

RADIOPROTECTION A LA CONCEPTION ET A LA REALISATION DE LA MODIFICATION DU RADIER DE FESSENHEIM

Pierre CARLIER, Clément LERECULEY

EDF CIPN
140 Avenue Viton - 13009 Marseille – France
pierre-p.carlier@edf.fr

I. INTRODUCTION

Les opérations de renforcement des radiers de Fessenheim se sont déroulées en avril et juillet 2013. Ces modifications techniques ont pour objectif de renforcer la sûreté et se décomposent en deux grands axes :

1. L'augmentation de l'épaisseur de béton (le radier) dans le puits de cuve,
2. La création d'une nouvelle aire d'étalement pour le corium.

Derrière les opérations techniques, deux enjeux majeurs en terme de radioprotection ont été étudiés :

1. La radioprotection des travailleurs pendant la réalisation des travaux : le débit de dose ambiant dans le puits de cuve pouvant être très élevé, comment ce dernier peut-il être optimisé ?
2. Mais également la radioprotection des travailleurs après la réalisation des travaux. En effet la création de la nouvelle aire d'étalement nécessite de faire communiquer le puits de cuve et le local de l'aire d'étalement ce qui engendre un risque d'augmentation du débit de dose dans ce local.

Des études ont été menées avec le code de calcul « Panthère ». La première a permis d'estimer l'impact de la position des doigts de gants (lorsqu'ils sont plus ou moins insérés dans la cuve) sur le débit de dose du puits de cuve. Les résultats ont défini un optimum entre la sûreté nucléaire et la radioprotection des travailleurs dans le puits de cuve.

Dans un second temps, le code de calcul a été utilisé pour modéliser et concevoir une protection biologique spécifique afin de supprimer le risque de changement de zonage radiologique dans la nouvelle aire d'étalement.

II. REDUCTION DU DEBIT DE DOSE DU PUIITS DE CUVE

Le puits de cuve est le local qui est situé juste sous la cuve. Les principaux éléments présents sont les tubes de guidage (ou tubes guide) à l'intérieur desquels on trouve les doigts de gants. Ces derniers sont insérés en cuve pour vérifier le flux neutronique.

En effet les tubes de guidage sont immobiles dans le puits de cuve alors que les doigts de gant peuvent être insérés dans le cœur du réacteur (quand les éléments combustibles sont présents pour maintenir le guidage des doigts de gants) en fonctionnement et sont rétractés dans les tubes de guidage à l'intérieur du puits de cuve quand le réacteur est à l'arrêt et déchargé pour maintenance. Cette dernière situation engendre une augmentation du débit de dose dans le puits de cuve à cause de la présence de la partie fortement activée (en rouge sur la figure 1) dans cette zone.

