

DIRECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Paris, le 3 octobre 2012

**Réf. : CODEP-DCN-2012-039293**

**Monsieur le Directeur  
Division Production Nucléaire  
EDF  
Site Cap Ampère – 1 place Pleyel  
93 282 SAINT-DENIS CEDEX**

**Objet : Réacteurs électronucléaires – EDF  
Tous paliers  
Risque de criticité en cas de dilution à l'arrêt**

**Réf. :** [1] Lettre EDF D4550.37-07/5323 du 25/07/2008 – référentiel criticité – surveillance et détection de la dilution homogène en APR cœur incomplet – palier 900 MWe  
[2] Arrêté du 31 décembre 1999 fixant la réglementation technique générale destinée à prévenir et limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'exploitation des installations nucléaires de base  
[3] Lettre EDF D4008.10.11.11/0146 du 19/04/2011  
[4] Lettre EDF D4550.01-12/0864 du 20/03/2012  
[5] Lettre EDF D4550.37-11/5573 du 20/01/2012  
[6] Décision de l'ASN n°2012-DC-0318 du 27 septembre 2012

Monsieur le Directeur,

Par lettre citée en référence [1], vous avez transmis à l'ASN un dossier relatif à la démonstration de sûreté des réacteurs en cas d'accident de dilution dans la situation de cœur incomplet avec un cas d'application aux réacteurs du palier CPY.

Dans les états d'arrêt, lorsque la cuve est ouverte, la sous-criticité du cœur du réacteur dans les configurations où les grappes sont insérées dans les assemblages est garantie par le maintien d'une concentration en acide borique suffisante dans l'eau du circuit primaire. Une dilution, c'est-à-dire une diminution de la teneur en acide borique de l'eau du circuit primaire, peut résulter d'une erreur d'un opérateur ou d'une ou plusieurs défaillances d'équipements appartenant à des circuits auxiliaires. Elle peut, à partir d'un état de cœur sous-critique, conduire à l'atteinte d'un état sur-critique si la dilution n'est pas détectée et si cette dernière ne peut être arrêtée suffisamment tôt.

L'erreur de chargement survenue le 2 avril 2001 à Dampierre 4 (incident classé au niveau 2 de l'échelle INES) vous a conduit à réexaminer l'ensemble des risques de criticité. Le réexamen du rôle des chaînes de mesures neutroniques de niveau source (CNS) en phase de chargement du combustible dans le réacteur a remis en cause, dans certaines situations, la capacité des CNS à détecter une éventuelle dilution. Vous avez alors fourni une démonstration de sûreté fondée sur la surveillance de la concentration en bore dans le circuit primaire.

\*

L'étude de l'accident de dilution en situation de cœur incomplet que vous présentez afin de démontrer la sûreté de l'installation s'appuie sur la détection de la dilution par le boremètre (appareil de mesure de la concentration en bore) appartenant au système d'échantillonnage nucléaire (REN). Elle se base sur :

- l'évaluation d'un débit de dilution maximum,
- la capacité du boremètre à détecter une dilution homogène,
- la périodicité des mesures manuelles de concentration en bore en cas d'indisponibilité du boremètre.

Après examen de votre dossier par l'ASN et son appui technique, l'ASN considère que l'étude visant à démontrer la sûreté de l'installation vis-à-vis du risque de dilution en cœur incomplet n'est pas satisfaisante. Elle ne permet pas de respecter les exigences de l'article 45 de l'arrêté du 31 décembre 1999 en référence [2]. En particulier, le taux de défaillance du boremètre actuel ne peut être considéré comme « suffisamment faible » et le report de la surveillance de la concentration en bore sur des mesures manuelles n'apporte pas les garanties suffisantes pour permettre la détection à temps d'une éventuelle dilution.

En conclusion, l'ASN considère que votre démarche de démonstration visant à optimiser les études en conservant les moyens de détection actuels n'offre pas de perspective de solution dans un délai raisonnable.

