

Fontenay-aux-Roses, le 23 juillet 2015

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2015-00247

Objet : REP - Réacteur EPR de Flamanville - Exhaustivité et suffisance des essais de démarrage du réacteur

Réf. : [1] Lettre ASN - CODEP-DCN-2014-031467 du 7 juillet 2014

[2] Décret n°2007-534 du 10 avril 2007 autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3, comportant un réacteur nucléaire de type EPR, sur le site de Flamanville (Manche)

[3] Décision ASN n°2013-DC-0347 du 7 mai 2013

[4] Décision ASN n°2008-DC-0114 du 26 septembre 2008

Dans le but de s'assurer de la conformité de l'installation telle que construite aux exigences de la démonstration de sûreté et conformément aux prescriptions de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) fixées par sa décision en référence [3], Électricité de France (EDF) a établi un programme d'essais de démarrage du réacteur EPR de Flamanville en justifiant la suffisance et la complémentarité de ce programme avec les autres contrôles et essais contribuant à la vérification de la conformité de l'installation (contrôles de fabrication et de montage, essais réalisés en usine, essais particuliers réalisés sur d'autres réacteurs du même type).

Le programme d'essais de démarrage est construit par système élémentaire¹, par type d'équipements (pompes, robinets...) et par thématiques à caractère transverse (vérification du comportement de l'installation en cas de perte des alimentations électriques par exemple). Les essais sont définis au sein de Programmes de principes d'essais (PPE) ou de Guides types d'essais (GT) :

- les PPE présentent, pour un système élémentaire donné, les Procédures d'exécution d'essais (PEE) à réaliser, leurs objectifs et leur enchaînement, les principes de leur réalisation et les critères à respecter ;
- les GT décrivent le mode opératoire à suivre pour les essais de même nature pour différentes catégories de matériels (les moteurs électriques, les pompes, les ventilateurs, les robinets...).

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

¹ Un système élémentaire est un regroupement d'équipements qui assurent une fonction commune, comme par exemple la ventilation d'un bâtiment.

Cadre de l'instruction

Par courrier en référence [1], l'ASN demande l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur l'exhaustivité et la suffisance du programme d'essais de démarrage défini par EDF.

Le présent avis vise à faire état des recommandations, observations et constats à caractère générique ressortant de l'examen d'un lot limité de PPE et de GT jugés représentatifs des essais de démarrage devant être réalisés sur les Équipements importants pour la protection (EIP) des intérêts mentionnés à l'article L.593-1 du code de l'Environnement. L'analyse de l'IRSN a porté sur :

- la démarche de détermination des essais de démarrage nécessaires à la vérification de la conformité de l'installation ;
- l'exhaustivité des essais ;
- le contenu des PPE et des GT.

1. Démarche de détermination des essais de démarrage nécessaires à la vérification de la conformité de l'installation

a. Les essais de démarrage

La prescription [INB167-A] de la décision [3] indique : « *l'exploitant réalise ou fait réaliser des contrôles et essais appropriés des éléments importants pour la protection (EIP) - au sens de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base - que ces EIP soient des structures, des systèmes ou des composants. Ces essais comprennent autant que nécessaire :*

- *des essais et contrôles réalisés hors périmètre de l'INB n°167 Flamanville 3 sur des EIP ;*
- *des essais et contrôles réalisés, dans le périmètre de l'INB n°167 Flamanville 3 pendant le montage, la construction ou l'installation des EIP ;*
- *des essais réalisés, dans le périmètre de l'INB, une fois ces EIP construits ou installés sur site ». Ces derniers essais sont appelés « de démarrage » dans la décision [3].*

L'ensemble de ces essais est nécessaire à la vérification de la conformité de l'installation « telle que construite » aux exigences de la démonstration de sûreté nucléaire, mentionnées dans :

- les textes réglementaires applicables à l'ensemble des réacteurs électronucléaires ou spécifiques au réacteur EPR de Flamanville, notamment le décret autorisant la création du réacteur [2] et la décision de l'ASN en référence [4] ;
- les Directives techniques (DT) pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression ;
- les documents de l'exploitant qui constituent le dossier de Demande d'autorisation de mise en service de l'installation (DMES).

