



Diffusé le : Voir code barres ci-dessus

Entité émettrice: PR/NA

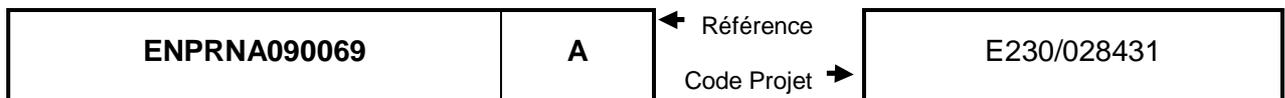
Rédacteur : R. VIDAL

Nbre de pages : 29

Domaine d'application : EPR FA3

Nbre d'annexes :

Titre : **Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives**



Type de document : **Note**

Mots clés : EPR, FA3, EDG, DNS, bilan

**Résumé** : Ce document (livrable SEPTEN 2009) réalise une synthèse d'avancement de l'étude d'EDG EPR et des choix retenus en amont de la réalisation des transitoires de référence sur lesquels le bilan des marges définitif sera réalisé. Les perspectives pour cette deuxième phase sont aussi présentées ainsi que des propositions pour définir les provisions et améliorer le dimensionnement des protections.

**Diffusion** : Par bordereau.

| Rédacteur                     |      | Vérificateur                |      | Approbateur                        |   |
|-------------------------------|------|-----------------------------|------|------------------------------------|---|
| Nom-Date                      | Visa | Nom-Date                    | Visa | Nom-Date                           | Visa  |
| <b>R. VIDAL</b><br>23/04/2009 |      | <b>P. Rué</b><br>27/04/2009 |      | <b>JL. VAUDESCAL</b><br>05/05/2009 |  |

**Evolutions des trois derniers indices**

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

Dossier : oui

Prédiffusion effectuée : OUI

|  |   |                    |
|--|---|--------------------|
| Archivage long :                                   | Archivé au FDU : OUI  | Copyright EDF 2009 |
| Livrable principal :                               |   |                    |
| <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

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

**SYNTHÈSE**

L'étude d'éjection de grappe pour l'EPR FA3 réalisée par AREVA est suffisamment avancée pour qu'il soit intéressant de faire une synthèse des éléments actuels. Par ailleurs ce document constitue un livrable SEPTEN 2009 pour PR/NA (PMP et PRL en cours de diffusion).

La phase préliminaire comportait essentiellement des sensibilités réalisées, en 3D cinétique simplifiée (3DS), sur un panel représentatif de cas d'éjection (environ 700) et en allant jusqu'au calcul des paramètres limitatifs (NCE, Hmax et température de gaine point chaud,  $\Delta H$  et température de gaine HBU).

**Ces sensibilités dont le but est de déterminer les conditions les plus pénalisantes dans lesquelles seront calculées les données neutroniques spécifiques (DNS :  $\Delta\rho$ , FQ, F $\Delta$ H) conduit à retenir les conditions suivantes :**

- **Le fonctionnement en SCTR, globalement plus pénalisant que celui en base, sera pris en compte de manière explicite afin d'éviter des pénalités**
- **Le  $\Delta I$  +12%, bord droit en cycle naturel, est retenu en condition initiale**
- **Le dernier pas de stretch est le plus pénalisant. Dans la mesure où le stretch sera couvert par un relèvement des insertions limites de manière à ce qu'il ne soit pas plus pénalisant que la FDV, c'est entre le burnup FDV et s8 (FDS) que la comparaison sera réalisée.**

**Suite à ces sensibilités AREVA est en train de calculer les DNS dans les conditions pénalisantes précédemment définies (15000 configurations en tout, seule la FDV est actuellement achevée). Afin de ne pas passer en 3DS, lors de la phase de sélection des cas pénalisants, un volume inutile de cas peu pénalisants, AREVA réalise une présélection sur la base des DNS, afin de ne retenir pour chaque cycle, BU et niveau de puissance, que les configurations les plus pénalisantes. Cette démarche est tout à fait justifiée et son mode de construction adapté, elle est donc satisfaisante pour la recherche des cas pénalisants (sur un panel de 800 cas environ).**

En parallèle AREVA détermine les différentes pénalités à appliquer lors des transitoires :

- Pénalité sur le FQ initial entre 5 et 10%
- Pénalité FPPR et tilt, calculs en cours

**Une fois ces dernières déterminées, AREVA réalisera la sélection des cas pénalisants en 3DS avec incertitudes et pénalités mais sans provisions. En effet seule la hiérarchisation compte et par ailleurs cela permet d'obtenir un bilan des marges physiques du cœur. A ce stade là AREVA retiendra une trentaine de cas pénalisants pour vérifier le respect des critères de sûreté en 3Dréf. Parallèlement EDF devra avoir défini des provisions pour écarts de chaînes et aléas de gestions.**

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

**A ce stade seules les premières sont définies. Pour les secondes deux stratégies sont envisageables selon les objectifs du projet :**

- **Maximiser les marges aux critères dans le RdS** (provisions faibles voire nulles conduisant à recourir systématiquement au 3DS en recharge comme c'est rendu possible par la méthode renouvelée d'EDG)
- **Maximiser les marges d'exploitation, d'évolution et minimiser voire éviter des calculs 3D cinétiques simplifiés en recharge** (provisions plus élevées conduisant à être raisonnablement proche des critères en étude générique et à avoir des marges en étude de recharge)

Notre préférence va à la deuxième stratégie qui maximise les marges d'exploitation, cet avis est partagé par le chef de projet qui rappelle que cela correspond à la stratégie retenue pour ALCADE.

Quelque soit le montant des provisions, **nous préconisons de profiter de la rapidité des calculs 3DS afin de réaliser, sur les cas limitatifs identifiés en 3DS, leur re-calcul avec des provisions cette fois et disposer ainsi d'un premier bilan des marges. Cette démarche permettrait de sécuriser le planning et le bilan des marges EPR, en validant les provisions au préalable des calculs de référence.**

**Concernant l'étude d'EDG FA3, les points précédents permettent d'estimer que l'avancement de l'étude est satisfaisant, que les spécificités de la méthode renouvelée d'EDG et de la première gestion FA3 sont bien prises en compte, le tout dans une démarche de non sur-pénalisation de l'étude.**

Un point associé à ce dossier reste par contre à initier : il s'agit de la problématique des cas d'éjection sans AAR. Actuellement l'étude d'EDG ne comporte aucun volet concernant l'étude de la détection des cas d'éjection, et de manière plus générale aucun dossier concernant le dimensionnement des protections EPR ne semble prévu. **Nous recommandons, avec l'appui du chef de projet EPR SEPTEN, d'éclaircir le sujet en concertation avec AREVA avant de proposer un cahier des charges détaillant le besoin technique sur ces points. Celui-ci sera alors relayé par le projet afin d'obtenir une proposition de la part d'AREVA.**

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

**SOMMAIRE**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. <u>REFERENCES</u></b>   | <b>6</b>  |
| <b>2. <u>INTRODUCTION</u></b>   | <b>8</b>  |
| 2.1 CONTEXTE  | 8         |
| 2.2 DEMARCHE  | 8         |
| <b>3. <u>LISTE DES DOCUMENTS PRODUITS</u></b>   | <b>9</b>  |
| <b>4. <u>PERIMETRE DE L'ETUDE D'EDG</u></b>   | <b>10</b> |
| <b>5. <u>SENSIBILITES PRELIMINAIRES AU CALCUL DES DONNEES NEUTRONIQUES</u></b>        | <b>13</b> |
| 5.1 CHOIX DU MODELE D'EPUISEMENT BASE / SCTR  | 13        |
| 5.2 CHOIX DU DI PENALISANT  | 15        |
| 5.3 COUVERTURE DU FONCTIONNEMENT EN STRETCH   | 16        |
| 5.4 DIMENSIONNEMENT DES PENALITES FQI, FPPR, TILT, SCTR                               | 17        |
| <b>6. <u>CALCULS DES DONNEES NEUTRONIQUES SPECIFIQUES EDG</u></b>                     | <b>18</b> |
| 6.1 DNS   | 18        |
| 6.2 PRESELECTION DES CAS PENALISANTS  | 18        |
| <b>7. <u>BILAN DE LA PHASE DE SENSIBILITES PRELIMINAIRES ET DE CALCUL DES DNS</u></b> | <b>19</b> |
| <b>8. <u>ETAPES SUIVANTES ET PERSPECTIVES</u></b>                                     | <b>20</b> |
| 8.1 SELECTION DES CAS PENALISANTS EN 3DS PUIS VERIFICATION DES CRITERES EN 3DREF      | 20        |
| 8.2 PROVISIONS ET PROPOSITION D'UNE METHODE POUR LES DEFINIR                          | 21        |
| 8.2.1 STRATEGIE 1 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS  | 22        |
| 8.2.2 STRATEGIE 2 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS  | 24        |
| 8.2.3 SYNTHESE DES DEUX STRATEGIES (FIGURE 5)   | 24        |
| 8.3 SECURISATION DU PLANNING ET DU BILAN DES MARGES D'EDG SUR FA3                     | 26        |
| <b>9. <u>TRANSITOIRES D'EDG SANS AAR</u></b>  | <b>27</b> |

Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

**10. CONCLUSION**

**28**

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

**1. Références**

[1] EPR FA3 Première gestion du combustible – Cycles principaux et complémentaires

AREVA Note NEPCFDC110 C

[2] EPR FA3 First fuel management – Neutronic data

AREVA Note NEPCFDC161 B

[3] Enclenchement des calculs de DNS

AREVA Courrier RFP 41917 REC

[4] Remarques PR/NA sur l'enclenchement

EDF FDC ENPRNA080084

[5] Remarques EDF sur l'enclenchement

EDF Courrier REN 40052 RFP

[6] Réponses AREVA sur les remarques EDF sur l'enclenchement

AREVA Courrier RFP 42931 REC

[7] Courrier n°1 : sensibilité base / SCTR

AREVA Courrier RFP 43459 REC

[8] Remarques PR/NA sur le courrier n°1

EDF FDC ENPRNA080219

[9] Remarques EDF sur le courrier n°1

EDF Courrier REN 40116 RFP

[10] Réponses AREVA sur les remarques EDF sur le courrier n°1

AREVA Courrier RFP 44942 REC

[11] Courrier n°2 : sensibilité au DI et au stretch

AREVA Courrier RFP 44149 REC

[12] Remarques PR/NA sur le courrier n°2

EDF FDC ENPRNA080270

[13] Remarques EDF sur le courrier n°2

EDF Courrier REN 40129 RFP

[14] Réponses AREVA sur les remarques EDF sur le courrier n°2

AREVA Courrier RFP 45253 REC

[15] Courrier n°3 : Données neutroniques FDV

AREVA Courrier RFP 45249 REC

[16] Remarques PR/NA sur le courrier n°3

EDF FDC ENPRNA090063

[17] Enclenchement des calculs de la sélection des cas pénalisants et de la vérification des critères de sûreté

| EDF<br>SEPTEN  | Note<br>ENPRNA090069 | Indice<br>A | Page<br>7/29 |
|--|----------------------|-------------|--------------|
| Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives  |                      |             |              |
| <p data-bbox="260 300 788 331">AREVA      Courrier RFP 45250 REC</p> <p data-bbox="223 349 823 380"><b>[18]</b> Remarques PR/NA sur l'enclenchement</p> <p data-bbox="260 398 647 430">EDF    FDC ENPRNA090064</p><br><p data-bbox="223 600 1007 631"><b>[19]</b> Gestion du combustible pour la tête de série EPR FA3</p> <p data-bbox="260 649 963 680">A GORINI – N. VALETTE    Note ENPRNC080070 A</p> <p data-bbox="223 698 976 730"><b>[20]</b> Procédure d'utilisation de COCCINELLE pour l'EPR</p> <p data-bbox="260 748 772 779">N. VALETTE    Note ENPRNC050169 B</p> <p data-bbox="223 797 847 828"><b>[21]</b> FME du code COCCINELLE version 3.7.1</p> <p data-bbox="260 846 772 878">T. FREUDE    Note ENPRNC070124 A</p> <p data-bbox="223 896 1414 927"><b>[22]</b> Bibliothèques neutroniques des assemblages UO2 pour la nouvelle gestion EPR FA3</p> <p data-bbox="260 945 740 976">T FREUDE    FDC ENPRNC070191</p> <p data-bbox="223 994 1295 1025"><b>[23]</b> EPR FA3 – Premières données neutroniques spécifiques à l'accident d'EDG</p> <p data-bbox="260 1043 740 1075">R. VIDAL      FDC ENPRNA080163</p> <p data-bbox="223 1093 1445 1160"><b>[24]</b> Position de la division PR sur l'intérêt de la gestion de repli en vu du CS EPR du 05/09/08</p> <p data-bbox="260 1178 772 1209">P. RUE        Note ENPRNA080168 A</p> <p data-bbox="223 1227 1031 1258"><b>[25]</b> Gestion combustible « optimisée » EPR-FA3 à 52 GWj/t</p> <p data-bbox="260 1276 868 1308">E. MURY/R. VIDAL    Note ENPRNC080165 A</p> <p data-bbox="223 1326 1110 1357"><b>[26]</b> Compte rendu de la RT du 19/12/2006 (transitoires sans AAR)</p> <p data-bbox="260 1375 756 1406">EDF            Note ENDAM070110 A</p> <p data-bbox="223 1424 1015 1456"><b>[27]</b> Compte rendu de réunion – EPR FA3 réunion d'équipe</p> <p data-bbox="260 1473 740 1505">EDF            Note ENDPJC090015</p> <p data-bbox="223 1523 900 1554"><b>[28]</b> Dossier d'étude de la note ENPRNA090069 A</p> <p data-bbox="260 1572 963 1603">EDF            Dossier ENPRNA090095 A (à paraître)</p> |                      |             |              |

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

## 2. Introduction

### 2.1 Contexte

Parmi les cinq méthodologies nouvelles utilisées dans le cadre de l'étude des accidents inscrits au Rapport de Sûreté de l'EPR FA3 apparaît l'éjection de grappe. En effet suite à des difficultés rencontrées lors de l'instruction des études d'EDG des dernières gestions, il s'est avéré indispensable de rénover la méthodologie d'étude pour formaliser plus clairement la démarche suivie et assurer un degré de couverture similaire d'une gestion à l'autre. Ce faisant la méthodologie rénovée d'EDG ne dégage que peu ou pas de marges vis à vis des critères limitatifs par contre elle assure une meilleure couverture de la sélection des cas pénalisants et devrait donc faciliter l'instruction pour FA3.

Dans la mesure où l'accident d'EDG reste toujours limitatif et que la nouvelle méthode d'EDG est plus complexe à mettre en oeuvre (elle nécessite un volume de calculs bien plus important), il apparaît nécessaire de suivre son déroulement de près.

Les calculs d'EDG FA3 ont été initiés en avril 2008 par une phase de calculs de sensibilités préliminaires destinés à définir les caractéristiques pénalisantes sur la première gestion EPR avant de calculer les données neutroniques spécifiques d'EDG ( $\Delta\rho$ , FQ, F $\Delta$ H). Cette phase étant en train de se terminer, il est opportun de réaliser un bilan des calculs réalisés à ce jour et des choix qui en ont découlé. Ces choix seront retenus comme hypothèses d'entrée des calculs cinétiques 3D (simplifiés puis de référence) qui devraient démarrer courant avril 2009.

**Ce document réalise donc une synthèse des étapes et des résultats de la première phase de l'étude d'EDG FA3. Les choix qui en découlent servent à alimenter la deuxième phase conduisant à la vérification des critères de sûreté et à cette occasion une mise en perspective est réalisée.**

### 2.2 Démarche

Dans un premier temps le déroulement chronologique de la première phase de calculs est rappelé afin de tracer la démarche, les résultats, les conclusions AREVA et EDF ainsi que les documents produits.

Dans un deuxième temps, une démarche pour la définition des provisions à prendre en compte dans les transitoires du RdS lors de la vérification des critères de sûreté est proposée en présentant les stratégies sous jacentes. Enfin une mise en perspective est réalisée afin d'anticiper, dans la mesure du possible, le déroulement de la dernière phase de l'étude.

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

### 3. Liste des documents produits

Les documents produits lors de cette première phase suivent un rythme ternaire :

- Emission d'un courrier par AREVA
  - Questions de PR/NA formalisées et relayées par PC/MC à AREVA
    - Réponses d'AREVA aux questions précédentes

On trouve ainsi par ordre chronologique :

- Enclenchement des sensibilités et calculs des DNS [3] 04/2008
  - Questions[4][5] 05/2008
    - Réponses [6] 07/2008
- Courrier n°1 : sensibilités base / SCTR[7] 09/2008
  - Questions[8][9] 11/2008
    - Réponses[10] 02/2009
- Courrier n°2 : sensibilités au DI et au stretch[11] 11/2009
  - Questions[12][13] 12/2009
    - Réponses[14] 03/2009
- Courrier n°3 : données neutroniques spécifiques en FDV[16] 03/2009
  - Questions[16] 04/2009
    - Réponses à venir
  
- Enclenchement des transitoires cinétiques [17] 03/2009
  - Questions[18] 04/2009
    - Réponses à venir

Nous notons que l'intégralité des remarques techniques émises par PR/NA a été relayée à AREVA.

