



DIRECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Montrouge, le 16 décembre 2016

**Réf. : CODEP-DCN-2016-036888****Monsieur le Directeur du projet  
Flamanville 3  
EDF/DIPNN  
Direction de Projet Flamanville 3  
97, avenue Pierre BROSSOLETTE  
92542 MONTRouGE****Objet : Réacteur électronucléaires – EDF  
Rupture de tuyauterie vapeur – Méthode totalement couplée en 3 dimensions (MTC 3D) et  
démarche d'étude complémentaire****Réf. :** Cf. annexe 1

Monsieur le Directeur,

Par lettre en référence [1], vous avez souhaité connaître la position de l'ASN sur l'utilisation de la méthode totalement couplée en trois dimensions dite « MTC 3D » pour l'étude de l'accident de rupture de tuyauterie vapeur (RTV). La MTC 3D reconduit les principales étapes de la méthode découplée améliorée (MDA) utilisée pour les réacteurs en exploitation. La principale évolution apportée par la MTC 3D réside dans le fait qu'elle utilise une modélisation cinétique tridimensionnelle de la neutronique et de la thermohydraulique du cœur couplée à une modélisation tridimensionnelle de la thermohydraulique du circuit primaire permettant de calculer l'évolution de puissance du cœur.

Par courrier en référence [2], l'ASN a pris position sur l'utilisation de cette méthode pour l'étude de l'accident de RTV pour le réacteur EPR de Flamanville 3 (EPR FLA3) et vous a fait part de ses remarques et demandes. Ainsi, sous réserve de la prise en compte de demandes portant notamment sur la validation et l'inter-comparaison de résultats, l'ASN n'a pas formulé d'objection à la mise en œuvre de la MTC 3D pour l'étude du transitoire de RTV avec maintien des pompes primaires en service. En revanche, l'ASN a considéré que l'application de cette méthode aux transitoires de RTV avec arrêt des pompes primaires n'était pas acceptable en l'état.

Par courriers référencés [3] et [4], vous avez transmis à l'ASN des réponses aux demandes formulées dans le courrier en référence [2]. Pour rappel, le courrier en référence [3] transmettait le dossier dit « dossier complémentaire pour le transitoire de RTV avec arrêt des pompes primaires », proposant une nouvelle démarche découplée pour démontrer, d'une part que l'étude de RTV avec arrêt des pompes primaires réalisée dans la phase court terme du transitoire, caractérisée par des faibles déséquilibres de débit entre les boucles du circuit primaire, selon les hypothèses de la MTC 3D, correspondait bien au scénario limitatif et, d'autre part, le caractère bénéfique sur le plan de la sûreté de l'arrêt des pompes primaires pour ce transitoire.

Après examen des réponses apportées, l'ASN vous a indiqué, par courrier en référence [5], que les éléments transmis :

- ne répondaient pas à l'ensemble des réserves émises par l'ASN dans son courrier en référence [2] à la mise en œuvre de la MTC 3D pour l'étude du transitoire de RTV avec maintien des pompes primaires en service ;
- étaient insuffisants pour accepter en l'état l'application de la MTC 3D aux transitoires de RTV avec arrêt des pompes primaires.

Par courriers en références [6] et [7], vous avez transmis les derniers compléments méthodologiques répondant à l'ensemble des demandes de l'ASN non soldées de 2010 et 2011 (courriers référencés [2] et [5]).

De plus, par courrier en référence [8], vous avez transmis à l'ASN le projet du sous-chapitre 15.2.4b – Rupture de tuyauterie vapeur en états A et B du rapport de sûreté (RDS) de l'EPR FLA3, accompagné de trois notes support :

- une note de synthèse de l'étude du spectre de brèches RTV ;
- l'étude de RTV avec maintien des pompes primaires en service réalisée avec la MTC 3D ;
- l'étude de RTV avec arrêt automatique des GMPP en phase moyen terme, caractérisée par des déséquilibres de débits significatifs entre les boucles du circuit primaire, utilisant une évolution de la démarche découplée utilisée dans le cadre des études mises à jour au vue des VD3 1300.

Les études présentées dans le chapitre 15.2.4b du rapport de sûreté sont celles relatives à la phase court terme du transitoire de RTV avec et sans arrêt des pompes primaires.