Par ailleurs, la prescription [INB167-B] de la décision [3] stipule que : « *l'exploitant formalise, met en œuvre et fait mettre en œuvre une démarche pour déterminer les essais et contrôles à réaliser afin de répondre à la prescription [INB167-A] et pour justifier leur articulation ou leur enchaînement. Cette démarche conduit l'exploitant à l'élaboration d'un document justifiant le caractère suffisant des essais et contrôles au regard de la prescription [INB167-A] ».*

Pour définir les essais à réaliser, EDF s'est basé sur les Dossiers de systèmes élémentaires (DSE) qui décrivent les fonctions de sûreté ainsi que les principes de conception et de dimensionnement des matériels et équipements du réacteur. Afin de s'assurer de l'exhaustivité des essais prévus, EDF a recensé toutes les assertions figurant dans les DSE et a associé à chacune de ces assertions l'essai (ou les essais) qui permet(tent) de la vérifier en y associant un critère d'acceptation. En complément, EDF a vérifié que tous les équipements des DSE avec un repérage fonctionnel font l'objet d'essais pour assurer qu'ils sont aptes à remplir les fonctions de sûreté qu'ils doivent accomplir.

Cette analyse est tracée dans des Notes d'analyse d'exhaustivité (NAE). Par ailleurs, EDF a complété sa démarche par système par une analyse thématique en créant des programmes par « pseudos systèmes » ayant pour objet de définir les essais des régulations de la chaudière et de la turbine, les essais de pertes de sources d'alimentation électrique, les mesures de vibrations sur les tuyauteries, etc. EDF n'a pas exposé la démarche mise en œuvre pour définir ces « pseudos systèmes » et les essais afférents.

Au cours de l'instruction, EDF a défini une nouvelle méthodologie d'analyse de la suffisance des essais de vérification de la conformité de l'installation, dont la déclinaison se traduit par des Notes d'analyse de suffisance (NAS), en cours de transmission. EDF indique que ces notes ont pour but « *de justifier la suffisance des contrôles amont et des essais et contrôles sur site proposés en regard des exigences de sûreté relatives au système et à ses EIP. Elles définissent les critères de sûreté nécessaires à vérifier ces exigences* ».

Dans la plupart des cas, les NAS sont établies par système élémentaire notamment sur la base des Analyses des exigences fonctionnelles du système élémentaire (AEFS) qui identifient et recensent, pour chaque système élémentaire, l'ensemble des exigences applicables issues du Rapport de sûreté (RDS). Lorsque les essais concernent plusieurs systèmes élémentaires (pseudo-systèmes), une NAS spécifique à une thématique (par exemple le comportement des systèmes en cas de perte d'alimentation(s) électrique(s)) est élaborée par EDF. **L'IRSN estime que la nouvelle méthodologie pour justifier la suffisance des essais de vérification de la conformité de l'installation est satisfaisante et répond correctement aux remarques formulées lors de l'instruction.** Toutefois, l'IRSN souligne que les apports de cette méthodologie ne pourront être véritablement appréciés qu'après la mise à jour des programmes d'essais en application de cette nouvelle méthodologie.

b. Complémentarité entre les essais « de démarrage » et les autres essais de vérification de la conformité de l'installation

La prescription [INB167-B] de la décision [3] stipule que l'exploitant élabore *un document justifiant le caractère suffisant des essais et contrôles au regard de la prescription [INB167-A] et justifiant la complémentarité des essais de démarrage avec les autres essais visés par la prescription [INB167-A]* ».

EDF indique dans la méthode d'analyse d'exhaustivité des essais de démarrage que « *l'analyse d'exhaustivité a pour objectif de s'assurer de la complétude de la validation de la conception en démontrant que le programme d'essais de démarrage associé aux résultats de validation obtenus en dehors des essais site (essais en usine, essais en plate-forme de contrôle-commande, ...) est suffisant* ». EDF précise que tous les PPE comportent une annexe qui donne la liste des essais réalisés

hors du périmètre de l'INB et qui « *fait état des essais effectués sur plate-forme de validation du contrôle-commande, en usine ou sur banc d'essais et liste les références associées* ».

Essais de qualification et essais en usine des équipements

Le programme de qualification détaille les essais et analyses menés sur un équipement représentatif d'une famille. Il a pour objectif de justifier l'aptitude de la famille d'équipements à fonctionner en situation normale ou en cas de situation incidentelle ou accidentelle (y compris en cas de séisme) pour lesquelles ils sont requis. L'aptitude au fonctionnement dans ces situations doit être démontrée en prenant en compte la vulnérabilité des équipements liée à leur vieillissement en exploitation. Il permet en outre d'obtenir des caractéristiques de référence qui seront vérifiées en usine sur chaque équipement. Ces éléments sont complémentaires aux contrôles et essais à réaliser sur site lors de l'installation de l'équipement (respect des prescriptions de montage, contrôle de bon fonctionnement...) et des essais d'ensemble² à réaliser. Par ailleurs, les contrôles réalisés en amont des essais de démarrage qui contribuent à la démonstration du respect d'une exigence fonctionnelle sont identifiés dans les NAS. En particulier, les interrogations suivantes doivent être soulevées pour chaque exigence fonctionnelle :

