

DOSSIER

06

Les sources scellées

PRÉSENTATION DES SOURCES SCELLÉES	135
Définition	135
Gestion des sources scellées par l'IRSN	135
Place des sources scellées dans l'Inventaire national des matières et déchets radioactifs	135
DOMAINES D'UTILISATION DES SOURCES SCELLÉES	137
Usage industriel	137
Usage médical	138
GESTION DES SOURCES SCELLÉES USAGÉES	139
Obligation de reprise	140
Recyclage des sources scellées	140
Prise en charge par l'Andra	140

PRÉSENTATION DES SOURCES SCÉLÉES

DÉFINITION

Une source scélee désigne une source constituée de substances radioactives solidement incorporées dans des matières solides inactives ou scélees dans une enveloppe inactive présentant une résistance suffisante pour éviter, dans des conditions normales d'emploi, toute dispersion de substances radioactives.

GESTION DES SOURCES SCÉLÉES PAR L'IRSN

Les sources scélees concentrent de la radioactivité et peuvent représenter un danger en cas de contact prolongé ou d'ingestion.

Afin d'assurer la sécurité des utilisateurs, du public et de l'environnement, la réglementation impose le contrôle des conditions de détention, d'utilisation et de cession des sources de leur fabrication à leur mise en déchet ou recyclage.

En France, la surveillance du respect de cette réglementation est assurée par l'IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire - irsn.fr).

Les demandes relatives à la détention et l'utilisation de rayonnements ionisants sont instruites et délivrées par les différentes autorités

compétentes en matière de sources radioactives (ASN, préfectures, DSND, etc.). L'instruction des demandes d'autorisation concernant la fabrication et la distribution de sources est centralisée au niveau national. L'IRSN centralise ces autorisations ainsi que les mouvements de sources sur le territoire français (acquisition, cession, exportation, importation, reprise, remplacement, etc.). À partir de ces données informatisées, l'IRSN constitue l'Inventaire national des sources de rayonnements ionisants.

L'IRSN est donc le correspondant pour ce qui concerne les modalités pratiques pour tous mouvements de sources : obtention de formulaires pour l'achat de sources, reprise de sources, inventaire annuel, etc.

PLACE DES SOURCES SCÉLÉES DANS L'INVENTAIRE NATIONAL DES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS

Toutes les sources scélees présentes sur le territoire français ne sont pas recensées dans l'Inventaire national. Seules les sources périmées (*voir paragraphe 3*) ou dont le détenteur n'a plus l'usage sont considérées comme des déchets et sont à ce titre inventoriées par l'Andra.

LES SOURCES SCÉLÉES DANS L'INVENTAIRE NATIONAL

Les sources scélees usagées font l'objet de plusieurs familles dans l'Inventaire national :

- les colis « blocs sources » du CEA (famille MA-VL F2-9-01), qui regroupent des colis constitués à partir de sources scélees usagées (solides, liquides ou gazeuses), collectées auprès des petits producteurs de déchets (hôpitaux, industries agroalimentaires, papeteries, industries pétrochimiques, etc.) ;
- les colis de sources radioactives scélees, de période inférieure ou égale au cobalt 60 du CEA (famille FMA-VC F3-9-02). Ces sources ont été utilisées dans le passé à des fins médicales, de recherche ou industrielles ;
- les sources scélees usagées (famille S01). La majorité de ces

sources correspond à des sources de détecteurs ioniques de fumée. Parmi ces sources, on trouve aussi des crayons sources primaires et secondaires des réacteurs à eau pressurisée d'EDF. Le reste correspond aux sources scélees sans emploi récupérées et entreposées par les principaux fournisseurs ou fabricants de sources ;

- les objets radioluminescents (famille S02). Cette famille concerne essentiellement le matériel réformé des armées regroupant des objets radioluminescents au radium et au tritium (boussoles, cadrans, dispositifs de visée, etc.) ;
- les sources scélees usagées contaminées (famille S03) et les parasurtenseurs radioactifs (famille S04).

