fessenheim/>

Allemagne, tout près de Breisach et Neuf-Brisach, celle-ci étant située dans le même compartiment géologique que Fessenheim, qui a donné lieu à un séisme en 1926⁴⁷.

CONCLUSION

Le choix d'analyser les incidents de niveau 2 sur les dix dernières années a été dicté par le signal d'alarme du rapport d'activités de l'ASN de 2019 causé par l'occurrence de trois de ces incidents en 2019, et aussi parce qu'il nous semble que l'importance de ces incidents en termes de sûreté et de risques n'est pas suffisamment connue, malgré le très net avertissement⁴⁸ de l'IRSN à propos du risque « séisme » sur les diesels de secours que l'on peut transposer à la plupart des incidents de niveau 2 : « Un incident... *engendrant potentiellement une perte des alimentations électriques externes pouvait conduire à terme à **une fusion du cœur** provoquée par l'impossibilité d'alimenter en électricité les dispositifs prévus pour refroidir le combustible, ainsi qu'à une **perte de refroidissement** de la piscine d'entreposage du combustible usé* ».

A partir de la liste des incidents de niveaux 1 et 2 publiée par l'ASN, nous avons donc établi le tableau des incidents de niveau 2 pour chacun des 58 réacteurs nucléaires du parc des centrales d'EDF, par année sur la période 2010-2020 (à fin septembre).

Alors que l'ASN déclare 17 incidents de niveau 2 sur la période étudiée, avec un pic de 6 incidents en 2019, la comptabilité des couples « incident-réacteur » que nous avons appliquée, recommandée par l'Agence internationale de l'énergie atomique, donne un total de 98 couples sur la période étudiée : 1 réacteur a connu 4 incidents ; 10 réacteurs en ont connu 3 ; 24 réacteurs, 2 ; 16 réacteurs, 1 et 7 réacteurs, aucun.

Ces deux comptabilités, ASN et « Couples » sont complémentaires : l'ASN s'intéresse au premier chef à la nature de l'incident de façon à dicter les mesures qui doivent être prises pour y remédier. La comptabilité « Couples », en indiquant le nombre de réacteurs concernés par l'incident, donne quant à elle une meilleure image de l'ampleur du phénomène et par conséquent du risque encouru car, si accident il y avait, ce serait dans la plupart des cas la combinaison de différentes défaillances et par conséquent de situations différentes selon le réacteur concerné.

Les incidents sont de natures très diverses : erreur de conception ; équipement défectueux soit du fait de sa fabrication, soit par vieillissement, soit par défaut de maintenance ; mauvaise manœuvre en exploitation ; risque de défaillances en cas d'agressions extérieures...

Le résultat le plus frappant de notre analyse est le fait que sur les 17 incidents répertoriés par l'ASN, 10 concernent les diesels de secours, tandis que sur les 98 « couples » identifiés, 67 concernent la défaillance potentielle des diesels, pour différentes causes, en cas de séisme. Et on a vu que le risque séisme fait justement l'objet de nouvelles recherches qui tendraient à prouver son renforcement sur le territoire français.

47 Communication privée et

<http://www.bas-rhin.gouv.fr/content/download/29258/200837/file/Risque+sismique.pdf>

48 https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN_NI-ESS-niveau-2-Diesels-interactions-tuyauteries-13052019.pdf

Un autre domaine d'aggravation du risque est celui de l'irradiation des travailleurs. Si cet incident n'apparaît que deux fois dans notre tableau, on sait qu'il est l'objet d'un très grand nombre d'incidents de niveau 1. Cette évolution dangereuse est bien soulignée dans le rapport d'activités de l'ASN de 2019 : *« L'ASN relève, de manière globale, une dégradation de la prise en compte de la radioprotection dans les différentes centrales nucléaires. L'analyse des évènements significatifs montre en particulier bien souvent une perception inadéquate des risques radiologiques »*.

Cet avertissement particulier s'inscrit dans l'appréciation générale de l'ASN exprimée dans le paragraphe déjà cité en introduction : *« L'analyse des évènements significatifs met par ailleurs en évidence des situations dans lesquelles les collectifs humains se retrouvent en situation de perte de conscience des enjeux de sûreté de leur activité, avec parfois une accoutumance aux écarts »*.

On peut tirer de cette analyse rétrospective un certain nombre d'enseignements.

Pour la plupart des incidents, le niveau 2 est justifié par la conjonction de la défaillance technique d'un appareil ou d'un équipement, de défauts de maintenance (corrosion par exemple) et d'erreurs d'exploitation (non-respect des règles). Ce constat coïncide avec l'appréciation de l'ASN dans le texte déjà cité en introduction :

- Sur les matériels : *« L'année 2019 a encore été marquée par la détection d'écarts affectant des matériels qui remettent en cause leur capacité à remplir leur fonction en cas d'accident. Certains de ces écarts remontent à l'origine de la construction des réacteurs, d'autres ont été générés lors de la mise en œuvre de modifications des installations, y compris récemment, ou résultent du vieillissement des installations ou d'une maintenance insuffisante »*.