- « *les résultats de validation obtenus en amont du site sont-ils disponibles au moment de la définition des essais de démarrage ?*
- *les conditions de représentativité de l'obtention de ces résultats sont-elles satisfaisantes ? On s'intéressera notamment à la représentativité du banc de test, de la plate-forme, du simulateur, à la version des données utilisées, aux évolutions de conception intervenues depuis l'obtention des résultats, au caractère enveloppe des configurations de tests au regard de l'exigence à vérifier ;*
- *les résultats de validation constituent-ils la validation in fine de l'exigence ? »*

EDF précise également que dans le cas où la vérification de l'exigence est portée uniquement par un contrôle amont, l'absence d'essai sur site doit être explicitée dans la NAS.

L'IRSN estime ces éléments satisfaisants. Toutefois, l'IRSN constate que des exigences fonctionnelles à vérifier lors d'essais de qualification ou d'essais en usine ne sont pas identifiées par les NAS : il en est ainsi des exigences fonctionnelles relatives à la capacité d'un groupe motopompe à fonctionner après un choc thermique, en eau chargée ou pour sa durée assignée de mission (exigence vérifiée lors d'essais d'endurance). Par ailleurs, pour la robinetterie, l'exigence fonctionnelle de fermeture d'un organe de sectionnement sous la différence de pression amont/aval enveloppe retenue par la démonstration de sûreté n'est également pas identifiée par les NAS. Ces illustrations sont données à titre d'exemple et ne sauraient être considérées comme exhaustives.

Enfin, l'IRSN estime que lorsque la vérification d'une exigence fonctionnelle repose sur des essais de qualification ou sur des essais réalisés en usine, les NAS devraient référencer :

- les documents de résultats ou de programme d'essais présentant l'objectif et la nature des essais, les conditions de réalisation (conditions d'ambiance, conditions de fonctionnement, durée des essais) ainsi que les critères d'acceptation ;

² Les essais d'ensemble sont destinés à vérifier le fonctionnement des différentes fonctions du système dans leur globalité.

- le cas échéant, le document de traitement de l'écart si les résultats d'essais de qualification ou en usine ne sont pas satisfaisants. Si besoin, l'analyse de l'écart pourra conduire à prévoir un essai de démarrage pour s'assurer *in fine* du respect de l'exigence fonctionnelle.

Ce point fait l'objet de l'observation n° 1 en annexe 2.

Contrôles de fin de construction et de fin de montage

La méthode d'analyse des essais à réaliser retenue pour l'élaboration des PPE transmis à ce jour ne permet pas d'identifier les essais de démarrage à réaliser sur les EIP passifs. Lors de l'instruction, l'IRSN a souligné que seuls les équipements considérés comme « fonctionnels » font l'objet d'un examen dans le cadre de la méthode d'analyse d'exhaustivité des programmes d'essais de démarrage d'EDF, ce qui exclut divers équipements et structures tels que ceux rattachés au génie civil (bâtiments, rétentions de réservoirs, piscines, batardeaux, siphons de sol, réseaux de drainage, joints entre voiles ou entre bâtiments).

À la suite de l'instruction, EDF a transmis une analyse des contrôles et essais à réaliser sur les EIP passifs (hors génie civil principal) qui ne sont pas rattachés à un système élémentaire. Cette analyse est tracée dans deux NAS, l'une pour l'îlot nucléaire et l'autre pour l'îlot conventionnel. Ces documents déclinent, par phénomène redouté (inondation, incendie, pollution...) et famille d'EIP, les exigences de conception qui s'appliquent et identifient les contrôles et essais qui permettent de les vérifier. Pour les structures faisant partie du génie civil principal, EDF a indiqué que l'ensemble des contrôles et essais sont faits en phase de construction, à l'exception des contrôles d'étanchéité des piscines et de l'enceinte de confinement.

Toutefois, l'IRSN a rappelé que, pour la mise en service des réacteurs du palier N4, il existait des contrôles complémentaires réalisés en phase de construction ou de montage afin de vérifier la conformité des fonctions de sûreté assurées par des équipements et structures (par exemple : la séparation des voies électriques, la sectorisation incendie, l'étanchéité des rétentions...). EDF a indiqué que certains équipements participant à une fonction transverse dont la réalisation est portée par plusieurs entités (différents contrats ou corps de métiers) ou potentiellement soumis à de nombreux changements d'état liés aux activités de site seront soumis à une démarche de revue de conformité de site, dans la continuité des pratiques lors de la mise en service des réacteurs du palier N4. Ces vérifications porteront par exemple sur la séparation physique des voies, la sectorisation incendie, l'absence de risque d'agression de matériels importants en cas de séisme par des équipements non classés de sûreté ou sur les dispositions de protection contre l'inondation externe.

