



RadioProtection Cirkus

Panorama des sources radioactives qui nous entourent

Nom de l'auteur : Marc AMMERICH

N° chrono : DOC-VL-5-2

Version du : 15 juin 2021

Le portail de la RP pratique et opérationnelle
www.rpcirkus.org - www.forum-rpcirkus.com

PANORAMA DES SOURCES RADIOACTIVES

REMERCIEMENTS

Beaucoup de contributeurs ont permis de réaliser ce diaporama. Citons :

Le docteur Claude PAYEN

L'ASN, L'IRSN, le CEA, la SFRP, la SFEN Essonne

Les auteurs des livres et articles sur le radium et Pierre et Marie CURIE (Jean-Luc PASQUIER notamment)

Bernard AUBERT



PANORAMA DES SOURCES RADIOACTIVES

SOMMAIRE

- Introduction
- La radioactivité naturelle
- Les autorisations de détention de sources de rayonnements
- Les sources médicales
- Les sources industrielles
- Les autres utilisations



PANORAMA DES SOURCES RADIOACTIVES

- **Introduction**
- La radioactivité naturelle
- Les autorisations de détention de sources de rayonnements
- Les sources médicales
- Les sources industrielles
- Les autres utilisations



PANORAMA DES SOURCES RADIOACTIVES

Origine des éléments radioactifs

Prenons le cas de cet élément radioactif naturel qu'est l'uranium.

L'uranium est un métal relativement répandu dans l'écorce terrestre. Comme la plupart des métaux il se trouve dans les roches, combiné à d'autres éléments chimiques.

Mais d'où vient-il ? Il provient de la mort d'une étoile, comme tous les autres éléments chimiques, même ceux qui NOUS composent.



PANORAMA DES SOURCES RADIOACTIVES

..Nous sommes tous de la poussière d'étoiles..



Le Soleil est un énorme réacteur à fusion thermonucléaire incontrôlée. La fusion s'accompagne d'un fort dégagement d'énergie. Les noyaux d'hydrogène se collent entre eux pour donner des noyaux d'hélium.



PANORAMA DES SOURCES RADIOACTIVES

L'étoile va évoluer de stade en stade en collant les atomes d'hélium puis de carbone, etc...

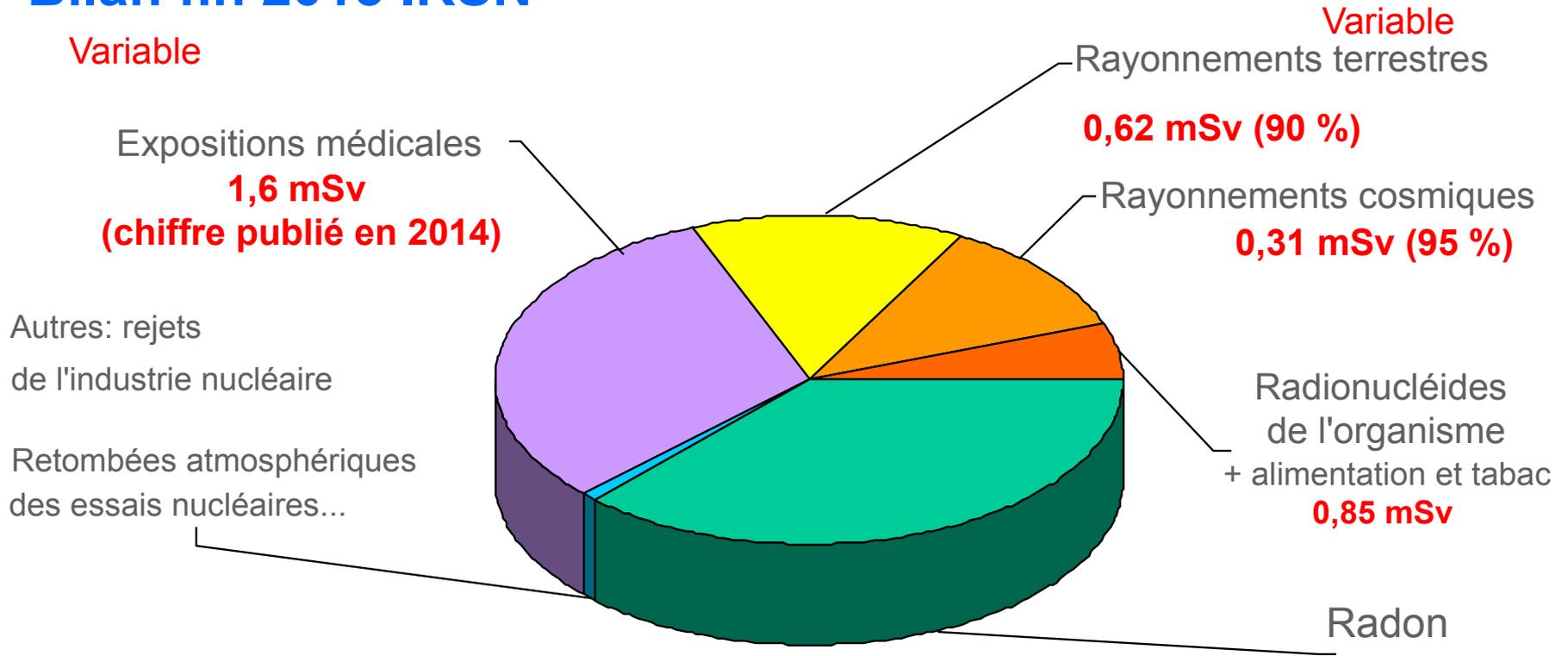
L'atome le plus stable de l'univers en matière de cohésion est celui du fer possédant 26 protons et 30 neutrons, le fer-56. La mort des étoiles provoque ensuite la dispersion de ces atomes légers.

Mais une autre possibilité est observable : une supernova. Les atomes de toutes dimensions se collent les uns aux autres et c'est ainsi qu'apparaissent les atomes lourds comme l'uranium.



LES SOURCES D'EXPOSITION

Bilan fin 2015 IRSN



EXPOSITION EN FRANCE : 2,5 à 4,5 mSv

soit 6 à 10 μ Sv/jour

70 % naturelle – 30 % médicale

Variable
0,54 à 3,15 mSv
Max : 20 mSv localement



LES SOURCES D'EXPOSITION



Bilan de l'exposition moyenne de la population française (p 22 du rapport)

8a. Bilan IRSN 2020 avec prise en compte du coefficient de dose radon réglementaire (arrêté du 1er sept. 2003).

8b. Bilan IRSN 2020 avec prise en compte du coefficient de dose radon CIPR137 (2017).

En conclusion : **la dose efficace moyenne par habitant reste globalement inchangée à 4,5 mSv par an. Cependant, dans l'hypothèse où seraient pris en compte les nouveaux coefficients de dose pour le radon proposés par la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) (cf. encadré) la dose efficace moyenne annuelle estimée par l'IRSN passerait de 4,5 mSv à 6,5 mSv par an.**



PANORAMA DES SOURCES RADIOACTIVES

- Introduction
- **La radioactivité naturelle**
- Les autorisations de détention de sources de rayonnements
- Les sources médicales
- Les sources industrielles
- Les autres utilisations



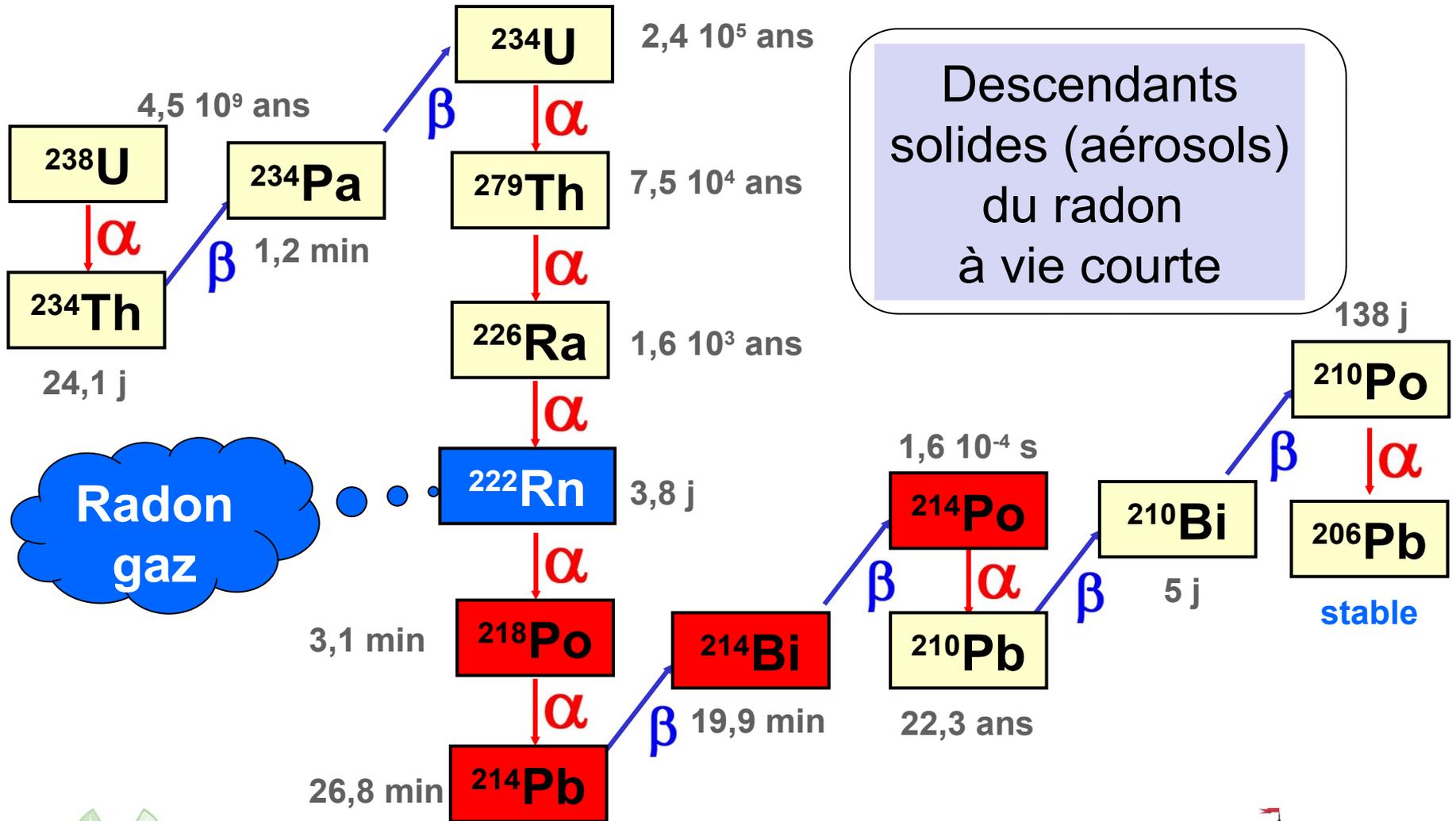
LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Exposition aux rayonnements venant du sol

La croûte terrestre contient des radionucléides dits «primordiaux», présents depuis la création de la Terre et de périodes radioactives suffisamment longues devant l'âge de celle-ci pour y subsister en quantité importante. Ces radionucléides sont l'uranium-235 (^{235}U), l'uranium-238 (^{238}U) et le thorium-232 (^{232}Th) qui, en se désintégrant, donnent naissance à autant de familles de radionucléides naturels.



LES SOURCES D'EXPOSITION



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Outre ces trois familles naturelles radioactives, existent d'autres radionucléides dont la désintégration conduit à des éléments stables : les plus importants d'entre eux sont le potassium-40 (^{40}K) et, dans une moindre mesure, le rubidium-87 (^{87}Rb).

L'ensemble de ces radionucléides sont, en se désintégrant, à l'origine d'une irradiation externe depuis le sol terrestre. Cette irradiation représente l'exposition aux rayonnements telluriques.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Elle se caractérise par :

- des débits de dose variables sur le territoire en fonction de la nature des sols et selon que l'on se trouve à l'intérieur ou à l'extérieur de bâtiments ;
- une dose efficace variant de **0,29 mSv/an à 2 mSv/an** en fonction des communes ;
- une dose efficace moyenne pour l'ensemble du territoire évaluée à **0,62 mSv/an**;

La radioactivité naturelle dans des régions sédimentaires comme le bassin parisien ou l'Aquitaine se situe avec un débit de dose (exprimé en sievert) aux alentours de 70 nSv/h soit 0,07 μ Sv/h.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

dans le monde

Plage de Guarapari au Brésil:



Le sable de la plage a tendance à concentrer les éléments lourds un peu à la façon des batées des prospecteurs d'or.

Le ballottement et le lavage naturels par les vagues retirent tout le limon et l'argile du sol. Ceci concentre les particules plus denses restantes dans le résidu sablonneux.

Puisque la plupart des matières radioactives naturelles ont un grand nombre de masse atomique, ils forment des composés très denses (et donc lourds).



La dose efficace moyenne annuelle reçue par les habitants de Guarapari est de l'ordre de 6,4 mSv/an, principalement due à l'exposition externe. Les mesures ponctuelles font apparaître une variation importante du débit de dose de 1 microGy/h jusqu'à 20 microGy/h en certains points des plages.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

dans le monde

Dans le nord de l'Iran, dans la région de Ramsar, 9 sources thermales sont fréquentées comme établissements de cure par le public. Ces sources induisent une exposition importante due au ^{226}Ra contenu dans l'eau et à l'inhalation du ^{222}Rn .



En particulier, dans le village de Talesh Mahalleh, la dose externe moyenne est estimée à 10 mGy/an, certains individus pouvant atteindre 132 mGy/an, et la concentration moyenne de radon dans les habitations est de 615 Bq/m³ (Sohrabi 1998).



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Exposition aux rayonnements venant du ciel

1901 : Découverte des rayons cosmiques

Découverte d'un rayonnement ionisant à la surface de la terre (décharge spontanée des électroscopes, malgré toutes les précautions prises pour les ranger)

- Air ionisé par un rayonnement intense ?
- Des particules chargées naturellement dans l'air ?
- Radioactivité naturelle des roches (Rutherford) ?



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

1909

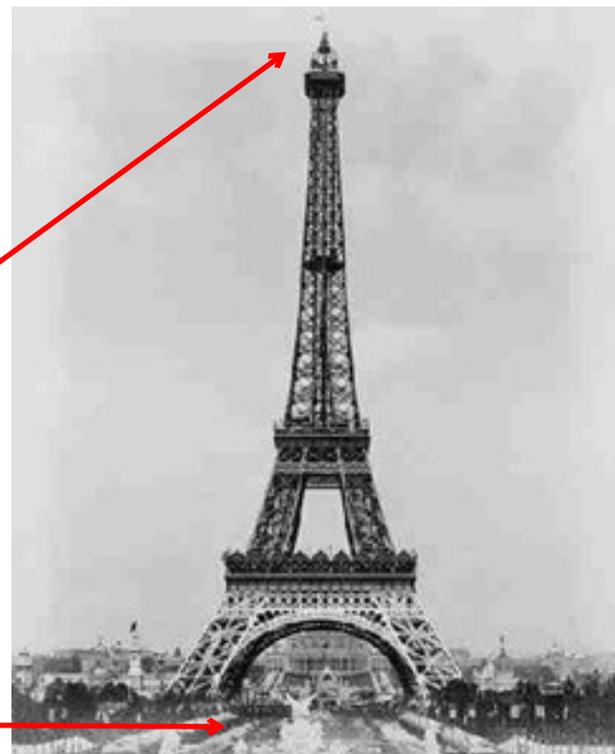
Mesure en haut de la tour Eiffel
(père Théodor Wulf)

En haut

prédiction : 0,4 ions / cm³/s

mesure : 6 ions / cm³/s

Au sol la mesure : 3,5 ions / cm³/s



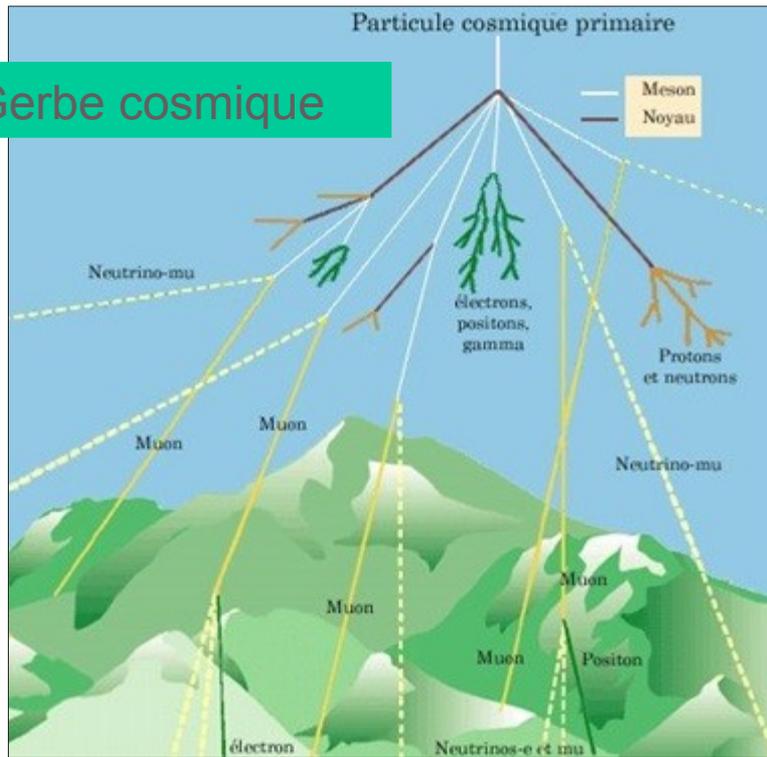
Il faudra attendre 1914 pour en avoir confirmation.

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Le rayonnement cosmique:

Des gerbes provoquées par les particules primaires (protons 83% - alpha 13% - électrons 3%...)

Gerbe cosmique



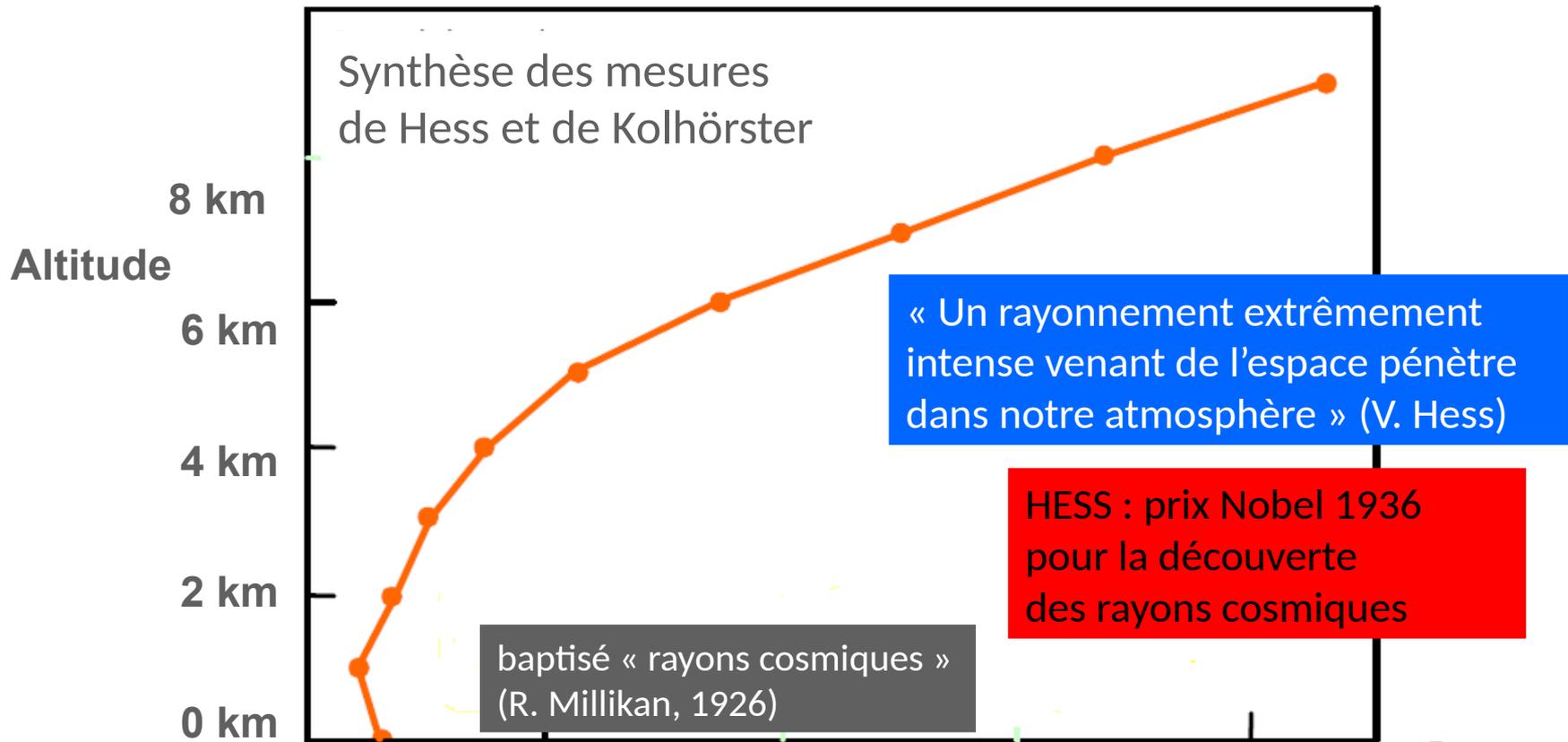
Aurore boréale



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

1914

Découverte des rayons cosmiques



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Variation des débits de dose dus aux rayonnements cosmiques :



Altitude (en mètres)	Débits de doses en $\mu\text{Sv/h}$		
	Equateur	30°	50°
0	0,35	0,4	0,5
2000	1	1,3	1,7
5000	4	6	8
10 000	14	23	45



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

L'exposition des personnels navigants

Tableau 29 - **Bilan 2016** des doses individuelles annuelles des personnels navigants de l'aviation civile (compagnies Air France, Regional, Air Calédonie International et Unijet)

Effectif suivi	Dose collective (homme.Sv)	Dose individuelle moyenne sur l'effectif total (mSv)	Dose individuelle moyenne sur l'effectif exposé (mSv)	Dose maximale (mSv)	Répartition des effectifs par classes de dose						
					< seuil	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	> 20 mSv
19875	40,7	2,0	2,0	5,2	0	3623	16248	4	0	0	0



Tableau 30 - **Bilan 2016** des doses individuelles annuelles des personnels navigants de l'aviation militaire

Effectif suivi	Dose collective (homme.Sv)	Dose individuelle moyenne sur l'effectif total (mSv)	Dose individuelle moyenne sur l'effectif exposé (mSv)	Dose maximale (mSv)	Répartition des effectifs par classes de dose						
					< seuil	du seuil à 1 mSv	de 1 à 5 mSv	de 5 à 10 mSv	de 10 à 15 mSv	de 15 à 20 mSv	> 20 mSv
440	0,1	0,3	0,4	1,6	109	326	5	0	0	0	0



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Variation des débits de dose dus aux rayonnements cosmiques :



Dans l'espace sur la station spatiale internationale, Thomas Pesquet recevait 1 mSv par jour au niveau de l'organisme entier.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Exposition aux rayonnements venant des aliments:

La radioactivité étant présente partout, il n'est pas étonnant d'en retrouver dans nos aliments.

