

Fontenay-aux-Roses, le 30 juillet 2013

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2013-00310

Objet : REP - Réexamen de sûreté VD3 1300
Évaluation des études de sûreté relatives au risque aérien

Réf. Lettre ASN CODEP-DCN-2012-053682 du 4 octobre 2012

Par la saisine citée en référence, vous avez sollicité l'avis de l'IRSN sur la pertinence et la suffisance des études menées par EDF concernant le thème de réexamen AGR12 « Maîtrise des risques industriels et aériens ». Cette demande s'inscrit dans le cadre du réexamen de sûreté associé à la troisième visite décennale des réacteurs à eau pressurisée (REP) du palier 1300 MWe.

Le présent avis répond à votre sollicitation concernant le risque aérien, le risque industriel étant traité dans un autre avis qui vous sera transmis séparément.

A l'issue de la réunion du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) du 20 mai 2010, consacrée à l'orientation du réexamen de sûreté des réacteurs de puissance 1300 MWe associé à leur troisième visite décennale (VD3 1300), EDF a communiqué à l'ASN et à l'IRSN les études associées au risque aérien du thème AGR12 « Maîtrise des risques industriels et aériens ». Les études présentées par EDF sur ce sujet sont :

- l'actualisation des paramètres d'accidentologie du risque aérien pour les centrales nucléaires françaises ;
- la liste des cibles de sûreté à considérer pour l'analyse du risque de chute d'avion pour le palier 1300 MWe ;
- la détermination des surfaces virtuelles de cibles du palier 1300 MWe.

Adresse courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

Le présent avis expose les conclusions de l'évaluation, par l'IRSN, de ces études.

L'analyse de sûreté liée au risque aérien, établie par EDF, découle de l'application de la Règle Fondamentale de Sûreté (RFS) I.2.a. Elle consiste à évaluer, pour chaque réacteur, la probabilité P d'un dégagement inacceptable de substances radioactives à la suite d'une agression en multipliant la probabilité d'occurrence de l'agression (P1) par la probabilité pour qu'à la suite de l'agression, la

fonction de sûreté considérée ne soit plus garantie (P2) et par la probabilité d'un dégagement inacceptable de substances radioactives à la limite du site (P3) :

$$P = P1 \times P2 \times P3$$

Pour déterminer la probabilité P1, trois familles d'avions sont distinguées : l'aviation générale, qui correspond aux avions de masse inférieure à 5,7 tonnes, l'aviation commerciale et l'aviation militaire. Les cibles à protéger sont l'ensemble des structures et des équipements nécessaires aux trois fonctions de sûreté suivantes : arrêt du réacteur et évacuation de la puissance résiduelle (F1), stockage du combustible usé (F2) et le traitement des effluents radioactifs (F3).

Pour chaque tranche et chaque fonction de sûreté, une évaluation de la probabilité d'agression est effectuée pour chacune des trois familles d'avions ainsi définies. Cette évaluation fait appel à la notion de surface virtuelle du ou des bâtiments abritant chaque fonction de sûreté (surface moyenne probable des projections cylindriques sur le sol, suivant les directions possibles de chute de l'avion, de la surface apparente de ces bâtiments).

Enfin, la RFS 1.2.a précise que l'ordre de grandeur de la probabilité limite pour accepter l'éventualité d'un dégagement inacceptable de substances radioactives à la limite de l'installation, pour chacune des fonctions de sûreté définies ci-dessus, est de 10^{-6} /an/réacteur. Toutefois, pour tenir compte de la sommation nécessaire des probabilités d'accidents aux conséquences analogues, on se fixe pour chaque famille d'agressions un ordre de grandeur limite de la probabilité d'occurrence de l'événement pour chacune des fonctions de sûreté définies ci-dessus, de 10^{-7} /an/réacteur.

Ainsi, la probabilité de dégagement inacceptable de substances radioactives due à la chute d'un avion ne doit pas excéder l'ordre de grandeur de 10^{-7} /an/réacteur, par famille d'avions et par fonction de sûreté.

L'IRSN considère que la démarche d'analyse proposée et appliquée par EDF s'intègre globalement dans le cadre fixé par la RFS 1.2.a.

