



Diffusé le Voir code barres ci-dessus  
Réf ENPCMC070082A

Entité émettrice PC

Rédacteur B. LAMY

Nbre de pages 17

Domaine d'application EPR

Nbre d'annexes

Titre EPR FA3 - Synthèse de l'étude de faisabilité de l'accident d'éjection de grappe

ENPCMC070082	A	← Référence Code Projet →	E230/028431
--------------	---	------------------------------	-------------

Type de document Note (A remplacer par « Instruction » dans le cas d'une instruction du SMQ/E)

Mots clés EPR - Ejection

**Résumé** : Cette note présente la synthèse de l'étude d'éjection de grappe réalisée dans le cadre de la phase de faisabilité de la 1<sup>ère</sup> gestion EPR FA3 Elle présente les voies d'amélioration envisageables et un plan d'action à court terme sur le sujet.

**Diffusion** : Par bordereau (Utilisez le canevas bordereau de la rubrique "courrier")

Mentionner « par Intranet » dans le cas d'une instruction du SMQ/E)

Rédacteur		Vérificateur		Approbateur	
Nom-Date	Visa	Nom-Date	Visa	Nom-Date	Visa
B LAMY 6/02/2007		B. LARIVE 8 02 07		A PETIT 06.02.07 V MOULIN 09/02/07	

**Evolutions des trois derniers indices**

Indice	Date d'approbation	Motif du changement d'indice	Modifications apportées

Dossier NON

Prediffusion effectuée NON

Archivage long		Archivé au FDU OUI	Copyright EDF
<input type="checkbox"/>	Confidentiel	L'initiateur établit une liste nominative des destinataires Chacun d'eux reçoit un exemplaire numéroté et ne peut étendre la diffusion sans l'accord de l'initiateur	
<input type="checkbox"/>	Dif Restreinte	L'initiateur établit une liste explicite des destinataires Le chef de service d'un destinataire peut étendre la diffusion sous sa responsabilité et dans sa Direction (sur la base d'une liste explicite)	
<input checked="" type="checkbox"/>	Accès E D F	Ne peut être transmis à l'extérieur d'EDF que par un chef de service	
<input type="checkbox"/>	Accès libre	Document public	

SEPTEN

## SOMMAIRE

<b>0. REFERENCES .....</b>	<b>3</b>
<b>1. CONTEXTE DU CONTRAT 1ERE GESTION EPR .....</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJECTIFS DE L'ETUDE D'EJECTION DE GRAPPE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. CRITERES DE SURETE .....</b>	<b>5</b>
<b>4. DEROULEMENT DE L'ETUDE .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1 Données d'entrée initiales .....</b>	<b>6</b>
<b>4.2 1ers résultats relatifs aux hypothèses initiales .....</b>	<b>6</b>
<b>4.3 1ères voies d'amélioration analysées .....</b>	<b>6</b>
<b>4.4 Reprise de l'étude avec des IL relevées .....</b>	<b>7</b>
<b>5. Origine des difficultés en éjection de grappe .....</b>	<b>8</b>
<b>6. Nouvelles voies d'amélioration.....</b>	<b>9</b>
<b>6.1.1 Abandon du combustible HTP au profit de l'AFA3G .....</b>	<b>9</b>
<b>6.1.2 Prise en compte de combustible avec des Grilles Intermédiaires de Mélange</b>	<b>9</b>
<b>6.1.3 Réduction des pénalités.....</b>	<b>9</b>
<b>6.1.4 Contraintes d'exploitation.....</b>	<b>10</b>
<b>6.1.5 Passage au critère analytique RIA.....</b>	<b>10</b>
<b>6.1.6 Autre voie : modification du mode de pilotage.....</b>	<b>10</b>
<b>7. Conclusion et proposition de plan d'action à court terme .....</b>	<b>12</b>