- Sur la maintenance : *«...l'ASN a régulièrement attiré par le passé l'attention d'EDF sur la persistance de défauts de qualité de maintenance en nombre trop élevé », et : « Plusieurs de ces défauts de qualité de maintenance sont la conséquence d'une perte de conscience des intervenants que leurs actions contribuent à la sûreté ou de l'application erronée de procédures de maintenance, voire du caractère inadapté de celles-ci »*

- Sur l'exploitation : *« Les inspections de l'ASN ont mis en exergue en 2019 que la surveillance des activités réalisées par les opérateurs de conduite doit être renforcée. Le délai moyen de détection d'un non-respect des règles de conduite est trop important sur plusieurs centrales nucléaires »*.

Dans la plupart des cas, la défaillance mise en évidence par un incident de niveau 2 aboutit à sa correction par EDF. Cependant, dans plusieurs cas, cette correction se fait attendre et il faut tout le poids de l'ASN, parfois par une décision drastique, pour obtenir satisfaction. Ces délais dans le retour à une situation correcte font que le fonctionnement des réacteurs se poursuit tout en sachant que ces défaillances n'ont pas été supprimées. Nous en avons constaté plusieurs exemples, en particulier dans le cas des incidents liés au risque sismique ainsi que certains portant sur des matériels non conformes en place pendant des temps très longs (et même toujours en place...). Pendant tout ce temps, le réacteur concerné a fonctionné dans une situation de sûreté dégradée.

L'examen de tous ces exemples d'incidents de niveau 2 sur parfois un grand nombre de réacteurs permet de comprendre de façon très concrète comment un accident grave ou majeur

peut se produire et c'est d'ailleurs ce qui s'est passé historiquement sur des réacteurs de même type, à uranium enrichi et eau : l'enchaînement d'une défaillance technique d'un matériel pour une ou des raisons internes (corrosion, vieillissement) ou externes (séisme, inondation) provoquant la perte de refroidissement, associées à de mauvaises réactions de l'exploitation ou au dysfonctionnement de certains équipements (les diesels de secours par exemple).

Ce qu'a montré la revue des incidents de niveau 2 sur la période 2010-2020 est que le nombre et la diversité des défaillances de divers ordres sont tels que leurs combinaisons potentielles sont innombrables et extrêmement difficiles à prévoir.

La sûreté nucléaire est très majoritairement traitée sur un plan scientifique et technique. Cette étude montre que le facteur organisationnel et humain, par son importance sur la qualité de la maintenance et celle de l'exploitation mais aussi sur les risques pour les travailleurs, a une importance considérable pour la probabilité d'un accident. Il est à notre avis insuffisamment pris en compte, notamment sur la question des sous-traitances en cascade dans les travaux de maintenance. En ce sens, il est important de tenir compte de l'hétérogénéité des situations d'un site à l'autre, comme l'illustrent en particulier actuellement les arrêts de plus d'un an des deux réacteurs de 1300 MW de la centrale de Flamanville.

Enfin, on ne peut que s'inquiéter du risque d'aggravation de ces tendances avec l'accumulation des chantiers de grande ampleur qui vont accompagner dans les années qui viennent les 4^{ème} visites décennales des 32 réacteurs de 900 MW de puissance électrique.

Ici encore, l'avertissement de l'ASN est clair : « *L'ASN s'interroge sur la capacité d'EDF à mobiliser de tels moyens⁴⁹ à l'avenir pour les autres réacteurs, en particulier quand plusieurs visites décennales auront lieu en parallèle* ».

49 Les moyens importants mis en œuvre par EDF pour la première de ces visites décennales, celle de Tricastin 1.

ANNEXE 1 – LISTE DES INCIDENTS DE NIVEAU 2 SUR LA PÉRIODE 2010-2020

A la date de la publication par l'ASN.

1. 23 février 2010

Perte du système de refroidissement des auxiliaires de sûreté du réacteur n° 4 de la centrale de Cruas-Meysse.

2. 12 mai 2010

Irradiation d'un travailleur dans le bâtiment combustible du réacteur 4 de la centrale de Chinon B.

3. 17 février 2011

Équipement défaillant (coussinets) sur les groupes électrogènes de secours à moteur diesel des réacteurs 3 et 4 de la centrale nucléaire du Tricastin.

4. 28 août 2015

Irradiation d'un travailleur lors de l'arrêt programmé du réacteur 4 de la centrale du Blayais.

5. 28 septembre 2017

Risque de rupture en cas de séisme de la digue du canal de Donzère-Mondragon. Mise à l'arrêt provisoire des 4 réacteurs de la centrale du Tricastin.

6. 20 juin 2017

Équipement défaillant (ancrages des systèmes auxiliaires) en cas de séisme des diesels de secours à moteur diesel des centrales de Belleville, Cattenom, Flamanville, Golfech, Nogent, Paluel, Penly et Saint-Alban.

7. 16 octobre 2017

Risque de perte de la source froide par indisponibilité des pompes du circuit d'eau brute secourue des réacteurs due à une rupture de tuyauteries en cas de séisme concernant 20 réacteurs :

- 10 réacteurs du palier 900 MW : Chinon B3, B4 ; Cruas 1,4 ; Dampierre 1,2,3,4 ; Saint-Laurent 1 et 2.
- 10 réacteurs du palier 1300 MW : Belleville 1,2 ; Cattenom 1, 2, 3, 4 ; Golfech 1,2 ; Nogent 1,2.

