

CAHIER DES CHARGES

Réf. : PSN-RES/SA2I/ 2025-00185

SENSIBLE: Non

Objet : Cahier des charges pour la réalisation d'essais de vieillissement accéléré de câbles électriques sous irradiation

Documents associés :

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS DU DOCUMENT		
Indice	Date	Nature de la modification
1		Version initiale du document

Nom et visa du rédacteur :

Pascal ZAVALETA

Date:

Nom et visa du vérificateur :

Philippe NERISSON

Philippe BOURACHOT

Date :

Nom et visa de l'approbateur :

Christian MUN

Date :

Table des matières

1.	OBJET DE LA PRESTATION	3
2.	PRESENTATION DE L'ASNR ET DES UNITES CONCERNEES	3
2.1.	Présentation de l'ASNR	3
2.2.	Présentation de PSN.....	3
3.	DEFINITION DE LA PRESTATION	3
3.1.	Description générale	3
3.2.	Modèles et longueurs des câbles à vieillir.....	4
3.3.	Spécifications du protocole de vieillissement.....	4
3.4.	Exigences spécifiques.....	4
4.	ACCEPTATION ET CONDITIONS	7
5.	ORGANISATION.....	7
5.1.	Organisation de l'ASNR	7
5.2.	Organisation du fournisseur	7

1. OBJET DE LA PRESTATION

La présente consultation a pour objet la réalisation d'essais de vieillissement accéléré de câbles électriques sous irradiation, pour le compte du Laboratoire d'Expérimentation des Feux de l'ASNR, l'Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection (PSN-RES/SA2I/LEF, Cadarache, 13115 St Paul Lez Durance, France).

2. PRESENTATION DE L'ASNR ET DES UNITES CONCERNEES

2.1. Présentation de l'ASNR

L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) assure le contrôle des activités nucléaires civiles en France et exerce également les missions de recherche, d'expertise, de formation et d'information des publics dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

2.2. Présentation de PSN et du Laboratoire d'Expérimentations des Feux (LEF)

Le Pôle sûreté des installations et des systèmes nucléaires (PSN) de l'ASNR est chargé des activités d'expertise, de recherche et d'études tournées vers la maîtrise des risques présentés par les réacteurs de puissance, les réacteurs expérimentaux, les laboratoires, les usines et les transports.

Le Laboratoire d'Expérimentation des Feux (LEF) de PSN a pour mission principale de réaliser des essais incendie dans des installations grande échelle représentatives de locaux présents dans les installations nucléaires. Ces essais ont pour objectif d'évaluer le risque incendie dans de telles installations afin de consolider les moyens de prévention et de protection mis en œuvre contre ce risque. De plus, les essais permettent de fournir des données, issues des mesures réalisées, qui permettront de valider les outils numériques qui sont utilisés pour quantifier le risque incendie sur les installations nucléaires.

3. DEFINITION DE LA PRESTATION

3.1. Description générale

Pour mieux maîtriser les risques d'incendie dans une installation nucléaire et évaluer leurs conséquences, l'ASNR mène des recherches expérimentales au sein de sa Plateforme GALAXIE. Les installations qui la composent sont constituées de locaux en milieu normalement oxygéné mais également confinés et ventilés mécaniquement qui fournissent des données nécessaires à la compréhension du risque incendie. Les installations et dispositifs expérimentaux de la Plateforme GALAXIE sont détaillés ici : <https://www.irsn.fr/recherche/plateforme-experimentale-galaxie>.

Dans le cadre du projet OCDE FAIR (Fire risk Assessment through Innovative Research), des essais expérimentaux sont prévus pour fournir des informations sur les effets du vieillissement des matériaux de gaine sur le comportement au feu de câbles électriques et la propagation du feu.

Cette section présente les spécifications techniques du protocole d'essai de vieillissement des câbles électriques prévu pour cette campagne expérimentale : type de câble, quantité requise de câble à vieillir artificiellement, protocole d'essai, exigences spécifiques...

3.2. Modèles et longueurs des câbles à vieillir

Le tableau 1 présente les spécifications des deux modèles de câbles électriques qui seront vieillis artificiellement sous irradiation. L'ASNR fournira les câbles. La quantité totale de câble à vieillir artificiellement est de 42 m pour les deux types de câbles.

Tableau 1: spécifications techniques des 2 types de câbles et longueur totale à vieillir artificiellement.