Pour des raisons historiques, les sources ayant bénéficié, par le passé, d'un régime de dispense particulier ne sont pas inventoriées par l'IRSN mais par l'Andra car elles sont hors d'usage et considérées comme des déchets. Il s'agit :

- des paratonnerres radioactifs ;
- des détecteurs ioniques d'incendie (les détecteurs actuels ne contiennent pas de source radioactive) ;
- des sources radioluminescentes ;

- des parasurtenseurs (anciens composants électroniques notamment utilisés pour la protection électrique du réseau téléphonique).

Tous ces objets ont pu être fabriqués avec du radium, radionucléide dont l'usage n'a pas été réglementé pendant longtemps ; par la suite, d'autres radionucléides ont pu être utilisés.

DES ANCIENS OBJETS RADIOLUMINESCENTS



Réveils radioluminescents

Lorsque les vieux modèles de montres, réveils, boussoles, cadrans d'avion, systèmes de visée nocturne ont des aiguilles et des cadrans qui restent luminescents après un séjour de deux jours dans l'obscurité complète, ils sont radioactifs et considérés comme étant des sources scellées. Cet effet luminescent était obtenu en ajoutant du radium, puis du tritium, à la peinture. Les quantités de substances radioactives en jeu sont extrêmement faibles et sont confinées dans le boîtier par le verre. Un problème existe si le verre ou le boîtier ne sont plus étanches. Ces vieux modèles sont souvent détenus par des collectionneurs, en particulier des collectionneurs d'objets militaires, par des horlogers ou des héritiers d'horlogers. Ils ne peuvent pas être vendus ou donnés, ils doivent être pris en charge en tant que déchets radioactifs par l'Andra.

DOMAINES D'UTILISATION DES SOURCES SCÉLÉES

Le principe de justification (*voir encadré ci-dessous*) ne permet d'utiliser des radionucléides que s'il n'existe pas d'autre solution.

Les sources scéelées utilisées actuellement que ce soit dans le domaine industriel ou médical respectent ce principe.

Principe de justification (article L. 1333-2 du Code de la santé publique)

Toute activité susceptible de soumettre des personnes à une exposition aux rayonnements ionisants ne peut être entreprise ou exercée que si elle est justifiée par ses avantages, notamment en matière sanitaire, sociale, économique ou scientifique, rapportés aux risques inhérents à cette exposition. Toute activité non justifiée est interdite. Lorsque plusieurs techniques permettent d'obtenir le même résultat, le choix se portera sur celle qui est la moins « dosante » en rayonnements ionisants et dont le bilan, en termes de risques, est le plus favorable.

USAGE INDUSTRIEL

Les propriétés radioactives des sources scéelées sont utilisées dans différents procédés industriels détaillés ci-après.

LA STÉRILISATION PAR IRRADIATION

Elle consiste à exposer les éléments à des rayonnements ionisants, ce qui engendre la destruction de tous les organismes sans altérer la composition des matières organiques. Ce procédé est utilisé pour plusieurs applications :

- **le traitement des aliments** : l'irradiation peut prévenir la germination, exterminer les insectes, retarder la maturation (fruits et légumes), prévenir les maladies (volaille) ou réduire la quantité de micro-organismes (herbes aromatiques). À l'issue de leur traitement, ces produits ne présentent aucune radioactivité résiduelle.

Pour ces opérations, plusieurs centrales d'irradiation des aliments existent en France. Elles peuvent utiliser soit une source radioactive scéelée (cobalt 60), soit un accélérateur d'électrons ;

- **l'éradication d'insectes nuisibles** : par exemple les mouches tsé-tsé mâles sont élevées en laboratoire et stérilisées en étant brièvement exposées à des rayons gamma provenant d'une source radioactive scéelée au cobalt 60. Ces mouches stériles sont ensuite mises en liberté dans la zone ciblée afin de se substituer aux mâles locaux auprès des femelles ;

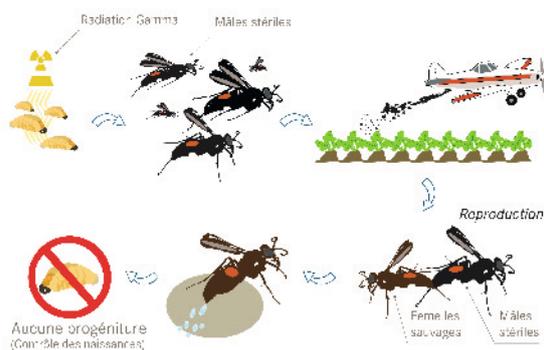
- **la protection de certains éléments du patrimoine** contre les champignons ou pour éliminer tout risque de contamination auprès du public et des chercheurs. La momie de Ramsès II a ainsi été exposée aux rayonnements ionisants ;