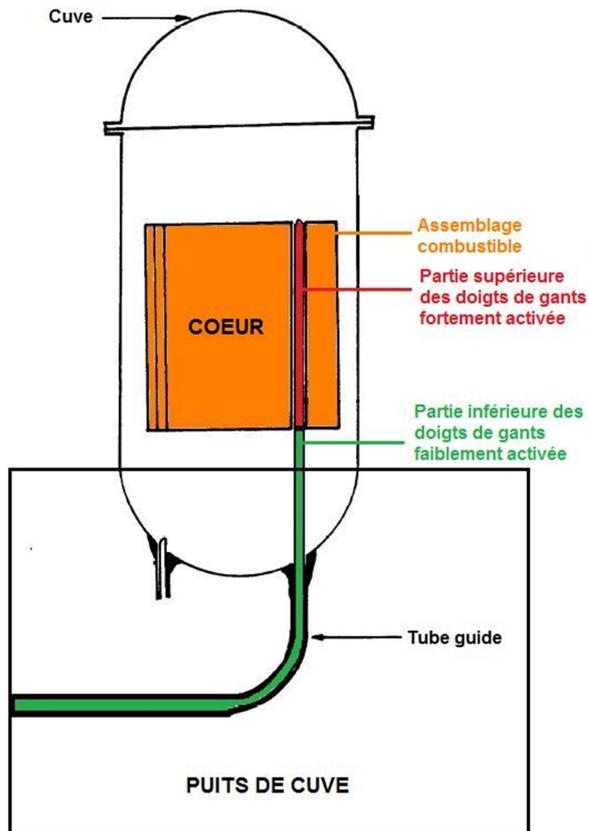


Figure 1 : Schéma d'ensemble

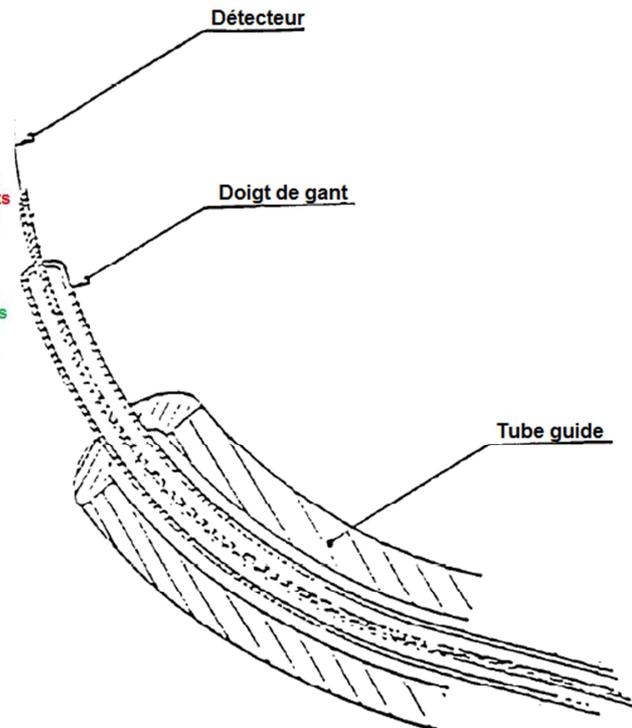


Figure 2 : Coupe d'un tube guide

D'ordinaire, les opérations dans le puits de cuve sont courtes et planifiées quand le réacteur est à l'arrêt et avec le combustible encore en cuve. De cette manière, les éléments combustibles assurent le guidage des doigts de gants (ce qui permet d'éviter que les doigts de gants se courbent et se cassent sous l'effet de leur propre poids) et la partie supérieure fortement activée se retrouve en cuve, ce qui est la situation la plus favorable en terme de radioprotection.

A cause des contraintes de planning, les opérations effectuées dans le puits de cuve ont été planifiées pendant les phases où le réacteur est totalement déchargé ce qui interdit une insertion totale des doigts de gants dans la cuve (à cause du fort risque de cassure des doigts de gant qui ne seraient plus guidés) et favorise un débit de dose élevé dans le puits de cuve.

Pour faire face à cette problématique, un compromis entre la sûreté et la radioprotection a été trouvé avec l'aide du code de calcul « Panthere ». Premièrement, l'environnement, la cuve du réacteur, la partie supérieure des doigts de gant et les tubes de guidage ont été modélisés (voir figure 4). Puis un débit de dose de « référence » a été obtenu (et « calé » avec des cartographies relevés sur le site) pour le cas le plus favorable à la radioprotection, c'est-à-dire avec les doigts de gants entièrement insérés dans la cuve.