L'IRSN estime que les compléments apportés par EDF permettent de répondre aux remarques ayant été formulées lors de l'instruction.

2. Exhaustivité des essais

Essais particuliers validant une hypothèse de conception

La méthode d'EDF pour construire les PPE visait à identifier toutes les assertions de conception et à leur faire correspondre des essais qui permettent de les valider. Concrètement, chaque NAE développée par EDF comporte un tableau qui liste ces assertions à partir d'un document de référence (DSE) et qui indique la procédure d'essai permettant leur vérification.

Pour certaines de ces assertions, les NAE indiquent simplement qu'il s'agit d'hypothèses de conception ne faisant pas l'objet d'une vérification par des essais. Les raisons qui amènent EDF à considérer que certaines hypothèses de conception n'ont pas à être vérifiées ou ne sont pas vérifiables par des essais ne sont pas exposées dans les NAE. Dans la plupart des cas, ces raisons sont évidentes et une explication alourdirait inutilement la documentation d'EDF³. Mais, l'IRSN considère que l'absence d'essai de validation d'une assertion de conception est discutable lorsque le respect de cette assertion repose sur un concept nouveau ou sur une configuration de fonctionnement d'un système non testée par ailleurs.

Par exemple, les DT indiquent que la conception de la piscine d'entreposage du combustible et la disposition des piquages d'aspiration et de refoulement du système de refroidissement de cette piscine doivent permettre d'éviter une recirculation directe entre la sortie et l'entrée du système de refroidissement. Sur le parc en exploitation, la tuyauterie d'aspiration du système de refroidissement des piscines est placée à une altimétrie qui surplombe de plusieurs mètres les râteliers d'entreposage tandis que la tuyauterie de refoulement est située aux pieds de ces râteliers (une différence d'altimétrie d'au moins 8 mètres sépare ces tuyauteries). Pour le réacteur EPR de Flamanville, les tuyauteries d'aspiration et de refoulement du système de refroidissement sont toutes situées au-dessus des râteliers, à une altimétrie et une distance proches. Or EDF n'a pas prévu de vérifier l'absence de recirculation directe entre les tuyauteries d'aspiration et de refoulement de ce système de refroidissement, que ce soit de façon théorique (par un outil de calcul qualifié) ou pratique (par un essai spécifique). L'IRSN constate que :

- dans la NAE du PTR, il est indiqué que « *l'implantation de ces tuyauteries permet d'éviter toute recirculation directe du refoulement vers l'aspiration* ». La vérification de cette exigence est notée comme étant « sans objet », ceci sans justification ;
- dans la NAS du système PTR qui remplace la NAE, l'exigence fonctionnelle concernant l'absence de recirculation directe en piscine du refoulement du circuit de refroidissement vers une tuyauterie d'aspiration n'est en revanche pas identifiée.

Cette NAS devra donc être complétée.

De manière générale, l'IRSN estime qu'EDF doit justifier les hypothèses de conception reposant sur un concept nouveau ou sur une configuration de fonctionnement d'un système non testée par ailleurs. Cette justification peut être apportée au travers d'un essai fonctionnel (recommandation n°1 en annexe 1). En cohérence avec la démarche globale de validation de la conception d'un réacteur électronucléaire présentée par EDF, l'IRSN considère que ces essais pourraient être des essais « tête de série »⁴.

Cas particuliers des EIP dont la défaillance est « exclue »

Certains événements initiateurs affectant des EIP passifs, jugés hautement improbables par EDF, ne font pas l'objet de dispositions de limitation de leurs conséquences dans la démonstration de la sûreté nucléaire. Le fait de ne pas postuler l'occurrence d'une telle défaillance dans l'analyse déterministe

³ C'est le cas par exemple d'une assertion qui définit le classement des matériels auxquels s'applique le critère de défaillance unique.

