



Substances nucléaires au Canada : Exposé technique

Réunion de la Commission
Le 3 octobre 2018
CMD 18-M49



Présentation du personnel de la CCSN



Portée

- Introduction au rayonnement ionisant
- Diverses applications des substances nucléaires, des appareils à rayonnement et de l'équipement réglementé au Canada
- Applications intéressantes et novatrices

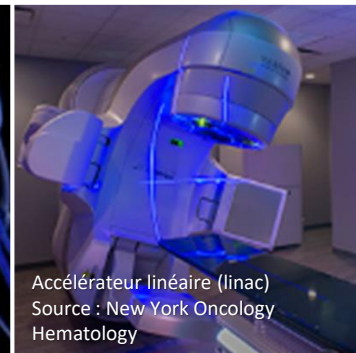


Pourquoi utilise-t-on le rayonnement au Canada?

- Pouvoir pénétrant
- Détectabilité
- Fiabilité
- Non destructif



Source : Technology journal 24



Accélérateur linéaire (linac)
Source : New York Oncology
Hematology



Caméra de radiographie
Source : CCSN



Bouteilles de bière passant devant
un détecteur gamma
Source : Filter



Sources de rayonnement

Source scellée :

- Substance nucléaire émettant un rayonnement ionisant, qui est encapsulée ou liée à un revêtement pour empêcher la matière radioactive de s'échapper ou d'être dispersée

Source non scellée :

- Substance nucléaire qui n'est pas encapsulée ou autrement confinée et qui émet un rayonnement ionisant

Accélérateur :

- Équipement qui accélère les particules chargées à l'aide de champs électromagnétiques pour produire un rayonnement ionisant

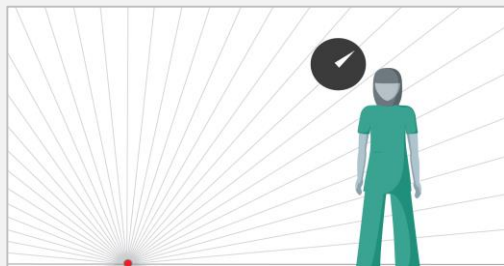


Utilisation sécuritaire du rayonnement

Risque :

- Exposition potentielle au rayonnement ionisant

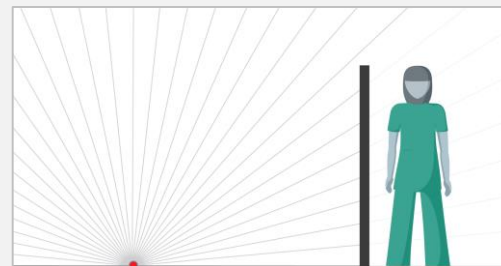
Peut être utilisé en toute sécurité grâce aux méthodes suivantes :



Diminution du **temps**



Maximisation de la **distance**



Utilisation d'un **blindage**



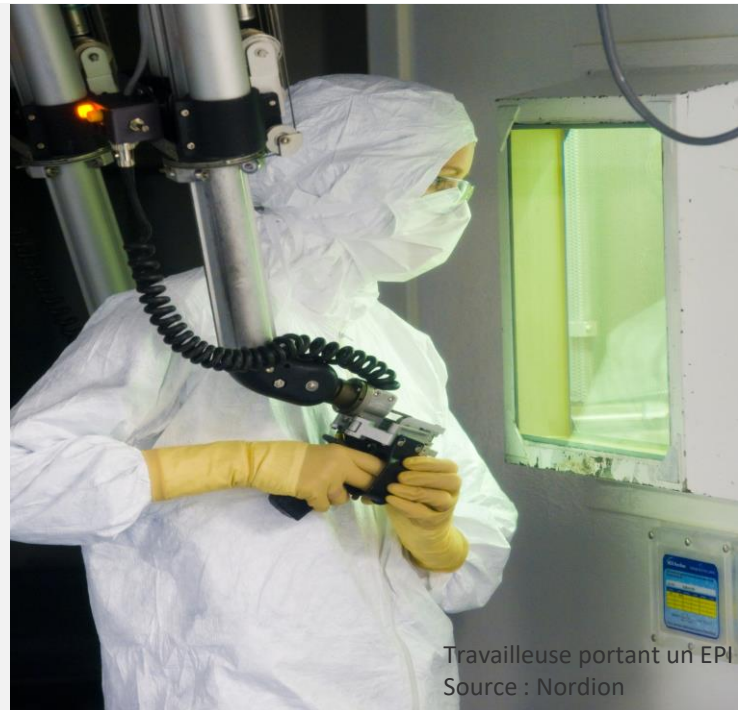
Utilisation sécuritaire des sources non scellées

Risque :

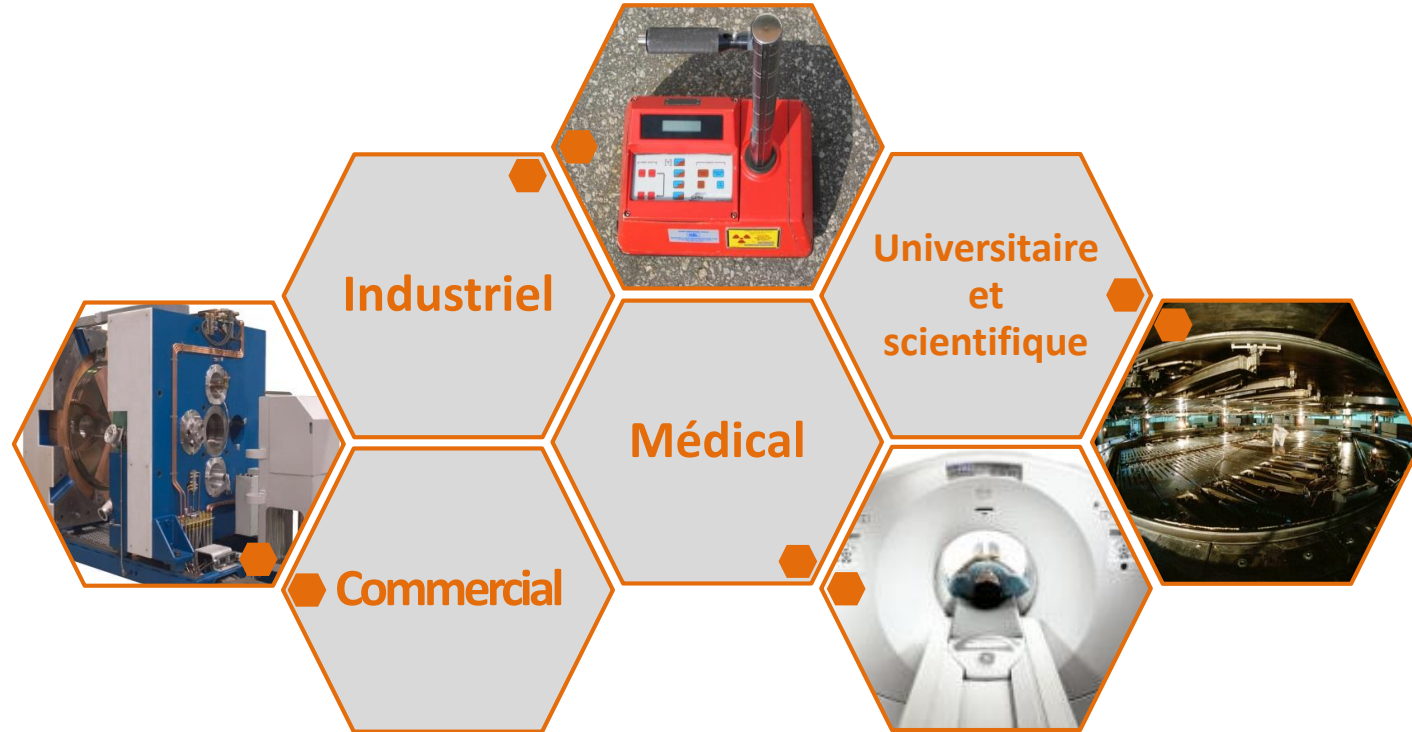
- Contamination potentielle par des substances nucléaires non scellées

Utilisation sécuritaire grâce aux méthodes suivantes :

- Équipement de protection individuelle (p. ex., sarrau et gants de laboratoire, lunettes de protection)
- Contrôle de la contamination
- Procédures de radioprotection



Applications du rayonnement dans divers secteurs





SECTEUR MÉDICAL (APPLICATIONS HUMAINES ET VÉTÉRINAIRES)



Aperçu

Médecine nucléaire

- Imagerie diagnostique : scintigraphie, TEMP, TEP
- Traitement thérapeutique

Radiothérapie

- Accélérateurs linéaires
- Curiethérapie
- Radiochirurgie stéréotaxique

Applications intéressantes et novatrices



Médecine nucléaire Fonctionnement

Imagerie diagnostique et thérapie basées sur la physiologie (fonctions)

- Des isotopes radioactifs sont fixés à un composé médicamenteux pour former des produits radiopharmaceutiques.
- Les produits radiopharmaceutiques sont injectés, inhalés ou ingérés, et acheminés aux endroits cibles aux fins d'imagerie diagnostique, de thérapie ou de soins palliatifs au moyen de rayonnements ionisants.