Vous précisez en outre que l'étude de RTV avec arrêt automatique des GMPP en phase moyen terme constitue une évolution, pour l'application au réacteur EPR de Flamanville 3 (EPR FLA3), du « dossier complémentaire » transmis par courrier en référence [3].

En complément, à la suite des réunions du groupe permanent d'experts sur les réacteurs (GPR) des 15 et 16 octobre 2014 consacrée au bilan de la phase générique des troisièmes réexamens périodiques des réacteurs de 1300 MWe, vous avez transmis par courrier en référence [9] des calculs complémentaires de la marge à la crise d'ébullition et de puissance linéique pour cette phase moyen terme de la RTV, basés sur des études de sensibilité sur certaines hypothèses (température d'entrée, débit massique, xénon) pour conforter la compréhension de la physique des phénomènes rencontrés en situation de RTV à très bas débit et quantifier le conservatisme du dossier complémentaire.

Par ailleurs, vous avez informé l'ASN par courrier en référence [10] de la détection de trois anomalies dans le dossier complémentaire transmis par courrier en référence [3]. Les anomalies consistent en l'utilisation d'une valeur erronée dans les calculs de minimum du rapport de flux thermique critique (RFTC)\*, en une non-conservation de masse dans les calculs réalisés à l'aide du logiciel de calcul FLICA et en une mauvaise prise en compte de l'efficacité des grappes de contrôle dans les calculs réalisés à l'aide du logiciel de calcul SCIENCE. Le traitement de ces anomalies vous a conduit à utiliser le logiciel de calcul COBRA-FLX en remplacement de FLICA. Le dossier de validation de COBRA-FLX en situation de RTV avec arrêt des pompes primaires à bas débit a été transmis par EDF par courrier en référence [11].

---

\* Rapport entre le flux critique local évalué à partir d'une corrélation dépendant des conditions thermo-hydrauliques et le flux thermique local

L'examen mené avec l'appui de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire a porté sur :

- les compléments que vous avez apportés, afin de savoir s'ils répondent aux demandes de l'ASN formulées dans ses courriers en références [2] et [5] ;
- la démarche complémentaire retenue pour la réalisation de l'étude de la phase moyen terme avec arrêt automatique des pompes primaires d'un transitoire de RTV ;
- le caractère jugé bénéfique par EDF, sur le plan de la sûreté, de l'arrêt des pompes primaires dans un transitoire de RTV ;
- la qualification des logiciels de calculs utilisés pour la MTC 3D en phase court terme et, dans le dossier complémentaire, en phase moyen terme du transitoire de RTV avec arrêt des pompes primaires.

### **Compléments apportés par EDF concernant la méthode MTC 3D**

L'application de la MTC 3D aux situations de RTV avec maintien des pompes primaires en service a été considérée comme acceptable par l'ASN sous réserve de la prise en compte des demandes formulées dans les courriers en références [2] et [5]. Par ailleurs, la phase court terme du transitoire de RTV avec arrêt des pompes primaires présente des phénomènes physiques similaires à ceux du transitoire avec maintien des pompes primaires en service. Compte tenu de ces éléments, vous avez choisi de limiter, pour l'étude du transitoire de RTV avec arrêt des pompes primaires, l'utilisation de la MTC 3D à la phase court terme de ce transitoire.

À l'issue de l'examen réalisé par l'ASN et son appui technique, l'ASN considère que les compléments apportés par EDF concernant la validation des logiciels de calculs thermo-hydrauliques appelés par la MTC 3D et l'applicabilité des matrices de mélange en entrée du cœur aux conditions rencontrées en situation de RTV avec et sans perte des pompes primaires permettent de répondre aux demandes n° 1, n° 2 et n° 3 et à l'observation n° 2 formulées par l'ASN dans le courrier en référence [2]. Néanmoins, ces compléments sont insuffisants pour les réacteurs de 900 MWe. Ce point est détaillé en annexe du présent courrier.