\*

\* \*

**Après examen de votre dossier par l'ASN et son appui technique, l'ASN a imposé à EDF, par décision en référence [6], la réalisation d'une modification matérielle des installations concernées visant à prévenir l'apparition d'un accident de criticité faisant suite à une dilution en situation de cœur incomplet.** Cette modification devra vous conduire à installer un dispositif redondant, diversifié et indépendant du système actuel de mesure de la concentration en bore. Elle concerne l'ensemble des réacteurs du parc EDF compte tenu du caractère générique des insuffisances actuelles de la démonstration mises en évidence lors de l'instruction de l'étude de dilution en situation de cœur incomplet appliquée au palier CPY.

Dans l'attente de la mise en place de cette solution associée à une nouvelle démonstration, l'ASN considère que des dispositions doivent être mises en œuvre pour améliorer la sûreté dans l'état de réacteur en arrêt pour rechargement (APR) en situation de cœur incomplet. L'ASN note que certaines actions ont déjà été engagées à la suite de l'instruction technique de ce dossier. Elles sont identifiées dans vos courriers en référence [3] et [4]. **L'ASN vous demande de lui transmettre, sous 6 mois, un programme de réalisation des actions demandées en annexe 1 et un état détaillé de l'ensemble des actions que vous avez déjà réalisées ou prévues.**

L'ASN considère par ailleurs que votre démonstration doit être reprise dans le nouveau cadre fixé par la prescription de l'ASN et devra tenir compte des enseignements tirés de l'instruction technique qui a été menée sur la base de l'utilisation de l'actuel boremètre et des mesures manuelles. En particulier, la mise en place d'un second système de mesure de la concentration en bore ne se substitue pas à l'amélioration du boremètre du système REN, également nécessaire afin de satisfaire les exigences de l'article 45 de l'arrêté en référence [2].

**L'ASN vous demande de reprendre les études d'accident de dilution en situation de cœur incomplet, pour y intégrer deux systèmes de détection indépendants en tenant compte, sauf justification particulière, des demandes formulées en annexe 2 relatives aux études fournies à ce jour.**

L'ASN a noté, au travers des enseignements tirés de l'instruction de l'étude de dilution en situation de cœur incomplet appliquée au palier CPY, l'existence d'anomalies dans les études de dilution de nature à remettre en cause les démonstrations équivalentes sur tous les paliers et dans l'ensemble des états d'arrêt en situation de cœur complet, qu'il convient également de corriger. **L'ASN vous demande de lui présenter les apports de la modification matérielle destinée à faire face à la situation en cœur incomplet sur la prévention d'un accident de criticité faisant suite à une dilution pour tous les états d'arrêt.**

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma considération distinguée.

La directrice générale adjointe,

**Signé par : Sophie MOURLON**

## **Demandes d'améliorations applicables aux réacteurs de tous les paliers** **(sauf précision dans le texte)**

### **A. Renforcer la disposition transitoire 205 (DT 205)**

La DT 205 a été mise en place, dès l'identification de l'anomalie relative aux CNS en 2005, afin de garantir la surveillance de la fonction de sûreté « réactivité » en APR. Dans ce but, la conduite à tenir en cas de perte du boremètre ou de son alarme a été modifiée pour reporter la surveillance de la dilution sur les mesures manuelles de la concentration en bore.

#### ***A.1. Réalisation des mesures manuelles***

L'ASN considère que votre dossier ne donne pas les garanties suffisantes de détection de la perte du boremètre et que les périodicités des mesures manuelles actuellement prescrites dans la DT 205 (sous 2 heures puis toutes les 1 heure 30) ne sont pas suffisantes pour garantir la détection à temps d'une éventuelle dilution.

**L'ASN vous demande d'ajouter des mesures manuelles dès l'entrée dans le domaine d'exploitation APR, durant toute la phase de manutention du combustible, de manière à réduire nettement le risque d'une dilution dans l'hypothèse d'une perte du boremètre non détectée. En cas de détection de perte du boremètre, l'ASN vous demande de ramener la périodicité des mesures manuelles à 1 heure.**

L'ASN a noté l'existence de pratiques propres à certains sites (modes opératoires et suivi métrologique du boremètre par exemple à Tricastin) destinées à apporter de la robustesse à la réalisation des mesures manuelles et à limiter le risque de rendre indisponible le système REN et son boremètre durant les prélèvements par le chimiste.