Injection d'un produit radiopharmaceutique
Source : Hôpital d'Ottawa



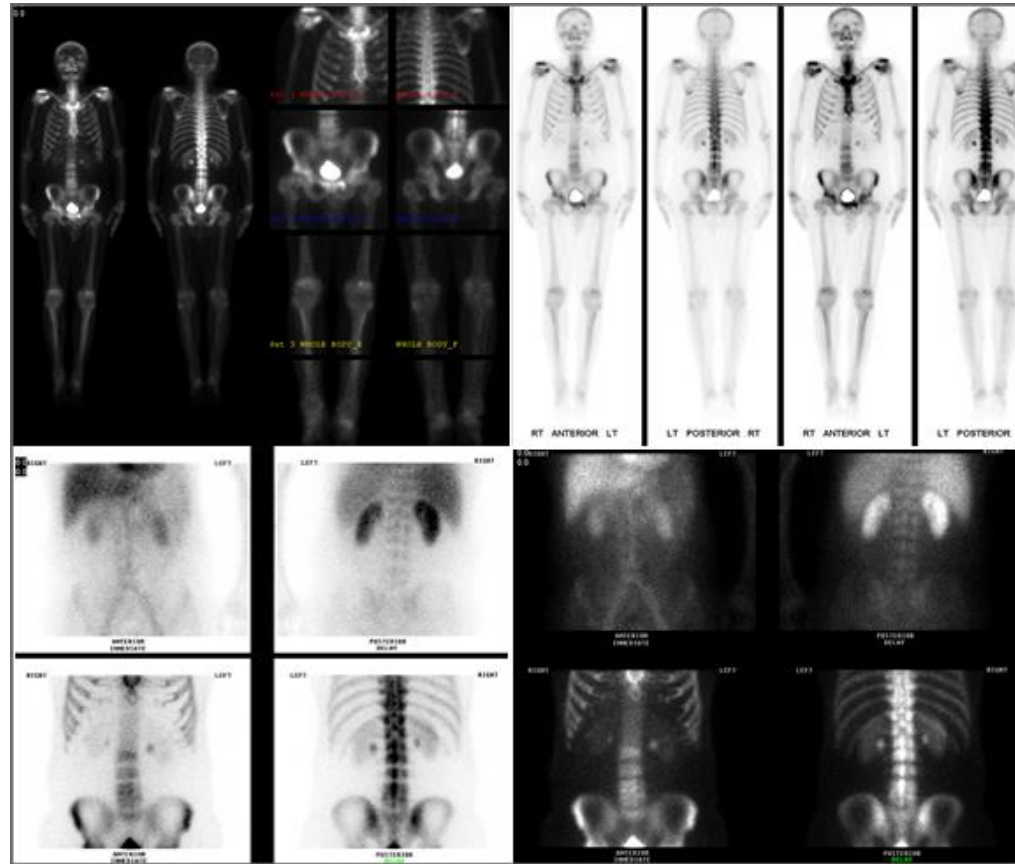
Poste de travail pour produits radiopharmaceutiques
Source : Avec l'autorisation d'Isologic



Imagerie diagnostique À quoi sert-elle?

- L'imagerie diagnostique en médecine nucléaire sert à évaluer une variété de pathologies, y compris les maladies et les douleurs osseuses, la fonction rénale ainsi que les troubles gastrointestinaux et endocriniens.
- Techniques d'imagerie diagnostique :
 - scintigraphie
 - tomographie par émission monophotonique (TEMP)
 - tomographie par émission de positrons (TEP)

Imagerie des os
Source : Avec
l'autorisation de
Radiology Associates of
Venice and Englewood
suretenucleairecanada.gc.ca

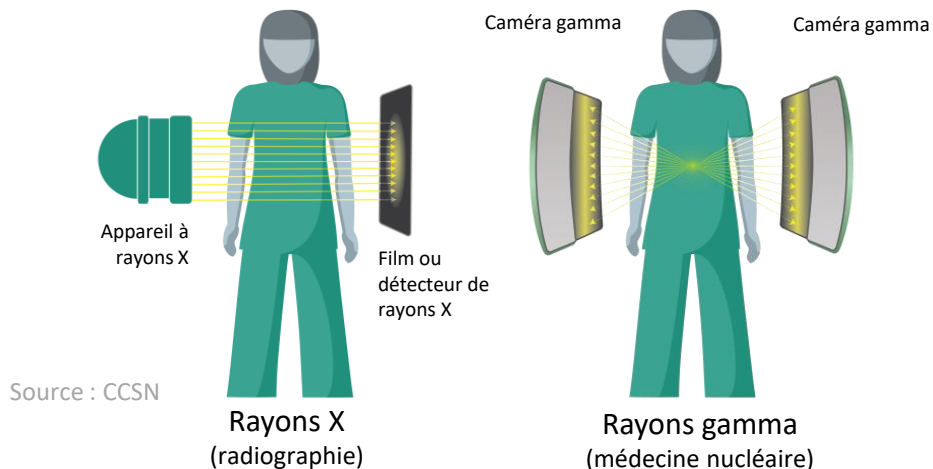




Imagerie diagnostique À quoi sert-elle?

Scintigraphie (imagerie 2D planaire)

- Des caméras détectent les rayons gamma émis par les produits radiopharmaceutiques injectés, inhalés ou ingérés et qui se trouvent dans le corps du patient.

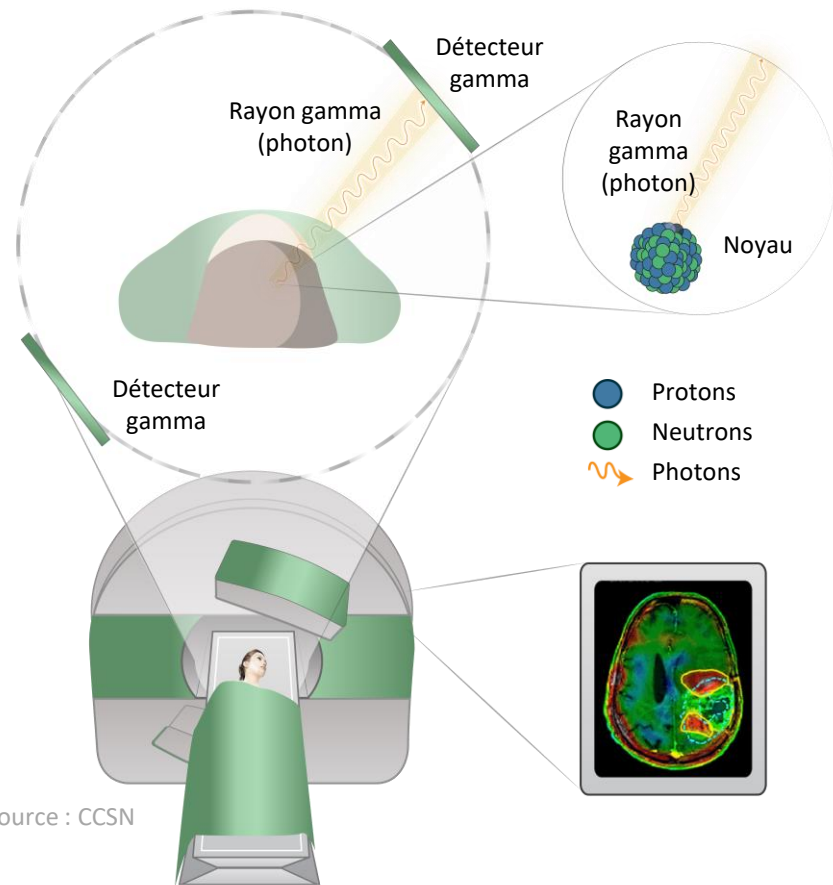




Imagerie diagnostique À quoi sert-elle?

Tomographie par émission monophotonique (TEMP)

- Tout comme la scintigraphie, l'imagerie obtenue par TEMP utilise également une caméra dotée d'un détecteur pour capter les rayons gamma émis. Cependant, la caméra tourne autour du patient, ce qui permet d'obtenir une **image 3D**.



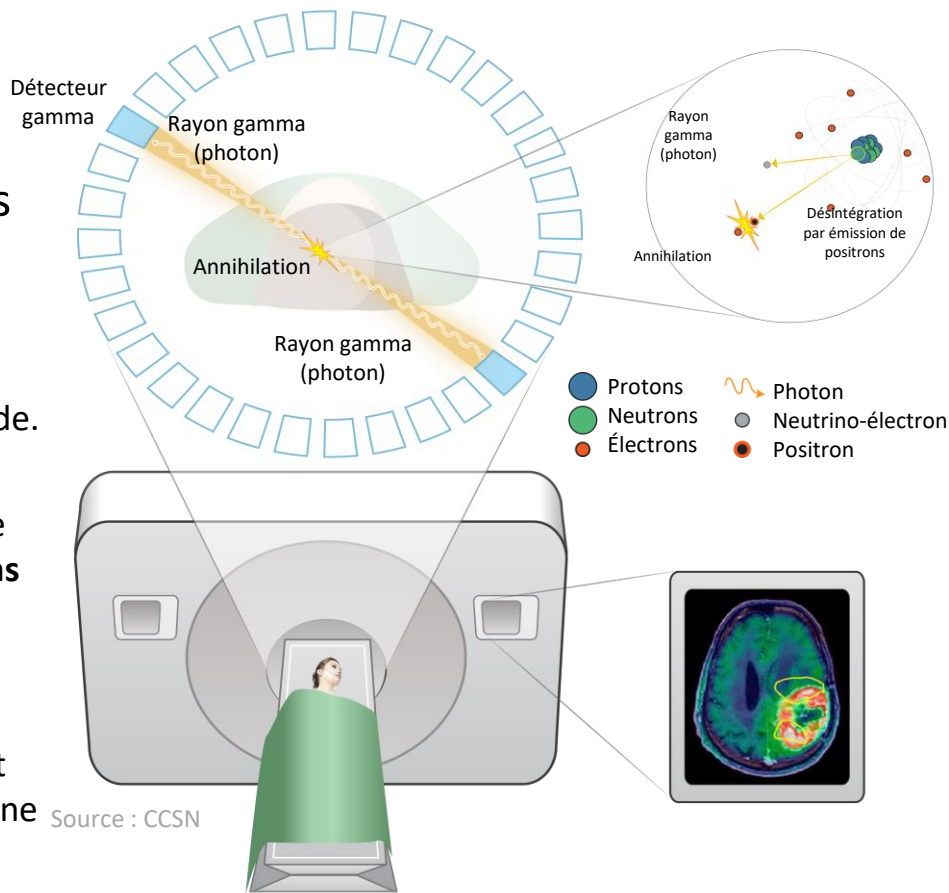
Source : CCSN



Imagerie diagnostique À quoi sert-elle?

Tomographie par émission de positrons (TEP)

- On utilise souvent la TEP pour diagnostiquer le cancer, les troubles du système nerveux et les maladies cardiovasculaires, puis en évaluer le stade.
- En TEP, les traceurs **émettent des positrons** qui s'annihilent avec les électrons sur une distance de quelques millimètres, ce qui produit **deux photons gamma identiques** qui sont émis dans des directions opposées et qui sont détectés par les caméras de détection du système TEP.
- La TEP offre plus d'information sur l'emplacement d'un événement produisant un rayonnement et une **plus grande résolution spatiale** que la TEMP.

