



INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 5 octobre 2012

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2012-00437

Objet : REP en exploitation - Tous paliers - Analyse de la revue de la fonction « recirculation »

Réf. [1]Saisine ASN CODEP-DCN-2010-058808 du 10 janvier 2011
[2]Lettre Dép-DCN-0116-2008 du 18 mars 2008 - « Réacteurs nucléaires à Eau sous Pression (REP) en exploitation - Circuits de sauvegarde - Fonction de recirculation »

En réponse à la saisine en référence [1] de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a analysé la revue qu'a effectuée Electricité de France (EDF) de la fonction « recirculation ».

1 RÔLE DE LA FONCTION « RECIRCULATION »

En cas de brèche sur le circuit primaire non compensable par le système de contrôle volumétrique et chimique (RCV), il est nécessaire, pour assurer le refroidissement du cœur du réacteur, d'injecter de l'eau borée permettant de compenser l'eau perdue à la brèche. Ceci est effectué par le système d'injection de sécurité (RIS) d'abord en haute puis en basse pression ; afin de faire diminuer la pression dans le bâtiment réacteur, il peut également être nécessaire, selon la taille de la brèche sur le circuit primaire, d'utiliser le système d'aspersion de l'enceinte (EAS).

L'eau nécessaire à ces actions est initialement extraite de la bache du circuit de traitement et de refroidissement des piscines (PTR). Lorsque cette dernière atteint son niveau bas, les circuits RIS et EAS basculent automatiquement en mode dit de « recirculation », lors duquel ils aspirent l'eau perdue à la brèche et tombée dans des puisards en fond du bâtiment du réacteur. Ce mode de fonctionnement en « recirculation » peut être nécessaire pendant très longtemps pour évacuer la puissance résiduelle du cœur.

2 CONTOUR DE L'ANALYSE DEMANDÉE PAR L'ASN A EDF

Le nombre important d'événements et d'écarts de conformité affectant la fonction de « recirculation » déclarés par EDF ces dernières années a conduit l'ASN à s'interroger sur sa fiabilité effective et à demander à EDF d'effectuer une revue de la fonction [2]. Par sa saisine en référence [1], l'ASN demande à l'IRSN de se prononcer sur la revue de la fonction « recirculation » réalisée par EDF par le courrier en référence, et plus précisément sur :

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

- la démarche mise en œuvre par EDF pour identifier les éléments pouvant remettre en cause directement ou indirectement, sur sa durée de fonctionnement, la disponibilité de la fonction « recirculation » ;
- le caractère suffisant de la sélection opérée par EDF des éléments tirés de l'expérience d'exploitation pour effectuer son analyse ;
- les conclusions d'EDF quant au statut soldé ou non des écarts affectant la fonction « recirculation » et aux effets potentiellement néfastes pour la sûreté de leur cumul ;
- les modes et échéances de traitement de ces écarts, et le caractère suffisant des mesures palliatives mises en place dans l'attente de leur résorption définitive.

3 ANALYSE DE L'IRSN

L'IRSN a dans un premier temps examiné l'exhaustivité des éléments présentés par EDF en réponse à l'ASN, la complétude des systèmes et composants intervenant dans la fonction « recirculation » ayant fait l'objet d'une recherche d'écart de conformité par EDF ainsi que le caractère suffisant des éléments tirés de l'expérience d'exploitation retenus par EDF dans son analyse. A cet effet, l'IRSN a effectué sa propre recherche et analyse des éléments de retour d'expérience pertinents. L'IRSN s'est également attaché à vérifier le caractère acceptable des modes de traitement des écarts et des échéances associées à ces traitements présentés par EDF, en regard notamment de l'impact possible des effets cumulés d'écarts.

Dans un second temps, l'IRSN a analysé la pertinence de la démarche générale retenue par EDF pour répondre à l'objectif de la demande de l'ASN [2] de vérification du bon fonctionnement des systèmes participant directement ou indirectement à la fonction « recirculation ».

L'IRSN a enfin étudié les informations à disposition des équipes de crise sur l'état réel des réacteurs.