**L'ASN ne formule ainsi plus d'objection à la mise en œuvre de la MTC 3D pour l'étude des transitoires de RTV avec les pompes primaires en service et pour l'étude de la phase court terme du transitoire de RTV avec arrêt des pompes primaires, pour les réacteurs des paliers 1300 MWe et N4 et pour l'EPR FLA3.**

### **Phase moyen terme de l'accident de RTV avec arrêt des pompes primaires**

Dans l'état actuel des connaissances, l'ASN rappelle qu'il n'est pas possible de démontrer que le minimum de RFTC est atteint durant la phase court terme de l'accident de RTV avec arrêt des pompes primaires. Une étude de l'accident dans sa phase moyen terme est donc nécessaire à la démonstration de sûreté.

L'approche découplée présentée dans le courrier en référence [8] a pour objectif de démontrer l'intégrité de la gaine du combustible durant la phase moyen terme de l'accident de RTV avec arrêt des pompes primaires, par le respect de critères techniques d'acceptation associés à la puissance linéique et au RFTC. L'ASN considère que cette approche découplée répond à la définition d'une méthode d'étude telle que précisée dans le courrier en référence [14].

L'ASN constate que vous utilisez dans l'étude de la phase moyen terme de l'accident de RTV avec arrêt des pompes primaires la corrélation de flux thermique critique W-3, dont le domaine de validité est étendu en pression et en vitesse massique. Ce domaine de validité étendu n'a pas fait l'objet de justification, et aucun essai expérimental n'a été réalisé afin de valider la corrélation W-3 dans ce nouveau domaine de validité, en particulier vis-à-vis des faibles débits et pressions rencontrées lors du transitoire de RTV avec arrêt des pompes primaires. Le critère en RFTC de la corrélation W-3 est par ailleurs utilisé dans ce nouveau domaine de validité sans avoir fait l'objet de justification. **Ce point fait l'objet de la demande A.1 en annexe 2.** De plus, aucune pénalité de fléchissement n'a pas été considérée pour l'évaluation des marges concernant le RFTC. **Ce point est repris dans la demande A.2 en annexe 2.** Enfin, l'ASN estime nécessaires des compléments de justification concernant l'utilisation des critères concernant le RFTC retenus par EDF avec le logiciel de thermo-hydraulique du cœur COBRA-FLX utilisé dans la méthode d'étude. **Ce point fait l'objet de la demande A.3 en annexe 2.**

Après examen, l'ASN constate également que plusieurs demandes du courrier en référence [2] n'ont pas reçu de réponse satisfaisante. Des insuffisances relatives à votre méthode ont de plus été identifiées, concernant notamment le caractère conservatif de certains choix de modélisation et l'exhaustivité des études de sensibilité réalisées. **Ces points sont détaillés dans l'annexe 2 du présent courrier.**

**Au vu de l'ensemble de ces éléments, l'ASN considère par conséquent que la méthode mise en œuvre afin d'étudier la phase moyen terme de l'accident de RTV avec arrêt des pompes primaires n'est pas acceptable en l'état, et nécessite la prise en compte des demandes et la résolution des insuffisances précisées en annexe 2 du présent courrier, préalablement à toute nouvelle utilisation.**

L'ASN note toutefois qu'EDF a fourni des études complémentaires, relatives à la phase moyen terme de l'accident de RTV avec arrêt des pompes primaires pour le réacteur EPR de Flamanville 3, dans le cadre des réunions du groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires des 30 juin et 1<sup>er</sup> juillet 2016, qui feront l'objet d'un courrier ultérieur de l'ASN.

\*

\* \*

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

Pour le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire  
et par délégation,  
la directrice des centrales nucléaires

