

18/06/2024

Méthode d'aide à la décision pour l'optimisation de la radioprotection à la conception de nouveaux réacteurs

–

COPPERE Benjamin (EDVANCE),
LAFRANQUE Eyméric (CEPN)

–

Congrès SFRP – 8èmes Journées sur l'optimisation
de la radioprotection dans les domaines nucléaire,
industriel et médical

Sommaire

1. Contexte

2. Présentation
de la
méthodologie

3. Cas
d'application

1. Contexte

Dans le cadre des projets de nouveaux réacteurs d'EDF, une **optimisation de la conception** (simplification, standardisation) est recherchée pour **faciliter la construction** et **spécifier au juste besoin**.

Les **enjeux de radioprotection des travailleurs** sont pris en compte dès les premières phases de la conception, puis accompagnent le projet jusqu'au transfert à l'exploitant.

En termes d'**écrans de radioprotection**, les exigences formulées en conception concernent essentiellement les **structures du génie civil des bâtiments** (dont les portes).

Le besoin en **protections biologiques additionnelles** est analysé dès la conception, afin de prévoir leur intégration dans l'environnement de l'installation nucléaire.

L'objectif est d'apporter une solution d'atténuation des rayonnements adaptée aux exigences d'**accessibilité des locaux** (e.g. circulation du personnel) et de **réalisation d'activités d'exploitation** (e.g. inspection/maintenance).

1. Contexte

Plusieurs options de protections biologiques peuvent être envisagées :

- Protections permanentes intégrées dès la conception (assemblage démontable si besoin)
- Structures de supportage fixes pour installation rapide de protections temporaires
- Autres solutions de protections temporaires (paravents mobiles, installation d'échafaudages, protections directement sur le composant source de rayonnements, etc.)

La prise de décision repose sur une **analyse ALARA** afin de proposer une ou plusieurs options répondant aux principes de l'optimisation RP, en suivant un certain nombre de **critères décisionnels**

Le **retour d'expérience** du parc nucléaire français montre qu'un certain nombre de protections permanentes ont été ajoutées après le démarrage des réacteurs, dans un environnement contraint

La conception des nouveaux réacteurs doit **anticiper et cibler les besoins**, et apporter des solutions en tenant compte du **champ des contraintes** (e.g. installation générale : aménagement des locaux, encombrement, circulation du personnel)

Pour ce faire, une méthode d'aide à la décision pour la mise en place de protections biologiques fixes a été coconstruite par Edvance et le CEPN

Illustration de protections biologiques permanentes



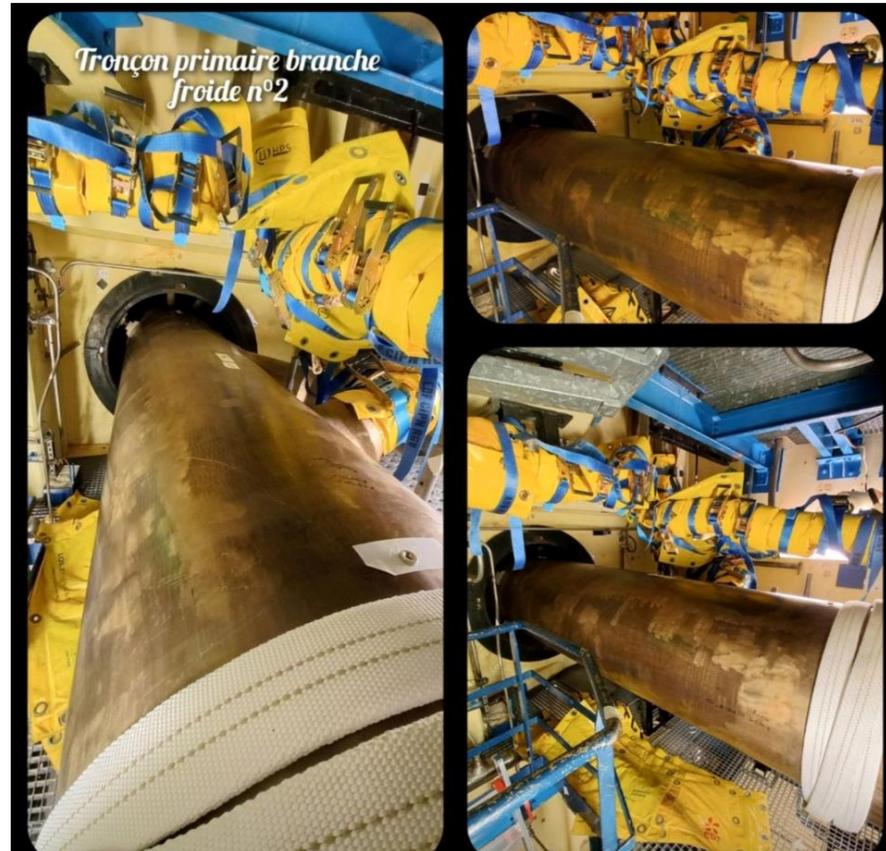
Illustration de protections biologiques sur structures de supportage fixes



