



Diffusé le : Voir code barres ci-dessus

Réf. : ENPCMC070787A

Entité émettrice : **PC/MC**

Rédacteur : **B. LAMY**

Nbre de pages : 17

Domaine d'application : **EPR**

Nbre d'annexes : 1

Titre : **EPR – Gestion combustible – Lot 1 – Revue de conception du schéma de grappes FA3 du 25/10/2007**



Type de document : **Note**

Mots clés : EPR

Résumé : Cette note constitue le dossier préparatoire et le compte rendu de la revue de conception relative à la reprise du schéma de grappes FA3 qui s'est tenue le 25/10/2007

Diffusion :
Par bordereau

Rédacteur		Vérificateur		Approbateur	
Nom-Date	Visa	Nom-Date	Visa	Nom-Date	Visa
B. LAMY 19/11/2007		B. LARIVE 20.11.07		V. MOULIN 21/11/07 JC MEIGNIN	

Evolutions des trois derniers indices

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

Dossier : NON

Prédiffusion effectuée : oui

Archivage long : NON

Archivé au FDU : OUI

Copyright EDF

- 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.
- 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).
- Accès E.D.F : Ne peut être transmis à l'extérieur d'EDF que par un chef de service.
- Accès libre : Document public.

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes**1. Références**

- [1] PRL – Lot 1 Etudes Chaudière du projet « EPR gestion du combustible » dans sa phase de réalisation
Note EDF ENPCMC070332A
- [2] Courrier REC40152RFP
Ejection de grappe FA3
- [3] ENPCMC070392 – REN40002RFP
Compte rendu de réunion d'enclenchement du 24/05/07
- [4] ENPCMC070595 – REN40011RFP
Compte rendu de réunion d'avancement n°1 du 24/07/07
- [5] NEPCF070659
Compte rendu de réunion d'avancement n°2 du 12/09/07
- [6] ENPCMC070789 – REN40019RFP
Compte rendu de réunion d'avancement n°3 du 15/10/07
- [7] Courrier RFP40768REC
Proposition de schéma de grappe FA3
- [8] Courrier RFP40668REC
Représentativité des essais MAGALY et KOPRA pour les grappes grises
- [9] Fiche de communication ENPCSC070347
Analyse du schéma de grappes EPR vis-à-vis du fonctionnement normal
- [10] Fiche de communication ENPRNA070313
Analyse du schéma de grappes EPR vis-à-vis de l'éjection de grappe
- [11] EPCRDC943C
EPR – Basic Design – Fonctionnal Requirements on control and shutdown rods
- [12] Courrier RFP40123REC
FA3 – Ejection de grappe
- [13] Courrier RFP22025REC
Première gestion combustible FA3 et éjection de grappe

2. Introduction

Ce document constitue le dossier préparatoire (§3 à 6) et le compte rendu (§7 et 8) relatif à la revue de conception qui s'est tenue au Septen le 25/10/2007 concernant la reprise du schéma de grappes FA3 suite à la décision du Comité Stratégique EPR du 04/05/2007 relative à la problématique de l'accident PCC4 d'éjection d'une grappe de régulation présentée lors de la Revue Technique du 30/03/07.

La présente revue de conception est prévue au PRL (réf [1]) du Lot 1 du projet interne Septen « EPR – Gestion du combustible ».

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes

3. Rappel du contexte

Les résultats de l'étude préliminaire de l'accident d'éjection de grappe effectuée dans le cadre de la préparation de l'établissement du Rapport de Sécurité FA3 ont fait apparaître un dépassement des critères de sûreté retenus en France par l'ASN malgré l'emploi d'une nouvelle méthodologie d'étude qui est actuellement soumise à l'approbation de l'ASN. La présence de grappes noires fortement insérées, qui constitue une caractéristique du pilotage de l'EPR, est à l'origine de cette difficulté.

Suite à la Revue Technique « EPR – Gestion du combustible » du 30/03/2007, AREVA a présenté 3 solutions de traitement pour retrouver une étude satisfaisant les critères, et a proposé de retenir la solution 1 qui offrait selon AREVA « le meilleur compromis entre les différentes exigences du cahier des charges : respect des critères de sûreté et des exigences de manoeuvrabilité, faisabilité de l'augmentation de puissance et introduction de recharges MOX, sécurisation du licensing » (cf. réf [12]).

Cette solution 1 envisageait l'introduction de 8 à 12 grappes grises au schéma de grappes, l'optimisation de ce dernier ainsi que l'évolution de certaines hypothèses.

Cette proposition a été examinée lors du Comité Stratégique du 4/05/2007 et a conduit EDF à approuver la proposition AREVA et à en demander la mise en œuvre (réf [2]).

Le décalage de 4 mois du planning des études annoncé par AREVA (cf réf [13]) comme partie intégrante de la solution 1 n'a toutefois pas été accepté par EDF (réf [2]).

4. Déroulement de l'étude

La demande de reprise de conception du schéma de grappes a été signifiée à AREVA le 11/05/2007 par le courrier en réf [2] et une réunion d'enclenchement technique s'est tenue au Septen le 24/05/07 [3] qui a permis de préciser :

- La solution retenue par EDF vis-à-vis de la problématique éjection de grappe,
- Le programme de travail relatif à cette activité proposé par AREVA,
- L'organisation du suivi technique entre EDF et AREVA sur cette activité sur le chemin critique des études d'accidents visant à sécuriser le planning de reprise annoncé par AREVA (présentation par AREVA du schéma de grappe à retenir le 15/10/07 permettant la reprise de la modélisation de la gestion du combustible devant être redéfinie en parallèle).

Il a été convenu avec AREVA que des réunions de suivi de l'avancement technique de ce programme seraient tenues à l'issue de chacune des 3 étapes (d'une durée chacune d'environ 1,5 mois) de validation prévues à l'enclenchement.

A noter que cette reprise de conception s'est déroulée en parallèle de la modification de la gestion elle-même. La version définitive n'a donc été intégrée au processus de validation qu'en cours d'étude.

La 1ère réunion d'avancement s'est tenue le 24/07/07 (réf [4]) qui a permis d'une part de présenter à EDF le produit grappes grises proposé par AREVA, et d'autre part de présenter les différents schémas de grappes testés (7 schémas différents intégrant 8 ou 12 grappes

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes

grises) sur un panel de gestions relativement large (y compris MOX, gestion 4500MWth...). A l'issue de cette étape, 5 schémas (dont 1 strictement symétrique 1/8^{ème}) ont été retenus pour l'étape suivante d'optimisation. Des grappes grises à 12 crayons AIC (type N4) ont été préliminairement privilégiées.

Une deuxième réunion d'avancement s'est tenue le 12/09/07 (réf [5]) qui a permis de présenter une évaluation des schémas sélectionnés à l'étape précédente sur la base de calculs de données neutroniques statiques (Marge d'arrêt, éjection de grappe, tracking error...), ainsi que de définir des évolutions de ces schémas (13 schémas analysés). Ces analyses se sont limités à quelques cycles de la 1^{ère} gestion. Elles ont permis d'identifier 2 schémas favorables vis-à-vis des différents critères de choix qui ont fait l'objet de la dernière étape de validation (le schéma symétrique strict 1/8^{ème} n'a pas été conservé, cf §5.6).

Une troisième réunion d'avancement s'est tenue le 15/10/07 (réf [6]) qui a permis de présenter les validations effectuées sur les 2 schémas les plus favorables pour 2 types de grappes grises (8 crayons AIC comme le 1300MWe ou 12 crayons AIC comme le N4) et a conduit AREVA à faire une proposition du schéma à retenir pour FA3.

Cette proposition AREVA doit être formalisée par un courrier projet (réf [7]).

En outre, AREVA a transmis par courrier (réf [8]) son analyse relative à l'applicabilité des essais MAGALY et KOPRA pour les grappes grises prévues d'être intégrées au nouveau schéma de grappes.

Enfin, une note d'ingénierie présentant l'ensemble des analyses menées ayant conduit au choix retenu sera émise à l'issue du processus.

**EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes**

5. Orientations techniques retenues

5.1 Exigences fonctionnelles prises en compte

Les exigences fonctionnelles relatives au schéma de grappe ont été préalablement identifiées afin de définir le jeu de contraintes à prendre en considération dans le cadre de la modification de celui-ci.

A. Exigences vis-à-vis de la sûreté

Exigence générique	Exigence sur schéma de grappes	Type de calcul associé
Temps de chute des grappes	Même masse grappes grises et noires	
Marge d'anti-réactivité (MAR) suffisante	<ul style="list-style-type: none"> Minimiser la perte de MAR en AAC Marge d'arrêt Partial Cooldown positive 	<ul style="list-style-type: none"> Calcul MAR 303°C Calcul MAR 260°C
Accidents de réactivité	<ul style="list-style-type: none"> Respect critère en EdG (10% cray. DNB) Eviter la dégradation de Tracking Error (incertitude PS) 	<ul style="list-style-type: none"> Données EdG Calcul TE protection

B. Exigences vis-à-vis du fonctionnement

Exigence générique	Exigence sur schéma de grappes	Type de calcul associé
Contrôle de l'AO	<ul style="list-style-type: none"> Poids croissant des groupes (P1 gris) Capacité de H à contrôler l'AO 	<ul style="list-style-type: none"> Calculs statiques d'insertion groupes
Contrôle T° / puissance	<ul style="list-style-type: none"> Compensation défaut de puissance IL appropriées 	<ul style="list-style-type: none"> Calcul des IL
Eviter l'aveuglement des détecteurs (incore et excore)	<ul style="list-style-type: none"> Position des grappes (éviter périphérie, limiter les grappes adjacentes aux collectrons) 	<ul style="list-style-type: none"> Estimation Tracking Error surveillance
Capacité à réaliser transitoires contractuels	<ul style="list-style-type: none"> Suivi de charge à vitesse maximale Réglage primaire et secondaire Transitoires occasionnels 	<ul style="list-style-type: none"> Suivi de charge : 5%PN/mn (100% à 60%) 2,5%PN/mn (100 à 25%) Echelon de puiss entre 100% et 90%
Durée de vie des MCG	<ul style="list-style-type: none"> Minimiser le nb de pas du groupe le plus sollicité Possibilité d'alternances 	<ul style="list-style-type: none"> Transitoires Suivi de Charge
Optimisation du Burnup combustible	<ul style="list-style-type: none"> Possibilité d'alternances sym. 1/8ème 	

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes

En outre, la volonté de se rapprocher de design éprouvés en France a également été prise en considération afin de réduire les risques techniques, planning et licensing :

- Design des grappes grises connu (12 ou 8 crayons AIC par grappe, respectivement type N4 ou 1300)
- Schéma de grappe type N4 (alternance entre P1 gris et sous-groupe gris P3)

Enfin la contrainte relative au design du couvercle de cuve a été prise en considération (emplacements des grappes fixés).

5.2 Conception des grappes grises

Compte tenu des exigences rappelées au §5.1, deux conceptions de grappes grises ont été présentées lors de la réunion du 24/07/07 (réf [4]) (avec 8 ou 12 crayons AIC).

Pour l'un et l'autre des cas, le poids de l'ensemble est recalé (via le design des cales creuses des crayons acier) sur celui des grappes noires afin de ne pas remettre en question la représentativité des essais KOPRA et le calcul du temps de chute des grappes.

A noter que l'épaisseur des gaines est prise identique à celle des grappes noires (gaines minces type 900MW).

En outre AREVA s'est positionné dans le courrier en réf [8] quant à l'absence de remise en question de la représentativité des essais MAGALY (validation de la conception du guide de grappes) vis-à-vis des grappes grises. Cette position a conduit le Septen à faire la demande d'éléments complémentaires concernant l'impact possible des grappes grises vis-à-vis des phénomènes vibratoires. Ce point n'est toutefois pas jugé bloquant par le Septen.

5.3 Couverture des gestions

L'objectif était de redéfinir un schéma de grappes optimisé qui ne constitue pas un obstacle à la mise en œuvre d'autres gestions que celle retenue pour le démarrage (en particulier passage à 4500MWth, MOX...).

Le processus de validation s'est donc attaché au maximum à ce que la modification du design du schéma soit validé sur différentes gestions.

En particulier les calculs réalisés lors de la première étape (1^{er} choix de schémas) ont donné lieu à des calculs de sensibilité porté sur un panel de gestions du combustible et de cycles, afin de couvrir des plans de chargements et des caractéristiques variés :

- Cycle 1 et équilibre de la 1^{ère} gestion (gestion de la faisabilité à 62GWj/t à 4300MWth)
- Cycle 18mois Out/In du PSAR à 4250MWth (RF002)
- Cycle 30%MOX du PSAR à 4250MWth (RF002)
- Cycle 18mois du PSAR à 4500MWth (YR1402)

Les cycles 1 et d'équilibre de la 1^{ère} gestion à 4300MWth une fois définis, ont ensuite été intégrés aux validations détaillées.

Les validations complémentaires détaillées de l'étape 3 n'ont toutefois pas pu être menées sur l'ensemble de ces cycles compte tenu de la contrainte planning. En particulier les calculs relatifs à l'éjection de grappe étant très plan-dépendants, une analyse détaillée sur les gestions au-delà de la 1^{ère} gestion n'aurait pas été pertinente.

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes

Le schéma de grappe finalement proposé est toutefois jugé globalement acceptable pour l'ensemble des gestions du PSAR vis-à-vis des exigences fonctionnelles principales. La gestion Out/In présente des Marges d'Arrêt faibles voire un peu insuffisantes mais qui pourraient être améliorées en modifiant un peu le plan de positionnement. Les marges d'arrêt relatives à la gestion MOX et la gestion à 4500MWth sont considérées comme acceptables même si la dégradation de l'efficacité des grappes dans le MOX ou l'effet de puissance accru à 4500MWth est défavorable vis-à-vis du fonctionnement (nb de pas de grappes accrus en particulier).

5.4 Processus de sélection des schémas

Le processus de sélection des schémas de grappes ayant conduit à la proposition AREVA s'est décomposé en 3 grandes étapes identifiées lors de l'enclenchement :

1. Définition de schémas de grappes possibles et première validation par rapport au pilotage et au fonctionnement normal
2. Détermination de données neutroniques (marge d'arrêt, éjection...) sur un nombre réduit de schémas sélectionnés à l'issue de l'étape 1
3. Validation par des transitoires d'éjection de grappe et de fonctionnement normal du schéma sélectionné à l'issue de l'étape 2

A noter que pour la réalisation de transitoires les hypothèses suivantes ont été retenues :

- $\Delta I_{max} = +12\%$ (contre $+18\%$ lors des études de faisabilité)
- SCTR couvert via la réalisation des transitoires sur les modèles épuisés en simulant ce type de fonctionnement (couverture par pénalité lors des études de faisabilité),
- Pénalités TILT, FPPR issues d'ALCADE (pas de pénalité pour couverture de la prolongation de cycle),
- Provisions sur Δp et $F\Delta H$ réduites à 5% (contre 10% pour la faisabilité).

Ces hypothèses, qui font partie intégrante de la solution 1, ont été acceptées par EDF pour cette recherche de schéma de grappe.

5.5 Nombre de séquences et durée de vie des MCG

La notion d'alternances des séquences de groupes (ordre d'insertion des sous-groupes différent au cours du cycle) a été considérée depuis l'origine de l'EPR dès le Basic Design.

Les objectifs des alternances sont les suivants :

- Réduire le nb de pas de grappes des mécanismes (MCG) du groupe le plus sollicité en les répartissant entre différentes grappes,
- Réduire les sous-épuisements sous les grappes en le répartissant entre différents assemblages.

Depuis le Basic Design, 4 séquences de groupes sont prévues bien que la justification précise du nb de séquences n'a jamais pu être apportée précisément malgré les demandes d'EDF (dans le cadre du TG5 en particulier). Il convient de noter qu'un grand nombre de séquences complexifie fortement les études d'accident (en particulier celle d'éjection de

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes

grappe) compte tenu du plus grand nombre de situations initiales à couvrir et conduit inmanquablement à pénaliser les résultats en éjection de grappe.

