



## **Décision n° 2007-DC-0066 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 19 juillet 2007 relative à la mise en œuvre de la gestion du combustible dite « ALCADE » dans les réacteurs des centrales nucléaires de Chooz B et Civaux**

Le collège de l'Autorité de sûreté nucléaire,

Vu la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et la sécurité en matière nucléaire, notamment ses articles 28 et 29 ;

Vu le décret n°63-1228 du 11 décembre 1963 modifié relatif aux installations nucléaires ;

Vu le décret du 9 octobre 1984 modifié autorisant la création par Electricité de France (EDF) de la tranche B1 de la centrale nucléaire de Chooz, dans le département des Ardennes ;

Vu le décret n° 86-243 du 18 février 1986 autorisant la création par Electricité de France (EDF) de la tranche B2 de la centrale nucléaire de Chooz, dans le département des Ardennes ;

Vu le décret du 6 décembre 1993 modifié autorisant la création par Electricité de France de deux tranches de la centrale nucléaire de Civaux dans le département de la Vienne ;

Vu le dossier présenté par Electricité de France le 19 décembre 2003 ;

Vu le rapport de synthèse de ses services ASN/DCN/n° 2007-07-12 du 17 juillet 2007,

Considérant que la mise en œuvre de la gestion du combustible dite « ALCADE » pour les réacteurs des centrales nucléaires de Chooz B et Civaux, destinée à allonger la durée de fonctionnement entre deux arrêts de réacteur, est caractérisée notamment par les éléments suivants :

- 1- la gaine du combustible est constituée d'alliage de zirconium dit M5,
- 2- certains crayons combustibles comportent du gadolinium,
- 3- le renouvellement du combustible se fait par tiers de cœur ;

Considérant que cette gestion a fait l'objet d'un examen technique approfondi de la part des services de l'ASN, de l'IRSN et du groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires ;

Considérant que, sur la base de cet examen, les services de l'ASN n'identifient pas de problème de nature à mettre en défaut la démonstration de la sûreté de cette gestion et considèrent que la gestion peut être mise en œuvre de façon sûre moyennant des ajustements aux règles générales d'exploitation ;

Qu'il en résulte que la gestion Alcade n'est pas de nature à mettre en cause les intérêts mentionnés au I de l'article 28 de la loi du 13 juin 2006 susvisée,

Décide :

#### **Article 1<sup>er</sup>**

Pour la mise en œuvre de la gestion « ALCADE » pour les réacteurs des centrales nucléaires de Chooz B et Civaux, Electricité de France doit respecter les limitations suivantes :

- 1- le taux d'enrichissement du combustible est limité à 4% d'uranium 235,
- 2- le taux d'épuisement moyen d'un assemblage combustible est limité à 52 000 MWj /tonne d'uranium.

#### **Article 2**

Le directeur général de l'ASN est chargé de notifier à Electricité de France les demandes complémentaires issues de l'instruction technique à satisfaire en préalable au redémarrage des réacteurs adoptant la gestion.

Il est également chargé de notifier à EDF les demandes qui ne constituent pas un obstacle au démarrage mais qui sont à prendre en compte dans des délais fixés.

#### **Article 3**

Pour chacun des réacteurs concernés, les modifications :

- du volume IV du rapport de sûreté,
- du document général d'évaluation de la sûreté,
- des spécifications chimiques et des chapitres III, VI, IX et X des règles générales d'exploitation,

liées à la mise en œuvre de la gestion du combustible mentionnée à l'article 1<sup>er</sup> sont soumises à l'ASN et doivent être autorisées par le président de l'ASN préalablement cette mise en œuvre.

Les réacteurs concernés doivent être exploités conformément aux règles générales d'exploitation (RGE) mises à jour.

#### **Article 4**

Le président et le directeur général de l'ASN sont chargés de l'exécution de cette décision qui sera publiée au Bulletin officiel de l'ASN.

Fait à Paris, le 19 juillet 2007.

Le collège de l'Autorité de sûreté nucléaire,

Marie-Pierre COMETS

François BARTHELEMY

Michel BOURGUIGNON

Marc SANSON



**Direction  
des centrales nucléaires**

**Demande d'autorisation de mise en œuvre  
de la gestion Alcade  
sur les centrales de Chooz B et de Civaux**

**Rapport de synthèse  
de l'examen technique**

<b>OBJET DU RAPPORT</b>	<b>5</b>
<b><u>I. CONTEXTE</u></b>	<b><u>6</u></b>
I.1 NOTION DE GESTION DE COMBUSTIBLE	6
I.2 GESTION ACTUELLEMENT EN VIGUEUR SUR LE PALIER N4 (CHOOZ B ET CIVAUX)	6
I.3 CONTEXTE REGLEMENTAIRE	6
<b><u>II. DEMANDE D'EDF</u></b>	<b><u>8</u></b>
II.1 LA GESTION ALCADE	8
II.2 LE POINT ACTUEL DE LA PROCEDURE	8
II.2.1 Position à l'issue de la phase de faisabilité	8
II.2.2 Position sur le dossier de sûreté	8
<b><u>III. BILAN DE L'EXAMEN DES DOSSIERS D'EDF</u></b>	<b><u>9</u></b>
III.1 COMBUSTIBLE	9
III.1.1 Comportement mécanique des assemblages en alliage M5	9
III.1.2 Grandissement des assemblages et des grilles en alliage M5	10
III.1.3 Programme de surveillance	10
III.1.4 Impact sur le cycle du combustible	10
III.2 MATERIEL	11
III.2.1 Modifications matérielles	11
III.2.2 Vérification de la pression et de la température de l'enceinte	11
III.3 DEMONSTRATION DE SURETE	12
III.3.1 Données et hypothèses des études	12
III.3.2 Règles et méthodes d'études des accidents	12
III.3.3 Etudes de sûreté	13
III.3.4 Qualification des logiciels	19
III.3.5 RDS	19
III.3.6 DGES	19
III.4 RADIOPROTECTION ET TRITIUM	21
III.4.1 Radioprotection	21
III.4.2 Production et rejets de tritium	21
III.5 MISE EN ŒUVRE DE LA GESTION	21
III.5.1 Déploiement	21
III.5.2 Entreposage des assemblages dans les bâtiments combustible	22
III.5.3 Cycles de transition	22
III.5.4 RGE	22
<b><u>IV. INFORMATION CONCERNANT DES SUJETS TECHNIQUES LIES A LA DEMANDE ET INSTRUMENTS PAR AILLEURS</u></b>	<b><u>22</u></b>
IV.1 CHIMIE PRIMAIRE	22
IV.2 CONSEQUENCES RADIOLOGIQUES	22

IV.3	REFERENTIEL CRITICITE	23
IV.4	GENERALISATION DE L'UTILISATION DE L'ALLIAGE M5	23
<b>V.</b>	<b><u>CONCLUSION DES SERVICES DE L'ASN</u></b>	<b>24</b>
	<b><u>ANNEXE I AU RAPPORT ASN/DCN N°2007-07-12 <i>REFERENCES</i></u></b>	<b>25</b>
	<b><u>ANNEXE II AU RAPPORT ASN/DCN N°2007-07-12 <i>DEPLOIEMENT DE LA GESTION</i></u></b>	<b>26</b>

## **Objet du rapport**

Le 19 décembre 2003, EDF a déposé auprès du Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection une demande d'autorisation de la gestion de combustible Alcade pour les réacteurs de type N4 (Chooz B1 et B2, Civaux 1 et 2).

Le décret du 11 décembre 1963 prévoit en son article 5 que "*l'exploitant avise le chef du service central de sûreté des installations nucléaires de toutes modifications à l'installation entraînant une mise à jour des rapports de sûreté, des règles générales d'exploitation ou du plan d'urgence interne du site.*"

Le décret d'autorisation de création de la centrale de Civaux prévoit en son article 3.19 que *lorsqu'elles n'exigent pas l'intervention d'un décret pris en application de l'article 6 du décret du 11 décembre 1963 modifié susvisé, les modifications à l'installation entraînant une mise à jour des rapports de sûreté, des règles générales d'exploitation ou du plan d'urgence interne du site ne pourront être réalisées qu'après approbation par le directeur de la sûreté des installations nucléaires*".

Les décrets d'autorisation de création des deux réacteurs de Chooz B ne prévoient pas d'autres modifications que celles qui sont demandées par le ministre responsable ou qui sont proposées à la suite des essais.

L'introduction d'une nouvelle gestion de combustible sur les réacteurs du palier N4, dont font partie les réacteurs de Civaux et Chooz B, conduit à modifier les parties du rapport de sûreté relatives aux études d'accident. C'est par ce biais que sa mise en œuvre est soumise à l'autorisation de l'ASN. Ces modifications n'entrent pas dans le champ du II de l'article 29 de la loi TSN et le pouvoir d'approbation les concernant a été délégué au président par la décision 2006-DC-003.

Le présent rapport a pour objet de présenter au collège de l'ASN une synthèse de l'instruction technique pilotée par les services de l'ASN et réalisée par leurs appuis techniques (IRSN et GPR<sup>1</sup>) depuis le dépôt de la demande d'autorisation.

