

Fontenay-aux-Roses, le 18 avril 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2016-00120

**Objet :** Évaluations complémentaires de sûreté des INB d'AREVA  
Engagement EG.9  
Méthodes d'analyse du comportement des systèmes, structures et composants (SSC)  
existants du « Noyau Dur » - Ouvrages de génie civil

**Réf. :** 1. Lettre CODEP-DRC-2015-004542 du 11 février 2015  
2. Lettre CODEP-DRC-2013-042163 du 23 février 2013

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les méthodes d'analyse du comportement des systèmes, structures et composants (SSC) existants du « noyau dur » définies par AREVA pour les ouvrages de génie civil existants du noyau dur, en interface avec le noyau dur ou potentiellement agresseurs du noyau dur à la suite des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) réalisées après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi au Japon.

Par ailleurs, par lettre citée en seconde référence, l'ASN demande l'avis de l'IRSN sur la vérification du comportement sismique de l'atelier T4 de l'établissement AREVA de La Hague, réalisée antérieurement à la définition des méthodes d'analyse faisant l'objet du présent avis.

### **Présentation de la note de méthode d'AREVA**

La démarche générale d'AREVA pour l'analyse du comportement des SSC existants est identique à celle relative au dimensionnement des SSC « noyau dur » neufs. Elle comprend cinq étapes :

1. la définition des actions et combinaisons d'actions auxquelles est soumis le SSC ;
2. l'identification des exigences fonctionnelles, à partir des exigences de sûreté ;
3. la traduction des exigences fonctionnelles, en cohérence avec les niveaux de critères proposés dans le règlement de dimensionnement (ouvrages de génie civil) ou d'analyse mécanique (équipements) retenu ;
4. le calcul des effets des combinaisons d'actions appliquées à l'ouvrage ou à l'équipement ;
5. les analyses et vérifications par rapport aux niveaux de critères du règlement retenu.

Adresse courrier  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

Siège social  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre B 440 546 018

Les éléments méthodologiques des étapes 1 à 3 définis par AREVA pour les ouvrages existants ont déjà fait l'objet, dans le cadre de l'analyse des méthodes de justification du comportement des SSC neufs du noyau dur proposées par AREVA, de recommandations de l'IRSN qui sont aussi applicables aux SSC existants du noyau dur.

AREVA indique que l'état des ouvrages existants est analysé dans le cadre des réexamens de sûreté des installations. Toutefois, certains ouvrages présentent des difficultés d'accessibilité (cellules de haute activité...). L'IRSN considère qu'AREVA devrait détailler, dans les dossiers de justification à venir, l'analyse de conformité des ouvrages existants du noyau dur, en interface du noyau dur ou potentiellement agresseurs du noyau dur, en justifiant notamment les cas où un contrôle in-situ des ouvrages concernés n'a pas été réalisé.

La démarche générale retenue par AREVA pour l'analyse du comportement des ouvrages de génie civil existants associés au « noyau dur » prévoit une démarche graduée (étapes 4 et 5) et adaptée aux exigences fonctionnelles du noyau dur et aux exigences de comportement des ouvrages de génie civil existants. A ce titre, trois types de méthodes peuvent être utilisées de manière successive :

- une « analyse de base », qui s'appuie sur le dossier de dimensionnement ;
- une « analyse intermédiaire », si nécessaire, qui s'appuie sur les calculs d'origine ou sur un calcul actualisé ;
- une « analyse approfondie », si nécessaire, qui s'appuie sur des calculs non linéaires spécifiques.

AREVA élargit donc l'inventaire des méthodes (évolution d'hypothèses pour l'analyse intermédiaire et introduction d'une analyse approfondie) acceptables pour vérifier le respect des exigences de comportement des ouvrages de génie civil compte tenu de l'augmentation du niveau de chargement mécanique résultant des agressions retenues en situations extrêmes, notamment le séisme. Toutefois, il ne prévoit pas de modifications des ouvrages de génie civil dans le cas où la justification sur la base de l'analyse « approfondie » ne peut être apportée, ce qui fait l'objet de la **recommandation n°1** en Annexe.