1. Probabilités de chute d'avion

Dans le cadre du réexamen de sûreté VD3 1300, EDF a réactualisé les valeurs des coefficients relatifs au trafic aérien et aux statistiques d'accidents à partir de données collectées sur la période 2000 - 2009. L'IRSN précise que l'actualisation de coefficients relatifs au trafic aérien et aux statistiques d'accidents n'est pas spécifique au palier 1300 MWe, le travail réalisé dans ce cadre étant applicable aux autres paliers.

De manière générale, les données de trafic présentées par EDF pour chaque famille d'aviation sont cohérentes avec celles obtenues par ailleurs par l'IRSN et n'appellent pas de remarque.

Concernant les données d'accident, l'IRSN n'a pas de remarque sur les critères de sélection et les nombres de vols commerciaux et militaires retenus pour l'étude. De ce fait, l'IRSN considère que la mise à jour des coefficients de calcul probabiliste de l'aviation commerciale et de l'aviation militaire est acceptable pour le réexamen de sûreté VD3 1300.

Toutefois, pour l'aviation générale, les documents fournis par EDF ne permettent pas de juger de l'exhaustivité des accidents retenus et des justifications à apporter sur le nombre d'accidents retenus seront nécessaires dans le cadre du réexamen de sûreté VD3 1300. De la même manière, les documents fournis par EDF ne présentent pas d'explication sur la réévaluation du coefficient de

répartition angulaire du risque d'accident en zone d'aérodrome. Ces points font l'objet de l'observation n° 1, présentée en annexe.

Concernant l'aviation commerciale, l'IRSN remarque que les coefficients utilisés pour la quantification de la probabilité de chute d'un avion commercial dans le cas d'un site implanté en zone d'aérodrome (distance inférieure à 20 km) n'ont pas été actualisés dans la présente étude. EDF justifie ce point en précisant qu'aucun site du palier 1300 MWe ne se situe en zone d'aérodrome. Ceci est acceptable dans le cadre de la présente instruction.

L'aviation militaire concerne les avions de l'armée de l'air, de l'aéronavale et de l'armée de terre. Lors de l'instruction des orientations des études à mener dans le cadre du réexamen de sûreté VD3 1300, l'IRSN a demandé qu'EDF engage une réflexion sur la prise en compte des risques liés aux avions de lutte contre l'incendie (aviation de la sécurité civile). EDF a retenu d'intégrer ce risque à celui lié à l'aviation militaire. Ce choix s'appuie sur le fait que les vols qui participent à la lutte contre les incendies sont réalisés à basse altitude (ce qui est également le cas de certains vols militaires) et sont pilotés par des militaires dans une structure militaire.

L'IRSN estime que les avions de lutte contre l'incendie présentent des risques de chute qui leur sont propres. Toutefois, l'ajout des avions de lutte contre l'incendie a peu d'influence sur les probabilités évaluées compte tenu du trafic limité par rapport au trafic des avions militaires. De ce fait, l'IRSN estime que, à ce stade, pour le réexamen de sûreté VD3 1300, le choix d'intégrer les avions de la sécurité civile dans la famille des avions militaires en leur appliquant la même méthodologie d'étude est acceptable.

2. Cibles de sûreté retenues

Afin de sélectionner les cibles de sûreté à retenir pour l'étude des chutes d'avion pour les paliers P4 et P'4, EDF a identifié dans un premier temps les systèmes nécessaires à l'accomplissement des fonctions de sûreté F1, F2 et F3. Ensuite, EDF a identifié les bâtiments abritant ces fonctions. Enfin, en utilisant des principes de sélection et en tenant compte de la conception des tranches, EDF a déterminé ces cibles de sûreté.

L'IRSN n'a pas de remarque en ce qui concerne la liste des cibles de sûreté retenues par EDF sur lesquelles une chute d'un avion conduirait directement à des conséquences inacceptables. Parmi ces cibles, EDF élimine celles pour lesquelles la conception permet d'éviter la survenue directe de conséquences inacceptables.

Par contre, l'IRSN relève qu'EDF considère les seules chutes d'avion pouvant directement impacter les bâtiments abritant des systèmes nécessaires pour les trois fonctions de sûreté définies dans la RFS I.2.a, sans retenir les éventuels effets indirects sur ces fonctions en cas de chute d'avion sur d'autres cibles internes ou externes au site.