Câble	Référence fournisseur	Diamètre externe (mm)	Longueur totale de câble à vieillir artificiellement
ASNR1_cable	NU-SHX(ST)HX 1kV 12x1.5 mm ²	23	42 m
CERN_cable	DRAKA Li 2Y(St)H 24x2x0.75 mm ² NF	23	42 m

3.3. Spécifications du protocole de vieillissement

Le tableau 2 précise les protocoles d'essais de vieillissement qui seront appliqués par le Titulaire aux échantillons de câbles en fonction du type de câble. Dans son offre, le candidat indiquera les moyens (caractéristiques de l'installation d'irradiation, type d'enceintes climatiques/thermiques, fixation du câble pendant les essais de vieillissement, spécification du contrôle-commande en termes de régulation et de plage de régulation associée...). Enfin, tous les essais de vieillissement devront être terminés au plus tard à la fin du mois de juin 2026.

Tableau 2: spécifications des protocoles des essais de vieillissement.

Câble	Protocole d'essai de vieillissement
ASNR1_cable	1 ^{ère} étape : vieillissement thermique pendant 270 h à 135°C
	2 ^{ème} étape : vieillissements thermique et radiatif combinés à 70°C et à un débit de dose de 250 Gy/h, respectivement, pendant 560 h (dose totale reçue de 140 kGy)
CERN_cable	Un débit de dose de 1000 Gy/h pendant 500 h (dose totale reçue de 500 kGy)

3.4. Exigences spécifiques

Enfin, les exigences spécifiques sont décrites ci-dessous :

- un plan d'essai doit être soumis avant la réalisation de l'essai,
- la longueur totale des câbles, par type de câble (42 m), devra être irradiée dans son ensemble, sans couper les câbles (si possible),
- les câbles seront positionnés autour de la source, placée au centre de l'installation, et pourraient être courbés durant leur exposition, avec un rayon de courbure plus important que 30 cm,
- si la longueur totale des câbles ne peut pas être irradiée dans son ensemble, la longueur des échantillons de câbles exposés sera soit un minimum de 1,2 m, soit un multiple de 1,2 m (2,4 m, 3,6 m, 4,8 m...). Dans ce cas, toutes les extrémités des échantillons doivent être obturées avec des bouchons thermorétractables (veuillez-vous référer à la référence produit dans le lien suivant : [RND 465-01003 | RND Embouts thermorétractables 2.3:1, 11 ... 25mm, Polyoléfine réticulée, 84mm | Distrelec Suisse](#)). Il est recommandé d'utiliser la taille 25 mm avant rétraction pour s'adapter au câble,
- tous les échantillons de câbles seront exposés de manière homogène au même débit de dose spécifié avec une variation de la dose de $\pm 15 \%$ pour la totalité de la longueur de câbles ou tous les échantillons de câbles considérés,
- le renouvellement régulier de l'air sera assuré dans l'installation d'irradiation afin d'éviter l'accumulation de produits de réaction radio-induits. De plus, la température et l'humidité ambiantes de l'échantillon doivent être surveillées pendant l'irradiation,
- la dosimétrie pour cet essai doit comprendre la mesure et la notification :
 - des doses accumulées par les échantillons, exprimées en Gy [eau],
 - des débits de dose aux emplacements d'échantillonnage,
 - de l'incertitude de dose (erreur sur la dose mesurée) et de la non-uniformité/homogénéité,
- la manipulation des échantillons est effectuée par le contractant et comprend la réception, le stockage, la préparation à l'irradiation et l'installation sur des supports adaptés. Les rayures ainsi que la contamination des câbles par des huiles ou de l'eau doivent être évitées. Les câbles ne doivent pas être exposés à la lumière directe du soleil,
- pour l'étape de vieillissement thermique (ASNR1_cable, tableau 2) :
 - l'étape de vieillissement thermique doit être réalisée avant l'étape de vieillissement thermique et radiatif combiné,
 - l'étape de vieillissement thermique doit être réalisée dans le même laboratoire afin de limiter les manipulations de transport des câbles entre les deux étapes de vieillissement,
 - le taux d'humidité relative sera celui de l'ambiance et mesuré en ligne,
 - la quantité totale de câble sera exposée à une température ambiante homogène de 135°C avec un écart maximal de $\pm 2^\circ\text{C}$,
 - la température ambiante sera mesurée en ligne,
 - l'augmentation de la température au début de l'essai doit être imposée à un taux d'environ 1°C/min.
- pour l'étape de vieillissement thermique et radiatif combiné (câble ASNR1, tableau 2) :