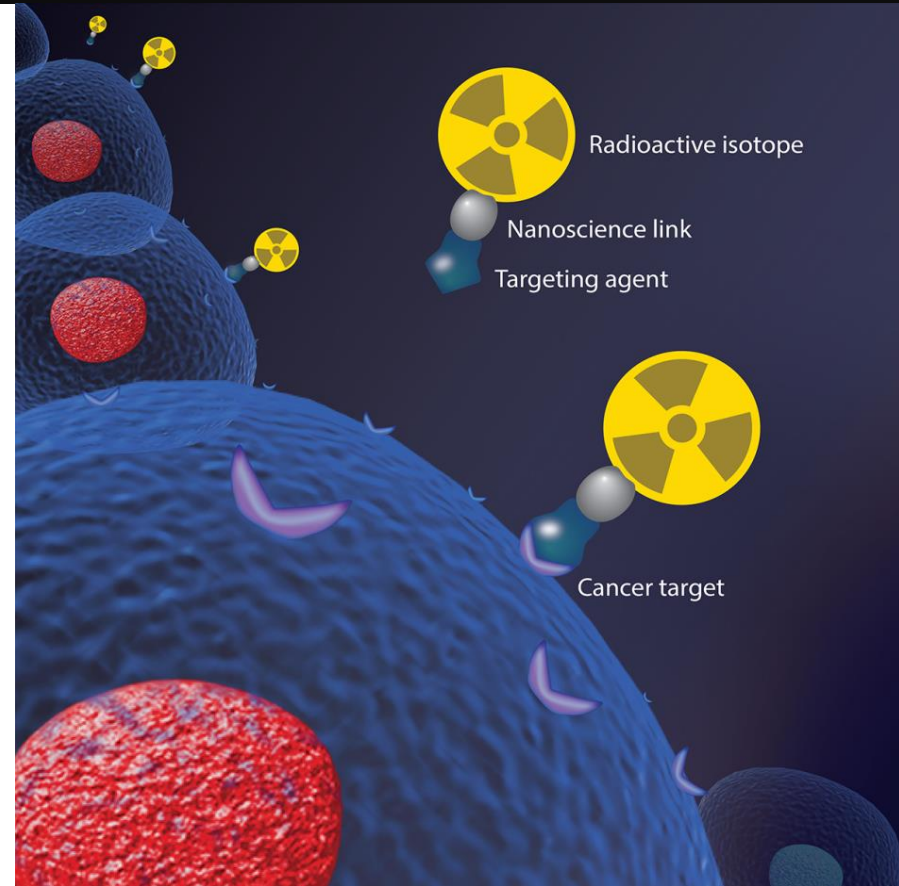




Traitement thérapeutique À quoi sert-il?

- Traitement de diverses formes de cancer et d'autres maladies (p. ex., maladie de Graves et arthrite)
- Soins palliatifs (p. ex., gestion de la douleur dans le cas des métastases osseuses)

Source : CCSN





Radionucléides utilisés à des fins diagnostiques et thérapeutiques

Divers radioisotopes émettant les rayonnements gamma, bêta et alpha sont utilisés en médecine nucléaire

Exemples d'isotopes utilisés en médecine nucléaire classique :

— ^{99m}Tc , ^{123}I , ^{67}Ga , ^{111}In , ^{201}Tl , ^{14}C

- Exemples d'isotopes utilisés en TEP

— ^{18}F , ^{82}Rb , ^{68}Ga , ^{13}N , ^{15}O , ^{11}C

- Exemples d'isotopes utilisés en thérapie

— ^{131}I , ^{177}Lu , ^{90}Y , ^{89}Sr , ^{223}Ra , ^{32}P



Médecine nucléaire (applications humaines et vétérinaires)

Résumé

Risques :

- Contamination
- Exposition non prévue

Méthode de protection :

- Port d'un équipement de protection individuelle et procédures de radioprotection
- Surveillance du rayonnement et contrôles de la contamination

Nombre de permis :

- Médecine nucléaire diagnostique : 207
- Médecine nucléaire thérapeutique : 122
- Recherche sur des sujets humains : 23
- Médecine nucléaire vétérinaire : 17



Source : CCSN



Radiothérapie : Accélérateurs linéaires À quoi sert-elle?



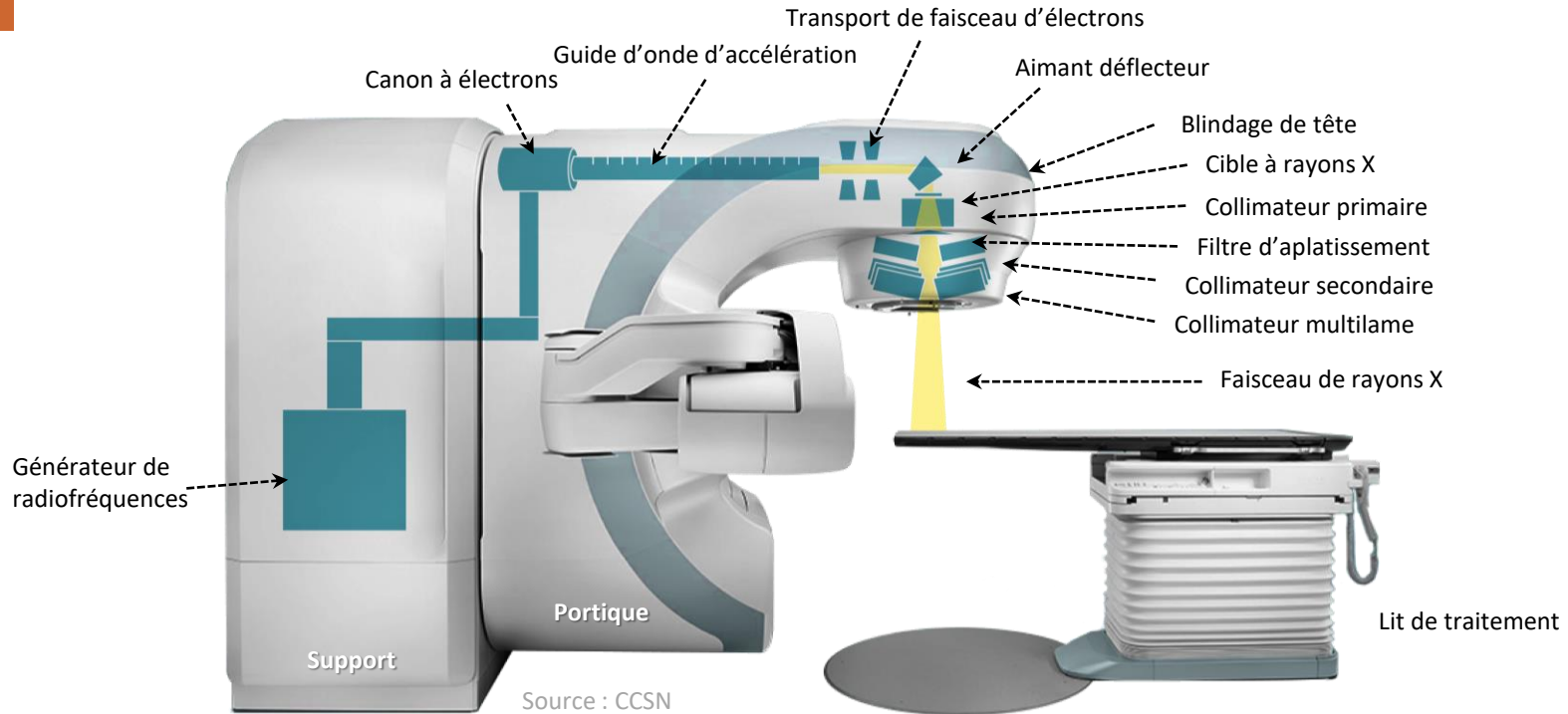
Les accélérateurs linéaires médicaux ciblent et irradient les cellules tumorales chez les patients cancéreux

Accélérateur linéaire médical Clinac iX de Varian.
Source : Avec l'autorisation de Varian Medical Systems.



Radiothérapie : Accélérateurs linéaires

Fonctionnement





Radiothérapie : Accélérateurs linéaires

Fonctionnement





Radiothérapie : Accélérateurs linéaires

Résumé

Rayonnement :

- Aucune source radioactive n'est utilisée, mais l'accélérateur crée des rayons X ou un faisceau d'électrons

Risques :

- Exposition non prévue
- Légère activation des composants

Méthode de protection :

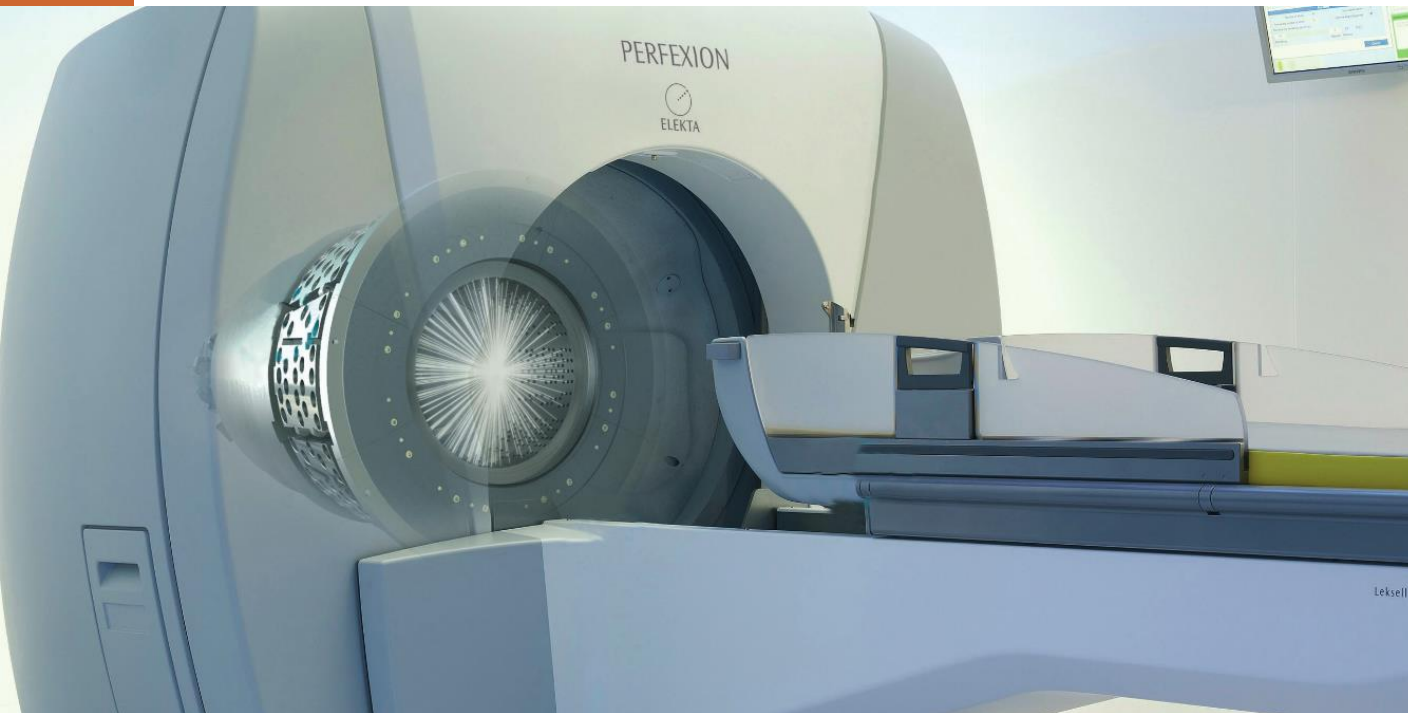
- Blindage
- Contrôle d'accès/interverrouillage

Nombre d'unités :

- 264 accélérateurs linéaires médicaux sont utilisés au Canada



Radiothérapie : Radiochirurgie stéréotaxique À quoi sert-elle?