En particulier, l'IRSN note que, pour la fonction de sûreté F2, EDF ne considère pas comme cible potentielle les systèmes assurant le refroidissement de la piscine du bâtiment combustible (piscine BK). Il s'agit de la station de pompage, du circuit de réfrigération intermédiaire (RRI), du circuit d'eau brute secourue (SEC) et du circuit de refroidissement d'eau des piscines (PTR). En effet, EDF tient compte de la possibilité d'assurer un appoint d'eau par le circuit de distribution d'eau déminéralisée (SED), le circuit de protection incendie de l'îlot nucléaire (JPI), sur le palier P'4, et le circuit de

distribution d'eau incendie (JPD), sur le palier P4. Pour ces trois systèmes, la séparation géographique est assurée vis-à-vis de la chute d'avion de l'aviation générale. EDF estime que les possibilités de réalimenter les réserves d'eau des systèmes SED et JPI/JPD, ou directement la piscine BK par la création de piquages permettant l'appoint ultime dans le cadre du projet post-Fukushima, sont suffisantes et que l'endommagement de la station de pompage, en cas de chute d'avion, n'est donc pas de nature à engendrer un découvrement du combustible stocké en piscine BK. L'IRSN rappelle que la perte de la station de pompage affecte l'ensemble des installations du site (réacteurs et piscines), conduisant à un épuisement rapide des réserves d'eau du site. L'IRSN rappelle aussi que la station de pompage est retenue au titre de la fonction de sûreté F1 « arrêt du réacteur et évacuation de la puissance résiduelle ». Les possibilités d'appoint aux systèmes SED et JPI/JPD peuvent également dépendre de la station de pompage pour certains sites, rendant nécessaire la récupération d'une source d'eau afin d'éviter le découvrement (pour mémoire, les délais de découvrement du combustible dans une piscine BK non réfrigérée peuvent être de l'ordre de 40 à 100 heures). Or, les temps de réparation des systèmes de la station de pompage en cas de chute d'avion pourraient être importants.

Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1, présentée en annexe.

D'une manière générale, l'IRSN note qu'EDF n'utilise pas les études probabilistes de sûreté (EPS), développées dans le cadre du réexamen de sûreté VD3 1300, pour l'identification des cibles de sûreté. L'IRSN remarque que l'EPS « piscine BK » réalisée par EDF pour le réexamen de sûreté VD3 1300 met en évidence des risques de vidange accidentelle très rapide de la piscine BK en cas de rupture des circuits de refroidissement ou de purification. L'IRSN rappelle que ces circuits se trouvent essentiellement dans le bâtiment combustible (BK), partiellement retenu par EDF comme cibles au titre de la fonction de sûreté F2, et dans le bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN), non retenus par EDF comme cibles au titre de la fonction de sûreté F2.

Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2, présentée en annexe.

L'IRSN constate que la démarche d'EDF ne considère pas une chute d'avion survenant dans le voisinage proche des bâtiments de la centrale. En effet, la zone atteinte en cas de chute d'avion peut ne pas se limiter au seul point d'impact compte tenu du fait, qu'en général, elle est accompagnée d'incendies, de l'émission de projectiles, etc.

Au cours de l'instruction, EDF a précisé que la zone d'effet d'une chute d'avion ne se limite pas au seul point d'impact, puisque les surfaces prises en compte vont au-delà de celles strictement requises. En outre, EDF a précisé que les effets secondaires d'une chute d'avion sont pris en compte dans le cadre des études relatives à la malveillance (pour EDF, ces effets se limitent essentiellement à l'incendie dû aux hydrocarbures contenus dans l'avion).

L'IRSN considère que les effets induits par une chute d'avion doivent également être pris en compte dans la démonstration de sûreté relative au risque de chute accidentelle. Par ailleurs, sans justification du caractère enveloppe des surfaces virtuelles des cibles, le seul calcul de ces surfaces n'est pas suffisant pour couvrir le risque d'une chute d'avion dans la proximité d'un bâtiment cible, compte tenu des éventuels effets induits (propagation d'un incendie résultant de la chute, interactions entre ouvrages, chocs, vibrations, projectiles...) qui peuvent aller au-delà de la seule

surface calculée. A titre d'exemple, l'IRSN estime qu'en cas de chute d'avion, compte tenu des effets induits tels que l'incendie, projectiles, etc. la disponibilité des alimentations électriques externes pourrait être affectée, notamment en cas d'endommagement des installations externes tel que transformateurs, pylônes et lignes électriques aériennes.

