

*dossiers pédagogiques*

• Hors-série n°1-2009

# CIEL MES RAYONS ! ENTRE ART ET SCIENCES VOYAGE AU PAYS DES RADIATIONS

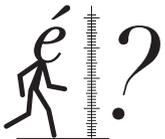


Ecole-Musée, Canton de Vaud

Haute école cantonale vaudoise de la santé, Lausanne

CHUV / Institut universitaire de radiophysique appliquée

Fondation Claude Verdan  
Musée de la main  
Lausanne

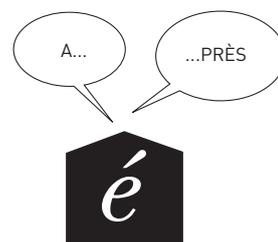
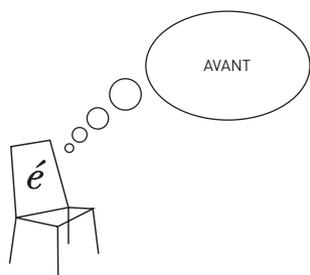


Ce dossier pédagogique s'adresse à un large public. Si les notions abordées sont généralement du niveau de la scolarité post-obligatoire, les élèves des classes de 3<sup>e</sup> à 9<sup>e</sup> années (8-15 ans) pourront tirer profit des explications claires, ainsi que des nombreux exemples d'applications des radiations dans notre vie quotidienne.

Les œuvres illustrant ce dossier et les textes qui les accompagnent peuvent être à la source de développements pédagogiques dans le domaine artistique.

# SOMMAIRE

INFOS PRATIQUES POUR LES ÉCOLES .....	2
LA FONDATION CLAUDE VERDAN - MUSÉE DE LA MAIN EN QUELQUES MOTS ....	4
PLAN DE L'EXPOSITION.....	5



INTRODUCTION .....	6
HISTORIQUE – UN HOMMAGE À PLUSIEURS GÉNÉRATIONS DE SCIENTIFIQUES .....	7
L'UNIVERSALITÉ DE LA RADIATION.....	13
L'UTILISATION DES RADIATIONS .....	16
LA RADIOPROTECTION .....	24
BIBLIOGRAPHIE, WEBOGRAPHIE .....	27

# INFOS PRATIQUES POUR LES ÉCOLES



en partenariat avec

**Hecv.santé**  
Haute école cantonale vaudoise de la santé



**Fondation Claude Verdan**  
**Musée de la main**  
Rue du Bugnon 21  
CH - 1011 Lausanne  
[www.verdan.ch](http://www.verdan.ch)  
[mmain@hospvd.ch](mailto:mmain@hospvd.ch)  
Tél. +41 (0)21 314 49 55  
Fax +41 (0)21 314 49 63

## Horaires

L'exposition *Ciel mes rayons! Entre art et sciences – Voyage au pays des radiations* est présentée du 26 novembre 2009 au 7 avril 2010.

Mardi-vendredi 12h00-18h00

Samedi-dimanche 11h00-18h00

Fermé les lundis, sauf jours fériés.

### **Ouvertures spéciales pour les classes sur demande :**

mardi, mercredi, vendredi 9h30-12h00

## Tarifs

Ecoles vaudoises Gratuit

Jusqu'à 6 ans Gratuit

Enseignants préparant une visite Gratuit

Premier samedi du mois Gratuit

### Individuels

7-16 ans, étudiants, apprentis, Fr. 5.-

AVS, AI, chômeurs Fr. 9.-

Adultes Fr. 9.-

### Groupes dès 10 personnes

7-16 ans, étudiants, apprentis, Fr. 4.-

AVS, AI, chômeurs Fr. 8.-

Adultes Fr. 8.-

Ateliers scolaires Fr. 80.-/classe

Visites guidées pour les classes  
(25 élèves max.) Fr. 75.-/classe

## Animations

### **Ateliers scolaires**

Proposés par les étudiants en Technique en radiologie médicale de la Haute école cantonale vaudoise de la santé (HECVSanté).

- **Apprenti d'un jour (7-12 ans)**

Les élèves se mettent dans la peau d'un professionnel de la radiologie médicale et se familiarisent avec ses activités.