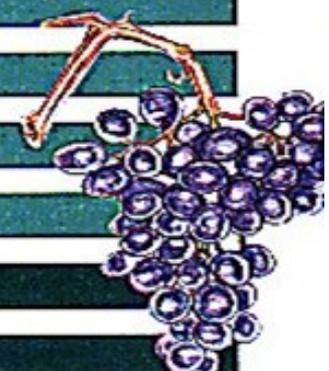
Vous allez avoir quelques chiffres qui sont évidemment variables selon la provenance des aliments,



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Radioactivité d'origine naturelle dans les aliments en (Bq / kg)

PRODUITS	RADIOACTIVITÉ
Blé	140 Bq/kg
Eau minérale	1 à 2 Bq/l
Fruits	40 à 90 Bq/kg
Huile de table	180 Bq/l
Lait	50 à 80 Bq/l
Légumes verts	100 Bq/kg
Poisson	75 à 100 Bq/kg
Pommes de terre	100 à 150 Bq/kg
Viande	90 Bq/kg
Vin	20 à 30 Bq/l
Eau de pluie	0,5 Bq/l
Eau de mer	10 Bq/l



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

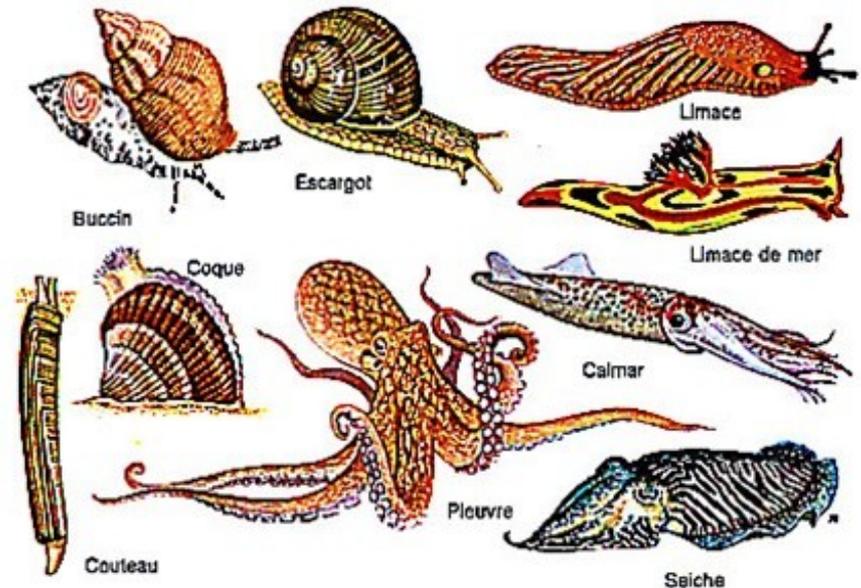
Radioactivité d'origine «naturelle» dans les produits de la mer

Sédiments: 40 à 1000 Bq / kg

Algues : 100 à 450 Bq / kg

Mollusques : 50 à 200 Bq / kg

Poissons : 20 à 400 Bq / kg



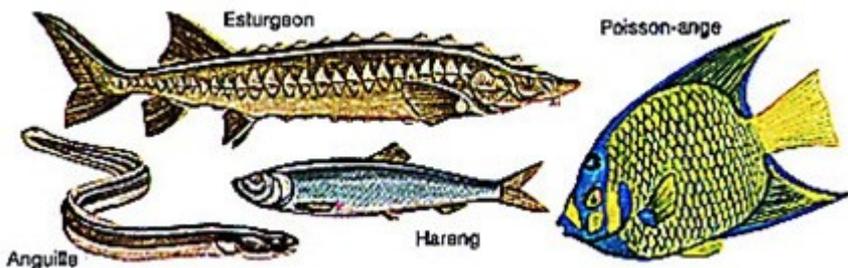
Radioéléments : potassium⁴⁰, groupe uranium-thorium et leurs descendants.

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Radioactivité d'origine «naturelle» dans les produits de la mer

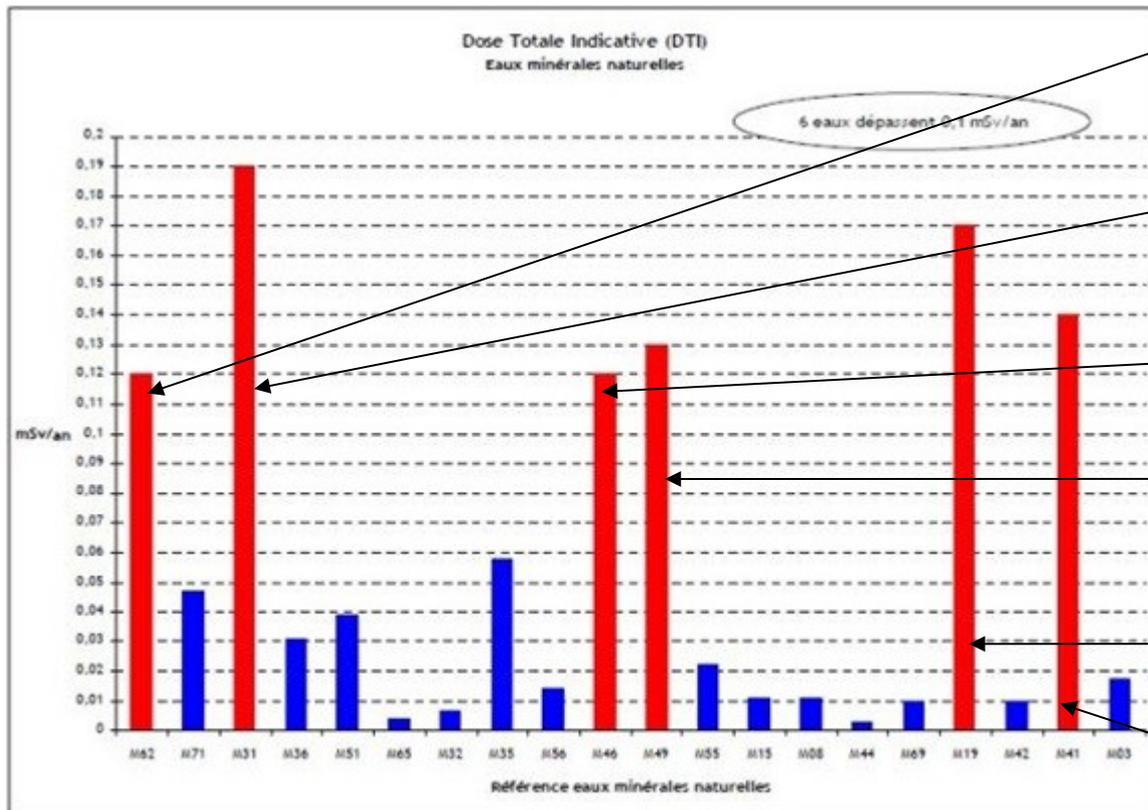
Les organismes marins concentrent le **polonium-210** :
facteur 50 000 pour les crustacés,
10 000 pour les mollusques
2000 pour les poissons.

Du fait de cet émetteur alpha, la consommation de 10 Kg de mollusques et de crustacés par an peut induire une dose de 3 mSv (rejets phosphates).



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Radioactivité d'origine naturelle dans les eaux minérales



M62 : Vichy Saint-Yorre (03)

M31 : L'incomparable (07)

M 46 : Parot (42)

M 49 : Puits Saint Georges (42)

M19 : Chateldon (63)

M 41 : Nessel (67)

Fig. 21 : DTI obtenues pour les 20 eaux minérales naturelles ayant fait l'objet d'analyses complémentaires

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Exposition au radon

La croûte terrestre contient des radionucléides dits «primordiaux», présents depuis la création de la Terre et de périodes radioactives suffisamment longues devant l'âge de celle-ci pour y subsister en quantité importante. Ces radionucléides sont l'uranium-235 (^{235}U), l'uranium-238 (^{238}U) et le thorium-232 (^{232}Th) qui, en se désintégrant, donnent naissance à autant de familles de radionucléides naturels.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

ÉMANATIONS GAZEUSES DES FAMILLES RADIOACTIVES NATURELLES : L'EXPOSITION AUX RADONS



dose annuelle
VARIABLE
Selon les régions

RADON

venant des milieux
granitiques



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Bien que présent en quantité infinitésimale dans l'atmosphère, le radon est un gaz radioactif. Un fois inhalé, le radon continue sa décroissance radioactive à l'intérieur des poumons. Ses descendants solides irradient les cellules les plus sensibles des bronches.

L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) a reconnu en 1987 le radon comme **cancérigène pulmonaire humain**.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

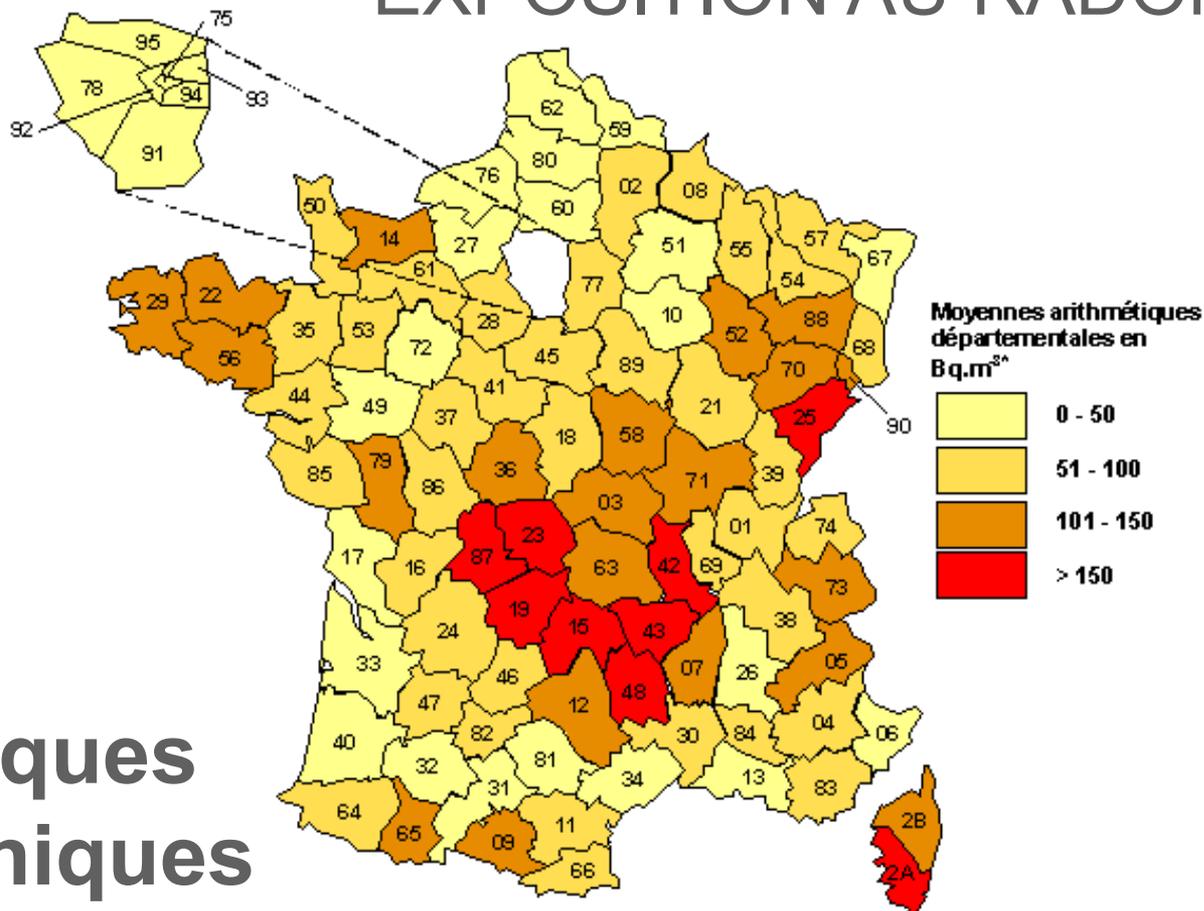
Le radon présente la particularité d'être le plus dense de tous les gaz. Dans des locaux fermés, il reste au niveau du sol et s'accumule dans les espaces clos comme les maisons et notamment dans les caves.

La vigilance s'impose dans les habitations, mais le radon est une source d'irradiation naturelle sur laquelle l'homme peut agir.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

EXPOSITION AU RADON

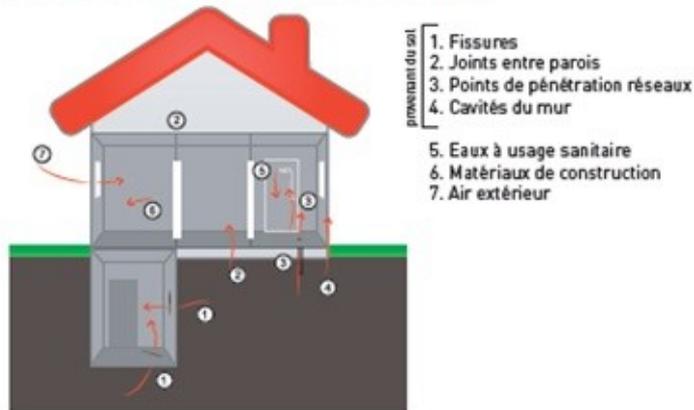


Roches
Magmatiques
Et volcaniques



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Doc 2. Les voies d'entrées du radon dans un bâtiment



EXPOSITION AU RADON

Doc 3. Exemple d'évolution de l'activité volumique du radon dans une maison

L'activité d'un corps radioactif se mesure en becquerel (Bq). Un Bq est égal à une désintégration par seconde au sein de ce corps. Exemple : un morceau de granite de 125 g a une activité volumique d'environ 1 000 Bq.



LE RADON DANS LES BÂTIMENTS



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

ESSONNE (91)

CARTE DES ACTIVITES VOLUMIQUES
DU RADON DANS LES HABITATIONS
BILAN JANVIER 2000



Moyennes arithmétiques des mesures réalisées par commune
Nombre de communes mesurées : 57 Nombre de mesures : 58
Moyenne du département : 45 Bq.m³

Exemple de l'exposition au radon dans le département de l'Essonne.

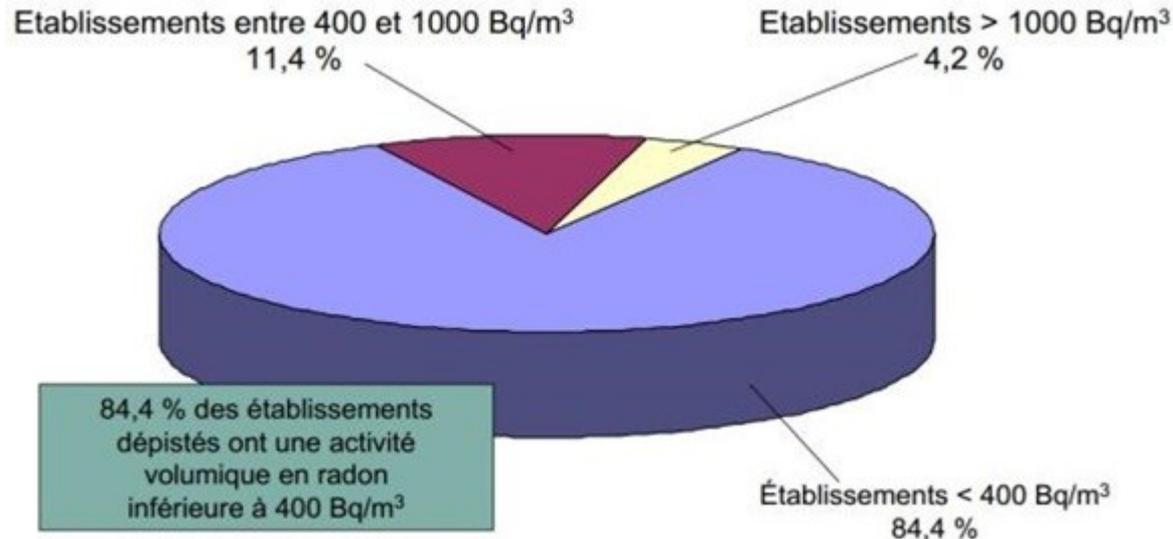
Voir le site de l'IRSN pour avoir la valeur dans les communes de France

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Bilan 2010 des contrôles de l'ASN par rapport à l'exposition au radon

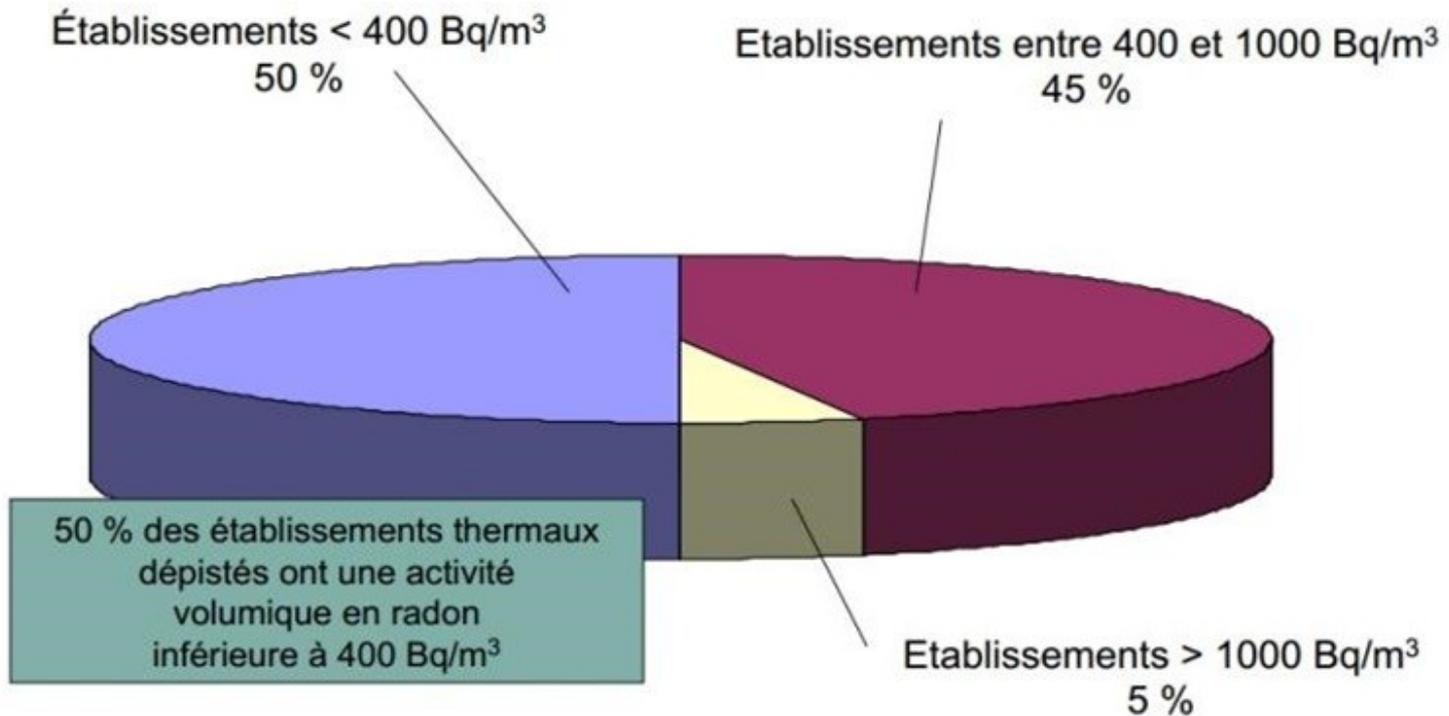
Au total 8811 établissements dépistés dont :

- 5187 établissements d'enseignements,
- 3584 établissements sanitaires et sociaux,
- 20 établissements thermaux,
- 20 établissements pénitentiaires.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Bilan 2010 des contrôles de l'ASN dans les établissements thermaux par rapport à l'exposition au radon



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Aujourd'hui il est admis que :

Etre exposé à une activité volumique de 300 Bq/m³ pendant 7000 heures dans un lieu clos donne une dose efficace engagée (dose interne à l'organisme entier) de 5 mSv

Ce ratio va être probablement multiplié par 3 ou 4 avec une nouvelle publication de la commission internationale de protection radiologique.

Des diagnostics chez les particuliers sont aussi à l'étude.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Une nouvelle publication de la CIPR – OIR Part 3 datant de janvier 2018 **va modifier notablement les coefficients.**

Coefficient par défaut: 12 mSv/WLM (3.4 mSv per mJ h m³). Dans les bâtiments: 7.5×10^{-6} mSv/h.Bq.m⁻³ (F équilibre = 0.4)

La dose correspondant à 300 Bq m⁻³ est de:

4,5 mSv pour un temps d'expo de 2000 h (année de travail)

15,8 mSv pour un temps d'expo de 7000 h (année en résidentiel) – Soit un facteur multiplicatif par 3

19,8 mSv pour un temps d'expo de 8760h (année totale)



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Projet d'évolutions réglementaires impactant l'habitat (en cours de consultation)

Projet de décret de transposition de la Directive Euratom en cours de consultation publique avec 4 mesures réglementaires en lien avec l'habitat : Fixation d'un niveau de référence à **300 Bq/m³** (valable pour tous les bâtiments dont l'habitat)

Information des acquéreurs et locataires lors de transactions immobilières de biens situés dans les zones à potentiel radon (IAL) – code de l'environnement

Collecte des résultats de mesures du radon réalisées dans l'habitat dans le cadre d'initiatives locales de sensibilisation ou directement à l'initiative de particuliers (résultats transmis par les laboratoires d'analyses des appareils de mesure intégrée du radon)



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

L'exposition au radon «artificiel»

Le radium exploité dès le début du 20^{ème} siècle a donné lieu à des pollutions radioactives dans de nombreux endroits.

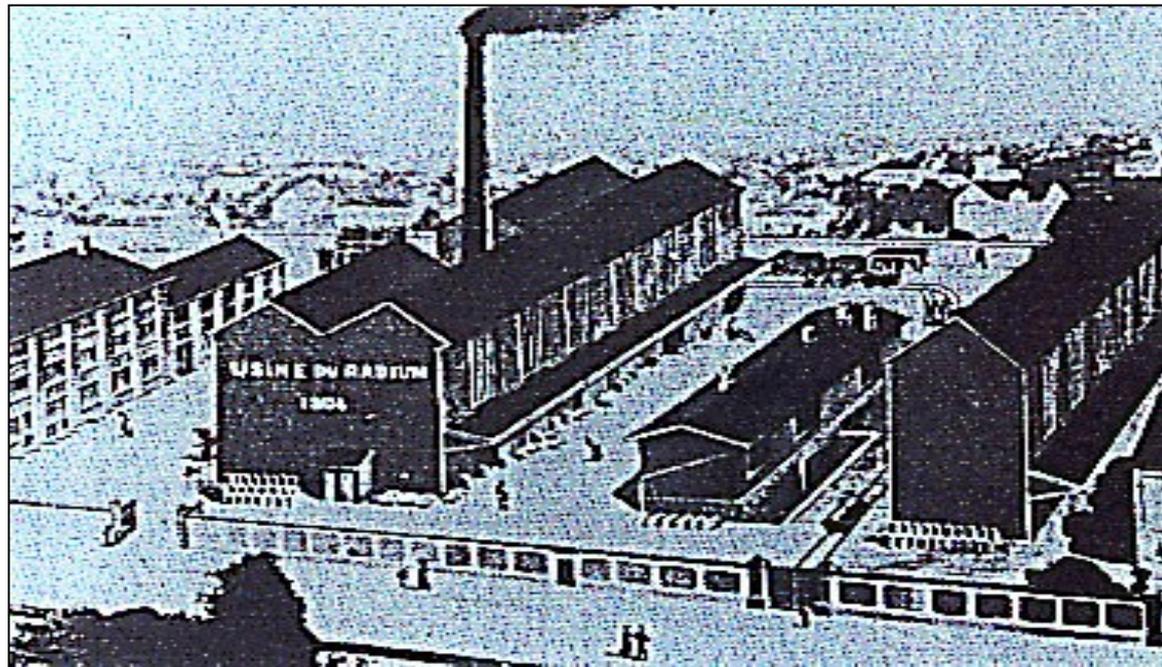
Vous allez trouver ci-après quelques exemples.