Ces points font l'objet de la recommandation n° 3 et de l'observation n° 2, présentées en annexe.

L'IRSN constate que la démarche d'EDF ne considère pas non plus les cibles, autres que les bâtiments abritant des éléments assurant une fonction de sûreté, dont la destruction peut conduire à la dégradation des fonctions de sûreté. Ces cibles peuvent notamment être déterminées dans les analyses des risques référencées dans le rapport de sûreté. Il s'agit principalement des risques de type incendie, explosion ou toxique (tels que ceux pouvant survenir en cas de chute d'avion sur une ICPE) et des risques liés à la défaillance d'un équipement de la tranche ou du site (inondation par rupture des digues, bassins, réservoirs ou circuits d'eau, perte de source froide par manque d'eau dans le chenal d'amenée, etc.). Par ailleurs, certaines hypothèses retenues par EDF, reposant sur des analyses de sûreté ne considérant pas la chute d'avion, pourraient ne plus être valables en cas de chute d'avion. Il s'agit notamment des dispositions de protection ou de rétention qui ne sont pas dimensionnées pour résister à des chutes d'avion.

Par exemple, l'IRSN note qu'EDF a analysé et exclu pour les fonctions F1 et F2 une chute d'avion sur le local du réservoir d'eau de la piscine (PTR) sur la base du non-cumul entre une chute d'avion et d'un accident de perte de réfrigérant primaire (APRP). Cette hypothèse de non-cumul n'appelle pas de remarque de l'IRSN. En revanche, l'IRSN rappelle que des dispositions sont prévues à la conception pour limiter les conséquences d'une inondation interne en cas de rupture du réservoir PTR. Toutefois, ni le local, ni ces dispositions ne sont dimensionnés pour résister à la chute d'un avion. De ce fait, un accident d'avion affectant le réservoir PTR pourrait donc conduire à la rupture du réservoir et à la perte des protections mises en place pour limiter les conséquences de l'inondation interne en résultant. Il est nécessaire qu'EDF s'assure que cette inondation ne peut pas se propager dans l'espace inter-enceinte ainsi que dans les bâtiments BAN et BK, qui abritent des composants importants pour la sûreté. Une analyse de ces scénarios s'avère donc nécessaire.

Ce point fait l'objet de la recommandation n° 4, présentée en annexe.

L'IRSN rappelle que la défaillance (rupture) de certains systèmes ou réservoirs (aéroréfrigérants, bassins SEA, condenseur...) peut conduire à une inondation et à des conséquences importantes sur la disponibilité de fonctions de sûreté. Dans le cadre du REX Blayais, des dispositions de conception ou d'exploitation ont été définies pour réduire le risque (mise en place de murets, d'isollements...). Ces dispositions ne sont pas toujours dimensionnées pour résister aux chutes d'avion. En conséquence, une chute d'avion pourrait conduire à une inondation externe et à la perte des dispositions retenues pour en limiter les conséquences. A ce titre, dans le cadre du rapport de sûreté édition VD2, EDF a réalisé des analyses du risque de chute d'avion pouvant conduire à des inondations des sites et a estimé les probabilités associées. L'IRSN estime que ces analyses devront être mises à jour, en tenant compte de l'évolution des données (trafic aérien, accidentologie) ; les probabilités ainsi obtenues devront être comptabilisées dans l'évaluation du risque induit par une chute d'avion. Pour être complet, le

document relatif à l'analyse du risque aérien pour une tranche devra intégrer les analyses du risque de chute d'avion pouvant conduire à des inondations des sites.

L'ensemble de ces points fait l'objet de la recommandation n°5, présentée en annexe.