3.1 EXHAUSTIVITÉ DE LA RÉPONSE D'EDF À LA DEMANDE DE L'ASN

L'IRSN considère que les éléments présentés par EDF constituent une première étape notable de réponse à la demande de l'ASN [2], EDF ayant effectué un travail de recensement des écarts survenus sur son parc durant la décennie ayant précédé la revue et des problématiques connues susceptibles d'impacter la disponibilité de la fonction « recirculation ». Néanmoins, il relève qu'EDF n'a pas présenté de démarche de recherche d'éventuels écarts de conformité latents susceptibles de remettre en cause la fonction « recirculation », ni d'éléments de démonstration de la suffisance des mesures temporaires intégrées sur les réacteurs pour assurer la fiabilité de cette fonction dans l'attente de solutions définitives.

3.2 ANALYSE DES ÉLÉMENTS TRANSMIS PAR EDF

Systèmes retenus

Les systèmes considérés par EDF dans le cadre de son analyse de la fonction « recirculation » sont bien des systèmes essentiels à son succès. L'IRSN remarque cependant l'absence dans la revue d'EDF d'un certain nombre de systèmes supports, également nécessaires à la réalisation de la fonction « recirculation ». A titre d'exemples, les capteurs de niveau de la bache (PTR) initiant le passage en « recirculation », le système de conditionnement thermique (DVN) des moteurs des pompes RIS et EAS

sur le palier CPO ou encore les diesels et leurs systèmes supports de conditionnement thermique, ne sont pas pris en compte par EDF dans sa revue.

L'IRSN estime qu'EDF aurait dû procéder à une identification exhaustive des systèmes et équipements nécessaires pour activer et maintenir la fonction « recirculation », puis intégrer ces systèmes à son analyse de sa fiabilité.

Retour d'expérience (REX)

La revue d'EDF se base sur l'analyse des écarts avérés sur les réacteurs déclarés sur les dix années précédant le point de départ de l'étude et ayant donné lieu à des comptes rendus d'événements significatifs (CRES). Cette base de travail est complétée par les événements ayant été classés, après analyse, comme écarts à caractère générique non significatifs, les événements internationaux déclarés dans la base WANO (World Association of Nuclear Operators), les événements issus des démarches « menaces techniques » et « problèmes potentiellement sensibles » du programme « durée de vie du palier 1300 MWe » d'EDF, et par ceux déjà examinés dans le cadre de réunions du groupe permanent consacrées au retour d'expérience (GP REX). EDF a ensuite trié les événements qu'il estimait pertinents, écartant ceux qu'il jugeait soldés, ponctuels, ou ne relevant pas de la conception (tels ceux tirant leur cause d'un problème de facteur humain ou organisationnel).

L'IRSN estime que cette démarche ne répond que partiellement à la demande de l'ASN, qui stipule notamment la prise en compte de toutes les anomalies susceptibles d'affecter la disponibilité de la fonction « recirculation », directement ou indirectement. De plus, seuls les écarts ayant donné lieu à un événement significatif pour la sûreté (ESS) sont considérés. EDF occulte ainsi les enseignements qui pourraient être tirés de l'analyse des autres événements (en particulier ceux qui sont récurrents), des reprises d'essais et des points notables relevés dans le cadre des inspections, susceptibles d'affecter la disponibilité de la fonction « recirculation ».

L'IRSN détaille ci-après les autres points abordés par EDF, à savoir les événements significatifs pour la sûreté et les enseignements des GP REX, puis examine deux écarts significatifs considérés soldés par EDF.

Événements significatifs pour la sûreté :

EDF a procédé à une extraction, depuis sa base de données, des fiches d'événements s'étant produits entre le 1^{er} décembre 1998 et le 1^{er} décembre 2008, en lien avec les systèmes sélectionnés. Ceci a conduit EDF à sélectionner 909 événements, dont 175 ont été identifiés comme pertinents au vu des libellés, des causes, des conséquences réelles et potentielles. L'IRSN a réalisé, avec les mêmes critères qu'EDF, sa propre extraction. Celle-ci compte 93 événements supplémentaires, dont certains événements d'importance tels que celui observé le 14 mars 2005 sur le réacteur n°2 de Dampierre et relatif à une baisse du niveau d'eau dans le puisard EAS en dessous du critère de sûreté. Cette extraction conduit l'IRSN à émettre des doutes sur la pertinence de la technique qu'EDF a employée pour extraire les ESS devant être analysés dans le cadre de cette revue.