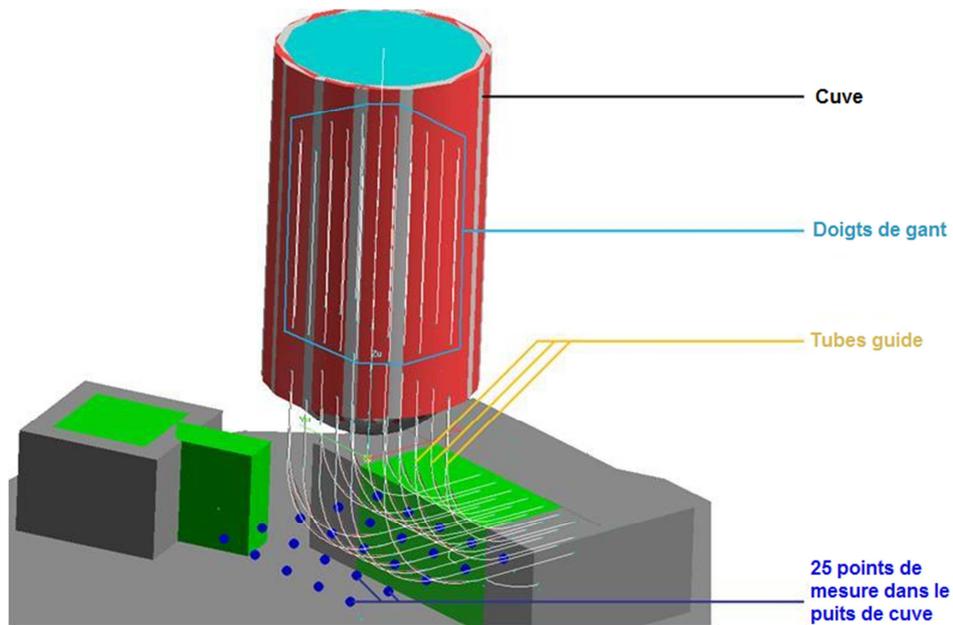


Figure 3 : Modélisation Panthère

	Cartographies de site	Avec la modélisation
Débit de dose de référence (en mSv/h)	Entre 1.7 et 3 mSv/h	2.4 mSv/h (moyenne totale sur les 25 points de mesure)

Tableau 1 : Débit de dose de référence

Une étude paramétrique a été lancée dans le but d'obtenir l'évolution du débit de dose dans le puits de cuve en fonction de la position de la partie fortement activée des doigts de gant dans la cuve (plus ou moins insérés dans la cuve).

La variable de cette étude était la distance entre le bas de la partie fortement activée des doigts de gants et le fond de la cuve. Cette distance a varié de 40 à 100 centimètres. Comme attendu, plus les doigts de gants sont éloignés du fond de la cuve et plus le débit de dose du puits de cuve est faible.

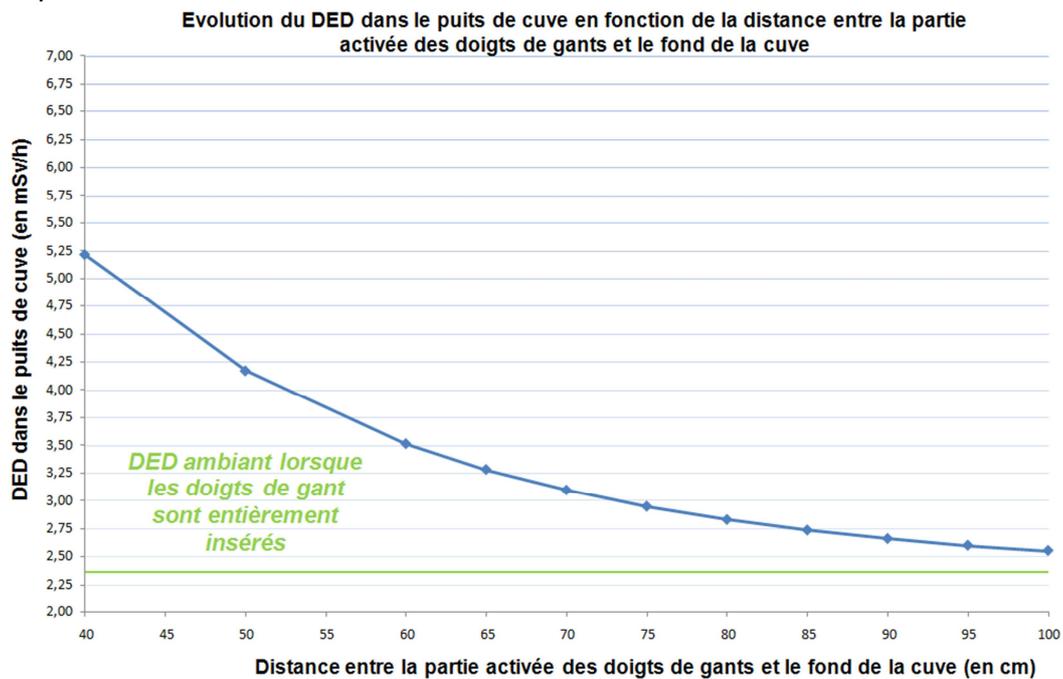


Figure 4 : Débit de dose moyen du puits de cuve en fonction de la position des doigts de gant

Les résultats montrent que pour une distance comprise entre 85 et 100 cm, le débit de dose moyen est proche de débit de dose de référence. Ces résultats ont été partagés avec la centrale de Fessenheim ce qui a permis de choisir le meilleur optimum entre un haut niveau de sûreté et une haute protection des travailleurs. Cela a fortement contribué à réduire la dosimétrie collective et individuelle de cette opération.