L'IRSN estime que, à la suite d'une analyse « de base » non conclusive, la mise en œuvre d'une analyse intermédiaire préalablement à l'analyse approfondie constitue une démarche générale acceptable. En effet, cela permet d'identifier, à chaque étape, les incertitudes associées d'une part au chargement, d'autre part au comportement non linéaire des structures et d'apporter la démonstration de leur maîtrise. Toutefois, la mise en œuvre de ces méthodes « intermédiaires » ou « approfondies » est complexe du fait de la nature des calculs de structures à mettre en œuvre (calculs non linéaires des structures de génie civil) : à l'instar des pratiques retenues lors des réexamens, la démonstration de la maîtrise du comportement de l'ouvrage doit être apportée au regard des objectifs de sûreté visés pour le noyau dur, ce qui fait l'objet de la **recommandation n°2** en Annexe.

Pour ce qui concerne la vérification d'absence d'interaction, l'IRSN constate que la démarche proposée par AREVA des risques d'entrechoquement ou de non-effondrement des bâtiments peut être menée en utilisant des méthodes différentes (calcul en capacité ou calcul non linéaire temporel), indépendamment des risques induits. **L'IRSN considère que, selon qu'il s'agit d'un risque**

**d'entrechoquement entre deux bâtiments ou de chute d'un bâtiment sur un autre, la démonstration du respect de l'exigence d'absence d'interaction nécessite des méthodes de justification, de nature différente et adaptées aux objectifs de sûreté visés.**

Pour ce qui concerne la vérification de l'exigence d'étanchéité des revêtements, l'analyse proposée par AREVA ne permet pas de quantifier les déformations des revêtements induites par celles des structures de supportage. De plus, l'IRSN estime que les critères proposés par AREVA ne sont pas adaptés à l'objectif de limitation de la fissuration requis pour l'exigence de confinement. En conséquence, l'IRSN formule la **recommandation n° 3** en Annexe.

De plus, dans le cadre de la mise en œuvre de calculs non-linéaires de structures en béton armé pour la vérification des exigences d'absence d'interaction et de stabilité, AREVA valorise une résistance en traction du béton, ce qui n'est pas conforme aux pratiques usuelles, et donc fait l'objet de la **recommandation n° 4** en Annexe.

AREVA n'exclut pas l'utilisation de valeurs d'amortissement « réalistes » dans les calculs des ouvrages de génie civil. L'IRSN estime qu'il n'est pas satisfaisant de retenir des valeurs d'amortissement différentes de celles retenues habituellement à la conception des INB pour la vérification du comportement des ouvrages existants associés au noyau dur, ce qui fait l'objet de la **recommandation n° 5** en Annexe.

**En conséquence, l'IRSN estime qu'AREVA doit réviser la méthodologie d'analyse du comportement des ouvrages de génie civil existants du « noyau dur » en tenant compte des recommandations précitées.**

#### **Vérification du comportement sismique de l'atelier T4 de l'établissement AREVA de La Hague**

Le bloc principal de l'atelier T4 est un bâtiment de forme parallélépipédique, partiellement enterré et mitoyen de plusieurs bâtiments. Pour l'évaluation de la robustesse de l'atelier T4, AREVA retient le séisme majoré de sécurité (SMS) déterminé sur la base de la RFS 2001-01 et étudie les marges par rapport à ce dernier.