En parallèle on notera un document interne EDF d'anticipation des résultats AREVA

- Calculs des premières DNS d'EDG FA3[23] 08/2008

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

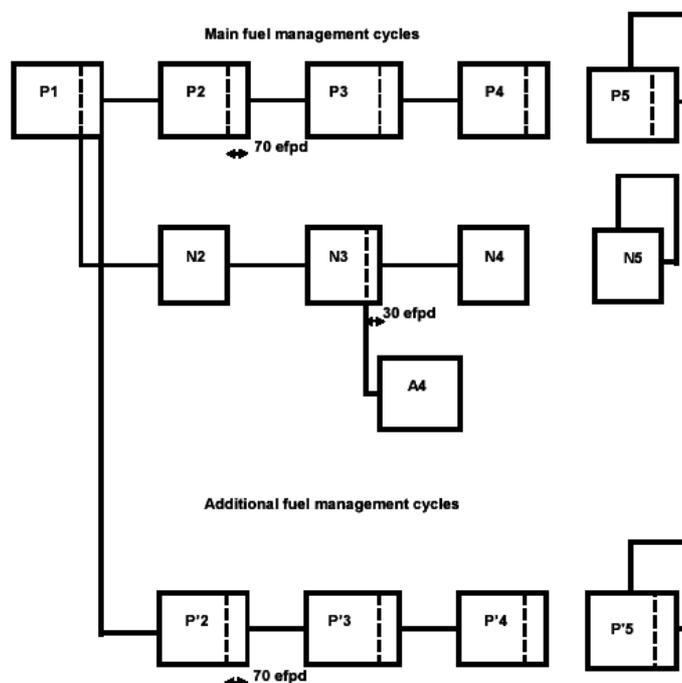
#### 4. Périmètre de l'étude d'EDG

Le périmètre d'étude de la première gestion EPR est un peu atypique (Figure 1) car il comporte une gestion principale :

- gestion principale enrichie à 4.2% composée de manière habituelle de 10 cycles de montée à l'équilibre (5 stretchés, 4 naturels, 1 anticipé), elle respecte un burnup maximum de décharge assemblage de 59GWj/t.

et une gestion de repli prévue au cas où il n'aurait pas été possible de bénéficier de l'agrément par l'ASN de la gestion GALICE et donc de l'agrément d'un burnup de décharge de 62 GWj/t. :

- gestion de repli enrichie à 3.7% composée seulement de 4 cycles stretchés de montée à l'équilibre, elle respecte un burnup de décharge de 52GWj/t.

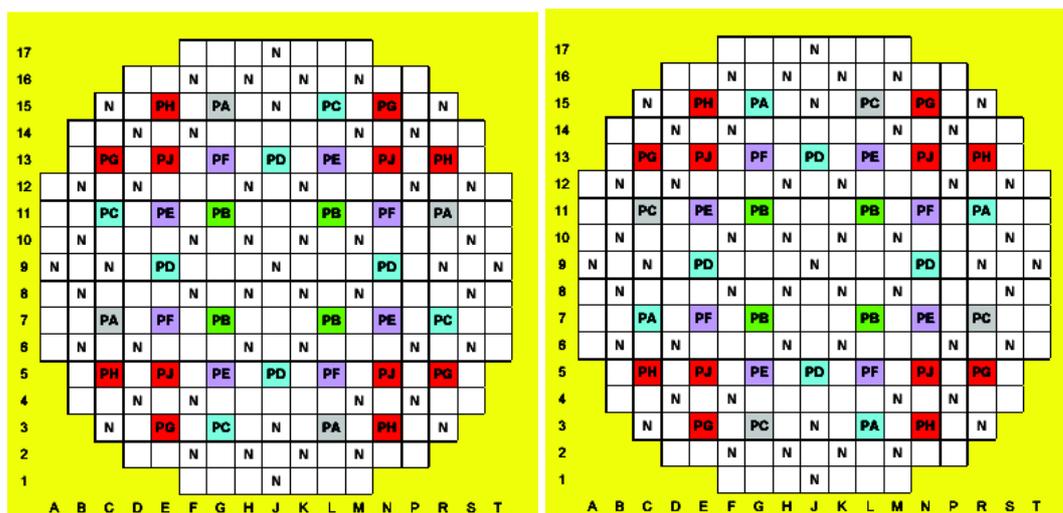


**Figure 1 Schéma d'enchaînement des cycles – Gestion principale et de repli (gestion backup)**

On notera une particularité importante de l'EPR par rapport au parc : les alternances. Le mode de pilotage de l'EPR intègre un changement d'affectation des grappes de commandes tous les 3500MWj/t. Ceci permet, en jouant sur deux alternances Figure 2 (ou séquences) de modifier l'affectation des grappes du groupe P1 (groupe constitué de 4 grappes qui s'insèrent en premier dans le cœur) et ainsi les sous épuisements locaux sont mieux répartis. Lors d'étude en base, tous les groupes sont à la même cote, l'impact des alternances est donc nul car la configuration est symétrique, par contre la modélisation du SCTR conduit à considérer une cote différente pour le groupe P et H, ce qui rend alors la configuration dissymétrique et les deux alternances doivent ainsi être étudiées à chaque burnup.

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

Figure 2 Schéma de grappe EPR – Alternance 1 et 2



| Bank | Sequence n°1 | Composition    |
|------|--------------|----------------|
| P1   | PA           | 4 grey RCCAs   |
| P2   | PB           | 4 black RCCAs  |
| P31  | PC           | 4 grey RCCAs   |
| P32  | PD           | 4 black RCCAs  |
| P4   | PE PF        | 8 black RCCAs  |
| P5   | PG PH PJ     | 12 black RCCAs |

| Bank | Sequence n°2 | Composition    |
|------|--------------|----------------|
| P1   | PC           | 4 grey RCCAs   |
| P2   | PB           | 4 black RCCAs  |
| P31  | PA           | 4 grey RCCAs   |
| P32  | PD           | 4 black RCCAs  |
| P4   | PE PF        | 8 black RCCAs  |
| P5   | PG PH PJ     | 12 black RCCAs |

Durant le deuxième semestre 2008 afin de prendre en compte les faits d'actualités suivants :

- Absence de réticence de l'ASN à licencier une gestion à burnup de décharge élevé
- Surcharge de l'IRSN à instruire les différents dossiers en cours pouvant conduire à des retards dans le planning d'instruction des méthodes et du RdS EPR

Les questions suivantes ont successivement été soulevées :

- Est-il opportun de faire évoluer la stratégie de gestion en privilégiant la gestion de repli afin de sécuriser le licensing et le planning du projet FA3 ?
  - En conclusion [24], il s'est avéré que le burnup de décharge moins élevé de la gestion de repli ne diminuait pas les risques licensing (BU de 58.8GWj/t agréée sur GALICE) et qu'elle nécessitait tout de même l'instruction des 5 nouvelles méthodes sans assurer des marges plus importantes que la gestion de référence.

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

- Est-il possible de définir une troisième gestion FA3 respectant un burnup de décharge max de 52 GWj/t, en étant économiquement intéressante et sensiblement moins pénalisante que les deux gestions envisagées ?
  - Une troisième gestion répondant à ces critères à été définie [25], cependant suite aux risques planning engendrés par une réorientation du projet FA3 au 10/2008, il a été décidé d'en rester à la stratégie initiale.

**L'étude d'EDG pour l'EPR FA3 est donc réalisée sur la gestion principale plus les 4 cycles de la gestion de repli ce qui augmente le conservatisme global du dossier ; par contre dans le RdS présenté à l'ASN seule figurera la gestion principale.**

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

## 5. Sensibilités préliminaires au calcul des données neutroniques

Dans ses grandes lignes une étude d'éjection de grappe comporte 5 étapes :

1. Sensibilités préliminaires afin de déterminer les configurations pénalisantes
2. Calculs des DNS enveloppes ( $\Delta\rho$ , FQ,  $F\Delta H$ ) dans les conditions pénalisantes définies précédemment
3. Sélection des cas pénalisants en 3D cinétique simplifié (3DS)
4. Vérification des critères de sûreté en 3D cinétique de référence sur les cas pénalisants précédemment identifiés
5. Définition de la stratégie en recharge (détermination des valeurs repères qui implique un basculement calculs statiques / calculs 3D cinétiques simplifiés )

Actuellement - 03/2009 – l'étape 1 est achevée, l'étape 2 en cours de finalisation (résultats FDV seulement) et les étapes 3 et 4 sont en cours d'enclenchement.

### 5.1 Choix du modèle d'épuisement base / SCTR

L'objectif consiste à identifier lequel des deux modes de fonctionnement – base ou SCTR – est le plus pénalisant vis à vis de l'EDG afin de le prendre en compte de manière explicite lors des calculs d'évolution modélisant l'épuisement du combustible. Une telle démarche permet de s'affranchir de pénalités qui, par construction, sont forcément plus pénalisantes qu'une prise en compte explicite.

La démarche mise en oeuvre par AREVA a consisté à réaliser une sensibilité base / SCTR en 3D simplifié sur

- 3 cycles (P1, A4, P5), 2 alternances
- 3 BU,
- DI +12%
- 6 niveaux de puissance (de 0% à 100%PN par pas de 20%PN) avec une pénalisation forfaitaire.

Cela conduit à un volume d'environ 700 transitoires d'EDG pour lesquels les 5 grandeurs suivantes sont comparées :

- NCE base / NCE SCTR
- Hmax point chaud base / Hmax point chaud SCTR
- Tgaine point chaud base / Tgaine point chaud SCTR
- DH HBU base / DH HBU SCTR
- Tgaine HBU base / Tgaine HBU SCTR

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

Cela permet de constater que les calculs avec modélisation explicite du SCTR sont globalement plus pénalisants que des calculs en base.

Afin de tenir compte de cas ponctuels pour lesquels le fonctionnement en base est plus pénalisant, la démarche retenue consiste, pour un niveau de puissance et un BU donné, à identifier le cas limitatif et à quantifier son caractère plus pénalisant par rapport au modèle SCTR. Une valeur enveloppe de ces écarts base/SCTR pénalisants est alors définie. Si les marges aux critères à la fin de l'étude sont inférieures à cette valeur, alors le cas sera repassé sur l'épuisement en base.