Et vous allez avoir droit à un « Culture Pub » spécial Radium !!! **Vous allez en voir de toutes les couleurs et il y en aura pour tous les goûts...**

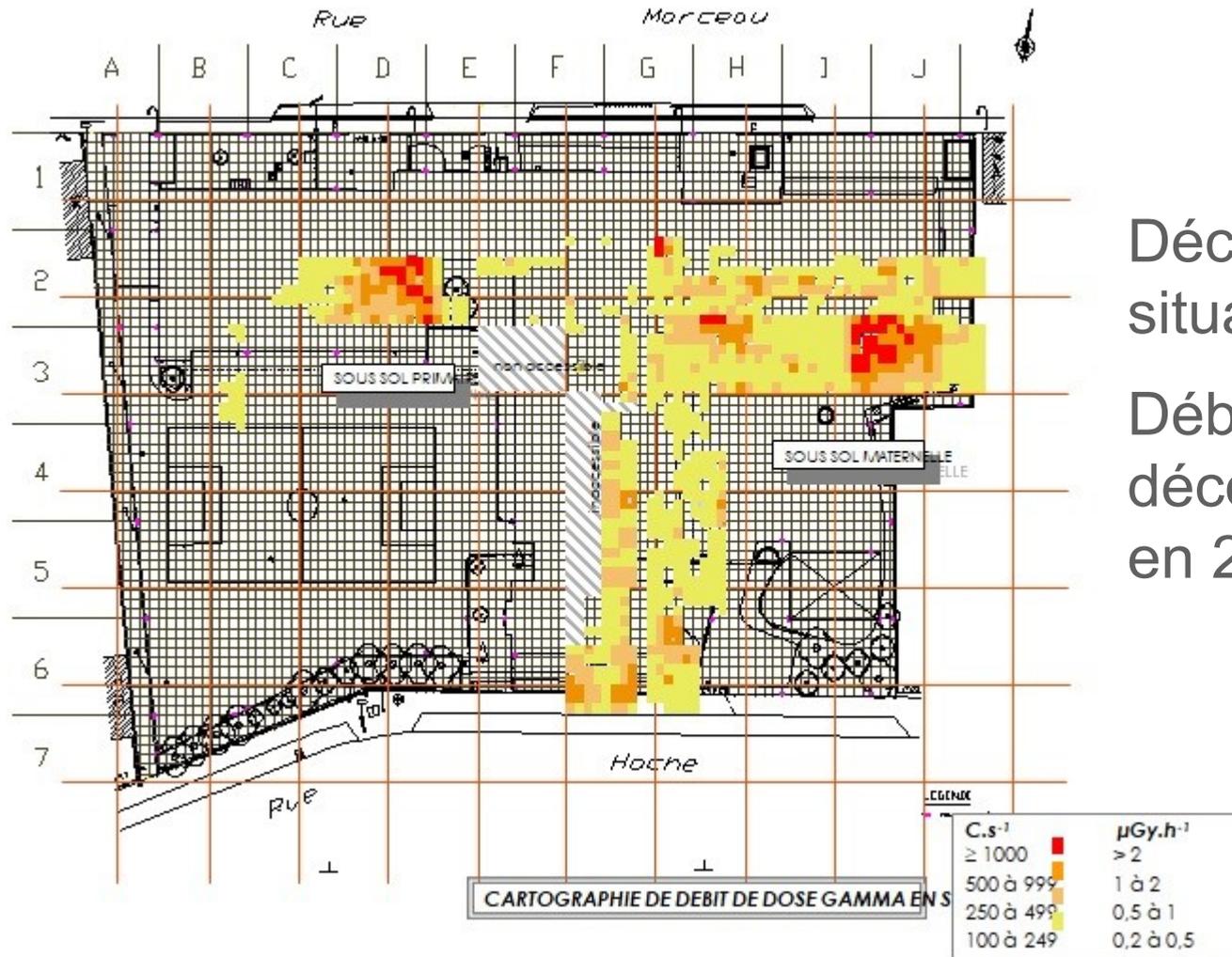


LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Extraction du radium en 1904 à Nogent-sur-Marne.
Sur ce site sera construit, plus tard, une école maternelle
et primaire qui portera le nom de Pierre et Marie Curie !



LA RADIOACTIVITE NATURELLE



Découverte de la situation en 1995

Début de la décontamination en 2011 !!!

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Vu sur le site Internet de la ville de Nogent sur Marne

La Ville rencontre des difficultés pour atteindre les objectifs de dépollution fixés par l'ASN sur l'emprise de l'ancienne école élémentaire (2,5 Bq/g).

Vous noterez qu'on atteindra pas le 0 Bq ! (comme demandé à certains exploitants nucléaires).

Les terres sont en concentration moins contaminées que prévu mais la pollution est plus dispersée et diffuse qu'estimé.

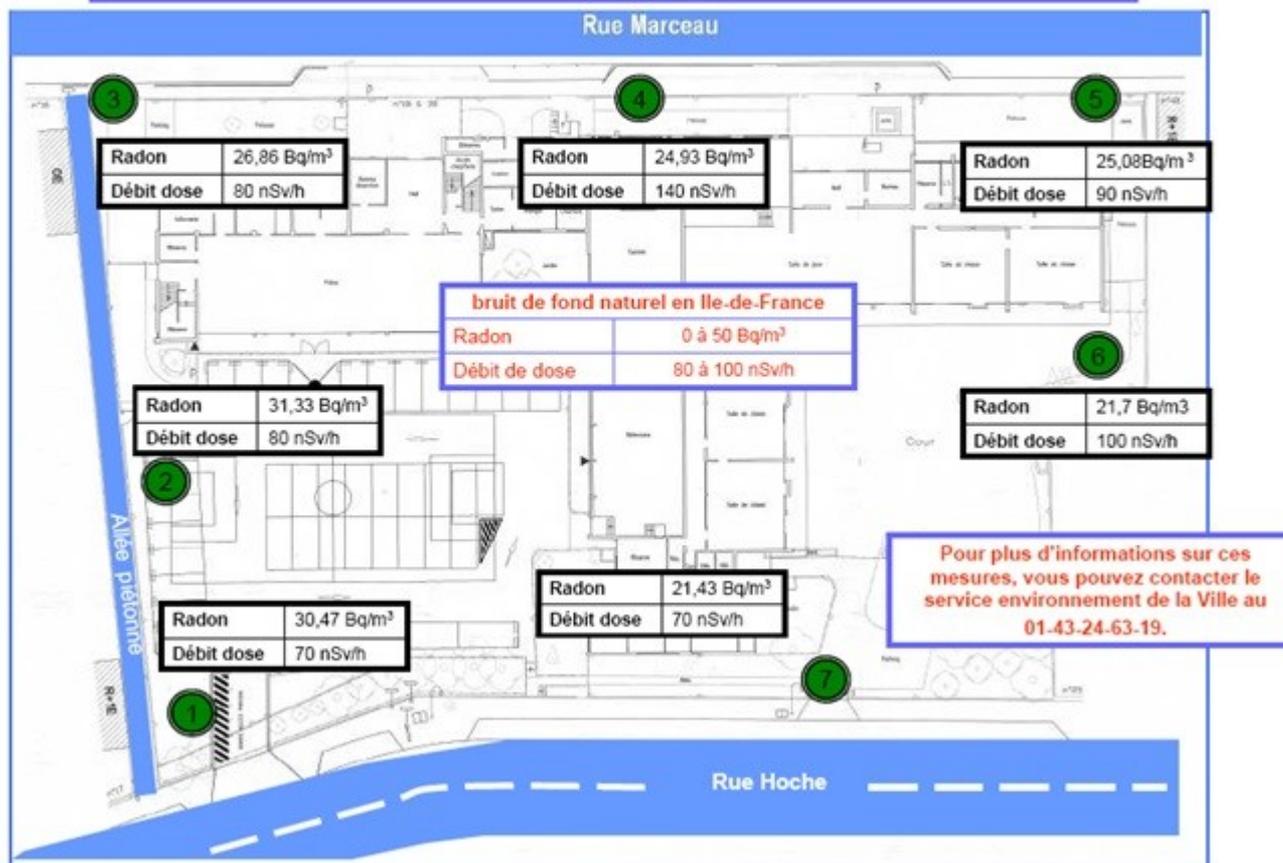


LA RADIOACTIVITE NATURELLE



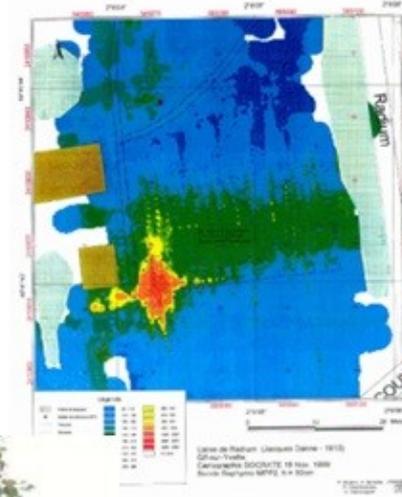
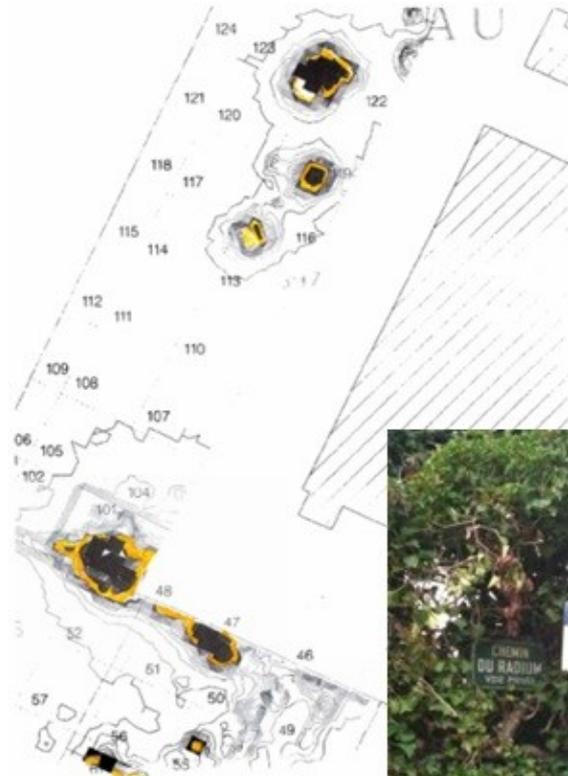
Ancien groupe scolaire Marie Curie

Mesures de contrôle aux abords du chantier
(débit de dose au 29 mars 2012 et radon du 23 au 27 mars 2012)

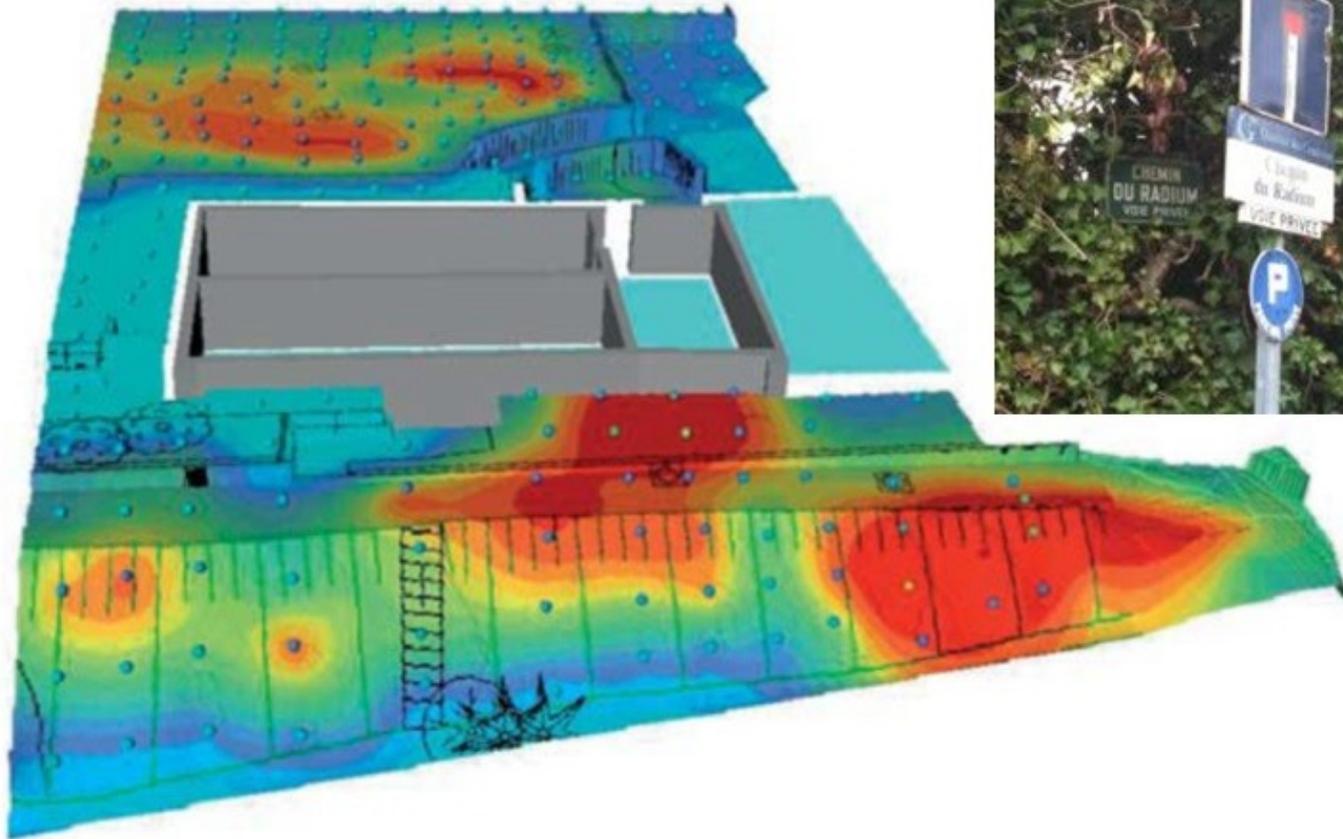


LA RADIOACTIVITE NATURELLE

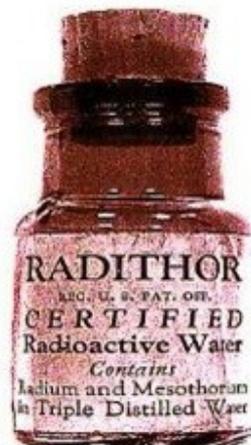
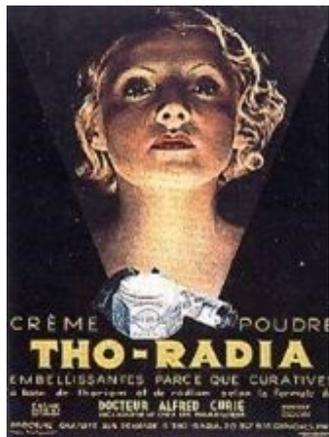
Le quartier des Coudraies à Gif-sur-Yvette : le chemin du radium. Nous vous renvoyons à la lecture du document dédié sur le site du Cirkus.



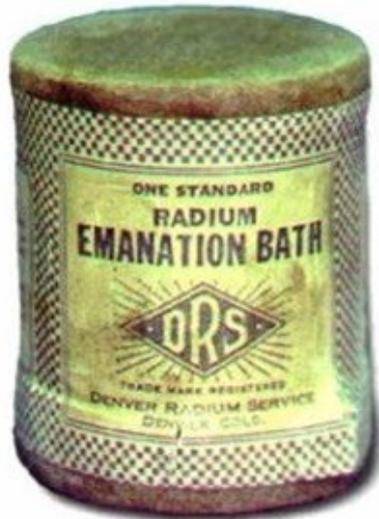
LA RADIOACTIVITE NATURELLE



LA RADIOACTIVITE NATURELLE



LA RADIOACTIVITE NATURELLE



RADIUM v. GREY HAIR
Who'd dream she was 50?



50—and not a grey hair to be seen. Wonderful! Yet an absolute fact. Let 'CARADIUM' do for you what it has done for thousands of our clients in all parts of the world. 'CARADIUM' will quickly restore, right from the hair roots, the natural colour, health and beauty to your hair, making you look 10 to 20 years younger.

'Caradium' is NOT A DYE
CONTAINING RADIOACTIVE WATER.

Regular applications of 'Caradium' will revive the colour glands of the hair and cause the natural pigment to flow afresh. 'Caradium' likewise is just as effective in cases of premature or retarded growth or greyness caused by illness, worry or overwork. It is absolutely safe. So natural in the nature of restoration that the use of 'Caradium' is absolutely undetectable.

Grey Hair will never appear if CARADIUM IS USED ONCE WEEKLY AS A TONIC. Olive Oil Shampoo Powder. This cream is the world's best for producing Soft and Glossy Hair, 6d. each. Packets of 10s. 6d.

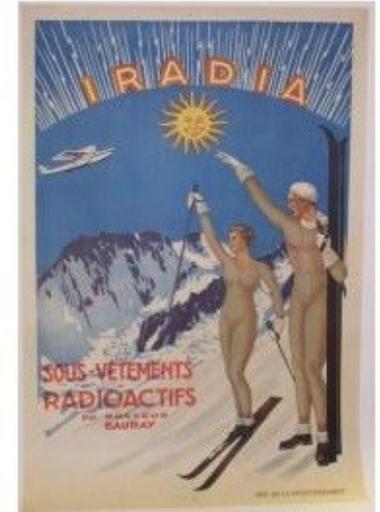
WARNING—Ask for Caradium Regd. and see that you get it; imitations are common.

Caradium REGD. Large Size

4/- 7/6

A 6d. tin is now available for those who prefer a smaller size. Contains 1 oz. of Caradium. Price 4s. 6d. each. Packets of 10s. 6d. each. Caradium is absolutely undetectable. Price 10s. 6d. each. Caradium is absolutely undetectable. Price 10s. 6d. each.

* CARADIUM: (SINGL.) 25, Great South Street, Westminster, LONDON



CONSTIPATION
PILULES RADIOL

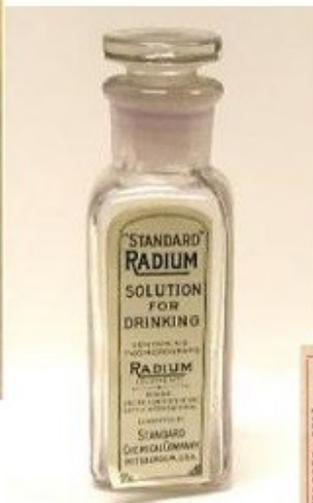
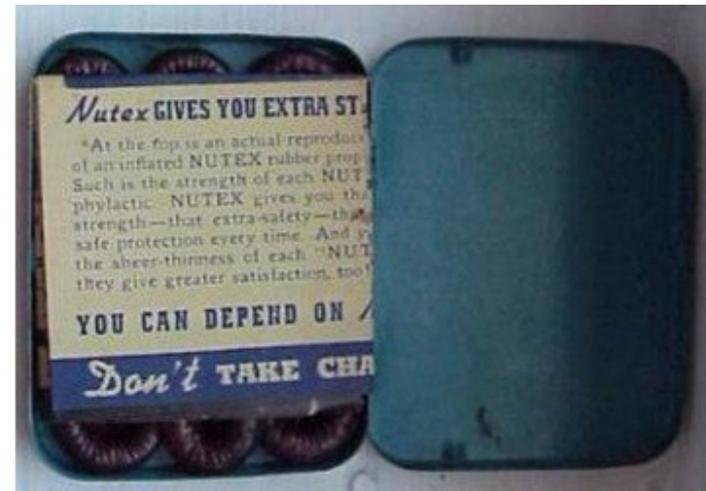
LAXATIVES DÉPURATIVES



Enver franco contre mandat 2.75
LABORATOIRE AUBRIOT 36 & 38, Océane, PARIS.
MARQUE DÉPOSÉE



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

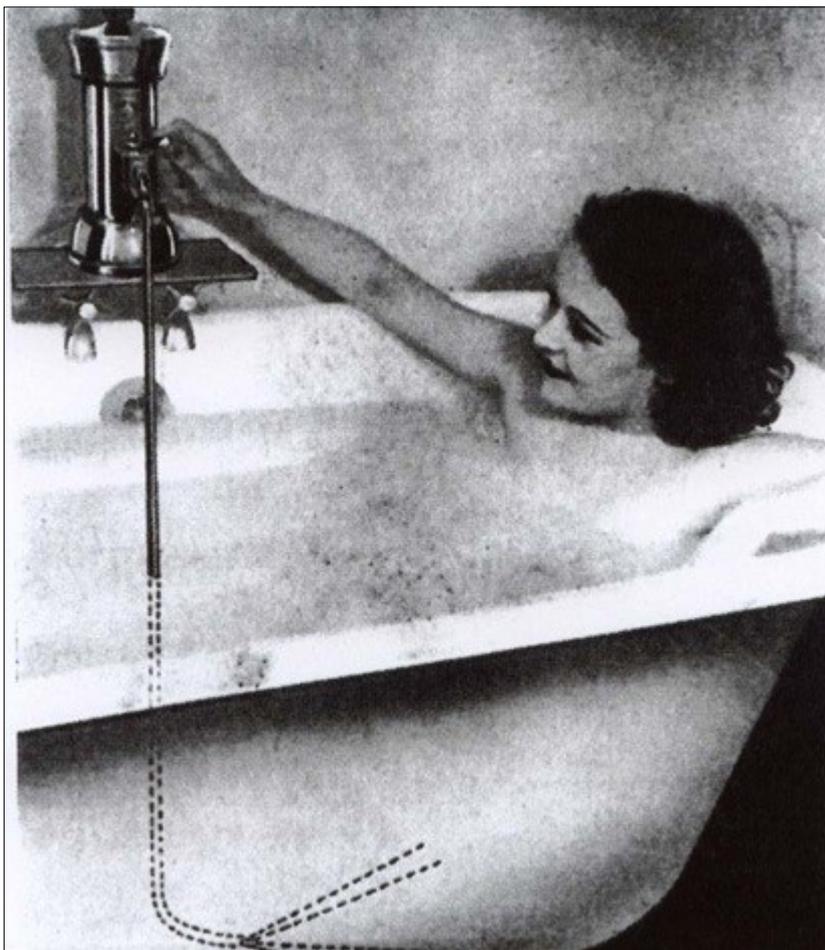


LA RADIOACTIVITE NATURELLE



Emanateur ou fontaine à radium

LA RADIOACTIVITE NATURELLE



Le Jacuzzi de l'époque :
Petites bulles de radon
dans l'eau

LA RADIOACTIVITE NATURELLE



Réveils lumineux.



OMEGA
MONTRE-BRACELET
Verre incassable
avec Cadran radium
lumineux
depuis 80 fr.
avec
Cadran blanc
depuis 68 fr.



En vente chez
les meilleurs
horlogers.

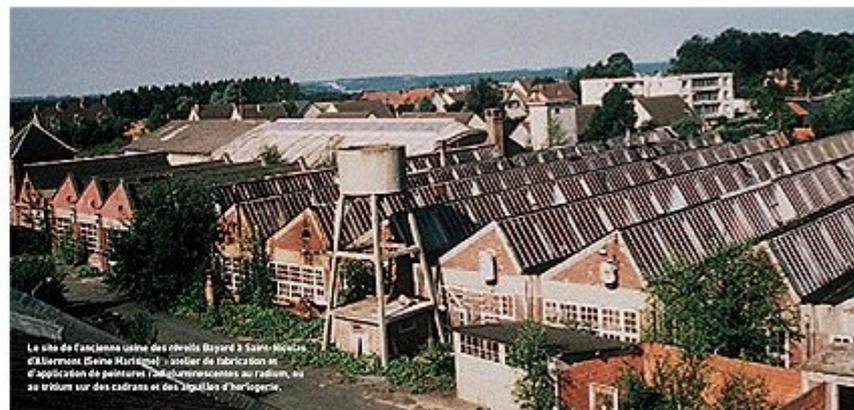


LA RADIOACTIVITE NATURELLE



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Les anciennes usines « Bayard » à Saint Nicolas d'Aliermont



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Et à propos de radium, impossible de ne pas les évoquer :
MARIE ET PIERRE CURIE

Mariage de Marie et Pierre



Leur cadeau de mariage : deux bicyclettes photo de la maison de Sceaux
Au 13, rue des Sablons (devenu depuis le 9, rue Pierre-Curie)

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Leurs anciens laboratoires, aujourd'hui au 10 rue Vauquelin dans le 5^{ème} arrondissement.

Le sujet de thèse de Marie : Recherche sur les substances radioactives



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

A l'intérieur de l'Espace pierre Gilles de Gennes se trouve l'emplacement au sol des anciens laboratoires de Pierre et Marie Curie.



Il y a dans la cour une très belle stèle en granit gris, parfaitement radioactive (**mesure de 200 c/s au contact** avec un DG5) (bruit de fond 50 c/s).