Désinfection d'une momie par irradiation (cobalt 60). On aperçoit en arrière-plan les barreaux sources

- **la stérilisation des matériels médicaux**, des produits pharmaceutiques et cosmétiques. Le traitement par rayonnement gamma permet des délais d'exécution rapides des produits déjà sous emballage scéelé.

LUTTER CONTRE LES INSECTES NUISIBLES PAR TIS



Lutte contre les insectes nuisibles par la Technique de l'insecte stérile (TIS)

LES CONTRÔLES ET LES ANALYSES DES MATÉRIAUX

Les sources scéelées sont utilisées dans plusieurs types de dispositifs permettant l'analyse physique ou chimique de matériaux :

- **les contrôles non destructifs par gammagraphie** : ces contrôles sont réalisés sans endommager les objets contrôlés. Il s'agit d'une « radiographie » permettant d'identifier les défauts internes. L'ensemble des techniques et procédés fournissent des informations sur la santé d'une pièce ou d'une structure, sans qu'il en résulte des altérations préjudiciables à leur utilisation ultérieure ;

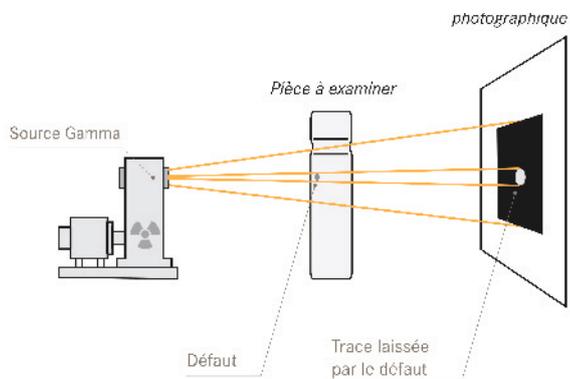


Schéma de principe de contrôle non destructif par gammagraphie

- **les contrôles de présence de plomb** : des appareils portatifs contenant une source scellée sont utilisés pour détecter le plomb présent dans des peintures. Ils sont très employés pour les diagnostics immobiliers. Ces détecteurs utilisent la fluorescence X : lorsque l'on bombarde de la matière avec des rayonnements (émis par une source de cadmium 109 ou cobalt 57), la matière réémet de l'énergie selon la composition de l'échantillon.

CONTRÔLES DE PARAMÈTRES

Les sources scellées sont utilisées dans différents capteurs industriels :

- pour contrôler le grammage ou l'épaisseur du papier, du tissu, du plastique et du métal. L'atténuation des rayonnements produits par la source radioactive dépend de l'épaisseur des matériaux qu'ils traversent ;
- pour réaliser des contrôles de niveaux des cuves : un faisceau de rayonnement gamma traverse le contenant en passe de remplissage avant d'être reçu sur un détecteur situé en vis-à-vis. Quand le liquide intercepte en montant le faisceau de rayons gamma, le signal vu par le détecteur chute brusquement. Cette chute permet de déclencher automatiquement l'arrêt du remplissage. Les radionucléides utilisés dépendent des caractéristiques du contenant et du contenu.