Après une présentation de la demande d'EDF et de la procédure suivie, ce rapport expose :

- le déroulement et les résultats de l'examen technique des dossiers transmis par EDF ;
- une information sur plusieurs sujets liés à la demande d'EDF, mais instruits par ailleurs ;
- la conclusion des services de l'ASN.

---

<sup>1</sup> GPR : groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires

## I. Contexte

### I.1 Notion de gestion de combustible

La gestion du combustible est différente sur les différents paliers de réacteurs. Elle peut être caractérisée notamment par :

- la nature du combustible utilisé et sa teneur initiale en matière fissile ;
- le taux d'épuisement maximal du combustible lors de son retrait du réacteur, caractérisant la quantité d'énergie extraite par tonne de matière (exprimé en MWj/t) ;
- la longueur d'un cycle d'irradiation (exprimée généralement en mois) ;
- le nombre d'assemblages combustibles neufs chargés à l'issue de chaque arrêt du réacteur pour renouveler le combustible (généralement un tiers ou un quart du total des assemblages) ;
- le mode de fonctionnement du réacteur, avec ou sans variation importante de puissance, permettant de caractériser les sollicitations subies par le combustible.

Depuis 1996, l'allongement des durées de cycle est une composante importante de l'optimisation du combustible et du fonctionnement des réacteurs. Cet allongement s'accompagne d'une augmentation de l'enrichissement du combustible, mais la quantité d'énergie libérée reste toutefois limitée à 52 000 MWj/t (en moyenne par assemblage combustible), valeur maximale actuellement autorisée.

### I.2 Gestion actuellement en vigueur sur le palier N4 (Chooz B et Civaux)

L'ensemble des réacteurs du palier N4 est actuellement exploité en gestion quart de cœur avec un enrichissement du combustible de 3,4 % en uranium 235. La longueur des campagnes est en moyenne de 260 JEPP<sup>2</sup> dont une prolongation de cycle<sup>3</sup> limitée à 50 JEPP (soit environ 12 mois calendaires). Dans la gestion actuelle, tous les cœurs sont constitués d'assemblages de type AFA 3GL (à structure et gainage en alliage de zirconium Zircaloy 4), à l'exception de l'assemblage central, qui est souvent d'un modèle plus ancien.

### I.3 Contexte réglementaire

Le processus d'autorisation d'une nouvelle gestion combustible a été défini par la lettre ASN en référence 1. Il comprend deux phases :

- la phase de faisabilité de la gestion ;
- la phase d'instruction des études de sûreté, du DGES<sup>4</sup>, des RGE<sup>5</sup> et du RDS<sup>6</sup>.

---

<sup>2</sup> JEPP : jour équivalent pleine puissance

<sup>3</sup> Le cycle d'un réacteur désigne sa période de fonctionnement entre deux arrêts pour rechargement de combustible. Sa durée peut être plus longue ou plus courte que la durée nominale prévue, ce qui conduit à un taux d'épuisement du combustible au déchargement (burnup) respectivement plus ou moins élevé que le taux d'épuisement prévu.

<sup>4</sup> DGES : dossier général d'évaluation de la sûreté des recharges

<sup>5</sup> RGE : règles générales d'exploitation

<sup>6</sup> RDS : rapport de sûreté

Chacune de ces étapes est marquée par une prise de position de l'ASN. L'objectif de l'introduction d'une phase de faisabilité est de se prononcer, en amont de l'application dans les études de sûreté, sur la conformité des règles et méthodes d'études au référentiel accepté et d'identifier les évolutions de règles ou de méthodes d'études qui nécessiteraient une instruction approfondie. Cette phase doit également permettre d'identifier les problèmes issus de l'évolution du produit combustible (sur l'amont ou l'aval du cycle de traitement du combustible ou l'exploitation du réacteur).

Le dossier de faisabilité doit répondre aux objectifs suivants :

- identifier les problèmes posés par les valeurs particulières des teneurs en éléments fissiles du (des) combustible(s) et du (des) taux d'épuisement au déchargement ;
- identifier les problèmes posés par la conception du (des) combustible(s) ;
- présenter les solutions dont la mise en œuvre constitue un préalable, notamment en termes de sûreté et de radioprotection, à la réception du (des) combustible(s) dans une centrale nucléaire puis son (leur) chargement en réacteur ;
- présenter le cas échéant les évolutions des règles et méthodes d'études de sûreté ;
- définir l'état technique des réacteurs qui seront exploités selon la nouvelle gestion, et en particulier identifier les modifications matérielles liées au passage à la nouvelle gestion.

A la suite de l'analyse de ce dossier l'ASN prend position sur les points suivants :

- acceptabilité des éléments transmis relativement à la sûreté et à la radioprotection des installations concernées des centrales nucléaires ;
- démonstration de l'absence d'effet rédhibitoire sur le cycle du combustible<sup>7</sup> ;
- acceptabilité des règles et méthodes d'étude d'accident.

La deuxième phase d'instruction concerne d'une part les études de sûreté, d'autre part les modifications à apporter aux installations, aux RGE et au RDS. Elle nécessite la transmission de la part de l'exploitant :

- des études de sûreté (études des incidents des accidents) ;
- de la liste des systèmes de surveillance, de protection et de sauvegarde affectés par la nouvelle gestion, avec indication pour chacun d'eux des transitoires dimensionnant ou participant à la vérification de leur bon dimensionnement ;
- du DGES ;
- des dossiers de modifications affectant les systèmes de contrôle de la réactivité (bore et barres absorbantes), les systèmes de mesure de flux neutronique, les systèmes de refroidissement du réacteur et de la piscine du bâtiment combustible ;
- des dossiers de modifications liées à la gestion, en particulier ceux concernant les systèmes importants pour la sûreté ;
- des mises à jour des chapitres III, VI, IX et X des RGE accompagnées de leur notes justificatives ;
- du RDS mis à jour.

---

<sup>7</sup> Ce point ne fait pas nécessairement l'objet d'un document intégré au dossier de faisabilité, mais il est examiné avant la fin de la phase de faisabilité.



## II. Demande d'EDF

### II.1 La gestion Alcade

Par courrier en référence 2, EDF a demandé à l'ASN l'autorisation de mettre en œuvre la gestion Alcade<sup>8</sup> afin d'allonger la durée des campagnes de fonctionnement des réacteurs N4. Ceci est obtenu par l'adoption :

- d'une gestion par tiers de cœur (rechargement de 68 assemblages neufs à chaque arrêt) au lieu d'une gestion par quart de cœur ;
- d'un enrichissement à 4,0 % en <sup>235</sup>U au lieu de 3,4 % ;
- de plans à "Faible Fluence Généralisée"<sup>9</sup> au lieu de plans de chargement "standard".

Ces différentes évolutions sont prévues pour atteindre des durées de campagne de l'ordre de 410 JEPP à l'équilibre, en considérant une prolongation de cycle de 60 JEPP (soit de 17 à 18 mois calendaires). L'assemblage combustible de référence de la gestion Alcade est de type AFA 3GLR-AA à structure et gainage en alliage de zirconium M5<sup>10</sup> ; il peut atteindre un taux de combustion maximal de 52 000 MWj/tU. Cette nouvelle gestion est également caractérisée par l'introduction de crayons combustibles gadoliniés jouant le rôle de poison neutronique consommable<sup>11</sup>.

### II.2 Le point actuel de la procédure

#### II.2.1 Position à l'issue de la phase de faisabilité

L'ASN a pris position par le courrier en référence 3 sur le dossier transmis par EDF. Ce courrier ne relevait pas d'éléments rédhibitoires à la mise en œuvre de cette gestion, mais faisait toutefois état d'insuffisances dont certaines devaient être corrigées avant la mise en œuvre de la gestion. Ces insuffisances sont exposées au paragraphe III.

La lettre de position de l'ASN sur le dossier de faisabilité concluait ainsi : « *Plus globalement, je conclus de cette instruction que la gestion Alcade ne présente pas au stade des études de faisabilité d'éléments rédhibitoires à sa mise en œuvre sur les réacteurs du palier N4. Néanmoins, je constate qu'EDF a basé son dossier sur un certain nombre d'éléments non encore validés. Ces réserves concernent aussi bien la méthodologie de certaines études qui seront présentées dans le dossier de sûreté et qui sont évoquées ci-dessus, que les options relatives à la conception des assemblages combustibles. A ce sujet, je constate que le retour d'expérience disponible à la date envisagée d'introduction en réacteur des premiers assemblages Alcade, ne permettra pas de valider complètement les lois de comportement mécaniques retenues à la conception.* »

#### II.2.2. Position sur le dossier de sûreté

Parallèlement à la correction des insuffisances mentionnées ci-dessus, EDF a transmis à l'ASN les notes d'études correspondant au dossier de sûreté.

Après analyse de ce dossier, l'ASN a demandé par courrier en référence 4 au groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) d'examiner les points suivants :

---

<sup>8</sup> ALCADÉ : **AL**longer les **C**ampagnes pour **Am**éliorer **D**urablement l'**E**xploitation

<sup>9</sup> Ces plans consistent à placer les assemblages de manière à minimiser la fluence neutronique reçue par la cuve afin de limiter le vieillissement de la cuve sous irradiation.

<sup>10</sup> M5 : alliage de zirconium contenant du niobium et de l'oxygène. Il présente une meilleure résistance à l'oxydation que l'alliage dénommé Zircaloy 4 couramment utilisé.