8. 30 octobre 2017

Même incident que celui du 20 juin 2017, pour les réacteurs 2 et 5 de la centrale du Bugey et 1 et 2 de la centrale de Fessenheim.

9. 19 janvier 2018

Même incident que celui du 20 juin 2017 (défaillance des systèmes d'ancrage en cas de séisme), l'ASN étend ce risque d'accident aux réacteurs 3 et 4 de la centrale du Bugey.

10. 19 janvier 2018

Absence de démonstration de résistance au séisme des vases d'expansion des diesels de secours du fait de défauts liés à un phénomène de corrosion sur les réacteurs 1 et 2 de la centrale de Paluel.

11. 15 mars 2019

Extension de l'incident du 29 juin 2017 (ancrages diesels de secours) à Blayais 1 et 2, Gravelines 1 à 6, Saint-Laurent 1 et 2, Chinon B2.

12. 13 mai 2019

Nouvel incident sur la défaillance en cas de séisme des ancrages de l'alternateur, d'un pupitre de commande et des aéroréfrigérants des diesels de secours des 2 réacteurs de Fessenheim et les 4 réacteurs du Bugey.

13. 13 mai 2019

Défaut de résistance au séisme de tuyauteries des diesels de secours des 6 réacteurs de la centrale de Gravelines, des 4 de Paluel et des 2 de Civaux.

14. 7 juin 2019

Extension aux 2 réacteurs de la centrale de Saint-Laurent de l'incident du 13 mai 2019 (risque sismique pour tuyauteries des diesels de secours).

15. 2 décembre 2019

Erreurs de manœuvre en exploitation sur le réacteur 2 de la centrale de Golfech.

16. 24 décembre 2019

Défauts sur des composants de cellules électriques rendant indisponibles des systèmes de secours du réacteur 2 de la centrale de Penly.

17. 6 février 2020

Défauts de résistance au séisme de certains matériels contribuant au fonctionnement des groupes diesels de secours (défaillance des alimentations électriques externes) sur 8 réacteurs de 1300 MW (Flamanville 1 et 2, Paluel 1, 2, 4, Belleville 1, Nogent 1, Penly 2).

ANNEXE 2 – LES INCIDENTS DE NIVEAU 2 PAR RÉACTEUR SUR LA PÉRIODE 2010-2020

Réacteur	MW*	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL
Belleville 1	1310								2			1	3
Belleville 2	1310								2				2
Blayais 1	910										1		1
Blayais 2	910										1		1
Blayais 3	910												0
Blayais 4	910												0
Bugey2	910								1		1		2
Bugey3	910									1	1		2
Bugey 4	880						1			1	1		3
Bugey 5	880								1		1		2
Cattenom 1	1300								2				2
Cattenom 2	1300								2				2
Cattenom 3	1300								2				2
Cattenom 4	1300								2				2
Chinon B1	905												0
Chinon B2	905										1		1
Chinon B3	905								1				1
Chinon B4	905	1							1				2
Chooz B1	1500												0
Chooz B2	1500												0
Civaux 1	1495										1		1
Civaux 2	1495										1		1
Cruas 1	915								1				1
Cruas 2	915												0
Cruas 3	915												0
Cruas 4	915	1							1				2
Dampierre 1	890								1				1
Dampierre 2	890								1				1
Dampierre 3	890								1				1
Dampierre 4	890								1				1
Fessenheim 1	880								1		1		2
Fessenheim 2	880								1		1		2
Flamanville 1	1330								1			1	2
Flamanville 2	1330								1			1	2
Golfech 1	1310								2				2
Golfech 2	1310								2		1		3
Gravelines 1	910										2		2
Gravelines 2	910										2		2
Gravelines 3	910										2		2
Gravelines 4	910										2		2
Gravelines 5	910										2		2
Gravelines 6	910										2		2

Nogent 1	1310								2			1	3
Nogent 2	1310								2				2
Paluel 1	1330								1	1	1	1	4
Paluel 2	1330								1		1	1	3
Paluel 3	1330								1	1	1		3
Paluel 4	1330								1		1	1	3
Penly 1	1330								1				1
Penly 2	1330								1		1	1	3
St Alban 1	1335								1				1
St Alban 2	1335								1				1
St Laurent B1	915								1		2		3
St Laurent B2	915								1		2		3
Tricastin 1	915								1				1
Tricastin 2	915								1				1
Tricastin 3	915		1						1				2
Tricastin 4	915		1						1				2
TOTAL	63130	2	2	0	0	0	1	0	48	4	33	8	98
Années		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
ASN		2	1				1		4	2	6	1	17

* Puissance électrique nette.

ANNEXE 3 – RÉCAPITULATIF DES « DOSSIERS BARRÉS »

Récapitulatif établi par Wise-Paris des « dossiers barrés » déclarés par EDF concernant ses réacteurs en fonctionnement.