III. MODELISATION ET CONCEPTION DE LA PROTECTION BIOLOGIQUE

L'une des opérations de génie civile les plus importantes a été la création de la nouvelle aire d'étalement en carottant le mur du puits de cuve. Techniquement, cela consistait à retirer un cylindre de béton de 35 centimètres de diamètre sur 1.8 mètres de long qui constituait un écran biologique important pour les locaux adjacents. Ce retrait peut avoir pour effet l'augmentation du débit de dose dans les locaux proches de ce carottage, surtout quand la partie fortement activée des doigts de gant est présente dans le puits de cuve, ce qui est le cas lors de la maintenance et pendant les phases de déchargement / rechargement du combustible.

Une augmentation du débit de dose dans cette zone n'est pas acceptable parce que cela peut engendrer une augmentation de la dosimétrie collective et individuelle lors de l'exploitation ultérieure de la tranche.

Afin d'éviter un changement de zonage radiologique, une protection biologique a été modélisée et conçue avec l'aide du code de calcul « Panthere ». Les premières simulations ont été lancées sans le carottage dans le but d'établir le « zonage radiologique de référence » à respecter. Ensuite le carottage a été ajouté à la modélisation afin d'évaluer son impact sur le zonage radiologique :

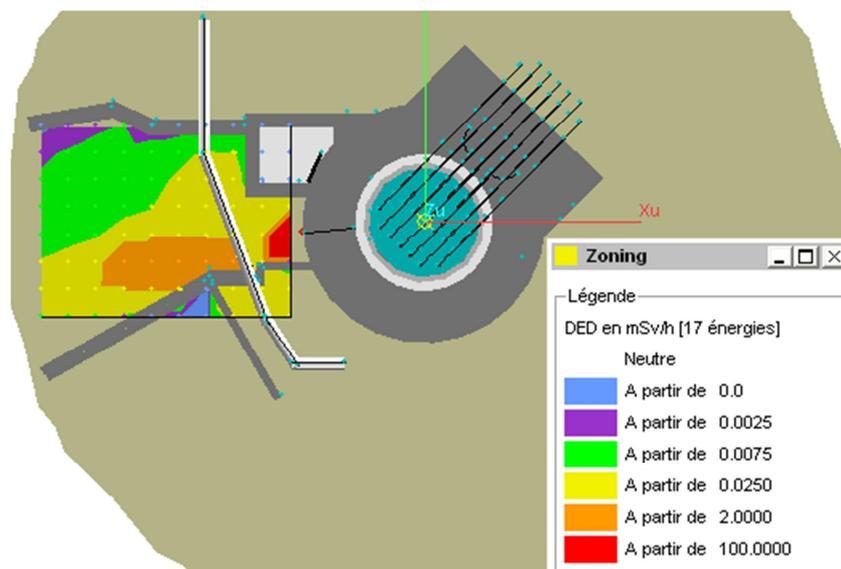


Figure 5 : Impact du carottage sur le zonage radiologique

Avec ces premiers éléments, la protection biologique a été dimensionnée avec les contraintes techniques suivantes :

- Aucune zone rouge,
- Pas de zone orange à plus de 50 centimètres après le carottage,
- La protection biologique ne doit pas obstruer le carottage et doit être implémentée dans le puits de cuve.

