

Fontenay aux Roses, le 8 juillet 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2021-00128

---

**Objet :** **Etablissement Orano La Hague – Usines UP3-A et UP2-800 (INB n°s 116 et 117)  
Déploiement d'une nouvelle méthodologie de maîtrise du risque foudre.**

---

**Réf. :** [1] Lettre ASN CODEP-DRC-2021-013334 du 18 mars 2021.  
[2] Lettre ASN CODEP-DRC-2019-004388 du 21 novembre 2019.  
[3] Décision n°2016-DC-0554 consolidée du 13 février 2020.  
[4] Avis IRSN/2017-00173 du 23 mai 2017.

---

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les éléments transmis par Orano Cycle en septembre 2020, en réponse aux demandes D1, D3, D6 à D11, D15 à D18 du courrier cité en deuxième référence ; ces demandes portaient sur des compléments nécessaires à la nouvelle méthodologie de maîtrise du risque foudre, établie par Orano en réponse à la prescription [116-REEX-15] de la décision ASN citée en troisième référence.

### 1. CONTEXTE

Dans le cadre du réexamen de sûreté de l'installation nucléaire de base (INB) n°116, dénommée « usine UP3-A », l'ASN a demandé, dans son courrier cité en troisième référence, à l'exploitant, d'une part de revoir la démonstration de la maîtrise des risques liés à la foudre dans l'INB n°116 en justifiant que les dispositions de protection retenues contre les effets directs et indirects de la foudre permettent d'atteindre un niveau de protection adapté aux enjeux de sûreté de l'INB n°116, d'autre part de mettre en place ces dispositions dans les ateliers.

En avril 2016, Orano a présenté une étude technique foudre de l'atelier T2 de l'INB n°116 réalisée selon une nouvelle méthodologie qui considère en particulier la possibilité prévue dans la série de normes NF EN 62305 d'utiliser le ferrailage du bâtiment comme élément de captation de la foudre. L'objectif de l'exploitant était d'obtenir l'accord de l'ASN d'appliquer cette nouvelle méthodologie aux ateliers de l'INB n°117 (usine UP2-800) puis, à terme, à l'ensemble de l'établissement de La Hague. L'IRSN a rendu un avis cité en quatrième référence sur cette étude technique foudre.

En décembre 2017, Orano a mis à jour la méthodologie d'analyse du risque lié à la foudre pour laquelle l'ASN a demandé une tierce expertise à l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS). Sur la base de cette tierce expertise et de l'avis de l'IRSN précité, l'ASN a formulé à Orano, en novembre 2019 par le courrier cité en troisième référence, 19 demandes de compléments.

En septembre 2020, Orano a transmis une demande d'autorisation de modification notable pour déployer sa méthodologie de maîtrise du risque lié à la foudre. Cette demande s'appuie sur un courrier de réponses aux demandes de compléments de l'ASN, une méthodologie générale, intitulée memorandum, qui intègre ces réponses et différents documents d'application de la méthodologie à l'atelier T2, notamment l'analyse du risque foudre, l'étude technique foudre et une notice de vérification des moyens de protection après un impact foudre.

Le présent avis porte sur les réponses d'Orano aux demandes D1, D3, D6 à D11, D15 à D18 de l'ASN au regard des conclusions de son avis de 2017 précité.

## 2. METHODE D'ANALYSE DU RISQUE LIE A LA Foudre

Pour rappel, la série de normes NF EN 62305 propose une analyse probabiliste du risque de foudroiement qui permet de définir différents niveaux de protection contre la foudre en fonction du taux de capture des coups de foudre. Le niveau I, qui est le niveau le plus élevé, correspond à une capture de 98 % des coups de foudre.

Dans sa méthodologie d'analyse de la maîtrise du risque lié à la foudre, Orano retient de manière déterministe le niveau de protection maximal I pour tous les bâtiments étudiés. Il considère que les caractéristiques du bâti (ferraillage des structures en béton par exemple) répondent aux requis de la norme NF EN 62305 pour constituer un système de protection contre la foudre de niveau I de protection. **L'IRSN a estimé ce principe acceptable.**

## 3. REPONSES D'ORANO AUX DEMANDES DE L'ASN

Les demandes de l'ASN sont rappelées en Annexe 3 au présent avis.