Signé par

Anne-Cécile Rigail

## Références

- [1] Lettre EDF ENDPJC070109 du 31/07/2007 – Dossier pour l'agrément de la méthode MTC 3D
- [2] Lettre ASN CODEP-DCN-2010-006316 du 23/04/2010 – Réacteurs électronucléaire – Projet EPR Flamanville 3 – Instruction de la méthode MTC 3D d'études des transitoires de rupture de tuyauterie vapeur
- [3] Lettre EDF ENPRTR100113 du 28/05/2010 – RTV MTC 3D – Dossier complémentaire pour le transitoire avec arrêt des pompes
- [4] Lettre EDF ENDPJC100074 du 17/12/2010 – Méthode MTC 3D d'étude des transitoires de tuyauterie vapeur
- [5] Lettre ASN CODEP-DCN-2011-035213 du 07/07/2011 – Réacteur électronucléaire – Instruction de la méthode MTC 3D d'étude des transitoires de rupture de tuyauterie vapeur – Compléments
- [6] Lettre EDF ENPRTR110258 du 30/11/2011 – Méthode MTC 3D d'étude des transitoires de rupture de tuyauterie vapeur
- [7] Lettre EDF ENPRTR130224 du 02/07/2013 – Méthode MTC 3D – Eléments complémentaires
- [8] Lettre EDF D305914011175 du 10/07/2014 – EPR FA3 – Instruction anticipée des études d'accidents – transmission des sous-chapitres RDS relatifs aux accidents de refroidissement initiés à puissance nulle
- [9] Lettre EDF D305515028824 du 14/04/2015 – VD3 1300 – GP Bilan
- [10] Lettre EDF ENPRTR120153 du 13/06/2012 – RTV MTC 3D – Dossier complémentaire pour le transitoire de RTV avec arrêt des pompes primaires
- [11] Lettre EDF D305913002338 du 17/07/2013 – Dossier de validation COBRA-FLX
- [12] Lettre EDF D305514080154 du 17/11/2014 – GP « Bilan VD3 1300 » Positions/Actions EDF
- [13] Courrier du Président-Directeur Général d'EDF du 16/03/2013 – Demande d'autorisation de mise en service
- [14] Lettre ASN Dep-SD2-0242-2006 du 22 septembre 2006 – Réacteurs à eau sous pression – instruction des nouvelles gestions de combustible

## Demandses de l'ASN

### **A. Corrélation de flux critique**

La corrélation de flux critique W-3 est utilisée pour l'évaluation du RFTC pour la phase moyen terme de l'accident de RTV avec arrêt des pompes. L'ASN rappelle vous avoir demandé dans le courrier en référence [2] « *d'utiliser une corrélation de flux critique dont le domaine de validité est suffisamment étendu pour garantir la vérification du respect des critères de sûreté* ». L'ASN souligne qu'au cours de la phase moyen terme, caractérisée par de faibles débits, les corrélations de flux critique sont en effet susceptibles de sortir de leur domaine de validité en vitesse massique ou en pression. En l'occurrence, il apparaît que la corrélation W-3 est utilisée en dehors de son domaine de validité en pression et en vitesse massique.

Le critère déterministe en RFTC calculé à l'aide de cette corrélation dépend notamment de la pression et de la vitesse massique dans le cœur. L'extension du domaine de validité en pression de la corrélation se traduit par une modification du critère en RFTC. En effet, celui-ci passe de 1,30 (valeur prise en compte dans le domaine de validité de base de la corrélation) à 1,45. Toutefois, l'extension du domaine de validité en vitesse massique ne se traduit pas par une modification du critère en RFTC. Or un certain nombre de calculs réalisés par EDF présentent des vitesses massiques dans le domaine de validité étendu.

**Demande A.1 : L'ASN vous demande de justifier les valeurs du critère de RFTC déterminés à l'aide de la corrélation de flux critique W-3 dans les zones d'extension du domaine de validité de cette corrélation en vitesse massique ou, le cas échéant, d'adapter les valeurs du critère en les justifiant.**

L'ASN constate par ailleurs qu'aucune pénalité de fléchissement n'est prise en compte dans la détermination du RFTC à l'aide de la corrélation W-3, alors que cette pénalité, selon le chapitre 4.4 du RDS transmis par le courrier en référence [13], doit être prise en compte pour les pressions primaires supérieures à 120 bar. Or la pression primaire enveloppe prise en compte dans la phase moyen terme de la RTV peut être supérieure à 120 bar, notamment pour de faibles débits primaires.