Exemple : Hmax point chaud

Ecarts globaux :

- Min  $-30\text{J/g}$  (base plus pénalisant que le SCTR)
- Max  $+100\text{J/g}$  (SCTR plus pénalisant que base)
- Moyenne : environ  $+5\text{J/g}$  (SCTR globalement plus pénalisant que la base) => modélisation explicite du SCTR à retenir

Ecarts sur les cas limitatifs pour un BU et un niveau de puissance donnés

- Min  $-11\text{J/g}$  => valeur seuil arrondie à  $-15\text{J/g}$  : on estime que sur n'importe quel cas pénalisant calculé avec le modèle SCTR, le résultat que l'on obtiendrait si le cas avait été passé avec le modèle en base, serait plus pénalisant d'au plus  $15\text{J/g}$ .

En conséquence si un point du RdS calculé avec le modèle SCTR conduit à une marge au critère inférieure à  $15\text{J/g}$  alors il est repassé en base afin de vérifier si le critère de sûreté est vérifié ou non.

Cette démarche présente un double avantage :

- Elle conduit à retenir le fonctionnement en SCTR, globalement plus pénalisant, et évite ainsi des pénalités SCTR élevées.
- Elle prend en compte les cas plus pénalisants sur le fonctionnement en base en se restreignant aux points les plus limitatifs vis à vis des marges, afin de se limiter aux seules vérifications indispensables pour assurer le respect des critères

Les valeurs seuils définies par AREVA sont les suivantes Tableau 1. Au vu des seuils définis, à part éventuellement vis à vis de la Tgaine HBU, il est peu probable que des transitoires du RdS doivent être repassés en base.

| Critère  | NCE | Point chaud |        | HBU      |        |
|--|-----|-------------|--------|----------|--------|
|  |     | Hmax        | Tgaine | Dh       | Tgaine |
|  | 10% | 200 cal/g   | 1482°C | 57cal/g  | 700°C  |
| Cas pénalisant repris avec le modèle en base si les marges au critère sont inférieures à | 1%  | 1.2cal/g    | 10°C   | 3.6cal/g | 30°C   |

**Tableau 1 Seuils au-delà desquels une reprise du transitoire SCTR en base est nécessaire**

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

Une analyse PR/NA indépendante de celle d'AREVA a aussi été réalisée dans [23], contrairement à AREVA la comparaison est exhaustive (tous les cycles, niveaux de puissance alternances et BU) par contre elle analyse l'impact BASE/SCTR sur la base des données statiques ( $\Delta p$ , FQ,  $F\Delta H$ ). Dans l'optique d'une première évaluation de la faisabilité ou non d'une approche par pénalité SCTR en recharge (demande DPN), elle propose une méthode de restriction, équivalente à celle d'AREVA, pour ne retenir que les points réellement limitatifs pour définir des pénalités SCTR puis base.

Cette analyse conduit aussi à retenir le modèle SCTR globalement plus pénalisant que la base pour l'étude générique.

Afin de couvrir les cas plus pénalisants en base, la démarche proposée consistait à définir des provisions d'un montant supérieur ou égal au montant des pénalités base (ceci afin de ne pas afficher de pénalités pour base dans le RdS et d'éviter de surpénaliser inutilement l'étude générique). En effet de notre point de vue, les provisions peuvent être attribuées indifféremment à un poste ou un autre (couverture de la base, d'aléas de gestion...). Par ailleurs la nouvelle méthode d'EDG intègre la possibilité de réaliser des vérifications 3D cinétiques simplifiés (3DS) en recharge si les DNS dépassaient les valeurs repères et, au final, le plan serait accepté ou refusé selon qu'il respecte ou non les critères de sûreté, ce qui exclut tout problème de sûreté.

Concernant les études de recharge, les pénalités pour SCTR évaluées de manière préliminaire sont relativement importantes. Tant que les valeurs repères et les marges définitives d'EDG ne seront pas connues, il ne sera pas possible de se positionner quant à la faisabilité ou non d'étude de recharge sur des évolutions en base associée à une prise en compte du SCTR par des pénalités.

**En conclusion, l'étude générique d'EDG FA3 sera réalisée sur les évolutions modélisant un fonctionnement SCTR car celui-ci est globalement plus pénalisant. Concernant la prise en compte des cas plus pénalisants en base, les démarches par vérification a posteriori (ANP) ou par provisions adaptées (EDF), sont toutes deux acceptables** dans la mesure où les calculs 3DS en recharge excluent tout problème de sûreté.

## 5.2 Choix du $\Delta I$ pénalisant

L'objectif consiste à identifier quelle distribution axiale de puissance (caractérisés par un  $\Delta I$  compris dans le domaine de fonctionnement) est la plus pénalisante pour l'EDG.

La même démarche que pour la sensibilité base/SCTR est mise en place, en se limitant au BU DVX et FDV, aux niveaux de puissance 0, 40, 80, 100%PN et au SCTR. La comparaison porte toujours sur les 5 mêmes paramètres (cf. §5.1) mais cette fois ci pour différents  $\Delta I$  régulièrement répartis entre -30% et +12%.

A 0%PN les sensibilités sont monotones et la distribution xénon qui maximise le poids de grappe est obtenue pour une oscillation de 6h.

Concernant le NCE en puissance, la sensibilité est monotone avec le  $\Delta I$  et conduit à retenir le  $\Delta I$  +12%.

Concernant le volet thermique combustible, les cas pénalisants sont soit à  $\Delta I$  +12% soit à un  $\Delta I$  très négatif (env. -30%). En effet à  $\Delta I$  négatif, le poids de grappe est certes beaucoup

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

moins élevé mais sous l'effet d'un FQ initial éventuellement plus fort [14] et d'une efficacité de l'AAR moins rapide (flux piqué dans le bas du cœur)[12] l'énergie déposée dans la pastille est quelque fois plus pénalisante qu'à DI +12%.

**En conclusion, la nouvelle méthode se devant de présenter dans le RdS les cas limitatifs, l'étude EDG FA3 est dans un premier temps réalisée à DI +12%, puis les cas limitatifs vis à vis des critères thermiques point chaud et HBU seront repassés avec un DI d'environ -30%, le cas le plus limitatif sera dans le RdS.**

AREVA justifie l'absence de sélection des cas limitatifs à DI négatif de par ses sensibilités qui ont montré que c'est la même grappe pénalisante à DI +12 et à DI -30%[11].

Les calculs à DI négatifs dégraderont sûrement le bilan des marges en particulier sur la Tgaine HBU (P1 100%PN FDV cas limitatif de la sensibilité au DI[11] et des DNS FDV[15]). Dans l'optique de regagner des marges, AREVA propose de valoriser l'absence de crise d'ébullition dans les calculs thermiques COMBAT. Cette proposition est recevable, il conviendra toutefois de calculer un NCE afin de vérifier l'absence de CE (non prévu dans [17]), et elle doit toutefois venir en plus d'un calcul standard avec CE à to [18].

### 5.3 Couverture du fonctionnement en stretch

Le principe de couverture du fonctionnement en stretch proposé pour l'EPR consiste à définir un relèvement des insertions limites en stretch de telle façon que le pas de stretch le plus pénalisant, ne soit pas plus pénalisant que le burnup FDV.

La mise en oeuvre de cette démarche nécessite donc de déterminer le pas de stretch pénalisant vis à vis de l'EDG.

Similairement aux sensibilités précédentes, les calculs sont en 3D simplifiés pour comparer les différents NCE, Hmax et Tgaine au point chaud et DH et Tgaine HBU. La sensibilité porte sur :

- les cycles P1 et P5 en alternance 1
- à 0, 40, 80, 100%PN
- en SCTR
- à DI +18 (limite droite en stretch)
- pour les pas de stretch s1 s2 s4 s6 s8

Les sensibilités sont très majoritairement monotones avec l'avancement dans le programme de stretch, **ce qui conduit AREVA à retenir le dernier pas de stretch accessible par niveau de puissance comme point pénalisant qui servira de référence lors de la définition des IL de stretch. De manière similaire au SCTR il sera vérifié qu'il existe une marge suffisante sur les cas limitatifs pour accommoder les quelques exceptions qui conduisent à des cas plus pénalisants à un pas de stretch différent du dernier.** A l'heure actuelle nous ne disposons pas d'éléments permettant d'estimer quel sera le relèvement des IL ni de ses conséquences sur le pilotage en stretch.

Concernant les modalités pratiques du relèvement, AREVA précise seulement qu'il se fera sur la base de comparaison des DNS FDV/FDS et sera validé par quelques transitoires. Cette démarche devra faire l'objet d'une certaine surveillance : sur l'EPR le stretch entraîne une baisse de la température primaire (bénéfique pour le NCE) et une baisse de la pression primaire (défavorable pour le NCE), pour les critères combustibles seuls la température aura

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

un impact. Ces aspects ne seront pas pris en compte lors des comparaisons des DNS FDV/FDS (calculs statiques seulement) aussi il conviendra de faire une sensibilité en cinétique pour savoir lequel des deux effets prédomine afin d'ajuster en conséquence les DNS à cibler en FDS.

Il conviendra de demander à AREVA à quelle échéance ces travaux sont prévus.