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Et à propos du transfert des Curie au Panthéon un changement de cercueil a été obligatoire et, de ce fait, des mesures ont été réalisées (OPRI et CEA Fontenay aux Roses).

Exhumation de Marie et de Pierre Curie : Sceaux, le vendredi 14 avril 1995
Globalement, le champ de rayonnement dans le cimetière oscille entre 90 et 500 nanogray/heure (nGy/h), **(normal avec tout ce granit !)**

Sur la tombe des Curie, le débit de dose d'irradiation est de l'ordre de 150 nGy/h et à quelques mètres de là, près d'une tombe en **granit rose breton**, il est de **750 nGy/h**.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Le cercueil de plomb de Marie Curie est extrait à 8 h 45 du caveau et placé au milieu de l'allée de marronniers sur une feuille de vinyle rose. L'enveloppe de plomb d'une épaisseur d'environ 2,5 mm est intacte. Une mesure de la concentration en radon est de : 257 Bq/m³ .

A 9h, les deux cercueils (plomb et bois blanc) sont ouverts et le corps de Marie Curie apparaît, non sous forme de poussières ou de squelette mais momifié. Malgré les 61 ans écoulés depuis son décès, il est possible de reconnaître son visage de couleur bistre, dans sa forme générale, en particulier au niveau du front bombé et de la racine des cheveux.

Les mesures de radioactivité réalisées à son « contact » au moyen de sondes α et β mettent en évidence une très légère contamination par le radium 226 au niveau des masses osseuses importantes comme les pieds, les hanches et la boîte crânienne.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Débutent alors les opérations d'exhumation de Pierre Curie après qu'un ouvrier eut enlevé les pierres plates masquant son cercueil à l'étage en dessous. Une plaque en alliage de cuivre portant des inscriptions difficilement lisibles, trouvée sur le cercueil très dégradé permet néanmoins d'attester que l'occupant est bien Pierre Curie.

Mais il ne reste ici que quelques ossements (humérus, morceaux de tibia, un fragment de bassin, etc.), quelques morceaux de bois du cercueil et beaucoup de poussière. On ne retrouve aucun reste de la boîte crânienne partiellement broyée par la roue du fiacre lors de l'accident mortel de Pierre du jeudi 19 avril 1906 rue Dauphine à Paris.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Le débit de dose gamma dans la fosse au niveau des restes est faible, 240 nGy/h, mais sensiblement supérieur au bruit de fond normal. Cette valeur est indirectement confirmée par la contamination, peu intense mais indiscutable, observée sur les ossements de Pierre Curie et évaluée approximativement à 287 Bq de radium 226 /kg. A 9h30, les restes de Pierre Curie sont placés dans le nouveau cercueil.



Le 20 avril 1995 à 17h, inhumation au Panthéon.



traces radioactives des doigts de Marie Curie



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Exposition aux rayonnements venant de matériaux:

Les objets qui nous entourent contiennent tous de la radioactivité naturelle, à des concentrations plus ou moins importantes, mais impossible d'y échapper.

Ces radionucléides sont bien entendu les mêmes : l'uranium-235 (^{235}U), l'uranium-238 (^{238}U) et le thorium-232 (^{232}Th) qui, en se désintégrant, donnent naissance à autant de familles de radionucléides naturels. Nous allons vous donner quelques exemples.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Activités humaines concernées par l'obligation de caractérisation radiologique:

- 1-Extraction de terres rares à partir de monazite, traitement des terres rares et la production de pigments en contenant .
- 2-Production de composés du thorium, fabrication de produits contenant du thorium et travail mécanique de ces produits .
- 3-Traitement de minerai de niobium/tantale et d'aluminium.
- 4-Production pétrolière et gazière, hors forage de recherche.
- 5-Production d'énergie géothermique, hors géothermie de minimales importances.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Activités humaines concernées par l'obligation de caractérisation radiologique:

- 6-Production de dioxyde de titane.
- 7-Production thermique de phosphore.
- 8-Industrie du zircon et du zirconium dont l'industrie des céramiques réfractaires.
- 9-Production d'engrais phosphatés.
- 10-Production de ciment dont la maintenance de fours à clinker.
- 11-Centrales thermiques au charbon dont la maintenance de chaudière
- 12-Production d'acide phosphorique.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Activités humaines concernées par l'obligation de caractérisation radiologique:

- 13-Production de fer primaire.
- 14-Activités de fonderie d'étain, plomb, ou cuivre.
- 15°) Traitement par filtration d'eaux souterraines circulant dans des roches magmatiques ;
- 16°) Extraction de matériaux naturels d'origine magmatique tel que les granitoïdes, les porphyres, le tuf, la pouzzolane et la lave lorsqu'ils sont destinés à être utilisés comme produits de construction.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

La combustion de charbon en centrales thermiques

Découverte de terrils radioactifs

PUBLIÉ LE 12/11/2009 À 14H00 par le journal L'Avenir de l'Artois

Des milliers de tonnes de déchets radioactifs ont été jetées sur plusieurs terrils de la région ; quinze au total, dont au moins cinq concentrés dans le Béthunois.

Plusieurs sites ont été utilisés pour entreposer des cendres des centrales thermiques à charbon. Ces cendres, à la radioactivité renforcée, ont été déversées par milliers de tonnes. La question des risques de contamination se pose aujourd'hui,

« Le charbon est par nature très faiblement radioactif, mais cette radioactivité est multipliée par dix après la combustion », explique Jacky Bonnemains, président de l'association Robin des Bois qui a rédigé, à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire, un rapport sur « les cendres des centrales thermiques au charbon ». Ce rapport répertorie les sites où ont été déversées les cendres des centrales et décrit leur état actuel.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Radioactivité de quelques matières usuelles (Bq / kg)

ENGRAIS PHOSPHATES

Potassium 40	50	à	5 000
Radium	480	à	1 700
Uranium	1 700	à	9 200

PLATRES

Potassium 40	20	à	100
Radium	10	à	1 000
Thorium	6	à	60

CHARBONS

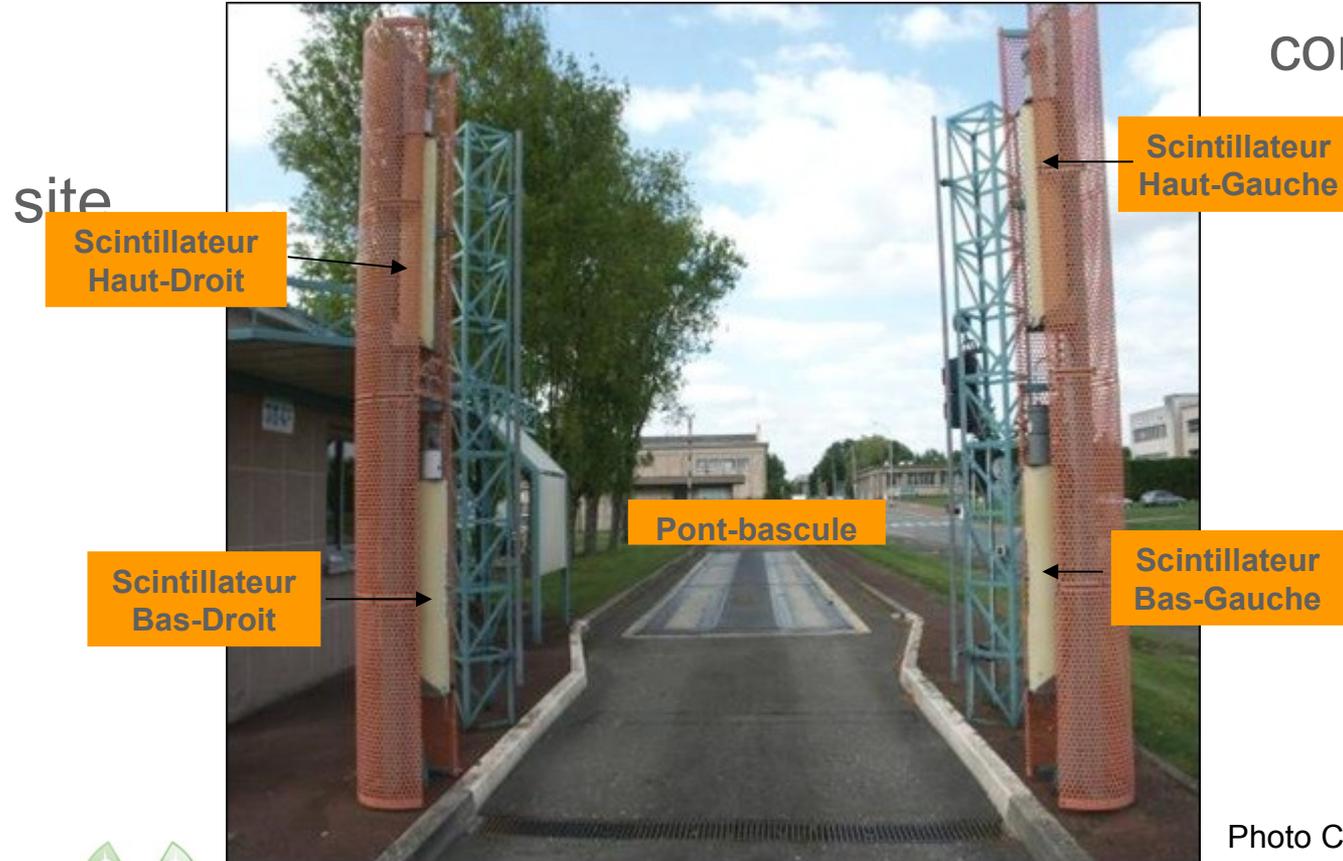
Potassium 40	30	à	800
Uranium	10	à	1 300
Thorium	10	à	300



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Radioactivité naturelle dans des objets en béton, ou en céramique qui déclenchent les portiques de détection à l'entrée des centres CEA.

Ici le portique de contrôle avant sortie du site



Ensemble de détection :

6 Scintillateurs plastiques (DSP002 volume 5 litres)
Avec photomultiplicateurs

Logiciel de traitement du signal :

Bruit de fond :
1000 c/s

Photo CEA

LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Déclenchements dus à des produits radioactifs naturels

Mai 2007 : Blocs de céramique neufs

10 fois le bruit de fond

Juin 2007 : déclenchement du portique suite à scintigraphie du chauffeur

BDF DG5 : 50 c/s mesure net DG5 : 6450 c/s

Juillet 2007 : 21 palettes de carrelage neuf

3 fois le bruit de fond

Octobre 2007 : buses de béton neuves

3 fois le bruit de fond

Février 2008 : ciment réfractaire

4 fois le bruit de fond

Avril 2008 : palettes de briquettes extérieures au CEA

2 fois le bruit de fond

Avril 2008 : caniveaux de béton

2 fois le bruit de fond



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Industrie de fabrication de briques réfractaires



dose efficace
évaluée à
0.26 mSv par an

Activité en Bq/kg

Dénomination	Chaine de l'uranium 238	Chaine de l'uranium 235	Chaine du thorium 232	K-40
BAUXITE (en vrac et en sac)	347 ± 26	21 ± 3	329 ± 12	84 ± 12



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Baguettes de soudure au thorium



Sur la notice :

Electrode tungstène thorium à 2%
- diamètre 1,0 mm .

Extrémité peinte en rouge.

Pour le soudage des aciers, inox,
etc...en courant continu.

**Attention : tenir compte du
risque radioactif.**



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Manchons camping gaz



Les nouveaux ne sont plus radioactifs.

Mais les anciens oui.
40 c/s avec une sonde alpha



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Les verres uranifères

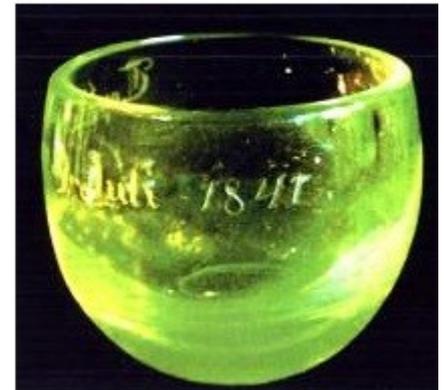
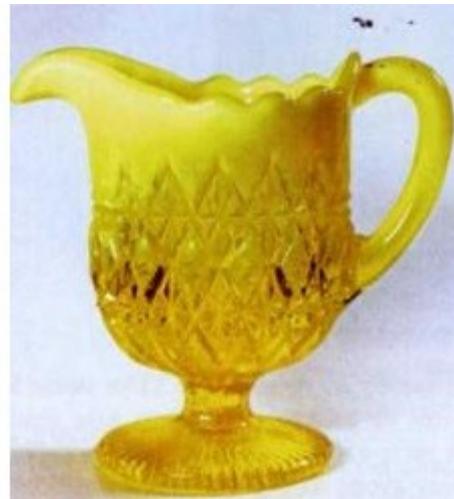
Le cendrier publicitaire Pernod illustré ci-dessous, d'une séduisante couleur d'absinthe, provoque la « musique » du compteur Geiger : de sa teneur en uranium résulte en effet son rayonnement ionisant, ainsi que sa vive fluorescence provoquée par les rayons ultraviolets.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Les verres uranifères

Les verres uranifères existent en riche palette de couleurs. En état transparent, les couleurs les plus répandues sont le **jaune** et le **vert**, rarement le brun, le rose ou le bleu.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Les céramiques radioactives



A la fin des années 90, la CRIIRAD découvrait que des pigments contenant de l'uranium étaient utilisés comme colorants dans des objets du quotidien (émaux, bijoux, carreaux de cuisine, etc.).

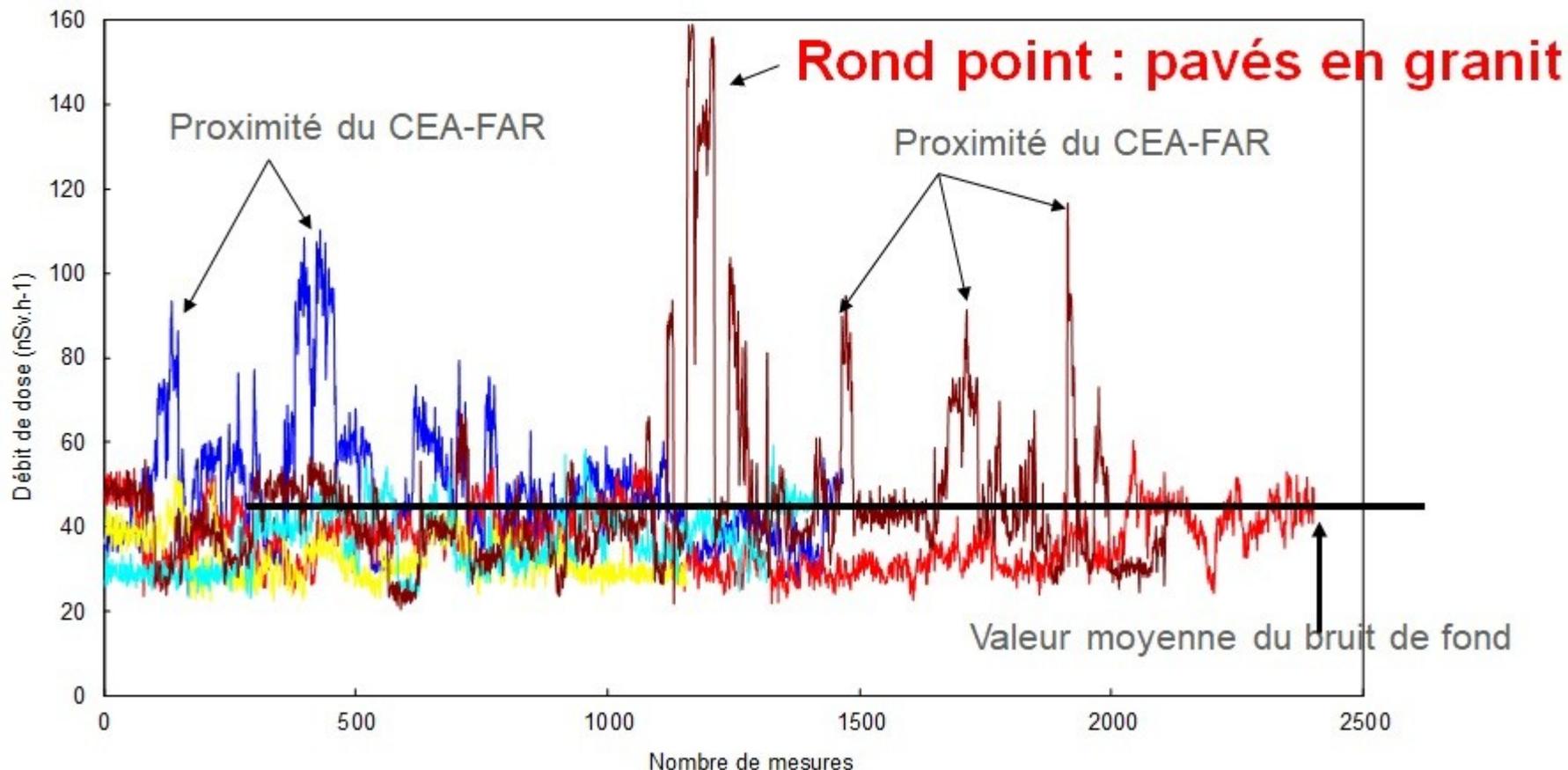
Interdiction depuis 2002.



LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Bruit de fond du débit de dose (nSv.h-1)
pour différents itinéraires effectués entre les CEA de FAR et de SACLAY

IRSN



PANORAMA DES SOURCES RADIOACTIVES

- Introduction
- La radioactivité naturelle
- **Les autorisations de détention de sources de rayonnements**
- Les sources médicales
- Les sources industrielles
- Les autres utilisations



LES AUTORISATIONS DE DÉTENTION DE SOURCES

Les tableaux suivants donnent une représentation des autorisations de détention de sources en France, entre 2006 et 2010. La réglementation allant évoluer en 2018, nous serons amenés à réviser ces tableaux.

Ne sont pas incluses dans ces tableaux les sources de rayonnements soumises à déclaration.

En matière de **générateurs X**, les domaines médicaux et vétérinaires sont majoritaires.

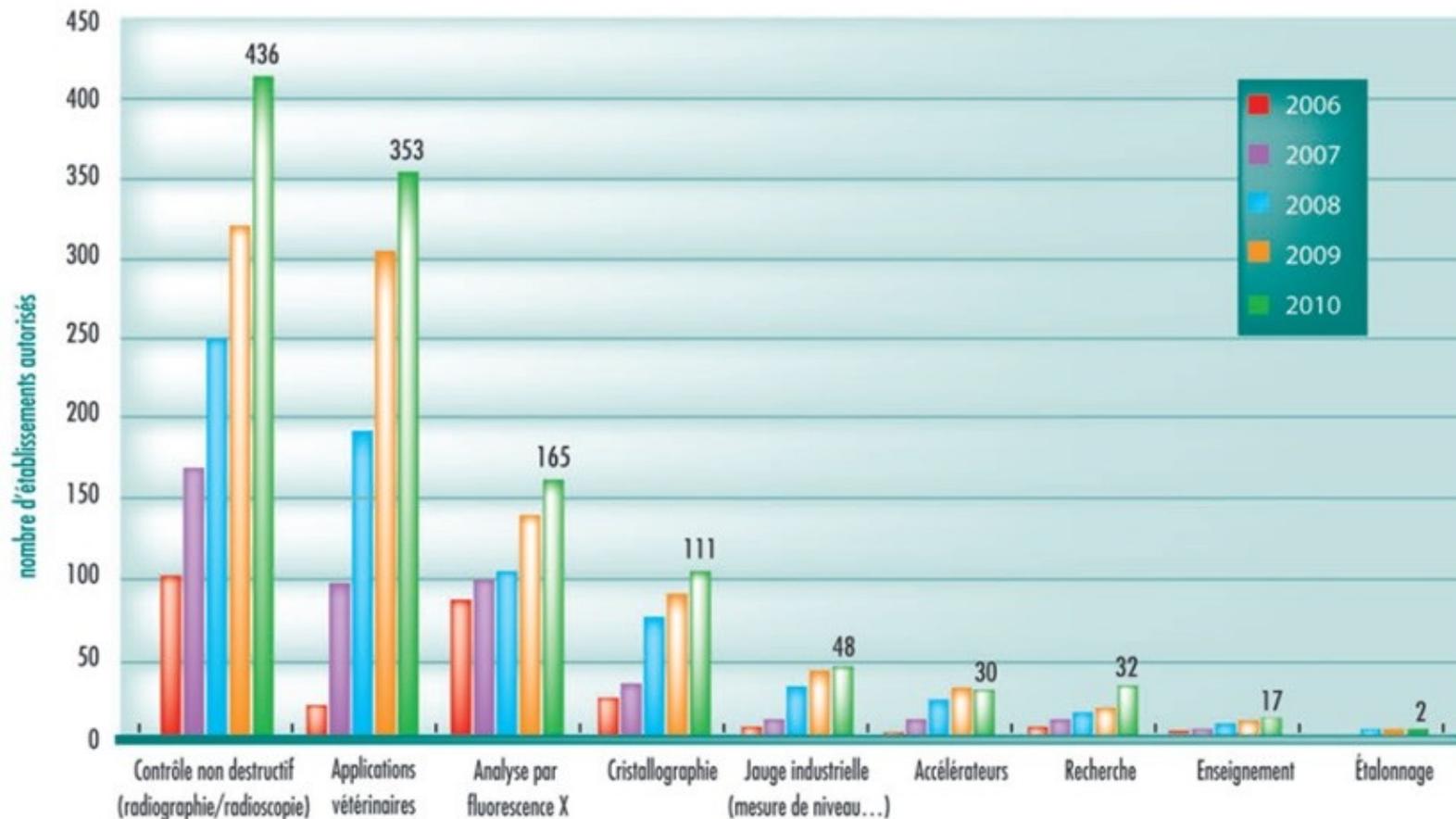
En matière de **sources scellées**, ce sont les analyseurs de plomb dans la peinture.

En matière de **sources non scellées**, c'est le domaine de la recherche qui détient la très grande majorité des autorisations.