Lors de la revue du 30/03/07 il a ainsi été envisagé de réduire le nb de séquences afin d'améliorer les marges lors de l'accident d'éjection de grappe.

En outre, l'hypothèse relative au nombre de séquences est structurante vis-à-vis de la recherche du schéma de grappes. Dans ces conditions et compte tenu des exigences de planning, il a été convenu dès l'enclenchement de l'étude, sur proposition d'AREVA, de retenir l'hypothèse d'alternances entre 2 séquences contre 4 actuellement (cette hypothèse pouvant être remise en question en cas de difficulté particulière au cours de l'étude). Ainsi, un schéma de grappes avec 8 grappes grises ne pourra comporter que 2 séquences alors qu'un schéma avec 12 grappes pourrait potentiellement en comporter jusqu'à 3. Ce choix de 2 séquences correspond en outre à celui retenu sur le N4 en mode X.

L'introduction de grappes grises, si elle augmente un peu le nombre de pas de grappes nécessaires (~+10%) contribue à réduire le sous-épuisement sous grappes ce qui rend le passage à 2 séquences acceptable de ce point de vue.

En outre, l'analyse de la durée de vie des MCG dépend au 1^{er} ordre du mode d'exploitation réel de la tranche au cours de sa vie (fréquence du suivi de charge, niveau moyen des paliers intermédiaires, réglage primaire...). Un calcul de nombre de pas de grappes mené par AREVA montre que pour une hypothèses de 1 Suivi de Charge quotidien à palier bas 60%PN jusqu'à 80%FDC, le nombre de pas total du groupe P1 serait de l'ordre de 17.10^6 pas avec un schéma noir et d'environ 19.10^6 pas avec le schéma N1 proposé (la durée de vie contractuelle des MCG étant de 6.10^6 pas est en cours de validation par des essais).

La prise en compte d'alternances entre 2 séquences conduit à faire porter sur chacun des MCG des 8 grappes grises de l'ordre de 10.10^6 pas sur 60 ans (contre environ la moitié pour 16 MCG avec 4 séquences). Encore une fois, ce calcul dépend au 1^{er} ordre des hypothèses prises en compte relatives à l'exploitation réelle de la tranche, qui sont très difficiles à appréhender. Une évaluation réalisée dans le cadre du Basic Design, jugée par AREVA très enveloppe du point de vue des hypothèses d'exploitation concluait à un nb de l'ordre de 60.10^6 pas sur 60 ans (la valeur présentée dans la note en réf [11] étant en fait de 67.10^6 pas). Dans ces conditions, même avec 4 séquences, 16 MCG verraient leurs nb de pas dépasser la limite technologique (en dépassant 15.10^6 pas sur 60 ans), alors qu'avec 2 séquences, les 8 MCG de P1 devraient porter chacun plus de 30.10^6 pas.

Enfin, l'alternance entre 3 séquences qui apparaît a priori possible pour des schémas avec 12 grappes grises (chaque grappe grise étant associée successivement à P1, P2 puis P3) ne permettrait pas nécessairement de réduire fortement le nombre de pas réalisés par les MCG les plus sollicités par rapport à 2 séquences dans la mesure où le groupe P2 est largement sollicité en Suivi de Charge. Ceci dépendrait donc encore de l'exploitation réelle de la tranche (gain supérieur en réglage primaire par rapport au suivi de charge). A noter que cette possibilité n'a pas été analysée par AREVA.

Dans ces conditions, l'alternance entre 2 séquences est jugée par AREVA comme étant un bon compromis entre les exigences de fonctionnement et d'études. Enfin, l'alternance retenue concerne deux sous-groupes symétriques 1/8^{ème} alors que les alternances actuelles ne respectaient qu'une symétrie ¼ de cœur. Ce choix est favorable vis-à-vis de la simplification des études, de la facilitation de l'établissement de plans en recharge et de la réduction des points chauds lors de l'épuisement du cœur.

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes**5.6 Cas du schéma symétrique 1/8^{ème} strict**

A la demande d'EDF, AREVA a recherché un schéma strictement symétrique 1/8^{ème} de cœur afin de réduire les risques d'écart d'épuisement entre les assemblages symétriques sous grappes. Cette recherche n'a permis de définir qu'un unique schéma acceptable vis-à-vis des différentes exigences fonctionnelles. Il présentait toutefois des résultats dégradés vis-à-vis du contrôle de l'AO du fait du non respect de la règle des poids de groupes croissants et ne permettait pas de prévoir d'alternances entre différentes séquences.

Pour ces 2 raisons, ce schéma n'a pas été retenu lors de l'étape 3 de validation finale.

5.7 Schémas candidats

Le processus de recherche des schémas a conduit à sélectionner 2 schémas pour la dernière phase de validation :

- Schéma « N1 » avec 8 grappes grises (groupe P1 et sous-groupe de P3)
- Schéma « N4 » avec 12 grappes grises (idem schéma N1 avec groupe P2 gris)

Ces schémas sont présentés en figure 1 (le schéma actuel est rappelé en figure 2).

Ces 2 schémas ont été analysés lors de la dernière phase de validation via des calculs de transitoires d'éjection de grappe et de fonctionnement normal.

Pour chacun d'eux, 2 variantes ont été analysées (grappes grises avec 8 ou 12 crayons AIC).

Au final, la proposition d'AREVA porte sur le schéma N1 avec 8 grappes grises comportant chacune 8 crayons AIC (réf [7]).

6. Analyse des résultats du livrable**6.1 Analyse du processus de définition et validation suivi**

Le processus de définition du schéma de grappe FA3 mis en œuvre permet d'assurer la conformité du schéma finalement proposé avec l'ensemble des exigences fonctionnelles présentées au §5.1 et de rendre la validation du choix suffisamment robuste compte tenu du court délai de réalisation de cette étude.

Il a fait l'objet d'un accord de la part d'EDF lors de l'enclenchement et a globalement été suivi par AREVA. L'étape 3 a été conduite pour 2 schémas sélectionnés et pour 2 types de grappes grises (8 et 12 AIC).

6.2 Analyse du schéma proposé

L'ensemble du processus de sélection des schémas de grappes conduit à considérer qu'au final 2 critères de choix sont pertinents vis-à-vis du choix du schéma définitif (les autres exigences étant respectées pour les 2 schémas candidats) :

- Les résultats en éjection de grappe (origine de la reprise du schéma),
- Les résultats en transitoire de fonctionnement normal.

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes

Les résultats d'éjection de grappe pour des grappes grises avec 12 crayons AIC sont donnés au tableau 1. Ils montrent que les difficultés pour les niveaux de puissance intermédiaires devraient être éloignées. Par contre, malgré l'amélioration majeure des résultats par rapport au bilan des marges présenté lors de la RT du 30/03/07, des difficultés persistent pour les 2 schémas N1 et N4 en variante 12 AIC par grappe grise aux niveaux de puissance élevés (y compris 100%PN). En effet, la marge réduite (8,5%NCE pour un critère de 10% pour N4) apparaît faible compte tenu des risques de voir le résultat pénalisé lors de la réalisation de l'étude complète (couverture de situations plus larges, évaluation définitive des pénalités...).

Dans ces conditions, il est jugé nécessaire par AREVA de retenir une conception des grappes grises avec 8 crayons AIC qui permet d'améliorer les marges de l'ordre de 2 à 5%NCE aux forts niveaux de puissance (les résultats sont donnés au tableau 2). Avec cette hypothèse les schémas N1 et N4 présentent des résultats très proches en éjection de grappe même si le schéma N4 (avec 12 grappes grises) pourrait s'avérer plus favorable que N1 dans le cas où la grappe de P2 (noire pour N1 et grise pour N4) deviendrait pénalisante, ce qui n'a jamais été le cas dans les calculs réalisés mais ne peut être exclu pour des plans différents.