Enseignements des GP REX :

L'analyse d'EDF prend en compte la période de 1986 à 2005. L'IRSN observe qu'EDF a correctement identifié les problématiques en lien avec la fonction « recirculation » traitées dans le cadre de ces GP REX. Cependant, EDF ne présente pas dans son dossier les suites qu'il a données aux demandes formulées à l'époque, ni ne se réinterroge sur leur suffisance au regard notamment des nouveaux

éléments de REX. A titre d'exemple, dans le cadre du GP REX de la période 1990-1993, l'IRSN avait identifié les risques de perte de la fonction « recirculation » par perte de la garde hydraulique dans les tuyauteries RIS/EAS, ainsi que les risques liés à la tenue de la double enveloppe en situation post-accidentelle. Il avait alors été demandé à EDF d'examiner l'intérêt d'entreprendre une revue de conception des tronçons affectés par les anomalies précitées. L'IRSN observe que ces problématiques ne sont toujours pas soldées sur le parc en exploitation et ont encore fait l'objet de déclarations d'événements récemment, telle celle du 13 septembre 2010 sur Dampierre 3 relative à un niveau bas de la garde hydraulique du puisard 3 EAS 001 PS.

Écart importants estimés clos par EDF

L'IRSN conteste le statut, considéré comme soldé dans la revue d'EDF, de certaines problématiques importantes mettant en cause la disponibilité de la fonction « recirculation ».

C'est le cas de la problématique de disponibilité de la fonction en cas de brèche sur le circuit primaire, compte tenu des débris générés par la brèche et qui peuvent migrer vers les puisards situés en fond de bâtiment réacteur. Ces puisards sont équipés de filtres qui visent à protéger l'aspiration des pompes des systèmes RIS et EAS et ainsi permettre l'injection d'un débit d'eau suffisant dans le cœur. Toutefois, ces débris peuvent former un lit fibreux sur le filtre, retenant les particules en transit et qui peut finir par colmater le filtre par effet physique ou sous l'effet de réactions chimiques en son sein. De plus, il est important de s'assurer que les composants situés en aval des filtres et participant à la fonction « recirculation » fonctionnent correctement avec une eau chargée de la fraction de débris transitant tout de même au travers des filtres. De la même manière, l'impact de la présence de débris dans l'eau du primaire sur les assemblages combustibles doit être examiné. Ces problématiques de colmatage des filtres ainsi que d'effets physiques et chimiques en aval de ceux-ci ont fait l'objet de déclarations d'écarts par EDF. Elles ont déjà donné lieu à des études et essais de la part d'EDF mais l'IRSN souligne qu'ils sont toujours en cours d'instruction et ne sauraient être considérés comme clos. L'IRSN émet à ce sujet la recommandation 1 en annexe.

De la même manière, la présence d'air, potentiellement nocive aux pompes d'aspiration RIS et EAS, ainsi que les sujets connexes de baisse mal expliquée de la garde hydraulique des puisards des paliers 900 MWe et P4 d'une part, d'existence de pentes insuffisantes et contre-pentes sur les tuyauteries RIS et EAS des réacteurs du parc d'autre part, sont écartés par EDF mais ne sauraient être considérés par l'IRSN comme des affaires soldées. Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation 2 en annexe.

Traitement des écarts et de leurs cumuls - planning de remise en conformité des réacteurs

EDF présente dans son dossier une démarche de prise en compte de cumuls d'écarts. Selon EDF, ces cumuls ne sont pas de nature à accroître le risque de perte de la fonction « recirculation » et ne remettent donc pas en cause le planning de traitement de chacun des écarts de conformité.