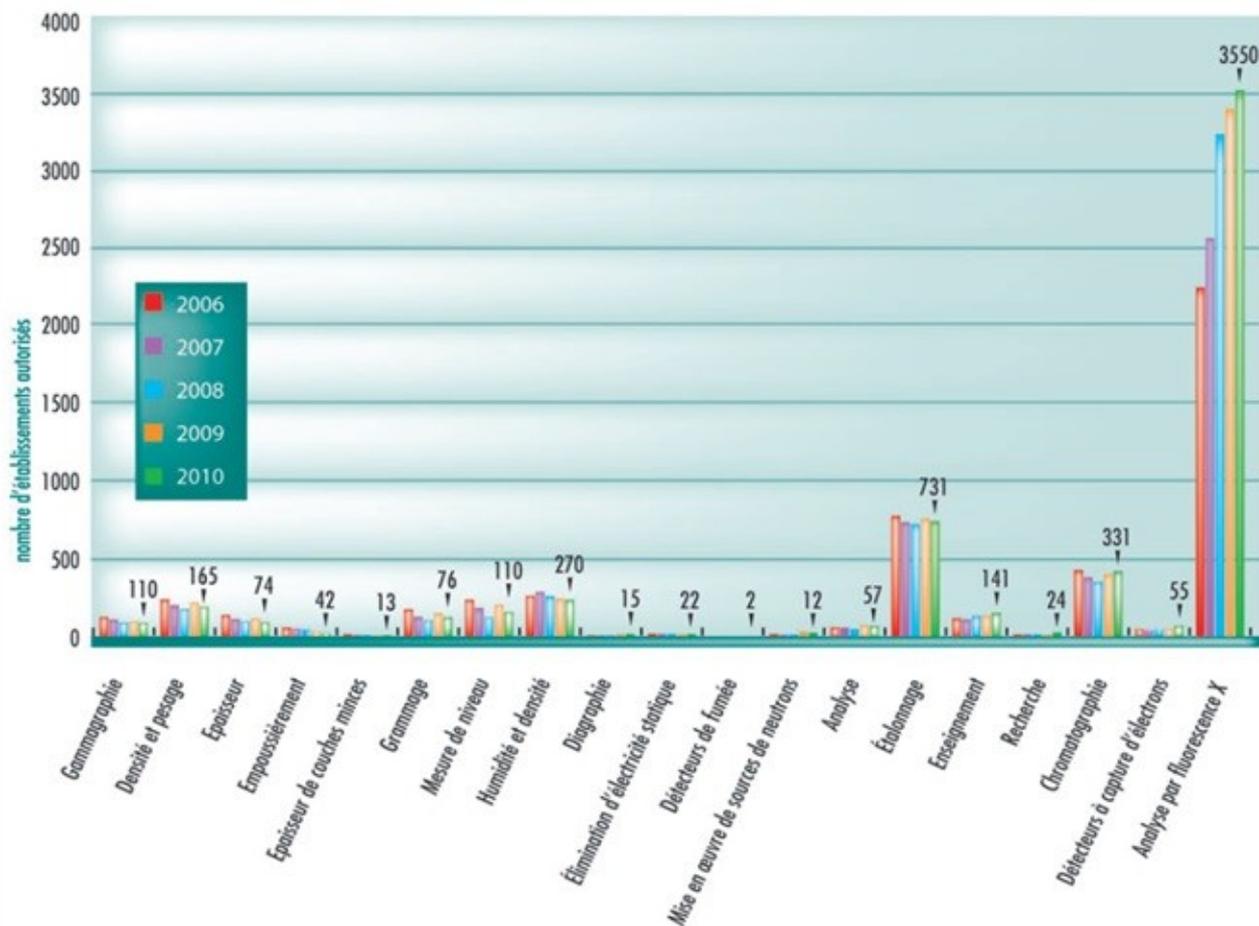
LES AUTORISATIONS DE DÉTENTION DE SOURCES

utilisation d'appareils électriques générant des rayonnements ionisants



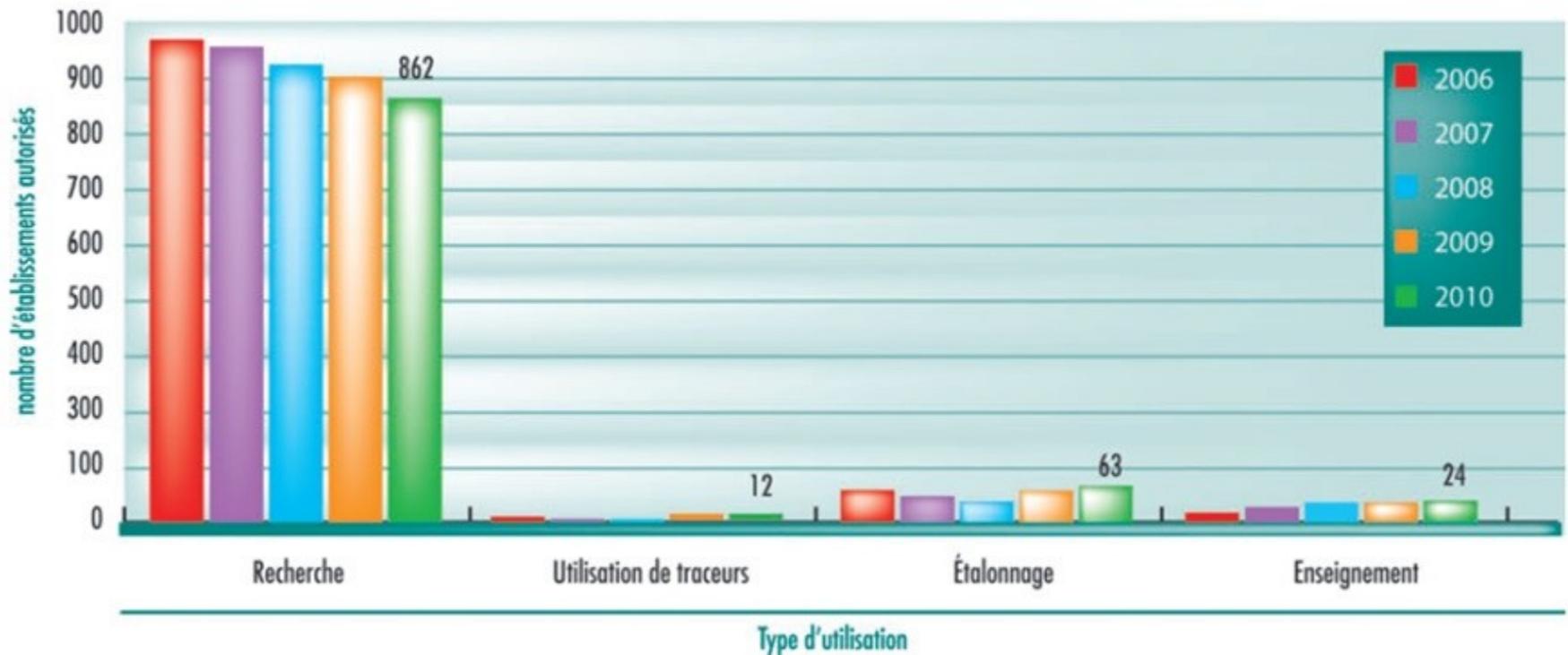
LES AUTORISATIONS DE DÉTENTION DE SOURCES

utilisation des sources radioactives scellées



LES AUTORISATIONS DE DÉTENTION DE SOURCES

utilisation des sources radioactives non scellées



PANORAMA DES SOURCES RADIOACTIVES

- Introduction
- La radioactivité naturelle
- Les autorisations de détention de sources de rayonnements
- **Les sources médicales**
- Les sources industrielles
- Les autres utilisations



LES SOURCES MÉDICALES

En moyenne, les actes de diagnostic médical conduisent en France à une dose efficace égale à environ

1,6 millisievert (mSv) en moyenne par an et par individu.

Cette valeur se situe dans le tiers supérieur des valeurs moyennes des pays de l'Union Européenne et est très inférieure à celle du pays européen dont la population est la plus exposée, la Belgique (2,7 mSv par an et par habitant).

Parmi les patients concernés par au moins un acte en 2012, l'exposition individuelle cumulée sur l'année est très hétérogène et inférieure à 1 mSv pour la grande majorité d'entre eux.



LES SOURCES MÉDICALES

Principes complémentaires et non contradictoires

La règle la plus élémentaire =
ne pas faire d'examen inutile

- principe de justification
- principe d'optimisation
- principe de responsabilité
- principe de substitution
- principe de participation

Le principe de limitation individuelle des expositions ne s'applique pas aux patients



LES SOURCES MÉDICALES

RADIODIAGNOSTIC



Le matériel fixe

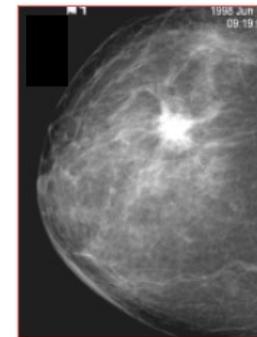


Le matériel mobile

Les générateurs X

LES SOURCES MÉDICALES

Radiologie Conventionnelle

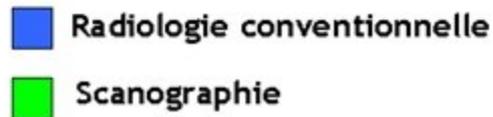
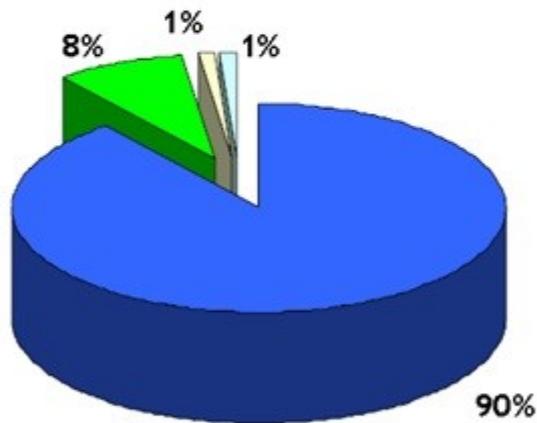


LES SOURCES MÉDICALES

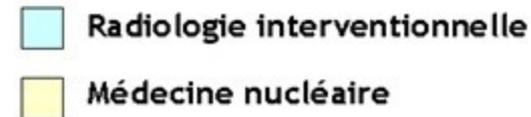
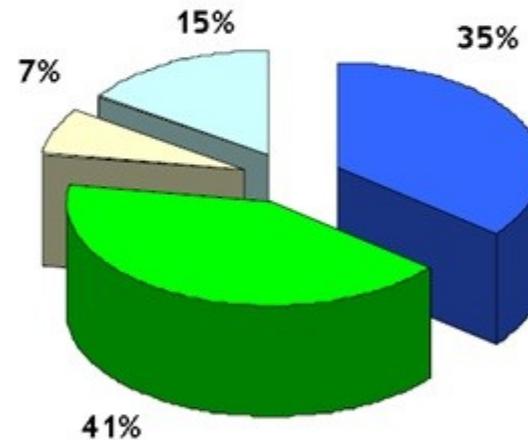
Systeme ExPRI

Répartition en fonction des secteurs d'activité

Fréquence des examens



Dose efficace

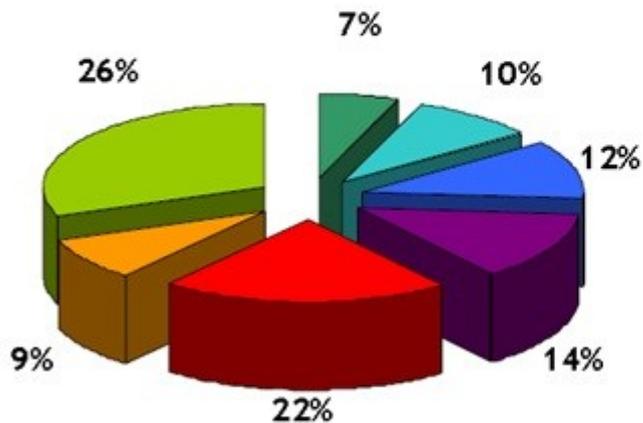


LES SOURCES MÉDICALES

Système ExPRI

Répartition en fonction des régions anatomiques

Fréquence des examens



Tête et cou

Thorax

Abd-Pelvis-Bassin

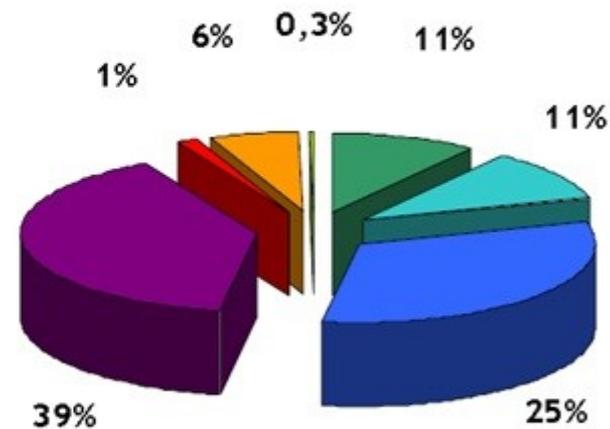
Rachis

Membres

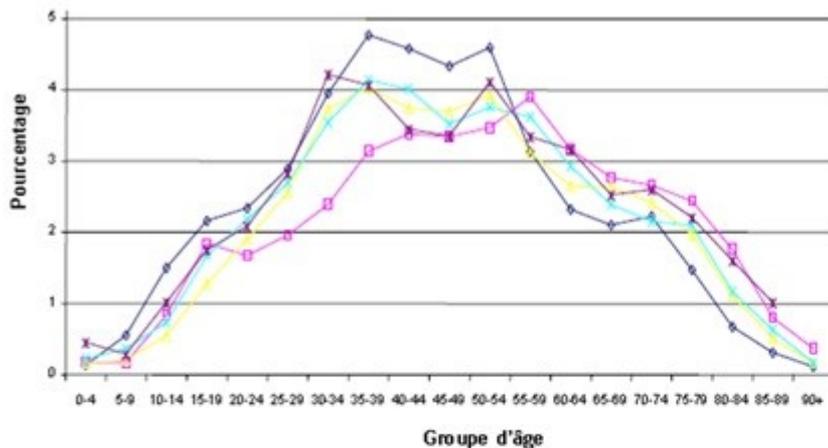
Sein

Dentaire

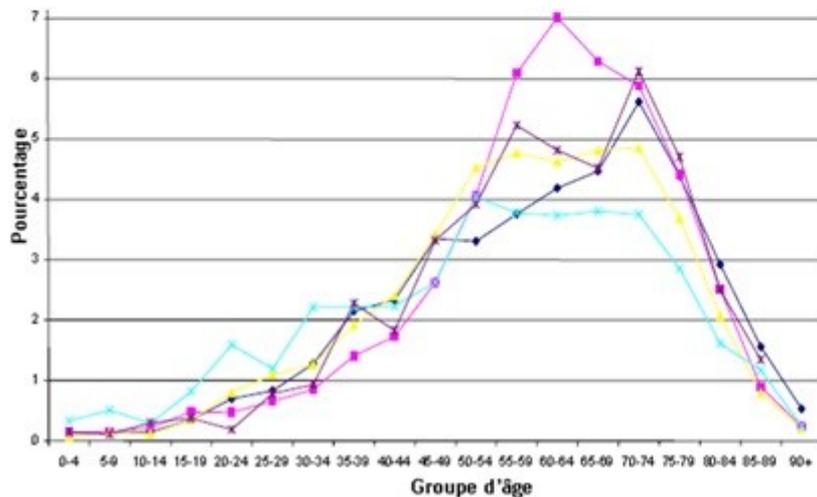
Dose efficace



LES SOURCES MÉDICALES



Répartition en fonction de l'âge des examens du rachis lombaire chez l'homme pour 5 pays.

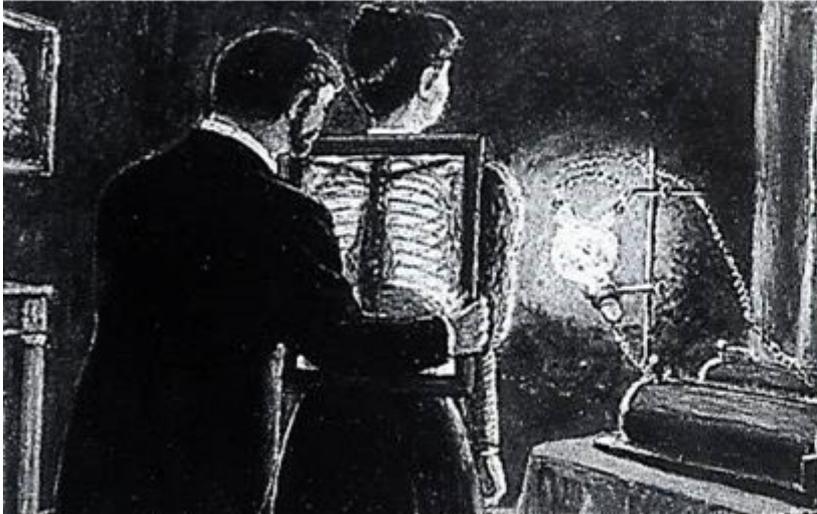


Répartition en fonction de l'âge des examens CT thorax chez la femme pour 5 pays.

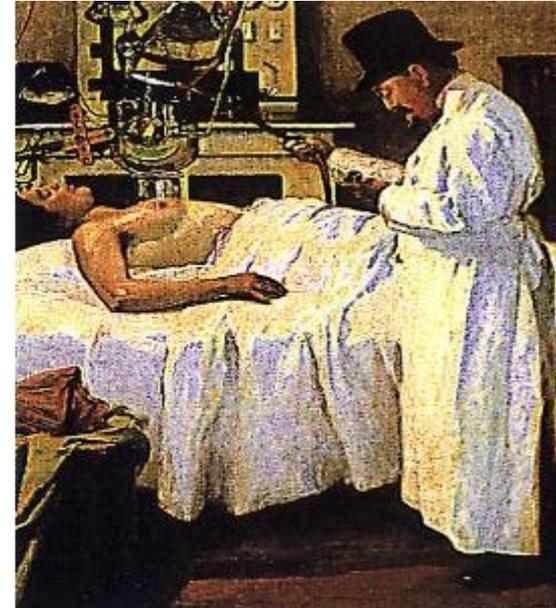


LES SOURCES MÉDICALES

UN PEU D'HISTOIRE



LES DÉBUTS DE
LA RADIOLOGIE



LES DÉBUTS DE
LA RADIOTHÉRAPIE

Un des premiers traitements
du cancer du sein par rayons X

LES SOURCES MÉDICALES

RADIODIAGNOSTIC



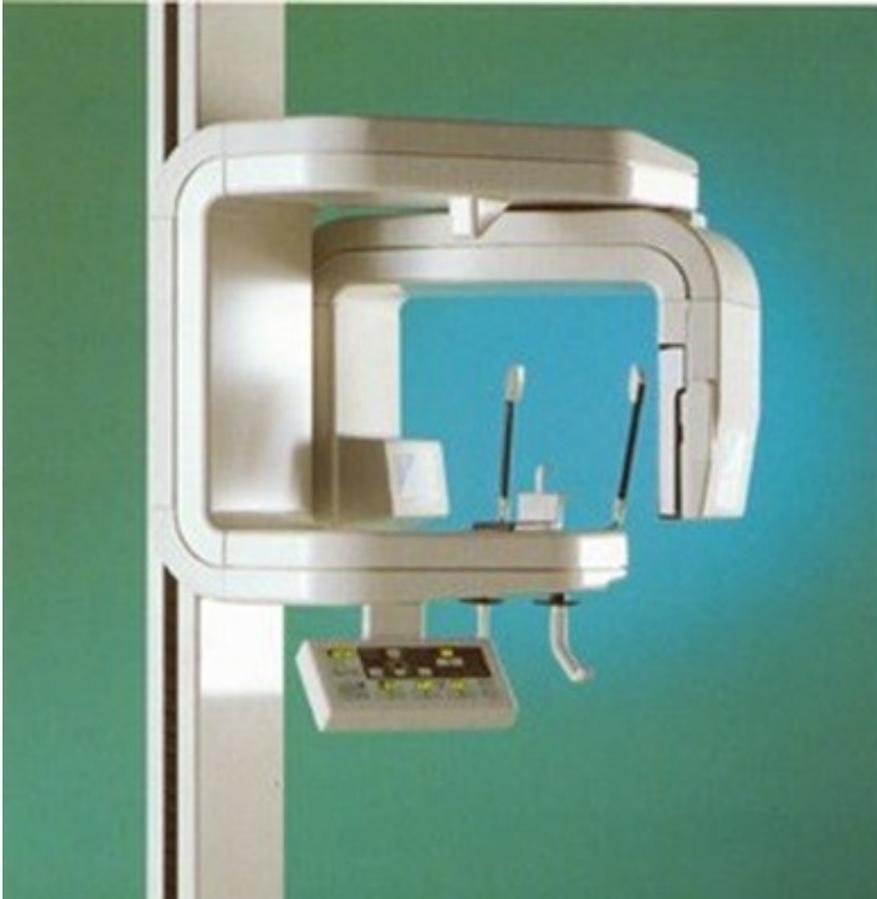
La mammographie



Radiographie des seins : mammographie

LES SOURCES MÉDICALES

RADIODIAGNOSTIC



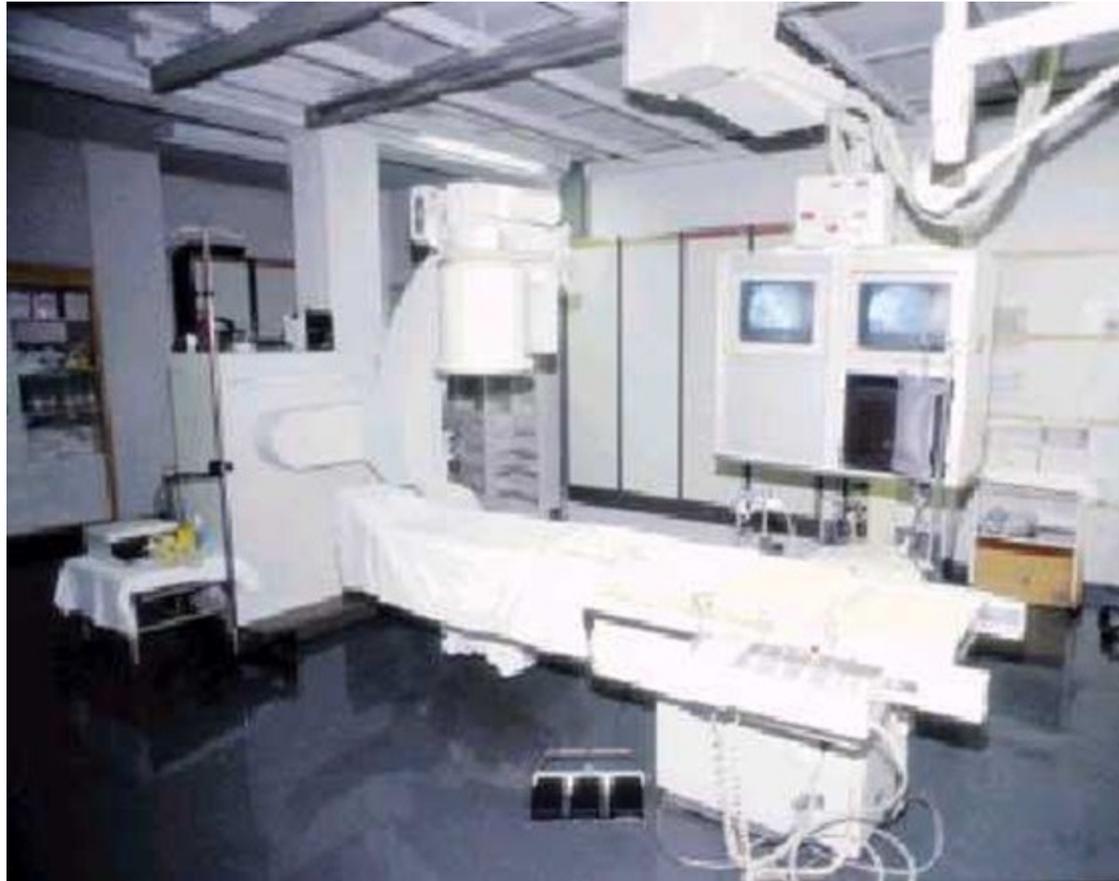
Pour les panoramiques
dentaires

environ 20 mSv à la peau



LES SOURCES MÉDICALES

RADIODIAGNOSTIC



Poste de chirurgie interventionnelle

LES SOURCES MÉDICALES

RADIODIAGNOSTIC

Chirurgie interventionnelle



Effet déterministe possible : Radio nécrose
Si trop d'émission de rayons x

LES SOURCES MÉDICALES

Chirurgie interventionnelle

RADIODIAGNOSTIC

Institut Hospitalier Jacques Cartier - 6, Avenue du Noyer Lambert - 91300 Massy

☎ 01 60 13 46 02, FAX: 01 60 13 46 03

⌚ http://www.icps.com.fr

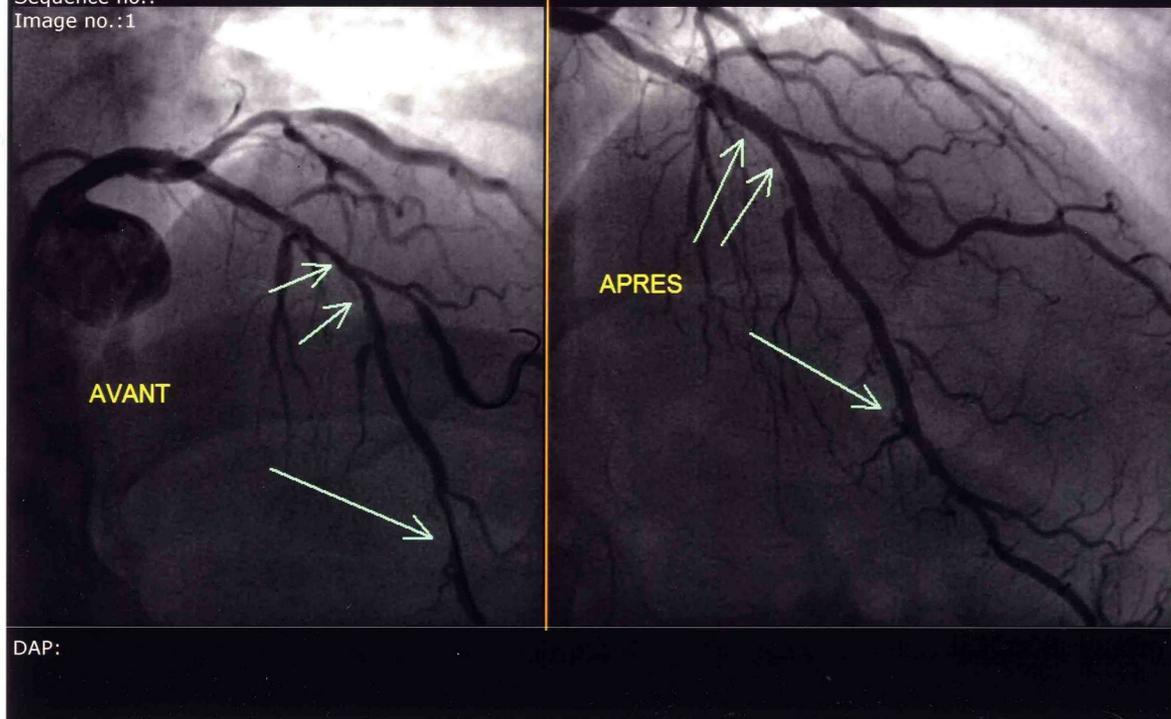


AMMERICH Marc - 75518-201011181640336 - 26.11.1957 - M - 16.52.33 18.11.2010

AMMERICH Marc 75518-201011181640336
26.11.1957 M

18.11.2010 16:52:33

Sequence no.:
Image no.:1



DAP:

Imprime le 18.11.2010 à 17:57:57

⚠ = Attention image(s) traitée(s) !!!