<sup>11</sup> Pour limiter la réactivité, il est nécessaire de disposer dans le cœur un absorbant neutronique, dont le pouvoir absorbant devra varier selon l'épuisement du combustible. Ce peut être de l'acide borique, mais sa concentration doit être limitée pour éviter sa cristallisation. Pour les combustibles assez enrichis, une autre solution est de recourir à un absorbant (ou poison) neutronique progressivement détruit par les réactions nucléaires. C'est le principe du "poison consommable". L'oxyde de gadolinium peut jouer ce rôle.

- les hypothèses et modalités des études d'accident, en particulier la prise en compte du critère d'intégrité du réservoir de décharge du pressuriseur et du cumul des transitoires avec le manque de tension externe (MDTE<sup>12</sup>) ;
- le caractère suffisamment conservatif de l'accident d'éjection de grappe pour l'étude Alcade ;
- le dimensionnement des systèmes de protection et de sauvegarde ;
- la limite technologique de l'alliage M5 vis-à-vis de l'interaction pastille gaine (IPG)<sup>13</sup>.

Le GPR a examiné les points ci-dessus lors de sa réunion du 29 septembre 2006 et rendu son avis le 20 novembre 2006 (cf. référence 5). A l'issue de cette réunion EDF a pris certaines positions et décidé certaines actions qui ont été transmises à l'ASN par courrier en référence 6. Les positions et actions citées au paragraphe III sont issues de ce courrier.

Après analyse de l'ensemble des éléments transmis dans le cadre de l'instruction de la gestion Alcade, l'ASN a considéré par courrier en référence 7, que certains compléments devaient être apportés avant la mise en œuvre de cette gestion et a précisé les demandes à satisfaire pour lui permettre de se prononcer. Dans le même courrier, l'ASN a indiqué à EDF qu'elle ne pourrait se prononcer qu'après instruction des éléments annoncés par le courrier en référence 6.

L'ensemble des éléments ont été transmis par EDF dans les délais annoncés. Les conclusions issues de l'analyse de ces compléments sont prises en compte dans le paragraphe III.

### III. Bilan de l'examen des dossiers d'EDF

#### III.1 Combustible

##### *III.1.1 Comportement mécanique des assemblages en alliage M5*

###### *III.1.1.1 Limite technologique du M5*

Lors de l'introduction du nouveau type d'assemblage dénommé AFA3GLr-AA, EDF a introduit une nouvelle grandeur pour caractériser la limite technologique des gaines en alliage M5 vis-à-vis des dommages résultant de l'interaction pastille-gaine. A l'issue de l'instruction, l'ASN a estimé que l'influence de la vitesse de montée en puissance sur la limite technologique des crayons à gainage M5 devait être mieux évaluée et a demandé à EDF de lui fournir un programme d'essais de rampes de puissance permettant de statuer sur ce point. L'ASN a également précisé que l'absence d'avancée de la part d'EDF sur ce sujet pourrait conduire à devoir adapter en conséquence les conditions d'exploitation des réacteurs concernés. Sans être bloquant, ce point pouvait donc avoir des conséquences sur l'exploitation.

EDF a transmis des éléments complémentaires, dont le résultat d'un essai de rampe de puissance en réacteur expérimental, ce qui a permis de répondre aux interrogations sur la limite technologique du M5. **Ce point est désormais soldé.**

---

<sup>12</sup> MDTE : manque de tension externe

<sup>13</sup> L'interaction pastille-gaine (IPG) désigne l'ensemble des phénomènes se produisant lorsque, sous l'effet des conditions du séjour en réacteur (température et pression du fluide caloporteur, température et pression des gaz présents dans le crayon combustible, irradiation neutronique), le jeu entre la gaine et les pastilles de combustible devient nul, ce qui peut conduire à une fissuration de la gaine par corrosion sous contrainte.

### *III.1.1.2 Tenue au flambage des grilles<sup>14</sup>*

A la suite de la réunion du GPR consacrée à Alcade, EDF a transmis, au titre de son action n°13, une version révisée du rapport de conception mécanique. Ce document est actuellement en cours d'instruction, mais **il n'est pas considéré comme pouvant mettre en cause la sûreté de la gestion.**

### *III.1.1.3 Usure vibratoire des gaines*

Vis-à-vis du respect du critère de profondeur d'usure des gaines et de la prise en compte du phénomène de fretting<sup>15</sup>, EDF a adopté un critère de découplage<sup>16</sup> basé sur des résultats expérimentaux et consistant à considérer une absence d'apparition d'usure en frottement. L'ASN a estimé que le dialogue devait se poursuivre dans le cadre de l'introduction de recharges AFA3GLr-AA dans les réacteurs des paliers 1300 MWe et N4 (cf courrier en référence 8) mais que la formalisation de ce point n'était pas un préalable. Après examen du problème et présentation des démarches de l'exploitant et compte-tenu du faible enjeu de sûreté lié à cette demande, **ce point est considéré comme soldé.**

### *III.1.2 Grandissement<sup>17</sup> des assemblages et des grilles en alliage M5*

L'ASN a estimé que le retour d'expérience représentatif d'assemblages AFA3GLr-AA exploités en gestion Alcade était insuffisant pour étayer les lois retenues dans les études de sûreté relativement au grandissement des assemblages et de leurs grilles. Ainsi, l'ASN a estimé qu'à l'heure actuelle la démonstration du bon comportement en réacteur d'assemblages AFA3GLr-AA en fin de vie n'était pas encore apportée. **Ce point n'est cependant pas considéré comme préalable et sera traité dans le cadre de la généralisation de l'alliage M5.**

### *III.1.3 Programme de surveillance*

Par son action n°14, EDF a transmis un programme de surveillance des assemblages AFA3GLr-AA en vue de compléter le retour d'expérience en cours d'acquisition sur la gestion actuelle du point de vue du temps de séjour et du taux de combustion. **Les services de l'ASN demanderont à EDF de compléter ce programme afin de vérifier, à chaque cycle, le grandissement des grilles.**

### *III.1.4 Impact sur le cycle du combustible*

L'ASN s'est interrogée sur la faisabilité technique et la compatibilité administrative des opérations envisagées avec le référentiel de l'ensemble des installations du cycle du combustible. En particulier, le traitement d'assemblages combustibles réalisés avec des crayons munis d'une gaine en alliage M5 n'est pas autorisé aujourd'hui dans les usines COGEMA de La Hague (UP2-800 et UP3).

A l'issue de la phase de faisabilité, l'ASN a redéfini les modalités de surveillance de la cohérence du cycle du combustible ; désormais deux actions sont menées de façon séparées (cf. courrier en référence 9) :

- une surveillance de la cohérence du cycle, menée en continu, indépendamment de l'autorisation des gestions ;

---

<sup>14</sup> Sous sollicitations dynamiques les grilles des assemblages combustibles sont susceptibles d'entrer en contact les unes avec les autres et de se déformer, par flambage.

<sup>15</sup> Le fretting est un phénomène d'usure produit par de petits mouvements répétés de frottement sous l'action de vibrations produites ici par l'écoulement du fluide primaire.

<sup>16</sup> Un critère de découplage est un critère qui, s'il est satisfait, permet d'exclure l'apparition de certains phénomènes et donc de simplifier la démonstration.

<sup>17</sup> Sous l'effet de l'irradiation par les neutrons, des modifications internes de l'alliage se produisent conduisant à une augmentation des dimensions des pièces. Ce phénomène est appelé grandissement.

- une vérification du caractère non rédhibitoire de l'effet d'une nouvelle gestion sur les industries du cycle, effectuée en parallèle de la phase de faisabilité.

Compte-tenu des éléments reçus d'EDF, l'ASN a considéré que l'impact principal sur le cycle du combustible était lié à la généralisation de l'alliage M5 comme matériau de gainage des crayons combustibles et de structure des assemblages et que ce **ceci ne présentait pas d'effet rédhibitoire sur le cycle du combustible** en regard :

- du conditionnement des déchets générés par l'entreposage sous eau et le traitement de tels assemblages combustibles dans les installations de l'établissement COGEMA de La Hague ;
- de l'entreposage et du stockage des déchets de haute activité (dans le cadre du "Dossier 2005 Argile" de l'ANDRA) produits par les opérations de traitement des assemblages (colis standards de déchets vitrifiés et colis standards de déchets compactés) ou le stockage direct de ces combustibles.

A la demande de l'ASN et pour solder ce point, EDF a transmis :

- une synthèse des données relatives à un éventuel relâchement du niobium par les alliages de zirconium-niobium corrodés en milieu primaire ;
- une étude d'impact des combustibles utilisant des alliages de niobium sur l'activité en  $^{94}\text{Nb}$  des colis de déchet ;
- un programme expérimental complémentaire ;
- une fiche sur la gestion des colis qui ne répondraient pas aux spécifications de l'ANDRA ;
- une évaluation de la quantité de colis de filtres qui relèveraient d'un stockage profond en paramétrant une augmentation du ratio  $^{94}\text{Nb}/^{60}\text{Co}$ .