- le débit de dose et la température ambiante seront mesurés en ligne,
- le taux d'humidité relative sera celui de l'ambiance et idéalement mesuré en ligne,
- le câble ASNR1 sera exposé à une température ambiante homogène de 70°C avec un écart maximal de $\pm 2^{\circ}\text{C}$,
- l'augmentation de la température au début de l'essai doit être imposée à environ $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$.
- le support du câble sera spécifié pour tous les essais de vieillissement avant la réalisation de l'essai,
- Après l'irradiation, les échantillons irradiés seront enveloppés dans une couverture protectrice et emballés dans une boîte d'expédition adéquate/robuste de manière à ce qu'ils soient expédiés sans dommage durant le transport¹,
- les câbles seront exposés aux conditions de vieillissement sans aucune contrainte mécanique, excepté celles spécifiés ci-dessus (rayon de courbure éventuel plus important que 30 cm),
- après l'irradiation des échantillons, un rapport d'essai détaillé sera fourni, comprenant les :
 - informations sur les échantillons :
 - photographies des échantillons installés sur des supports adaptés à leur irradiation ;
 - photographies de chaque échantillon, avant et après irradiation (après avoir atteint leur dose finale), accompagnées de commentaires simples sur leur état (le regroupement d'échantillons de même type et de même dose sur une seule photographie est autorisé, à condition que la photographie soit claire et significative) ;
 - conditions et informations d'irradiation :
 - installation d'irradiation (nom et adresse) et type de rayonnement ;
 - dates et durées d'irradiation (dates de début et de fin pour chaque dose), ainsi que toute interruption du procédé (arrêt intentionnel ou involontaire du procédé d'irradiation) ;
 - technique de dosimétrie ;
 - dosimétrie détaillée de tous les échantillons, avec référence à leur étiquetage ;
 - conditions environnementales ;
 - documentation pertinente, y compris les certificats d'irradiation ;
 - toute autre information pertinente :
 - des photographies supplémentaires doivent être ajoutées, si nécessaire, pour plus de clarté dans le rapport d'essai.
- les rapports doivent être rédigés en anglais et produits au format électronique (PDF®, Microsoft Word®, Microsoft Excel®, fichiers txt),
- les rapport d'essais seront diffusés au plus tard deux mois après la réalisation de l'essai,

¹ The address for the cable sending will be provided later to the contractor.

- le contractant doit se conformer aux exigences techniques énoncées dans ce document, conformément à toutes les normes professionnelles européennes et internationales pertinentes, notamment :
 - CEI 60544 : Détermination des effets des rayonnements ionisants sur les matériaux isolants électriques ;
 - CEI 60544-1 : Interaction des rayonnements et dosimétrie ;
 - CEI 60544-2 : Procédures d'irradiation et d'essai ;
 - ISO 11137-3 : Stérilisation des produits de santé – Rayonnement – Lignes directrices relatives aux aspects dosimétriques.

4. ACCEPTATION ET CONDITIONS

L'acceptation des vérifications fera l'objet d'un rapport (modèle SA2I/FRM/001/05-14) signé par les deux parties et qui sera fourni par l'ASNR. L'historique des paramètres de vieillissement (débit de dose, température et humidité relative) sera rapporté ainsi que l'ensemble des observations/opérations effectuées avant, pendant et après les essais de vieillissement.

5. ORGANISATION

5.1. Organisation de l'ASNR

Contacts :

- Chargé d'affaires : P. ZAVALETA, pascal.zavaleta@asnr.fr
- Chef de Laboratoire : P. NERISSON, philippe.nerisson@asnr.fr

5.2. Organisation du fournisseur

L'organisation mise en place pour gérer les relations avec le représentant de l'ASNR doit être précisée dans l'offre.

Le contractant doit désigner un chef de projet qui sera l'interlocuteur du LEF.

Le rôle du chef de projet est d'assurer la bonne exécution du marché conformément aux termes du contrat. Il est tenu de rendre compte au chef de projet du LEF de l'avancement de la prestation et des difficultés rencontrées.

En cas de changement, temporaire (absence) ou définitif, du chef de projet au cours de l'exécution du contrat, le contractant doit immédiatement en informer par écrit le chef de projet du LEF et le remplacer sans délai par une personne de même niveau d'expertise.

Confidentialité : Le contractant est tenu de respecter le secret et la confidentialité des informations dont il a connaissance au cours de l'exécution du contrat. Dans tous les cas, il doit se référer aux conditions de l'article 5 de l'arrêté du 30 mars 2021 portant approbation du cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés publics de services français.