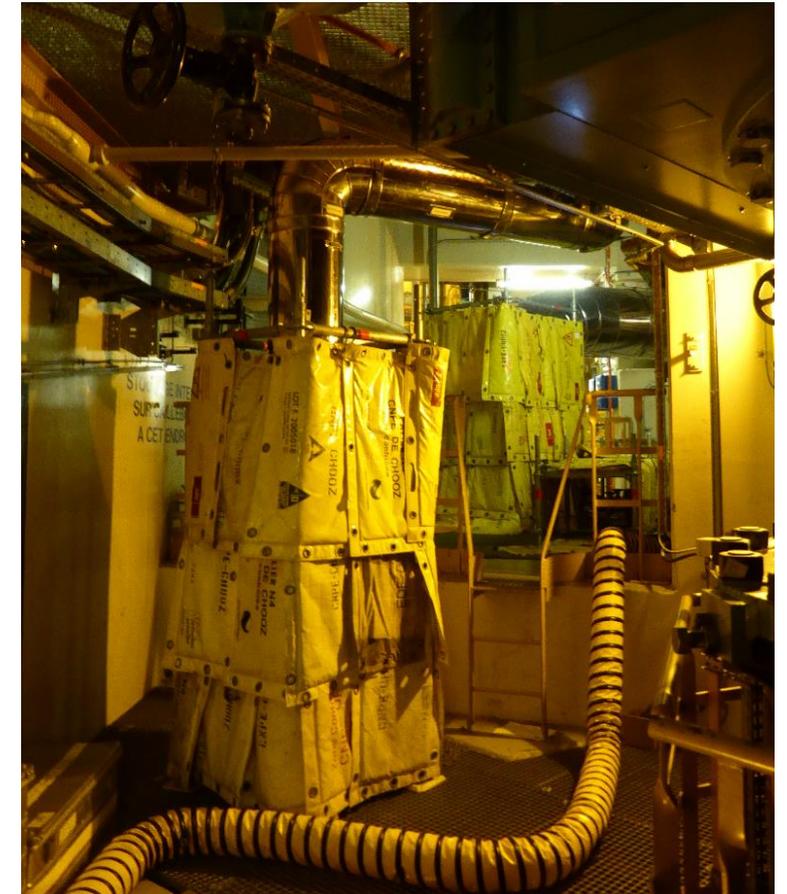
Illustration d'autres solutions de protections biologiques temporaires



Paravents temporaires pour installation de matelas de plomb autour du couvercle de cuve



Matelas de plomb sanglés aux tuyauteries dans un environnement contraint



Échafaudages montés pour installation de matelas de plomb

Autres solutions : manchons, éléments moulés ou bandes de tungstène à installer sur les portions de circuit (robinets, tuyauteries, etc.)

2. Présentation de la méthodologie

1) Identification de la situation :

- Périmètre de la source : nature, géométrie, évolution de la source tranche en marche et arrêt de tranche
- Zone concernée (locaux, zones de passage) : VTE, temps et nombre de passages

2) Évaluation de la situation : conditions radiologiques, EDPI

- Si la source identifiée :
 - Augmente le zonage RP d'un local / zone de passage
 - Augmente l'enjeu radiologique (critères DED ou EDPI)
 - Induit une dose individuelle max \geq contraintes de doses définies
- Recherche de moyens supplémentaires de RP justifiée pour rétablir les conditions initiales

3) Identification des contraintes métiers pour la situation étudiée : accessibilité, RP, sécurité, maintenance ...