- **Sur les traces du mystérieux objet X (7-12 ans)**

Par une approche intrigante et ludique, les élèves exercent leurs qualités d'observation, de déduction et d'analyse pour rechercher le mystérieux objet X.

- **A la découverte du monde invisible (7-12 ans)**

Du visible à l'invisible, cet atelier propose aux élèves d'explorer ce que l'œil ne peut saisir, notamment ce qui est caché dans des objets du quotidien.

- **Les coulisses du rayonnement (dès 12 ans)**

Cet atelier propose aux élèves de manipuler des clichés radiologiques, d'expérimenter les différents moyens de se protéger des radiations et de mesurer la radioactivité réelle d'objets communs.

Descriptifs complets sur [www.verdan.ch](http://www.verdan.ch), rubrique « Activités ».  
Par classe : Fr. 80.-

**Inscription obligatoire. Réservations minimum deux semaines à l'avance au +41 (0)21 314 49 55.** Veuillez préciser si vous désirez disposer de la salle de travail (à l'espace d'accueil du musée).

## A savoir

Il est vivement conseillé à l'enseignant de visiter l'exposition avant de s'y rendre avec sa classe (entrée gratuite pour la préparation de la visite).

L'exposition *Ciel mes rayons! Entre art et sciences – Voyage au pays des radiations* est très riche en sujets abordés : avec une classe, la visite de l'ensemble est estimée à 60 minutes.

Le présent dossier pédagogique est téléchargeable en couleurs sur [www.ecole-musee.vd.ch](http://www.ecole-musee.vd.ch), [www.verdan.ch](http://www.verdan.ch) (rubrique « Activités ») et [www.hecvssante.ch](http://www.hecvssante.ch).

## Accès

### En métro

m2, arrêt CHUV.

### En train

Depuis la gare, prendre le m2, arrêt CHUV.

### En voiture

Autoroute direction Lausanne-Nord, puis sortie Vennes-Hôpitaux. Suivre la direction « Hôpitaux ». Se garer au parking du CHUV. La Fondation Claude Verdand se trouve sur votre droite en descendant la rue du Bugnon, juste après l'entrée du CHUV que vous aurez laissée sur votre gauche.

### Parking

Parking souterrain du CHUV.

### Accès pour les personnes à mobilité réduite

Le musée est accessible aux personnes en fauteuil roulant.

## LA FONDATION CLAUDE VERDAN - MUSÉE DE LA MAIN EN QUELQUES MOTS

Créée grâce à la volonté et à la générosité d'un chirurgien de la main reconnu internationalement, la Fondation Claude Verdan - Musée de la main a été inaugurée en 1997. Ses activités se sont d'emblée ouvertes au domaine plus large de la culture scientifique et médicale qui fait désormais partie, avec le thème de la main, de ses objectifs culturels principaux. Elle contribue ainsi, dans un esprit de renouvellement régulier et de manière dynamique et originale, à la compréhension des transformations du monde contemporain.



Depuis son ouverture, le musée a proposé une exposition consacrée à la main de l'Homme, intitulée *Jeux de mains* (1997-2002) et plus de vingt-cinq expositions temporaires, dont la moitié était des réalisations originales de la fondation.

Un programme d'animations à destination du jeune public et des écoles, de rencontres et de débats sur des thèmes d'actualité scientifique et culturelle accompagne les expositions.

Parmi les partenaires de la fondation figurent les Hautes Ecoles, le CHUV, les milieux suisses et internationaux de la recherche et de la culture.

## PLAN DE L'EXPOSITION

### Etage -1, début de l'exposition : Histoire des rayons X

Œuvres de Piet.s0 et Peter Keene (voir ici pages 6-12) :

- *Le Radieux*: mystérieux contenant aux formes d'un éclateur
- *XX-L*: évocation des soirées mondaines mettant en scène les rayons X
- *Fantastic Family Becquerel*: hommage à une dynastie de savants
- *...Marie, Pierre, Marie, Pierre...*: hommage aux recherches du couple Curie
- *L'œuvre au rouge*: hommage au couple Frédéric Joliot et Irène Curie qui ont marqué l'histoire des rayons X et de la radioactivité.

Des postes didactiques permettent d'en savoir plus sur l'épopée du radium et sur l'utilisation première des rayons X qui ont permis à l'homme de devenir transparent.