**Ces éléments sont en cours d'examen, mais ils ne remettent pas en cause l'absence d'effet rédhibitoire de la gestion.**

## III.2 Matériel

### III.2.1 Modifications matérielles

La gestion Alcade a nécessité trois modifications du contrôle-commande du cœur, portant sur :

- le seuil de puissance linéique élevée, qui évolue désormais en fonction du déséquilibre axial de puissance ;
- le doublement de la matrice des facteurs radiaux de point chaud ;
- une nouvelle définition de l'algorithme de surveillance de l'insertion des grappes.

Ces modifications étant compatibles avec la gestion actuellement en vigueur, elles ont été examinées dans le cadre du lot de modifications dit "état de fin de palier" (EFP). L'ASN s'est prononcée sur ces modifications matérielles par courrier en référence 10. **Les modifications sont déjà effectives**, sauf en ce qui concerne l'implantation des seuils de protection propres à la gestion, qui sera faite lors du passage à la gestion Alcade.

### III.2.2 Vérification de la pression et de la température de l'enceinte

Afin de vérifier la tenue des matériels lors de transitoires accidentels, EDF s'est engagé à réaliser l'action n°30 et à vérifier que la température des matériels n'excédait pas la température de qualification compte-tenu de la capacité calorifique de ces matériels. **Ces éléments sont en cours d'examen, mais ils ne constituent pas un préalable à la mise en œuvre de la gestion.**

### III.3 Démonstration de sûreté

#### III.3.1 Données et hypothèses des études

##### III.3.1.1 Point de fonctionnement

Les services de l'ASN estiment nécessaire de limiter formellement l'écart maximal de taux de bouchage de tubes des générateurs de vapeur (BTGV) entre les différentes boucles d'un même réacteur à la valeur de 6 % pour la gestion Alcade. Ainsi, dans le cas où EDF souhaiterait faire fonctionner ses réacteurs avec un écart de BTGV entre boucles supérieur à 6 %, il conviendrait qu'EDF établisse, conformément à sa position n°6, un document justifiant le caractère enveloppe du dossier de sûreté et prenne, si nécessaire, les dispositions adéquates pour assurer un fonctionnement de la tranche conforme à ce dossier.

Dans son courrier en référence 7, l'ASN a demandé à EDF, en préalable à l'approbation du référentiel, de mentionner formellement l'écart maximal de 6 % de BTGV entre boucles ainsi que le BTGV maximal autorisés dans le DGES et dans les STE. **EDF s'est engagé à prendre en compte ce point dans la prochaine mise à jour du DGES avant la mise en œuvre de la gestion Alcade.**

##### III.3.1.2 Conception thermohydraulique

Pendant leur séjour en réacteur, les assemblages combustibles subissent des déformations dont l'effet est de réduire les sections de passage de l'eau entre les crayons qu'ils contiennent. L'ASN a demandé à EDF de compléter la loi déterminant le taux de fermeture des sections de passage de l'eau en fonction de l'épuisement de combustible sur la base des éléments déjà en sa possession et, si nécessaire, de la réalisation de mesures sur des recharges d'assemblages combustible AFA3GLr-AA après le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> cycle d'irradiation. Ce document a été reçu et est actuellement en cours d'instruction. **Ce point n'est pas considéré comme préalable.** Il sera soldé au milieu de l'année 2008.

#### III.3.2 Règles et méthodes d'études des accidents

##### III.3.2.1 La Méthode Déterministe Réaliste appliquée aux réacteurs 4 boucles ("MDR 4 boucles")

La méthode déterministe réaliste appliquée aux réacteurs à 4 boucles est utilisée pour déterminer l'évolution thermohydraulique dans le cœur du réacteur pour l'étude d'accident de perte de réfrigérant par grosse brèche. Après analyse de ce dossier, **l'ASN a accepté cette méthode** par le courrier en référence 11.

##### III.3.2.2 Méthodologie d'étude du transitoire d'éjection de grappe

L'étude d'éjection de grappe du dossier de sûreté de la gestion Alcade est menée avec une méthode dite méthode 3D cinétique. Les lettres ASN relatives aux gestions Galice et Parité-MOX précisaient que des compléments étaient nécessaires pour se prononcer sur la validité de cette méthode. EDF a alors mentionné qu'une rénovation de cette méthode était en cours et qu'à cette occasion la liste des paramètres-clés pourrait être revue. Etant donnée la nature des réserves exprimées au sujet de l'étude du transitoire d'éjection de grappes avec la méthode 3D cinétique, l'ASN a alors considéré que l'étude de référence de la gestion Alcade devait à terme être menée avec une méthode améliorée ayant été préalablement soumise à approbation. **Ce point, qui n'est pas considéré comme préalable, sera soldé par l'examen de la méthode rénovée et de l'étude refaite.**

### III.3.3 Etudes de sûreté

#### III.3.3.1 Ejection d'une grappe de régulation

Pour mémoire, cet accident de catégorie 4 est analysé d'une part sous l'aspect thermique (température du combustible et de la gaine, enthalpie du combustible) et d'autre part sous l'aspect thermohydraulique (nombre de crayons entrant en crise d'ébullition).

##### a/Analyse thermique

Face aux interrogations issues de l'analyse de ce point, EDF a fourni des éléments complémentaires afin de démontrer la suffisance des paramètres clés retenus en ce qui concerne la vérification des recharges vis-à-vis du respect des températures (actions n°3, n°21 et n°22). Sur la base des éléments transmis et compte tenu des marges en température de l'étude générique d'éjection de grappe, les paramètres clés proposés par EDF en étude de recharge sont acceptables pour l'analyse thermique au point chaud.

Néanmoins, les paramètres clés proposés par EDF pour les études de recharge ne sont pas acceptables pour les "hauts burnups"<sup>18</sup> du fait de l'absence de marge en température dans l'étude générique et du non-conservatisme d'un paramètre de l'étude générique. En conséquence, les services de l'ASN estiment nécessaire que la valeur d'un paramètre calculé en recharge soit comparé à la valeur de l'étude générique correspondante minorée d'une provision forfaitaire pour assurer le respect du critère de température en étude de recharge. EDF a indiqué accepter cette demande.

Enfin, EDF a proposé une nouvelle démarche concernant les niveaux de puissance retenus dans l'étude (action n°20) ; cette démarche est jugée acceptable. Toutefois, les services de l'ASN estiment nécessaire, qu'en cas de dépassement sur un paramètre clé, EDF procède à des calculs complémentaires. **EDF a indiqué ne pas avoir d'objection à cette demande et l'a déjà intégrée dans la révision du DGES.**

##### b/ Analyse thermohydraulique

Pour ce qui concerne l'analyse thermohydraulique, l'ASN a demandé à EDF par son courrier en référence 7 de refaire l'étude avec des hypothèses conservatives dans l'objectif de vérifier le respect des critères de la démonstration de sûreté, dans un délai compatible avec une instruction préalable à la prise de position de l'ASN sur la mise en œuvre de la gestion combustible Alcade. Ce point a également fait l'objet de la recommandation n°2 du Groupe Permanent : *" le Groupe Permanent estime que les paramètres clés proposés par EDF pour vérifier le critère lié au nombre de crayons entrant en crise d'ébullition ne permettent pas de garantir son respect en recharge. De ce fait, il recommande qu'EDF propose, en préalable à la mise en application de la gestion ALCADE, de mettre en œuvre des paramètres clés afin de garantir, en étude de recharge, le respect du critère lié au nombre de crayons entrant en crise d'ébullition"*.

A la suite de la réunion du GPR consacrée à Alcade, EDF a apporté des éléments complémentaires afin de démontrer le conservatisme de son étude (action n°3). A l'issue de l'analyse de ces éléments, il est apparu que l'évaluation réalisée par EDF n'était pas conservatrice et que la démonstration du respect du critère de 10% de crayons entrant en crise d'ébullition pour la gestion Alcade n'était pas apportée avec la méthode actuelle. Toutefois, la valeur de 10% de crayons entrant en crise d'ébullition se traduit par l'hypothèse de 10% de crayons rompus dans l'évaluation des conséquences radiologiques, ce qui reste inférieur à l'hypothèse prise pour l'étude d'accident de perte de réfrigérant primaire (APRP) de 33% de crayons rompus. **Ce point est considéré comme soldé.** Une évaluation plus fine sera apportée dans le cadre de la reprise de l'étude à l'aide de la nouvelle méthode d'éjection de grappe.

---

<sup>18</sup> équivalent français : taux d'épuisement

Afin de répondre à la recommandation n°2 du GPR, EDF a proposé de retenir un nouveau paramètre clé en étude de recharge. Cette proposition est jugée recevable. En revanche, la proposition d'EDF ne respecte pas la démarche retenue qui est de s'assurer que l'atteinte d'un paramètre clé sur un niveau de puissance donné garantit le respect du paramètre clé sur tous les autres niveaux de puissance. A cet égard, les services de l'ASN estiment nécessaire qu'EDF applique la démarche présentée dans le cadre de l'action n°20 et **prévoient de faire la demande correspondante à EDF en ce sens.**

### III.3.3.2 Etudes d'interaction pastille-gaine (IPG)

Lors de l'analyse de cette étude, il est apparu que le dimensionnement du seuil d'AAR<sup>19</sup> par puissance linéique élevée pouvait être remis en cause pour les raisons suivantes :

- le temps de retard du système de protection n'était pas pris en compte ;
- les conditions initiales n'étaient pas représentatives du fonctionnement normal en ce qui concerne les différences axiales de puissance ( $\Delta I$ <sup>20</sup>) considérées.