Pour autant, le fait de retenir des grappes grises moins absorbantes (8 crayons AIC), réduit encore l'efficacité des 1ers groupes insérés ce qui pénalise la manoeuvrabilité. Dans ce cas, le schéma N4 (12 grises avec 8AIC) est jugé peu satisfaisant. Le nombre de pas de grappes serait augmenté pour le schéma N4 par rapport à N1 (~+10 à +20% en suivi de charge et +50% lors d'un échelon de 10%PN) et la capacité à réaliser les transitoires de fonctionnement normal sans difficultés serait réduite, sans pour autant que le respect des exigences de manoeuvrabilité de la tranche soit formellement remis en cause.

Enfin, même si le schéma N4 pourrait permettre a priori d'alterner entre 3 séquences, le gain en nb de pas de grappes des MCG les plus sollicités n'apparaît pas nécessairement très important. En outre, un tel choix complexifierait les études et pourrait pénaliser les résultats d'éjection de grappe. Cette possibilité n'ayant pas été analysée par AREVA, elle nécessiterait une phase de validation préalable vis-à-vis des résultats d'éjection de grappe en particulier.

Compte tenu de ce qui précède le choix proposé par AREVA est de retenir le schéma N1 avec 8 crayons AIC pour chacune des 8 grappes grises (P2 restant noir). Ce choix est présenté comme le meilleur compromis possible entre les 2 critères principaux de choix appelés ci-dessus.

Ce choix n'exclut pas définitivement le risque de rencontrer des difficultés en éjection de grappe à fort niveau de puissance. Si une telle situation se présentait, il serait alors nécessaire de remonter ponctuellement les Insertions Limites. La manoeuvrabilité pourrait dans ce cas être impactée. **Pour autant, AREVA n'affiche pas de réelles réserves sur la manoeuvrabilité avec le schéma proposé par rapport aux exigences du CSCT FA3.**

En outre, dans le cadre d'une augmentation de puissance à 4500MWth, il ne peut être exclu que les difficultés en éjection de grappe aux forts niveaux de puissance ne permettraient pas de préserver intégralement la manoeuvrabilité de la tranche. Il conviendrait à cette échéance de pouvoir valoriser de nouvelles voies de récupération de marges qui ont été jugées incompatibles avec le planning du démarrage de FA3 lors de la RT du 30/03/2007 (voie critère analytique ou voie méthodologique).

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes

6.3 Surveillance réalisée

Compte tenu des délais tendus et de la nécessité de reprendre les modélisations disponibles, une surveillance de niveau 2 (surveillance détaillée sans contre calculs) a été réalisée par le Septen sur la base des éléments transmis par AREVA. Celle-ci permet de valider le processus de définition et de validation du schéma de grappes par AREVA et n'a pas conduit à invalider les résultats et analyses présentés tant vis-à-vis du fonctionnement normal (réf [9]) qu'en éjection de grappe (réf [10]).

6.4 Proposition d'orientation

Compte tenu des éléments présentés et de la profondeur de l'analyse menée par AREVA, il est proposé à la revue d'acter son accord avec l'analyse AREVA qui conduit à devoir se déterminer entre les deux schémas suivants :

Schéma de grappe	Avantages / Inconvénients
Schéma N1 8 grappes grises (8 AIC par grappe grise)	<ul style="list-style-type: none"> • Meilleur en fonctionnement normal que N4 • Risque en éjection de grappe un peu supérieur (mais non avéré) pouvant conduire à remonter les IL ponctuellement
Schéma N4 12 grappes grises (8 AIC par grappe grise)	<ul style="list-style-type: none"> • Moins bon en fonctionnement normal que N1 (+ de pas de grappes, taux de réussite des transitoires inférieur) • Risque en éjection de grappe moindre que N1 a priori mais non nul • Pourrait permettre l'alternance entre 3 séquences (nécessite un délai supplémentaire pour confirmation)

La proposition d'AREVA de retenir le schéma N1 avec 8 grappes grises comportant chacune 8 crayons AIC vise à favoriser la manoeuvrabilité par rapport à un risque en éjection supplémentaire non avéré et qui pourrait être géré par une remontée très ponctuelle des IL.

Cette proposition est également jugée, comme le meilleur compromis possible compte tenu des différentes exigences associées au choix du schéma de grappe. Ce choix apparaît comme le plus robuste vis-à-vis de la réalisation des études de sureté du RdS FA3 dans le respect du cahier des charges relatif à la manoeuvrabilité de la tranche. Toutefois, l'introduction de grappes grises dans le schéma conduit à réduire le nombre de séquences et à faire porter aux MCG les plus sollicités un plus grand nombre de pas que pour le schéma de grappes noires actuel (environ le double de pas sur moitié moins de MCG).

La validité du schéma vis-à-vis d'autres gestions a fait l'objet de vérifications mais la capacité à respecter les critères d'éjection de grappe pour une autre gestion que celle retenue pour le démarrage de l'EPR ne peut être objectivement considérée comme acquise. Pour autant, il apparaît que l'exercice d'optimisation du schéma de grappes ne peut être poussé plus loin.

En outre, la conception des grappes grises proposées par AREVA est jugée acceptable, y compris au sens de la représentativité des essais KOPRA et MAGALY.

Enfin, ces résultats confirment que malgré la très nette amélioration de la situation par rapport à l'état des lieux présenté lors de la revue du 30/03/07, qui permet d'engager les

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes

études du RdS sur la base de ces nouvelles hypothèses, des difficultés resteront présentes à fort niveau de puissance lors de la réalisation de l'étude d'éjection de grappe du RdS. Ceci confirme d'ores et déjà le besoin de valoriser la relaxation des hypothèses considérée dans cette étude et intégrée à la solution 1 à savoir : réduction du domaine en ΔI à +12%, modélisation explicite du SCTR, réduction des provisions, absence ou minimisation des pénalités pour couvrir la prolongation de cycle.

Dans ces conditions, il est proposé à la revue d'accepter le schéma de grappe N1 fait par AREVA pour la suite des études et de poursuivre les actions visant à confirmer la faisabilité et définir les modalités de relaxation des hypothèses considérées, en amont de l'enclenchement de l'étude d'éjection de grappe.

7. Remarques émises lors de la revue de conception

La réunion faisant office de revue de conception s'est tenue le 25/10/2007 au Septen.

Les personnes suivantes étaient présentes :

EDF SEPTEN : B. LAMY B. LARIVE (PC/MC), J. FIORONI (PC/FM), H. HUPOND (PC/SC), JC MEIGNIN (PJC), N. VALETTE (PR/NC), S. SALA, R. VIDAL (PR/NA), S. STELLETTA (PR), J. PAUTHENET (CN/CA)

EDF CNEN : XP HENRIOT (CNEN/EPR), S. JULLIARD (tél) (CNEN/FSE), I. NICOULAUD (tél) (CNEN/EPR)

EDF DCN (tél.) : F. ADEL (PAC)

EDF DPN : N. SUBRA (UNIE GECC)

Les transparents présentés par le Septen sont donnés en annexe 1.

Il est indiqué par S. STELLETTA (Septen / PR) que la reprise du schéma de grappes est une modification importante de conception par rapport au PSAR qui a conduit au DAC et que l'ASN pourrait y voir une raison de constat de perte d'actualité de ce dossier.

Le bilan global en éjection de grappes est sensiblement amélioré par rapport à la situation du 30/03/2007 mais des difficultés persisteront aux niveaux de puissance proches de 100%PN. La décomposition des gains relatifs aux différentes améliorations (schéma de grappes, ΔI , SCTR, réduction des pénalités et provisions) ne peut toutefois pas être apportée et nécessiterait des études de sensibilités relativement lourdes qui n'étaient pas réalisables dans le planning. Par ailleurs, les résultats montrent que l'ensemble de ces gains est nécessaire. Pour autant, il est précisé que les conditions nécessaires à assurer la faisabilité de la relaxation de ces hypothèses devront être précisées en amont du démarrage de l'étude finale.