#### 5.4 Dimensionnement des pénalités FQi, FPPR, Tilt, SCTR

Les phénomènes non pris en compte de manière explicite dans l'étude doivent faire l'objet de pénalités, à ce titre on trouve :

- Pénalité sur le FQ initial : elle est destinée à couvrir l'écart sur le FQ initial qu'il peut exister entre plusieurs distribution de puissance conduisant à un même DI de +12%. Chiffrée par AREVA sur 3 cycles de la gestion de référence elle vaut 7% en DVX et 4.7% en FDV, de manière conservative AREVA propose d'arrondir à une valeur de 10% couvrant tous les BU. Afin de ne pas surpénaliser l'étude, nous proposons plutôt de prendre
  - 10% en DVX et MDV
  - 5% en FDV
- Pénalités FPPR : AREVA propose de limiter sa définition aux seuls cycles de la gestion principale en retenant les cycles les plus pénalisants (P1 N3 P5). L'évaluation est en cours.
- Pénalités Tilt : de manière conventionnelle elles seront établies sur les plans d'équilibre de la gestion principale P5 et celle de repli P5B.
- Pénalités SCTR : l'étude générique ne considère pas de pénalités SCTR car elle le prend en compte de manière explicite (cf. §5.1). Suite à la demande DPN d'évaluer la faisabilité d'une étude de recharge sur les plans en base les données statiques fournies par AREVA au titre de la surveillance permettent une première estimation de ces pénalités : sur le  $\Delta\rho$ , des valeurs préliminaires supérieures à 10% apparaissent à 100%PN[23], niveau de puissance où les marges sont estimées les plus faibles. Il faudra demander à AREVA une analyse en fin d'étude une fois le bilan des marges définitif connu.

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

## 6. Calculs des données neutroniques spécifiques EDG

### 6.1 DNS

Suite aux sensibilités réalisées dans la phase préliminaire, les conditions initiales pénalisantes retenues pour le calcul des DNS sont les suivantes :

- calcul sur les 14 cycles (gestion principale + de repli)
- pour les BU DVX, MDV, FDV
- tous les 10% PN de 0 à 100%PN
- pour toutes les grappes du quart SE du cœur
- pour différentes insertions limites
- à DI +12% ou 6h d'oscillation pour les cas à PZC
- avec modélisation explicite du SCTR

Ces conditions initiales représentent un panel total d'environ 15000 cas d'éjection. Actuellement AREVA a calculé les DNS FDV seulement.

### 6.2 Présélection des cas pénalisants

Une des avancées de la méthode rénovée d'EDG est de sélectionner les cas pénalisants de manière plus systématique. Pour ce faire la sélection est réalisée par le biais de calculs neutroniques cinétiques 3D simplifiés (3DS), les cas présentant à l'issue de cette phase le moins de marges aux critères sont repassés en 3D de référence et figureront au RdS.

Dans la mesure où parmi les 15000 cas d'éjection une grande majorité sont clairement non pénalisants (cas non prompt critique à 0%PN ou grappe dont le poids est nettement inférieur aux autres par exemple), la méthode autorise à réaliser une présélection afin de ne garder pour chaque cycle que les cas d'éjection les plus pénalisants en vu de la sélection en 3DS.

La présélection réalisée par AREVA, du type [ $\Delta p$  max -X%,  $\Delta p$  max], [FQmax -Y%, FQmax], [F $\Delta$ Hmax -Z%, F $\Delta$ Hmax], prend bien en compte les différents paramètres de l'EDG et ce faisant elle ne risque pas d'éliminer de cas pénalisant lors de la phase de présélection, elle est donc satisfaisante. Un total de 800 cas environ est retenu.

Nous demandons toutefois à AREVA d'explicitier clairement en terme de nombre de cas par cycle et en terme de plage couverte vis à vis des  $\Delta p$ , FQ, FDH ce que représente ces 800 cas. C'est en effet un des points forts de la méthode rénovée et il peut être intéressant de le valoriser lors de l'instruction.

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

## 7. Bilan de la phase de sensibilités préliminaires et de calcul des DNS

Le travail réalisé jusqu'ici par AREVA est conforme aux spécifications de la nouvelle méthode d'EDG, en particulier vis à vis de la recherche des conditions initiales pénalisantes. Il garde toutefois en tête la limitation des conservatismes superflus afin d'assurer un bilan de marge favorable il est donc satisfaisant aussi sur ce plan là.

La démarche globale consiste à retenir comme condition initiale celle qui est pénalisante pour la majorité des cas ; parmi les points compris dans la minorité non prise en compte une marge est définie sur les points réellement limitatifs et il sera vérifié que les marges finales aux critères seront supérieures aux marges sur ces points limitatifs minoritaires.

Les points délicats identifiés lors de cette phase préliminaire sont les cas pénalisants en base (à faible niveau de puissance principalement) et les cas à  $\Delta I$  négatif vis à vis des critères HBU. Ces configurations n'étaient que peu ou pas prises en compte lors des études génériques précédentes. Afin de ménager le bilan des marges, des recouplages potentiels ont d'ores et déjà été identifiés pour couvrir ces configurations pénalisantes en particulier vis à vis de la Tgaine HBU (cf. §5.2).

Les points restant en suspend avant la réalisation des transitoires 3DS puis 3Dréf sont le dimensionnement des pénalités FPPR et Tilt, ainsi que la définition des insertions limites en stretch. Les travaux sont en cours et ils ne devraient pas soulever de difficultés particulières.

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

## 8. Etapes suivantes et perspectives

### 8.1 Sélection des cas pénalisants en 3DS puis vérification des critères en 3Dréf

Une fois la phase de calcul des DNS achevée pour les trois BU et la présélection des cas pénalisants réalisée, l'étape suivante consiste à sélectionner par des calculs 3D simplifiés les cas limitatifs sur lesquels les critères de sûreté seront vérifiés. Ces calculs ne prennent en compte que les incertitudes et pénalités (mais pas de provisions) car ils servent seulement à réaliser un classement hiérarchique des cas pénalisants. Ce choix conduit à un triple avantage :

- La démarche est la même que celle qui sera mise en œuvre en recharge.
- Cela permet de disposer d'un bilan des marges physiques du cœur (les calculs 3DS n'ont pas la précision du 3D de référence et ils comportent certaines simplifications, toutefois ils sont rapides (Tableau 4), robustes et l'approximation induite vis à vis de 3D réf est limitée à quelques pourcent).
- Cela permet de pouvoir définir les provisions ultérieurement sans pour autant retarder l'avancement des travaux AREVA concernant la sélection des cas pénalisants. De plus la définition des provisions se fait alors en connaissant au préalable les niveaux de puissance limitatifs ce qui permet d'adapter plus facilement le montant des provisions.

Une fois ceux-ci déterminés, ils donneront lieu à la vérification des critères de sûreté, avec des provisions et en 3D de référence. Pour l'ASN ces résultats constitueront le point de référence des gestions EPR, pour EDF la surpénalisation due aux provisions constituera des marges d'exploitation.

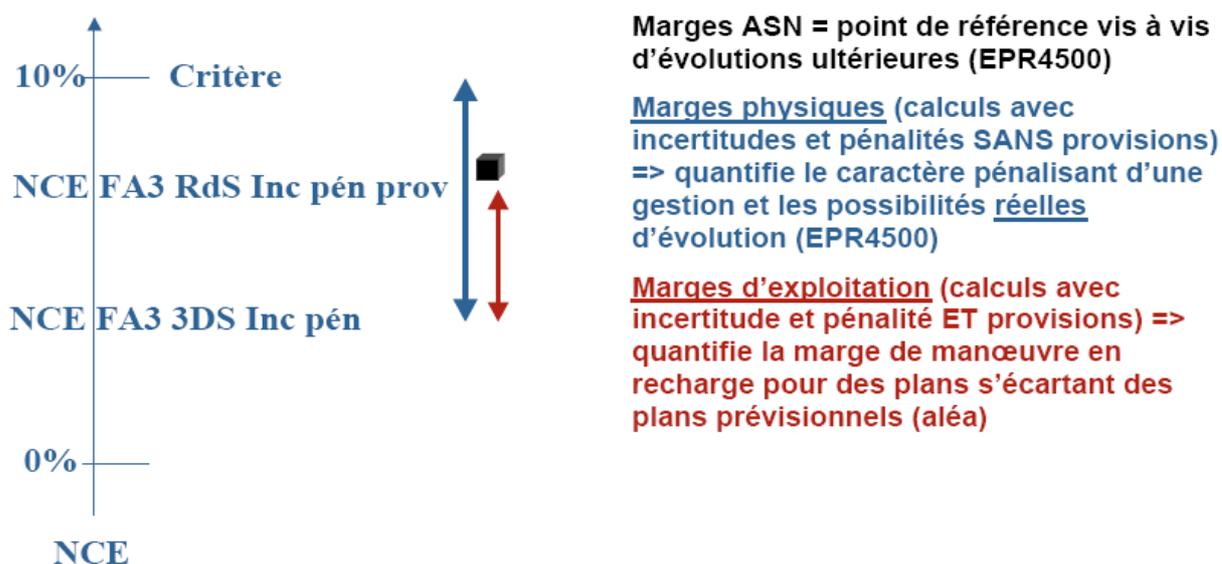


Figure 3 Schéma de définition des différentes marges

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

**8.2 Provisions et proposition d'une méthode pour les définir**

Les provisions s'appliquent sur les 3 paramètres représentatifs de l'EDG à savoir  $\Delta p$ , FQ,  $F\Delta H$ , habituellement leur définition fait l'objet d'une estimation forfaitaire réalisée par le SEPTEN et l'UNIE sur la base des gestions précédentes (provisions forfaitaires de 5, 10 ou 20% selon les paramètres). Cette démarche n'a pas toujours conduit au respect des critères de sûreté sur les dernières gestions aussi des ajustements de dernières minutes ont pu être nécessaires. Au final cette démarche conduit à des montants de provisions variables selon les niveaux de puissance (Tableau 2) et à des marges aux critères peu maîtrisées (Tableau 3 GALICE marges nulles à 100%PN FDV, importante à 60% et de nouveau faibles à 20%PN). Cette situation résultait de l'impossibilité d'estimer rapidement les marges avant un calcul 3D cinétique coûteux en temps CPU.