En réponse à la demande D1 de compléter l'analyse des risques liés à la foudre en considérant les effets potentiels des courants de foudre non captés (inférieurs à 3 kA) et l'éventuelle destruction des systèmes de protection pour des courants de foudre supérieurs à 200 kA, Orano retient, d'une part une sphère fictive d'un rayon de 15 m pour les impacts de foudre directs inférieurs à 3 kA, d'autre part pour les courants extrêmes (entre 200 et 300 kA), une sphère fictive de rayon correspondant à un courant de crête de 200 kA. L'IRSN relève que la prise en compte d'une sphère correspondant à ce courant de crête conduit à retenir plus de zones impactables au sein desquelles les pointes sont reliées à trois méplats assurant chacun l'écoulement de 100 kA, ce qui permet de protéger les bâtiments contre des courants de crêtes de 300 kA. **Ceci permet de répondre de manière acceptable à la demande D1 de l'ASN.**

Conformément à la demande D16, Orano a intégré dans l'étude technique foudre les schémas de visualisation des sphères fictives en ajoutant notamment le nom des composants utilisés comme éléments de capture, **ce qui permet de répondre de manière satisfaisante à la demande D16 de l'ASN.**

Dans le cadre de la réponse à la demande D3 de compléter la méthodologie en prenant en compte, pour les ateliers à forts enjeux, le cas de figure associé à une probabilité de dommage physique de 0,001 pour la protection extérieure et intérieure telle que définie dans la norme NF EN 62305-2, Orano n'a pas apporté de modification à la méthodologie. **Aussi, l'IRSN considère qu'Orano ne répond pas à la demande D3.** L'IRSN considère que la préconisation, dans le memorandum, de la prise en compte d'une probabilité de dommage physique de 0,001 pour la protection extérieure et intérieure (parafoudres) tel que défini dans la norme NF EN 62305-2 permettra de garantir leur application à tous les ateliers à forts enjeux.

En réponse à la demande D6 relative à l'effort électrodynamique et aux hypothèses de calcul du coefficient de répartition du courant de foudre, Orano a évalué les forces électrodynamiques dues au courant capté en se basant sur la norme NF EN 62305-1 et en reprenant ses hypothèses qui n'étaient pas enveloppes. Le coefficient de répartition est estimé en utilisant la norme NF EN 62305-3. **Ceci répond de manière satisfaisante à la demande D6.**

S'agissant de la demande D7 portant sur les hypothèses de calcul du champ électromagnétique, Orano a réalisé pour l'atelier T2 une évaluation du champ magnétique en prenant en compte une maille de ferrailage de 1 m par 1 m. Néanmoins, Orano utilise sans justification une formule faisant certes l'hypothèse d'un coup de foudre proche mais autre que celle préconisée dans le mémorandum. De plus, il ne prend pas en compte l'impact d'un coup de foudre direct. L'IRSN a vérifié qu'en utilisant la bonne formule, le champ électromagnétique ne dépassait pas l'immunité des EIP de rangs 1 et 2. En l'état, **l'IRSN considère qu'Orano n'a pas répondu formellement à la demande D7**. Par ailleurs, Orano n'a pas justifié le caractère suffisant de la protection contre la foudre des câbles circulant à l'intérieur des bâtiments et n'a pas vérifié que les EIP de rangs 1 et 2 sont bien situés dans la zone de validité des valeurs du champ magnétique calculées. **Ceci fait l'objet de l'observation n°1 formulée en annexe 2 du présent avis.**

Pour ce qui concerne la demande D8 relative au calcul du courant impulsionnel des parafoudres de type 1, Orano prévoit la mise en place de parafoudres de type 1+2<sup>1</sup> avec une valeur du courant impulsionnel de 20 kA. L'IRSN souligne qu'Orano ne prévoit pas de vérifier par un calcul que le dimensionnement des parafoudres est suffisant pour un impact de foudre de niveau I ou de niveau extrême qu'il a défini. Or l'IRSN estime qu'une telle vérification est nécessaire pour garantir que le niveau de protection retenu est suffisant. **Ceci fait l'objet de la recommandation formulée en annexe 1 du présent avis.**

En réponse à la demande D9 portant sur les vérifications à mener à la suite d'un épisode orageux, Orano indique que tous les impacts de foudre, sans seuil d'intensité minimale, seront pris en compte pour définir la zone à inspecter. **Ceci répond de manière satisfaisante à la demande D9.**