**Demande A.2 : L'ASN vous demande de prendre en compte la pénalité de fléchissement pour l'évaluation des marges concernant le RFTC pour l'étude de la phase moyen terme de l'accident de RTV avec arrêt des pompes primaires.**

L'ASN souligne que la valeur du critère concernant le RFTC déterminée à l'aide de la corrélation de flux critique dépend également du logiciel de thermohydraulique du cœur utilisé pour l'élaboration de la corrélation. Or l'ASN constate que les valeurs du critère actuellement prises en compte dans la démarche complémentaire (de 1,30 ou 1,45 selon la valeur de la pression) ont été déterminées à l'aide d'un logiciel de thermohydraulique différent du logiciel COBRA-FLX utilisé dans la méthode d'étude de la phase moyen terme de la RTV. L'ASN prend note des trois comparaisons réalisées avec le RFTC calculé avec le code FLICA III-F et constate que les valeurs obtenues sont proches (écarts inférieurs à 3 %). Néanmoins, l'ASN considère que le nombre de comparaisons réalisées reste insuffisant pour justifier l'applicabilité des critères de 1,30 et de 1,45 avec le code COBRA-FLX.

**Demande A.3 : L'ASN vous demande de justifier les valeurs des critères concernant le RFTC déterminées à l'aide de la corrélation de flux critique W-3 en cas d'utilisation de la corrélation avec le logiciel de thermohydraulique du cœur COBRA-FLX ou, le cas échéant, d'adapter les valeurs des critères en les justifiant.**

## Suites apportées aux demandes de l'ASN du courrier en référence [2]

### Demandes et observation soldées

La spécificité de la MTC 3D consiste en un couplage de logiciels neutronique et thermohydraulique afin de simuler le comportement 3D du cœur lors d'un transitoire de RTV. Vous avez en particulier apporté des compléments concernant la validation individuelle des logiciels de thermohydrauliques MANTA et FLICA III-F, que l'ASN juge recevables pour une utilisation de ces logiciels dans la phase court terme du transitoire de RTV. Néanmoins, les compléments apportés par EDF ne constituent pas une validation intégrale telle que demandée dans le courrier en référence [2]. Toutefois, l'ASN estime qu'ils permettent de valider les choix de modélisation retenus dans la MTC 3D. Par ailleurs, l'ASN constate que, pour la phase court terme du transitoire de RTV, les différents phénomènes physiques mis en œuvre sont couverts par la validation individuelle des logiciels de thermohydraulique MANTA et FLICA III-F, pour laquelle EDF a notamment apporté des compléments. **L'ASN considère donc que cette absence de validation intégrale ne remet pas en cause l'utilisation de la MTC 3D pour les transitoires de RTV avec maintien des pompes primaires en service et pour la phase court terme des transitoires avec arrêt des pompes primaire.** Dans la mesure où EDF a choisi de limiter l'utilisation de la MTC 3D à ces seules situations de RTV caractérisées par des écoulements faiblement dissymétriques, **la demande n° 1 du courrier en référence [2] devient sans objet.**

L'ASN note par ailleurs que vous avez apporté des compléments concernant l'utilisation de la MTC 3D pour les études de recharge du combustible dans le cadre de la démonstration de la sûreté des recharges. **L'ASN juge ces compléments suffisant pour répondre aux demandes n° 2 et n° 3 du courrier en référence [2].**

Vous avez également apporté des compléments afin de justifier l'utilisation des matrices de mélange issues des essais LACYDON et des essais JULIETTE pour les réacteurs en exploitation et ceux de type EPR, avec et sans arrêt des pompes primaires. Les éléments fournis concernent les mélanges entre l'entrée de la cuve et l'entrée du cœur et entre la sortie du cœur et la sortie de la cuve. L'ASN estime satisfaisants les compléments apportés par EDF, mais souligne qu'ils ne sont relatifs qu'aux réacteurs comportant quatre boucles primaires. **L'ASN considère que les éléments complémentaires fournis par EDF permettent de répondre à la demande n° 5 et l'observation n° 2 du courrier en référence [2] pour les réacteurs de 1300 MWe, de 1450 MWe et pour l'EPR FLA3, en situation de RTV avec maintien des pompes primaires en service et avec arrêt des pompes primaires en phase court terme.**

Enfin, concernant la RTV avec arrêt des pompes, dont la modélisation est notamment basée sur l'utilisation d'un maillage radial comportant une maille par assemblage afin d'évaluer le RFTC et la puissance linéique, vous avez apporté des compléments afin de répondre à la demande n° 4 du courrier en référence [2]. **L'ASN considère que ces éléments permettent de justifier le caractère pénalisant du maillage radial comportant une maille par assemblage, et donc de répondre à la demande n° 4 du courrier en référence [2].**