⁴ Dans le cadre de sa démarche globale de validation de la conception d'un réacteur électronucléaire, EDF indique que des essais « tranche tête de série » (TTS) « *sont destinés à vérifier un concept nouveau ou le principe d'une solution non expérimentée par ailleurs, ou bien à améliorer la connaissance d'un matériel existant déjà* ». Ce type d'essai n'est réalisé que sur le premier réacteur d'une série et ses résultats doivent être applicables à l'ensemble des réacteurs de la série.

de sûreté nécessite un renforcement des dispositions de contrôle initial et périodique de ces équipements. **L'IRSN estime que le contrôle des EIP dont la défaillance est « exclue » doit faire l'objet d'un examen particulier dans le cadre de la démarche de détermination des essais de vérification de la conformité de l'installation.**

Dans sa note de démarche pour l'identification des essais et contrôles contribuant à la démonstration des exigences définies des EIP (nouvelle méthodologie), EDF décrit la cartographie des exigences fonctionnelles à prendre en compte pour prévenir, maîtriser ou limiter les effets d'un événement déclencheur d'un incident ou d'un accident. Il indique que ces exigences peuvent être renforcées par « *des dispositions valorisées dans la démonstration de sûreté telle que l'exclusion de rupture* ». L'IRSN estime satisfaisant le fait qu'EDF prévoit que les exigences des EIP dont la défaillance est exclue soient renforcées. Toutefois, l'IRSN constate que ce principe n'est pas correctement décliné dans les NAS transmises par EDF : ainsi, la rupture du volant d'inertie des pompes du circuit primaire, qui pourrait générer, en cas de rupture, des missiles susceptibles d'agresser des équipements essentiels à la sûreté, est « exclue ». **Pourtant, les NAS transmises par EDF (NAS du circuit primaire et NAS relative aux équipements passifs de l'îlot nucléaire) n'identifient pas cette exigence d'exclusion de rupture alors qu'il s'agit d'une hypothèse structurante de la démonstration de sûreté.**

Prise en compte du retour d'expérience

Le Retour d'expérience (REX) pris en compte par EDF pour établir son programme d'essais de démarrage est formalisé sous forme de notes traitant de :

- l'analyse du REX d'EDF sur la préparation, l'exécution et l'analyse des essais de démarrage (celle-ci est actualisée et transmise à l'ASN conformément à la prescription [INB167-1-3] de la décision en référence [3]) ;
- l'analyse croisée du REX du parc en exploitation et du programme des essais de démarrage.

L'IRSN a néanmoins relevé des insuffisances dans la prise en compte du retour d'expérience de mise en service et d'exploitation des centrales nucléaires en production dans l'élaboration du programme d'essais de démarrage du réacteur EPR de Flamanville. L'IRSN cite ci-après quelques exemples révélés par l'examen des PPE et des GT :

- **les dispositions de mise en propreté des circuits** : lors de la mise en service du premier réacteur de 1300 MWe, compte tenu des problèmes rencontrés sur les réacteurs de 900 MWe, l'IRSN et le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs (GPR) avaient recommandé qu'EDF définisse des dispositions de mise en propreté des circuits, en particulier pour les systèmes pour lesquels les corps étrangers ne peuvent être chassés que dans des équipements importants pour la sûreté. Ces dispositions doivent notamment prévoir la possibilité de visites systématiques des pièges potentiels de corps étrangers après les premières chasses (vannes, diaphragmes...).

Pour les réacteurs du parc en exploitation, il est prévu pour détecter les corps étrangers de réaliser un contrôle télévisuel en se servant de piquages dédiés (Directive n° 121). Dans le GT relatif aux procédures de mise en propreté des circuits lors des essais de démarrage de l'EPR, EDF ne spécifie pas les contrôles et essais à réaliser pour détecter d'éventuels corps étrangers encore présents dans les circuits, ce qui **fait l'objet de la recommandation n° 2.**

- **la mesure de l'effort de manœuvre des Robinets motorisés électriques (RME) - Réalisation du point zéro** : à la suite de nombreux cas de refus de fonctionnement des RME sur le parc en exploitation, un outillage permettant de mesurer et d'enregistrer l'effort s'exerçant sur une tige de vanne a été conçu et mis en œuvre. Le référentiel de requalification applicable sur le parc en exploitation prévoit désormais la mesure de cet effort à la suite d'une intervention intrusive de maintenance (visite interne d'un robinet) et sa comparaison avec la courbe de résistance attendue.

Pour le réacteur EPR de Flamanville, EDF indique qu'une vérification du réglage du limiteur de couple des actionneurs est réalisée en fin de fabrication par le fabricant lors des essais en usine. En revanche, EDF ne précise ni les conditions de réalisation de ces essais, ni les critères associés, ni les outils utilisés. L'effort résistant s'exerçant sur la tige de manœuvre du robinet ne sera pas mesuré lors de ces essais. EDF ne pourra donc pas vérifier que la marge prise entre le réglage du limiteur de couple et l'effort réel s'exerçant sur la tige de manœuvre du robinet est conforme aux hypothèses de conception. Il ne pourra donc pas statuer sur la capacité du robinet à manœuvrer en conditions enveloppes de fonctionnement ou à la suite d'une dégradation des efforts résistants liée aux conditions de conservation, de montage ou d'utilisation sur site. Enfin, il est surprenant qu'EDF ne prévoient pas lors des essais de démarrage de réaliser la « signature » de chaque RME, mesure utile pour la maintenance préventive. **Ce point fait l'objet de l'observation n°2 en annexe.**

