

VOS RÉF.: DGSNR/SD2/ 033-2003

NOS RÉF.: BE/DIN/EM-SVR/FL – 003/020

INTERLOCUTEUR:

OBJET:

Monsieur le Directeur Général  
de la Sûreté Nucléaire et  
de la Radioprotection  
6 Place du Colonel Bourgoïn  
75572 PARIS

Paris, le

Monsieur le Directeur Général,

Par votre lettre en référence, vous me demandez d'examiner l'aptitude du projet EPR à faire face à la chute d'un avion de ligne tel qu'on les envisage dans le ciel européen, et de vous faire les propositions utiles à l'issue de cet examen.

Très rapidement après les attentats du 11 Septembre 2001 commis aux Etats-Unis, EDF s'est préoccupé de cette question et a examiné la conception du projet EPR à cet égard.

Comme vous le soulignez, le projet a été conçu d'entrée de jeu pour faire face à la chute d'un avion militaire qui représente déjà un cas de charge sévère. A ce titre, les concepteurs ont été amenés à choisir une architecture générale, fonctionnelle et géographique, qui tienne compte de telles chutes. C'est ainsi que le projet comporte une architecture générale organisée en 4 trains, physiquement distincts, et qu'une partie de l'installation est « bunkérisée ». Il s'agit en particulier du bâtiment réacteur, du bâtiment du combustible usé et du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde qui abrite 2 des 4 trains de sauvegarde (parties mécaniques et électriques).

La partie « bunkérisée », dimensionnée comme il a été rappelé pour un impact de type avion militaire, présente d'ores et déjà une résistance élevée, notamment vis à vis des risques de perforation ; les caractéristiques d'un avion militaire en font en effet un missile considéré comme « perforant ».

Ces dispositions générales confèrent au projet EPR une grande robustesse vis à vis de l'impact potentiel d'un avion de type commercial, et sont donc maintenues sans changement.

Nonobstant l'aptitude du projet EPR à faire face à des chutes d'avion, il convient de noter qu'EDF n'envisage pas d'assurer une capacité de résistance vis-à-vis de tout acte de guerre ou tout acte terroriste envisageable. La prévention de ceux-ci ou la limitation de leur effet relève essentiellement de la puissance publique.

Dans ces conditions,

- o d'une part la vérification de l'aptitude de l'installation à faire face à de telles chutes et les dispositions associées doivent être considérées comme hors du dimensionnement « normal » de l'installation, et je suis donc conduit à placer cette situation dans les catégories de situations dite « Risk Reduction Category » (RRC),
- o d'autre part les hypothèses relatives à l'impact doivent assurer une couverture « raisonnable » du risque, et ne peuvent prétendre envelopper toutes les éventualités. En outre, il me semble qu'elles doivent demeurer cohérentes avec les pratiques internationales en cours, et ne pas non plus introduire de différences trop fondamentales avec la façon dont cette question est abordée pour les autres installations industrielles à risque.

Il me semble également que les hypothèses, règles utilisées et analyses associées ne devraient pas figurer dans les rapports de sûreté accessibles ou susceptibles d'être accessibles publiquement.

Cette logique générale est précisée en annexe. En complément, pour pouvoir effectuer ou vérifier le dimensionnement des voiles constituant la protection de la partie bunkérisée, il apparaît nécessaire de définir un cas de charge qui serve de référence.

Il apparaît également souhaitable que ce cas de charge de référence, tout en permettant de couvrir de façon appropriée les avions dont on envisage la chute dans le cadre d'une action malveillante, ne soit pas directement associable à tel ou tel type d'avion, ni à telle ou telle vitesse d'impact. Il doit donc correspondre à une hypothèse de dimensionnement conventionnelle associée à des méthodes de calcul et des critères également conventionnels.

Dans ce contexte, je suis donc conduit à proposer que soit retenu le cas de chargement défini en annexe, cas de chargement qui couvre raisonnablement les risques susceptibles d'être engendrés par les types d'avion envisageables dans le ciel européen.

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

## Démarche de dimensionnement des ouvrages EPR vis-à-vis du risque lié aux chutes d'avions civils

### 1 - Principes et Objectifs

Les centrales doivent être protégées de façon appropriée vis-à-vis du risque lié à la chute d'avions. Pour ce faire, il est habituel de distinguer 3 catégories d'aviation: l'aviation générale, l'aviation commerciale, l'aviation militaire. Chacune de ces catégories présente un risque potentiel de nature distincte.

Pour l'aviation générale, sur la base des statistiques, on considère que la probabilité de chute n'est pas suffisamment faible pour que le risque soit considéré comme résiduel. Ce type d'aviation est donc pris en compte comme une donnée de dimensionnement normal.

Pour l'aviation commerciale, sur la base des statistiques, la probabilité de chute sur une centrale est très faible. Par contre, à la lumière des événements du 11 septembre 2001, on ne peut exclure une action volontaire (qui ne peut être cernée en termes de probabilité). Il est donc convenu de prendre en compte ce type de risque, et de le prendre en compte au titre de la conception mais hors du dimensionnement "normal", et donc comme situation complémentaire assimilable à la catégorie dite de réduction du risque (RRC)<sup>1</sup>.

Il en est de même pour l'aviation militaire, pour laquelle l'analyse statistique ne permet pas toujours de conclure de façon tranchée, et qu'il a été convenu de prendre en compte dans le projet EPR.

D'une façon globale, l'objectif général recherché est que, en cas de chute d'avion sur la centrale, il n'y ait pas de conséquences inacceptables par rapport à la nature du risque.

