



ÉTAT DES LIEUX

ÉTUDES ET PRISE EN CHARGE DES DÉCHETS ISSUS DE L'ACTIVATION DES ACCÉLÉRATEURS LINÉAIRES MÉDICAUX ET NON LINÉAIRES

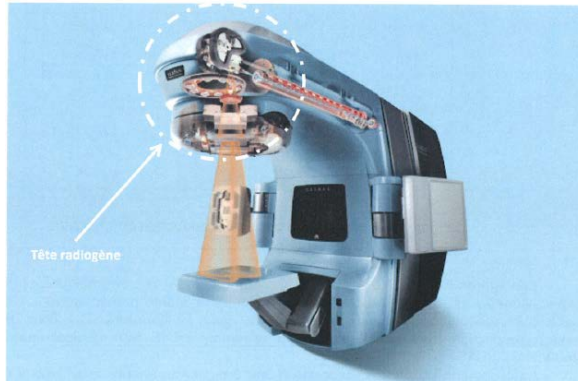
Fabien HUBERT



Sommaire

- Partie 1 : accélérateurs linéaires médicaux
 - Problématiques liées aux accélérateurs Linéaires
 - Etude d'activation et conclusions
 - Transposition et Prise en charge
- Partie 2 : accélérateurs non linéaires

Accélérateurs linéaires médicaux : problématiques



Accélérateurs d'électrons utilisés dans les centres de radiothérapie pour le traitement des tumeurs cancéreuses.

Environ 200 centres qui exploitent un parc d'environ 500 machines.

Dans leur grande majorité, utilisation des électrons à des énergies pouvant atteindre 20 MeV :

- Pour traiter directement des cibles localisées à faible profondeur
- Pour obtenir un faisceau de photons par rayonnement de freinage afin de traiter les tumeurs profondes.

Accélérateurs linéaires médicaux : problématiques

Afin d'étudier la prise en charge des déchets, il est nécessaire de nous fournir :

- Poids et dimensions des pièces
- Débit de dose au contact et à 1 mètre
- Identification des radionucléides
- Quantification des radionucléides (activité en Becquerel)
- Nature physico-chimique des pièces

Du fait du processus générateur de l'activation, cette détermination d'activité doit se faire non seulement sur les radionucléides émetteurs gamma, mais aussi sur les **émetteurs bêtas purs générés**.

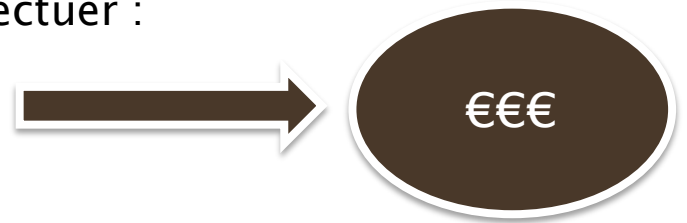
Accélérateurs linéaires médicaux : problématiques

Pour chacun des matériaux présents dans un accélérateur de particules, plusieurs paramètres peuvent avoir une influence dans la création des émetteurs bêtas purs :

- la composition du matériau ;
- la nature du rayonnement auquel il est soumis ;
- la gamme d'énergie auquel il est soumis ;
- la position dans un accélérateur de particules.

Détermination des radioéléments bêta peuvent s'effectuer :

- par analyse,
- par de simulations numériques (MCNP, etc.)



Accélérateurs linéaires médicaux : Etude

Réalisation de simulations numériques afin de déterminer la radioactivité induite présente dans les composants des accélérateurs.

Objectif :

Définir des cas pénalisant/enveloppe pouvant s'appliquer au parc d'accélérateur, afin de faciliter la prise en charge des pièces activées.

Accélérateurs linéaires médicaux : Etude

L'étude à permis d'obtenir :

- Les spectres des radionucléides dans les différents composants de l'accélérateur pour différents temps de décroissance
- Les activités (Bq) présentes dans les composants
- Une mise en évidence d'une quasi saturation après 10 ans d'utilisation

Mais aussi....