### Etage +1 : Histoire et actualité de la radioactivité

Œuvres de Piet.s0 et Peter Keene (voir ici pages 16-25) :

- *Dame de plomb*: évocation de la radioprotection
- *Little Boy*: utilisation de la radioactivité comme arme de destruction massive (bombe sur Hiroshima)
- *Autant en emporte le vent*: évocation de la catastrophe de Tchernobyl
- *L'Horloge cosmique*: évocation de la radioactivité naturelle et artificielle
- *Douche lumineuse*

Des postes didactiques évoquent les retombées de la radioactivité, son actualité et son histoire.

## INTRODUCTION

La découverte des rayons X et de la radioactivité à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle a radicalement bouleversé notre univers de terriens et le regard que nous portons sur nous-mêmes et sur notre environnement. Si l'homme a amplement tiré parti de ces découvertes, il a dû apprendre à se protéger contre les effets nocifs des rayonnements.

Du 26 novembre 2009 au 7 avril 2010, ces sujets complexes, parfois graves, encore souvent tabous et matière à controverses, sont abordés à la Fondation Claude Verdan. L'exposition retrace, au fil de l'évolution politique, sociale et culturelle du siècle dernier, les grands moments, à la fois fantastiques et dramatiques, de l'histoire des rayons X, de la radioactivité et de la radioprotection. Pour l'exposition, Piet.s0 et Peter Keene ont traduit en neuf œuvres leur perception des faits historiques et scientifiques jalonnant l'histoire de la radioprotection (encadrés bleus ci-dessous). Le regard technique du pédagogue et l'interprétation libre et décalée des artistes, croisement original de deux approches, redonnent vie aux personnages de cette épopée scientifique. Ainsi s'établit un dialogue entre les œuvres documentaires et artistiques constituant une histoire racontée à plusieurs voix.

En parallèle à l'exposition à la Fondation Claude Verdan, une seconde exposition sur le thème « radiation et médecine » se tient dans le hall d'entrée du CHUV du 13 janvier au 27 février 2010. Elle détaille les applications médicales des radiations ionisantes.

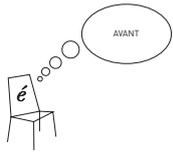
Ce dossier pédagogique a été réalisé sur la base d'un travail de recherche effectué par les étudiants de la filière Technique en radiologie médicale de la HECVSanté sur le thème de la radioprotection. Intitulé *Précis de radioprotection*, ce document est téléchargeable sur [www.ecole-musee.vd.ch](http://www.ecole-musee.vd.ch), [www.hecvssante.ch](http://www.hecvssante.ch), ou [www.verdan.ch](http://www.verdan.ch).

### Le Radieux

Le Radieux ouvre le bal des œuvres sur le parcours, alternant entre sensible et savoir. Mystérieux contenant aux formes d'un éclateur tel que l'utilisaient les Joliot-Curie ou peut-être bien d'un radis géant tel que l'évoquent les grandes feuilles végétales de maille métallique, l'œuvre s'entrouvre par intermittence pour laisser apparaître un anneau de lumières éblouissantes. Le Radieux, plutôt que de s'enraciner dans le savoir du laboratoire contemporain, invite à se pencher à nouveau sur l'origine, la racine, Rad, de radioactivité, de radical. En même temps, il porte déjà les matériaux que l'on retrouvera sur le parcours, distribuant la matière qui s'incarnera à nouveau dans les œuvres suivantes et prendra sens.

Piet.s0 & Peter Keene, *Le Radieux*, 2005-2007, résine, bois, métal, ampoules à incandescence, dispositif mécanique et électronique Ø 0,80m x 1,80m.





Pour préparer les élèves à l'exposition, la présentation des personnages historiques et de leur contribution à la science ainsi qu'une explication sur les sources du rayonnement, comme présenté ci-dessous, constituent une bonne entrée en matière.

## HISTORIQUE – UN HOMMAGE À PLUSIEURS GÉNÉRATIONS DE SCIENTIFIQUES

### LES PERSONNAGES CLÉS

Les rayons X sont découverts par hasard en 1895 par Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), alors qu'il cherche à mettre au point un tube fluorescent pour remplacer les ampoules à incandescence. Il se rend compte qu'un paquet de films photographiques rangé dans un tiroir de sa table d'expérimentation est voilé et qu'il présente la silhouette d'une clé. Intrigué, Röntgen cherche à comprendre ce phénomène mystérieux.