## **Demandes non soldées**

Vous n'avez pas apporté d'éléments pour démontrer l'applicabilité de la matrice de mélange aux réacteurs comportant trois boucles primaires (réacteurs de 900 MWe). L'ASN considère par conséquent qu'en préalable à l'application de la MTC 3D aux réacteurs de 900 MWe, vous devez démontrer l'applicabilité des matrices de mélange issues des essais LACYDON aux conditions rencontrées dans ces réacteurs en situation de RTV avec maintien des pompes primaires et avec arrêt des pompes primaires en phase court terme. **La demande n° 5 et l'observation n° 2 du courrier en référence [2] sont en conséquence toujours valables pour les réacteurs de 900 MWe.**

Les choix de modélisation retenus pour la thermohydraulique de la cuve et du circuit primaire pour le transitoire de la RTV avec arrêt des pompes primaires ont fait l'objet de la demande n° 6 du courrier en référence [2]. EDF a transmis des compléments visant à justifier la distribution de puissance retenue dans le cœur et des nappes de températures en entrée du cœur, la concentration en bore en entrée du cœur et la pression en sortie du cœur. L'ASN rappelle que la justification du choix d'une nappe de pression uniforme en sortie du cœur a fait l'objet d'un engagement d'EDF dans le cadre de la réunion du groupe permanent des 15 et 16 octobre 2014 consacrée au bilan des VD3 1300 (courrier en référence [12]). Vous vous êtes notamment engagés à fournir pour le quatrième trimestre 2016 des calculs dans le but de confirmer l'hypothèse de pression uniforme en sortie du cœur pour les transitoires à bas débit. L'ASN estime par ailleurs acceptable l'utilisation de nappes uniformes pour la température et pour la concentration en bore en entrée du cœur. Toutefois, le caractère conservatif du choix de modélisation consistant à utiliser la concentration en bore calculée en sortie du cœur par le logiciel MANTA afin de définir la valeur de la concentration en bore en entrée du cœur n'a pas été démontré. De même, si des études de sensibilité au sous-débit primaire ont permis de démontrer le caractère conservatif du choix d'une nappe de débit uniforme en entrée du cœur par rapport à ce phénomène, l'impact d'un sur-débit alimentant la zone du cœur produisant de la puissance n'a pas été estimé. Or un sur-débit peut avoir un impact important sur la marge par rapport au critère de RFTC. L'ASN estime nécessaire de quantifier et de justifier le sur-débit maximal en entrée du cœur et d'en évaluer l'impact sur le RFTC et la puissance linéique.

**Par conséquent, l'ASN juge les compléments transmis par EDF insuffisants pour répondre à la demande n° 6 du courrier en référence [2] pour la phase moyen terme du transitoire de RTV avec arrêt des pompes primaires.**

Vous avez réalisé de nombreuses études de sensibilité afin de répondre à la demande n° 7 du courrier en référence [2] et de justifier le jeu d'hypothèses pénalisant considéré dans l'étude de la phase moyen terme de la RTV avec arrêt des pompes primaires. L'ASN constate que ces études répondent en partie à sa demande. Toutefois, l'ASN note que certains paramètres pouvant avoir une influence sur l'arrêt de la circulation dans les boucles primaires saines ou sur le refroidissement n'ont pas été étudiés, tels que les coefficients liés aux modèles physiques, les masses métalliques, le débit de recirculation dans les générateurs de vapeur. De plus, vous n'avez pas réalisé d'études de spectre de brèches secondaires pour la phase moyen terme de la RTV, alors que la taille de brèche a un impact sur la dépressurisation du circuit primaire et donc sur l'instant d'arrivée du bore dans le cœur. **L'ASN considère donc que la demande n° 7 du courrier en référence [2] n'est pas totalement soldée.**