Page 1/1



Mais ça
sauve la
Vie des
gens !

LES SOURCES MÉDICALES

RADIODIAGNOSTIC

Cela concerne la radiographie et AÜSSI la tomодensitométrie(scannographie)

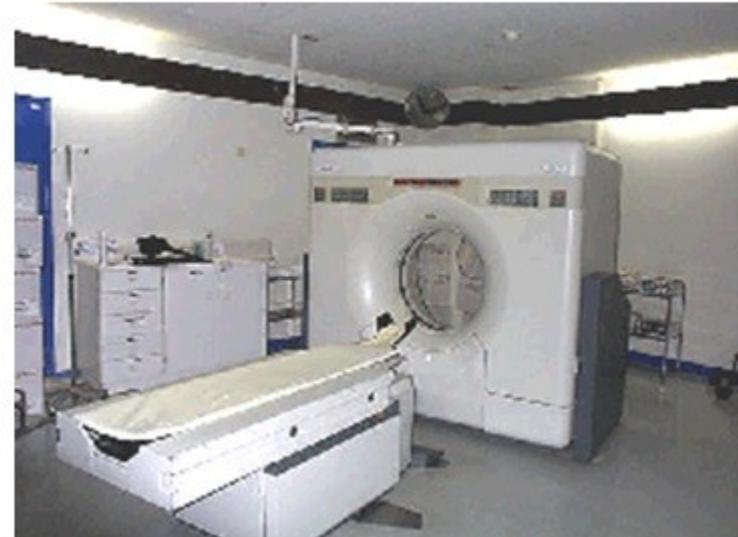


Photo SIEMENS

3 à 5 mSv par coupe ($x = 5 \text{ mm}$)
fonction de l'épaisseur

LES SOURCES MÉDICALES

Le scanner est un des examens radiologiques qui délivre une dose importante sur la partie exposée.

Les informations communiquées aux patients sont rarement compréhensibles. On parle de dose multipliée par une unité de longueur ou de surface.

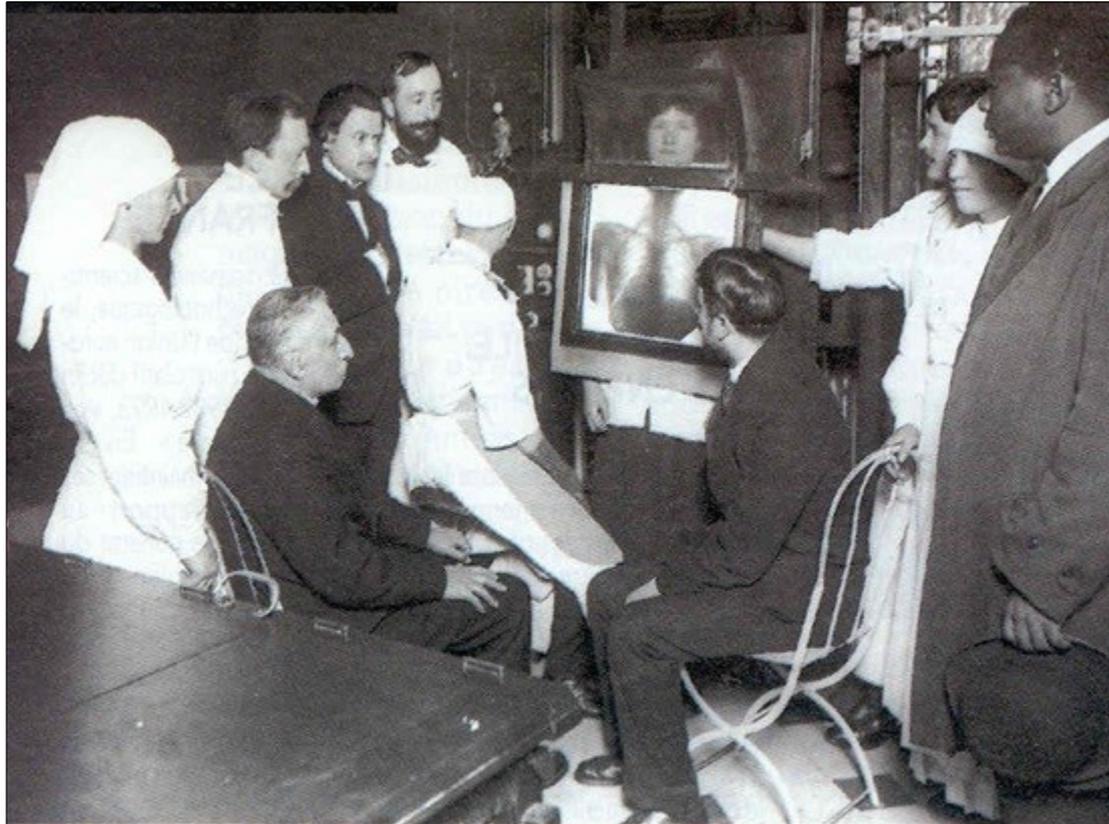
Même si vous êtes professionnel dans le domaine vous avez du mal à faire le lien avec les valeurs de dose que vous connaissez.

Pour un scanner abdominal, on considère que la dose reçue varie de 10 à 20 mSv (sur la partie exposée). On trouve sur des sites internet d'autres valeurs : scanner tête 2 mSv, scanner thorax 8 mSv, etc...



LES SOURCES MÉDICALES

RADIOSCOPIE EN 1910



Le jeu des sept erreurs



LES SOURCES MÉDICALES

Nous nous sommes longuement interrogés sur cette image peu banale. A en croire le cliché nous sommes en présence d'un cas rare : le cœur de la patiente est à droite (sistus inversus) !

Cette image à été utilisée, il y a bien longtemps pour la page de garde de la revue CONTRÔLE 143 de l'ASN.

Mais, mais, mais.... N'y aurait-il pas un trucage ?

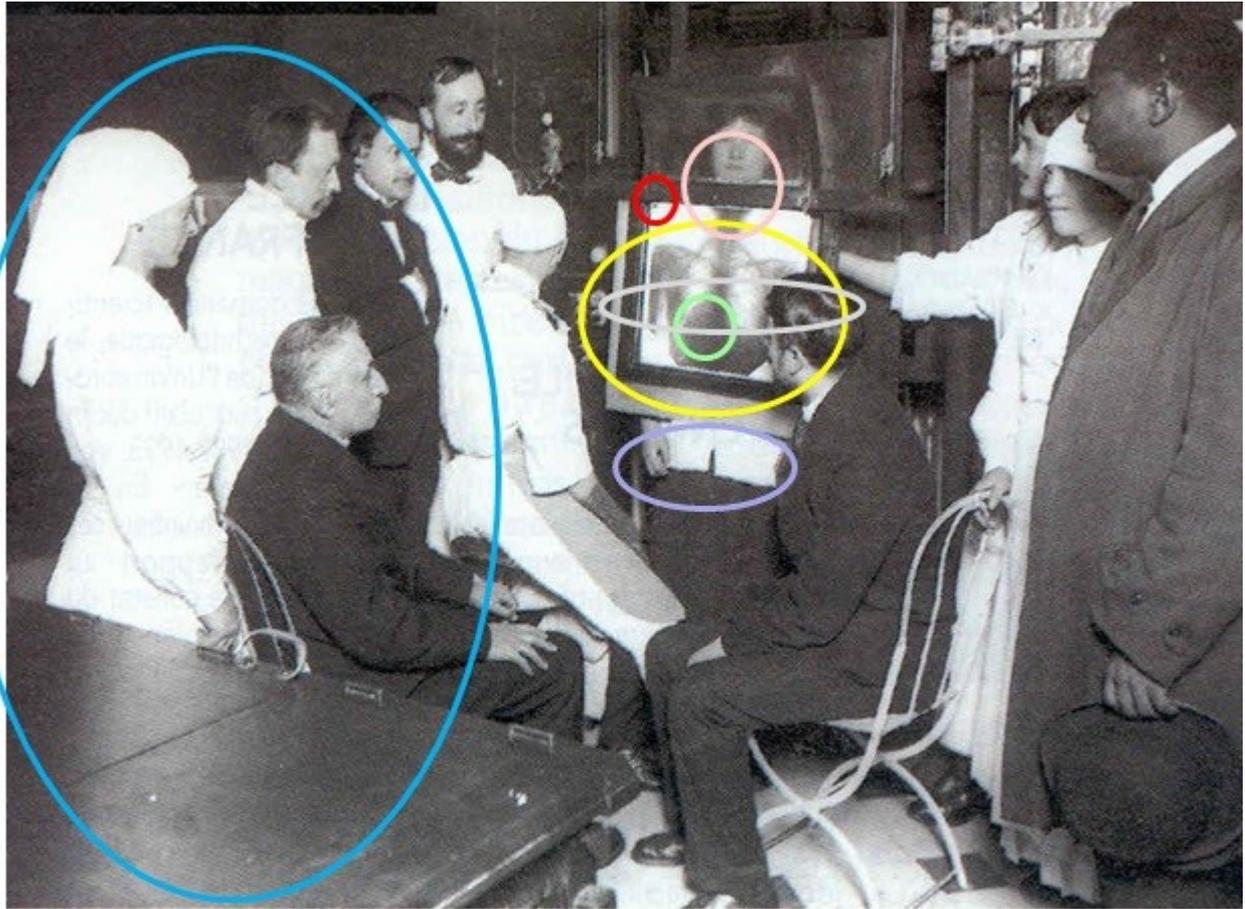
Nous allons vous donner nos hypothèses. Nous allons mettre des cercles de couleurs et expliquer pourquoi.

C'est un médecin du travail du CEA Fontenay aux roses, Roland LE GO qui avait été un des premiers à formuler cette analyse.



LES SOURCES MÉDICALES

RADIOSCOPIE EN 1910



Le jeu des sept erreurs

LES SOURCES MÉDICALES

Dans le cercle bleu ciel : En 1910 les appareils photographiques devaient être dans le noir pour avoir un beau contraste en noir et blanc et les temps de pose devaient être assez longs. Peu probable que l'image ait été prise avec le générateur X en fonctionnement,

Dans le cercle jaune : En 1910 un générateur à rayons X ne donnait pas un contraste aussi net en peu de temps, Donc même hypothèse que pour la photo.

Dans le cercle rouge on voit un point noir. Quand vous passez une radiographie, le manipulateur met un pion en plomb pour indiquer le sens. Ne



LES SOURCES MÉDICALES

Dans le cercle vert : le cœur est à droite

Dans le cercle rose : Le menton de la dame se trouve au dessus et en-dessous du cadre de l'appareil de radioscopie. Une cousine des frères Dalton ?

Dans le cercle mauve on voit que la dame est habillée. Était-ce l'usage à l'époque de porter des vêtements pour passer un examen radiologique ? Pas sûr quand on regarde d'autres illustrations, mais admettons.

Dans le cercle gris on devrait voir l'ombre des seins (puisque c'est une dame). On ne les distingue pas.



LES SOURCES MÉDICALES

Donc nous avons pensé qu'il s'agissait d'un faux, très bien mis en scène.

On a pris la radiographie d'un monsieur, on a en tiré un positif que l'on a placé à l'envers sur l'écran pour faire croire à un cœur à droite.

Mais il faut avouer que cela va dans le sens de la radioprotection comme on dit, car il est fort à parier que l'appareil était éteint. Heureusement car à l'époque 10 minutes (si on veut le contraste) d'exposition devait donner une dose conséquente.



LES SOURCES MÉDICALES

LA MÉDECINE NUCLÉAIRE

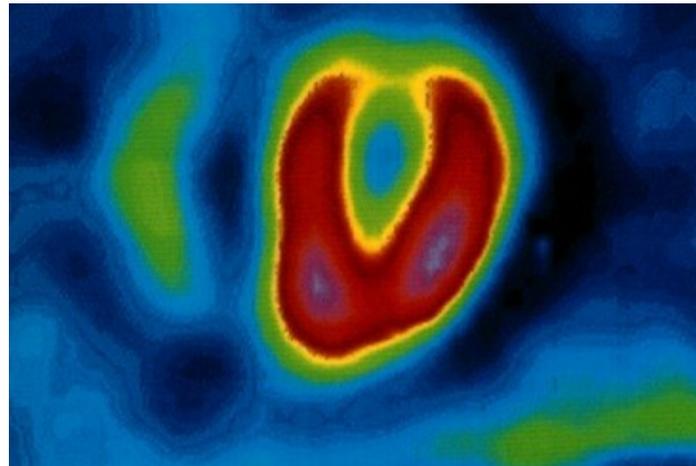
La médecine nucléaire (imagerie médicale et thérapie)

- Utilisation de radionucléides à vie courte
- Faibles doses en diagnostic, fortes en thérapie
- Durée de l'hospitalisation des patients
- Problème des déchets à éliminer par décroissance radioactive

Scintigraphie

cardiaque

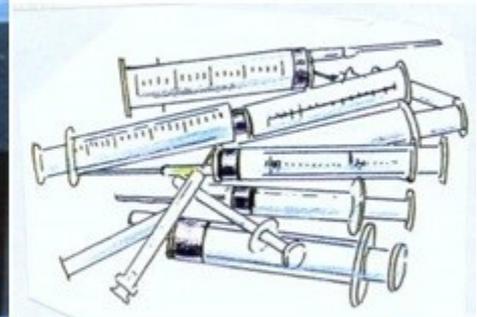
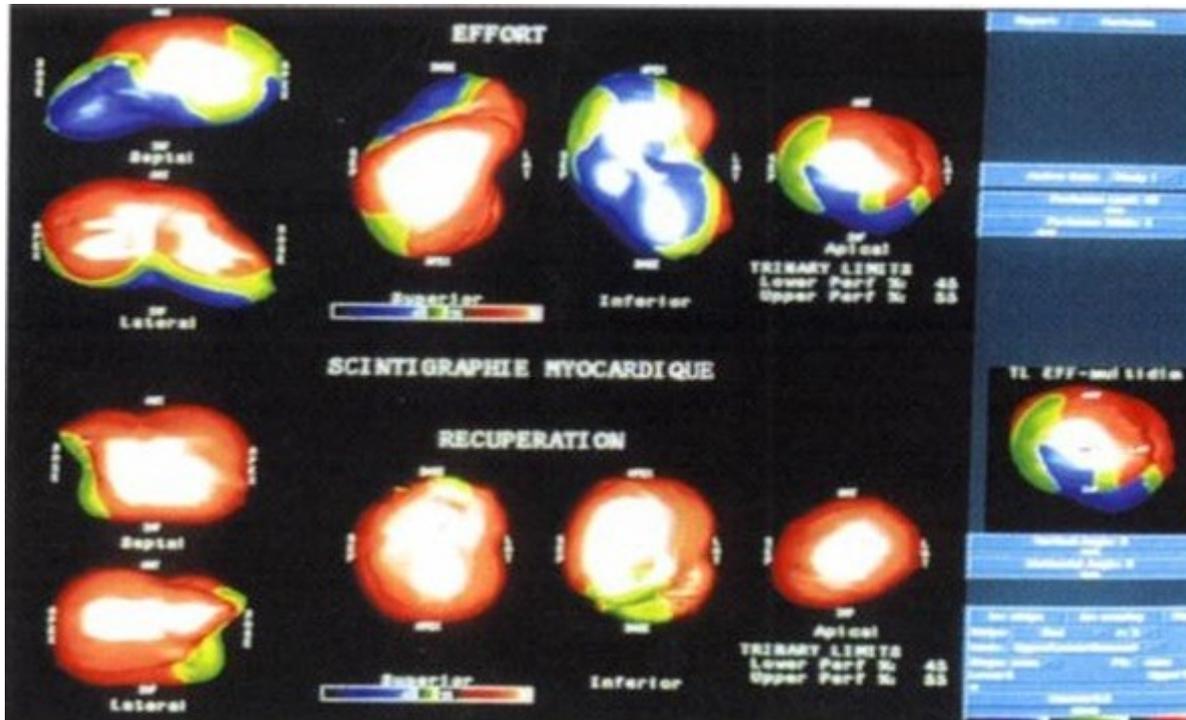
Thallium 201



LES SOURCES MÉDICALES

LA MÉDECINE NUCLÉAIRE

Injection de substances radioactives à des patients qui deviennent des sources radioactives artificielles.



LES SOURCES MÉDICALES

LA MÉDECINE NUCLÉAIRE

Détection du radionucléides avec une gamma caméra



Photo GE

La gamma caméra est, en fait, un détecteur à scintillations calé sur l'énergie du gamma à mesurer.

LES SOURCES MÉDICALES

LA MÉDECINE NUCLÉAIRE



Radiopharmaceutique

Photos CEA



Générateur de Tc-99m

LES SOURCES MÉDICALES

LA MEDECINE NUCLEAIRE

Nouvelle technique : Caméra à positon ou équipement de tomographie à positon TEP



Photos IBA

Radionucléide de très courte période produit par un cyclotron
Exemple : **Fluor-18** Période : **110 minutes**

LES SOURCES MÉDICALES

LA RADIOTHÉRAPIE

On utilise aujourd'hui en radiothérapie les accélérateurs de particules au détriment des appareils de cobaltothérapie (anciennement « bombe au cobalt ») – cas particuliers : gamma knife

On délivre, au maximum des doses de **80 Gy** en **15 séances** exposition sur la tumeur solide



Photo Siemens

LES SOURCES MÉDICALES

LA RADIOTHÉRAPIE



Photo: ELEKTRA

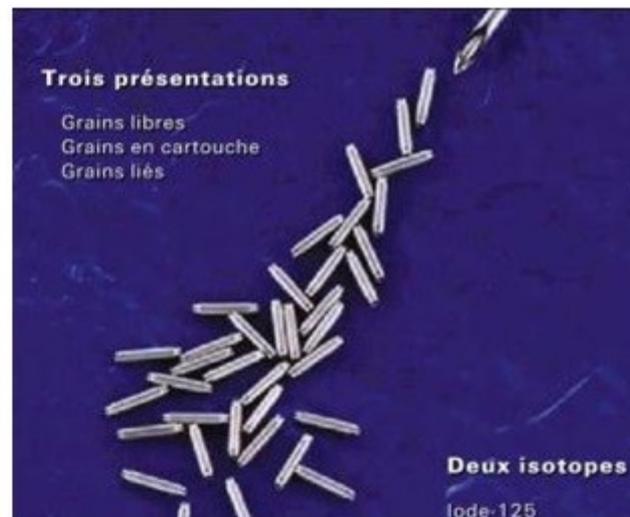
LES SOURCES MÉDICALES

LA CURIETHÉRAPIE

On implante des sources sous formes d'aiguilles ou de petits grains dans la tumeur du patient.



Sources d'iridium 192
Exemple : traitement de cancer
gynécologique



Sources d'iode 125
Exemple : traitement de cancer
de la prostate

PANORAMA DES SOURCES RADIOACTIVES

- Introduction
- La radioactivité naturelle
- Les autorisations de détention de sources de rayonnements
- Les sources médicales
- **Les sources industrielles**
- Les autres utilisations



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Il existe de très nombreuses applications de la radioactivité dans le domaine industriel, il serait présomptueux de vouloir en faire un catalogue exhaustif.

Vous allez quand même faire un périple, parfois surprenant, dans quelques industries utilisant des sources radioactives ou des générateurs de rayons X.

Avec également des applications historiques qui n'ont plus cours aujourd'hui.



LES SOURCES INDUSTRIELLES

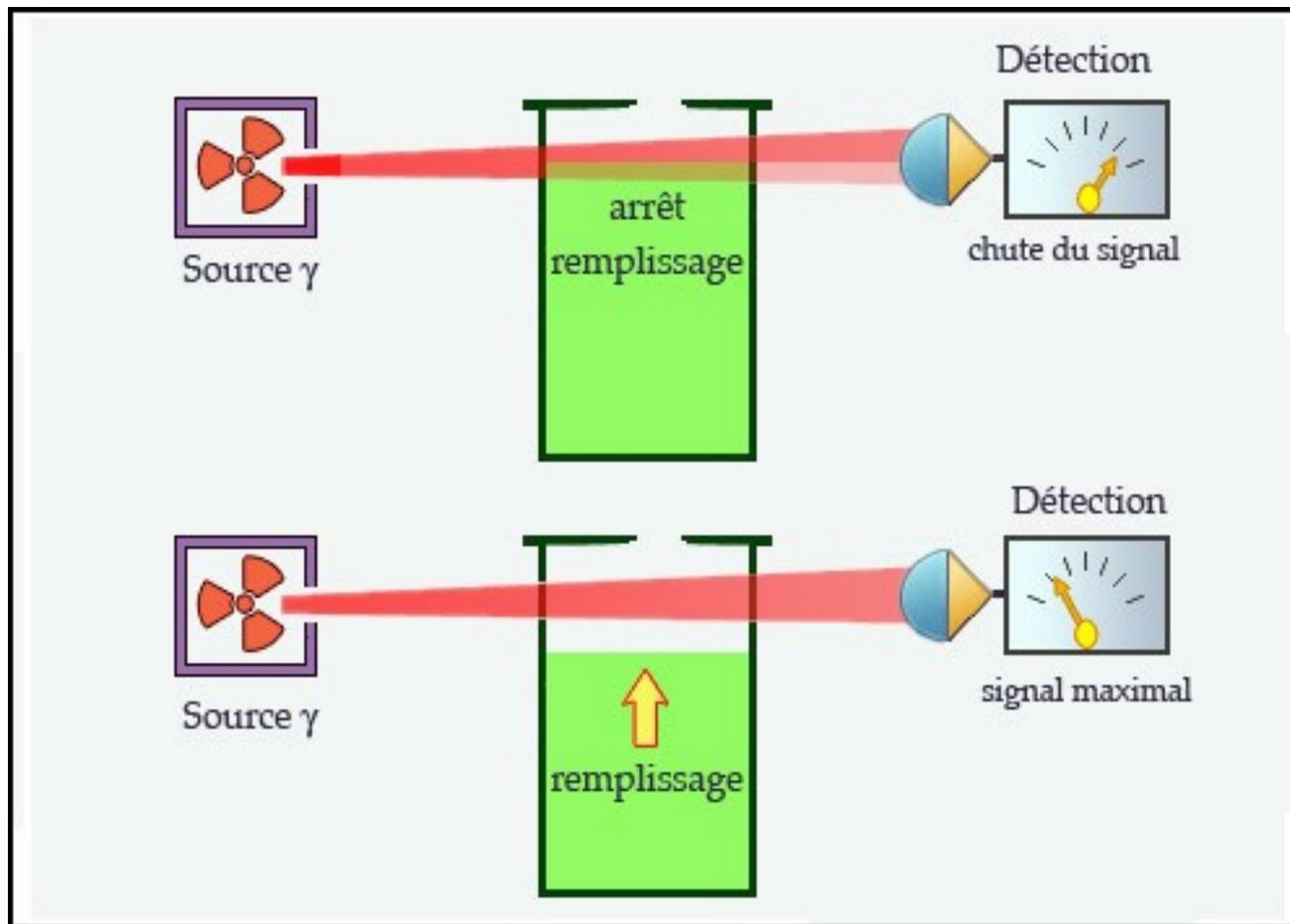
Les « **jauges** » représentent 70% des sources scellées. On appelle source scellée une source radioactive enfermée dans une enveloppe étanche.