- **les vibrations à l'aspiration des pompes ASG** : lors des essais de démarrage du système ASG sur le réacteur n°1 de Cattenom (réalisés en 1986), un phénomène de pulsation de pression donnant lieu à des vibrations importantes a été mis en évidence à l'aspiration des motopompes du système ASG à différents couples de pression d'aspiration (dépendant du niveau d'eau dans la bêche du système ASG) et de débit d'injection. La caractérisation de ce phénomène et sa résorption a nécessité de nombreux essais sur le système ASG des réacteurs du train P'4 du palier 1300 MWe.

Plus récemment, le retour d'expérience d'exploitation a montré que ce problème affecte aussi les motopompes du système ASG des réacteurs du train P4 où le phénomène est particulièrement sensible lorsque la bêche ASG se vidange et que la pression à l'aspiration de la pompe diminue. Cette configuration de fonctionnement peut être rencontrée en cas d'accident et pourraient induire des dommages et la défaillance du système ASG.

L'IRSN constate que la NAS ASG récemment transmise n'identifie pas d'exigence de bon comportement du système ASG sur toute la plage de pression d'aspiration et de débit de refoulement des groupes motopompes. **Cette NAS devra donc être complétée.**

En conséquence, l'IRSN considère perfectible la prise en compte par EDF du retour d'expérience de la mise en service et de l'exploitation des réacteurs électronucléaires dans l'élaboration du programme d'essais de vérification de la conformité du réacteur EPR de Flamanville : à ce titre, EDF devra veiller à compléter les programmes d'essais en tenant compte notamment des remarques formulées.

3. Contenu des PPE

Représentativité des essais

Afin de garantir la disponibilité des équipements requis par la démonstration de sûreté, EDF doit s'assurer de leur bon fonctionnement et de leurs performances dans l'ensemble des conditions de fonctionnement dans lesquelles ils pourraient être amenés à devoir fonctionner. Or dans le cadre de l'examen des essais de démarrage du système de ventilation du bâtiment combustible, l'IRSN a constaté que de nombreuses configurations de ce système (et de ses systèmes servants) pouvant être rencontrées en conditions de fonctionnement dégradé, incidentel ou accidentel ne faisaient pas l'objet d'un essai fonctionnel.

Un système de sûreté doit être testé dans son ensemble et non par partie. A cet égard, l'IRSN constate qu'EDF n'a pas prévu de réaliser des essais d'ensemble sur les automatismes de contrôle-commande en sollicitant les chaînes d'instrumentation et en vérifiant le bon fonctionnement des actionneurs : les vérifications prévues sont uniquement effectuées en phase préliminaire des essais d'un système alors que les travaux ou les éventuelles modifications qui ont lieu par la suite sont susceptibles d'affecter la continuité ou l'adressage filaire des signaux de contrôle commande. Lors de l'instruction, l'IRSN a indiqué qu'il estimait nécessaire que les actions automatiques requises pour la prévention et la maîtrise des accidents soient testées fonctionnellement lors d'essais d'ensemble réalisés en phase finale des essais de démarrage, sauf si la réalisation de l'essai nécessite de mettre en œuvre des Dispositifs et moyens particuliers (DMP) remettant significativement en cause sa représentativité ou générant un risque de mauvaise remise en configuration non détectable ultérieurement. **L'IRSN constate que des essais d'ensemble des automatismes sont désormais prévus dans les NAS récemment transmises, ce qui est satisfaisant : l'intégration de ces essais dans les PPE devra donc être réalisée lors de leur révision.**

Critères d'acceptation

Les résultats d'un essai de démarrage sont appréciés en comparant les mesures et les observations réalisées à des critères d'acceptation prédéfinis. Ces critères, qui peuvent être qualitatifs ou quantitatifs, sont classés en quatre catégories par EDF :

- critère S : critère de sûreté dont le non-respect remet en cause les études du rapport de sûreté ;
- critère I : critère important pour la sûreté dont le non-respect peut entraîner le dysfonctionnement d'un EIP ;
- critère R : critère assurant la représentativité d'un essai ;
- critère C : critère contractuel.