La radiochirurgie stéréotaxique sert à traiter les tumeurs cérébrales, les lésions et autres affections neurologiques.

Machine Perfexion Gamma Knife de Leksell

Source : Avec l'autorisation d'Elekta

Secteur médical (applications humaines et vétérinaires) : Risque moyen



Radiothérapie : Radiochirurgie stéréotaxique (scalpel gamma)

Fonctionnement



Radiothérapie : Radiochirurgie stéréotaxique

Résumé

Radioisotope :

- ^{60}Co (environ 200 sources scellées)

Risque :

- Exposition non prévue

Méthode de protection :

- Blindage
- Contrôle d'accès/interverrouillage

Nombre d'unités : 6



Radiothérapie : Curiethérapie À quoi sert-elle?



La curiethérapie est couramment utilisée comme traitement efficace contre le cancer du col de l'utérus, de la prostate, du sein et de la peau.

En curiethérapie, on emploie des grains radioactifs pour administrer une dose localisée aux tissus malades ou affectés.

On peut classer cette technique comme suit :

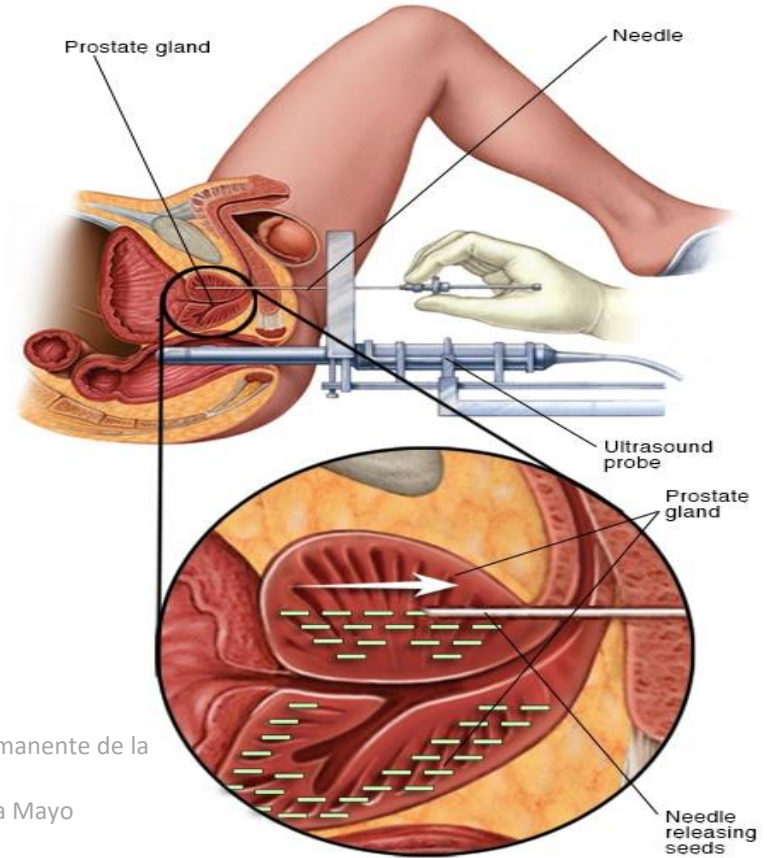
- Technique manuelle
- Positionnement à distance



Radiothérapie : Curiethérapie Fonctionnement

Curiethérapie manuelle

- Source implantée chirurgicalement en contact direct avec la tumeur; cette technique est couramment utilisée pour traiter le cancer de la prostate et du sein
- Exemples d'isotopes utilisés : ^{103}Pd (sein), ^{125}I (prostate)



Procédure de curiethérapie permanente de la prostate
Source : Avec l'autorisation de la Mayo Foundation

© MAYO FOUNDATION FOR MEDICAL EDUCATION AND RESEARCH. ALL RIGHTS RESERVED.



Radiothérapie : Curiethérapie à dose élevée avec positionnement à distance

Fonctionnement





Radiothérapie : Curiethérapie

Résumé

Risques

- Exposition non prévue
- Perte de contrôle des grains radioactifs
- Coincement de la source

Méthode de protection

- Blindage
- Contrôle d'accès/interverrouillage
- Contrôle de l'inventaire

Nombre d'unités

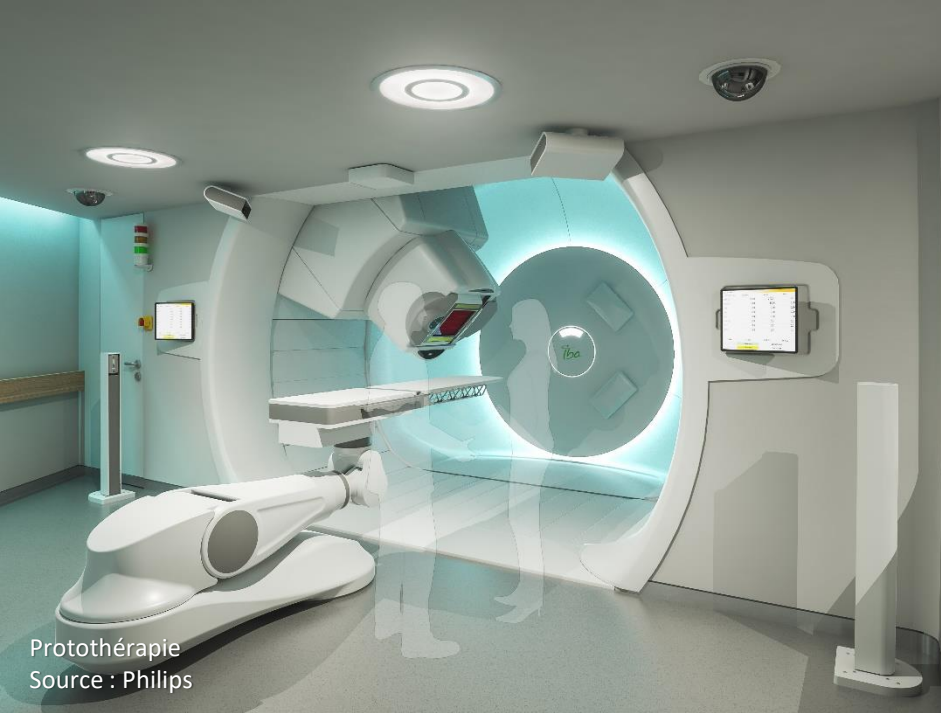
- 49 unités de positionnement à distance



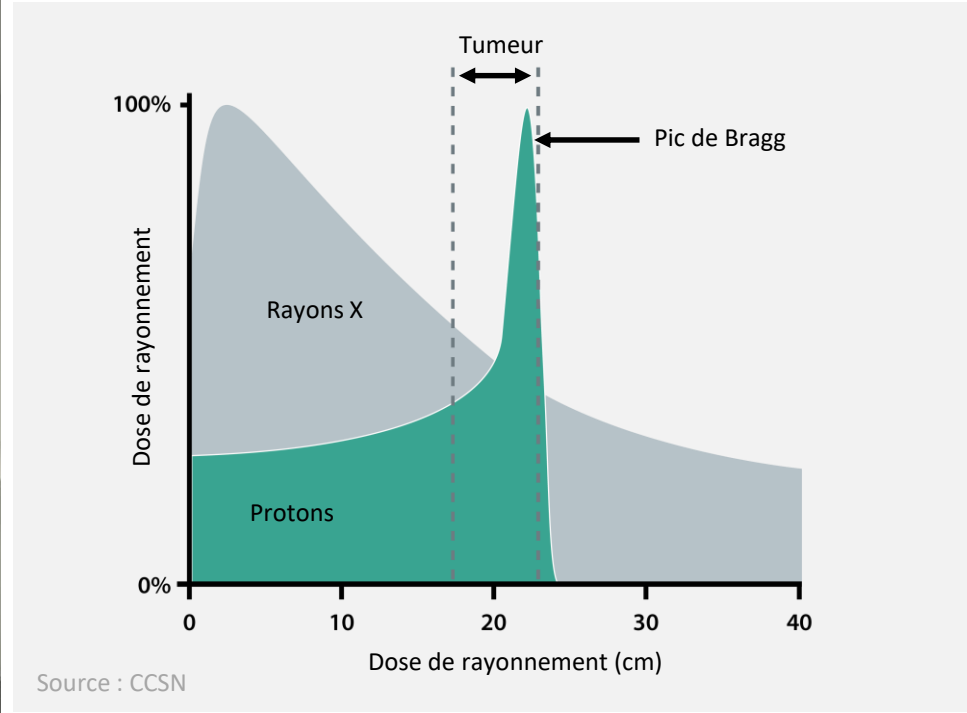
Exemples d'unités de positionnement.
Photo de gauche avec l'autorisation de Nucletron; photo de droite avec l'autorisation de Varian Medical Systems



Applications intéressantes et novatrices Protothérapie



Protothérapie
Source : Philips





Applications intéressantes et novatrices

Résonance magnétique : Accélérateur linéaire (RM-Linac)

Faisceau de rayonnement

Comme l'appareil RM-Linac permet d'obtenir une imagerie en temps réel, les médecins peuvent diriger le faisceau de rayonnement vers les tumeurs avec une précision sans précédent, même lorsque la tumeur bouge ou change lorsqu'elle est endommagée par le rayonnement.