A la suite de la réunion du GPR consacrée à Alcade, EDF a apporté des éléments complémentaires concernant l'hypothèse sur le temps de retard de la chaîne d'AAR par puissance linéique élevée et le temps de chute des grappes pris en compte dans les études (action n°4). Après analyse, **ce point est considéré comme soldé.**

EDF a également transmis des éléments complémentaires concernant le dimensionnement de la protection IPG en fonction du  $\Delta I$  (action n°4). Sur la base de ces éléments, l'IRSN a considéré que l'étude Alcade démontrait l'absence de risque IPG jusqu'à des niveaux de puissance de 475 W/cm dans la partie centrale du diagramme ( $P_{lin}$ ,  $\Delta I$ ) mais qu'il ne pouvait se prononcer sur l'absence de risque IPG pour des puissances comprises entre 475 et 590 W/cm. EDF a alors transmis une proposition « *conservative et temporaire* » concernant l'alarme IPG jugée acceptable par l'IRSN moyennant une diminution de la durée de fonctionnement prolongé à puissance intermédiaire (FPPI<sup>21</sup>). Ceci implique une modification du Dossier d'Amendement aux Spécifications Techniques d'Exploitation évoqué au § III.5.4.1.

Enfin, lors de son analyse, l'IRSN a constaté que les études IPG Alcade ne modélisaient pas la réponse du système de protection (SPIN<sup>22</sup>) tel qu'implanté sur site. Par ailleurs, ces études renaient comme hypothèse une distribution de débit non uniforme en entrée cœur, hypothèse affectant les distributions locales de puissance et non cohérente avec celle retenue pour la détermination des incertitudes neutroniques. En conséquence, l'IRSN a estimé que le bien fondé du dimensionnement de la chaîne de puissance linéique élevée, présenté par EDF dans sa note d'étude, n'était pas démontré. Suite à l'analyse des éléments justificatifs supplémentaires transmis par EDF, **ce point est considéré comme soldé.**

### III.3.3.3 Chute de grappe

A la suite de la réunion du GPR consacrée à Alcade, EDF a apporté des éléments complémentaires par ses actions n°7 et n°17 concernant le conservatisme de cette étude. Après l'examen de ces éléments, **les services de l'ASN n'ont plus de réserve sur ces points.**

---

<sup>19</sup> AAR : arrêt automatique du réacteur

<sup>20</sup>  $\Delta I$  : différences axiales de puissance

<sup>21</sup> FPPI : fonctionnement prolongé à puissance intermédiaire, c'est à dire à une puissance inférieure à 100%

<sup>22</sup> Système de protection intégré numérique : ce système installé sur les réacteurs de 1300 et de 1450 MWe, calcule certaines grandeurs qui ne sont pas directement mesurables (par exemple, la puissance) et gère les actions de protection nécessaires.

EDF a également présenté la méthode mise en œuvre pour vérifier à chaque rechargement du combustible que l'alarme associée à cet accident est correctement fixée (action n°6). Après analyse, cette méthode est considérée comme acceptable sous réserve qu'EDF vérifie le conservatisme d'une hypothèse au moyen d'une étude de sensibilité. Cette interrogation n'étant pas spécifique à la gestion Alcade, **les services de l'ASN considèrent qu'elle sera traitée dans un autre cadre et adresseront une demande à EDF en ce sens.**

Pour ce qui concerne l'efficacité différentielle du groupe D, compte tenu des éléments apportés par EDF (action n°18), **les services de l'ASN estiment nécessaire qu'en cas de dépassement du poids de grappe prévu pour l'étude de retrait d'une grappe (R1GP), EDF effectue la vérification de l'efficacité différentielle du groupe D dans les études de la recharge.**

Enfin l'IRSN estime nécessaire que soient mentionnées explicitement, dans le Dossier Spécifique de la Sûreté des recharges (DSS), les valeurs de deux paramètres propres à la recharge. Les services de l'ASN précisent que ce document ne fait pas partie du référentiel approuvé et que son contenu est donc laissé à l'initiative d'EDF. **Cette recommandation ne sera donc pas suivie immédiatement, mais prise en compte dans une réflexion à mener avec EDF sur le contenu des DSS.**

#### *III.3.3.4 Rupture de tuyauterie vapeur (RTV) à puissance nulle*

##### a) Critère relatif à la température de fusion

A la suite de la réunion du GPR consacrée à Alcade, EDF a proposé d'utiliser la nouvelle démarche mise en œuvre pour les recharges afin de justifier le respect du critère de fusion du combustible (action n°26). EDF a montré que la puissance linéique maximale atteinte était 733 W/cm et conclu que cette valeur respectait la valeur de découplage de puissance linéique à fusion de 753 W/cm, déterminée dans le cadre de la nouvelle démarche appliquée aux recharges, et garantissait donc la non-fusion<sup>23</sup>.

Pour ce qui concerne les crayons à haut taux de combustion, l'IRSN a considéré, d'une part, qu'à très haute température, des relâchements importants de gaz de fission étaient de nature à provoquer la réouverture du jeu, et d'autre part, que le code de calcul n'était pas qualifié pour évaluer les relâchements de gaz en conditions accidentelles pour ces taux de combustion. Ainsi, l'IRSN considère que l'évaluation du jeu éventuel entre la pastille et la gaine n'est pas valide. Néanmoins, l'IRSN convient que cette vérification n'est pas exigée au titre de la démonstration de sûreté (pour le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> cycle).

Par ailleurs, l'IRSN a estimé que la note relative à la définition des paramètres clés avec la Méthode Découplée Améliorée (MDA) devrait être révisée pour y introduire la démarche retenue par EDF pour vérifier le respect du critère relatif à la puissance linéique ainsi que les hypothèses retenues pour la détermination de ce critère. Les services de l'ASN estiment qu'un document complémentaire à la note de méthode MDA, intégrant la problématique de la température du combustible, est suffisant compte tenu de l'évolution prochaine de cette méthode. **Ce document sera demandé à EDF.**

---

<sup>23</sup> Pour mémoire, la température maximale combustible correspondant à 733 W/cm est d'environ 2740 °C, alors que la température de fusion est de 2799 °C.



Enfin, l'IRSN a estimé nécessaire que soit mentionnée explicitement, dans chaque DSS, la valeur de RFTC<sup>24</sup> minimal de la recharge. Les services de l'ASN précisent que ce document n'est pas prescriptif et que son contenu est laissé à l'initiative d'EDF **Cette recommandation ne sera donc pas suivie immédiatement, mais prise en compte dans une réflexion à mener avec EDF sur le contenu des DSS.**

#### b) Sensibilité au débit primaire

EDF a réalisé une étude de sensibilité au débit primaire (action n°25). Compte tenu des modifications matérielles prévues dans le cadre de la VD1 du palier N4, **ce point est considéré comme soldé pour la gestion Alcade.**

#### *III.3.3.5 Retrait incontrôlé de groupes en puissance (RIGP)*

Après analyse des éléments transmis, il est apparu que la puissance linéique calculée par le SPIN pouvait dans certaines conditions être inférieure à la puissance calculée dans les études ; le conservatisme de la puissance linéique calculée n'était donc pas démontré.

Par l'action n°5, EDF s'était engagé à vérifier que *"la chaîne d'AAR par puissance linéique élevée ne sous-estime pas la puissance linéique locale du cœur mais protège bien le cœur contre le risque de fusion quelle que soit la différence axiale de puissance ( $\Delta I$ )"*. EDF n'a pas transmis de comparaison des puissances calculées par le système de protection pour différentes valeurs de  $\Delta I$  car il considère que *"dans le cadre des transitoires de RIGP de la gestion Alcade et compte tenu des niveaux de puissance atteints, les éléments apportés permettent d'assurer que la chaîne d'AAR par puissance linéique élevée protège bien le cœur contre le risque de fusion"*.

Les résultats présentés par EDF ne peuvent solder cette interrogation. Il n'est donc pas possible de se prononcer sur la capacité du système de protection à protéger le cœur contre le risque de fusion quelle que soit la différence axiale de puissance. Ce problème s'avère générique au palier N4 et n'est pas spécifique de la gestion Alcade. L'IRSN n'ayant pas considéré ce défaut comme bloquant et pour conclure ce point, **les services de l'ASN adresseront une nouvelle demande à EDF.**

#### *III.3.3.6 Modélisation du SPIN dans les études IPG*

EDF précise que *"la puissance moyenne cœur fournie au SPIN pour calculer la puissance linéique au point chaud et le  $\Delta I$  dans les études IPG ALCADE est la puissance nucléaire issue de SMART [...]. Aucun filtre et avance retard n'est appliqué sur le calcul final de la puissance linéique. Les seuils de protection permettant de se protéger du risque IPG ont été réglés avec ces hypothèses. Cette approche est conservative à plusieurs points de vue :*

- *d'une part, l'application des modules d'avance retard sur les paramètres d'entrée du calcul du niveau de puissance dans l'UF2 du SPIN permet d'obtenir un niveau de puissance thermique équivalent voire supérieur au niveau de puissance nucléaire à l'instant du franchissement du seuil de protection et donc permet de compenser l'inertie de la puissance thermique,*
- *d'autre part, l'application des modules d'avance-retard sur la puissance linéique conduit à majorer la puissance linéique vue par le SPIN par rapport à la puissance linéique considérée dans les études IPG"*.