Il se rend compte que la silhouette qu'il distingue sur le papier photographique correspond parfaitement à une clé posée auparavant sur sa table d'expérience, au dessus du tiroir où était rangé le paquet de films.

Il comprend donc que son prototype de tube fluorescent a produit un rayonnement inconnu, capable de traverser les objets. Ne connaissant rien de ce nouveau rayonnement, il l'appelle rayons «X».

Avide de savoir si ce rayonnement était également capable de traverser le corps humain, il décide de reproduire l'expérience avec sa femme en effectuant ainsi la première radiographie de l'histoire.

La découverte de Röntgen sera très vite utilisée pour effectuer des radiographies dans les hôpitaux et chez certains médecins qui réalisent tout de suite le grand potentiel de cette technique révolutionnaire.

Cette radiographie de la main a été réalisée avec une quantité de rayons X 100 000 fois plus grande que celle qui serait nécessaire aujourd'hui pour réaliser la même radiographie avec les technologies actuelles. On distingue l'alliance de Madame Röntgen sur son annulaire.



Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), premier lauréat du prix Nobel de physique en 1901.



Une année plus tard, en 1896, Henri Becquerel, physicien français, découvre le phénomène de la radioactivité naturelle en faisant des recherches sur la fluorescence des sels d'uranium. Les rayons découverts ont des particularités similaires aux rayons X, mais sont d'origines différentes.

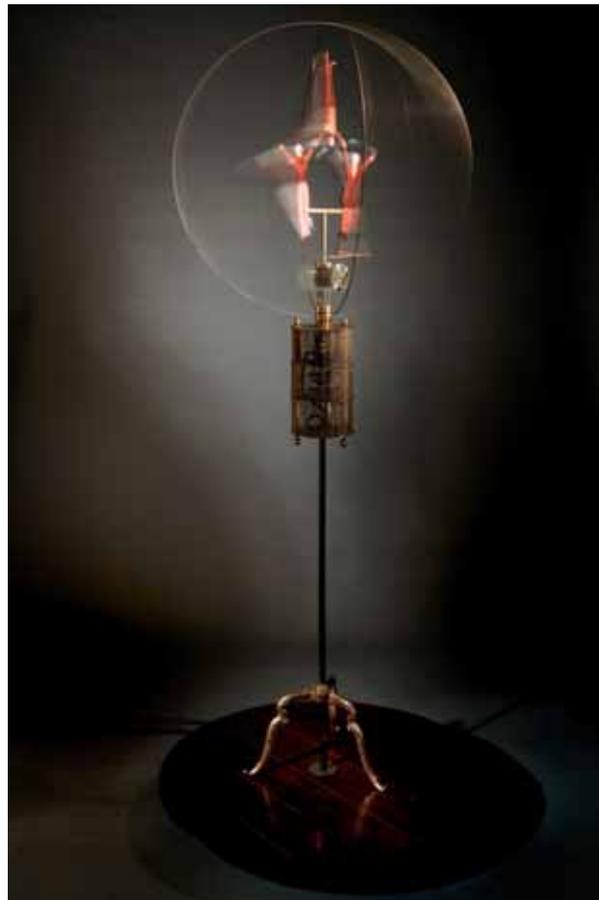


Antoine Henri Becquerel (1852-1908).

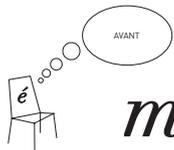
Démonstration de radiologie.

### Fantastic Family Becquerel

Dans la lignée des « théâtres mécaniques », au sein desquels les personnages souvent illustres semblent captifs du processus de leur destin, l'œuvre rend hommage à une dynastie de savants et de la transmission scientifique, les Becquerel : Antoine César le grand-père, Edmond le père, Henri le fils, tous trois grands physiciens. La ronde lancinante de la famille Becquerel semble annoncer et lancer le mouvement inévitable des découvertes aboutissant à la radioactivité contemporaine, telle une réaction familiale qui bientôt éclate et se propage en chaîne.