Lit de traitement

Tout comme avec les machines d'IRM standards, les patients analysés par RM-Linac sont allongés sur un lit qui pénètre dans la chambre d'imagerie/traitement.

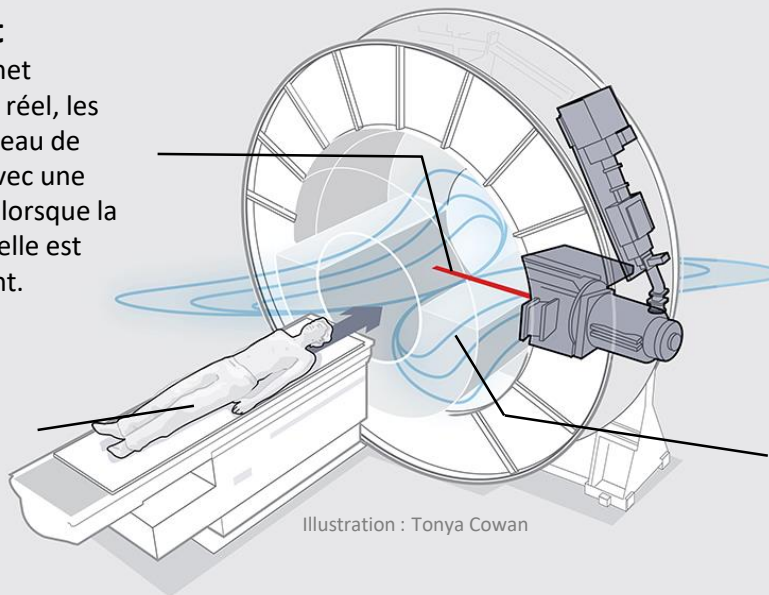


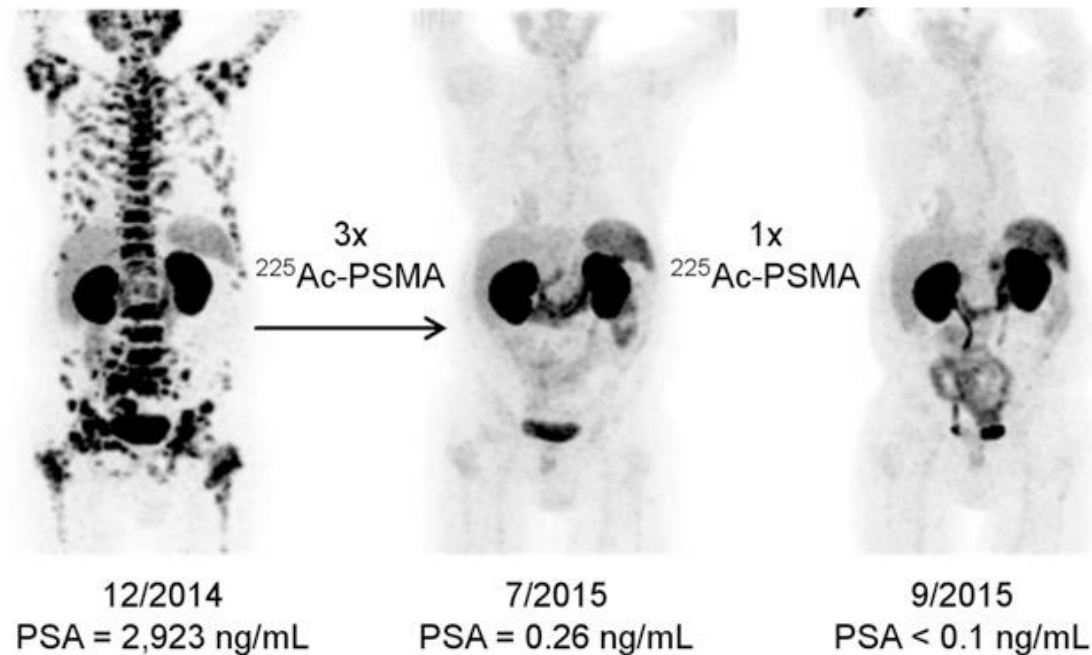
Illustration : Tonya Cowan

Champ magnétique

Les développeurs de l'appareil RM-Linac ont surmonté un obstacle technique majeur en créant une machine capable de visualiser simultanément les tumeurs par résonance magnétique à haute résolution et de les traiter par rayonnement.



Applications intéressantes et novatrices Radiothérapie alpha ciblée (RAC)



Ce type de thérapie utilise des biomolécules qui permettent d'acheminer les particules alpha vers les sites cibles spécifiques.

Les particules alpha sont cytotoxiques et déposent des doses élevées de rayonnement par distance unitaire.

Ce type de thérapie est prometteur, car il endommage moins les tissus sains à proximité.

Thérapies avec particules alpha

Source : Kratochwil et al. *J Nucl Med* 2016

* Images TEP acquises avec l'antigène membranaire prostatique spécifique (AMPS) et du ^{68}Ga



SECTEUR INDUSTRIEL



Aperçu

- Irradiateur de type piscine
- Accélérateur mobile
- Radiographie industrielle
- Diagraphie des puits de pétrole
- Jauges portatives
- Jauges fixes
- Applications intéressantes et novatrices



Irradiateur de type piscine À quoi sert-il?



Sources de cobalt 60 dans un irradiateur industriel placé dans une piscine de stockage de combustible usé

Source : Nordion

Utilisé pour irradier divers produits, notamment :

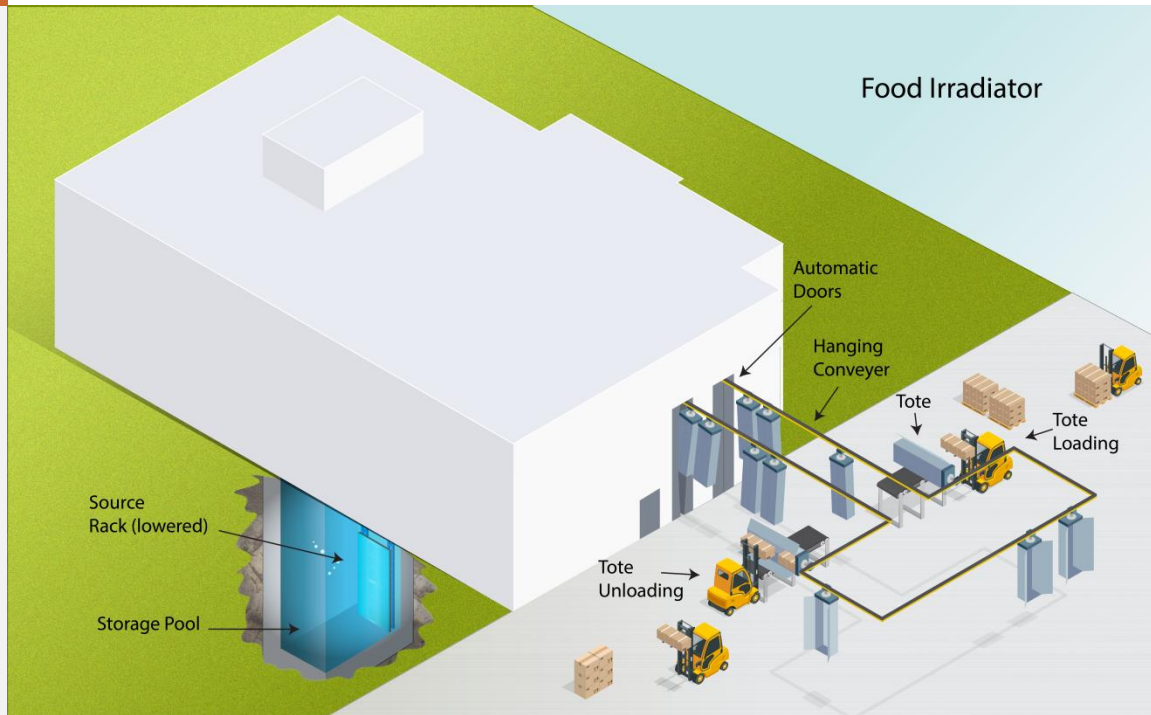
- Fournitures médicales
- Friandises pour chiens
- Marijuana à usage médical
- Farine
- Épices
- Pommes de terre*
- Bœuf haché*
- Oignons*

Deux installations de ce type sont exploitées au Canada

* Santé Canada a approuvé l'irradiation de ces denrées, mais elles ne sont actuellement pas irradiées.



Irradiateur de type piscine Fonctionnement



Radioisotope : ^{60}Co

Source : CCSN



Irradiateur de type piscine

Résumé

Risques :

- Doses élevées de rayonnement gamma dans la cellule d'irradiation
- Vol ou sabotage des sources scellées de ^{60}Co

Méthode de protection :

- Blindage
- Systèmes de sécurité redondants installés afin d'empêcher la présence du personnel dans la cellule pendant l'irradiation
- Contrôles d'accès de sécurité, système de détection d'intrusion et barrières physiques



Accélérateur mobile À quoi sert-il?



Accélérateur mobile utilisé par l'Agence des services frontaliers du Canada

Source : CCSN

Utilisé à la frontière canadienne pour trouver des matières illicites dissimulées dans les véhicules et les marchandises transportées.



Radiographie montrant la présence d'une arme dissimulée.