---

<sup>24</sup> Rapport de flux thermique critique : rapport du flux thermique provoquant la crise d'ébullition au flux thermique actuel

La note d'étude IPG Alcade précise dans le paragraphe relatif à la modélisation du SPIN que "les fonctions de surveillance et de protection assurées par l'US<sup>25</sup> et le SPIN sont simulées avec les mêmes algorithmes que ceux implantés sur site" ce qui ne correspond pas aux éléments transmis. En effet, l'étude présentée ne modélise pas les filtres et avance-retard du SPIN et considère la puissance nucléaire en lieu et place de la puissance thermique pour simuler la réponse du SPIN en terme de puissance linéique et de  $\Delta I$ .

Après analyse il apparaît que, si dans les conditions d'exploitation normales la puissance thermique est en équilibre avec la puissance nucléaire, lors des transitoires de catégorie 2 simulés pour l'IPG, la puissance nucléaire augmente nettement plus rapidement que la puissance thermique, ce qui affecte la réponse du SPIN. Ce point n'ayant pas été jugé bloquant par l'IRSN, **les services de l'ASN feront une demande à EDF sur ce point au titre de problèmes génériques soulevés lors de l'instruction de la gestion Alcade.**

#### III.3.3.7 Accident de diminution de débit primaire – Rotor d'une pompe primaire bloqué

Cette étude a fait l'objet de la recommandation n°3 du Groupe Permanent : "le Groupe Permanent estime que le conservatisme des hypothèses relatives aux conditions initiales pour les distributions de puissance du cœur, retenues dans l'étude de rotor bloqué d'une pompe primaire, n'est pas justifié. En conséquence, il recommande qu'EDF présente, sous un an, une reprise de l'étude avec des hypothèses conservatives sur les paramètres précités dans l'objectif de vérifier, avec ces hypothèses, le bon dimensionnement du système de surveillance et/ou de protection". **L'ASN a demandé à EDF de transmettre ces éléments complémentaires avant le mois de février 2008.**

#### III.3.3.8 Consommation de la bâche ASG<sup>26</sup>

L'ASN a noté l'action n°29, à savoir qu'EDF « apportera, sous un an<sup>27</sup>, les éléments démontrant la capacité du RRA à maintenir l'état sûr pour les conditions de fonctionnement de dimensionnement, dans le respect des règles d'étude ». Par ailleurs, concernant l'évaluation de la consommation de la bâche ASG, l'ASN a également estimé qu'EDF devait établir une note méthodologique applicable à l'ensemble des paliers dans un délai qu'il précisera. Aucun élément n'a été reçu aujourd'hui.

Par ailleurs, à la suite de la réunion du GPR consacrée à Alcade, EDF a également proposé une modification matérielle (action n°27) dont l'intégration sur site est prévue dans le cadre de la VD1 N4. Cette modification permettra de dégager des marges sur les critères issus des études d'accident.

Enfin, EDF a apporté des éléments complémentaires concernant le maintien de l'état d'arrêt sûr avec une file RRA suite à une RTGV<sup>28</sup> de catégorie 3 (action n°28). **Ce point est considéré comme soldé.**

---

<sup>25</sup> Unité de surveillance

<sup>26</sup> Alimentation de secours des générateurs de vapeur : système de sauvegarde dont la fonction est de suppléer à une défaillance éventuelle de l'alimentation normale.

<sup>27</sup> A savoir avant le mois d'octobre 2007

<sup>28</sup> Rupture de tube de générateur de vapeur ; cet accident met en communication le circuit primaire et le circuit secondaire, qui fonctionne normalement à une pression plus faible ; il peut conduire à l'ouverture des soupapes secondaires et donc à des rejets directs de radionucléides à l'atmosphère.

### III.3.3.9 Débit RIS

A la suite d'une révision des courbes caractéristiques de pompes, EDF a réévalué les débits d'injection de sécurité pris en compte dans les études d'accidents. Une démarche analogue a été mise en œuvre sur le palier 1300 MWe au travers de la mise en application de la fiche d'amendement RIS 040. La démarche de dimensionnement du système RIS du palier N4 étant identique à celle appliquée sur le palier 1300 MWe, les questions concernant la méthode de détermination des débits RIS rencontrée sur le palier 1300 MWe sont transposables au palier N4. L'ASN a considéré que ces questions devront être traitées dans des délais compatibles avec l'analyse des dossiers établis à l'occasion de la première visite décennale (VD1) des réacteurs du palier N4. Face aux difficultés pratiques (retour d'expérience insuffisant), EDF souhaite repousser ce délai. **Les services de l'ASN réitéreront cette demande avec le même délai.**

### III.3.3.10 Utilisation du système RRM

Concernant l'utilisation du système RRM<sup>29</sup> en situation de cumul MDTE (manque de tension externe<sup>30</sup>), l'ASN a noté qu'EDF s'était engagé à proposer une solution palliative aussi bien pour le cas de perte totale des alimentations électriques que pour les cas avec cumul MDTE. **Les services de l'ASN demanderont à EDF de traiter cette question dans le cadre de la VD1 du palier N4.**

### III.3.3.11 Retrait d'une grappe en puissance (R1GP)

Cette étude a fait l'objet de la recommandation n°1 du Groupe Permanent lors de sa réunion du 29 septembre 2006 : *"le Groupe Permanent estime que le conservatisme des hypothèses relatives aux conditions initiales et à la pénalité de fléchissement, retenues dans l'étude de retrait d'une grappe en puissance, n'est pas justifié. En conséquence, il recommande qu'EDF présente, en préalable à la mise en œuvre de la gestion Alcade, une reprise de l'étude avec des hypothèses conservatives sur les paramètres précités dans l'objectif de vérifier, avec ces hypothèses, le bon dimensionnement du système de protection. Le cas échéant, le Groupe Permanent estime qu'il sera nécessaire qu'EDF redimensionne les seuils du système de protection"*.

EDF a alors transmis des études avec de nouvelles hypothèses, telles que :

- les conditions initiales minimisent la température moyenne cœur ;
- la pénalité de fléchissement soit déterminée au taux de combustion de décharge.

Ces hypothèses ont permis de démontrer le respect des critères de sûreté en cas d'accident de retrait incontrôlé d'une grappe en puissance en gestion Alcade. **Ce point est donc considéré comme soldé.**

### III.3.3.12 Accident de perte de réfrigérant primaire par grosse brèche – APRP GB

Suite à la réunion du GPR consacrée à Alcade, EDF a transmis des éléments complémentaires et a réalisé des études de sensibilité pour confirmer d'une part le caractère pénalisant de la configuration retenue en terme de caractéristiques des pompes et d'autre part la validité des hypothèses transposées de l'étude Galice (action n°9). **Après analyse, ce point est considéré comme soldé.**

---

<sup>29</sup> RRM : Système de refroidissement des mécanismes des grappes absorbantes. Ce système est utilisé dans certaines conditions de fonctionnement pour accélérer le refroidissement de la chaudière.

<sup>30</sup> Cette situation de manque de source électrique externe au réacteur est cumulée conventionnellement avec certaines situations accidentelles.

### *III.3.3.13 Utilisation des matériels IPS-NC<sup>31</sup>*

Par son action n°15, EDF a proposé, lors de la mise à jour VD1 du rapport de sûreté standard du palier N4, de mettre à jour la note de synthèse définissant les matériels et systèmes IPS-NC utilisés dans la démonstration de sûreté pour les transitoires de catégorie 2 et 3 ainsi que les justifications associées. **Ceci est considéré comme satisfaisant.**

### *III.3.3.14 Cumul MDTE pour les conditions de fonctionnement de dimensionnement*

Par son action n°2, EDF a proposé, lors de la mise à jour VD1 du rapport de sûreté standard du palier N4, de mentionner les analyses de sensibilité à l'instant de cumul du MDTE réalisées dans le cadre du démarrage du palier N4 avec la gestion ¼ cœur et un enrichissement en uranium 235 de 3,4%. **Ceci est considéré comme satisfaisant.**

## **III.3.4 Qualification des logiciels**

### *III.3.4.1 Chaîne de calcul neutronique SCIENCE V2*

L'ASN a mentionné dans son courrier en référence 3 qu'EDF devait transmettre l'ensemble des éléments de qualification de cette chaîne de sorte qu'elle puisse prendre position sur son acceptabilité préalablement à la transmission des études de sûreté qui y font appel. L'analyse des éléments transmis n'ayant pas révélé d'élément rédhibitoire ou spécifique à la gestion Alcade, l'ASN a communiqué sa position à EDF par son courrier en référence 12 : il y est essentiellement demandé de compléter la qualification de cette chaîne et d'exploiter le retour d'expérience des calculs effectués pour les différentes gestions. **Ce point est donc soldé.**

### *III.3.4.2 Qualification des codes de thermohydraulique système*

Lors de l'analyse de ce dossier, certains points faibles ont été mis en évidence concernant la qualification des codes MANTA et CATHARE pour les réacteurs comportant des GV de type économiseur<sup>32</sup>. EDF s'est engagé à transmettre des compléments par ses actions n°10 et 11. L'ASN a indiqué dans le courrier en référence 7 que ces actions devaient être réalisées dans des délais compatibles avec l'analyse des dossiers VD1 N4 et EPR dont les GV sont également de type économiseur.