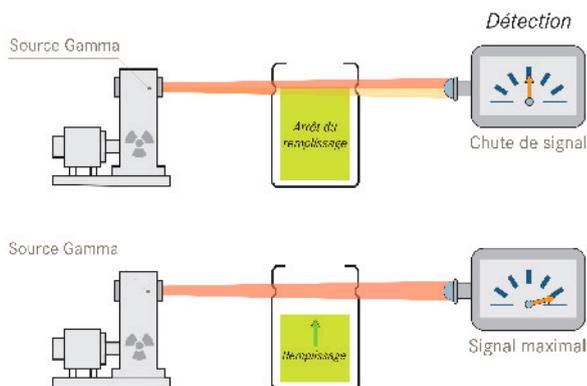
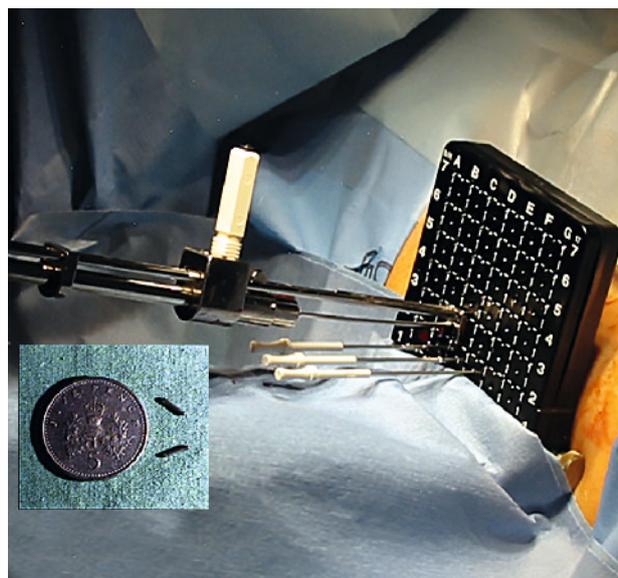


Schéma de principe d'un contrôle de remplissage d'une cuve

USAGE MÉDICAL

Les sources scellées sont utilisées en médecine pour :

- **la curiethérapie** qui consiste à implanter des sources radioactives à l'intérieur du corps, directement sur la lésion à traiter. Cela permet de concentrer les doses sur un petit volume sans agresser les tissus environnants. Les rayons gamma sont délivrés par une source scellée, implantée dans l'organisme, souvent dans une cavité naturelle. Le radium utilisé autrefois a été abandonné au profit de radioéléments artificiels (césium 137 et iridium 192 par exemple) ;
- **le contrôle et l'étalonnage des appareils** utilisés en médecine nucléaire : des sources étalons permettent de vérifier le bon fonctionnement des appareils de mesure utilisés dans le procédé de diagnostic ou de thérapie ;
- **la stérilisation** : outre les exemples déjà cités précédemment, cette méthode est couramment employée pour stériliser le sang humain avant une transfusion. Les irradiateurs sont constitués d'une cuve blindée qui renferme une source de haute activité au cobalt 60 ou au césium 137.



Curiethérapie sur un patient à l'iode 125

GESTION DES SOURCES SCÉLÉES USAGÉES

LA LÉGISLATION AFFÉRENTE AUX SOURCES

La législation afférente aux sources est regroupée dans le Code de la santé publique, d'une part dans les articles L. 1333-1 et suivants et d'autre part dans les articles R. 1333-152 et suivants.

L'article R. 1333-161 du Code de la santé publique rappelle notamment que :

I. Une source radioactive scélee est considérée comme périmée 10 ans au plus tard après la date du premier enregistrement apposé sur le formulaire de fourniture ou, à défaut, après la date de sa première mise sur le marché, sauf prolongation accordée par l'autorité compétente.

II. Tout détenteur de sources radioactives scélees périmées ou en fin d'utilisation est tenu de les faire reprendre, quel que soit leur état, par un fournisseur qui y est habilité par l'autorisation prévue à l'article L. 1333-8. Les sources radioactives scélees qui ne sont pas recyclables dans les conditions techniques et économiques du moment peuvent être reprises en dernier recours par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs. Les frais afférents à la reprise de ces sources sont à la charge du détenteur.

Si le détenteur fait reprendre ses sources radioactives scélees par un autre fournisseur que celui d'origine ou si celles-ci sont reprises par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, il transmet, dans le délai d'un mois à compter de la réception de l'attestation de reprise délivrée par le repreneur, copie de cette attestation au fournisseur d'origine et à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.

III. Les dispositions des I et II ne sont pas applicables aux sources radioactives scélees dont l'activité, au moment de leur fabrication ou, si ce moment n'est pas connu, au moment de leur première mise sur le marché, ne dépasse pas les valeurs limites d'exemption fixées au tableau 1 et aux deuxième et troisième colonnes du tableau 2 de l'annexe 13-8.