| BU  | P (%Pn) | Cycle | Grappe éjectée | Provisions $\Delta p$ (%) | Provisions FQ (%) | Provisions $F\Delta H$ (%) |
|-----|---------|-------|----------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|
| FDV | 100     | P8    | H14            | 19 0                      | 30 0              | 10 0                       |
|     | 30      | A5    | H14            | 10 4                      | 26 5              | 10 0                       |
|     | 10      | A5    | H14            | 7 9                       | 25 5              | 10 0                       |
|     | 0       | A5    | D12            | 11 2                      | 25 0              | 10 0                       |
| MDV | 100     | P7    | E11            | 30 0                      | 30 0              | 10 0                       |
|     | 20      | P10   | H14            | 11 2                      | 26 0              | 10 0                       |
|     | 0       | P10   | H14            | 11 2                      | 25 0              | 10 0                       |
| DVX | 100     | N9    | E11            | 49 1                      | 30 0              | 10 0                       |
|     | 40      | P11   | H12            | 41 0                      | 27 0              | 10 0                       |
|     | 10      | P10   | D12            | 37 0                      | 25 5              | 10 0                       |
|     | 0       | P10   | D12            | 35 6                      | 25 0              | 10 0                       |

**Tableau 2 Provisions totales (écarts de chaîne + aléas) sur GALICE – ENPCMC070109**

| BU  | Puissance (%Pn) | $F\Delta H$ * | % de crayons en DNB |
|-----|-----------------|---------------|---------------------|
| DVX | 100             | 2.5           | 9.8                 |
|     | 80              | 2.8           | 9.8                 |
|     | 60              | 3.5           | 7.8                 |
|     | 40              | 4.8           | 9.1                 |
|     | 30              | 5.3           | 9.6                 |
|     | 20              | 6.0           | 9.8                 |
|     | 10              | 8.4           | 8.9                 |
|     | 0               | 8.6           | 8.9                 |

| BU  | Puissance (%Pn) | $F\Delta H$ * | % de crayons en DNB |
|-----|-----------------|---------------|---------------------|
| MDV | 100             | 2.4           | 8.3                 |
|     | 80              | 2.9           | 9.5                 |
|     | 60              | 3.5           | 1.9                 |
|     | 40              | 5.5           | 4.0                 |
|     | 30              | 6.0           | 5.1                 |
|     | 20              | 6.6           | 7.4                 |
|     | 10              | 7.0           | 4.1                 |
|     | 0               | 7.0           | 1.6                 |

| BU  | Puissance (%Pn) | $F\Delta H$ * | % de crayons en DNB |
|-----|-----------------|---------------|---------------------|
| FDV | 100             | 2.5           | 9.5                 |
|     | 80              | 3.0           | 6.7                 |
|     | 60              | 3.5           | 1.9                 |
|     | 40              | 5.5           | 7.5                 |
|     | 30              | 6.4           | 9.3                 |
|     | 20              | 6.5           | 7.5                 |
|     | 10              | 7.1           | 4.9                 |
|     | 0               | 7.0           | 7.2                 |

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

**Tableau 3 NCE GALICE (NFPSCDC263 F)**

La méthode rénovée d'EDG, de par la présence de calculs 3D cinétiques simplifiés (très peu coûteux en temps CPU Tableau 4) en étude générique et, si besoin, en recharge, offre de nouvelles possibilités pour définir de manière maîtrisée les provisions, donc en sécurisant le bilan des marges.

|  |                 |              |
|--|-----------------|--------------|
| Type de d'enchaînement de calcul (neutronique + thermohydraulique + thermique combustible) | 3D de référence | 3D simplifié |
| Temps CPU approximatif   | 12h             | 15 min       |

**Tableau 4 Ordre de grandeur de temps CPU et ingénieur pour la réalisation de calculs 3Dréf / 3DS**

Deux stratégies peuvent ainsi être définies :

- assurer des marges maximales dans l'étude générique en considérant des provisions faibles voire nulles ce qui revient à faire porter aux études de recharges la majeure partie de la démonstration de sûreté par un nombre important de calculs 3DS, nouveauté rendue possible par la méthode rénovée d'EDG.
- optimiser la définition des provisions pour être raisonnablement proche des critères dans l'étude générique. Ceci a pour effet de dégager des marges considérables en recharges (et de limiter ainsi au maximum le volume de calcul en recharge même en cas d'aléa) et de faciliter la réalisation d'évolutions (EPR 4500MWth) sans dégrader le bilan des marges affiché dans le RdS 4300MWth. Une stratégie de ce type a été retenue pour ALCADÉ.

Les provisions constituent le point de raccordement entre l'étude générique et l'étude de recharge car en augmentant les valeurs des paramètres influents d'EDG lors de l'étude générique, on a ainsi toutes les chances d'avoir des valeurs nettement inférieures sur les plans réels en recharge. Si on considère qu'elles sont suffisamment inférieures, des calculs statiques (calculs de recharge habituels) sont suffisants, si les valeurs de la recharge se rapprochent trop des valeurs génériques des calculs 3DS (3D cinétiques Simplifiés) sont alors à entreprendre en recharge.

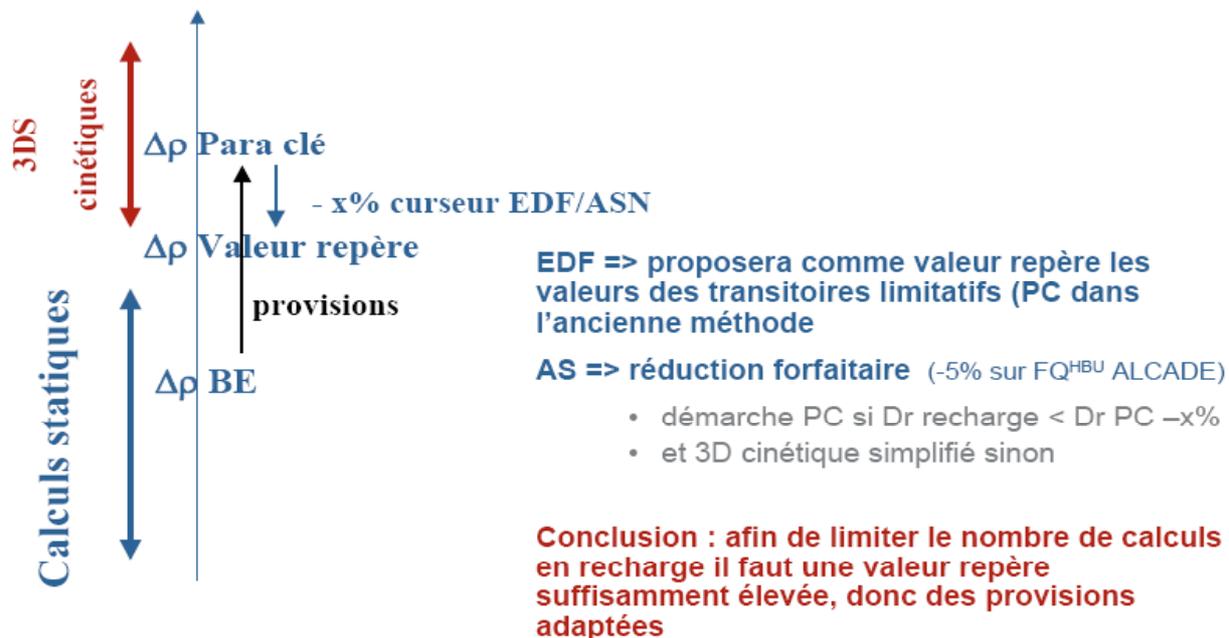
Le seuil de basculement calculs statiques / 3DS en recharge résultera sûrement de discussions et de négociations avec l'ASN suite au licencing de la méthode rénovée d'EDG. Il ne sera donc connu qu'au 3<sup>ième</sup> ou 4<sup>ième</sup> trimestre 2009.

**8.2.1 Stratégie 1 : avantages et inconvénients**

Une stratégie consistant à définir des provisions très faibles en étude générique est possible dans la mesure où, si en recharge un plan ne respecte pas les valeurs repères, il peut faire l'objet d'un calcul 3DS (Figure 4). Si les valeurs déterminées suite à ce calcul ne respectent pas les critères alors seulement le plan est rejeté. Mais du fait des recouplages en recharge ce cas de figure est relativement peu probable. Le volume de calculs 3DS à chaque

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

recharge risque donc d'être important et donc plus contraignant pour l'exploitation mais cela permet d'afficher des marges plus importantes dans le RdS.



