

M2 PEPS/PEE - ETUDE DE CAS

SÛRETÉ À LONG TERME DE CIGÉO : PRINCIPES DE CONCEPTION

Cigéo (centre industriel de stockage géologique) est le projet français de centre de stockage profond de déchets radioactifs. Il est conçu pour stocker les déchets hautement radioactifs et à durée de vie longue produits par l'ensemble des installations nucléaires actuelles, jusqu'à leur démantèlement, et par le traitement des combustibles usés utilisés dans les centrales nucléaires.

Le choix du stockage géologique profond pour gérer ces déchets a été retenu par la loi de 2006, après 15 ans de recherches confiées à l'Andra dans différentes disciplines (allant de la géologie à la simulation numérique en passant par les études sur les matériaux ou encore l'environnement), leur évaluation et un débat public. Si sa création est autorisée, Cigéo sera implanté dans l'Est de la France, à la limite de la Meuse et de la Haute-Marne.

L'objectif fondamental de Cigéo est de protéger l'Homme et l'environnement du danger que représentent ces déchets les plus radioactifs et à vie longue, tout en limitant les charges qui seront supportées par les générations futures. Cigéo est conçu pour être sûr pendant sa construction, son exploitation (qui se déroulera sur une durée de l'ordre de la centaine d'années) et après sa fermeture, afin que son impact soit limité et ne présente pas de risque pour l'Homme et l'environnement durant ces différentes phases. La sûreté après fermeture et à long terme du stockage repose notamment sur le choix du milieu géologique et sur la conception du stockage.

Vous êtes un expert en sûreté nucléaire en charge de conduire la **démonstration de la sûreté à long terme des principes de conception du projet Cigéo**. Vous vous référez à la documentation disponible décrivant le projet dans son ensemble et vous appliquez le guide de sûreté n°1 émis par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en 2008.

Afin de répondre à l'objectif fondamental de protection des personnes et l'environnement envers les risques liés à la dissémination des radionucléides et des substances toxiques chimiques contenus dans les déchets, cet objectif se décline en deux grandes fonctions fondamentales après fermeture :

- « *Isoler les déchets des phénomènes de surface et des actions humaines banales* »,
- « *Limiter le transfert jusqu'à la biosphère des radionucléides et des substances toxiques chimiques contenus dans les déchets* » qui se décline en les sous-fonctions :
 - ✓ « *S'opposer à la circulation d'eau* »,
 - ✓ « *Limiter le relâchement des radionucléides et des substances toxiques chimiques, et les immobiliser dans les alvéoles de stockage* »,
 - ✓ « *Retarder et atténuer la migration des radionucléides et des substances toxiques chimiques qui auraient été relâchées hors des colis puis des alvéoles de stockage* ».

La sûreté après fermeture et à long terme du stockage géologique est un sujet essentiel qui doit guider la conception du système de stockage. En effet, après la fermeture de l'installation de stockage géologique, la sûreté repose sur des dispositifs passifs sans qu'il soit nécessaire d'intervenir. Le principe de défense en profondeur a pour effet de faire reposer la sûreté du stockage sur la complémentarité et la diversité des composants et sur un certain niveau de redondance des fonctions de sûreté de telle sorte que des défaillances plausibles de composants ne compromettent pas, à elles seules, la sûreté de l'installation. La mise en place de lignes de défense successives lors de la conception se traduit par l'attribution aux différentes classes de composants du système de diverses fonctions de sûreté du système de stockage en après fermeture complémentaires.

La performance du système de stockage est à mettre en regard de la nocivité des substances contenues dans l'installation et de l'évolution de cette nocivité. La probabilité de perte partielle ou totale d'une fonction d'un composant doit être d'autant plus faible que le potentiel radiotoxique des déchets stockés est élevé. Ainsi, les fonctions devront être assurées pendant une durée suffisante, compte tenu de leurs rôles respectifs dans la

sûreté globale du stockage et de la décroissance des radionucléides contenus dans les déchets. La durée et la qualité du confinement doivent être définies en fonction de la nature du déchet.

Sur la base des informations et des documents disponibles, il vous est demandé d'analyser la sûreté à long terme des principes de conception du projet en répondant aux questions suivantes :

- Expliquez le choix du site d'implantation du stockage, et en particulier le choix de la couche d'argilites du Callovo-Oxfordien située à 500 m de profondeur
- Quels sont les grands principes de sûreté à long terme qui guident la conception de l'installation ? Quels sont les choix et solutions de conception associés qui sont retenus ?
- Expliquez pourquoi le stockage est implanté au milieu de la couche d'argilites du Callovo-Oxfordien
- Quels sont les phénomènes gouvernant la distance entre :
 - ✓ les alvéoles de stockage de déchets MA-VL ?
 - ✓ les alvéoles de déchets HA ?
- Mécanismes de transfert des radionucléides
 - ✓ Quels sont les mécanismes de transfert qui gouvernent la migration d'un radioélément qui se retrouverait libéré dans le milieu géologique suite au délitement de toutes les barrières de confinement ?
 - ✓ Quel est le mécanisme de transfert dominant dans la couche d'argilites du Callovo-Oxfordien ?
 - ✓ Exercice (cf. tableau des données d'entrées)
 - Pour chacun des 4 radioéléments I-129, No-94, Se-79 et Mo-93, quelle est la durée de transfert du stockage jusqu'au toit de la couche d'argilites ?
 - Parmi les 4 radioéléments I-129, No-94, Se-79 et Mo-93, lesquels sont susceptibles d'être
 - o totalement atténués dans la couche d'argilites ?
 - o partiellement atténués dans la couche d'argilites ?
- Quels principes et éléments de conception répondent à l'objectif de réversibilité ?

| Radionucléide | I129 (Iode 129) | Nb94 (Niobium 94) | Se79 (Selenium 79) | Mo93 (Molybdene 93) |
|-------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| Demi-vie [ans] | $1.61 \cdot 10^7$ | $2.0 \cdot 10^4$ | $3.77 \cdot 10^5$ | $4.0 \cdot 10^3$ |
| Coefficient de diffusion effectif De [m^2/an] | $1.58 \cdot 10^{-4}$ | | | |
| Porosité de diffusion ω_d [-] | 0.05 | | | |
| Porosité cinématique ω_c [-] | 0.10 | | | |
| Coefficient de retard R [-] | 1 (pas de retard) | 50 000 | 1 (pas de retard) | 140 |