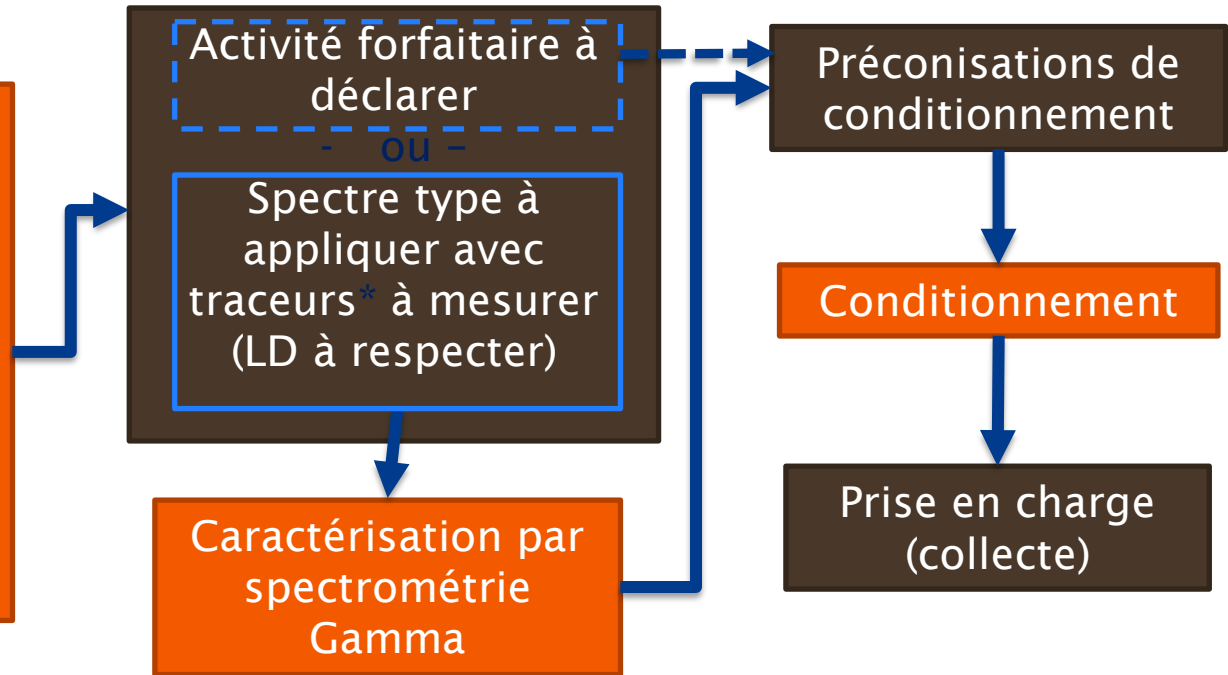
Une confirmation de **l'importance de la proportion des émetteurs bêtas purs** ou des émetteurs gamma difficiles à mesurer dans le spectre.

Disparité des spectres dans les matériaux situés à différentes distances de la cible

Accélérateurs linéaires médicaux : Etude de prise en charge

Renseignement Formulaire Andra :

- Nature des pièces (suivant liste Andra)
- Masse de chacune des pièces
- Débit de dose au contact
- Date de mise à l'arrêt de l'accélérateur



Action Détenteur

Action Andra

DISEF/SFF/24-0028

*Traceurs : Mn54, Co60, Co57, Sb124, W181, etc.

Accélérateurs linéaires médicaux : Dossiers en cours

Dossiers pour lesquels les analyses sont en cours :

- Un dossier en attente des résultats finaux du prestataire retenu par le détenteur de l'accélérateur

Action Détenteur

- Un dossier sur lequel l'Andra finalise la stratégie de conditionnement (mesures in-situ finalisées)

Action Andra

Un dossier en phase de contractualisation entre le détenteur et le prestataire en charge des mesures

Action Détenteur

Une quinzaine de demandes sur cette dernière année pour lesquelles l'Andra a communiqué la méthodologie et le formulaire

Action Détenteur



GESTION DES PIÈCES ACTIVÉES ISSUES DES ACCELERATEURS NON LINEAIRES



Sommaire

1. INTRODUCTION SUR LES ACCELERATEURS NON LINEAIRES
2. PROCESSUS GENERATEUR DES PIECES ACTIVEES
3. CAS DU CERN
4. ACTIONS EN COURS
5. CONCLUSION

1.

INTRODUCTION SUR LES ACCELERATEURS NON LINEAIRES

o Les CYCLOTRONS :

- Principe : des particules chargées (Protons, deutons...) vont être accélérées (10aine de MeV) et interagir sur une cible.



- Ils servent principalement à la production de radio-isotope pour le médical et la recherche médicale

1.

INTRODUCTION SUR LES ACCELERATEURS NON LINEAIRES

o Les CYCLOTRONS :

- ≈ 30 exploités en France :
 - 60% dans un but commercial
 - 40% par des établissements publics davantage à des fins de recherche
- Aucune demande formelle de prise en charge de pièces activées.
 - sollicitations récentes pour étudier l'acceptabilité de certains déchets activés issus des cyclotrons

1.