3. Surfaces virtuelles des cibles de sûreté retenues

EDF a présenté les résultats des calculs des surfaces virtuelles pour toutes les configurations rencontrées sur les tranches du palier 1 300 MWe, sans présenter ni la méthodologie, ni les formules de calculs des surfaces virtuelles, ni les données d'entrée nécessaires au calcul, comme les données géométriques (longueur, largeur...) de chaque ouvrage. Toutefois, ces éléments, issus des plans d'implantation et des plans de coffrages des ouvrages, ont été fournis par EDF au cours de l'instruction et n'appellent pas de remarque de l'IRSN. Ne disposant pas du logiciel utilisé par EDF, développé par EDF, l'IRSN n'a pas pu vérifier les valeurs présentées. Toutefois, l'IRSN a réalisé des contre-calculs sur des configurations simples et des bâtiments indépendants, sans prendre en considération les effets d'ombres (certaines parties d'un bâtiment cible ne peuvent physiquement pas être agressées car elles sont masquées par des bâtiments contigus). Les résultats sont comparables à ceux obtenus par EDF. De ce fait, l'IRSN considère que les calculs de surfaces virtuelles réalisés par EDF sont acceptables.

En outre, EDF a proposé de mettre à jour son livrable pour intégrer dans une annexe les éléments techniques nécessaires aux calculs des surfaces virtuelles.

4. Conclusion

En conclusion, l'IRSN considère que les études menées par EDF relatives au risque aérien dans le cadre du réexamen de sûreté des réacteurs 1300 MWe associé à la troisième visite décennale doivent être complétées par la prise en compte des recommandations et observations formulées en annexe.

Pour le directeur général
et par délégation

F MÉNAGE

Recommandations

1. Dans le cadre de la quantification du risque lié à la chute d'un avion de l'aviation commerciale ou militaire, l'IRSN recommande que, pour le réexamen de sûreté VD3 1300, EDF justifie la capacité de chaque site du palier 1300 MWe à réalimenter –en cas d'agression de la station de pompage par un aéronef– l'ensemble des piscines BK du site avant découverte des assemblages combustibles qui y sont entreposés ou retienne la station de pompage comme cible de sûreté pour la fonction de sûreté F2 définie dans la RFS I.2.a.
2. Dans le cadre de l'évaluation du risque lié à la chute d'un aéronef, l'IRSN recommande que, pour le réexamen de sûreté VD3 1300, EDF retienne les bâtiments BK et BAN pour la fonction de sûreté F2 définie dans la RFS I.2.a.
3. L'IRSN recommande que, pour le réexamen de sûreté VD3 1300, EDF réalise une analyse de l'ensemble des effets induits par une chute d'avion survenant dans le voisinage proche des cibles de sûreté et de leur impact sur les cibles.
4. Dans le cadre de l'évaluation du risque lié à la chute d'un aéronef, l'IRSN recommande que, pour le réexamen de sûreté VD3 1300, EDF retienne le local du réservoir d'eau de la piscine (PTR) comme cible de sûreté pour les fonctions de sûreté F1 et F2 définies dans la RFS I.2.a ou démontre qu'une agression de ce local ne peut pas provoquer la perte d'équipements assurant ces fonctions de sûreté.
5. L'IRSN recommande que, pour le réexamen de sûreté VD3 1300, EDF prenne en compte, lors de l'évaluation des cibles à retenir en cas de chute d'avion, en complément des bâtiments abritant des systèmes nécessaires aux fonctions de sûreté définies dans la RFS I.2.a, l'ensemble des cibles du site qui, par des effets indirects (inondations, incendies, explosions, projectiles, RTHE, émanations de gaz toxiques, etc.), pourraient affecter ces fonctions de sûreté. Les dispositions spécifiques mises en place vis-à-vis de ces risques ne pourront être valorisées que dans la mesure où elles conservent leur efficacité en cas de chute d'avion.

Observations

1. L'IRSN estime qu'EDF devra, dans le cadre du réexamen de sûreté VD3 1300, justifier le nombre d'accidents retenus au final pour l'étude de l'accidentologie relative à l'aviation générale. Si nécessaire, les coefficients correspondants devront être corrigés. De plus, EDF devra apporter des justifications sur la répartition du coefficient angulaire en zone d'aérodrome.
2. Au titre de la robustesse de l'approche de sélection des cibles de sûreté, l'IRSN recommande que, pour le réexamen de sûreté VD3 1300, EDF considère la perte des alimentations électriques externes en cas de chute d'avion.