Le choix de conception soulève deux questions principales :

1. Le passage à 4500MWth pourrait dégrader la manœuvrabilité sans améliorations méthodologiques nouvelles (critère analytique, méthode d'étude d'accident elle-même)

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes

2. L'introduction des grappes grises augmente le nombre de pas des MCG au cours de l'exploitation de la tranche : sur 60 ans, le nombre de pas spécifié à AREVA pour la qualification des MCG sera largement dépassé => compléments de qualification ou changement des MCG en cours d'exploitation

GECC s'interroge sur la faisabilité en recharge : la méthodologie 3D d'éjection de grappes est consommatrice en temps de calculs, le nombre de grappes à traiter (fonction des alternances) est important, la prise en compte d'un modèle explicite SCTR est à établir.

La question du maintien avec le nouveau schéma de grappes de la capacité de réaliser une gestion MOX dans le futur est également posée par SEPTEN/PR (en lien avec la réduction de l'efficacité totale des grappes liée l'introduction de grappes grises). La marge d'antiréactivité reste suffisante mais les transitoires de fonctionnement normal n'ont pu être simulés en gestion MOX.

A la question 1, il est précisé que l'accident d'éjection de grappe étant limitatif, l'évolution du schéma de grappe avec l'introduction de grappes grises est **un élément facilitateur** vis-à-vis du passage à 4500MWth même s'il reste un risque qu'il ne soit pas suffisant pour éviter toute contrainte de manoeuvrabilité (du type limitation de la vitesse de reprise de charge dans certains cas à l'approche de la pleine puissance). Les améliorations ultérieures possibles concernent :

- Le passage au critère analytique (dans l'objectif de la suppression du critère de nb de crayons en crise d'ébullition). Le dossier technique sera transmis à mi 2008 pour une instruction à partir de 2009 qui est attendue longue et difficile,
- Une nouvelle évolution méthodologique sur le volet thermohydraulique serait envisageable. La confirmation de la faisabilité de sa réalisation dans un planning compatible avec l'échéance d'un passage de FA3 à 4500MWth nécessite l'enclenchement des actions avec AREVA. Cette possibilité n'excluerait pas les risques licensing associés à la méthode.

A la question 2, il est confirmé que le schéma gris conduit à un peu plus que doubler le nombre de pas des MCG les plus sollicités (dont le nombre est en outre réduit) par rapport au schéma noir précédent, essentiellement du fait de la réduction du nombre de séquences de 4 à 2. Cette conséquence indirecte du schéma gris accentue la problématique, déjà existante pour le schéma noir, relative au doute d'EDF sur la suffisance de qualification des MCG ramenée à un objectif de non remplacement durant la vie de la tranche de 60 ans pour laquelle l'exigence fonctionnelle en terme de nb de pas avait été chiffrée à plus de $60 \cdot 10^6$ pas sur 60 ans dans le cadre du Basic Design (évaluation jugée enveloppe par AREVA) (réf [11]). En tout état de cause le nb de pas et donc de la durée de vie dépendent du mode d'exploitation futur, leur évaluation nécessite donc d'en définir les caractéristiques.

8. Suites à donner

La revue conclut que le nouveau schéma de grappe proposé par AREVA est un bon compromis manoeuvrabilité / problématique éjection de grappe qui permet d'envisager le respect des critères d'éjection de grappe pour la 1^{ère} gestion FA3.

Cette conclusion sera présentée par le Septen en comité de pilotage FA3 le 5/11/2007 pour validation par la direction technique du projet.

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes

TABLEAU 1 :**Résultats d'éjection de grappes avec grappes grises à 12 crayons AIC****Schéma N1 (8 grappes grises à 12 AIC chacune) :**

	%PN	Schéma N.1 - grappes grises avec 12 AIC			
		Grappe éjectée	$\Delta\rho$ BE (pcm)	$\Delta\rho$ pén (pcm)	%CRDNB
P5 FDV	100%PN	L03 (groupe P1)	119	159	9.9
	70%PN	L03 (groupe P1)	158	211	6.0
	20%PN	L03 (groupe P1)	341	453	2.0
	0%PN	L07 (groupe P2)	424	565	0.0
P5 DVX	100%PN	L03 (groupe P1)	132	189	12.5
	0%PN	L07 (groupe P2)	364	607	0

Schéma N4 (12 grappes grises à 12 AIC chacune) :(optimisation des IL en DVX, réduction des provisions à 5% ($\Delta\rho$, F Δ H) DVX et FDV)

	%PN	Schéma N.4 - grappes grises avec 12 AIC			
		Grappe éjectée	$\Delta\rho$ BE (pcm)	$\Delta\rho$ pén (pcm)	%CRDNB
P5 FDV	100%PN	L03 (groupe P1)	121	153	8.0
	70%PN	L03 (groupe P1)	168	213	5.0
	20%PN	L03 (groupe P1)	294	373	0.2
	0%PN	J05 (groupe P3)	346	439	0.0
P5 DVX	100%PN	L03 (groupe P1)	113	154	8.3
	0%PN	J05 (groupe P5)	268	427	0.0

	%PN	Schéma N.4 - grappes grises avec 12 AIC			
		Grappe éjectée	$\Delta\rho$ BE (pcm)	$\Delta\rho$ pén (pcm)	%CRDNB
P1 FDV	100%PN	L03 (groupe P1)	112	151	8.5
	70%PN	L03 (groupe P1)	153	206	5.7
	20%PN	L03 (groupe P1)	324	459	3.5
	0%PN	L03 (groupe P1)	426	779	-
P1 DVX	100%PN	L03 (groupe P1)	131	169	7.9
	0%PN	L03 (groupe P1)	554	841	0.0

**EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes**

TABLEAU 2 :

Résultats d'éjection de grappes Schémas N1 et N4 avec 8 crayons AIC

(optimisation IL en DVX, réduction des provisions à 5% ($\Delta\rho$, $F\Delta H$) DVX et FDV)

	%PN	schéma N.1 + optim. - 8 AIC	schéma N.4 + optim. - 8 AIC
		cycle P5	cycle P5
FDV	100%PN	2.5	3.2
	90%PN	4.3	5.1
DVX	100%PN	6.2	5.9
	90%PN	5.3	5.5

	FAISABILITE (RT 30/03/07)			SCHEMA DE GRAPPES N1 (8grappes grises)		
	Drho BE	Drho pénal	%Crdnb	Drho BE*	Drho pénal	%Crdnb
DVX						
100%	133	198	21%	90	123	6,2%
90%				104	144	5,3%
70%	288	429	19%			
40%	454	675	19%			
20%	546	812	19%			
0%	470	699	1%			

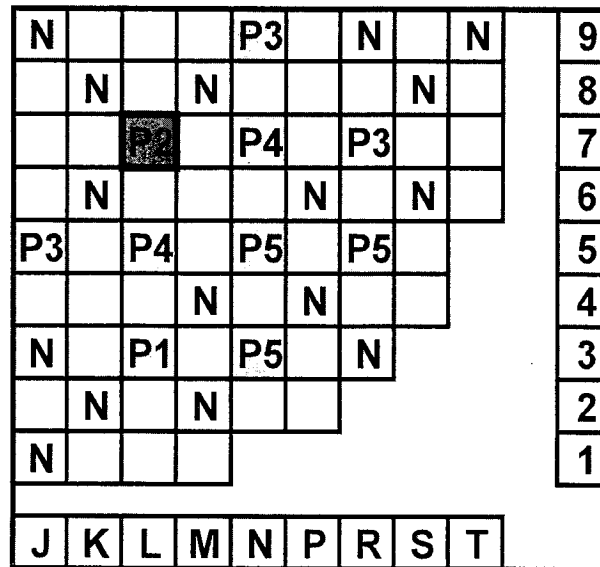
	FAISABILITE (RT 30/03/07)			SCHEMA DE GRAPPES N1 (8grappes grises)		
	Drho BE	Drho pénal	%Crdnb	Drho BE*	Drho pénal	%Crdnb
FDV						
100%	173	266	26,7%	70	88	2,5%
90%				101	127	4,3%
80%				120		
70%	301	463	25,0%	138		
60%				167		
50%				193		
40%	452	695	29,6%	197		
30%				252		
20%	504	775	20,1%	304		
10%				404		
0%	583	815	4,8%	421		