C'est ainsi que:

- au titre du dimensionnement normal (aviation générale) les conséquences ne doivent dépasser les limites fixées pour les accidents de catégorie 4 <sup>(2)</sup>. (PCC 4)
- au titre du dimensionnement complémentaire (aviation commerciale) les conséquences ne doivent pas dépasser les limites de la catégorie RRC-B <sup>(3)</sup>.

La protection contre ce risque fait appel à diverses dispositions telles que:

- Architecture générale, fonctionnelle et géographique,

<sup>1</sup> Cette définition, cohérente avec la classification EPR, correspond en principe au vocable "design extension" que l'on trouve dans certains pays.

<sup>2</sup> Cf § 5.2.2 ETC-S: <50 mSv dose effective 50 ans, <150 mSv dose thyroïde.

<sup>3</sup> Cf § 5.2.4 ETC-S: < 2 10<sup>4</sup> TBq Xe133; 11,4 TBq I131; 1,8 TBq Cs137 à court terme (24h) et < 5 10<sup>5</sup> TBq Xe133; 30 TBq I131; 2,7 TBq Cs137 à long terme.

- o Redondance et séparation géographique (structuration en 4 trains, géographiquement dispersés),
- o Protection physique ( parois résistantes pour la partie "bunkérisée")

Le choix de ces différentes dispositions relève de la conception d'ensemble de l'installation. Une fois celle ci définie, on en déduit les parties de l'installation (systèmes, fonctions, ouvrages,...) qui doivent faire l'objet d'une protection physique. Cette démarche, suivie au titre de la prise en compte du risque lié à l'aviation militaire, reste appropriée pour la prise en compte du risque relatif à la chute d'avion de type commercial, et est donc maintenu sans changement.

L'objet du présent document est prioritairement de définir les règles et hypothèses associées au dimensionnement des ouvrages de protection (parois de la partie "bunkérisée") et non pas de couvrir l'ensemble de la conception de la centrale vis à vis de ce risque aviation.

## 2 - Hypothèses et méthodes de dimensionnement (aviation générale)

Pour mémoire, le cas de chargement est rappelé en annexe.. La surface d'application considérée est de 4 m<sup>2</sup>.

## 3 - Hypothèses et méthodes de dimensionnement (aviation militaire)

Pour mémoire, les cas de chargement sont rappelés en annexe. 2 cas sont distingués pour d'une part le dimensionnement/vérification de la résistance des parois, d'autre part pour déterminer les vibrations induites<sup>4</sup>.

## 4 - Hypothèses et Méthodes de dimensionnement complémentaire (aviation commerciale)

Pour le dimensionnement mécanique des ouvrages on utilisera la courbe conventionnelle CA, jointe en annexe, qui donne l'effort en fonction du temps pour le cas d'un impact normal à la paroi. Ces efforts sont à adapter en fonction de l'angle d'incidence et en fonction de la réponse dynamique de la structure subissant l'impact.

Ces données seront utilisées pour dimensionner ou vérifier

La stabilité et la résistance d'ensemble des ouvrages protégés

Les vibrations induites dans les structures, qui ne doivent pas conduire à la défaillance des équipements nécessaires

La résistance des protections au risque de pénétration locale

<sup>4</sup> Le cas de l'aviation militaire est traité dans le dossier EPR discuté par GP/RSK avec en référence les courbes C1 et C2. Il n'est pas repris en détail ici.

Pour le dimensionnement de la résistance des protections vis à vis de la pénétration et pour la détermination des déformations locales, on associe aux efforts définis par la courbe CA les surfaces d'application suivantes: 40 m<sup>2</sup> pour le 1<sup>er</sup> plateau, 90 m<sup>2</sup> pour le 2<sup>ème</sup> plateau. Par convention pour le dimensionnement, cette surface sera considérée comme circulaire. En outre, la non perforation ponctuelle devra être assurée avec le chargement localisé 2t, 200m/s, 2 m<sup>2</sup> (ou pour ne pas indiquer de vitesse particulière xxMN, yy ms, 2 m<sup>2</sup>); l'utilisation de la formule semi-empirique de juste perforation (formule dite CEA-EDF) est préconisée.

Pour la détermination des ébranlements (spectres de vibrations) induits dans les bâtiments, et auxquels les équipements nécessaires doivent résister, on retiendra quelques points d'impact conventionnels localisés en partie centrale des parois exposées (en excluant ainsi les localisations les plus invraisemblables ou non représentatives). Pour les voiles horizontaux (toitures), on retiendra un angle d'incidence par rapport à l'horizontale de 30°. Aucune démonstration particulière d'aptitude des matériels nécessaires n'est requise si les vibrations induites sont inférieures à celles retenues pour le séisme dans la gamme de fréquence 5-20Hz (gamme de fréquence à confirmer).

D'une façon générale, on utilise des données et méthodes "réalistes" (caractéristiques réelles des matériaux, limites de résistance et non limites élastiques,...) et on ne cumule pas d'autres défaillances que celles induites par l'impact (pas d'application de CDU) et on ne cumule pas avec d'autres chargements (séisme, accident non induit,...)

Dans les cas où il existe une double paroi, et que la paroi interne présente une certaine robustesse vis à vis de projectiles (éclats de béton, projectiles résiduels, chocs,...), il est admis d'aller jusqu'à la limite de perforation sans exclure des éclats de béton, et les déformations locales sont admises jusqu'au contact (si par ailleurs elles ne mettent pas en cause des équipements nécessaires).

Ceci conduit à utiliser des critères limites de comportement pour les aciers de 5% (allongement) et pour le béton de 1% (raccourcissement) dans le cas de double voile.

Par rapport au dimensionnement des voiles du projet EPR "Basic Design", ces hypothèses de chargement et ces règles ou critères, conduiront à un renforcement des armatures et à un épaississement de certains voiles.