Sur le lot de programmes d'essais examiné, l'IRSN constate que le classement des critères retenus par EDF est généralement satisfaisant. Il apparaît néanmoins certaines hétérogénéités de classement, notamment selon l'entité (unité d'ingénierie d'EDF ou prestataire) en charge de la rédaction du programme d'essais. EDF a signalé que les remarques formulées par l'IRSN concernant le classement de certains critères ont été ou seront prises en compte lors de la mise à jour de la documentation d'essais. **L'IRSN estime la position d'EDF satisfaisante.**

Il n'est pas toujours possible de reproduire les conditions de fonctionnement pénalisantes retenues à la conception pour définir les performances des matériels et des systèmes (par exemple, valeur du

débit requis dans ces conditions) lors des essais : il est donc nécessaire de transposer ces valeurs requises au titre de la démonstration de sûreté aux conditions de réalisation des essais afin de définir les critères d'acceptation. Ceci est le cas pour un nombre significatif de critères importants pour la sûreté. L'IRSN estime, sur la base des analyses menées sur des PPE, qu'EDF n'a pas identifié de façon exhaustive les critères d'essais devant faire l'objet d'une transposition. À titre d'exemple, les critères relatifs à la température des enroulements statoriques de moteurs électriques qui figurent dans les NAS ou dans les PPE sont des critères de température absolue. L'IRSN estime qu'une transposition est nécessaire pour tenir compte des écarts entre les conditions enveloppes prises en compte dans la démonstration de sûreté et les conditions d'essais (température du fluide de refroidissement du moteur (air ou eau), conditions d'alimentation électriques en tension et en fréquence). **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 3.**

Prise en compte des normes

Certains GT et PPE transmis par EDF font référence à des normes qui présentent des principes d'essais à retenir lors de la qualification, la réception ou la mise en service d'équipements ou d'ouvrages. Sur la base du lot de documents d'essais d'EDF examiné, l'IRSN a observé que le référencement des normes applicables n'était pas systématique. De plus, lorsqu'une norme est référencée, ses préconisations d'essais ne sont pas forcément toutes appliquées dans le programme d'essais : EDF devrait justifier les éventuels écarts aux préconisations des normes. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 3.**

Prise en compte des incertitudes de mesure

Un guide type précise les méthodes de calculs d'incertitudes dans les procédures d'essais pour les mesures d'essais couramment réalisées (débit, pression, température, niveau).

Pour des mesures particulières, des méthodes de calcul d'incertitude sont présentées dans des guides types dédiés à des matériels, par exemple le guide type d'essais relatif aux ventilateurs qui spécifie les méthodes de calculs des incertitudes de mesure de débit d'air dans des gaines de ventilation sur la base d'éléments normatifs.

L'IRSN considère que les principes de prise en compte des incertitudes de mesure par EDF, tels que décrits dans les guides types d'essais, sont satisfaisants. Toutefois, ces guides types ne sont pas utilisés par les entreprises qui assurent la maîtrise d'œuvre de la préparation et de l'exécution de certains essais de démarrage et donc ces méthodes de calculs d'incertitudes ne sont pas nécessairement appliquées.

De manière plus générale, l'IRSN estime qu'EDF devrait s'assurer de la prise en compte des exigences transverses figurant dans son référentiel d'essais applicable (prise en compte des incertitudes de mesure, mesure des vibrations, contrôles à réaliser sur la robinetterie...) par les entreprises qui assurent la maîtrise d'œuvre de la préparation et de l'exécution de certains essais de démarrage. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 4 en annexe.**

Prise en compte des essais à la conception

Sur la base du lot de PPE examiné, l'IRSN constate que la possibilité ou l'impact de la réalisation des essais de démarrage n'ont pas toujours été bien appréhendés lors de la conception de l'EPR de Flamanville, comme le montrent les exemples ci-dessous :

- **système DVD** (système de ventilation des halls des groupes électrogènes principaux et d'ultime secours) : des mesures de débits du système DVD doivent être réalisées lors des essais de démarrage puis en exploitation, pour s'assurer d'un refroidissement suffisant des locaux des groupes électrogènes et des alternateurs. Toutefois, la ventilation des halls des groupes électrogènes se fait au travers de pléniums, ce qui ne permet pas la mesure du débit d'air. Une problématique analogue s'était posée sur le parc en exploitation et les mesures de débit d'air avaient nécessité la pose provisoire de gaines de ventilation à l'extérieur des bâtiments des groupes électrogènes de secours. La mise en place de ces moyens de mesure est lourde et complexe ;
- **système RBS** (système de borication de sécurité) : la configuration du système RBS lors des essais fonctionnels nécessite que la vanne RBS, assurant la fonction d'isolement de l'enceinte en situation accidentelle soit fermée, ce qui soumet cette vanne à une contre-pression importante ; ceci est susceptible de dégrader son étanchéité. L'IRSN considère qu'à la conception, l'ajout d'une vanne d'isolement en amont de la vanne d'isolement de l'enceinte de confinement aurait permis de solutionner ce problème.