## 0. REFERENCES

- [1] ENPCMC050595A  
EPR faisabilité 1<sup>ère</sup> gestion – Descriptif technique CQN01823
- [2] NETF060074  
FA3 contrat CQN01823 –Données neutroniques éjection de grappe début de cycle
- [3] NETF060080  
FA3 contrat CQN01823 – Données neutroniques éjection de grappe fin de cycle
- [4] NETF060148  
FA3 contrat CQN01823 –Données éjection de grappe avec nouvelles IL
- [5] NETF070009  
FA3 contrat CQN01823 – Résultats éjection de grappe début de cycle
- [6] NETF070011  
FA3 contrat CQN01823 – Résultats éjection de grappe fin de cycle
- [7] FdC ENPRNA070010  
EPR faisabilité FA3 – Ejection de grappe EPR - Résultats étude EDF
- [8] Courrier ECEP061299  
EPR FA3 – YR1401 / Gestion du combustible

## 1. CONTEXTE DU CONTRAT 1ERE GESTION EPR

Comme suite à la revue « EPR combustible » du 12 mars 2004, il a été décidé d'engager un programme de travail visant à préparer la démonstration de sûreté qui doit être réalisée au titre du Rapport Provisoire de Sûreté FA3. Celui-ci intégrait en particulier la réalisation d'une étude d'éjection de grappe visant à préciser le bilan des marges pour cette situation PCC4 traditionnellement limitative sur le parc et attendue comme potentiellement problématique sur EPR. Les études, qui ont débuté par la modélisation de la 1<sup>ère</sup> gestion du combustible, ont été engagées à l'été 2005 dans le cadre du contrat SEPTEN CQN01823 [1].

## 2. OBJECTIFS DE L'ETUDE D'EJECTION DE GRAPPE

Bien que préliminaire, et intégrant à ce titre des raccourcis, l'objectif de l'étude d'éjection de grappe était de se rapprocher au plus près du bilan de marges qui sera établi au titre de l'étude PCC4 du RPS (§15.2.4e) réalisée sur la période 2008-2009, afin de confirmer les grandes hypothèses à retenir pour les études d'accident.

En particulier, la méthodologie utilisée visait à être au plus près de la méthodologie en cours de rénovation et dont la finalisation du développement s'est déroulée en parallèle de la réalisation de l'étude.

Les données d'entrée relatives aux systèmes EPR les plus finalisées ont été retenues (celles liées au mode de pilotage en particulier : Insertions Limites des groupes et alternances).

Les différents modes de fonctionnement envisagés pour FA3 (Suivi de charge, télé réglage, Fonctionnement Prolongé à Puissance Réduite, stretch) ainsi que le phénomène physique du déséquilibre azimutal de puissance (tilt) ont été couverts par la prise en compte de pénalités conformément à la démarche qui devra être retenue pour FA3.

Le combustible utilisé est l'HTP avec la corrélation de flux critique FC-HTP en cours de finalisation.

L'ensemble de ces points, impactant potentiellement les résultats au 1<sup>er</sup> ordre, se situant en écart par rapport à l'étude du PSAR 2006 (méthode couplée non applicable pour le RPS, pas de prise en compte de pénalités, IL très préliminaires, pas d'étude haut burnup...), les résultats de cette dernière étude (respect des critères avec des marges réduites en particulier en RFTC) ne permettraient pas d'établir un bilan suffisamment représentatif vis-à-vis du RPS FA3.

### 3. CRITERES DE SURETE

Le critère analytique RIA étant envisagé pour EPR et en cours d'instruction par l'ASN, les résultats ont été comparés à ce dernier (critère en enthalpie max fonction de l'épuisement, soit  $H_{max} = 200 \text{ cal/g}$  jusqu'à  $25 \text{ GWj/t}$  et diminuant jusqu'à environ  $120 \text{ cal/g}$  au-delà de  $45 \text{ GWj/t}$ , cf figure 1), ainsi qu'aux critères actuels relatifs au point chaud et aux assemblages à haut burnup (critères empiriques)

Au point chaud

- Nombre de crayons en crise d'ébullition (NCE) < 10%
- Fusion du combustible < 10% au point chaud ( $T^{\circ}$  fusion  $\sim 2800^{\circ}\text{C}$ )
- Enthalpie déposée dans la pastille <  $200 \text{ cal/g}$
- $T^{\circ}$ gaine <  $1482^{\circ}\text{C}$

Pour les assemblages haut burnup ( $\text{BU} > 47 \text{ GWj/t}$ )