**L'ASN vous demande de généraliser les meilleures pratiques concernant les conditions de réalisation des mesures manuelles par les chimistes.**

#### ***A.2. Conduite à tenir en cas de défaillance du boremètre consécutive à un dysfonctionnement sur le système REN***

En cas de perte du boremètre due à une diminution ou à une annulation de débit dans les lignes REN, la surveillance de la dilution ne peut plus être assurée par les mesures manuelles puisque la concentration en bore (CB) dans les lignes REN peut ne plus être représentative de la CB du circuit primaire.

**L'ASN vous demande de déterminer et de préciser dans la Disposition Transitoire 205 une conduite à tenir spécifique en cas de perte du boremètre due à une diminution ou annulation de débit dans les lignes REN.**

### ***A.3. Risque de dilution par le REA eau***

L'ASN note qu'il subsiste, sur le palier CPY, un risque de dilution par le REA<sup>1</sup> eau, dans une configuration particulière d'appoint au PTR par le REA eau, dont la probabilité ne permet pas de l'écartier à ce stade de l'instruction technique et dont le débit rendrait inopérante la détection de cette dilution par les mesures manuelles.

**L'ASN vous demande, en l'attente de la définition d'une modification pérenne permettant d'écartier ou de détecter à temps ce risque de dilution, d'interdire tout appoint par le REA eau à la bache PTR (interdiction de levée des condamnations administratives des REA 13 VD et REA 122VD) dans le domaine APR, afin d'éviter une dilution du circuit primaire dans cette configuration sur les réacteurs du palier CPY.**

## **B. Améliorer la disponibilité et la fiabilité du boremètre actuel**

L'ASN considère que le taux de défaillance du boremètre est, actuellement, trop élevé pour accepter que la fonction de sûreté « maîtrise de la réactivité » repose sur cet unique boremètre du système REN. De ce fait, l'ASN considère nécessaire d'améliorer dès maintenant la disponibilité et la fiabilité de la fonction de détection d'une dilution, sans attendre une évolution pérenne des moyens de détection d'une dilution.

### ***B.1. Exploitation du boremètre et documentation associée***

L'ASN considère que les actions proposées par l'exploitant pour améliorer la qualité d'exploitation de l'installation et la documentation associée sont de nature à diminuer le taux de défaillance du boremètre et doivent être mises en œuvre au plus tôt.

**Afin d'apprécier l'effet des évolutions apportées et de suivre dans le temps la fiabilité du boremètre, l'ASN vous demande d'ajouter le boremètre à la liste des composants pour lesquels les données de fiabilité sont régulièrement mises à jour.**

### ***B.2. Essais périodiques du boremètre***

L'ASN considère qu'il convient dès à présent d'apporter des améliorations aux essais périodiques visant à s'assurer de la disponibilité du boremètre.

**L'ASN vous demande de réaliser les essais de bon fonctionnement du boremètre, ainsi que des alarmes « Bas débit REN » et « Défaut CB », avant de commencer les opérations de déchargement puis de chargement (ECU20 et ECU21) et au plus près de ces opérations.**

**L'ASN vous demande de réaliser, pour la vérification du bon fonctionnement du boremètre, en plus des vérifications déjà prévues, une comparaison entre la CB mesurée par le boremètre et la CB mesurée manuellement afin de vérifier la valeur de CB fournie par le boremètre.**

**L'ASN vous demande de compléter le programme des essais périodiques afin de tester le bon fonctionnement de l'alarme « Défaut Système » prévenant de la défaillance du boremètre ainsi que sa transmission en salle de commande.**

---

<sup>1</sup> Système d'appoint en Eau et en Bore

### ***B.3. Essai du système REN***

L'ASN note votre engagement de définir et mettre en œuvre un essai périodique, par petites dilutions successives contrôlées, destiné à s'assurer de la détection d'une dilution par le système REN et le boremètre, à chaque rechargement pendant la phase de pré-dilution en arrêt normal sur générateurs de vapeur (AN/GV). L'ASN considère qu'à l'issue de cet essai périodique, EDF devra s'assurer en préalable au rechargement, que la CB du circuit primaire reste conforme aux STE en tout points du circuit primaire.