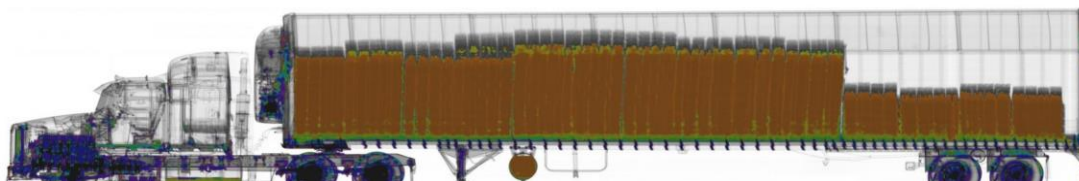
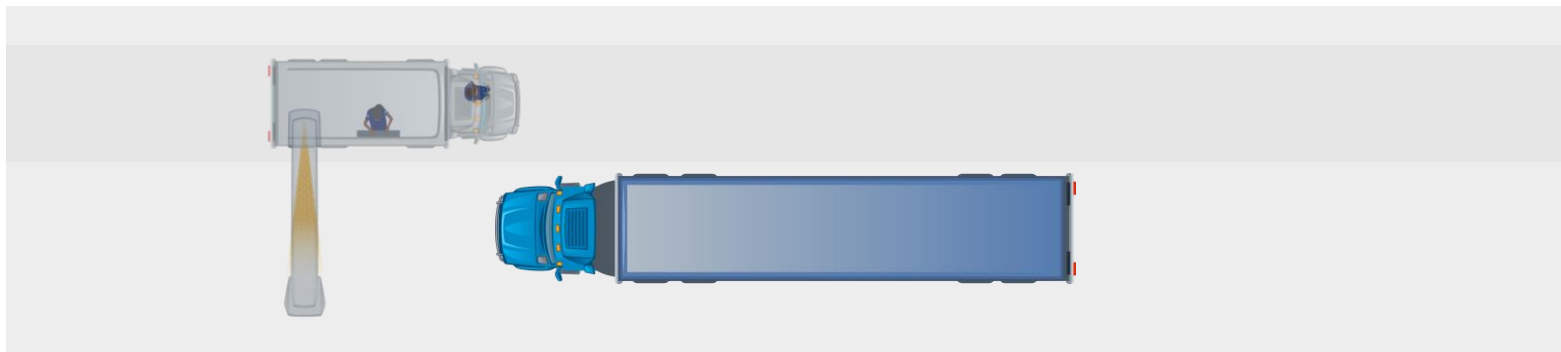
Source : Varian, Produits industriels et de sécurité



Accélérateur mobile Fonctionnement

Configuration d'une barrière pendant son fonctionnement

Source : CCSN



Radiographie d'un camion de transport

Source : Varian, Produits industriels et de sécurité, 2018



Accélérateur mobile Résumé

Rayonnement :

- Faisceau de photons

Risque :

- Exposition non prévue du personnel à proximité

Méthode de protection :

- Barrières
- Systèmes de sécurité





Radiographie industrielle À quoi sert-elle?



Méthode non destructive permettant d'examiner les structures des pièces moulées, des soudures et d'autres structures de bâtiment pour détecter les défauts internes ou les inclusions. Cette méthode d'essai utilise le rayonnement produit par des sources scellées nucléaires pour produire des images.

- Dispositifs d'exposition à câble
- Chenilles de pipeline

Haut : dispositif d'exposition à câble. Bas : chenille de pipeline
Source : Welding and NDT Institute

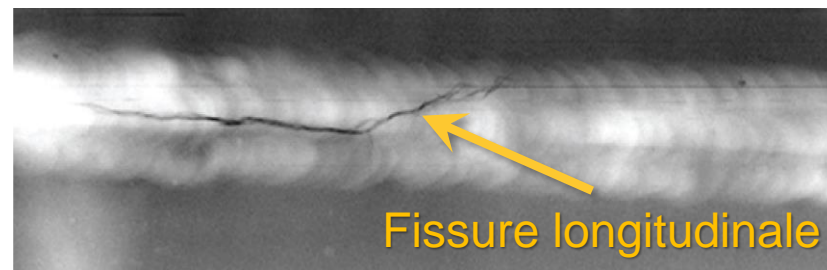
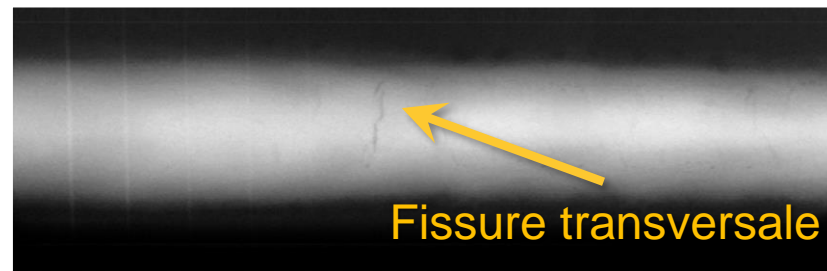


Radiographie industrielle Fonctionnement

Le rayonnement produit sur une pellicule radiographique des images radiographiques qui sont interprétées et évaluées selon les spécifications ou les codes.

Radioisotopes :

^{60}Co , ^{192}Ir et ^{75}Se



Radiographie d'une fissure dans une soudure.
Source : Shutterstock



Radiographie industrielle

Résumé

Risques :

- Exposition non prévue

Méthode de protection :

- Blindage
- Barrières
- Contrôles radiographiques

Nombre de permis : 118

Nombre d'emplacements : 239

Nombre d'appareils par emplacement : entre 1 et 48

Travailleur préparant une prise de radiographie sur un tuyau.

Source : CCSN





Diagraphie des puits de pétrole À quoi sert-elle?



La diagraphie permet d'obtenir un enregistrement des paramètres d'un puits d'exploration dans un champ pétrolier à diverses profondeurs.

Travailleur sur un site de diagraphie de puits manipulant l'outil de diagraphie.

Source : Shutterstock



Diagraphie des puits de pétrole Fonctionnement

Un appareil de diagraphie radioactif, composé d'une source scellée et d'un détecteur, est abaissé dans un trou de forage.

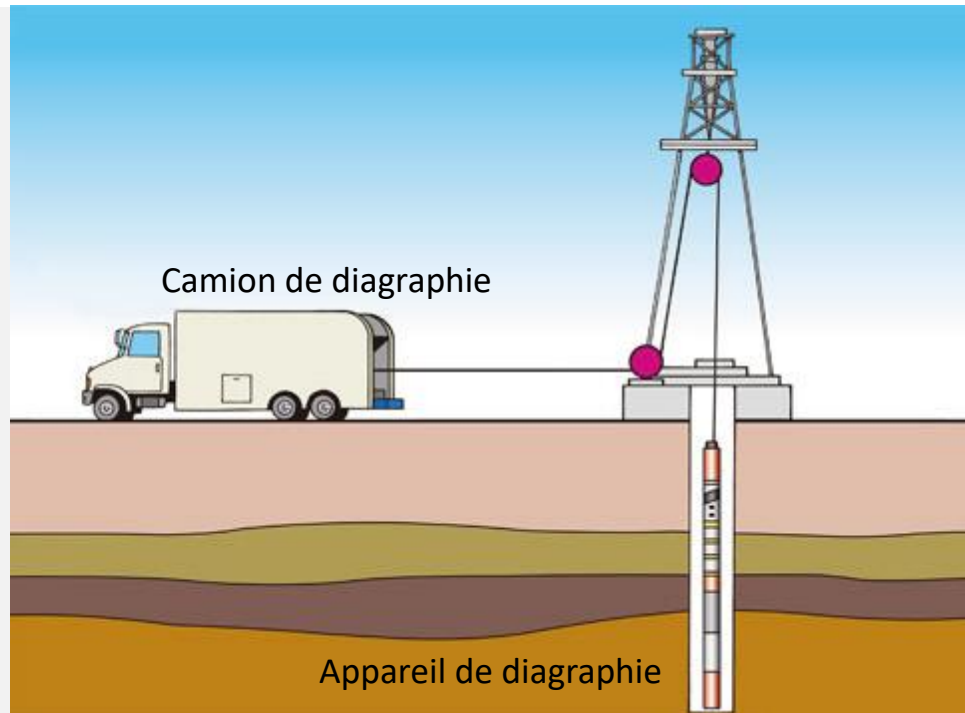
Les données obtenues sont transmises par un câble électrique à un système informatique.

- Diagraphie neutronique de porosité
- Diagraphie de masse volumique

Radioisotopes :

^{137}Cs , ^{252}Cf et $^{241}\text{Am/Be}$

Configuration de base pour diagraphie par câble
Source : Saltworks Consulting





Diagraphie des puits de pétrole

Résumé

Risques :

- Exposition non prévue
- Contamination de l'environnement si une source est endommagée sous terre

Méthode de protection :

- Techniques de manutention sécuritaires
- Confinement de la source scellée à l'intérieur de l'appareil de diagraphie

Nombre de permis : 36



Jauges portatives

À quoi servent-elles?



Jauges portatives
Source : Inconnue

Les jauges nucléaires portatives sont utilisées comme outil de contrôle de la qualité et de mesure sur divers chantiers de construction.

Radioisotopes : Une jauge typique d'humidité/masse volumique contient du ^{137}Cs ou du $^{241}\text{Am/Be}$.



Jauges portatives Fonctionnement

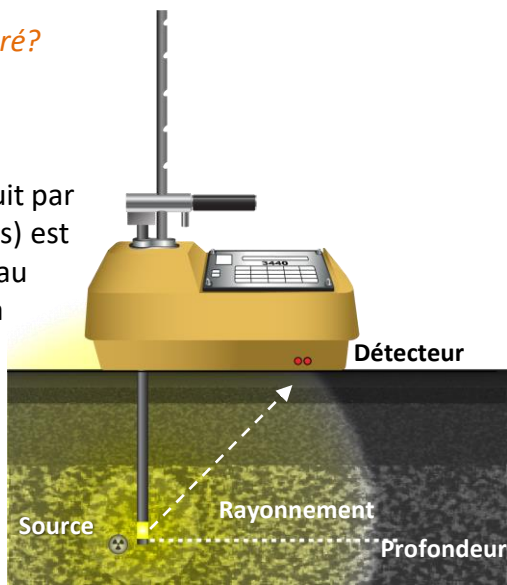
Méthode par transmission directe

Qu'est-ce qui est mesuré?

Compaction (masse volumique du sol)

Fonctionnement :

Le rayonnement produit par la source gamma (^{137}Cs) est transmis directement au détecteur situé sous la jauge.



Source : CCSN

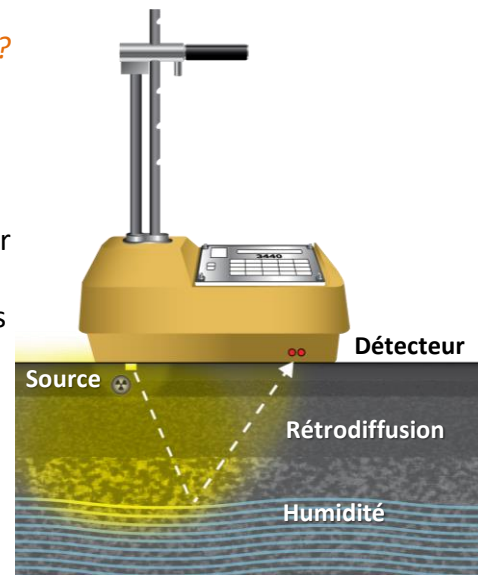
Rétrodiffusion

Qu'est-ce qui est mesuré?