- Dépôt d'enthalpie dans la pastille <  $57 \text{ cal/g}$
- $T^{\circ}$ gaine <  $700^{\circ}\text{C}$
- Largeur de pulse à mi-hauteur <  $30 \text{ ms}$

## 4. DEROULEMENT DE L'ETUDE

### 4.1 Données d'entrée initiales

L'étude a été enclenchée fin décembre 2005 par le calcul des données neutroniques d'éjection de grappe

Ces données couvraient 9 des 13 cycles de la gestion prévisionnelle, les épuisements DVX et FDV (épuisement MDV, voire 85%FDV étudiés en général dans les études définitives), et les 5 niveaux de puissance 0%, 20%, 40%, 70% et 100%PN (tous les 10%PN en études définitives). La distribution de puissance en situation initiale couvrait une distribution de xénon en bas du cœur conduisant à un  $\Delta I = +18\%$  (limite droite envisagée pour FA3), ainsi que la distribution de xénon d'équilibre

Les hypothèses d'insertion initiale des groupes reposaient sur les Insertions Limites relatives au mode de pilotage redéfinies en février 2006 suivant l'état de finalisation de ce dernier (prise en compte de l'écartement fixe entre groupes de 205 pas et IL permettant de couvrir l'ensemble des besoins du pilotage pour différentes gestions du combustible c'est-à-dire enveloppes vis-à-vis de la 1<sup>ère</sup> gestion FA3) Les 4 séquences de pilotage (alternance tous les 15 jours des grappes dans la composition des groupes de pilotage) étaient couvertes

### 4.2 1ers résultats relatifs aux hypothèses initiales

Les calculs relatifs aux hypothèses définies ci-dessus ont été réalisés durant le 1<sup>er</sup> semestre 2006 et ont conduit à des résultats jugés particulièrement pénalisants (réf [2] et [3]). La poursuite normale de l'étude a été interrompue durant l'été 2006 pour réaliser quelques calculs exploratoires afin de juger si le respect des critères de sûreté pourrait être atteignable ou s'il convenait de réorienter l'étude

Des dépassements très importants du critère de 10% de crayons entrant en crise d'ébullition (plus de 40%NCE sur 1 cas à 70%PN) ont conduit dès juillet 2006 à rechercher des voies d'amélioration entre AREVA et EDF avant de reprendre l'étude

### 4.3 1ères voies d'amélioration analysées

Les voies d'amélioration suivantes ont été identifiées et analysées durant l'été 2006

#### A. Modification des données d'entrée de l'étude :

- **Réduction de la limite droite** du domaine de fonctionnement (de  $\Delta I = +18\%$  à  $+12\%$ ) le gain associé à cette modification d'hypothèse a été jugé relativement faible d'une part, d'autre part l'analyse des besoins réels en limite droite a montré qu'une réduction de cette valeur pourrait s'avérer pénalisante en exploitation en FDC et lors de l'entrée en stretch **Cette voie n'a pas été retenue pour la poursuite de l'étude.**
- **Redéfinir les Insertions Limites** au plus strict des besoins d'exploitation pour la 1<sup>ère</sup> gestion ce travail a permis de définir des IL remontées de manière conséquente par rapport aux données initiales (ordre de grandeur : 100 pas, pour une insertion totale correspondant à 411 pas), conduisant à améliorer de manière

importante les données neutroniques d'éjection (entre quelques dizaines de pcm et plus d'une centaine de pcm suivant les niveaux de puissance) **Le relèvement des IL a été retenu pour la poursuite de l'étude.**

#### **B. Particulariser les cycles et alternances les plus pénalisantes**

Le cycle P1 et l'alternance 1 présentaient des résultats particulièrement pénalisants par rapport aux autres cycles. Des Insertions Limites spécifiques pour le 1<sup>er</sup> cycle plus hautes que celles redéfinies pour l'ensemble de la gestion (cf ci-dessus) ont pu être définies permettant d'améliorer les résultats pour ce cycle particulier. Par ailleurs, la possibilité de ne considérer en exploitation que 3 alternances pour le cycle P1 (hors alternance 1) a été confirmée par AREVA. **Ces deux voies ont été retenues vis-à-vis du cycle P1 pour la suite de l'étude.** Enfin, les cycles de flexibilités (P51 et P52) initialement intégrés à la gestion, ont été exclus de la suite de l'étude car jugés trop pénalisants.