Non prompt critique

* Drho BE intègre le SCTR (via modèle) - Seul les cas 8 AIC présente des IL optimisées à 100% et provision réduite à 5%

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes

FIGURE 1 : Schémas de grappes N1 et N4 proposés



» Schéma N.1

P1: 4 grappes grises

P2: 4 grappes noires

P3: 4 grappes grises + 4 grappes noires

P4: 8 grappes noires

P5: 12 grappes noires

» Schéma N.4

P1: 4 grappes grises

P2: 4 grappes grises

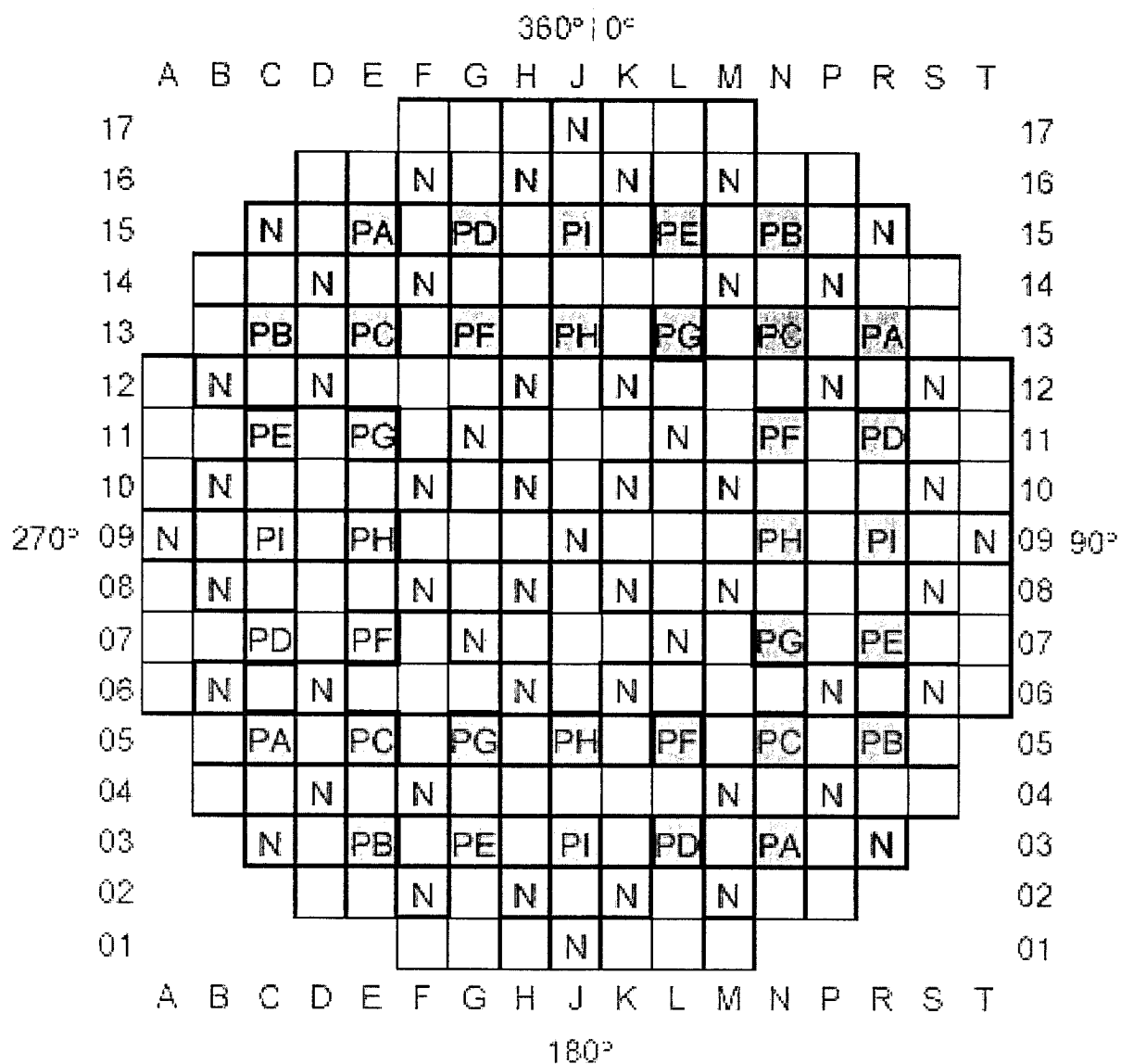
P3: 4 grappes grises + 4 grappes noires

P4: 8 grappes noires

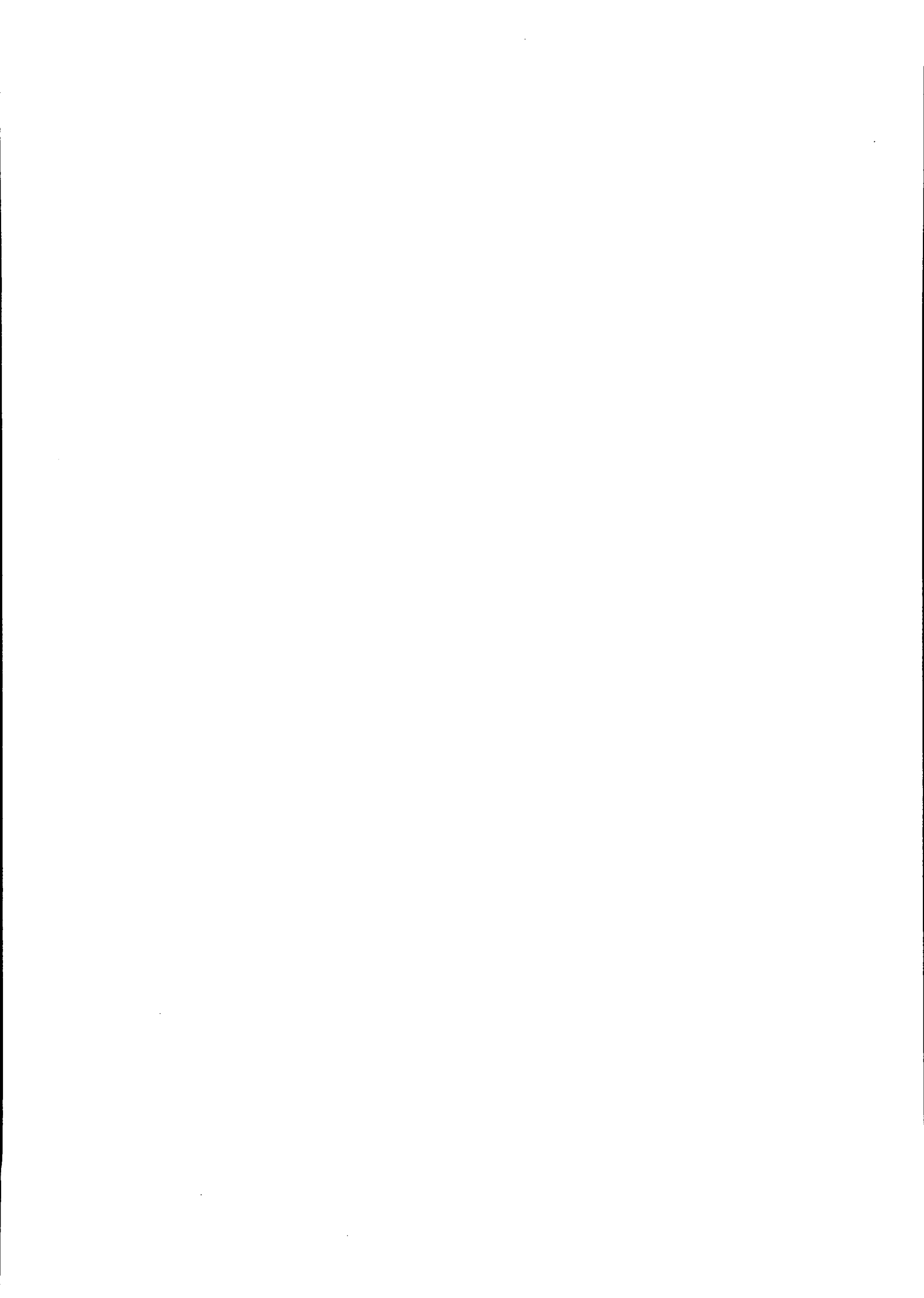
P5: 12 grappes noires

EPR FA3 – Gestion combustible – Lot 1
Revue de Conception du schéma de grappes

FIGURE 2 : Schémas de grappes noires actuel



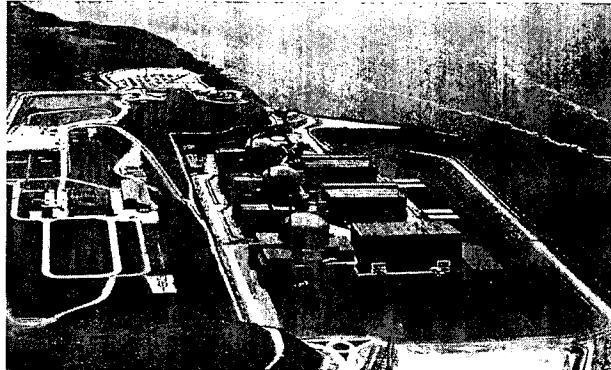
Séquences	P1	P2	P3	P4	P5
1	PA	PG	PD-PE	PF-PI	PB-PC-PH
2	PE	PC	PD-PG	PA-PI	PB-PF-PH
3	PI	PG	PA-PF	PD-PE	PB-PC-PH
4	PD	PC	PE-PG	PA-PF	PB-PH-PI



ANNEXE 1

Schéma de grappes FA3

REVUE DE CONCEPTION



Revue de conception – Schéma de grappes FA3 – Lyon le 25/10/07



1



Revue de conception
Grappe FA3

1. Rappel du contexte
2. Exigences fonctionnelles du schéma de grappes
3. Déroulement de l'étude
4. Résultats de l'étude
5. Analyse de la proposition AREVA
6. Discussion / Conclusions

Revue de conception – Schéma de grappes FA3 – Lyon le 25/10/07



2



Rappel du contexte

Revue Technique du 30/03/07 : mise en évidence de dépassements majeurs des critères en éjection de grappe pour 1ère gestion FA3 (~20 à 30% NCE)

Décisions du CS du 4/05/07 :

- EDF retient la solution 1 proposée par AREVA : (Courrier REC40152RFP)
 - introduction 8 à 12 grappes grises et optimisation du schéma
 - relaxation de certaines hypothèses
- Reprise de la gestion en parallèle (nécessite la mise en commun des 2 activités à partir du 1/11/07)
 - ⇒ Impact sur le planning études d'accident AREVA (+4 mois sur le J_{final} - ne respecte plus le jalon ASN de 04/2010) (non accepté par EDF)

Objectif de la présente revue de conception : présentation du schéma de grappes proposé pour validation projet



2. Exigences fonctionnelles (1/3)

A : Exigences fonctionnelles Sûreté

Exigence générique	Exigence sur schéma de grappes	Type de calcul associé
Temps de chute des grappes	Même masse grappes grises et noires	
Marge d'anti-réactivité (MAR) suffisante	<ul style="list-style-type: none"> • Minimiser la perte de MAR en AAC • Marge d'arrêt Partial Cooldown positive 	<ul style="list-style-type: none"> • Calcul MAR 303°C • Calcul MAR 260°C
Accidents de réactivité	<ul style="list-style-type: none"> • Respect critère 10% crayons DNB en EdG • Eviter la dégradation de Tracking Error (incertitude PS) 	<ul style="list-style-type: none"> • Données EdG • Calcul TE protection