Elles servent à réaliser des mesures d'épaisseur, de densité, de poids et de niveau. On trouve des sources d'activité moyenne installées à poste fixe.

Le principe en est le suivant : on mesure l'absorption des rayonnements par les matières, celle-ci étant proportionnelle aux épaisseurs et aux densités traversées.



LES SOURCES INDUSTRIELLES

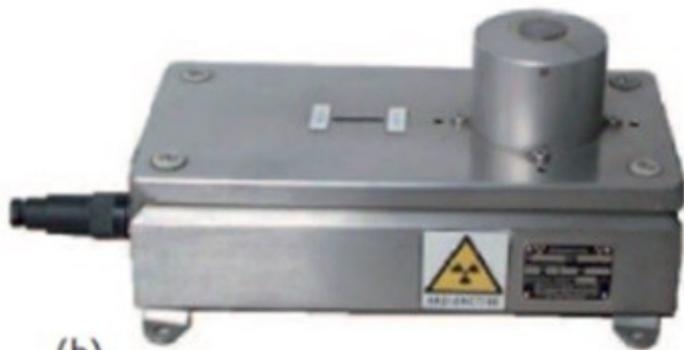


LES SOURCES INDUSTRIELLES



Les sources sont souvent du césium-137 pour les gros réservoirs. Pour les usines d'embouteillages on trouve de l'américium-241.

LES SOURCES INDUSTRIELLES



(b)

Jauges d'épaisseur
pour le papier.

LES SOURCES INDUSTRIELLES



Jauge de niveau
pour le pétrole



Exemple de détecteur
de fumée

Activité par objet : 4,5 kBq

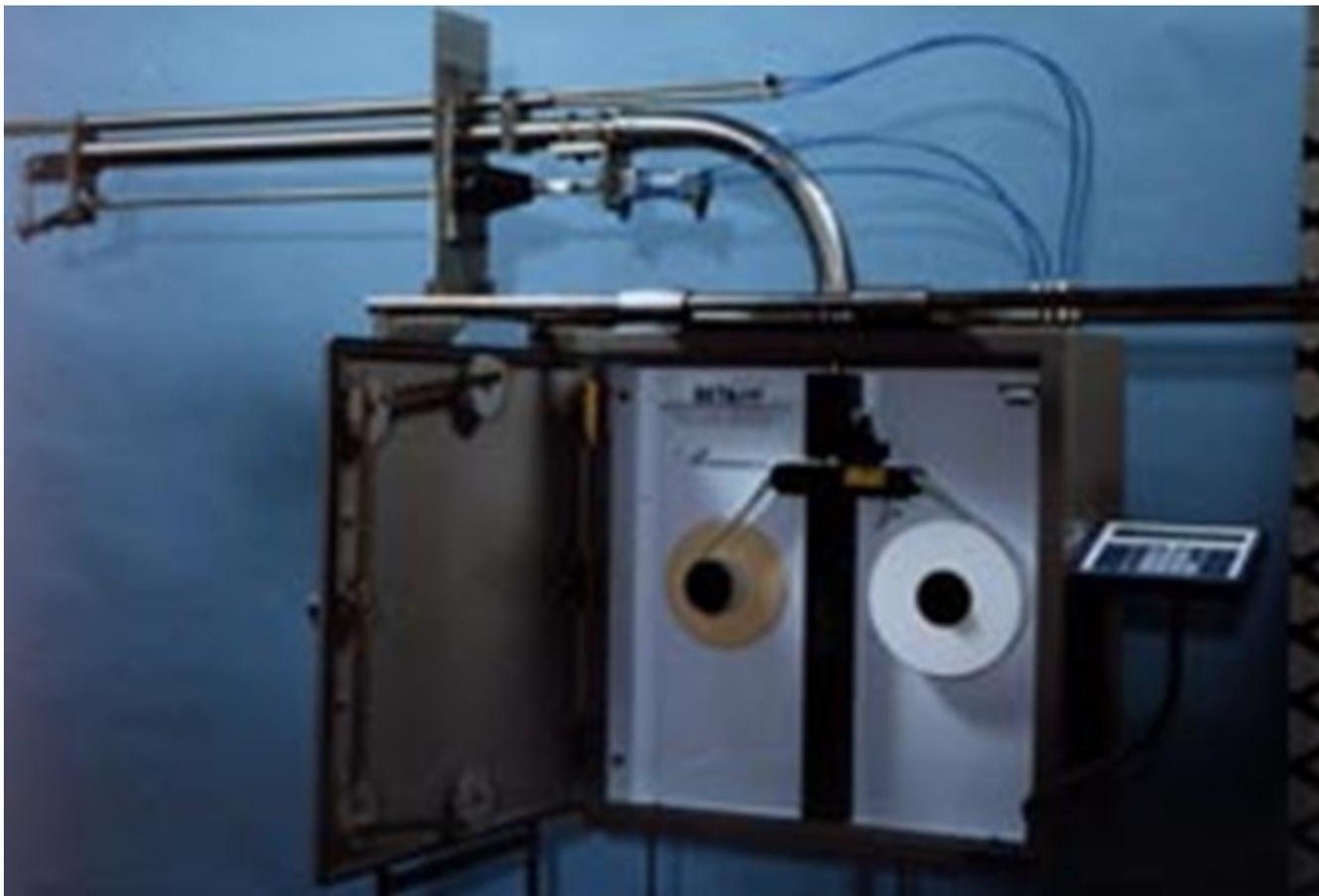
LES SOURCES INDUSTRIELLES



L'appareil et son caisson de transport

Humidimètre / Densitomètre : Travaux publics
Source de césium-137 et de neutrons (Américium-Béryllium)

LES SOURCES INDUSTRIELLES



Analyseur de l'air : source de carbone-14

LES SOURCES INDUSTRIELLES

C'est un des meilleurs compromis technique / prix pour traverser des réservoirs opaques. De ce fait, la liste des utilisateurs est très variée (**et elle n'est pas exhaustive ici, loin de là**) :

Orangina, Coca-Cola, etc...

Pelforth, Heineken, etc...

Total, Elf, Antargaz, etc...

Danone, Mamie Nova, etc...

Beguin-Say, Saint-Louis sucre, etc...

Distillerie Rivière du mat,

Seita

Dupont de Nemours

Etc...



LES SOURCES INDUSTRIELLES

La gammagraphie :

Les gammagraphes servent au contrôle non destructif de tuyauteries et en particulier de soudures dans les centrales nucléaires, dans les usines pétrochimiques, sur les conduites de gaz.

Ce sont des sources de haute activité (plus de 1000 milliards de becquerels – 1000 gigabecquerels).

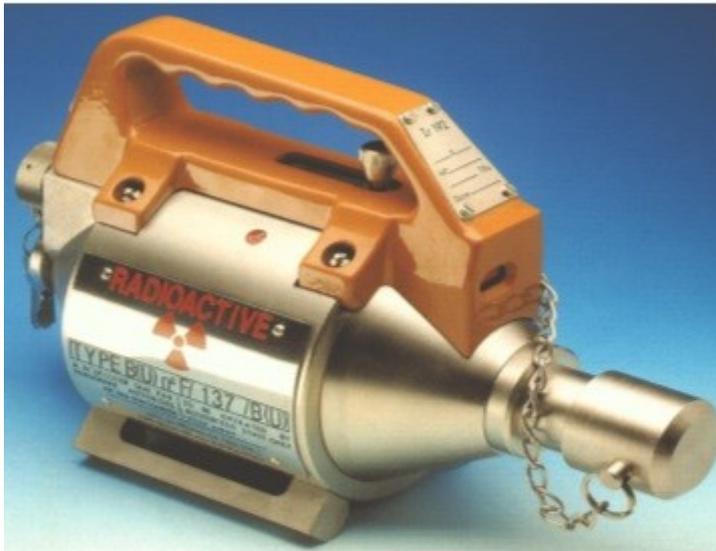
Elles requièrent un certificat d'aptitude à manipuler les appareils de radiologie industrielle (CAMARI). Il y a en effet des risques liés au transport (accidents, vols) et à la manipulation (accidents mortels).

Pour obtenir ce certificat il faut suivre une formation sanctionnée par un examen à l'IRSN.

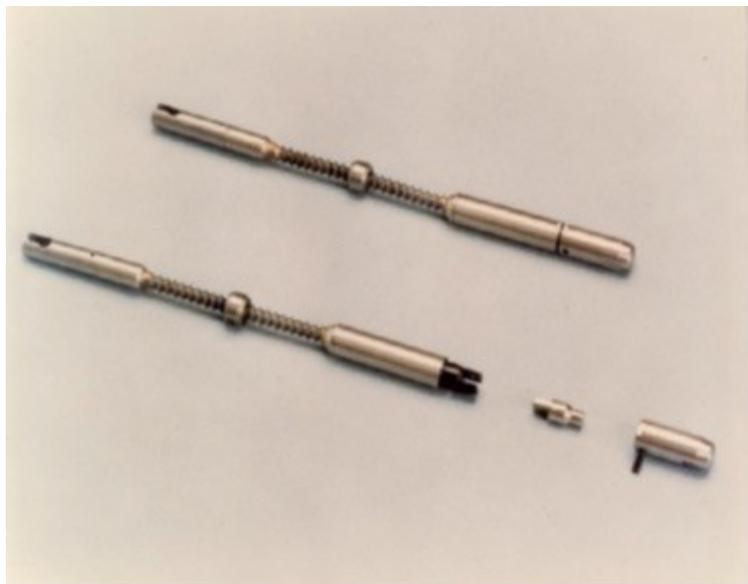


LES SOURCES INDUSTRIELLES

Les gammagraphes (contrôles non destructifs)
(6% des sources)- 850 appareils en France



LES SOURCES INDUSTRIELLES



LES SOURCES INDUSTRIELLES

On se sert également de générateurs X pour ces contrôles non destructifs.

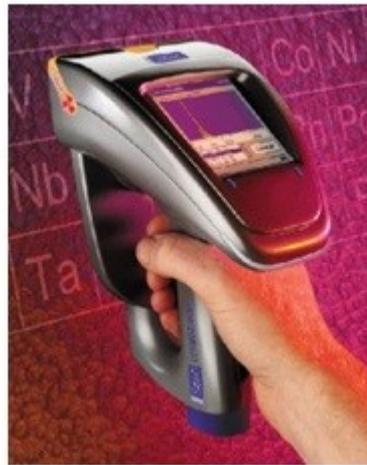


LES SOURCES INDUSTRIELLES

Les analyseurs de plomb:

Obligation pour les vendeurs (immobilier) de faire un diagnostic plomb dans la peinture afin de prévenir le saturnisme. Ce sont des sources de faible activité mais très diffusées et dans le cadre d'une utilisation « grand public »

EXPLOSION DU MARCHÉ



LES SOURCES INDUSTRIELLES

La stérilisation de différents produits:

Appelée aussi ionisation, cette technique consiste à exposer des aliments à un flux de rayonnements photoniques ou électroniques qui détruisent les micro-organismes pathogènes, prolongeant ainsi la durée de conservation de ces produits.

Un logo doit être apposé sur les produits irradiés.



LES SOURCES INDUSTRIELLES

La stérilisation de matériels médicaux:

Cette technique consiste à exposer des produits médicaux pour les stériliser avec un flux de rayonnements photoniques ou électroniques qui détruisent les micro-organismes pathogènes. Les doses sont autour de 15 000 Gy.

Utilisation de film changeant de couleur après irradiation



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Conservation du patrimoine historique:

Cette technique consiste à exposer les objets à de fortes doses pour les stériliser avec un flux de rayonnements photoniques qui détruisent les micro-organismes pathogènes. Les doses sont autour de 15 000 Gy.

En 1977 la momie de Ramsès a été stérilisée au centre CEA de Saclay pour enlever bactéries, champignons et insectes.



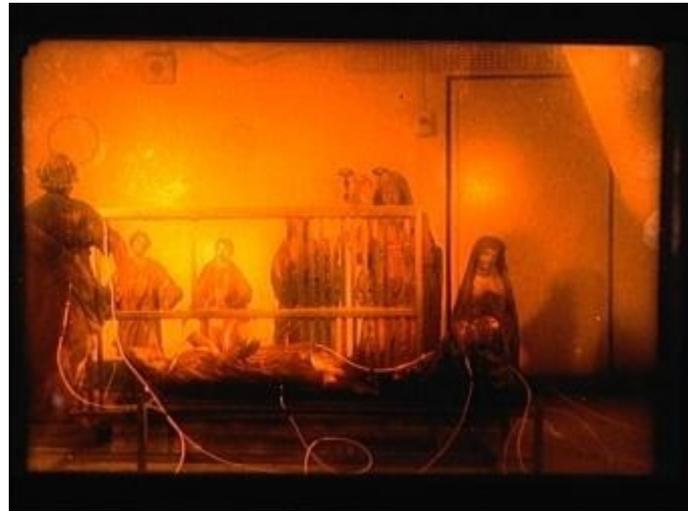
LES SOURCES INDUSTRIELLES

Conservation du patrimoine historique:

L'installation ARC-NUCLEART à Grenoble

Cela a commencé par le traitement de consolidation avec des résines radiodurcissables du parquet historique de l'hôtel du connétable de Lesdiguières à Grenoble (diapositive suivante).
Autre exemple connu : la grande galerie du muséum d'histoire naturelle à Paris

CELLULE
D'IRRADIATION
ARC NUCLEART
Grenoble



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Conservation du patrimoine historique:
L'installation ARC-NUCLEART à Grenoble



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Conservation du patrimoine historique:

L'installation ARC-NUCLEART à Grenoble



Bureau, XVIIIe s.,
Héberiste Hache, Grenoble



Saint Louis, XVIIe s.,
L'Ambergement-de-Varey



Appareil cosmographique, 18th c.,
La Côte-Saint-André



Alto, XVIIIe s.,
Mirecourt

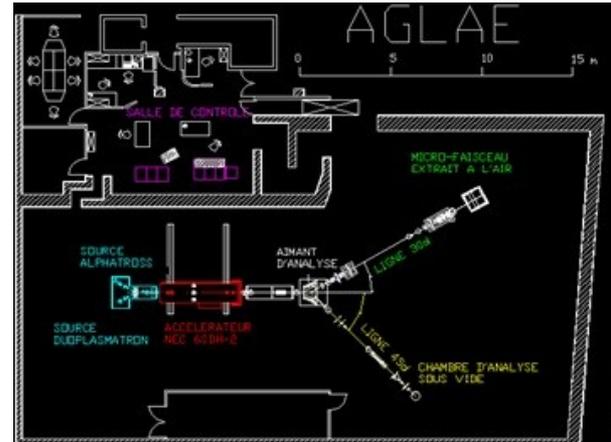
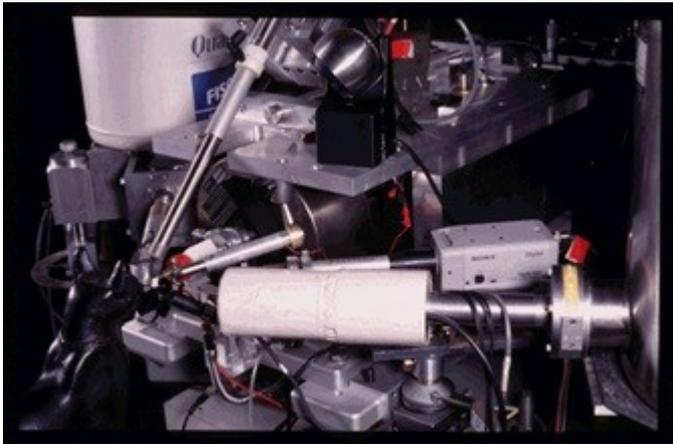


Bébé mammoth Khroma
(traitement bactéricide, 2010)

LES SOURCES INDUSTRIELLES

Conservation du patrimoine historique :

Le Musée du Louvre : Analyse d'œuvres d'art pour en voir la composition ou les défauts non apparents.



Générateur VAN DE GRAAF
AGLAE
Musée du Louvre

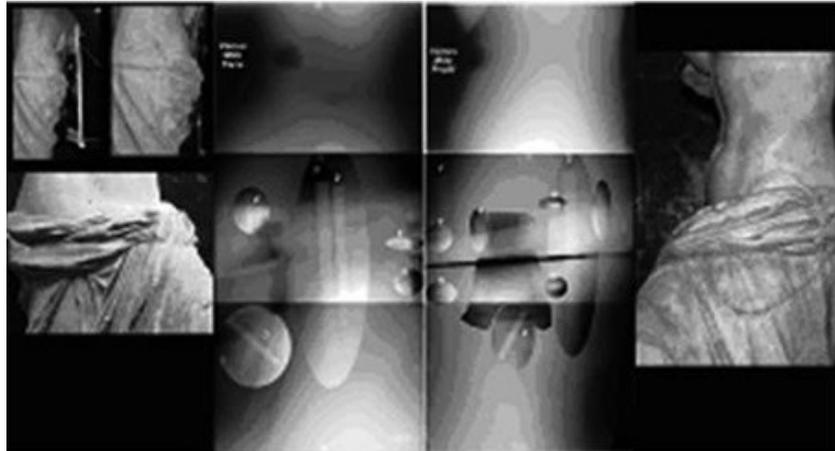


LES SOURCES INDUSTRIELLES

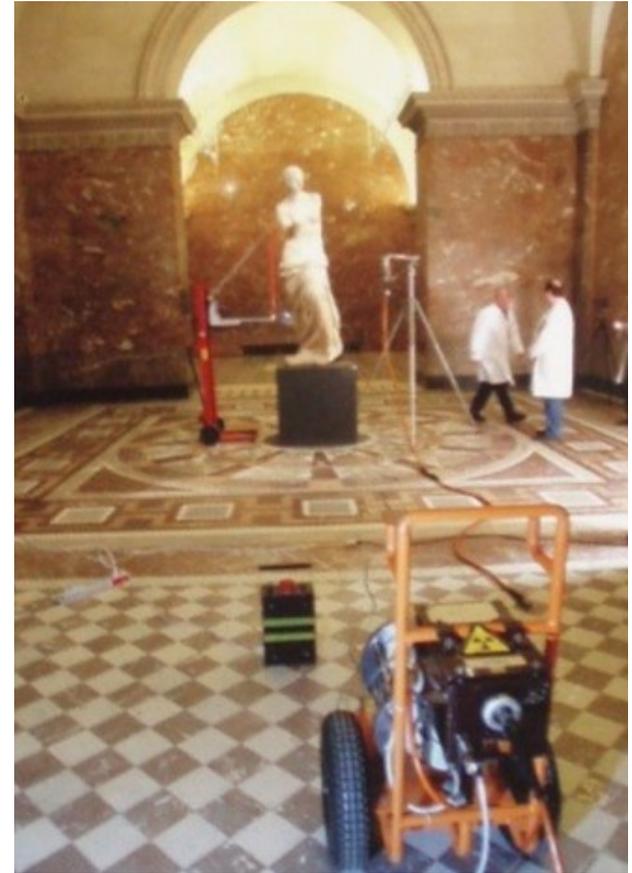
Conservation du patrimoine historique :

Le Musée du Louvre :

La venus de Milo
Musée du Louvre



Qui contient des cavités
Et des pièces métalliques



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Conservation du patrimoine historique :

Analyse d'œuvres d'art pour en voir la composition ou les défauts non apparents.



Radiographie du
masque de
Toutankhamon

LES SOURCES INDUSTRIELLES

Amélioration pour les produits de la vie courante: Les contrôleurs de bagages

Que se soit pour une vérification systématique des bagages ou pour déterminer le contenu de colis suspects, les rayonnements ionisants sont utilisés en permanence.



Cet usage remonte d'ailleurs au début de l'histoire des rayons X, comme le montre cette photographie tirée de la revue « l'illustration ».

LES SOURCES INDUSTRIELLES

Amélioration pour les produits de la vie courante:
Les contrôleurs de bagages – les appareils actuels



Certains dépassent les 100 mGy/h en fonctionnement



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Amélioration pour les produits de la vie courante:
Les contrôleurs de bagages
En 2004 de petits plaisantins...

leprogres.fr

Article du jeudi 26 février 2004

Correctionnelle : bizutage aux rayons X

A l'aéroport de Lyon-Saint-Exupéry, les quatre vérificateurs de bagages à soute bizutaient leurs collègues féminines en les faisant passer dans les appareils de détection Déclarés coupables de « mise en danger d'autrui », ils ont écopé, hier, de 6 mois de prison avec sursis.



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Amélioration pour les produits de la vie courante:
Les contrôleurs des conteneurs (camions, trains, bateaux)

Le programme CSI à Marseille

Le port de Marseille est avec le Havre, le seul port français à avoir été sélectionné par les douanes américaines pour la mise en œuvre du programme CSI.

Depuis le 7 janvier 2005, trois agents, relevant de « l'US Customs and Border Protection », forment la première équipe américaine de ciblage, installée sur le site portuaire de Marseille-Fos.

Le 14 juin 2005, Eric Brassart, directeur général du Port autonome de Marseille, et Michel Aïme, directeur interrégional de Méditerranée, ont signé à Fos-sur-mer, un contrat fixant les conditions d'utilisation d'un scanner mobile, destiné à lutter contre le terrorisme international et les trafics illicites. Ce nouvel équipement a une capacité de traitement de 10 à 18 conteneurs par heure et sa puissance lui permet de pénétrer des aciers de 270 mm d'épaisseur.

Financé par l'établissement public portuaire, ce scanner sera exploité par les agents de la BSE de Port-Saint-Louis du Rhône dont les effectifs ont été portés de 15 à 30.

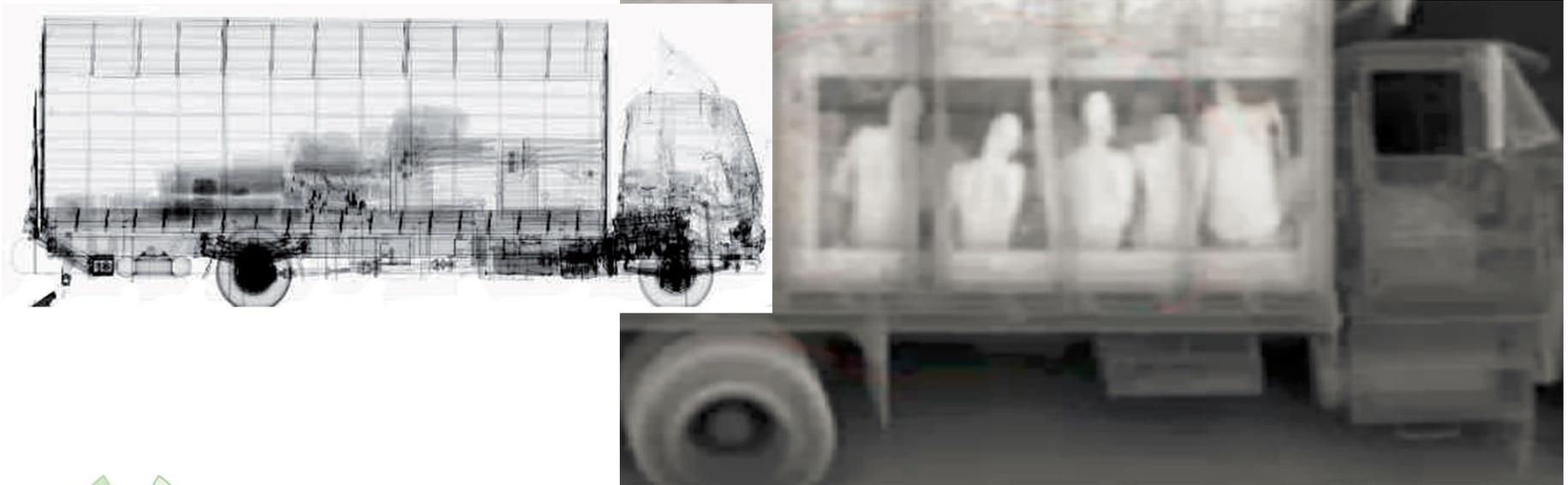
(source : DI de Méditerranée)



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Amélioration pour les produits de la vie courante:
Les contrôleurs des conteneurs (camions, trains, bateaux)

Les contrôles des camions montrent parfois qu'il y a des personnes à l'intérieur.