#### **C. Faire évoluer la méthode d'étude en cours de rénovation :**

La rénovation de la méthode ayant déjà visé à améliorer la robustesse de la méthode 3D cinétique actuelle en apportant les éléments de justification demandés par l'ASN dans le cadre des instructions Parité MOX puis ALCADE, tout en réduisant les conservatismes, **aucune autre voie génératrice de gains conséquents, acceptable par l'ASN et accessible à l'échéance du RPS n'a été identifiée à ce stade.**

### **4.4 Reprise de l'étude avec des IL relevées**

La reprise des calculs de données neutroniques en éjection avec des IL relevées comme indiqué ci-dessus est engagée par AREVA pour les cycles les plus limitatifs en 09/2006 (sans impact contractuel).

Les résultats présentent des gains importants sur les données neutroniques pour éjection calculées et particulièrement pour le cycle 1 pour lequel les IL ont été plus remontées et l'alternance 1 supprimée (jusqu'à plusieurs centaines de pcm suivant le niveau de puissance initiale) (réf [4]).

Des incertitudes pénalités et provisions sont définies pour la réalisation des transitoires 3D cinétiques (cf tableau 1). A noter que les valeurs qui seront utilisées pour l'étude définitive du RPS reposeront sur les calculs réalisés avec les modèles simulant ces phénomènes (tilt, SCTR, FPPR). Les valeurs retenues ici sont établies à partir du REX Alcade et Galice et sont par conséquent préliminaires, mais jugées par AREVA et EDF comme plutôt modérées. Elles permettent juste de respecter le critère de largeur de pulse de 20ms (valeur envisagée pour EPR, le critère actuel étant plus restrictif à 30ms).

En outre, il convient de noter que ces études n'ont pas pu prendre en considération la modification envisagée de la conception des grappes qui devrait conduire à pénaliser encore les données d'éjection (jusqu'à 10% sur le  $\Delta p$  et 3 à 5% sur les facteurs de point chaud). Enfin, AREVA a très récemment proposé de couvrir le risque de futurs écarts calcul / mesure lors du démarrage liés à la prise en compte d'un réflecteur lourd sur EPR, par la prise en compte dans les études du RPS d'une pénalité supplémentaire spécifique de l'ordre de 5% sur le  $\Delta p$  et 3% sur les facteurs de point chaud.

Sur la base de ces données, 17 transitoires 3D cinétique sont simulés, couvrant les 2 épuisements et les différents niveaux de puissance afin de comparer les résultats aux critères de sûreté (cf. tableau 2)

Les résultats transmis dernièrement (réf [5] et [6]) par AREVA portent sur les 6 transitoires DVX et 2 transitoires FDV (cf tableau 3) **Ils présentent un dépassement du critère de nombre de crayons en crise d'ébullition (NCE) sur tous les cas à l'exception de celui initié à 0%PN. Ces dépassements s'avèrent en général très significatifs (environ 20%NCE en DVX et 30%NCE en FDV). Les critères relatifs aux assemblages haut burnup sont respectés sur les cas analysés (mais la plupart des cas en FDV restent à réaliser).**

Une étude réalisée avec les outils de calcul EDF a par ailleurs été menée au SEPTEN (ref [7]) Cette étude a permis de confirmer les résultats obtenus par AREVA (faibles écarts AREVA / EDF) mais fait apparaître quelques dépassements de critère limités pour des assemblages haut burnup

## 5. Origine des difficultés en éjection de grappe

L'analyse des difficultés rencontrées en éjection de grappe pour l'EPR indique que celles-ci trouvent leur origine dans des Insertions Limites des groupes de pilotage très profondes dès les forts niveaux de puissance associées à une efficacité des grappes importante (grappes noires uniquement). Ces IL profondes sont par ailleurs associées au principe même du mode de pilotage T envisagé pour EPR qui permet de maintenir la capacité de Retour Instantané en Puissance (RIP) par les grappes quel que soit le niveau de puissance

Indépendamment des bénéfices du mode de pilotage sur la souplesse d'exploitation, cette exigence de manœuvrabilité associée à des actionneurs en grappes noires s'avère particulièrement pénalisante vis-à-vis de l'étude de l'accident d'éjection de grappe.