Teneur en humidité ou masse volumique d'un matériau

Fonctionnement :

Le rayonnement émis par la source de neutrons ($^{241}\text{Am}/\text{Be}$) est émis dans le sol, puis rétrodiffusé vers le détecteur.



Source : CCSN



Jauges portatives

Résumé

Risques :

- Exposition non prévue
- Perte ou vol de l'appareil

Méthode de protection :

- Techniques de manutention sécuritaires
- Blindage
- Contrôles radiologiques

Nombre d'emplacements : 885

Nombre d'appareils par emplacement : entre 1 et 37

Nombre d'appareils au Canada : 4 280



Utilisation sécuritaire des jauges portatives



Canada's Nuclear Regulator

**Stay safe working with
portable nuclear gauges**



Jauges fixes

À quoi servent-elles?



Les jauges nucléaires fixes sont le plus souvent utilisées dans les mines, les usines et les installations de production pour le contrôle de la qualité et la surveillance des procédés de production.

Radioisotopes : Selon l'application, les substances nucléaires les plus couramment utilisées comprennent : ^{241}Am , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{85}Kr et ^{90}Sr

Figure : Utilisation d'une jauge fixe pour des mesures radiométriques
Source : Endress + Hauser



Jauges fixes Fonctionnement

Exemple 1

Système de mesure du flux ou de la masse volumique

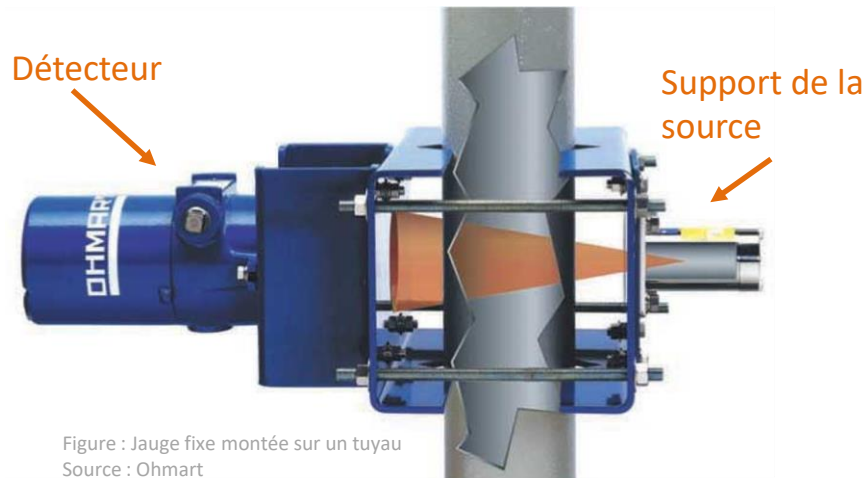
Le support de la source gamma émet de l'énergie au travers des parois du tuyau, et l'énergie atteint le détecteur monté sur le côté opposé.

Les rayons gamma qui atteignent le détecteur sont convertis en un signal proportionnel.

Les jauges servant à la mesure de la masse volumique et du flux sont souvent utilisées dans les industries pétrolière et alimentaire.

Sources gamma : ^{60}Co , ^{137}Cs ou ^{241}Am

Jauge fixe montée sur un tuyau





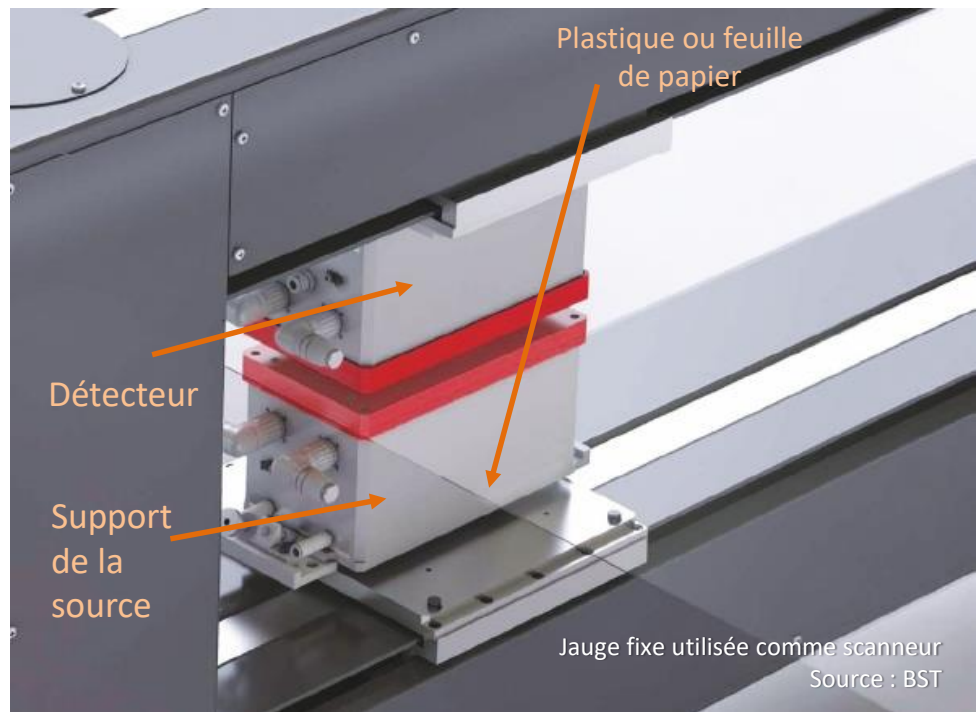
Jauges fixes Fonctionnement

Exemple 2 Contrôle de l'épaisseur

Le détecteur analyse la quantité de rayonnement bêta ou gamma qui atteint le détecteur. On utilise souvent ce type de jauge pour le contrôle de la qualité dans les industries du plastique, des pâtes et papiers, et d'autres industries manufacturières.

Sources bêta : ^{147}Pm , ^{85}Kr ou ^{90}Sr

Sources gamma : ^{241}Am





Jauges fixes Résumé

Risques :

- Exposition non prévue

Méthode de protection :

- Techniques de manutention sécuritaires
- Blindage
- Contrôles radiographiques

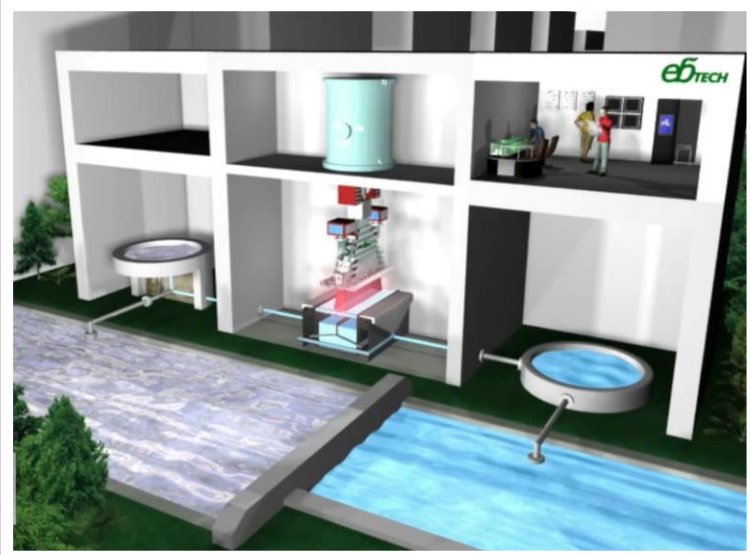
Nombre d'emplacements : 713

Nombre d'appareils par emplacement : entre 1 et 303

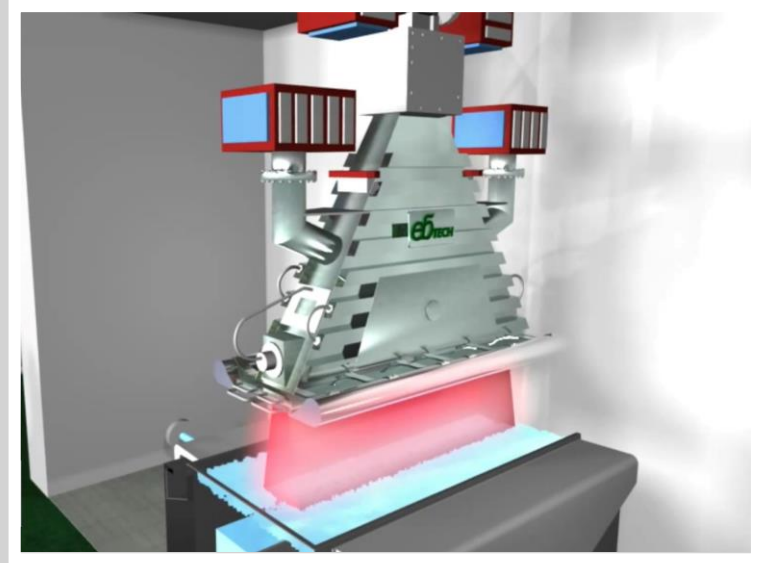
Nombre d'appareils : 7 300



Applications intéressantes et novatrices Accélérateurs de faisceau d'électrons



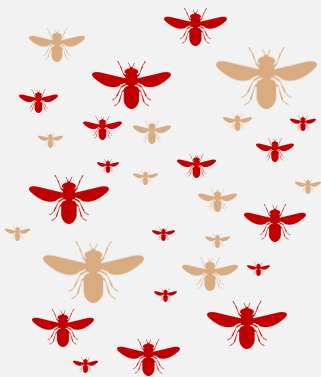
Concept : Traitement des eaux usées à l'aide d'un faisceau d'électrons en vue de leur réutilisation. Source : Texas A&M





Applications intéressantes et novatrices

Technique de stérilisation des insectes (TSI)



L'élevage de masse des insectes a lieu dans des installations spéciales.

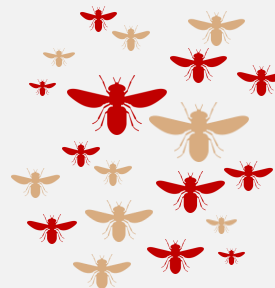
Source : CCSN



Les insectes mâles et femelles sont séparés. Le rayonnement ionisant est utilisé pour stériliser les insectes mâles.