**En complément de cet essai périodique et compte tenu de la contribution du système REN à la détection d'une dilution, l'ASN vous demande de réaliser un essai visant à qualifier la performance d'ensemble du système REN pour détecter une dilution au moyen de l'apparition de l'alarme « Défaut CB ».**

L'ASN vous demande de réaliser cet essai sur chaque réacteur, sauf à justifier la représentativité d'un ou plusieurs réacteurs pour chaque palier. Pour cet essai, l'ASN vous demande de définir et de lui proposer :

- un mode opératoire prenant en compte un débit de dilution,
- un critère visant à vérifier que le délai de détection par le boremètre est suffisant pour laisser à l'opérateur le temps nécessaire pour contrer une dilution intempestive.

L'ASN vous demande de lui faire parvenir les enseignements que vous tirerez de ces essais pour les études de dilution et pour l'essai périodique prévu pendant la phase de pré-dilution à chaque rechargement.

L'ASN vous demande également de vous prononcer sur l'opportunité de réaliser à nouveau ce type d'essai de façon périodique ou à la suite d'une intervention sur le système REN.

## **C. Anticiper les impacts sur les activités de travail et améliorer les interfaces hommes-machines**

L'instruction technique de votre dossier a fait appel à une analyse des facteurs organisationnels et humains intervenant dans la maîtrise d'un accident de dilution, dont il ressort certains axes d'amélioration.

### ***C.1. Impact sur les activités de travail et la formation***

La surveillance par le boremètre de la concentration en bore en APR cœur incomplet, en remplacement de la surveillance actuelle par les CNS, implique une transformation des situations de travail dont il s'agit d'anticiper les impacts sur le plan des aspects sociaux, organisationnels et humains (SOH).

L'ASN note positivement les actions que vous avez définies (distribution d'un document pédagogique, démarche « réglages sensibles », mise en place d'une imagerie permettant de visualiser les évolutions de la CB moyenne d'un point quelconque de la salle de commande) à l'issue de l'étude SOH.

**L'ASN vous demande de l'informer du déploiement effectif de ces actions.**

L'ASN considère qu'il existe en particulier un risque de banalisation de l'utilisation du boremètre utilisé par ailleurs pour des activités courantes d'exploitation, alors qu'il contribue désormais à la surveillance du risque de divergence incontrôlée en cas d'accident de dilution.

**L'ASN vous demande d'accompagner l'évolution de la documentation d'exploitation du boremètre par des actions de formation des intervenants, d'implication des responsables hiérarchiques (chefs d'exploitation) et de sensibilisation des personnels au rôle du boremètre et aux risques de divergence incontrôlée, de façon plus approfondie que par la distribution d'un document pédagogique.**

### ***C.2. Visibilité de l'alarme défaut CB***

L'alarme « REN 055AA » (palier CPY) signale, par une verrine unique, soit un début de dilution caractérisé par l'écart entre la CB du fluide primaire visée et la CB réelle (nommé « défaut CB »), soit un défaut sur l'électronique de traitement ou d'acquisition de la mesure et sa transmission en salle de commande (nommé « défaut système »). Ce regroupement des alarmes peut perturber le diagnostic des opérateurs sur la cause de l'activation de l'alarme et entraîner un retard aux actions nécessaires en cas de dilution révélée par un « défaut CB ».

**L'ASN vous demande de réaliser, sous un an, une étude de faisabilité du regroupement des alarmes « défaut CB » et « défaut système » afin de renforcer la visibilité de l'alarme « défaut CB » caractéristique d'une dilution.**

**Dans l'attente, l'ASN vous demande de faire explicitement apparaître dans la fiche d'alarme les causes d'apparition de ces alarmes de manière à faciliter le diagnostic des opérateurs sur l'état de l'installation.**

### ***C.3. Platine du boremètre***

Le fonctionnement de la platine de commande du boremètre et de son alarme peut conduire, en cas d'appui prolongé sur le bouton d'affichage de la consigne, à une modification involontaire de la consigne de concentration en bore. En effet, l'affichage de la consigne et sa modification sont effectuées à partir du même commutateur. Une mauvaise manipulation du seuil d'alarme « défaut CB », par exemple par mémorisation d'une nouvelle consigne, pourrait conduire à un accompagnement involontaire et non détecté d'une dilution en cours.