INTRODUCTION SUR LES ACCELERATEURS NON LINEAIRES

o Les SYNCHROTRONS

- Principe : des électrons sont accélérés (qqes GeV) dans un anneau et vont émettre des ondes (X ou lumière)
- Ces ondes sont utilisées pour étudier la structure de la matière



- 2 exploités en France :



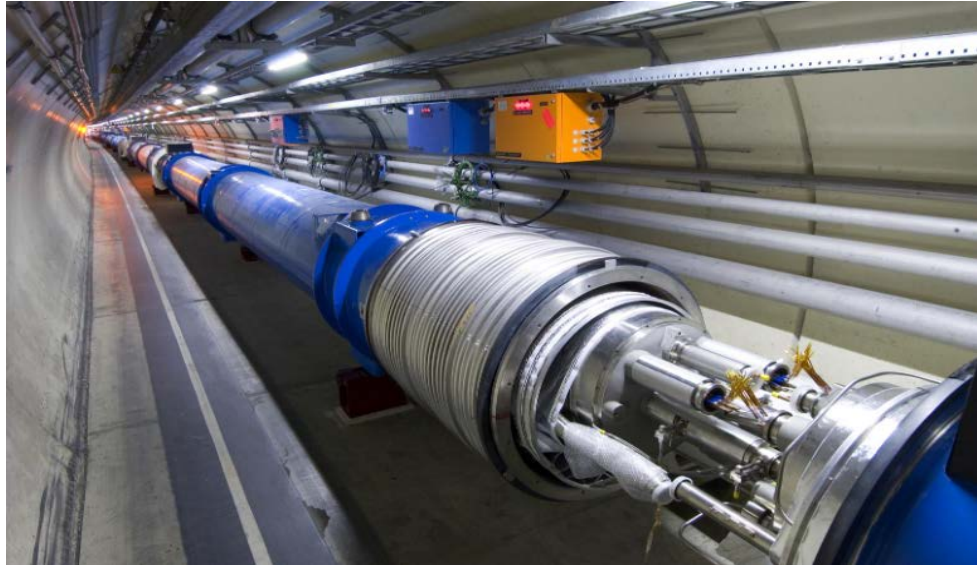
- A date, aucune pièce activée n'a été évacuée vers l'Andra (pas de sollicitation sur des études d'acceptabilité à venir).

1.

INTRODUCTION SUR LES ACCELERATEURS NON LINEAIRES

o Cas du CERN :

- Recherche en physique des particules
- Particules chargées (protons) accélérées (jusque qqes TeV) vont entrer en collision entre elles ou avec des éléments structuraux de l'accélérateur.



2.

PROCESSUS GENERATEUR DE PIECES ACTIVEES (TOUS ACCELERATEURS NON LINEAIRES)

- L'activation vient essentiellement de la production des neutrons issus de l'interaction des particules avec la cible.
- Les neutrons vont principalement activer les structures métalliques du cyclotron mais également l'environnement du local (murs, ...)
- Parmi les RN produits par activation, on distingue :
 - Les RN facilement mesurables : Co60, Mn54, Na22..
 - Les RN difficilement mesurables : Ni63, Ni59, Fe55, H3,...



Problématiques identiques à celle présentées pour les accélérateurs linéaires

3.

Méthodologie

- Méthodologie actuellement retenue par le CERN
 - Pour chaque matériau :
 - Simulations par des codes de calculs
 - Identification d'un RN traceur facilement mesurable pour chaque RN difficilement mesurable
 - Détermination de ratios entre RN traceur et RN tracé
 - Analyses des matériaux en laboratoire
 - Comparaison entre résultats théoriques et résultats du laboratoire
 - Analyse statistique et sélection de ratio raisonnablement conservatifs

4. ACTIONS EN COURS

- Projet de collaboration ANDRA/CERN et d'un détecteur de cyclotron :
 - Un plan d'action en 7 étapes visant à la réalisation d'une thèse:
 - Etude bibliographique
 - Modélisation des interactions entre particules
 - Calculs d'activation
 - Identification des sources d'incertitude
 - Listing des radionucléides présents
 - Développement d'une méthodologie de caractérisation
 - Comparaison entre théorie et mesures expérimentales

CONCLUSION

- Avec l'accumulation des pièces activées chez les exploitants et les projets de démantèlement à venir, la caractérisation radiologique de ces déchets va devenir un enjeu dans les années à venir.
- Les exploitants de cyclotrons ne disposent pas toujours des compétences nécessaires pour réaliser ces opérations de caractérisation
- Le lancement d'un travail de thèse pourrait permettre à terme à la majorité des producteurs de disposer de solutions pour caractériser leurs pièces activées.

CONCLUSION

MERCI DE VOTRE ATTENTION