A titre de comparaison avec les 2 modes de pilotages actuellement utilisés sur le parc

- Le mode A qui ne dispose que de grappes noires ne permet pas le RIP par les grappes (évolutions de puissance compensées par borication / dilution), et ne permet pas l'insertion des groupes profondément dans le cœur,
- Le mode G permet la reprise du défaut de puissance par les grappes, mais utilise des grappes grises (insertion des groupes G1 puis G2 avant d'insérer le groupe noir N1)

Par ailleurs, la présence de grappes noires associée au mode T conduit à la mise en œuvre du concept d'alternances afin de réduire les sous-épuisements locaux et de répartir le nombre de pas réalisés par les mécanismes de grappes sur les différents sous-groupes. Outre une complexification de l'étude et une augmentation conséquente des volumes de calculs, ceci ne permet pas de prendre en compte dès la conception des plans de chargement ménageant des positions protégées sous grappe.

Cette analyse est globalement partagée entre EDF et AREVA

A noter qu'AREVA ne semble pas rencontrer de telles difficultés dans le cadre des études réalisées pour OL3, en l'état actuel de leur avancement. L'absence de prise en compte de pénalités, le recours à une méthodologie d'étude moins pénalisante, et l'absence d'étude haut burnup semble en être les explications principales (étude type PSAR réalisée) ; toutes hypothèses non reproductibles dans le contexte français

## 6. Nouvelles voies d'amélioration

Face aux difficultés rencontrées, et au-delà des réflexions rappelées au §3.3, la recherche de nouvelles voies d'amélioration de l'accident d'éjection de grappe est engagée par EDF et AREVA

### 6.1.1 Abandon du combustible HTP au profit de l'AFA3G

Les performances thermohydrauliques du combustible AFA3G étant a priori meilleures que celles de l'HTP, certains cas ont été repris avec cette hypothèse et la corrélation de flux critique FC2002 (cette hypothèse sera abordée dans sa globalité lors de la revue de fin mars 2007) Les gains associés à cette modification bien que réels (de l'ordre de 1 à 3%NCE selon des premiers calculs AREVA) ne permettent toutefois pas de se rapprocher notablement du critère 10%NCE

Ceci est confirmé par l'étude réalisée au SEPTEN (ref [7]), qui avec cette hypothèse présente des résultats de 20% à 25%NCE pour les cas initiés en FDV entre 100% et 40%PN et de 12%NCE à 20%PN. Seuls les cas à 0%PN respectent le critère

**Cette modification, si elle améliore le bilan des marges en RFTC apparaît comme insuffisante à elle seule.**

### 6.1.2 Prise en compte de combustible avec des Grilles Intermédiaires de Mélange

Indépendamment de la faisabilité de l'intégration de ce type de combustible compte tenu de l'augmentation des pertes de charges et de l'impact sur les forces d'envol (ce qui exclu a priori la possibilité de recourir à du combustible HTP+GIM), le gain sur les résultats de NCE associé à l'amélioration du mélange grâce aux GIM pour du combustible AFA3G a été exploré au SEPTEN (réf [7]) Le gain serait inférieur à 5%NCE et ramènerait les résultats à environ 15% à 20%NCE entre 100% et 40%PN et de 11%NCE à 20%PN

La prise en compte de combustible AFA3G+GIM ne permettrait donc pas à elle seule d'améliorer suffisamment la situation, et poserait par ailleurs de nombreuses difficultés à instruire : suffisance et représentativité de la base d'essais de flux critique, capacité du système de surveillance/protection en ligne à bien rendre les performances du combustible, problématiques liées à l'augmentation des pertes de charge

**Le gain associé à ce choix, dont la faisabilité n'est pas acquise, apparaît comme modeste en face des difficultés qu'il pose. Il ne semble pas privilégié par AREVA.**