Peter Keene, *Fantastic Family Becquerel*, 2007, laiton, acier, dispositif mécanique et électronique, Ø 1,30m x 2,20m.



**m**

PENDANT

**Dès 13 ans :** reconstituer la généalogie de la famille Becquerel.

**m**

PENDANT

**Dès 7 ans :** qu'est-ce qui est commun aux trois hommes de la famille Becquerel représentés dans cette œuvre ? Qu'a découvert Henri Becquerel ?

**Dès 13 ans :** qu'ont découvert les Becquerel ?



En 1898, soit trois ans après la découverte des rayons X, Marie Curie (1867-1934), avec l'aide de son mari Pierre, fait des expérimentations sur l'uranium. A partir de celui-ci, elle obtient du polonium et du radium, substances fluorescentes dans la nuit. Elle appelle ce phénomène de fluorescence, « **radioactivité** ». En 1902, la radioactivité est définie comme la transformation spontanée d'un élément chimique en un autre, par émission de rayonnement.

## ➔ LE SAVIEZ-VOUS...

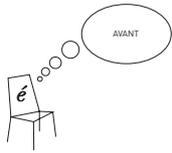
Cette radioactivité est dite « naturelle », car elle était déjà présente lors de la formation de la terre. Elle se trouve dans la nature, qu'elle soit d'origine cosmique (étoiles, soleil) ou terrestre (granite, radon).

### ...Marie, Pierre, Marie, Pierre...

Fusion de deux êtres, sorte de centrifugeuse optique, le couple Marie et Pierre Curie s'élançait dans un tourbillonnement qui ne connaît ni début ni fin, sorte d'androgynie alchimique. Hommage à un couple de scientifiques hors pair, sous une cloche de verre rappelant l'intimité de leur laboratoire, les deux visages se confondent tout en redevenant l'un et l'autre sous l'effet du stroboscope.



Peter Keene, *...Marie, Pierre, Marie, Pierre...*, 2005-2007, verre, laiton, photographies, stroboscope, dispositif mécanique et électronique, Ø 1,30m x 1,60m .



**Dès 13 ans :** étudier l'histoire du couple Curie.

**m**

PENDANT

**Dès 7 ans et dès 13 ans :** quelles substances Pierre et Marie Curie ont-ils découvertes ? Et quel phénomène ?

**Dès 13 ans :** pourquoi une des substances qu'ils ont découvertes s'appelle-t-elle le polonium ?

## LES PREMIÈRES APPLICATIONS

Dans un premier temps, l'enthousiasme règne : des spectacles sont organisés où le conférencier s'irradie avec un tube à rayons X afin de montrer à une foule subjuguée son squelette en direct. Les théâtres, les cabarets et les cinémas organisent ce genre de spectacles sans se rendre compte des effets sur la santé que peuvent produire ces rayonnements.

Une affiche de spectacle du début du XX<sup>e</sup> siècle.



Piet.s0, *XX-L*, 2007, tissus, plexiglas, laiton, diodes lumineuses, bande sonore, dispositif mécanique et électronique, Ø 2,20m x 3,80m.

### *XX-L*

L'œuvre évoque les soirées mondaines où se pressent public huppé, spiritistes et savants, pour assister à des spectacles extraordinaires mettant en scène les rayons X. On faisait le noir et tout à coup, sous l'effet de ces rayons mystérieux, les lustres de verre, les bijoux, les boutons des toilettes élégantes s'illuminaient. Avec parfois, en clou du spectacle, l'apparition de spectres fluorescents et de femmes squelettes.

*XX-L*, robe de taille imposante, témoigne de la fascination que provoquent les rayons X au début du XX<sup>e</sup> siècle. Mise sous verre, elle rappelle également la condition de la femme de cette époque (contraintes vestimentaires), et met en valeur la grandeur de Marie Curie, première femme (doublement) nobélisée.

Un dispositif mécanique qui fait monter et descendre la robe suggère l'élévation de cette femme d'exception qui a gardé les pieds sur terre et dont la tête s'éclairait d'idées multiples.

m

PENDANT

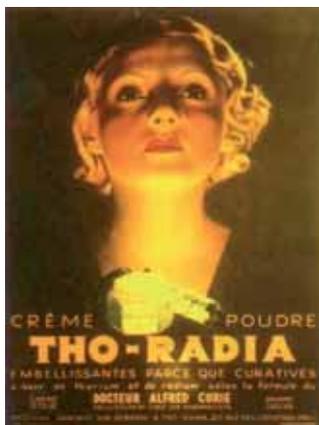
**Dès 7 ans** : qu'est-ce qui est luminescent dans la nuit ? (Exemples : luciole, aiguille de montre, bande adhésive sur les gilets de sécurité, etc.)