Les insectes mâles sont lâchés au-dessus des villes...



... où ils rivalisent avec les mâles sauvages pour s'accoupler avec les femelles.



Ces femelles pondent des œufs stériles et ne donnent pas de descendance, ce qui réduit la population d'insectes.



Applications intéressantes et novatrices Stérilisation des cadres de ruches



Les accélérateurs linéaires (linacs) sont utilisés pour éliminer les pesticides, les fongicides et les parasites sur les ruches et le matériel apicole.

Source : Shutterstock



SECTEUR UNIVERSITAIRE ET DE LA RECHERCHE



Aperçu

- Secteur universitaire et de la recherche
- Applications intéressantes et novatrices



Secteur universitaire et de la recherche



Dans ce secteur, on utilise les substances nucléaires, les appareils à rayonnement et l'équipement réglementé comme outil pour les études en laboratoire, la recherche, l'enseignement et l'étalonnage.

- Sources non scellées pour le marquage de l'ADN ou des plantes
- Sources scellées utilisées dans les irradiateurs autobloqués
- Accélérateurs et équipement réglementé de catégorie II pour la recherche en physique et en médecine

Photo : Substance nucléaire non scellée utilisée dans un laboratoire de recherche. Source : CCSN

Encart : Irradiateur autobloqué. Source : Université de Toronto



Secteur universitaire et de la recherche

Résumé

Radioisotopes :

- Exemples de sources non scellées : ^{14}C , ^{57}Co , ^3H , ^{125}I , ^{32}P , ^{35}S
- Exemples de sources scellées : ^{57}Co , ^{133}Ba , ^{137}Cs

Risques :

- Exposition non prévue
- Contamination

Méthode de protection :

- Protocoles de radioprotection
- Équipement de protection individuelle

Nombre de permis : 194



Applications intéressantes et novatrices

Radiographie neutronique

Lumière visible



Rayon X



Radiographie neutronique



Comparaison d'une radiographie neutronique, d'une radiographie avec rayon X et d'une image en lumière Visible
Source : Paul Scherrer Institut



Applications intéressantes et novatrices Techniques isotopiques



Bétail
Source : Comstock

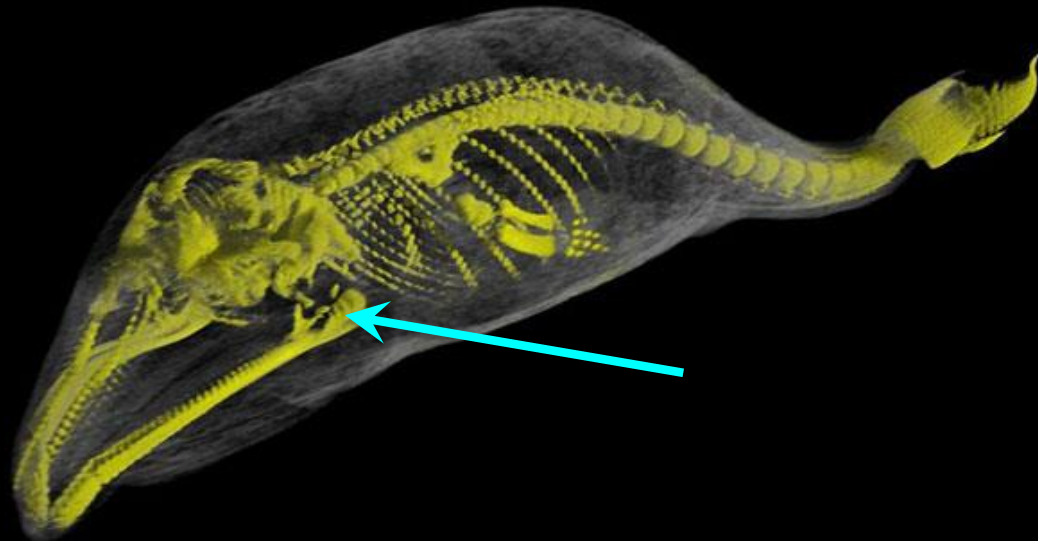


Plantes irradiées par irrigation au goutte-à-goutte au laboratoire de l'AIEA
Source : AIEA



Applications intéressantes et novatrices

Applications novatrices des accélérateurs linéaires



Accélérateur linéaire utilisé en tomodensitométrie à haute énergie pour scruter un petit rorqual
Source : FP Innovations



SECTEUR COMMERCIAL



Aperçu : Secteur commercial

- Cyclotron
- Traitement des substances nucléaires
- Calibration et étalonnage
- Autres applications



Cyclotron

À quoi sert-il?

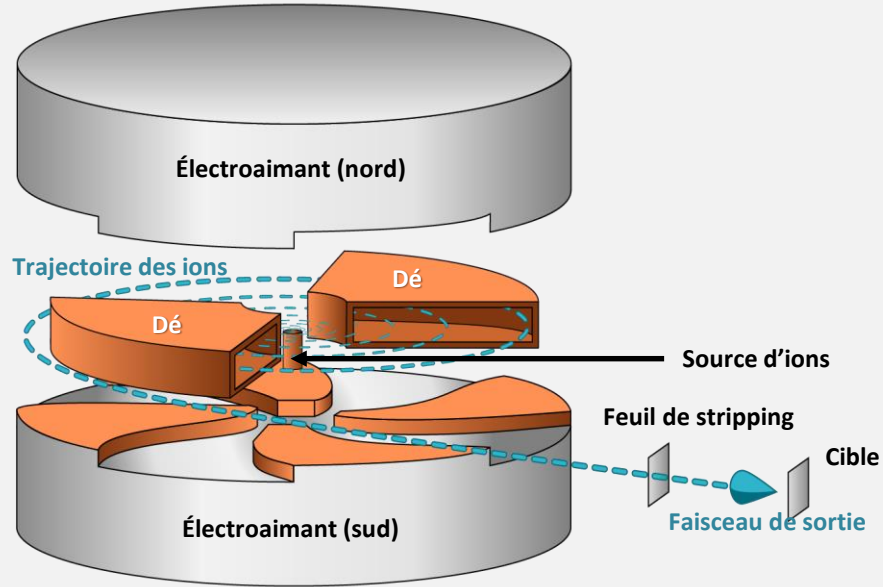


Cyclotron IBA - 18 MeV
Source : IBA, Cyclone 18, 2018

Il permet de produire des radioisotopes utilisés dans les protocoles TEP et TEMP et les produits radiopharmaceutiques. Recherche visant la production de nouveaux radioisotopes. 25 cyclotrons sont exploités au Canada.



Cyclotron Fonctionnement



Source : CCSN



Cyclotron

Fonctionnement





Cyclotron Résumé

Risques :

- Exposition aux rayonnements gamma et neutronique
- Contamination par les cibles radioactives et les matériaux composant le feuil de stripping
- Rejets de gaz radioactifs

Méthode de protection :

- Blindage et systèmes de sécurité
- Surveillance du rayonnement et contrôles de la contamination
- Contrôle et surveillance des rejets de gaz



Cyclotron ACSI TR-19
Source : CCSN



Traitement des substances nucléaires

À quoi sert-il?

Traitement des substances nucléaires en vue de leur utilisation

- P. ex., produits radiopharmaceutiques en médecine nucléaire

Fonctionnement :

Utilisation de divers équipements et méthodes de traitement

- P. ex., générateurs de $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$

Radioisotopes : Divers

Risques : Grandes quantités de sources non scellées, rejets dans l'environnement

Méthode de protection : Équipement de protection individuelle, contrôle de la contamination et contrôle des rejets dans l'environnement

Nombre d'emplacements : 29





Calibration et étalonnage

À quoi servent-ils?

- Utilisation de substances nucléaires, d'appareils à rayonnement ou d'irradiateurs de catégorie II pour déterminer la réponse des instruments de détection du rayonnement

Radioisotopes :

- Sources de contrôle (^{241}Am , ^{229}Pu , ^{125}I , ^{60}Co , etc.)
- Sources de calibration/d'étalonnage (^{137}Cs ou ^{60}Co) dans un irradiateur de calibration/d'étalonnage

Risque :

- Exposition non prévue

Méthode de protection :

- Systèmes de sécurité, surveillance du rayonnement, techniques de manutention sécuritaires, blindage

Nombre d'appareils à rayonnement : 46

Nombre d'irradiateurs de catégorie II : 9



Figure : Appareil d'exposition
Source : J.L. Shepherd & Associate



Irradiateur automatique
Source : Pacific-Tec Scientific Pte Ltd



Applications autorisées à faible risque

Fluorescence X



- ^{241}Am
- Permet de déterminer la composition des matériaux

Détection par capture d'électrons



- ^{63}Ni
- Détection des traces d'explosifs et de narcotiques
- Analyse de laboratoire



Dispositifs ne nécessitant pas de permis et servant à :

Posséder, transférer, utiliser ou abandonner :
Panneaux de sécurité au tritium

Panneau de sécurité au tritium
Source : fierceceo.com



Posséder, transférer, utiliser ou abandonner :
Les détecteurs de fumée au ^{241}Am sont exemptés
Où : Emplacements privés, commerciaux

Détecteur de fumée
Source : Ocean Lighting



Posséder, transférer, utiliser ou abandonner :

Certaines sources de contrôle sont exemptées

Où : Calibration/étalonnage, médecine nucléaire, universités

Sources de contrôle
Source : Alara Consultants



Posséder, transférer, utiliser ou abandonner :

Dispositifs avec composés luminescents contenant du radium (^{226}Ra)

Où : Appareils d'aéronef, montres

Dispositifs avec composé luminescent contenant du radium
Source : reaa.ru



MOT DE LA FIN



Conclusion

- Au Canada, le rayonnement est utilisé dans une foule de technologies et d'applications, dans de nombreux secteurs.
- L'évolution des technologies posera des défis à l'avenir.
- Par ses activités de surveillance réglementaire et son approche axée sur la connaissance du risque, la CCSN s'assure que tous les Canadiens bénéficient de l'utilisation de ces technologies et peuvent contrôler et atténuer efficacement les risques.

Utilisation sûre et continue du rayonnement au Canada

Restez branchés



suretenucleairecanada.gc.ca



Canadian Nuclear
Safety Commission

Commission canadienne
de sûreté nucléaire

Canada 