**Figure 4 Rappel schématique de la nouvelle démarche EDG en recharge**

Les marges affichées dans le RdS correspondent aux marges physiques (réelles) de la gestion.

Maintenant si l'on tient compte du REX des dernières instructions, on s'aperçoit que des gestions sans marges aux critères reçoivent tout de même l'agrément de l'ASN. Dans la mesure où l'EPR bénéficie de la méthode rénovée dont le degré de couverture est notablement amélioré, des marges significatives en EDG ne sont plus nécessaires à une instruction rapide de cette étude.

Par ailleurs il faut garder à l'esprit que cette première gestion EPR va faire office de point de référence en terme de niveau de marge sur l'EPR. Or on constate, à l'occasion des VD en particulier, que lors des mises à jour de ces dossiers ou lors de la présentation de nouveaux dossiers, l'ASN est sensible aux évolutions des marges par rapport aux dossiers précédents et préfère que celles-ci se maintiennent à un niveau similaire sans se dégrader.

La principale évolution attendue sur EPR étant le passage à 4500MWth, si l'étude EDG du RdS 4300 est réalisée avec peu ou pas de provisions, le bilan des marges (physiques) se dégradera forcément à 4500.

**Dans ces conditions, le choix de provisions faibles pour maximiser les marges physiques, au prix de contraintes sur l'exploitation, de calculs volumineux en recharge et de dégradation du bilan des marges lors d'évolutions ultérieures, ne présente que peu d'avantages.**

**Seule la crainte de difficultés à accommoder les calculs de rejets radioactifs vis à vis de la qualification du matériel (conception différente du parc) peut conduire à moduler cette position.** En effet sur EPR le matériel n'est classé que jusqu'à 1% de crayons cassés.

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

Or si dans les études de rejets EPR on considère, comme c'est couramment le cas, que les crayons entrant en NCE en EDG sont cassés pour l'étude de rejet, on voit bien qu'il convient de minimiser ce NCE. On notera toutefois qu'il est absolument impossible qu'une étude d'EDG conduise à un NCE inférieur à 1%, le NCE EPR prévisionnel étant plutôt entre 6 et 9%.

### 8.2.2 Stratégie 2 : avantages et inconvénients

La démarche consiste à définir des provisions « sur mesure », éventuellement variable en fonction du niveau de puissance, afin d'être raisonnablement proche des critères. Le « raisonnablement proche » des critères serait défini sous plusieurs contraintes :

- ménager la susceptibilité de l'ASN et éviter de présenter une première étude FA3 à 9.9%NCE
- éviter d'entrer dans la zone à faible marge définie par AREVA et qui nécessite des vérifications complémentaires (calculs de vérification en base et en stretch)
- maximiser les marges d'exploitation par des provisions plus importantes, ce qui permettrait d'afficher des valeurs repères les plus élevées possibles et autoriserait ainsi des aléas importants tout en conservant en recharge un nombre faible voire nul de calcul 3DS

Cette démarche devrait conduire à des provisions relativement importantes (dans une certaine mesure évidemment, il n'est pas question de mettre 100% de provisions sur le  $\Delta p$  à 0% pour être à 10%NCE). Elle permettrait de mieux maîtriser les marges présentées dans le RdS et éventuellement de réaliser un passage à 4500 en dégradant peu ou pas le bilan des marges malgré l'augmentation de puissance.

### 8.2.3 Synthèse des deux stratégies (Figure 5)

Hormis difficultés vis à vis de l'étude de rejet (mais dans tous les cas le NCE EPR sera > 1%), notre préférence va à la stratégie 2 consistant à gérer les marges au mieux en optimisant la définition des provisions pour satisfaire le compromis suivant :

- être raisonnablement proche des critères
- maximiser les marges d'exploitation
- minimiser et éventuellement sur les plans avec peu d'aléas, éviter la réalisation de calculs 3DS en recharge

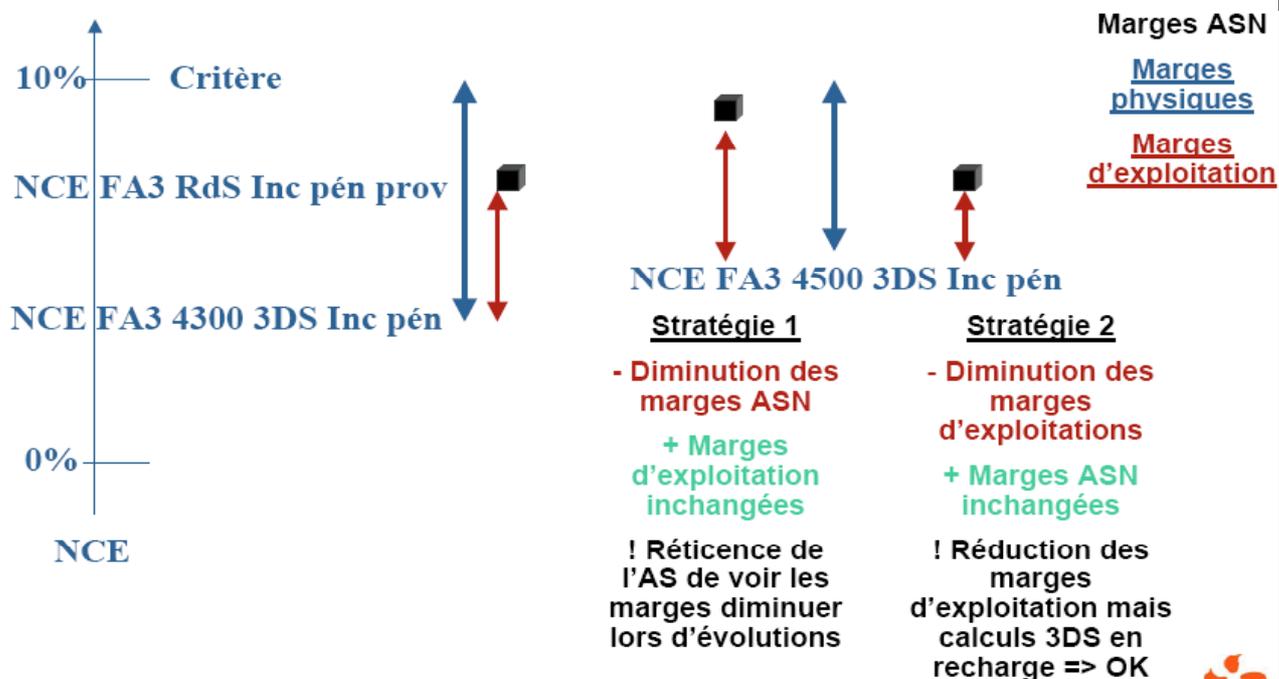
Dans cette optique, nous proposons les plages suivantes pour définir le « raisonnablement proche des critères » :

- $7\% < \text{NCE} < 9\%$
- $100 < H_{\text{pt\_chd}} < 150 \text{ cal/g}$
- $600^\circ\text{C} < T_{\text{gain}} \text{ HBU} < 650^\circ\text{C}$
- $30 < \Delta H \text{ HBU} < 50 \text{ cal/g}$

Les bornes hautes sont définies de manière à ne pas rentrer dans le domaine défini par AREVA et qui nécessite des vérifications en fin d'étude générique (base et stretch cf. §5.1

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

Tableau 1 et §5.3). Les bornes inférieures sont définies dans la moyenne des valeurs des 3 dernières gestions. Ce faisant nous estimons que les provisions ainsi définies devraient créer des marges d'exploitation satisfaisantes.



**Figure 5 Evolution schématique des marges lors d'un passage à 4500Mwth selon la stratégie retenue**

Afin d'atteindre ce compromis, nous proposons de mettre en place une démarche en 3 temps :

- 1°) Itérations sur des valeurs de provisions avec la chaîne EDF en 3DS sur les cas les plus limitatifs d'AREVA [16] en FDV pour être dans la plage « raisonnablement proche des critères »
- 2°) Chiffrage des écarts de chaînes 3DS EDF / AREVA sur quelques cas déjà passés d'AREVA sur le cycle P5
- 3°) Les résultats des 2 points précédents conduiront à la définition de provisions communiquées à AREVA. Celles ci feront l'objet d'échanges avec AREVA pour vérifier qu'elles ne conduisent pas à des dépassements sur la base des sensibilités déjà réalisées par AREVA [10][11].

A l'issue de cette démarche soit les provisions sont utilisées telles quelles dans l'étude d'EDG FA3 (démarche habituelle), soit (démarche que nous privilégions) elles font l'objet d'une vérification rapide par AREVA afin de sécuriser le planning et le bilan des marges d'EDG (cf. §8.3).

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

**8.3 Sécurisation du planning et du bilan des marges d'EDG sur FA3**

Bien que considérablement réduit depuis la reprise de la gestion ainsi que du schéma de grappe en 2007, le risque de dépassement en EDG nécessite un suivi de près des hypothèses conduisant au bilan des marges.