2. Présentation de la méthodologie

3) ... Identification des contraintes à partir d'une liste de contraintes connues, non exhaustive

- Installation : géométrie et complexité du design
 - Mise en œuvre pour l'exploitation : moyens de manutention nécessaire
 - Radioprotection : épaisseur / masse requise pour atteindre les objectifs, EDP associés
 - Accessibilité : encombrement, impact sur l'évacuation
 - Sécurité conventionnelle : impact sur les risques
 - Mécanique et tenue au séisme : requis sismiques, charge sur les équipements.
-
- Durée d'utilisation,
 - Maintenance,
 - Architecture,
 - Coûts,
 - Requis physico-chimiques...

2. Présentation de la méthodologie

4) Identification des solutions possibles : échafaudages, briques, voiles béton, autres options RP

5) Évaluation des options par analyse des contraintes identifiées + analyse coûts bénéfiques

→ Discussion sur chaque contrainte (voire pondération)

→ Choix et élimination des solutions (possible via une échelle de score)

→ Coût-bénéfice sur les solutions les plus viables

6) Prise de décision

→ Si peu de données, l'analyse des contraintes peut suffire

→ Si aucune solution n'apporte d'avantage décisif, prévoir la possibilité de mettre ultérieurement une protection en place

3. Cas d'application: Portions de tuyauteries dosantes dans une zone de circulation

Description : portions de tuyauteries véhiculant du fluide radioactif installées dans une zone de circulation (zone annulaire)

=> possible zone orange si aucune disposition de type écran de radioprotection

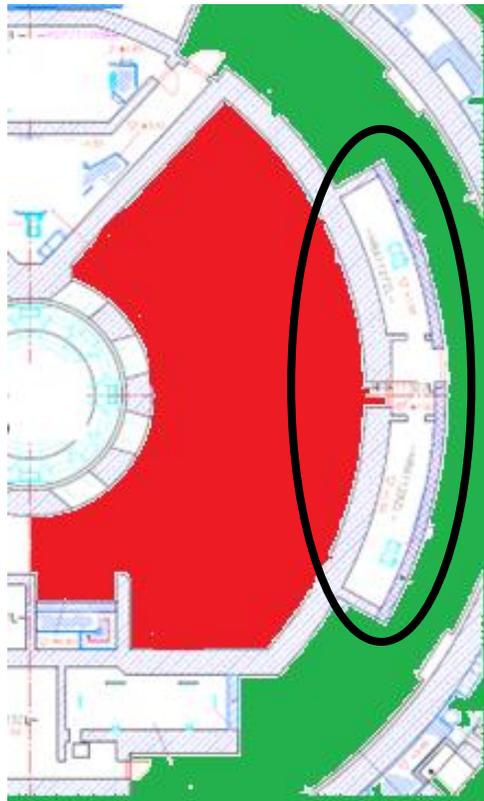
Terme source principal : Circulation et dépôt de fluide radioactif avec produits de corrosion activés (^{60}Co , ^{58}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{124}Sb)

- Les radiocobalts sont les principaux contributeurs à la dosimétrie en arrêt de tranche
- D'autres sources de rayonnement contribuent à l'ambiance (e.g. ^{16}N et neutrons du cœur réacteur en fonctionnement)