### 6.1.3 Réduction des pénalités

Le niveau des pénalités retenues est défini à partir du REX des études Galice Alcade (voir §3.4) et présentées au tableau 2 La possibilité de réduire les valeurs des pénalités (tilt, FPPR et SCTR) via la réalisation des transitoires directement sur les modèles pénalisés, voire sur des modèles couplés SCTR+FPPR pourrait être envisagée (point évoqué en réunion méthodes pour le RPS du 29/01/2007, CRR à paraître )

Une telle approche, outre les éventuelles difficultés d'instruction de l'étude générique, induirait des difficultés pour définir et justifier vis-à-vis de l'ASN des pénalités applicables aux études de vérifications en recharge Enfin, le gain associé à une telle démarche apparaît

potentiellement limité et difficilement quantifiable, en particulier compte tenu du niveau jugé comme déjà relativement faible des pénalités forfaitaires retenues dans cette étude de faisabilité, et des possibles pénalités supplémentaires liées à la modification de la conception des grappes et à la couverture du risque d'écart calculs / mesures associés au réflecteur lourd.

**Il semble par conséquent difficile de compter sur un gain notable sur ce poste qui dans tous les cas ne pourrait pas être à la mesure des dépassements de critères. L'instruction de cette voie sera toutefois poursuivie.**

#### 6.1.4 Contraintes d'exploitation

Au-delà de la seule réduction du domaine d'exploitation en  $\Delta I$  évoquée au §3.3, la prise en compte de contraintes d'exploitation fortes (type absence de fonctionnement en suivi de réseau par exemple) permettrait de réduire les pénalités associées à ce type de fonctionnement, ainsi que de remonter encore les Insertions Limitées des groupes

**Ce type de contraintes d'exploitation très fortes, en écart avec le CSCT EPR, ne pourrait toutefois être envisagée que de manière temporaire dans le meilleur des cas, le temps de faire accepter une voie de résolution pérenne.**

#### 6.1.5 Passage au critère analytique RIA

La possibilité de remplacer l'ensemble des critères de sûreté empiriques actuellement applicables en éjection de grappe (y compris haut burnup) par un critère analytique en enthalpie fonction de l'épuisement couvrant l'ensemble des burnup (y compris les BU intermédiaires) est envisagée selon une approche initiée aux USA par l'EPR1

Cette démarche, si elle devait aller à son terme favorablement, permettrait de supprimer les critères de découplage relatifs au nombre de crayons en crise d'ébullition ainsi que le critère de T°gaine pour les assemblages haut burnup dans la mesure où la démonstration aura été apportée de l'absence de rupture des crayons en RIA même en cas de crise d'ébullition dès lors que le critère analytique serait respecté (ce qui semble être le cas pour l'étude d'éjection FA3 en question, à confirmer pour les BU intermédiaires en cours d'analyse).

Cette voie reste toutefois conditionnée à la capacité de l'ASN à instruire le dossier relatif à ce nouveau critère RIA (l'ASN ayant fait connaître son intention de ne pas instruire ce point à court terme).

Par ailleurs, bien que reposant sur un dossier jugé techniquement robuste (en cours de finalisation), **le risque de ne pas voir une telle instruction aboutir favorablement, et suivant le planning associé à la réalisation des études du RPS EPR, peut être considéré comme très élevé**. Une telle hypothèse constituerait un risque projet fort

Il convient enfin de souligner qu'une telle évolution, envisagée aux USA initialement, n'a finalement pas été menée à son terme, le critère en NCE demeurant notamment maintenu

**Bien que permettant de régler le problème, cette voie de résolution de la difficulté apparaît comporter un risque projet excessif pour être envisagée seule.**

#### 6.1.6 Autre voie : modification du mode de pilotage

L'origine des difficultés rencontrées en éjection de grappe étant essentiellement liée au mode de pilotage envisagé pour EPR et plus précisément dans l'exigence de maintien de la

capacité de Retour Instantané en Puissance par des grappes noires, la voie ultime d'amélioration de l'étude d'accident réside dans la modification de celui-ci

En réponse à la sollicitation EDF (réf [8]), AREVA indique que des modifications à la marge du mode de pilotage (du type réglage de paramètres comme le recouvrement) ne leur semblent pas de nature à permettre une amélioration suffisante. Le SEPTEN partage cette position. Des évolutions plus lourdes apparaissent comme les seules voies envisageables.