**L'ASN vous demande d'étudier, sous un an, la faisabilité d'une modification de cette platine, sur la base d'études sur les interfaces homme-machine tenant compte du nouveau rôle attribué au boremètre afin de limiter les erreurs humaines.**

**Dans l'attente, l'ASN vous demande de renforcer à court terme la documentation d'exploitation pour expliciter le fonctionnement de la platine du boremètre en salle de commande et limiter le risque afférent à une utilisation erronée du commutateur de la platine du boremètre.**

### ***C.4. Impact sur les RGE et la documentation d'exploitation***

L'utilisation du boremètre en lieu et place des CNS devra conduire à une évolution des RGE et de certains documents d'exploitation les déclinant. Certaines des évolutions envisagées appellent les remarques qui suivent.

Les CNS interviendront désormais en seconde ligne de défense après la surveillance de la concentration en bore. Une valeur de réglage de leurs seuils a été proposée sur le palier CPY uniquement pour les réacteurs exploités en gestion Garance UO2 et pas pour les réacteurs exploités en gestion Parité MOX.

**L'ASN vous demande de justifier les principes de définition des seuils des CNS au rechargement et au déchargement et leurs valeurs de réglage, en particulier pour la gestion de combustible Parité MOX. Ces valeurs devront à terme figurer dans les STE.**

Considérant que les CNS interviendront désormais uniquement au titre de la défense en profondeur pour détecter un retour effectif en criticité, vous envisagez de modifier les spécifications techniques d'exploitation pour :

- introduire la possibilité de rendre indisponible une chaîne de mesure neutronique,
- permettre la poursuite de la manutention de combustible ou la levée des structures internes supérieures en cas d'indisponibilité fortuite d'une CNS.

**L'ASN considère que l'insertion du boremètre en lieu et place des CNS dans la démonstration de sûreté ne doit pas vous conduire à permettre une fragilisation des lignes de défense supplémentaires déjà en place. L'ASN vous demande de maintenir les règles de disponibilité des CNS, selon les conditions déjà définies dans les STE avant le recours au boremètre.**

En cas d'indisponibilité du boremètre, le chimiste procède à une mesure périodique de la concentration en bore. Vous ne souhaitez pas remettre en cause la poursuite des opérations de manutention du combustible dans le réacteur dans une telle situation. L'ASN considère qu'elle n'a pas l'assurance, sur la base de l'instruction des études fournies, que les mesures manuelles sont suffisamment fréquentes pour détecter suffisamment tôt une dilution et que l'absence de mode commun entre la perte du boremètre (incluant les défaillances sur le système REN) et les mesures manuelles est garantie.

**L'ASN vous demande d'inclure dans les documents de conduite l'interruption sous une heure des manutentions de combustible dans le bâtiment réacteur à la suite d'un événement STE associé à l'indisponibilité du boremètre ou de son alarme. L'ASN vous demande de définir les actions à mener dans le cas d'un assemblage en cours de manutention dans les deux situations (chargement et déchargement) afin de le mettre en position sûre.**

En cas de concentration en bore inférieure à 2385 ppm (palier CPY), il convient de ramener la concentration en bore à la valeur requise au plus tôt.

**L'ASN vous demande de préciser dans les STE (palier CPY), qu'en cas de CB primaire inférieure à 2385 ppm, la conduite à tenir est de boriquer au plus tôt afin de retrouver la CB requise, celle-ci devant être atteinte au plus tard sous 8 heures ; ce délai est à ramener à 1 heure si la CB primaire est inférieure à 2335 ppm. L'ASN vous demande de transposer cette conduite sur les autres paliers de réacteurs, avec les valeurs limites appropriées.**



Le retour à l'état sûr à la suite d'une dilution homogène du circuit primaire en APR nécessite l'arrêt de la dilution en cours, complétée par une borication permettant le retour à une concentration en bore du circuit primaire à une valeur assurant la sous-criticité avec une marge de sûreté. Ces actions nécessitent la mise en œuvre de la ligne de charge ou de la ligne d'injection aux joints des GMPP (groupes motopompes primaires). Ces deux possibilités d'injection garantissent l'existence de moyens redondants de borication, sous réserve de la disponibilité des équipements du système REA bore.