L'IRSN constate que les choix de conception retenus par EDF ne permettent pas toujours une réalisation sûre et aisée des essais de démarrage (et des futurs essais à réaliser en exploitation) sur certains EIP.

Conclusion

L'IRSN estime satisfaisante la nouvelle méthodologie, basée sur les NAS, proposée par EDF pour justifier la suffisance des essais de vérification de la conformité de l'installation. L'IRSN souligne toutefois que les apports de cette méthodologie ne pourront être véritablement appréciés qu'après la mise à jour des programmes d'essais en application de cette nouvelle méthodologie. Toutefois, l'analyse des NAS déjà transmises par EDF montre que la déclinaison de cette méthodologie n'a pas permis un recensement exhaustif des exigences à vérifier (**recommandation n°4**). Les NAS devront donc être complétées, en mettant notamment à profit les enseignements tirés du retour d'expérience de la mise en service et de l'exploitation des centrales nucléaires du parc.

L'IRSN souligne qu'un travail important reste encore à mener pour mettre à jour la documentation d'essais de démarrage en tenant compte des évolutions récentes de la conception et de la démonstration de sûreté, des éventuelles réserves des essais de qualification ou réalisés en usine ainsi que des recommandations figurant dans cet avis.

Pour le Directeur Général, par ordre
Sylvie CADET-MERCIER

Directrice des systèmes, des nouveaux
réacteurs et des démarches de sûreté

Recommandations

Recommandation n° 1 :

Dans sa démarche de détermination des essais de vérification de la conformité de l'installation (prescription [INB167-B]), l'IRSN recommande qu'EDF identifie les hypothèses de conception qui reposent sur un concept nouveau ou sur une configuration de fonctionnement d'un système non testée par ailleurs. Cette justification peut être apportée au travers d'un essai fonctionnel.

Recommandation n° 2 :

L'IRSN recommande qu'EDF spécifie les contrôles et essais à réaliser pour détecter d'éventuels corps étrangers qui pourraient être présents dans les circuits fluides.

Recommandation n° 3 :

L'IRSN recommande qu'EDF identifie de façon exhaustive les critères de sûreté ou importants pour la sûreté (critères « S » ou « I ») ne pouvant être vérifiés dans les conditions enveloppes de la démonstration de sûreté (conditions thermohydrauliques, d'ambiance, d'aérodynamique, de charge thermique appelée, de refroidissement disponible, d'encrassement (échangeurs), de fréquence et de puissance électrique d'alimentation ou appelée par les matériels alimentés, etc.). EDF devra transposer les performances des matériels testés requises par les études de la démonstration de sûreté aux conditions d'essais retenues afin de définir les critères d'acceptation. Ces études devront être présentées ou référencées dans les documents répondant à la prescription [INB167-E].

Recommandation n° 4 :

L'IRSN recommande qu'EDF vérifie, dans les notes d'analyse de suffisance, l'exhaustivité des exigences fonctionnelles de conception définies pour les EIP et les hypothèses structurantes de la démonstration de sûreté.

Observations

Observation n° 1 :

Lorsque la vérification d'une exigence fonctionnelle repose sur des essais de qualification ou sur des essais réalisés en usine, l'IRSN estime que les NAS devraient référencer :

- les documents de résultats ou de programme d'essais présentant l'objectif et la nature des essais, les conditions de réalisation (conditions d'ambiance, conditions de fonctionnement, durée des essais) ainsi que les critères d'acceptation ;
- le cas échéant, le document de traitement de l'écart si les résultats d'essais de qualification ou en usine ne sont pas satisfaisants. Si besoin, l'analyse de l'écart pourra conduire à prévoir un essai de démarrage pour s'assurer *in fine* du respect de l'exigence fonctionnelle.

Observation n° 2 :

L'IRSN estime qu'EDF devrait mesurer et enregistrer l'effort résistant s'exerçant sur la tige de manœuvre d'un robinet motorisé électrique important pour la démonstration de sûreté nucléaire lors d'essais fonctionnels d'ouverture et de fermeture.

Observation n° 3 :

L'IRSN considère qu'EDF devrait identifier le référentiel normatif qui s'applique aux essais de vérification de la conformité du réacteur EPR de Flamanville et prendre en compte les préconisations des normes applicables. EDF devrait justifier les éventuels écarts aux préconisations des normes.

Observation n° 4 :

L'IRSN considère qu'EDF devrait s'assurer de la prise en compte des exigences transverses figurant dans son référentiel d'essais applicables (prise en compte des incertitudes de mesure, mesure des vibrations, contrôles à réaliser sur la robinetterie...) lors des activités prestées.