L'IRSN n'a pas de remarque sur le planning présenté par EDF de résorption des écarts individuels. L'IRSN rappelle par ailleurs que, de manière plus générale et au-delà de la fonction « recirculation », la démarche de prise en compte des cumuls d'écarts proposée par EDF est en cours d'instruction et que des éléments complémentaires sur ce sujet seront présentés par EDF en 2012. L'IRSN ne pourra donc se prononcer sur la pertinence de la démarche d'EDF qu'à la réception des éléments attendus et à l'issue de leur examen.

L'IRSN regrette toutefois qu'EDF n'ait pas présenté dans sa revue de la fonction « recirculation » d'éclairage probabiliste sur l'accroissement du risque de fusion du cœur associé au cumul d'écarts de conformité.

Information des équipes de crise sur l'état des installations

EDF a déclaré au cours de l'instruction que les mesures compensatoires aux écarts qui s'appuient sur l'équipe de crise d'EDF sont tracées dans des fiches particulières consultables dans ses locaux.

L'IRSN estime que l'exploitant doit s'assurer de la transmission systématique à toutes les parties prenantes, dès le début de la crise, de la liste exhaustive des écarts de conformité affectant le réacteur ainsi que de l'ensemble des fiches particulières applicables. L'IRSN émet à ce sujet la recommandation 3 en annexe.

3.3 SUFFISANCE DE LA DÉMARCHE D'EDF

Prise en compte des facteurs organisationnels et humains (FOH)

L'IRSN considère que les FOH sont au cœur de la fiabilité de la fonction « recirculation », au travers notamment de la conception, de la fabrication, de l'exploitation et de la maintenance, ainsi que des modifications des équipements en jeu dans cette fonction. La mise à l'écart pure et simple des événements liés aux FOH par EDF dans la revue de cette fonction n'apparaît donc pas acceptable.

En l'absence d'élément d'EDF dans son dossier, l'IRSN a effectué sa propre analyse des éléments du retour d'expérience et il ressort que nombre d'événements à dominante FOH ont été et sont potentiellement toujours de nature à rendre indisponible la fonction recirculation s'ils ne sont pas considérés. En particulier, l'IRSN considère qu'EDF aurait dû analyser l'impact des processus de modifications et des activités humaines concernant les équipements, qui sont susceptibles de remettre en cause le respect des exigences assignées à la fonction recirculation (exigences de conception, fonctionnelles, de maintien de la qualification des équipements ou de protection de la fonction face aux agressions). Suite à cette analyse de l'IRSN, EDF a reconnu la nécessité de prendre en compte dans sa revue de la fonction recirculation les FOH.

Protection de la fonction « recirculation » contre les agressions

Concernant la protection de la fonction « recirculation » contre les agressions, EDF indique prendre en compte l'impact du futur référentiel « Grands Chauds » et précise qu'il n'existe pas de risque de perte de la fonction « recirculation » par prise en gel d'équipement en cas de « Grands Froids ». L'IRSN indique que l'instruction du référentiel « Grands Chauds » a permis d'apprécier la tenue aux températures extérieures élevées des équipements nécessaires à la fonction « recirculation ».

L'IRSN estime de façon générale qu'EDF aurait dû vérifier de manière exhaustive l'impact de l'ensemble des agressions du référentiel sur la disponibilité de la fonction « recirculation ».

Réexamen des études de conception

Par son courrier [2], l'Autorité de sûreté nucléaire demande à EDF de procéder au « recensement des éventuelles insuffisances de dimensionnement ». EDF répond dans sa revue que « le Rapport Standard de Sûreté [...] porte la démonstration de la suffisance du dimensionnement de la fonction recirculation ». L'IRSN estime que la demande de l'ASN ne peut se satisfaire d'un simple renvoi au

rapport de sûreté. A titre d'exemple, c'est par hasard que, dans le cadre de la vérification de la tenue des pompes RIS-HP du palier CPY aux températures extérieures du futur référentiel « Grands Chauds », EDF a découvert l'existence de trois écarts d'étude et de conformité au référentiel actuel remettant en cause et de façon immédiate la disponibilité de ces pompes intervenant dans la fonction « recirculation ». Cet exemple démontre que le seul examen des événements s'étant déjà produits est insuffisant pour établir la fiabilité d'un équipement ou d'une fonction, et qu'une démarche de revue des études de conception est indispensable en complément à l'analyse du retour d'expérience qu'a menée EDF.