## **III.3.5 RDS**

Le RDS Alcade initialement transmis a été analysé ; **les services de l'ASN feront des demandes de modifications formelles** dans un courrier relatif au référentiel documentaire.

## **III.3.6 DGES**

### *III.3.6.1 Paramètres clés concernant l'éjection d'une grappe dans les états d'arrêt*

La sous-criticité requise dans les états d'arrêt à froid ou à chaud est déterminée par l'accident de retrait de groupes ou l'accident d'éjection de grappe. Dans le DGES, le retrait de groupes est analysé en arrêt à chaud (AAC) et arrêt à froid (AAF). En revanche, l'éjection de grappe n'est étudiée qu'en AAC. L'ASN a alors demandé à EDF de justifier l'absence de vérification en AAF et les hypothèses retenues pour l'évaluation du poids de la grappe éjectée.

---

<sup>31</sup> Important pour la sûreté – non classé : se dit de matériels, qui ne sont pas classés "de sûreté", mais dont la défaillance pourrait affecter certaines fonctions de sûreté. Ils sont soumis à une partie des exigences des matériels classés de sûreté, par exemple la réalisation d'essais périodiques.

<sup>32</sup> Un GV « économiseur » se différencie d'un GV "bouilleur" par la séparation des écoulements d'eau secondaire froide et chaude au moyen d'une plaque installée dans la partie basse du faisceau tubulaire et d'une double enveloppe installée autour d'une partie du faisceau, ce qui tend à améliorer les échanges entre le primaire et le secondaire et finalement le rendement.

Suite à la demande de l'ASN, EDF a indiqué que les contraintes existant d'une part sur le poids de la grappe bloquée en situation de RTV à 0%Pn et d'autre part, sur le poids de la grappe supposée bloquée dans le dimensionnement de la bâche REA bore, limitaient implicitement la variation de réactivité possible en cas d'éjection de grappe. L'IRSN a considéré que les situations mises en avant par EDF n'étaient pas comparables à celle de l'éjection de grappe en AAF et que d'autre part EDF n'avait pas démontré qu'en AAF l'accident de retrait de groupes était systématiquement plus pénalisant que l'accident d'éjection de grappe quel que soit le cycle de l'étude générique. L'IRSN estime nécessaire que l'étude d'éjection de grappe des recharges soit effectuée en AAF. **Les services de l'ASN reprendront la demande de l'IRSN, cohérente avec la demande ASN déjà transmise à EDF dans le cadre de la gestion Parité MOX.**

#### III.3.6.2 Facteurs radiaux de point chaud : $F_{xy}(z)$

Au démarrage du réacteur, si le flux n'est pas réparti de manière homogène, une pénalité doit être appliquée sur les facteurs «  $F_{xy}(z)$  » tant que cette hétérogénéité reste visible. Après analyse, il apparaît que le DGES mentionne seulement les valeurs des pénalités à appliquer en cycle naturel.

**Les services de l'ASN estiment nécessaire de prévoir également dans le DGES Alcade les pénalités à appliquer en prolongation de cycle et feront une demande en ce sens.**

#### III.3.6.3 Rupture de tuyauterie de vapeur (RTV) en puissance

A la suite de la réunion du GPR consacrée à Alcade, EDF a présenté la méthodologie mise en œuvre pour la vérification en recharge du bon dimensionnement de l'alarme bas RFTC (action n°8). Cette démarche en recharge est différente de celle retenue en étude générique mais est jugée acceptable. **Ce point est donc considéré comme soldé.**

Par ailleurs, EDF a également transmis une estimation de « *l'impact des températures du transitoire de RTV en puissance avec cumul MDTE* » (action n°24). Cette estimation est en cours d'examen et pourrait déboucher sur des demandes de compléments ou de précisions ; **elle ne constitue pas un préalable.**

L'IRSN estime nécessaire que soient mentionnées explicitement, dans chaque DSS, les valeurs de  $\Delta I_{\text{limite}}$  et  $\delta RFTC_{\text{total}}$  de la recharge. Les services de l'ASN précisent que ce document ne fait pas partie du référentiel approuvé par l'ASN et que son contenu est donc laissé à l'initiative d'EDF. **Cette recommandation ne sera donc pas suivie immédiatement, mais prise en compte dans une réflexion à mener avec EDF sur le contenu des DSS.**

#### III.3.6.4 Addendum combustible

L'addendum combustible au DGES n'a pas encore été transmis par EDF. **Les services de l'ASN considèrent que ce document n'est pas indispensable à l'évaluation de la gestion et peut être analysé ultérieurement.**

#### III.3.6.5 Retrait incontrôlé de groupes à puissance nulle (RIGZ)

Conformément à l'action n°23, la pénalité mise en évidence dans l'étude générique est maintenant prise en compte en étude de recharge. **Ce point est considéré comme soldé.**

### III.4 Radioprotection et tritium

#### III.4.1 Radioprotection

La radioprotection a fait l'objet d'un courrier ASN dans le cadre du dossier « Cycle du combustible REP français ». Or, il est apparu que les éléments présentés dans le cadre de l'instruction du dossier de faisabilité de la gestion Alcade ne permettaient pas de répondre à l'ensemble des demandes formulées. L'ASN a formulées plusieurs demandes complémentaires à l'issue de la phase de faisabilité de la gestion Alcade (courrier en référence 3).

Après analyse des réponses transmises, l'ASN a formulé une dernière demande concernant les scénarios d'optimisation des opérations d'évacuation de combustibles usés permettant de compenser le surcroît de dose collective prévisionnelle liée à ces opérations. **Ces éléments sont en cours d'examen, mais ils ne constituent pas un préalable à la mise en oeuvre de la gestion.**

#### III.4.2 Production et rejets de tritium

Le passage d'un réacteur de la gestion actuelle à la gestion Alcade entraîne une augmentation de la production de tritium. En effet, la principale source de production de tritium est l'activation neutronique du bore 10 et du lithium 6. Or, les teneurs en bore et en lithium présents dans le fluide primaire devant augmenter pour la gestion Alcade, par conséquent la quantité de tritium produite au cours du cycle augmentera également. Cette augmentation est évaluée par l'IRSN à environ 8 TBq/an/tranche.

Les grappes sources secondaires représentent également une source potentielle de contamination du fluide primaire en tritium, dont l'effet est indépendant de la gestion du combustible. EDF a estimé cette source de production de l'ordre de 10 TBq/an/tranche ce qui représenterait pour une gestion Alcade jusqu'à 20% de la production totale annuelle en tritium. L'IRSN estime que cette contribution doit être validée pour pouvoir estimer la production maximale de tritium. Des éléments complémentaires seront transmis par EDF et seront examinés dans le cadre de la réunion du GPR consacrée à l'examen de la gestion des effluents et des rejets des centrales REP. Par ailleurs, les services de l'ASN rappellent que les valeurs limites de tritium pour la gestion Alcade seront examinées dans le cadre de l'instruction des dossiers de demande d'autorisation de rejets et de prélèvements d'eau des centrales de Chooz et de Civaux. Compte tenu de l'ordre de grandeur de ces rejets et de leur impact radiologique, **cette question n'est pas considérée comme préalable.**

### III.5 Mise en œuvre de la gestion

#### III.5.1 Déploiement

L'ASN a remarqué qu'EDF avait prévu de déployer la gestion ALCADE sur les différents réacteurs du palier N4 au cours d'une période très courte (8 mois), ce qui rendrait difficile la prise en compte du REX de la tête de série et qui est en contradiction avec la doctrine d'EDF mentionnée dans son guide de l'ingénierie opérationnelle. **Néanmoins ce point n'est pas considéré comme préalable.**

Le planning de passage des réacteurs N4 à la gestion Alcade et les dates prévisionnelles de leur 1<sup>ère</sup> visite décennale sont données en annexe II.

### ***III.5.2 Entreposage des assemblages dans les bâtiments combustible***

L'ASN a considéré que la puissance résiduelle maximale autorisée en piscine de désactivation ne constituait pas une limite rédhibitoire pour la mise en œuvre de la gestion Alcade compte tenu de la possibilité de retarder le déchargement pour la respecter. Néanmoins, l'ASN a demandé à EDF de transmettre les éléments relatifs à la compatibilité du temps de refroidissement avant transport des assemblages combustibles dans les piscines des bâtiments combustible des CNPE, avec la capacité d'entreposage de ces piscines dans des délais compatibles avec l'instruction du dossier de sûreté de la gestion Alcade. **Ce point est considéré comme soldé.**

### ***III.5.3 Cycles de transition***

Les études ALCADÉ considèrent uniquement des crayons combustible à gainage M5 pressurisés à 20 bar. Or, durant les cycles de transition, des assemblages présenteront des crayons, à gainage Zy4 ou M5, pressurisés à 31 bar. La démonstration de la bonne tenue de ces crayons en gestion Alcade n'est pas exhaustive en ce qui concerne l'IPG. L'ASN a donc demandé à EDF d'analyser le comportement des crayons pressurisés à 31 bars vis-à-vis du risque d'IPG pour les cycles de transition. **Après analyse des éléments reçus, ce point est considéré comme soldé.**

### ***III.5.4 RGE***

#### ***III.5.4.1 Chapitres III et X***

Ces chapitres, dont le contenu résulte de la démonstration de sûreté, sont en cours d'instruction. Ils feront l'objet de courriers particuliers.