L'étude du comportement de cet atelier pour un séisme au-delà du SMS, réalisée antérieurement à la définition des méthodes d'analyse faisant l'objet du présent avis, montre l'existence de marges significatives au regard de l'exigence de stabilité globale de l'ouvrage. A cet égard, l'IRSN estime qu'AREVA devra définir les exigences associées à cet atelier (maintien du confinement de la matière par la première ou deuxième barrière) et démontrer leur respect en cas de séisme extrême : ceci concerne en particulier les éléments de structure (voiles, planchers...) qui doivent participer au respect d'exigences telles que le confinement. Par ailleurs, AREVA n'analyse pas les risques d'interaction avec des ouvrages voisins : il conviendrait qu'AREVA analyse le risque d'interaction de la superstructure en charpente métallique du bâtiment BVE de ventilation, d'alimentations électriques ou de secours avec l'atelier T4.

L'IRSN estime que l'étude de l'atelier T4 doit être mise à jour, à la suite de la révision de la méthodologie pour l'analyse du comportement des SSC existants tenant compte des recommandations formulées dans le présent avis (**recommandation n° 6** en Annexe).

### Conclusion

La démarche générale retenue par AREVA pour l'analyse du comportement des ouvrages de génie civil existants associés au « noyau dur » prévoit une démarche graduée et adaptée aux exigences fonctionnelles du noyau dur et aux exigences de comportement des ouvrages de génie civil existants. AREVA élargit donc l'inventaire des méthodes (évolution d'hypothèses pour l'analyse intermédiaire et introduction d'une analyse approfondie) acceptables pour vérifier le respect des exigences de comportement des ouvrages de génie civil compte tenu de l'augmentation du niveau de chargement mécanique résultant des agressions retenues en situations extrêmes, notamment le séisme.

L'IRSN estime que la mise en œuvre de ces méthodes (« intermédiaires » ou « approfondies ») est complexe du fait de la nature des calculs de structures à mettre en œuvre (calculs non linéaires des structures de génie civil) et nécessite des justifications complémentaires pour démontrer la maîtrise du comportement des ouvrages. En conséquence, l'IRSN considère qu'AREVA doit faire évoluer sa méthodologie d'analyse du comportement des ouvrages de génie civil existants du « noyau dur » en tenant compte des recommandations en Annexe.

Pour ce qui concerne l'analyse du comportement de l'atelier T4 du site de La Hague en situation de séisme extrême, l'IRSN estime qu'AREVA devra définir les exigences associées à cet atelier (maintien du confinement de la matière par la première ou deuxième barrière) et démontrer leur respect en appliquant la méthodologie d'analyse révisée.

Pour le directeur général, par ordre  
Sylvie CADET-MERCIER

Directrice des systèmes, des nouveaux  
réacteurs et des démarches de sûreté

## Recommandations

### Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'AREVA privilégie des modifications des ouvrages de génie civil dans le cas où la justification sur la base d'une analyse « approfondie » ne peut être apportée.

### Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'AREVA justifie la robustesse des méthodes retenues au regard des exigences de comportement retenues en cohérence avec les objectifs de sûreté visés. En particulier, ces méthodes devront présenter un niveau de confiance suffisant pour apprécier le respect des exigences retenues, notamment en cas de répliques sismiques faisant suite à un séisme extrême.

### Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'AREVA présente une analyse des déformations des structures associées aux phénomènes d'adaptation, de redistribution des efforts ou d'endommagement localisé des éléments en béton armé pour justifier la maîtrise des déformations des éléments assurant une fonction d'étanchéité (paroi, liner, revêtement) ou une fonction de confinement.

### Recommandation n° 4

L'IRSN recommande qu'une résistance nulle du béton en traction soit retenue dans les calculs non-linéaires des ouvrages en béton armé associés au « noyau dur ».

### Recommandation n° 5

L'IRSN recommande qu'AREVA retienne, pour l'analyse du comportement des ouvrages de génie civil existants du noyau dur, les valeurs d'amortissement habituellement adoptées pour la conception et le réexamen des ouvrages de génie civil nucléaires.

### Recommandation n° 6

L'IRSN recommande que l'étude de l'atelier T4 soit mise à jour, à la suite de la révision de la méthodologie pour l'analyse du comportement des SSC existants tenant compte des recommandations formulées.