3. Déroulement de l'étude

Enclenchement technique le 24/05/07

Processus de reprise conception du schéma suivant 3 étapes (~3x1,5 mois):

- (0. Définition de la conception des grappes grises – 8 ou 12 AIC)
1. Définition 1ers schémas possibles et 1ère validations / fonctionnement et pilotage (EF fonctionnement) \Rightarrow 5 schémas sélectionnés (8 et 12 GG)
2. Détermination de données neutroniques sur schémas sélectionnés + évolutions (cf. EF sûreté : MAR, éjection...) \Rightarrow 2 schémas sélectionnés
3. Validation par réalisation de transitoires (EF fonct. et sûreté)
 \Rightarrow 1 schéma proposé

Couverture \neq gestions (yc 30% MOX), niveau 4500MWth pour étape 1 et 2 partiellement

Suivi EDF rapproché : réunions d'avancement à l'issue de chaque étape

Prise en compte de relaxation hypothèses solution 1 à l'enclenchement :

- alternances entre 2 séquences
- ΔI max réduit (+12%)
- prise en compte SCTR par modèles explicites
- provisions réduites

Revue de conception – Schéma de grappes FA3 – Lyon le 25/10/07



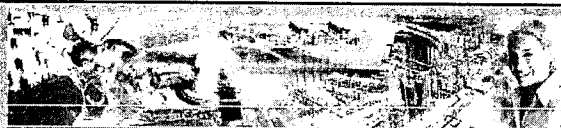
4. Résultats de l'étude (1/3)

• Design des grappes grises

- Araignée identique à celle des grappes noires
- 8 ou 12 crayons absorbants par grappe (resp 1300MWe ou N4)
 - Crayon tout AIC (Hauteur colonne absorbante = grappe noire)
 - Crayon inerte (Cales creuses pour l'appoint en masse : $M_{gr\ noires} = M_{gr\ grises}$)
- applicabilité des essais KOPRA (temps de chute des grappes) et MAGALY (conception guide de grappe) pour les grappes grises confirmée par AREVA (RFP40668REC)
 - compléments demandés par EDF sur aspects vibrations attendus pour le 30/10 (jugés non bloquant)

Revue de conception – Schéma de grappes FA3 – Lyon le 25/10/07





4. Résultats de l'étude (2/8)

A l'issue de l'étape 2 : 2 schémas sélectionnés (satisfaisant les EF a priori) (12AIC)

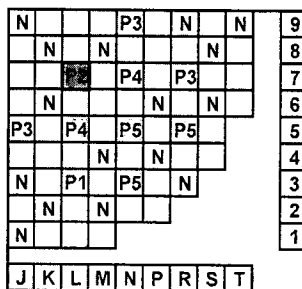
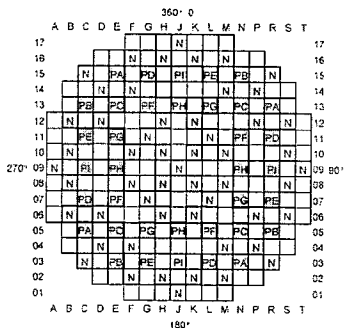


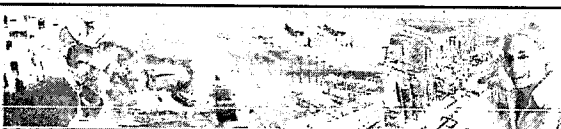
schéma N.1

- P1: 4 grappes grises
- P2: 4 grappes noires
- P3: 4 grappes grises + 4 grappes noires
- P4: 8 grappes noires
- P5: 12 grappes noires

schéma N.4

- P1: 4 grappes grises
- P2: 4 grappes grises
- P3: 4 grappes grises + 4 grappes noires
- P4: 8 grappes noires
- P5: 12 grappes noires

Revue de conception – Schéma de grappes FA3 – Lyon le 25/10/07



4. Résultats de l'étude (3/8)

Marge d'antiréactivité	Schéma N1 (12AIC)		Schéma N4 (12AIC)		Schéma N1 (8AIC)	
	260°C	303°C	260°C	303°C	260°C	303°C
P5	796	3729	801	3687	778	3703
Pp	533	3591				
P1	950	3766				
MOX	198	3054				
Out / In	-233	2951				
4500 (18M)	374	3485				