Conformément à la demande D10 de préciser, dans la méthodologie générale, la méthode de vérification des équipements de protection contre la foudre après impact, Orano y a intégré une exigence de rédaction d'une notice de vérification dédiée pour chaque bâtiment faisant l'objet d'une analyse du risque lié à la foudre et d'une étude technique foudre. **Les vérifications post-orage requises dans la méthodologie générale sont globalement satisfaisantes. Ceci répond formellement à la demande D10 de l'ASN.** Toutefois, l'IRSN relève que la notice de vérification foudre de l'atelier T2 ne mentionne qu'une vérification visuelle à faire sous un mois, alors que la méthodologie générale prévoit, en cas de localisation d'un point d'impact, une mesure de continuité entre ce point et la terre de la structure. **Ceci fait l'objet de l'observation n°2 formulée en annexe 2 du présent avis.**

Dans le cadre de la réponse à la demande D11 de justifier la probabilité retenue pour définir la zone possible du point d'impact, Orano s'appuie sur l'efficacité du réseau METEORAGE pour détecter les impacts foudre. En cas de précision de la mesure inférieure à 50 %, il retient alors un coefficient de sécurité de 2 sur les dimensions de l'ellipse<sup>2</sup>. L'IRSN considère que l'efficacité de détection du réseau METEORAGE mise en avant par Orano, qui représente la capacité du système à détecter un impact de foudre, n'est pas une grandeur concernée par la demande D11. Pour l'IRSN, Orano n'apporte des éléments de réponse que pour le cas d'une ellipse présentant une précision de mesure inférieure à 50 %, sans toutefois justifier que le coefficient de sécurité retenu permettra un gain suffisant sur la précision de la localisation des impacts de foudre détectés pour garantir l'exhaustivité des contrôles à réaliser sur les équipements de protection contre la foudre. **L'IRSN considère donc qu'Orano n'a pas répondu à la demande D11.**

En réponse à la demande D15 d'analyser la tenue de ces câbles et des caniveaux les contenant, en cas de choc de foudre d'une intensité de 200 kA, Orano indique que certains candélabres sont situés dans la sphère fictive retenue pour l'analyse du risque foudre et que les câbles du réseau haute tension sont situés dans le rayon

---

<sup>1</sup> Un parafoudre de type 1 permet d'écouler une grande partie de l'énergie d'un courant de foudre. Un parafoudre de type 2 est quant à lui destiné à écarter la tension résiduelle aux bornes des équipements à protéger. Un parafoudre de type 1+2 remplit les deux rôles.

<sup>2</sup> Les impacts de foudre sont localisés avec les incertitudes de mesure associées sous la forme d'une ellipse autour des coordonnées mesurées de l'impact (par défaut, les dimensions de l'ellipse sont déterminées avec une probabilité de 50% que le point d'impact soit situé à l'intérieur de l'ellipse)

d'amorçage d'un impact de foudre en considérant qu'au maximum un tiers de l'intensité de l'impact de foudre peut être dissipé dans le sol (le restant étant véhiculé dans le réseau de câbles enterrés du candélabre). En outre, Orano a calculé le courant d'amorçage potentiel qui est largement inférieur au seuil d'intensité de claquage<sup>3</sup> de la gaine des câbles. Il conclut qu'il n'y a aucun impact significatif de la foudre sur ou à proximité des cheminements de câbles. **Les éléments présentés par Orano répondent de manière satisfaisante à la demande D15 de l'ASN.**

En réponse à la demande D17 d'intégrer dans l'étude foudre les justificatifs du calcul des distances de séparations permettant de prévenir le risque de percement du revêtement bitumeux, Orano présente dans la note de méthodologie générale l'outil de calcul utilisé et les hypothèses ayant permis de calculer les distances de séparation pour les pointes et les réseaux de méplats situés en toiture. Selon Orano, ces hypothèses sont représentatives du réseau de capture de la foudre des bâtiments constitué notamment par le ferrailage du béton armé de la toiture. Les calculs ont été réalisés pour des courants de foudre nominaux de 200 kA et extrêmes de 300 kA. **L'IRSN considère qu'Orano a répondu de manière satisfaisante à la demande D17 de l'ASN.**

En réponse à la demande D18 de justification par calcul des niveaux de protections contre les effets indirects et de spécification, pour chaque EIP, de la protection adéquate, Orano indique que, dans le cadre d'une démarche déterministe, il retient le niveau I de protection contre la foudre maximale préconisé par la norme NF EN 62305 qui couvre les impacts directs et indirects les plus contraignants. Les niveaux de protection pour réduire les dommages physiques d'une part et les mesures de protection pour réduire les défaillances des réseaux de puissance et de communication d'autre part pour les équipements et EIP de rangs 1 et 2 identifiés et concernés par les risques liés à la foudre sont définis sur la base de ce niveau de protection maximal. **L'IRSN considère qu'Orano a répondu de manière satisfaisante à la demande D18 de l'ASN.**