**L'ASN vous demande de justifier, sous un an, que le classement et la conduite à tenir en cas d'indisponibilité fortuite de la ligne de charge RCV, de la ligne d'injection aux joints des GMPP et du REA bore en état APR, prévus par les STE, permettant le retour à l'état sûr.**

Votre dossier propose des modifications du programme d'essais périodique du système REN des réacteurs du palier CPY, en particulier pour ce qui concerne la validation mensuelle des mesures faites par le boremètre par rapport à celles faites par titrimétrie, le contrôle d'étalonnage du boremètre réalisé tous les 5 ans et le passage en groupe A de l'alarme REN060AA « défaut débit » et de son capteur de débit associé « REN020SD ».

L'ASN vous informe qu'il conviendra de déclarer une modification des RGE en application de l'article 26 du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 pour faire évoluer le programme d'essais périodiques du système REN afin de tenir compte des modifications précitées et de celles demandées dans cette annexe.

\*

**Demandes de l'ASN portant sur l'étude de l'accident de dilution en cœur incomplet applicables aux réacteurs de tous les paliers (sauf précision dans le texte)**

**D. Capacité du boremètre et des mesures manuelles à détecter une dilution**

La démonstration de l'accident de dilution que vous avez développée implique :

- la démonstration de la capacité du boremètre à détecter une dilution,
- la démonstration de la capacité des mesures manuelles à détecter une dilution.

Ces deux démonstrations ne sont pas complètement établies. En particulier, certaines données et hypothèses sont insuffisamment justifiées ou erronées.

***D.1. Débit de dilution***

La détermination du débit de dilution dimensionnant repose sur une approche probabiliste qui n'appelle pas d'objection de principe.

L'ASN note que l'instruction technique a mis en évidence sur le palier CPY un risque de dilution potentiellement élevé lié à la réalisation d'un appoint à la bêche PTR (système de traitement et de refroidissement de l'eau des piscines) par le REA en APR, à travers les vannes REA 13 VD et REA 122VD avec un débit de 35,5 m<sup>3</sup>/h.

L'ASN considère qu'en l'absence de renoncement à ce type d'opération ou de modification pérenne permettant d'écarter ou de détecter à temps ce risque de dilution, le débit de dilution correspondant devra être considéré dans les études.

Concernant les scénarios de dilution lors des opérations de maintenance sur les déminéraliseurs TEP (système de traitement des effluents primaires) et RCV (système de contrôle chimique et volumétrique du circuit primaire), l'ASN prend note de l'intention d'EDF de réduire le débit de dilution par SED (système de distribution d'eau déminéralisée), grâce à la mise en place de diaphragmes.

**L'ASN vous demande de conserver la Disposition Transitoire 313 (report de la condamnation administrative des vannes d'arrivée SED du déminéraliseur RCV ou TEP, concerné par la maintenance, sur les vannes aval du poste de déminéraliseurs) à la suite de la mise en place d'un diaphragme sur les lignes SED, jusqu'à la justification par une analyse probabiliste que le risque de dilution lors de la maintenance des déminéraliseurs RCV ou TEP en état APR cœur incomplet est acceptable.**

De plus, l'ASN note qu'EDF retient un débit de dilution plus faible pour démontrer la capacité de détection par les mesures manuelles en cas de perte du boremètre (18 m<sup>3</sup>/h au lieu de 21 m<sup>3</sup>/h pour la détection d'une dilution par le boremètre). Sur ce point, l'ASN rappelle que ce raisonnement n'est pas conforme à l'article 45 de l'arrêté du 31/12/1999 qui prévoit que les deux systèmes de détection (boremètre et mesures manuelles dans ce cas) aient la même capacité de détection. L'ASN considère que le débit minimal à retenir pour la détection par la mesure manuelle doit donc être pris égal à celui retenu pour la mesure par le boremètre.

### ***D.2. Volume d'eau du circuit primaire à diluer***

Votre démonstration prend en compte certains volumes dont la participation au mélange eau borée/eau diluée n'est pas démontrée.

L'ASN note, à cet égard, que depuis la finalisation de l'instruction technique par l'IRSN de votre dossier, vous avez déclaré sur ce sujet par la lettre en référence [5] une anomalie d'étude, qui est en cours de caractérisation.