#### ***III.5.4.2 Chapitre VI***

Par son courrier en référence 13, l'ASN a indiqué **ne pas avoir d'objection à la mise en œuvre du chapitre modifié**, sous réserve de la prise en compte de plusieurs demandes.

#### ***III.5.4.3 Chapitre IX***

Par son courrier en référence 14, l'ASN a indiqué **ne pas avoir d'objection à la mise en œuvre du chapitre modifié**, sous réserve de la prise en compte de plusieurs demandes.

## **IV. Information concernant des sujets techniques liés à la demande et instruits par ailleurs**

### **IV.1 Chimie primaire**

EDF souhaite mettre en œuvre sur le palier N4 une nouvelle coordination des teneurs en bore et lithium dans le fluide primaire à l'occasion de la gestion Alcade. Cette modification de la chimie du fluide primaire en début de cycle consiste, selon les concentrations en bore au démarrage, à utiliser une concentration en lithium pouvant aller jusqu'à 3,5 mg/kg d'eau alors qu'elle est limitée à 2,2 mg/kg dans les spécifications actuelles. Elle évite ainsi d'atteindre une valeur de pH inférieure à 6,9 à 300°C, lorsque la concentration en bore au démarrage est portée à la valeur maximale de 1800 mg/kg. Après analyse de dossier, **les services de l'ASN n'ont pas d'objection à cette évolution.** Une lettre ASN est actuellement en cours de signature.

### **IV.2 Conséquences radiologiques**

Dans sa lettre en référence 7, l'ASN a demandé à EDF de lui présenter les résultats de l'application du référentiel d'évaluation des conséquences radiologiques des accidents au terme de l'instruction en cours. Dans sa lettre en référence 15, l'ASN a donné son appréciation du projet de

référentiel d'EDF et formulé des demandes d'amélioration. C'est à l'issue de ces améliorations que le référentiel devra être appliqué aux réacteurs de Chooz B et de Civaux.

### IV.3 Référentiel criticité

Dans sa lettre en référence 16, l'ASN a donné sa position sur le référentiel criticité et demandé certaines modifications et précisions. Aucune demande propre à Alcade n'a été formulée.

### IV.4 Généralisation de l'utilisation de l'alliage M5

L'ASN a indiqué, dans son courrier sur la faisabilité en référence 3, les éléments nécessaires à une position favorable quant à la généralisation sur le parc de l'emploi de l'alliage M5 en tant que matériau de gainage et de structure des assemblages de combustible et indiqué que l'évaluation de ces éléments constituait un préalable à la prise de position sur la mise en œuvre de la gestion Alcade.

Par ailleurs, la fiabilité des crayons de combustible à gainage M5 introduits notamment dans les assemblages AFA 3GLr-AA est remise en cause par l'apparition de pertes d'étanchéité attribuées depuis quelques années déjà (2002). Selon EDF, ces pertes d'étanchéité seraient dues à une pollution accidentelle des cordons de soudures des bouchons lors de la fabrication. Ainsi, le fabricant a cherché à fiabiliser la fabrication des crayons combustibles en mettant notamment en place, dès la mi-2005, un "plan propreté" dans les différentes usines de fabrication (FBFC Romans, Cezus Paimboeuf et de FBFC Dessel) dont l'objectif est de retrouver pour les crayons à gainage M5 une fiabilité comparable à celle des crayons à gainage Zircaloy 4.

Enfin, la nature du procédé de soudage pourrait également s'avérer décisive puisque EDF a précisé qu'aucun cas de percement de soudure de bouchon n'avait été constaté sur les crayons combustibles M5 dont les bouchons ont été soudés par un autre procédé de soudage (TIG ou USW) que le procédé laser retenu par l'usine FBFC de Romans d'où sont issus les crayons incriminés. EDF a décidé de ne plus charger dans ses réacteurs d'assemblages combustibles à l'aide des procédés mis en cause.

EDF a précisé à l'ASN dans sa lettre en référence 17 ses orientations en matière de déploiement de l'alliage M5 :

- poursuivre l'approvisionnement en combustible AFA3GLrAA (gaine et structure M5) des 3 réacteurs 1300 MWe et des 4 réacteurs N4 qui en reçoivent déjà ;
- alimenter les réacteurs 900 MWe qui passent à la gestion Parité MOX en assemblages MOX gainés M5 et en assemblages UO2 gainés en Zirloy ;
- ajuster le programme de déploiement sur le palier 1300 MWe en fonction des résultats du retour d'expérience disponible début 2008.

Considérant les mesures prises par EDF, **les services de l'ASN estiment qu'il n'y a pas lieu de remettre en cause le déploiement de l'alliage M5 sur les réacteurs N4.** La position sur les autres paliers sera prochainement définie.



## V. Conclusion des services de l'ASN

La gestion Alcade a fait l'objet d'un examen technique approfondi, en particulier sur les points les plus délicats de la démonstration de sûreté. Sur la base de cet examen, les services de l'ASN :

- n'identifient pas de problème de nature à mettre en défaut la démonstration de la sûreté de cette gestion ;
- considèrent que la gestion peut être mise en œuvre de façon sûre moyennant les ajustements qu'EDF a acceptés aux règles générales d'exploitation.

Les points nécessitant encore des compléments peuvent être classés comme suit :

- ceux qui doivent être résolus avant la mise en œuvre de la gestion sur le réacteur tête de série ;
- ceux qui sont propres à la gestion Alcade et qui doivent être réglés dans un délai fixé ;
- ceux qui ne sont pas propres à la gestion Alcade et qui doivent être réglés dans d'autres cadres : ré-examen décennal ou correction d'anomalie.

Il est prévu de préciser ces différents points dans un courrier de l'ASN adressé à l'exploitant.

En conclusion, les services de l'ASN n'identifient pas de point technique s'opposant à l'autorisation de la gestion Alcade. Les évolutions du RDS, du DGES et de l'ensemble des chapitres soumis à approbation des RGE devront recevoir l'accord de l'ASN avant la mise en œuvre de cette gestion.

**Annexe I au rapport ASN/DCN n°2007-07-12**

***Références***

***Lettres concernant la phase de faisabilité :***

- [1] lettre sur le processus d'instruction des gestions combustible : DGSNR/SD2/n°242-2006
- [2] demande EDF en vue d'obtenir l'autorisation de mettre en œuvre la gestion Alcade :  
ENDPJC030126
- [3] lettre de prise de position de l'ASN : DGSNR/SD2/n°267-2005

***Réunion GPR :***

- [4] saisine du GPR par l'ASN : DGSNR/SD2/n°290/2006
- [5] avis du GPR : GPR/06-30
- [6] confirmation des positions et actions d'EDF : ENDPJC 060181
- [7] lettre de prise de position de l'ASN : Dép/DCN/n°048-2007

***Lettres de prise de position de l'ASN sur les règles générales d'exploitation :***

- [13] concernant le chapitre 6 : Dép/DCN/n°0637-2006
- [14] concernant le chapitre 9 : Dép/DCN/n°0154-2007

***Autres lettres référencées :***

- [8] lettre de prise de position de l'ASN sur le chargement de recharges combustibles de type AFA3GLr-AA : Dép/SD2/n°431-2007
- [9] lettre de prise de position de l'ASN sur le cycle du combustible : DGSNR/SD1/n°237-2006
- [10] lettre de prise de position de l'ASN sur les modifications matérielles :  
DGSNR/SD2/n°617-2004
- [11] lettre de prise de position de l'ASN sur la MDR pour les réacteurs 4 boucles :  
Dep/DCN/n°226-2007
- [12] lettre de prise de position de l'ASN sur la chaîne SCIENCE : DEP/SD2/n°0249-2006
- [15] lettre de prise de position de l'ASN sur le référentiel d'évaluation des conséquences radiologiques : DEP/DCN/n°218-2007
- [16] lettre de prise de position de l'ASN sur le référentiel criticité : DEP/DCN/n°293-2007
- [17] lettre de position EDF sur le déploiement de l'alliage M5 : D4550.37-01/1786

**Annexe II au rapport ASN/DCN n°2007-07-12**  
***Déploiement de la gestion***

Dates prévisionnelles de l'intégration de la gestion Alcade :

- Chooz B1 - arrêt au 2<sup>ème</sup> semestre 2007 ;
- Civaux 1 - arrêt au 1<sup>er</sup> semestre 2008 ;
- Chooz B2 - arrêt au 1<sup>er</sup> semestre 2008 ;
- Civaux 2 - arrêt au 1<sup>er</sup> semestre 2008.

Dates prévisionnelles des VD1 N4 :

- Chooz B2 - arrêt au 1<sup>er</sup> semestre 2009 ;
- Chooz B1 - arrêt au 1<sup>er</sup> semestre 2010 ;
- Civaux 1 - arrêt au 2<sup>ème</sup> semestre 2011 ;
- Civaux 2 - arrêt au 1<sup>er</sup> semestre 2012.