IV. Le fournisseur de sources radioactives scélees, de produits ou

dispositifs en contenant est dans l'obligation de récupérer toute source radioactive scélee qu'il a distribuée, lorsque cette source est périmée ou que son détenteur n'en a plus l'usage ou est défaillant. Les conditions de cette reprise, incluant les frais afférents, sont définies entre le fournisseur et l'acquéreur au moment de la cession de la source et sont conservées par le détenteur et le fournisseur de la source tant que celle-ci n'a pas été reprise. Ces modalités peuvent faire l'objet d'actualisation en fonction des évolutions techniques ou économiques et sont prises en compte lors de la mise en œuvre de la garantie financière mentionnée à l'article R. 1333-162. Lorsque la source a été fournie dans un dispositif ou un produit, le fournisseur est également tenu de le reprendre en totalité si le détenteur en fait la demande. En cas de défaillance du détenteur et si celui-ci n'est pas lui-même le bénéficiaire d'une garantie couvrant les coûts de reprise mentionnés à l'article R. 1333-163, la reprise des sources sans conditions est prescrite au fournisseur par l'Autorité de sûreté nucléaire.

Cette obligation de reprise cesse lorsque le fournisseur arrête toute activité de distribution de sources radioactives scélees. Elle est toutefois maintenue pendant une période de trois ans suivant la date de péremption des sources distribuées dont l'activité, au moment de leur fabrication ou, si ce moment n'est pas connu, au moment de leur première mise sur le marché, dépasse les valeurs limites d'exemption fixées au tableau 1 et aux deuxième et troisième colonnes du tableau 2 de l'annexe 13-8. La date de péremption susmentionnée tient compte des prolongations accordées en application du I pour lesquelles le fournisseur a confirmé le maintien de la garantie financière.

V. Tout fournisseur procède ou fait procéder à l'élimination des sources radioactives scélees reprises dans une installation autorisée à cet effet ou les retourne à son fournisseur ou au fabricant. Il justifie de capacités d'entreposage suffisantes pour recevoir les sources reprises pendant la période précédant leur élimination ou leur recyclage.

OBLIGATION DE REPRISE

La loi française impose aux fournisseurs de reprendre, sur demande du détenteur, toutes les sources scellées qu'il a fournies sur le territoire français.

Afin de permettre la reprise effective des sources, même en cas de défaillance financière de son fabricant, les fournisseurs se sont regroupés au sein de l'association Ressources pour mutualiser les garanties financières et permettre le remboursement à l'Andra ou à tout autre organisme habilité, des frais de reprise des sources.

Cette association avec une soixantaine d'adhérents représente près de 95 % du marché de cette activité.



La gestion des sources

RECYCLAGE DES SOURCES SCELLÉES

Les radioéléments présents dans certaines sources ont une période radioactive très élevée (par exemple, l'américium 241 a une période de 432 ans), la radioactivité à la fin de sa vie a très peu décliné et est alors très proche de sa radioactivité initiale. Après la reprise, certaines sources pourraient être recyclées : selon le type de source (géométrie, matrice, etc.), il serait possible de récupérer les isotopes radioactifs pour les inclure dans un emballage neuf et produire ainsi une nouvelle source. L'emballage usagé serait, pour sa part, traité comme un déchet. Toutefois, aujourd'hui les sources ne sont quasiment pas recyclées, en raison notamment de contraintes techniques importantes (radionucléides emprisonnés dans des matrices difficilement recyclables, etc.) et du coût non négligeable du recyclage.

PRISE EN CHARGE PAR L'ANDRA

Les centres de stockage de l'Andra en exploitation ou en projet peuvent ou pourront accueillir des sources scellées usagées sous réserve qu'elles respectent les critères d'acceptabilité.

La plupart des sources scellées usagées sont actuellement entreposées dans l'attente d'une solution définitive de stockage.

► CIRES

Le Cires a pour vocation de recevoir en stockage définitif des déchets de très faible activité.

Depuis 2015, les spécifications d'acceptation de cette installation permettent le stockage des sources scellées usagées dans le respect de la démonstration de la sûreté du centre.