En première analyse, deux grandes voies se détachent

- Remplacement de grappes noires par des grappes grises (type mode G du parc), permettant éventuellement de préserver la logique et les spécificités du mode de pilotage EPR (maintien du RIP par les grappes, contrôle de l'AO par le mini groupe lourd noir, automate de borication / dilution pour contrôler la position des groupes ) ; voire retour au mode G. Cette voie pourrait être complétée d'une optimisation voire suppression des alternances.
- Maintien d'un seul type de grappes (noires), mais renoncement à maintenir le RIP par les grappes, voire retour au mode A.

L'une et l'autre de ces solutions, nécessiteraient de reprendre les études de conception du mode de pilotage afin de confirmer sa faisabilité, compte tenu également des spécificités EPR par rapport au parc (vitesse des grappes environ deux fois moins élevée sur EPR que sur le parc en particulier). L'impact sur le planning des études et du contrôle commande resterait à déterminer.

**AREVA vient d'engager, à la demande d'EDF, des premières réflexions en ce sens.**

## 7. Conclusion et proposition de plan d'action à court terme

L'étude de faisabilité de l'accident d'éjection de grappe réalisée par AREVA pour la 1<sup>ère</sup> gestion du combustible FA3, bien que non exhaustive, montre des dépassements très significatifs des critères (essentiellement celui portant sur le nombre de crayons en crise d'ébullition). Ces résultats se confirment malgré une remontée des Insertions Limites au plus près des besoins du mode de pilotage en exploitation

Les différentes voies de résolution mises en évidence peuvent être résumées ainsi :

- Voie 1 : Cumuler l'ensemble des sources de gain les plus facilement accessibles, qui bien qu'insuffisantes une à une, pourraient permettre de se rapprocher des critères actuels**, pour mémoire : retour au combustible AFA3GLr éventuellement avec GIM, réduction des pénalités, réduction limitée du domaine d'exploitation, compléments à la marge de la rénovation de la méthode d'étude, évolution à la marge du mode de pilotage
- Voie 2 : Remplacer les critères actuels par le critère analytique RIA. Compte tenu des risques licensing associés, cette voie devrait s'accompagner de la préparation d'un dossier défensif montrant le respect des critères actuels moyennant la prise en compte de contraintes d'exploitation éventuellement applicables le temps de faire aboutir le dossier auprès de l'ASN.**
- Voie 3 : Faire évoluer en profondeur le mode de pilotage EPR dans le sens d'assurer l'issue favorable de l'étude d'éjection avec les critères actuels.**

### PLAN D'ACTION :

**Voie 1 :** Compte tenu de l'ampleur des dépassements de critère, les chances de succès de la voie 1 nous apparaissent très limitées, et leur évaluation poste à poste présente de trop nombreuses sources d'incertitude pour espérer être en mesure de conclure de façon suffisamment robuste à court ou moyen terme. Cette démarche apparaît par ailleurs comme dangereuse au titre d'une première gestion vouée à laisser place à une augmentation de puissance à terme. **Afin de concentrer les moyens sur les autres voies, nous proposons de ne pas pousser plus loin l'instruction de cette voie pour la revue de fin mars 2007** (ce qui n'implique pas l'abandon des gains les plus accessibles pour les études du RPS)

**Même si le risque licensing attaché à la voie 2 apparaît aujourd'hui extrêmement élevé, pour une instruction par ailleurs en ligne sur la réalisation des études du RPS, nous proposons d'engager avec AREVA le plan d'action suivant relatif aux voies de résolution 2 et 3 en vue de permettre une prise de décision / orientation lors de la revue de fin mars 2007. :**

- Voie 2 :**
- Préparation d'un point détaillé de l'avancement du dossier critère analytique, présentant une analyse de risque licensing associée ainsi que la possibilité d'envisager une voie intermédiaire, et la stratégie d'approche de l'ASN proposée
  - Définition du périmètre du dossier défensif à réaliser et première analyse des contraintes d'exploitation potentiellement associées
  - Validation de sa faisabilité suivant les contraintes de planning du projet

