

I – Introduction

Aujourd'hui, la gestion des déchets nucléaires est au cœur des préoccupations de la société. Bien qu'il y ait une meilleure acceptabilité de la production d'électricité via la filière électronucléaire, l'inquiétude est progressivement remplacée par celle de laisser aux générations futures un environnement « radioactif ». Il convient donc aux entités compétentes telle que l'ANDRA de trouver des solutions durables et viables.

Comment orienter les déchets nucléaires vers la filière la plus adaptée sans en connaître son contenu ?

Cette problématique est la caractérisation de ces colis de déchets nucléaires. A l'instar des contrôles non destructif, il y a la tomographie rayons X. Cette technique permet de connaître et de contrôler les paramètres radiochimiques et physiques des colis tout en gardant leur intégrité physique. C'est sur ce procédé que repose le projet TOMIS.

II - Etat des connaissances : les Contrôles Non Destructifs (CND)

Le contrôle non destructif par imagerie X est une activité historique du CEA. Le Laboratoire de Mesures Nucléaires (LMN) effectue ces contrôles pour les besoins du CEA. Mais également pour l'ANDRA dans le cadre de Super-Contrôles (vérification de la conformité des colis)
C'est dans la cellule CINPHONIE de CHICADE (INB 156) sur le site du CEA Cadarache, qu'ils sont réalisés. Elle utilise la tomographie pour ces caractérisations.



Figure 1 : Cellule CINPHONIE (CEA Cadarache)

III - Matériels et méthodes : le tomographe

La fonction du tomographe est de réaliser une image par le biais de rayon X. Pour ce faire il se compose de trois éléments importants :

- Un LINAC : Accélérateur de particules linéaire qui, en utilisant un champ électrique et magnétique, va produire des particules accélérées, focalisées et guidées vers les endroits requis.
- Un banc mécanique qui permet de produire des mouvements de translation vertical et de rotation de l'objet (pour caractériser l'objet dans son ensemble).
- Des détecteurs à scintillation qui permettent de mesurer l'intensité des RX qui ont traversé l'objet afin de reconstruire une image

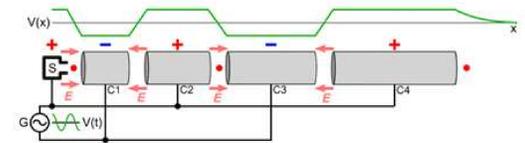


Figure 2 : Fonctionnement d'un accélérateur linéaire

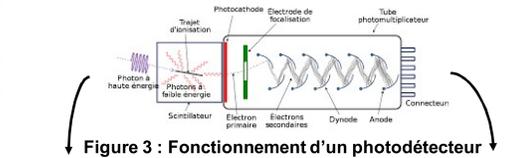


Figure 3 : Fonctionnement d'un photodétecteur



Figure 4 : Résultats obtenus de tomographie

IV – Perspective : TOMIS, TOMographe In Situ, multi énergie à faible impact dosimétrique

Le projet TOMIS vise à démontrer la faisabilité d'un tomographe transportable présentant une imagerie de bonne qualité et un faible impact radiologique sur son environnement. Il se présente sous la forme d'un conteneur contenant plusieurs sous ensemble : un LINAC, un système imageur (détecteurs scintillateurs) et mécanique, une structure transportable et protégée.

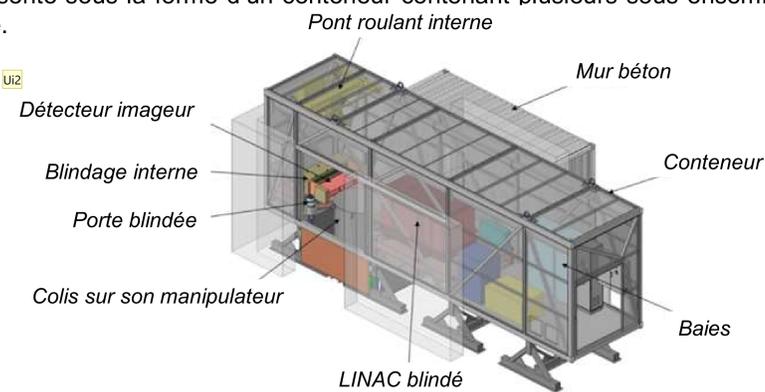


Figure 5 : Schéma de principe de TOMIS (ANDRA)