Utilisation des études probabilistes

EDF déclare que l'évaluation de l'accroissement de risque de fusion du cœur résultant de la présence simultanée des écarts de conformité, ainsi que son évolution dans le temps en fonction du calendrier de mise en place des mesures correctives, ne peut pas être réalisée compte tenu de l'état actuel des études probabilistes de sûreté (EPS) et des limites qu'elles présentent. L'IRSN partage l'analyse d'EDF sur l'état actuel des EPS, mais note qu'EDF ne propose pas de les améliorer. L'IRSN regrette la mise à l'écart de ces dernières, qui auraient pu apporter un éclairage sur l'évaluation des accroissements de risque de fusion du cœur liés, entre autres, aux facteurs humains et organisationnels, à la maintenance, aux insuffisances de dimensionnement et au cumul d'écarts ou aux agressions.

Suffisance de la démarche

Au final, l'IRSN estime qu'EDF doit réaliser une véritable revue de la fonction « recirculation », intégrant notamment un réexamen des études de conception et une vérification du respect de l'ensemble des exigences et émet la recommandation 4 à ce sujet.

4 CONCLUSION

L'IRSN estime que la revue de la fonction « recirculation » menée par EDF est un premier élément important de réponse à la demande de l'ASN [2], EDF ayant effectué un travail de recensement des écarts survenus sur son parc durant la décennie ayant précédé la revue et des problématiques connues susceptibles d'impacter la disponibilité de la fonction. Cependant, l'IRSN a relevé certaines insuffisances, notamment :

- le caractère non exhaustif des systèmes considérés par EDF dans son analyse du retour d'expérience ;
- l'insuffisance des données du retour d'expérience considérées ;
- le caractère soldé pour EDF de certains écarts relatifs à des problématiques que l'IRSN estime toujours susceptibles de remettre en cause la fonction « recirculation » et pour lesquelles EDF doit engager rapidement des actions complémentaires ;
- l'absence de réexamen des études de conception, nécessaire à la vérification du dimensionnement de la fonction ;
- le traitement partiel de la demande de l'ASN d'assurer, en cas de crise, la disponibilité, pour toutes les parties prenantes, de la connaissance de l'état des installations ;

- l'absence de considération des enseignements qui pourraient être tirés des études probabilistes de sûreté.

L'IRSN estime plus généralement que la revue des écarts affectant la fonction « recirculation » réalisée par EDF constitue une avancée dans l'appréciation de la fiabilité de cette fonction, mais ne permet pas de conclure au bon fonctionnement de tous les systèmes et équipements qui y participent directement ou indirectement.

Pour le directeur général
et par délégation
F. MENAGE

Recommandations

Recommandation 1

L'IRSN recommande qu'EDF démontre (sur la base d'essais représentatifs et/ou d'études) l'absence de risque de perte de la recirculation par effets physique et/ou chimique en amont et aval des filtres puisards dans les conditions de fonctionnement qui seraient réellement rencontrées en situations accidentelles.

En particulier cette démonstration devra :

- tenir compte des dernières évolutions de la caractérisation du « terme source débris », notamment celles associées à la suppression du Microtherm et à l'évolution des connaissances sur les peintures ;
- permettre de simuler la configuration pénalisante vis-à-vis des pertes de charges (configuration « peau mince ») ou de statuer sur l'impossibilité de la formation d'une telle configuration ;
- retenir des configurations représentatives des écoulements réellement mis en jeu, afin de caractériser la compétition transport/sédimentation des débris ;
- tenir compte de l'influence de l'évolution de la température de l'eau dans les puisards sur les effets de dissolution des débris et en conséquence sur les effets chimiques possibles en amont des filtres (création de nouvelles particules et formation possible de précipités) ;
- tenir compte de la longue durée de sollicitation possible de la fonction « recirculation » (les phénomènes de dissolution étant lents) dans son investigation des effets de la chimie, de la température et des caractéristiques radiochimiques de l'eau sur la formation d'un gâteau de débris et sur l'évolution dans le temps de la perte de charge qu'il causerait le cas échéant.