Cette protection a été conçue en forme de « L » afin de ne pas bloquer le carottage tout en évitant que les rayonnements directs passent à travers le carottage :

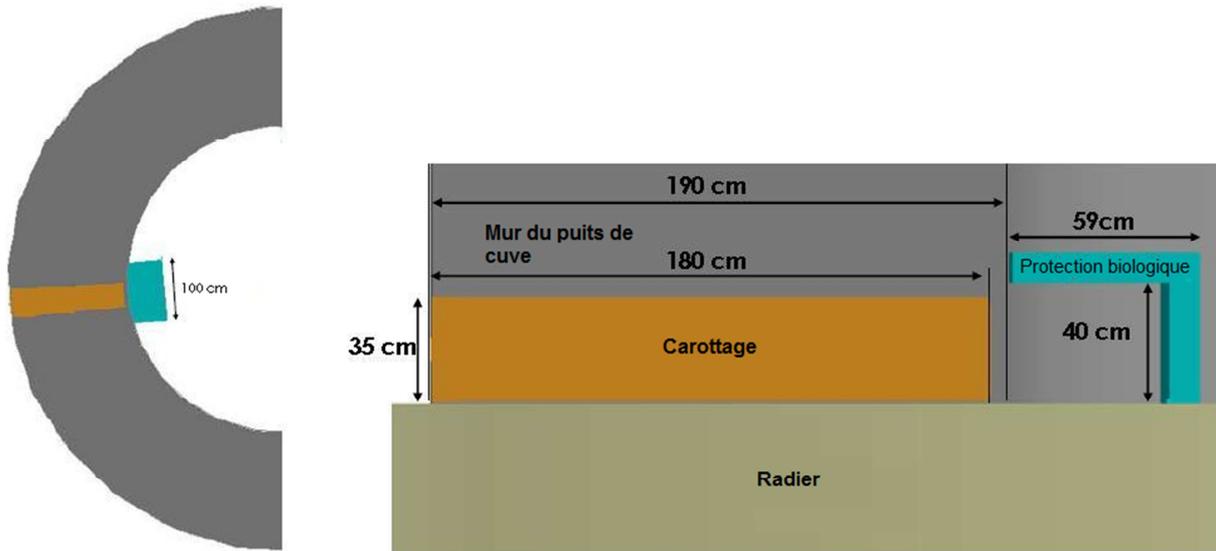


Figure 6 : Schéma de la protection biologique

Après plusieurs itérations, les objectifs dosimétriques ont été atteints avec une épaisseur de 11 centimètres de plomb :

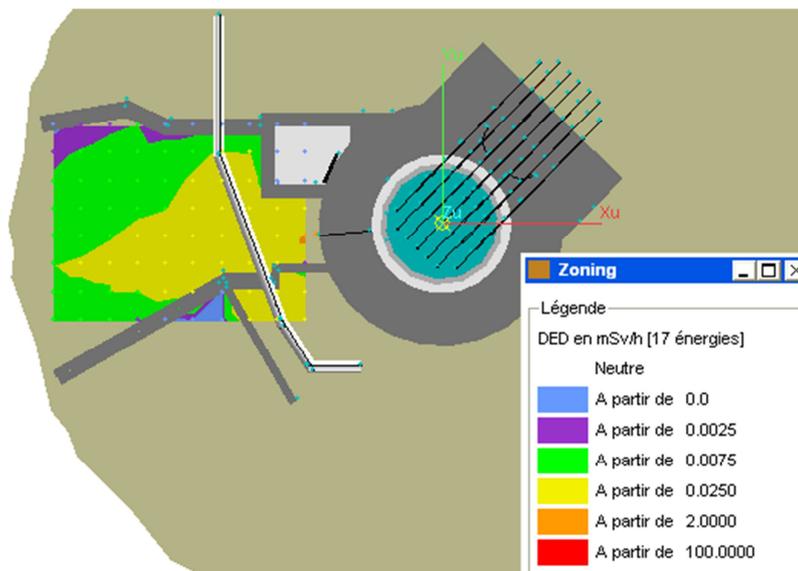


Figure 7 : Zonage radiologique avec la protection biologique

IV. CONCLUSION

Ces deux exemples montrent l'importance d'anticiper les contraintes de radioprotection dès la conception d'une modification. D'une part cela permet de trouver des solutions simples pour réduire la dosimétrie collective et individuelle lors de la réalisation de la modification. D'autre part cela permet de prendre en compte les contraintes de radioprotection pour l'exploitation et la maintenance futures de la centrale nucléaire. Ce dernier point est primordial car ces opérations sont les plus récurrentes et sont responsables de la majorité de la dosimétrie collective et individuelle en centrale nucléaire.