LINAC Varex M9			
3 niveaux d'énergies max	DeD max à 1 m	DeD max à 10 m	Hauteur du faisceau
6/9/15 MeV	30 Gy/min (15 MeV)	25 µSv/h (15 MeV)	2 mm (15 MeV)
Détecteurs scintillateurs CdWO ₄			
Largeur	Couverture de la ligne	Distance p/r au point source	
0,8 mm	25,3°	290 cm	
Types d'imageries possibles			
Tomographie plane	Tomographie hélicoïdale	Radiographie plane	

Figure 6 : Caractéristiques techniques du tomographe de TOMIS

1. Les utilités de TOMIS

Ce qui rend unique le projet TOMIS est sa mobilité. Grâce à un transport par camion, il pourra se rendre sur les sites qui en ont besoin. Sa mobilité permet :

- De pouvoir examiner des colis de déchets difficilement caractérisables en évitant de les transporter vers un site dédié.
- Une meilleure orientation des colis vers le type de stockage le plus adapté

⇒ Grâce à cette meilleure orientation, l'avantage économique qu'offre TOMIS est évalué en dizaines de milliers d'euros.

2. La radioprotection : une contrainte importante

Le débit de dose élevé dû au rayonnement X (une limite maximale de 500 µSv/h à 5 m) nécessite de mettre en place des barrières pour protéger l'environnement présent autour de la machine :

- Un blindage de plomb et de polyéthylène interne au conteneur (autour du faisceau et de l'accélérateur) ;
- Un blindage externe avec des parois en béton autour du conteneur ;
- Une boucle de sécurité sur l'accélérateur ;
- Une clôture infranchissable autour du système.

V – Conclusion

En somme, TOMIS est un projet d'envergure favorisant la caractérisation non destructive des déchets radioactifs et de leur exutoire. Ce projet est cependant encore en phase de test. Il sera installé sur le site du CEA de Cadarache durant l'année 2023 pour des examens finaux (notamment du point de vue radioprotection) et pour montrer toute sa faisabilité de transport. Bien que TOMIS n'ait pas pour but d'être industrialisé, il permettra de démontrer que la réalisation de tomographe mobile est réalisable. Ainsi il sera l'exemple pour fabriquer des appareils du même types qui, eux, seront industrialisés à travers la France (voire l'Europe) sur différents sites nucléaires. Et pourquoi pas sur d'autres sites du secteur industriel. Un tel projet nécessite un coût, mais il permettra à terme d'améliorer la sûreté (du point de vue du transport), de fluidifier la filière des déchets et d'améliorer leurs gestion en proposant le meilleur type de stockage grâce à ce système.

Bibliographie

1. CEA. Les accélérateurs de particules. *CEA/Découvrir & Comprendre* <https://www.cea.fr/comprendre/Pages/matiere-univers/accelerateurs-de-particules.aspx> (2022).
2. Estre, N. *et al.* High-Energy X-Ray Imaging Applied to Nondestructive Characterization of Large Nuclear Waste Drums. in vol. 62 1-6 (2013).
3. Fabricants et fournisseurs de détecteurs de scintillation CdWO₄ - Prix de gros - MetaLaser. *MetaLaser INC* <http://m.fr.meta-laser.com/scintillation-detector/cdwo4-scintillation-detector.html>.
4. IRESNE - Tomographe TOMIS. <https://www.cea.fr/energies/iresne/Pages/Nos%20r%C3%A9alisatio>
5. TOMIS : les déchets radioactifs aux rayons X. *Drupa* <https://www.andra.fr/tomis-les-dechets-radioactifs-aux-rayons-x>.