L'IRSN recommande qu'EDF présente, sous six mois, un programme de travail permettant d'apporter les démonstrations demandées ci-dessus.

Pour ce qui concerne les effets physiques et chimiques en aval des filtres, l'IRSN prend note des programmes d'études et d'essais engagés par EDF. L'IRSN recommande qu'EDF présente l'avancement de ses études et essais à l'ASN et à l'IRSN de façon semestrielle. De plus, L'IRSN recommande qu'EDF se positionne sur le risque de colmatage des grilles des assemblages du combustible induit par ces effets.

Recommandation 2

Afin de statuer sur le risque de perte de la fonction « recirculation » associé à la présence de poches d'air dans les tuyauteries reliant les puisards du BR aux pompes RIS/EAS, l'IRSN recommande qu'EDF :

- analyse les variations de niveau de la garde hydraulique des puisards mesurées en continu par les capteurs RADAR et les corrèle aux possibles manœuvres des vannes

d'aspiration dans les puisards ; EDF devra assurer pour cela un enregistrement et une retransmission continue en salle de commande des mesures fournies par les capteurs « RADAR » ;

- calcule le volume d'air piégé dans les tuyauteries en tenant compte des résultats des relevés isométriques des lignes issues des puisards et en analyse la nocivité sur le fonctionnement de la « recirculation » ;
- conforte les conclusions de cette analyse de nocivité en :
 - effectuant des essais représentatifs permettant de caractériser le volume d'air susceptible de conduire au désamorçage ou à l'endommagement des pompes ;
 - réalisant une campagne nationale de détection directe de poches d'air sur l'ensemble des lignes RIS et EAS des réacteurs du parc en exploitation (telles que les mesures de type échographique effectuées sur le site de chinon B4) ;
- évalue le risque de perte des systèmes RIS ou EAS dans les situations accidentelles où les filtres de fabrication COMEX/MITSUBISHI sont partiellement dénoyés (modification PNXX i635).

Recommandation 3

L'IRSN recommande qu'EDF mette en place, sous six mois, un processus permettant d'assurer la transmission à toutes les parties prenantes en cas de déclenchement du PUI, dès le début de la crise, de la liste exhaustive des écarts de conformité génériques et locaux affectant le réacteur concerné par la situation ainsi que de l'ensemble des fiches particulières associées. Ce processus devra identifier l'équipier de crise en charge de cette transmission systématique et intégrer explicitement cette mission à la fiche d'action correspondante.

Recommandation 4

L'IRSN recommande qu'EDF effectue, pour chaque palier, une revue complète de la fonction « recirculation », portant sur l'ensemble des systèmes et équipements participant directement ou indirectement à sa fiabilité et sa disponibilité. Dans le cadre de cette revue, EDF devra :

- prendre en compte l'ensemble des enseignements du retour d'expérience (notamment ceux issus de l'analyse des écarts ponctuels et de type « FOH », de la récurrence de certains événements, des reprises d'essais et autres points notables relevés dans le cadre des inspections) ;
- vérifier la conformité des installations à l'ensemble des exigences et réexaminer les études de conception initiale et de modifications ;
- réexaminer la suffisance des exigences (notamment de classement et de protection contre les agressions) appliquées à tous les systèmes et composants participant à la fonction, au travers notamment de l'utilisation des études probabilistes de sûreté (EPS) ;
- à l'issue de ce réexamen, vérifier la suffisance des moyens de suivi en exploitation de la disponibilité de la fonction « recirculation » ;
- enfin, à l'aide de l'ensemble des écarts caractérisés et complétés lors de la première phase de cette nouvelle revue, mener une étude des conséquences du cumul de ces écarts, compte tenu des modes de traitement et mesures compensatoires liés à chacun d'entre eux, confortée lorsque cela est possible par un éclairage probabiliste ; un planning de résorption des écarts devra, à l'issue, être présenté.