**En état APR cœur incomplet, l'ASN vous demande de retenir comme volume d'eau participant à la dilution uniquement le volume d'eau mis en circulation par le RRA.**

### ***D.3. Temps de transit du fluide primaire jusqu'au boremètre***

Le temps de réponse du boremètre en APR dépend notamment du temps de transit du fluide primaire qui circule par le système RRA puis le système REN jusqu'au boremètre. Certains volumes faibles peuvent ne pas avoir d'impact notable sur le temps de transit ; ce n'est pas le cas du volume de fluide primaire situé dans la cuve que vous avez décidé de négliger.

**L'ASN vous demande d'évaluer le temps de transit du fluide primaire entre le bas du cœur et le piquage RRA et d'en tenir compte dans l'estimation du délai de détection de la dilution.**

L'ASN souligne que l'incertitude prise en compte sur le débit REN est corrélée à la fréquence d'étalonnage du capteur de débit REN 020 SD. L'ASN considère que la périodicité, les critères et le mode opératoire du contrôle d'étalonnage qui seront proposés par EDF pour le capteur REN 020 SD devront permettre de garantir la capacité fonctionnelle du boremètre à détecter une dilution homogène en APR telle que présentée par EDF dans sa démonstration.

Dans le cas de l'utilisation de mesures manuelles pour détecter une dilution, celles-ci sont conduites à partir d'un point de prélèvement qui peut se situer en amont ou en aval du boremètre. Dans ce dernier cas, le temps de transit du fluide est augmenté du temps nécessaire à parcourir la distance qui sépare le boremètre de ce point de prélèvement. Ce point de prélèvement n'est pas clairement identifié à ce jour.

**L'ASN vous demande de spécifier clairement le point de prélèvement utilisé par le chimiste et de tenir compte, pour l'évaluation de la périodicité des mesures manuelles de la concentration en bore, du temps de transit supplémentaire entre le boremètre et le point de prélèvement, à moins d'apporter la justification de son caractère négligeable.**

#### ***D.4. Instant de perte du boremètre***

Afin de démontrer la capacité des mesures manuelles à détecter la dilution, il est nécessaire de prendre une hypothèse sur l'instant de la perte du boremètre qui déclenche le lancement des actions qui vont conduire à la réalisation de la mesure manuelle. Dans votre démonstration, vous avez choisi, sur la base d'une argumentation probabiliste, de considérer la perte du boremètre à l'instant du début de la dilution. L'ASN considère que ce choix n'est pas conservatif car il conduit dans l'étude de l'accident à ne pas tenir compte d'une partie de la dilution qui se déroule entre l'initiateur et l'instant d'apparition de l'alarme.

**L'ASN vous demande de considérer l'instant le plus pénalisant pour la perte du boremètre, c'est-à-dire celui juste avant l'instant prévu d'apparition de l'alarme « Défaut CB ».**

#### ***D.5. Incertitude sur le délai de déclenchement de l'alarme***

Le délai de déclenchement de l'alarme retenu doit tenir compte de l'incertitude globale sur la mesure de la concentration en bore par le boremètre. Cette incertitude globale est quantifiée dans votre dossier. L'incertitude de calibration du boremètre est un des paramètres contribuant à l'incertitude globale sur la mesure par le boremètre. Or, il apparaît que l'incertitude de calibration peut ne pas être constante en fonction de la concentration en bore. Il s'en suit que l'incertitude de mesure peut différer en situation de prise de consigne et en situation de déclenchement de l'alarme.

**L'ASN vous demande de justifier que la variation de l'erreur de calibration entre la situation de prise de consigne et la situation de déclenchement de l'alarme peut être négligée.**

L'ASN considère que la méthode mise en œuvre par EDF pour réaliser le calcul de la courbe de calibration dans le but de limiter l'erreur systématique sur la calibration permet d'obtenir une incertitude de la valeur de CB mesurée par le boremètre réduite par rapport à l'erreur de titrimétrie. Néanmoins, l'ASN souligne que cet objectif ne peut être atteint que sous réserve de justifications par EDF de l'absence de biais des mesures titrimétriques.

### **E. Critère de sûreté à respecter**

L'existence de marges de sécurité est essentielle pour garantir la sûreté des installations. Dans le cas des risques de criticité, il est d'usage de définir des marges à la criticité afin de garantir que l'état critique ne soit pas atteint.