L'activité de chaque source mise en colis au moment de sa déclaration pour une prise en charge au Cires doit être telle que l'activité résultante suite à une décroissance de 30 ans soit inférieure ou égale à 1 Bq.

Ces sources contiennent des radionucléides de courte période, tels que le cobalt 57 (période de 272 jours), le fer 55 (2,7 ans) ou le zinc 65 (244 jours), elles ne sont donc pas recyclables.

► CSA

Depuis 2006, une spécification d'acceptation précise les modalités de prise en charge de colis de sources scellées usagées. Avant 2006, les sources pouvaient être acceptées au CSA, mais uniquement sur dérogation de l'ASN.

Entre autres, les sources contenues dans un même colis ne doivent posséder qu'un seul et même radionucléide d'une période inférieure à 30 ans. Des sources contenant du cobalt 60 (période de 5,3 ans) et de radioéléments de période plus courte sont actuellement stockées au CSA.

La limitation de l'acceptabilité des sources scellées dans les centres de stockage radioactifs en surface est due à leur activité concentrée et leur caractère potentiellement attractif (les sources sont des objets manufacturés, de petite taille, qui peuvent être mis dans une poche ou conservés comme bibelots, détruits ou ingérés). Il est donc important que l'activité résiduelle n'induise pas d'effet inacceptable à une date où la mémoire du site est supposée perdue (300 ans) et où l'intrusion humaine (chantiers routiers, constructions, etc.) est possible.

► FA-VL

À ce jour, la conception d'un stockage pour les déchets de type FA-VL (faible activité à vie longue) n'est pas figée. Les caractéristiques des sources acceptables dans ce type de stockage

dépendront de la conception. Les sources qui seront destinées à ce stockage seront celles qui ne seront pas acceptables au CSA, et pour lesquelles un stockage au Cigéo n'est pas justifié du point de vue de la sûreté.

Ces sources seront conditionnées en colis de sorte à respecter les spécifications d'acceptation qui seront fixées par l'Andra.

► CIGÉO

Le centre de stockage en projet Cigéo est conçu pour stocker en couche géologique profonde les déchets hautement radioactifs ainsi que des déchets moyennement radioactifs à durée de vie longue (déchets HA et MA-VL).

Conformément aux dispositions de l'article L. 542-1-2 du Code de l'environnement, les sources scellées qui ne peuvent être stockées en surface ou à faible profondeur feront l'objet d'un stockage en couche géologique profonde à Cigéo.

Ces sources seront conditionnées en colis de sorte à respecter les spécifications d'acceptation qui seront fixées par l'Andra.

ÉVOLUTIONS DE L'USAGE DES SOURCES SCÉLÉES POUR CERTAINES ACTIVITÉS

Afin de respecter le principe de justification et l'utilisation des sources scellées imposant de nombreuses contraintes, des solutions alternatives sans radioactivité sont à privilégier.

Pour exemple :

- les sources scellées utilisées pour la radiothérapie externe ont été remplacées par des accélérateurs de particules qui n'émettent des rayonnements que s'ils sont alimentés électriquement ;
- les parasurtenseurs qui contenaient de la radioactivité ont été remplacés par des parasurtenseurs contenant divers composants électroniques sans radioactivité ;
- le radium présent dans les objets radioluminescents a été progressivement remplacé par du tritium (dont la toxicité est moindre), lui-même remplacé par de la peinture photoluminescente quand cela a été possible ;
- les pacemakers alimentés par un générateur électrique au plutonium 238 ont été remplacés par des stimulateurs cardiaques alimentés par une pile « iode/lithium » ;

- les détecteurs de fumée ioniques (source américium) ont été remplacés par des détecteurs optiques contenant une led et une cellule photo-électrique.

Selon le type de sources, la réglementation peut imposer la mise au rebut de ces dispositifs radioactifs même s'ils sont encore fonctionnels ou, au contraire, permettre leur utilisation jusqu'à leur fin de vie.