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Amélioration pour les produits de la vie courante:
Les contrôleurs de boîtes de conserves



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Les pseudo-améliorations pour les produits de la vie courante

Les paratonnerres

Utilisation de sources radioactives dans les paratonnerres

Aucune utilité !!

Utilisation du radium
sur 45000 paratonnerres
seul 50 % ont été récupérés

Sources scellées



Qui peuvent devenir des
Sources non scellées



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Les pseudo-améliorations pour les produits de la vie courante Les pédascopes

Ces appareils appelés « radio-chaussureurs » ou « pédascopes » permettaient, par radioscopie, de s'assurer que les pieds étaient « à l'aise » dans les chaussures, particulièrement pour les enfants. On les trouvait donc chez les marchands de chaussures dans les années 1930–1950.

Interdits dans la pratique aux États-Unis vers 1950, ces appareils ont continué à être utilisés au Canada et en Grande-Bretagne jusqu'en 1970.



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Utilisation de sources non scellées dans le domaine industriel:

C'est la recherche et en particulier le domaine de la biologie et de la pharmacutique qui utilisent beaucoup de radionucléides (voir la diapositive sur les autorisations de détention de sources).

L'utilisation de techniques d'analyse sans radioactivité sont en constante progression. Cela répond au principe de justification.



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Ce sont essentiellement des émetteurs bêta avec des atomes, comme l'hydrogène (tritium), le carbone-14, le phosphore-32, le phosphore-33, le soufre 35, entrant dans la composition du vivant.

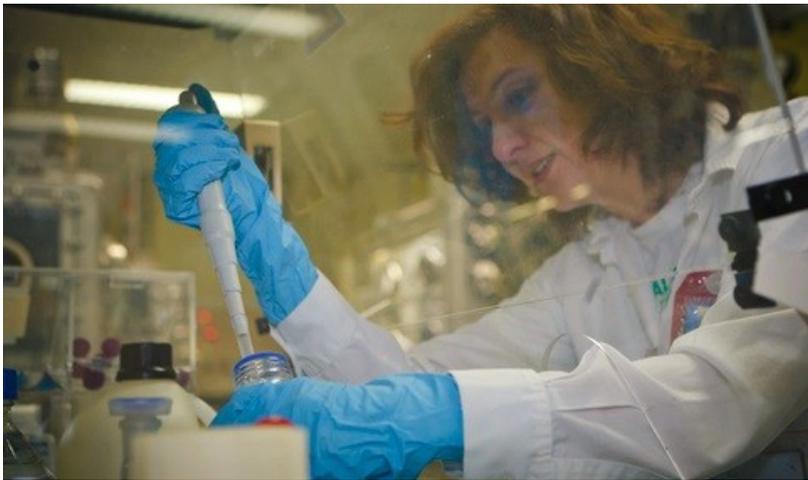


Photo: CEA



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Exemple : séquençage de l'ADN



LES SOURCES INDUSTRIELLES



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Étude de l'homogénéité du bitume
(marquage avec du Technétium99m)
Technique qui n'est plus autorisée



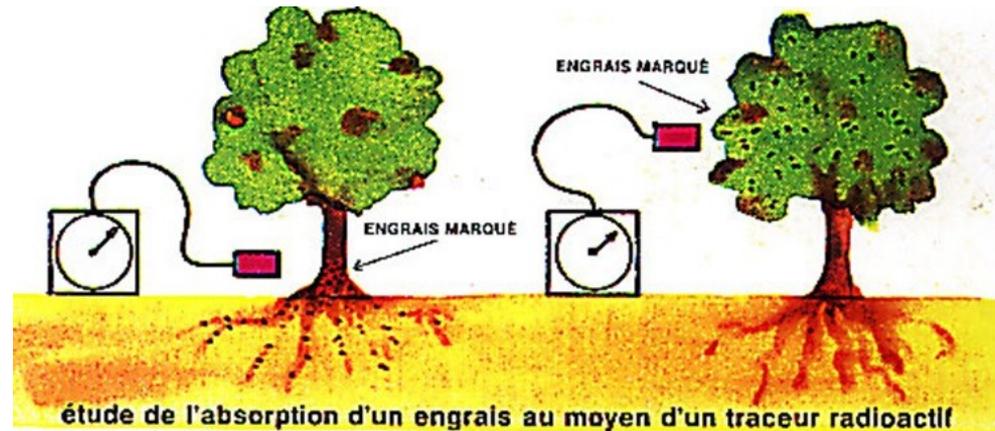
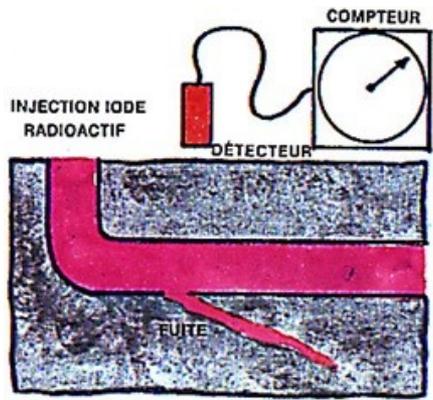
Photos B. Carrez

LES SOURCES INDUSTRIELLES

Exemple : Étude de la vitesse du déplacement de produits dans des circuits d'usines chimiques, recherche de fuites.

C'est également une technique qui disparaît au profit de techniques n'utilisant plus de radioactivité.

C'est aussi le cas pour des études agronomiques pour voir la migration des produits chimiques dans un végétal.



LES SOURCES INDUSTRIELLES

Un principe de justification qui s'est appliqué depuis la fin du vingtième siècle : les consignes lumineuses des avions.

Auparavant ces « plaquettes » étaient radioactives, contenant pour les plus radioactives **370 GBq** de tritium (10 Ci). Pour mémoire le seuil d'exemption du tritium est 1 GBq.



LES SOURCES INDUSTRIELLES

C'est encore, pour l'instant, un des meilleurs compromis technique / résultat scientifique. Mais les techniques dites « froides » sont en progression.

De ce fait, la liste des utilisateurs est très variée (**et elle n'est pas exhaustive ici, loin de là**) :

Inserm, Inra, Sanofi-Aventis, Pasteur-Mérieux,
Glaxo Smith-Klein, Upjohn Pharmacia,
Pierre Fabre Santé, etc...

Laboratoire de la Police Scientifique, etc...

L'Oréal, etc...

Etc...



PANORAMA DES SOURCES RADIOACTIVES

- Introduction
- La radioactivité naturelle
- Les autorisations de détention de sources de rayonnements
- Les sources médicales
- Les sources industrielles
- **Les autres utilisations**

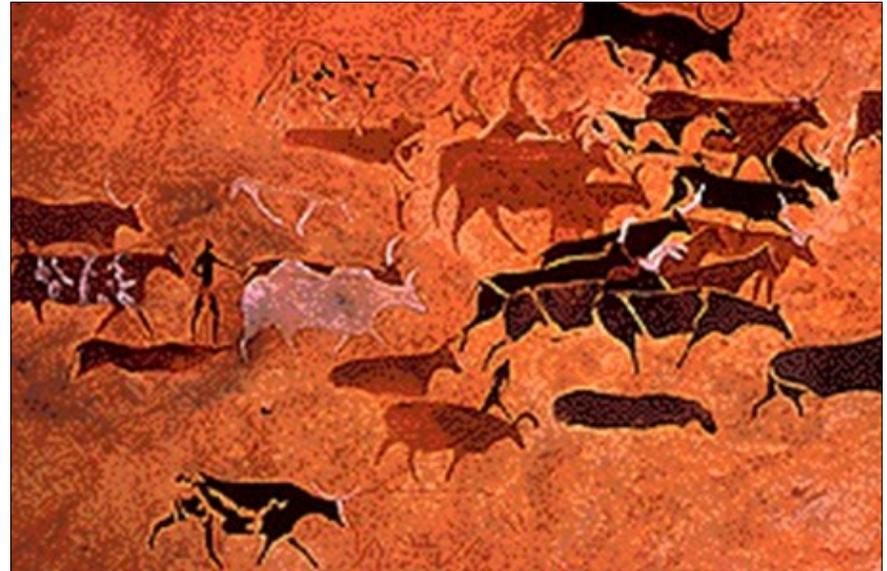


LES AUTRES UTILISATIONS

La datation avec des radionucléides :

Le carbone 14 est l'élément le plus connu. D'autres atomes radioactifs peuvent être utilisés.

Sa période radioactive de 5730 ans permet de faire l'étude de l'histoire de l'Homme et de ses réalisations, comme les petits morceaux de charbons de bois qui ont été utilisés pour peintures de la grotte de Lascaux datant d'environ 18 000 ans.



LES AUTRES UTILISATIONS

L'utilisation de produits **non autorisés** :

Exemple : montres marquées au prométhéum 147.

Ce produit radioactif est en fait une radioactivité ajoutée de manière délibérée à des produits à usage domestique comme des montres.



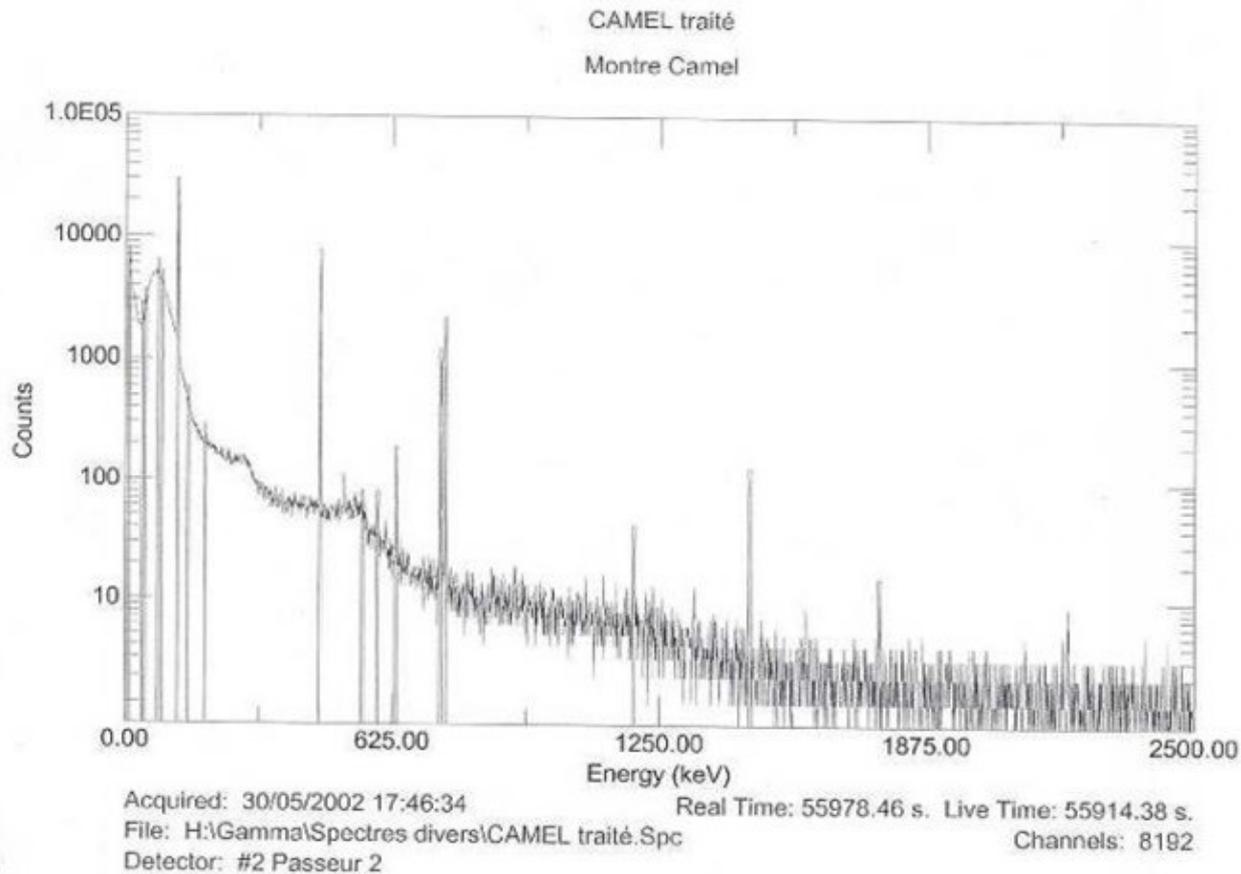
Camel trophy Yema Besançon (Yema dose !)

Pour l'anecdote les deux montres appartenaient à des inspecteurs ASN détectées lors d'un TP en formation.



LES AUTRES UTILISATIONS

L'utilisation de produits **non autorisés** :
Spectre d'une montre Camel:



LES AUTRES UTILISATIONS

L'utilisation de produits **non autorisés** :

Production de **TOPAZES** par irradiation neutronique

Radionucléides détectés :

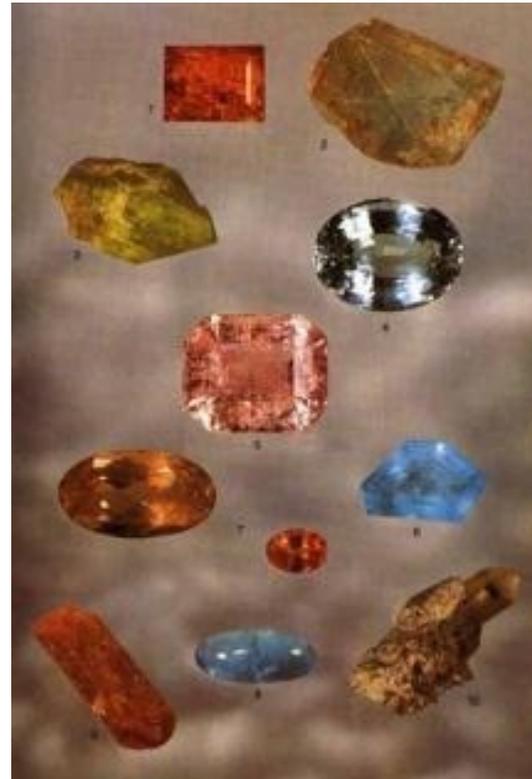
Tantale 182,

Manganèse 54,

Zinc 65

Activité max observée :

2600 Bq/g



LES AUTRES UTILISATIONS

La découverte de produits radioactifs venant de l'étranger:

2001 : Des bennes radioactives. Un fabricant essonnien a eu une surprise !

La matière radioactive était du cobalt 60. Elle était contenue directement dans 2 poutres de renfort situées derrière une tôle soudée. La matière radioactive s'est trouvée intimement mêlée à l'acier dans le four de l'aciérie lors de la coulée. La benne a été laissée sur place et son propriétaire averti de l'incident.

Les bennes ont été fabriquées en **Pologne**. Les modifications intervenues dans l'entreprise de l'Essonne ne concernent pas normalement le caisson par lui-même.



LES AUTRES UTILISATIONS



LES AUTRES UTILISATIONS

La découverte de produits radioactifs venant de l'étranger:

Les boutons d'ascenseur de chez OTIS en 2008.

Le fabricant d'ascenseurs Otis, principal client de l'entreprise **Mafelec** en Isère qui a livré des boutons radioactifs, a lancé une vaste opération de retrait des pièces dans plus de 500 appareils. Il s'agit d'une opération de retrait par précaution car ces boutons radioactifs d'ascenseurs seraient a priori sans danger pour les utilisateurs.

Sur les « milliers de boutons » qui ont été livré au fabricant d'ascenseurs par Mafelec, seulement 20% se sont Révélés radioactifs, selon la société Otis.



LES AUTRES UTILISATIONS

La découverte de produits radioactifs venant de l'étranger:
Les pendentifs radioactifs découverts par la CRIIRAD en décembre 2015.

Des pendentifs dits « énergétiques » sont censés apporter bien-être et santé aux consommateurs grâce aux émissions d'ions négatifs qu'ils produisent. Les notices de présentation soulignent que les objets peuvent être portés de jour comme de nuit, par des adultes ou des enfants. Rien ne met en garde contre la présence de radioactivité.

Certains sites affirment même que ces objets ne sont pas radioactifs : ils n'émettent aucune radiation et en protègent au contraire ceux qui les portent.



LES AUTRES UTILISATIONS

Les analyses effectuées par le laboratoire de la CRIIRAD ont révélé que les objets contrôlés ont des niveaux de radioactivité naturelle anormalement élevés qui les apparentent à du minerai radioactif.

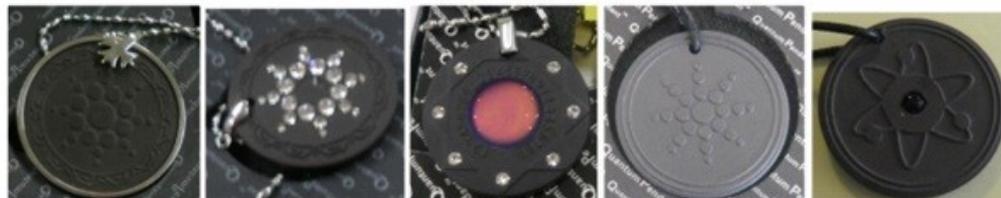
Les concentrations en produits radioactifs des chaînes de l'uranium 238 et du thorium 232 sont de l'ordre de 100 fois à 10 000 fois supérieures à l'activité moyenne des sols !

Les activités massiques totales (somme des activités des 24 radionucléides) varient de 230 Bq/g pour le médaillon le moins actif à 2 400 Bq/g pour le plus actif. S'il s'agissait de déchets, ils entreraient dans la catégorie des déchets radioactifs, et plus précisément dans la catégorie des déchets radioactifs FA-VL.



LES AUTRES UTILISATIONS

Les pendentifs :



Les modèles commercialisés comportent toute sorte de gravures, avec ou sans incrustations :



LES AUTRES UTILISATIONS

Les pendentifs :

Contrôles CRIIRAD sur des Pendentifs Quantum Science	Débit de dose équivalente à la peau : Hp(0,07)	Dose équivalente à la peau cumulée sur un an				Temps de port quotidien pour une dose de 50 mSv
		maximum théorique 24h/24	port quotidien de 7h à 22h 15h/24	port quotidien de 8h à 18h 10h/24	port quotidien sur 2 mois de 7h à 22h	
Pendentif le moins actif	9 μ Sv/h	79 mSv/an	49 mSv/an	33 mSv/an	8 mSv/an	15,2 h/j
Pendentif "non radioactif"	22,5 μ Sv/h	197 mSv/an	123 mSv/an	82 mSv/an	20 mSv/an	6,1 h/j
Pendentif le plus actif	55 μ Sv/h	482 mSv/an	301 mSv/an	201 mSv/an	50 mSv/an	2,5 h/j

On constate qu'en portant le pendentif le plus actif à l'année, c'est une dose reçue à la peau de près de **500 mSv**. Pour mémoire la limite d'exposition pour le public est dix fois plus faible.



LES AUTRES UTILISATIONS

La CRIIRAD vient également de mettre en évidence des objets porteurs de radioactivité en quantité importante :

Les **disques « d'énergie quantique »**. Universelle panacée ?



Le disque que nous avons commandé pour analyse a été livré accompagné d'un petit coupon de papier que nous reproduisons ci-dessous :

Disque d'énergie Quantique aux ions négatifs

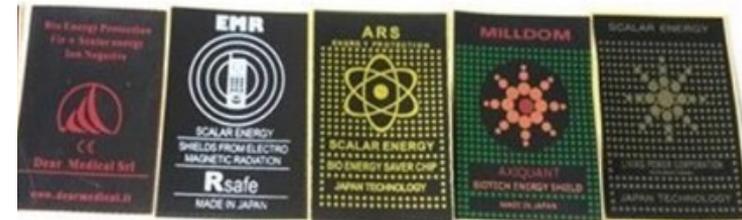
Va dynamiser et améliorer le goût de tout ce que vous mettrez dessus ;
Eau, boissons, vins, fruits et légumes ou leurs jus, fromages, autres aliments et compléments alimentaires etc... (ne pas mettre de récipients métalliques ni animaux morts ; viandes, poissons). Peut aussi s'utiliser en contact sur le corps, par exemple sur une douleur, un mal de tête, une tension ou bien le prendre entre ses deux mains ou encore le poser sur un point chakra pour le stimuler notamment celui *situé au sommet du crâne*. Le pourpre dénoue les blocages et contribue au rééquilibrage énergétique et vibratoire.

LES AUTRES UTILISATIONS

La CRIIRAD vient également de mettre en évidence des objets porteurs de radioactivité en quantité importante :

Les auto-collants « boucliers anti-radiations ».

Pour se protéger des ondes électromagnétiques des téléphones portables !!! De qui se moque-t-on ?



<http://www.rpcirkus.com/item/Free-shipping-200pcs-lot-Bio-Scalar-Energy-EMR-Shield-Anti-Radiation-Sticker-scalar-energy-chip/32223997128.html>

La notice de présentation des [autocollants Bioexcel](#), vendus sur Amazon, définit ces objets comme des « boucliers contre les Radiations Électromagnétiques » et précise que « la **Céramique Bio** en provenance du Japon représente un des ingrédients-clés dans cette innovation car elle **peut émettre des Ions Négatifs**, du Rayonnement Infrarouge et fournir de l'Énergie Scalaire ».



LES AUTRES UTILISATIONS

Les autocollants « boucliers » :

Contrôles CRIIRAD sur des autocollants dits "anti-radiation"	Débit de dose équivalente à la peau : Hp(0,07)	Dose équivalente à la peau cumulée sur un an				Temps de manipulation pour une dose de 50 mSv
		maximum théorique	Temps de manipulation	Temps de manipulation	Temps de manipulation	
Rectangulaire	13,64 µSv/h	120 mSv/an	5 mSv/an	15 mSv/an	25 mSv/an	10 h/j
Rond	0,6 µSv/h	5 mSv/an	0,2 mSv/an	0,7 mSv/an	1,1 mSv/an	228 h/j

Le résultat des contrôles indique qu'il faudrait qu'une partie déterminée de la peau soit exposée en moyenne plus de 10 heures par jour pour que la limite réglementaire soit atteinte.

Ceci n'est pas exclu pour certains utilisateurs. Par ailleurs, ce n'est pas parce que l'exposition se situe au-dessous de la limite réglementaire qu'elle devient inoffensive : plus le niveau d'irradiation est faible, plus le risque de cancer diminue mais aucun seuil d'innocuité n'a été mis en évidence.

On constate qu'avec l'autocollant rectangulaire pour une manipulation ou un port de 5 heures par jour, c'est une dose reçue à la peau de **25 mSv**, par an.

LES AUTRES UTILISATIONS

Et si votre tête est mise a prix...

Le polonium est un élément hautement radioactif et toxique. Même pour de faibles quantités (quelques microgrammes), la manipulation du polonium-210 est très dangereuse et nécessite un équipement spécial et des procédures strictes. Absorbé par les tissus, il provoque des dommages directs par émission de particules alpha. L'absorption de 1 à 10 microgrammes est suffisante pour provoquer la mort.

Certains **services secrets** (russes ?!), l'ont utilisé pour se débarrasser de personnes.

C'est le cas d'Alexandre Litvinenko et, peut-être, de Yasser Arafat.





POUR RESUMER



La radioactivité nous entoure en permanence. Impossible de s'y soustraire. Reprenons le chiffre de l'exposition journalière ; nous sommes exposés entre **6 et 10 μSv** par jour, quoique l'on fasse.

Si vous ajoutez **0,1 ou 1 %** à cette dose naturelle, il y a peu de chance que cela modifie les effets des rayonnements sur votre organisme.

Merci de votre attention !