Afin de sécuriser autant que possible ce dernier, et indépendamment de la stratégie retenue pour le dimensionnement des provisions d'EDG, nous proposons de valoriser les calculs 3D cinétiques simplifiés, développés pour la méthode rénovée, afin de valider les provisions retenues avant la réalisation des transitoires 3D de référence. La démarche serait la suivante :

- 800 calculs 3DS AREVA pour identifier une trentaine de cas pénalisants (1 cas par BU et niveau de puissance) – étape prévue par AREVA [17] - temps de réalisation estimé à 1 à 2 semaines
- repassage de la trentaine de cas pénalisants en 3DS avec les provisions prédéfinies par EDF pour un bilan des marges préliminaire – étape non prévue à ce jour avec AREVA – le temps pour la réaliser est estimé de 1 à 2 jours (cf. Tableau 4)
- Si les bornes supérieures (cf §8.2.3) vis à vis des critères ne sont pas dépassées alors les transitoires 3D de référence sont enclenchées, sinon on reprend l'étape précédente en diminuant les provisions.

Cette démarche présente un triple avantage :

- Estimation anticipée et relativement fiable du bilan des marges définitif grâce aux calculs 3DS
- Le surplus de calcul associé à la réalisation d'une trentaine de calculs 3DS supplémentaires est totalement négligeable en comparaison du retard qu'engendrerait une reprise d'étude si les résultats étaient tangents aux critères (reprise de calculs 3D<sub>réf</sub>) – temps CPU + ingénieur de l'ordre du jour pour la vérification proposée vis à vis d'un retard de l'ordre du mois en cas de reprise de transitoire 3D<sub>réf</sub>.
- Le fait de disposer pour la première gestion EPR de cas d'éjection identiques calculés à la fois en 3DS et en 3D<sub>réf</sub>, permet de chiffrer l'erreur induite par la simplification du calcul 3D ce qui peut s'avérer utile lors de l'instruction (demande IRSN lors de la présentation de la méthode rénovée d'EDG).

**Nous recommandons donc d'engager des échanges avec AREVA pour prévoir une phase de validation des provisions en 3DS en amont de la phase de réalisation des transitoires de référence.**

Cette recommandation PR/NA reçoit le soutien du chef de projet EPR au SEPTEN (J-C. MEIGNIN) qui se déclare favorable aux échanges techniques avec AREVA[28].

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

## 9. Transitoires d'EDG sans AAR

Nous rappelons au projet une problématique connexe à l'étude d'EDG, il s'agit des cas d'EDG qui sont trop faibles pour conduire au déclenchement de l'AAR par  $d\phi/dt > 13\%$ . Ces cas ne figurent pas au RdS et leur étude n'est pas prévue à ce jour dans le cadre des études EPR avec AREVA (contrat C). Par ailleurs il n'existe pas de méthodologie pour traiter cette problématique spécifique.

Cet aspect a fait l'objet d'une RT spécifique qui recommande [26] entre autre :

- de préparer correctement un dossier présentant la démarche de dimensionnement des protections dans un document interne non transmis à l'ASN,
- de prévoir un complément à concernant les EDG sans AAR par le biais d'un avenant au contrat.

Dans le but de satisfaire l'objectif de sûreté de la tranche FA3, il paraît important de demander à AREVA de justifier le dimensionnement des différentes protections sur un panel assez large de conditions accidentelles et pas seulement sur les plus limitatives. A l'heure actuelle il semblerait qu'aucune démarche n'ait été entreprise et le dimensionnement de protections EPR semble succinct ( $d\phi/dt$  à 13% valeur reconduite de la gestion ALCADÉ sans justification complémentaire).

Concernant plus spécifiquement l'EDG et ses cas sans AAR, un dossier défensif paraît nécessaire pour éviter toute lacune dans la démonstration de sûreté. Celle-ci pourrait être en deux temps :

1. Est-il possible de couvrir les cas d'EDG sans AAR par des cas de R1GP en valorisant la détection de l'échauffement du cœur par un signal d'AAR « bas DNB » issu des collecteurs ? Ceci en ayant au préalable fait valider par AREVA la disponibilité de ce signal d'AAR en cas d'une petite brèche primaire à l'origine de l'éjection de la grappe.
2. Si la première solution s'avérait inadaptée, il serait envisageable d'utiliser des calculs 3DS pour réaliser une flyspeck de cas non détectés et vérifier sur celle-ci que ces cas là respectent les critères de catégorie 4 voire de catégorie 2.

**Nous recommandons, avec l'appui du chef de projet EPR SEPTEN, d'éclaircir le sujet en concertation avec AREVA avant de proposer un cahier des charges détaillant le besoin technique sur ces points. Celui-ci sera alors relayé par le projet afin d'obtenir une proposition de la part d'AREVA.**

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

## 10. Conclusion

L'étude d'éjection de grappe pour l'EPR FA3 réalisée par AREVA est suffisamment avancée pour qu'il soit intéressant de faire une synthèse des éléments actuels.

La phase préliminaire comportait essentiellement des sensibilités réalisées, en 3D cinétique simplifiée (3DS), sur un panel représentatif de cas d'éjection (environ 700) et en allant jusqu'au calcul des paramètres limitatifs (NCE, Hmax et température de gaine point chaud,  $\Delta H$  et température de gaine HBU).

**Ces sensibilités dont le but est de déterminer les conditions les plus pénalisantes dans lesquelles seront calculées les données neutroniques spécifiques (DNS :  $\Delta\rho$ , FQ, F $\Delta$ H) conduit à retenir les conditions suivantes :**

- **Le fonctionnement en SCTR, globalement plus pénalisant que celui en base, sera pris en compte de manière explicite afin d'éviter des pénalités**
- **Le  $\Delta I$  +12%, bord droit en cycle naturel, est retenu en condition initiale**
- **Le dernier pas de stretch est le plus pénalisant. Dans la mesure où le stretch sera couvert par un relèvement des insertions limites de manière à ce qu'il ne soit pas plus pénalisant que la FDV, c'est entre le burnup FDV et s8 (FDS) que la comparaison sera réalisée.**

**Suite à ces sensibilités AREVA est en train de calculer les DNS dans les conditions pénalisantes précédemment définies (15000 configurations en tout, seule la FDV est actuellement achevée). Afin de ne pas passer en 3DS, lors de la phase de sélection des cas pénalisants, un volume inutile de cas peu pénalisants, AREVA réalise une présélection sur la base des DNS, afin de ne retenir pour chaque cycle, BU et niveau de puissance, que les configurations les plus pénalisantes. Cette démarche est tout à fait justifiée et son mode de construction adapté, elle est donc satisfaisante pour la recherche des cas pénalisants (sur un panel de 800 cas environ).**

En parallèle AREVA détermine les différentes pénalités à appliquer lors des transitoires :

- Pénalité sur le FQ initial entre 5 et 10%
- Pénalité FPPR et tilt, calculs en cours

**Une fois ces dernières déterminées, AREVA réalisera la sélection des cas pénalisants en 3DS avec incertitudes et pénalités mais sans provisions. En effet seule la hiérarchisation compte et par ailleurs cela permet d'obtenir un bilan des marges physiques du cœur. A ce stade là AREVA retiendra une trentaine de cas pénalisants pour vérifier le respect des critères de sûreté en 3D réf. Parallèlement EDF devra avoir défini des provisions pour écarts de chaînes et aléas de gestions.**

**A ce stade seules les premières sont définies. Pour les secondes deux stratégies sont envisageables selon les objectifs du projet :**

## Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives

- **Maximiser les marges aux critères dans le RdS** (provisions faibles voire nulles conduisant à recourir systématiquement au 3DS en recharge comme c'est rendu possible par la méthode rénovée d'EDG)
- **Maximiser les marges d'exploitation, d'évolution et minimiser voire éviter des calculs 3D cinétiques simplifiés en recharge** (provisions plus élevées conduisant à être raisonnablement proche des critères en étude générique et à avoir des marges en étude de recharge)

Notre préférence va à la deuxième stratégie qui maximise les marges d'exploitation, cet avis est partagé par le chef de projet qui rappelle que cela correspond à la stratégie retenue pour ALCADE.

Quelque soit le montant des provisions, **nous préconisons de profiter de la rapidité des calculs 3DS afin de réaliser, sur les cas limitatifs identifiés en 3DS, leur re-calcul avec des provisions cette fois et disposer ainsi d'un premier bilan des marges. Cette démarche permettrait de sécuriser le planning et le bilan des marges EPR, en validant les provisions au préalable des calculs de référence.**

**Concernant l'étude d'EDG FA3, les points précédents permettent d'estimer que l'avancement de l'étude est satisfaisant, que les spécificités de la méthode rénovée d'EDG et de la première gestion FA3 sont bien prises en compte, le tout dans une démarche de non sur-pénalisation de l'étude.**

Un point associé à ce dossier reste par contre à initier : il s'agit de la problématique des cas d'éjection sans AAR. Actuellement l'étude d'EDG ne comporte aucun volet concernant l'étude de la détection des cas d'éjection, et de manière plus générale aucun dossier concernant le dimensionnement des protections EPR ne semble prévu. **Nous recommandons, avec l'appui du chef de projet EPR SEPTEN, d'éclaircir le sujet en concertation avec AREVA avant de proposer un cahier des charges détaillant le besoin technique sur ces points. Celui-ci sera alors relayé par le projet afin d'obtenir une proposition de la part d'AREVA.**