Détecteur de fumée ionique

LES PARATONNERRES

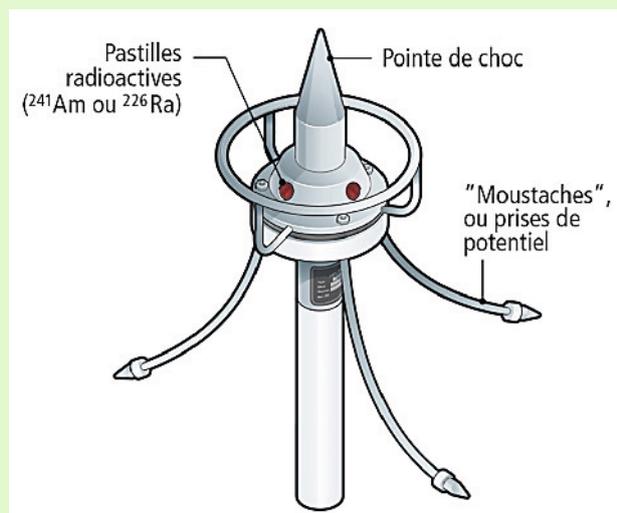
Au début du xx^e siècle, des sources radioactives ont été ajoutées sur les têtes de paratonnerres afin de renforcer l'ionisation naturelle de l'air et ainsi l'efficacité du paratonnerre. Ils ont été fabriqués en France de 1932 à 1986 par les sociétés Helita puis Duval Messien, Franklin France et Indelec. Leur supplément d'efficacité n'ayant pas été démontré, leur fabrication a été interdite par l'arrêté du 11 octobre 1983 applicable au 1^{er} janvier 1987.

Aucun texte n'impose leur retrait, mais, chaque fois que l'un d'entre eux est démonté, il doit être évacué en tant que déchet radioactif auprès de l'Andra.

Le nombre total de paratonnerres installés en France est estimé à environ 50 000 dont 30 000 équipés de sources au radium 226 (ou à la fois de sources de radium 226 et d'américium 241-paratonnerre mixtes) et 20 000 équipés de sources à l'américium 241.

L'activité moyenne d'une tête de paratonnerre au radium 226 est d'environ 50 mégabecquerels, celle d'une tête de paratonnerre à l'américium 241 d'environ 20 mégabecquerels.

Les substances radioactives se présentent sous la forme de pastilles frittées, de plaquettes, de feuilles ou de billes de porcelaine peintes, généralement de petites dimensions.

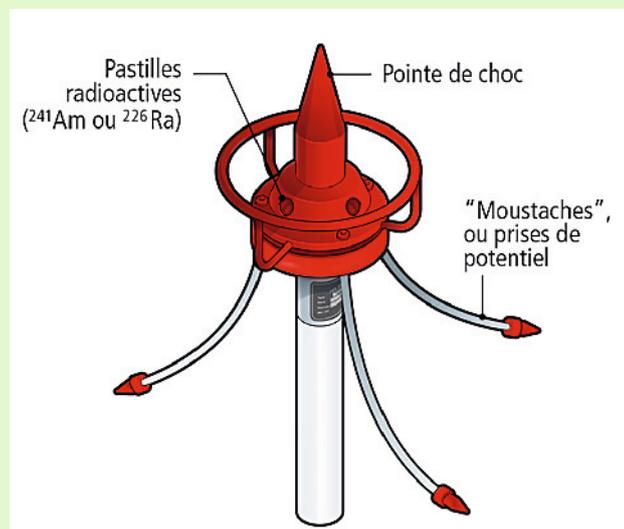


Traitement localisé d'une tête de paratonnerre (pastilles) (schéma 2)

Initialement, la tête radioactive d'un paratonnerre était traitée globalement.

Cette tête retirée était considérée comme un déchet FA-VL (voir schéma 1).

Afin d'optimiser l'espace de stockage, l'Andra a le projet de retirer simplement les pastilles qui concentrent toute la radioactivité (voir schéma 2). Les pastilles seraient regroupées dans des fûts de 870 litres puis entreposés en attente de stockage à Cigéo. Par précaution, le reste de la tête du paratonnerre serait considéré comme déchet TFA. Dans l'attente de la réalisation de ce projet, ces paratonnerres sont orientés vers la plateforme d'entreposage de l'Andra au Cires.



Traitement global d'une tête de paratonnerre (schéma 1)