- Voie 3 :**
- Analyse des voies de modifications profondes envisageables
  - Définition du programme de travail à réaliser en vue de confirmer la voie retenue, vis-à-vis de l'éjection de grappe, des situations accidentelles hors éjection de grappe et des situations d'exploitation
  - Analyse de l'impact éventuel associé à cette évolution, sur le planning des études d'accidents et du contrôle commande

TABLEAU 1 : Valeurs des incertitudes, Pénalités et provisions en DVX

	Incertitudes	Provisions	Pénalités
CR doppler	20%	10%	-
CR modérateur	3 6 pcm/°C	5%	-
$\beta_{eff}$	5%	3%	-
$I^*$	-	-	-
$\Delta p$	10%	10%	23% DVX 27% FDV
FQ	12 5%	15%	25% DVX 20% FDV
F $\Delta$ H	9.3%	10%	17%

**TABLEAU 2 : Cas d'éjection de grappe simulés****Transitoires sélectionnés en DVX**

N°	%PN	$\Delta\rho(\text{pcm})$	cycle	grappe	groupe (alternance)	FQ Point chaud		FΔH
1	100%	133	A4	L 03	P1 (alt 4)	4 99	L 02	2 76
2	100%	124	P2	L 03	P1 (alt. 4)	5 20	L 02	2 88
3	70%	288	A4	L 03	P1 (alt 4)	7 47	L 02	4 10
4	40%	454	A4	L 03	P1 (alt. 4)	12 20	L 02	5 39
5	20%	546	A4	R 07	P3 (alt 4)	21 46	S 08	7 24
6	0%	470	A4	R 07	P3 (alt. 4)	21 88	S 08	7.28

**Transitoires sélectionnés en FDV**

N°	%PN	$\Delta\rho(\text{pcm})$	cycle	grappe	groupe (alternance)	FQ Point chaud		FΔH
7	100%	178	P1	R 07	P1 (alt 2)	5 81	S 06	2 71
8	100%	173	P'	L 03	P1 (alt 4)	5 00	L 02	2.71
9	70%	301	P'	L 03	P1 (alt 4)	7 31	L 02	3 73
10	70%	275	P'	L 03	P1 (alt 4)	7 54	L 02	3 35
11	40%	472	P'	L 03	P1 (alt 4)	14 38	L 02	5 00
12	40%	454	N	L 03	P1 (alt. 4)	14 34	M 03	4 75
13	40%	452	P'	L 03	P1 (alt 4)	12 20	L 02	5.53
14	20%	589	P1	N 03	P3 (alt 3)	23 74	P 03	7.52
15	20%	504	P'	R 07	P3 (alt. 4)	23 10	S 07	6.27
16	0%	583	P1	N 03	P3 (alt 3)	32 67	P 03	8 43
17	0%	379	A4	R 07	P3 (alt 4)	23 36	S 08	5 54

TABLEAU 3 : Résultats AREVA disponibles

DVX N°	P init (%PN)	Cycle	%NCE (critère 10%)	T° comb max (°C) (T°fusion = 2800°)	Enthalpie max (cal/g) (critère 200cal/g)	T° gain max (°C) (critère 1482°)
1	100%	A4	20,8%	2100	114,9	988
2	100%	P2	20,6%	2044	109,9	950
3	70%	A4	19,0%	2331	134,0	1115
4	40%	A4	19,1%	2779	183,0	1458
5	20%	A4	18,5%	2403	146,0	1151
6	0%	A4	1,1%	1203	76,3	745

			Point Chaud				Haut Burnup		
FDV N°	P init (%PN)	Cycle	%NCE (critère 10%)	T° comb max (°C) (T°fusion = 2800°)	Enthalpie max (cal/g) (critère 200cal/g)	T° gain max (°C) (critère 1482°)	Enthalpie max (cal/g) (critère analit RIA ~120cal/g)	ΔEnthalpie max (cal/g) (critère 57cal/g)	T° gain max (°C) (critère 700°)
8	100%	P'	26,7%	1955	105,9	930	96,1	17,6	687
13	40%	P'	29,6%	1843	106,0	939	89,0	30,5	662

FIGURE 1 : Critère analytique RIA