## 4. CONCLUSION

À l'issue de son expertise, l'IRSN considère qu'Orano a répondu de manière satisfaisante aux demandes D1, D6, D9, D10, D15, D16 à D18 formulées par l'ASN à l'égard de la nouvelle méthodologie de maîtrise du risque foudre, établie par Orano. En revanche, l'IRSN estime qu'Orano n'a pas répondu aux demandes D3 et D7 et n'a pas correctement répondu à la demande D11. En outre, des compléments faisant l'objet de la recommandation formulée en annexe 1 au présent avis sont encore nécessaires pour ce qui concerne la demande D8.

Enfin, l'exploitant devrait tenir compte des observations formulées en annexe 2 au présent avis afin d'améliorer la démonstration de la maîtrise des risques liés à la foudre pour les ateliers de La Hague.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

---

<sup>3</sup> L'intensité de claquage est l'intensité minimale qui rend conductrice une portion de la gaine des câbles.

## **ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2021-00128 DU 8 JUILLET 2021**

### **Recommandation de l'IRSN**

#### **Recommandation**

L'IRSN recommande que l'exploitant vérifie par le calcul du courant impulsionnel que les parafoudres installés sur le site de La Hague sont suffisamment dimensionnés pour un niveau de protection I ou pour l'impact de foudre extrême qu'il retient.

## ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2021-00128 DU 8 JUILLET 2021

### Observations de l'IRSN

#### Observation n°1

L'IRSN considère qu'Orano devrait justifier le caractère suffisant de la protection contre la foudre des câbles circulant à l'intérieur des bâtiments de l'atelier T2 de l'INB n°116 et vérifier que les EIP de rangs 1 et 2 sont bien situés dans la zone de validité des valeurs du champ électromagnétique  $H_{1\max}$  calculées.

#### Observation n°2

L'IRSN considère que les notices de vérification des ateliers de La Hague devraient comporter la réalisation d'une mesure de continuité entre un point d'impact relevé et la terre, après un épisode orageux.

## ANNEXE 3 A L'AVIS IRSN N° 2021-00128 DU 8 JUILLET 2021

### Rappel des demandes de l'Autorité de sûreté nucléaire de la lettre CODEP-DRC-2019-004388 du 21 novembre 2019

#### Demande D1

Afin de définir votre système de protection contre la foudre, vous utilisez le modèle de la sphère fictive avec un rayon de 20 m et des valeurs de courant de foudre allant jusqu'à 200 kA, conformément à la norme NF EN 62305-1. L'application de cette norme ne suffit pas à atteindre le meilleur niveau de protection, et elle doit être complétée au regard des enjeux de sûreté d'une installation nucléaire, afin de réduire notamment la probabilité d'occurrence de courants de foudre non captés inférieurs à 3 kA et de destruction des systèmes de protection contre la foudre en cas de courants de foudre supérieurs à 200 kA. Je considère, au regard des connaissances actuelles, que le modèle de la sphère fictive avec un rayon de 15 m, associée à une valeur courant de crête minimale de 2 kA et maximale de 300 kA, serait acceptable.

**D1 : Aussi, au regard de travaux scientifiques récents dans le domaine de la protection contre le risque foudre, je vous demande de revoir votre méthodologie d'analyse des risques liés à la foudre, pour les ateliers à forts enjeux comme T2.**

#### Demande D3

Vous retenez le niveau I de protection contre la foudre, selon la série de normes NF EN 62305 sans justifier de la suffisance de ce niveau de protection. De plus, le niveau I de protection associé à une probabilité de dommage physique de 0,001 est le niveau de protection que vous retenez pour la protection extérieure dans votre document intitulé « audit foudre INB 116 ».

**D3 : je vous demande de compléter votre méthodologie en prenant en compte, pour les ateliers à forts enjeux comme T2, le cas de figure associé à une probabilité de dommage physique de 0,001 pour la protection extérieure et intérieure tel que défini dans la norme NF EN 62305-2 (tableaux B2 et B3).**

#### Demandes D6, D7 et D8

Concernant vos calculs d'effet du courant dans le ferrailage, de la tension induite dans les câbles, et du dimensionnement des parafoudres, certaines hypothèses, peu conservatrices, doivent être revues. De plus, aucun calcul d'effort électrodynamique n'est réalisé.