Configuration EPR

Zonage cible :
vert en fonctionnement
vert en arrêt

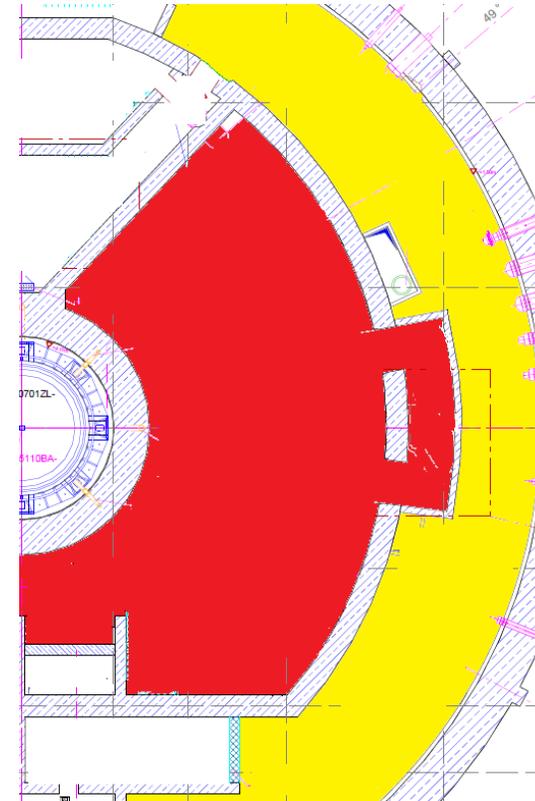
Création d'un local pour
séparer physiquement
de la zone de circulation



Configuration EPR2

Zonage cible :
jaune en fonctionnement
vert en arrêt

Recherche de solution
adaptée aux enjeux
(optimisation)



3. Cas d'application: Portions de tuyauteries dosantes dans une zone de circulation

Pas de possibilité de déplacer l'ensemble des tuyauteries dosantes dans d'autres locaux.

Les options de protections envisagées sont alors les suivantes :

1. Protections temporaires : matelas de plomb sur tuyauterie, support fixe, échafaudage ou paravent mobile
2. Protections fixes (en béton, acier ou plomb) avec un accès et/ou démontables pour permettre les inspections/maintenances

Option 1

- Quantités déraisonnables de protections temporaires (e.g. nombre de matelas de plomb) pour atteindre l'objectif dosimétrique
- Les opérations logistiques liées à l'installation et au retrait entraînent une dose collective supplémentaire à une fréquence élevée (chaque arrêt de tranche)
- Les protections temporaires ne peuvent pas être laissées en place réacteur en fonctionnement du fait du **risque séisme-événement**

Option 2

- Protections fixes en béton : création d'un local, épaisseur de quelques dizaines de cm, un impact sur le génie civil (construction, etc.) et des contraintes sur l'**installation** et sur la future exploitation (démontabilité)
- Protections fixes en plomb ou en acier : encombrement minimal (épaisseur < 10 cm) et conception modulaire pour faciliter l'accès et le démontage quand nécessaire (**inspections/maintenances**)

3. Cas d'application: Portions de tuyauteries dosantes dans une zone de circulation

Problématique radioprotection	Les tuyauteries représentent des termes sources qui conduisent à des DED non acceptables pour la circulation du personnel
Objectifs visés pour la protection	<ul style="list-style-type: none"> • Atteinte d'une Zone Verte en AT • Atteinte d'une Zone Jaune en TEM
Contraintes	Slide 9
Solution technique retenue	Une protection permanente en plomb ou en acier avec une ouverture et/ou démontable (contrainte d'accès pour inspection/maintenance).
Éléments ayant conduit à la décision	Pour respecter la zone verte, des épaisseurs importantes de protection sont nécessaires, les solutions temporaires (e.g. matelas de plomb) ne sont donc pas adéquates et génèrent une dose collective supplémentaire.
Bénéfices	<ul style="list-style-type: none"> • Respect des objectifs de zonage en AT et TEM pour l'espace annulaire. • Pas d'augmentation de la dose collective liée aux opérations logistiques en arrêt
Difficultés	<ul style="list-style-type: none"> • Nouveau design à valider (conception détaillée) • Évaluer les impacts de la solution : installation, exploitation, génie civil, etc.
Durée d'utilisation de la solution	Durée d'exploitation de la tranche.
Coût	Évaluer le coût des solutions.
Données nécessaires à la prochaine itération	<p>Vérification de la faisabilité de la solution détaillée par rapport au champ des contraintes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intégration dans l'environnement d'installation (encombrement, accessibilité) • Mise à jour des évaluations de DED et optimisation de la solution (diminution des conservatismes) • Vérification de la démarche ALARA (optimisation RP à la conception et pour l'exploitation)

Merci