La corrélation de flux critique utilisée dans l'étude de la phase moyen terme de la RTV est la corrélation W-3, dont le domaine de validité en pression et en vitesse massique a été étendu afin qu'elle puisse être utilisée dans les conditions thermo-hydrauliques rencontrées dans cette phase. La formulation de la corrélation W-3 n'a pas fait l'objet de modification lors de l'étendue de son domaine de validité. L'ASN considère que les éléments transmis par EDF ne permettent pas de justifier le caractère conservatif de la corrélation W-3 pour l'ensemble du domaine étendu de validité. De plus, aucun élément concernant les coefficients correctifs à appliquer à la corrélation pour les faibles débits n'a été transmis. Par ailleurs, l'ASN considère que la corrélation W-3 ne peut pas être utilisée dans un domaine sans point de mesure permettant de la valider. **L'ASN estime que vous devez apporter des compléments de justification concernant la validité de la corrélation W-3 et de ses facteurs correctifs dans les zones d'extension du domaine de validité de base en vitesse massique, ou que vous devez, le cas échéant, prendre en compte une pénalité en justifiant la valeur retenue. La demande n° 8 du courrier en référence [2] est toujours valable.**

La modélisation de la RTV avec arrêt des pompes primaires nécessite de représenter correctement la thermo-hydraulique du cœur, dont le caractère tridimensionnel est très marqué en cas d'arrêt des pompes primaires, avec de forts effets de densité et des vitesses transverses qui peuvent être significatives à bas débit. Vous avez décidé d'utiliser le code COBRA-FLX afin de modéliser le comportement du cœur lors de la phase moyen terme de l'accident de RTV, en remplacement du code FLICA III-F initialement utilisé. L'ASN rappelle avoir demandé, dans le courrier en référence [2], *« de compléter la validation du logiciel FLICA III-F en présence d'écoulements transverses significatifs, notamment en cas de faibles débits et de déséquilibre entre boucles importants et susceptibles d'intervenir en cas de perte des pompes primaires »*. L'ASN considère que cette demande s'applique également au logiciel COBRA-FLX du fait de son utilisation dans la démarche complémentaire. L'ASN juge insuffisants les éléments que vous avez apportés afin de démontrer la bonne représentativité des écoulements dans le cœur à faibles débits et avec de fortes dissymétries, et considère que vous devrez engager un programme de validation pour la phase moyen terme du transitoire de RTV avec arrêt des pompes primaires. **La demande n° 9 du courrier en référence [2] est donc toujours valable.**

**Demande B : L'ASN vous demande d'apporter sous 9 mois, dans l'attente d'un programme de validation pour la phase moyen terme du transitoire de RTV avec des pompes primaires, des compléments sur la justification du caractère conservatif de la modélisation utilisée dans le logiciel COBRA-FLX.**

## Insuffisances de la méthode

L'examen mené sur la méthode d'étude de la phase moyen terme de l'accident de RTV avec arrêt des pompes primaires a permis d'identifier plusieurs insuffisances pouvant remettre en cause le conservatisme global de la méthode, malgré les conservatismes significatifs mis en évidence sur les niveaux de puissance considérés et sur le blocage du titre dans la corrélation W-3 :

- le caractère pénalisant de la configuration xénon retenue n'est pas établi du fait de l'absence d'études de sensibilité avec une distribution xénon « piquée » dans le haut du cœur ;
- l'incertitude relative à l'instant d'annulation des débits dans les boucles saines n'est pas suffisamment couverte par les découplages pris sur la concentration en bore en entrée du cœur, la température en entrée du cœur et la pression en sortie du cœur. L'ASN rappelle qu'un arrêt anticipé des débits maximise la température et la pression et minimise la concentration en bore, ce qui impacte la puissance linéique et le RFTC ;
- l'impact générique de la matrice de mélange en sortie du cœur n'a pas été démontré, les études de sensibilité réalisées pour les réacteurs de 1300 MWe et pour l'EPR FLA3 ayant donné des résultats différents ;
- le caractère conservatif de la modélisation de la concentration en bore en sortie du cœur n'a pas été démontré ;
- la sensibilité aux sur-débits locaux en entrée du cœur, potentiellement pénalisants, n'a pas été étudiée ;
- le caractère conservatif d'une pression uniforme en sortie du cœur, notamment vis-à-vis de l'instant d'arrêt de la circulation naturelle dans les boucles saines, n'est pas démontré ;
- le caractère pénalisant de la grappe bloquée retenue n'est pas justifié.