	Sans défaillance collectrons				Avec 5 défaillances collectrons			
	TE Plin		TE RFTC		TE Plin		TE RFTC	
	Surv	Protec	Surv	Protec	Surv	Protec	Surv	Protec
Schéma N1	4,3%	9,5%	0,8%	3,9%	4,8%	13,3%	10,5%	10,8%
Schéma N4	4,4%	9,2%	0,7%	3,8%	4,9%	13,0%	9,8%	10,7%
Valeurs pré	6%		5%	10%	6%		11%	

- ⇒ MAR OK (impact négligeable passage à 8 AIC) (sauf gestion O/I)
- ⇒ Tracking Error OK
- ⇒ Caractéristiques relatives au pilotage OK (N1 meilleur que N4)

Revue de conception – Schéma de grappes FA3 – Lyon le 25/10/07



4 Résultats de l'étude (4/8)

Résultats EdG schéma N.1 et N.4 – grappes grises avec 12 AIC

	%NCE	Schéma N1*	Schéma N4	
		P5	P5	P1
FDV	100%	9,9%	8,0%	8,5%
	70%	6,0%	5,0%	5,7%
	20%	2,0%	0,2%	3,5%
	0%	0%	0%	-
DVX	100%	12,5%	8,3%	7,9%
	0%	0%	0%	0%

* Hypothèses pénalisées / N4 (IL, provisions)

- Résultats N4 et N1 comparables (à même hypothèses)
- Risques écartés à puissance intermédiaire
- Risques restent présents autour de Pnom pour étude RdS
 - couverture exhaustive (conditions initiales, tous cycles...)
 - calcul des pénalités définitives (tilt, FPPR...)
 - ...

⇒ **Nécessite de retenir grappes grises à 8AIC**

Revue de conception – Schéma de grappes FA3 – Lyon le 25/10/07

11



RÉSULTATS DE L'ÉTUDE (3/8)

Passage Grappes grises à 8 AIC (1/2)

- favorable pour l'éjection de grappe (à haut niveau de puissance)

	%PN	schéma N.1+ optim. - 8 AIC	schéma N.4 + optim. - 8 AIC
		cycle P5	cycle P5
FDV	100%PN	2.5	3.2
	90%PN	4.3	5.1
DVX	100%PN	6.2	5.9
	90%PN	5.3	5.5

- peu d'impact MAR, Tracking Error

Revue de conception – Schéma de grappes FA3 – Lyon le 25/10/07

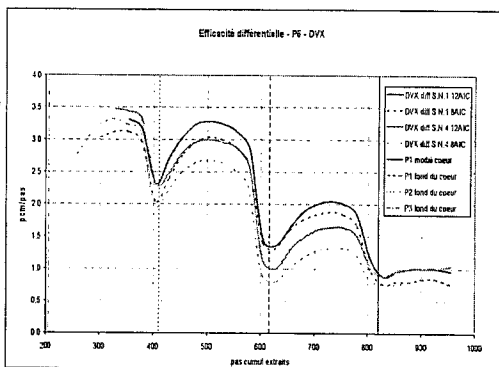
12



Passage Grappes grises à 8 AIC

- ↘ efficacité des premiers groupes insérés (défavorable pour le pilotage)
⇒ N4 (12AIC) ~ N1(8AIC)

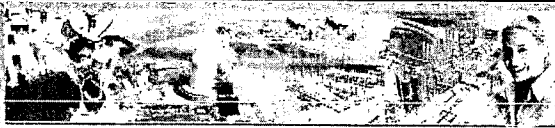
- Meilleur comportement de N1 en Suivi de Charge (nb pas -20% / N4)
- Meilleur comportement général de N1



Comparaison schémas N1 et N4 (8AIC)

Schémas de grappes	Avantages / Inconvénients
Schéma N1 (8 grappes grises)	<ul style="list-style-type: none"> • Meilleur en fonctionnement normal que N4 • Risque en éjection de grappe un peu supérieur (mais non avéré) pouvant conduire à remonter les IL ponctuellement
Schéma N4 (12 grappes grises)	<ul style="list-style-type: none"> • Moins bon en fonctionnement normal que N1 (+ de pas de grappes, taux de réussite des transitoires inférieur) • Risque en éjection de grappe moindre que N1 a priori mais non nul • Pourrait permettre l'alternance entre 3 séquences (nécessite un délai supplémentaire pour confirmation)

⇒ AREVA propose de privilégier la manoeuvrabilité et de retenir « N1 » (réunion du 15/10/07) présenté comme le meilleur compromis



4. Résultats de l'étude (8/8)

■ Impact nouveau schéma sur nb de pas des MCG

- MCG EPR sont qualifiés pour $6 \cdot 10^6$ pas (idem parc mais pas 1cm sur EPR)
- le schéma noir permettait des alternances (4 séquences non sym. envisagées)
 - \sphericalangle nb de pas des MCG les + sollicités (répartition sur 4 fois + de MSG)
 - réduction du sous-épaulement sous grappes
 - mais complexification et pénalisation des études
- ➔ le passage à un schéma gris conduit à réduire le nb de séquences possibles (2 séquences max avec 8 GG ; 3 possibles avec 12GG mais gain incertain) : hypothèse de 2 séquences retenue à l'enclenchement
 - pas des MCG les + sollicités +12% (GG) et x2 (2 séquences)
 - passage à 2 séquences acceptable vis-à-vis du sous-épaulement
- Durée de vie des MCG très délicate à évaluer (dépend de l'exploitation réelle de la tranche)
 - Analyse Basic Design : $60 \cdot 10^6$ pas (jugée très enveloppe)
 - Calcul affiné avec hyp. \approx : $17 \cdot 10^6$ pas

Revue de conception – Schéma de grappes FA3 – Lyon le 25/10/07

15



5. Analyse de la proposition AREVA

- le processus ayant conduit à la proposition est jugé globalement robuste
 - l'étude a fait l'objet d'une surveillance niveau 2 qui valide les analyses AREVA
 - AREVA semble être allé au bout de l'optimisation (éjection / pilotage)

 - Le schéma proposé est jugé satisfaisant vis-à-vis du fonctionnement normal
 - Le passage à 2 séquences (inhérent à N1) réduit de + que de moitié la durée de vie des MCG les plus sollicités (dont le nb est également réduit de moitié)
 - Malgré les améliorations très importantes en éjection de grappe :
 - des difficultés subsistent à haut niveau de puissance qui pourraient conduire à un relèvement ponctuel des IL (impact limité manoeuvrabilité possible)
 - la relaxation des hypothèses (ΔI , modèle SCTR, \sphericalangle provisions et pénalité stretch) est jugée nécessaire
 - le passage à 4500MWth pourrait dégrader la manoeuvrabilité sans améliorations nouvelles (critère analytique, méthode)
- ➔ Il est proposé à la revue de suivre la proposition AREVA de retenir le schéma N1 à 8 grappes grises comportant chacune 8 crayons AIC

Revue de conception – Schéma de grappes FA3 – Lyon le 25/10/07

16



■ Résultats éjection de grappe avec « N1 »

DVX	FAISABILITE (RT 30/03/07)			SCHEMA DE GRAPPES N1 (8grappes grises)		
	Drho BE	Drho pénal	%Crdnb	Drho BE*	Drho pénal	%Crdnb
100%	133	198	21%	90	123	6,2%
90%				104	144	5,3%
70%	268	429	19%			
40%	454	675	19%			
20%	548	812	19%			
0%	470	699	1%			

FDV	FAISABILITE (RT 30/03/07)			SCHEMA DE GRAPPES N1 (8grappes grises)		
	Drho BE	Drho pénal	%Crdnb	Drho BE*	Drho pénal	%Crdnb
100%	173	268	26,7%	70	88	2,5%
90%				101	127	4,3%
80%				120		
70%	301	483	25,0%	138		
60%				167		
50%				193		
40%	452	695	29,6%	197		
30%				262		
20%	504	775	20,1%	304		
10%				404		
0%	583	815	4,8%	421		

Non prompt critique

* Drho BE intègre le SCTR (via modèle) - Seul les cas 8 AIC présente des IL optimisées à 100% et provision réduite à 5%