**D6 : je vous demande de compléter votre dossier, conformément à la norme NF EN 62305-1, en prenant en compte l'effort électrodynamique et en modifiant vos hypothèses de calcul du coefficient de répartition du courant de foudre ( $k_c$ ) où notamment seuls les lits externes du ferrailage doivent être pris en compte.**

**D7 : je vous demande de revoir les hypothèses de calcul du champ électromagnétique  $H_{1max}$  en considérant une connexion entre les ossatures métalliques tous les mètres et en prenant en compte le volume de sécurité, défini par la norme NF EN 62305-4, pour lequel ces calculs ne sont pas applicables.**

**D8 : concernant le dimensionnement des parafoudres et conformément à la série de normes NF EN 62305, je vous demande de compléter votre méthodologie générale en présentant le calcul du courant impulsionnel  $I_{imp}$  des parafoudres de type 1.**

#### Demandes D9 et D10

Vous présentez une méthode de minimisation des contrôles après impact de la foudre. Cette méthode repose notamment sur l'hypothèse que les courants de foudre inférieurs à 50 kA ne seraient pas de nature à endommager les composants du système de protection contre la foudre, et que les autres coups de foudre considérés seraient systématiquement captés par ce dernier. Néanmoins, la norme NF EN 62305-3 préconise la

vérification d'un système de protection contre la foudre après toute décharge de foudre identifiée sans seuil d'intensité minimale.

**D9 : je vous demande de considérer l'intégralité des impacts de foudre, sans seuil d'intensité minimale, pour déterminer la zone à inspecter et vérifier les systèmes de protection contre la foudre après un épisode orageux.**

**D10 : je vous demande de compléter votre méthodologie générale en précisant votre méthode de vérification des équipements de protection contre la foudre après impact (mesures de continuité, mesures de résistance de terre, contrôles des chemins métalliques capotés mis à la terre...).**

#### **Demande D11**

Vous indiquez faire appel à une société spécialisée pour le comptage et la localisation des impacts de foudre sur votre établissement. Cette société définit une ellipse indiquant avec une probabilité de 50 % la zone du point d'impact. Vous reprenez cette ellipse pour vérifier l'état des systèmes de protection à l'issue d'un épisode orageux, alors que cette probabilité est trop faible pour garantir l'exhaustivité de ces contrôles.

**D11 : je vous demande, de manière à vérifier l'état des équipements de protection contre la foudre après un épisode orageux, de justifier la probabilité retenue pour définir la zone possible du point d'impact.**

#### **Demande D15**

L'analyse de la protection contre la foudre des câbles d'alimentation 20 kV de l'atelier T2 est incomplète.

**D15 : je vous demande d'analyser la tenue des câbles d'alimentation de 20 kV et des caniveaux contenant ces câbles en cas de choc de foudre d'une intensité de 200 kA.**

#### **Demande D16**

Vous avez prévu d'utiliser des paratonnerres tiges simples (PTS) en terrasse des bâtiments (système de protection contre la foudre non isolés) et des composants métalliques (couvertines sur acrotères, cheminées, passerelles, racks, conduites) comme éléments de capture. Les emplacements des paratonnerres avec l'utilisation des composants naturels sont déterminés avec la méthode de la sphère fictive. Vous demandez la dépose de certains méplats (conducteurs de descente) ou de certains paratonnerres, cependant les schémas justifiant ces retraits sont imprécis et sans échelle.

**D16 : je vous demande, afin de justifier les déposes demandées, de préciser les schémas de visualisation des sphères, en ajoutant notamment le nom des composants utilisés comme éléments de capture et une échelle.**

#### **Demande D17**

Vous avez calculé des distances de séparations, conformément aux exigences de la norme NF EN 62305-3, notamment aux pieds des PTS par rapport au risque de percement du revêtement bitumeux (arc électrique pouvant se former entre le pied du paratonnerre et le ferrailage de la terrasse). Cependant les justificatifs de calculs, tels que les extraits de calculs issus du logiciel utilisé, ne sont pas fournis.

**D17 : je vous demande de compléter votre étude technique avec les justificatifs de calculs de distance de séparation.**

#### **Demande D18**

Les niveaux de protection que vous reprenez dans votre analyse du risque foudre, notamment concernant les effets indirects de la foudre, ne sont pas justifiés.

**D18 : je vous demande de réaliser une analyse du risque foudre et de justifier les niveaux de protection retenus (effets directs et indirects) par un calcul. Votre analyse spécifiera, pour chaque EIP et équipement de sauvegarde, la protection adéquate (non destruction ou continuité de fonctionnement).**