L'ASN considère que la marge à la criticité, à l'instant de l'arrêt de l'augmentation de la réactivité consécutif à l'intervention de l'opérateur suivant la détection d'une dilution, doit être appréciée au regard :

- de la sensibilité de la variation du coefficient de multiplication effectif ( $k_{eff}$ ) en fonction des paramètres surveillés (concentration en bore),
- du degré de conservatisme lié à la modélisation de calcul,
- du caractère plus ou moins probable du scénario étudié,
- du degré de confiance dans les techniques de calcul utilisées (qualification sur une base expérimentale).

Or, votre démonstration ne fixe aucune marge à respecter par rapport à la criticité.

Le référentiel d'étude des accidents de dilution en cœur complet considère également un délai d'intervention de 20 minutes avant l'atteinte de la criticité. Vous avez retenu ce même critère pour la situation en cœur incomplet.

**L'ASN vous demande de démontrer que ce délai est suffisant pour atteindre l'arrêt de l'augmentation de la réactivité (par valeur négative) à la suite de l'intervention de l'opérateur pour contrer la dilution du circuit primaire, en introduisant des conservatismes et des marges de sûreté que vous justifierez.**

## **F. Validité dans le temps des données d'entrée de l'étude d'accident**

L'étude de l'accident de dilution en cœur incomplet reposant, pour certaines hypothèses, sur une évaluation probabiliste, ceci nécessite d'examiner régulièrement le retour d'expérience pour vérifier la validité des hypothèses prises en compte dans l'étude d'accident.

### ***F.1. Débit de dilution***

L'ASN note que certains scénarios de dilution présentant des débits de dilution significatifs, de nature à remettre en cause le débit considéré par EDF dans son étude, ont été écartés sur des bases déterministes (volume de diluant limité) ou probabilistes.

**L'ASN vous demande de compléter votre démarche, à l'occasion des réexamens de sûreté, par une analyse probabiliste du risque de dilution et de fusion du cœur pour l'ensemble des scénarios pour lesquels le volume de diluant est suffisant pour conduire à la criticité en situation de dilution intempestive. Il s'agit notamment des scénarios suivants :**

- dilution consécutive à une fuite sur les échangeurs refroidis par RRI (système de refroidissement intermédiaire),
- dilution consécutive à un appoint au tube d'équilibrage du joint n°2 des GMPP,
- dilution par la ligne de recirculation de l'acide borique concentré.

**L'ASN vous demande en particulier de réaliser une analyse quantitative de l'ensemble des scénarios de dilution par le système REA.**

### ***F.2. Autres hypothèses prises dans les études probabilistes***

L'ASN note que les fréquences de scénarios retenus dans les analyses probabilistes présentées par EDF reposent sur certaines données dont la pérennité doit faire l'objet d'un suivi particulier lors des réexamens de sûreté.

**L'ASN vous demande de vous assurer, à l'occasion des réexamens de sûreté, de la validité dans le temps des données suivantes :**

- la durée des états d'arrêt,
- la robustesse des condamnations administratives,
- les parades prévues pour minimiser les dépendances entre les éventuelles erreurs humaines de relignage des systèmes,
- la probabilité de concomitance d'un réacteur en APR cœur incomplet et du réacteur jumeau en fin de cycle, pour le palier CPY.

L'étanchéité en position condamnée fermée de certains organes d'isolement est valorisée dans la démonstration probabiliste. Même si une perte d'étanchéité peut être détectée et identifiée de manière indirecte lors de l'exploitation normale, il convient de d'assurer au titre des essais périodiques de l'étanchéité de ces organes d'isolement.

**L'ASN vous demande de vérifier périodiquement que les exigences d'étanchéité des organes d'isolement, dont l'étanchéité est valorisée dans la démonstration sur le palier CPY, sont respectées. Il s'agit :**

- des vannes RCV 365 VP et RCV 096 VP et du clapet RIS 288 VP (dilution par la ligne de secours du RCV de la tranche jumelle),
- de la vanne TEP 161 VD (dilution par le poste de déboratation de la tranche jumelle).

**De plus, l'ASN vous demande de confirmer le caractère « définitif » de la modification de l'installation qui empêche toute connexion entre le REA bore et le SED.**