**Dès 13 ans** : qu'est-ce qui est luminescent la nuit ? (Comme pour les plus petits, on laisse les élèves faire des propositions). Est-ce que c'est par le même phénomène [irradiation] décrit dans l'œuvre *XX-L* ? Pourquoi ?



**Dès 13 ans** : récolter les sigles qui indiquent des sources radioactives, des radiations, etc. et les étudier en classe.

Les médecins aussi exploitent les rayons X dans le but d'améliorer leurs diagnostics : c'est la naissance de l'imagerie médicale. Les services de radiologie font rapidement leur entrée dans les hôpitaux grâce au médecin français Antoine Béclère (1856-1939).



Suite à la découverte de la radioactivité, de nombreuses applications médicales du radium sont apparues. Ainsi, au début du XX<sup>e</sup> siècle, le radium était considéré comme un remède miracle. Il était notamment commercialisé sous forme de crème de jouvence, de shampooing et de gouttes pour les yeux. L'industrie aussi utilise le radium pour rendre les peintures fluorescentes. Cette technique sera d'ailleurs largement utilisée par l'industrie horlogère jusque dans les années 1960.

Publicité des années 1930 pour la crème-poudre Tho-Radia. Sels de bain de la *Denver Radium Service*, utilisés vers 1925 pour lutter contre la nervosité, l'insomnie, l'épuisement général, l'arthrite ou le rhumatisme.

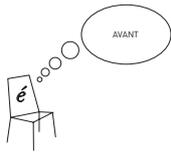
## → LE SAVIEZ-VOUS...

D'autres éléments radioactifs naturels sont présents dans notre quotidien, comme le potassium-40 présent dans le lait ou le carbone-14 produit dans l'atmosphère, présent dans les organismes vivants et utilisé pour la datation archéologique.

On retrouve également ces éléments dans le corps humain. Une personne de 70 kilos émet 8000 radiations chaque seconde.

Dans les magasins de chaussures, à partir des années 1920 et jusqu'au début des années 1970, des « boîtes magiques » appelées « pédoscopes » servaient à contrôler où se situait le pied dans la chaussure. Lors de votre visite, venez découvrir un pédoscope d'époque.





**Dès 7 ans :** montrer l'image du pédoscope en classe et laisser les élèves deviner dans quel magasin se trouvait l'appareil à l'époque et à quoi il servait. La réponse se découvre au musée !

## LA RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE

Lors d'une expérience en 1934, la fille de Marie Curie, Irène Joliot-Curie (1897-1956), bombarde un atome d'aluminium avec du polonium. Il en résulte la production de phosphore radioactif, inexistant dans la nature. C'est la découverte de la radioactivité « artificielle ». Cette découverte, récompensée par un prix Nobel, rend possible la fabrication de toutes sortes de nouveaux **radionucléides**, tels que le cobalt-60, le césium-137 ou l'iridium-192, encore actuellement utilisés.



Frédéric et Irène Joliot Curie.

### → LE SAVIEZ-VOUS...

Suite à l'engouement des scientifiques pour ces deux découvertes majeures (radioactivité naturelle et artificielle), un certain Mendeleïev élaborait un tableau de classification regroupant tous les atomes stables et instables, appelé « **tableau périodique** ».

#### L'œuvre au rouge

D'un principe identique que *...Marie, Pierre, Marie, Pierre...*, *L'œuvre au rouge* présente l'apparition de deux visages sous les feux d'une lumière syncopée au cœur d'un creuset de verre.

Si ces œuvres gardent leur filiation, elles s'inscrivent dans deux mondes distincts : l'intimité du laboratoire de Pierre et Marie Curie a fait place, après initiation, à un univers de science-fiction dans lequel Irène et Frédéric Joliot-Curie semblent être pris au piège.

Peter Keene, *L'œuvre au rouge*, 2005-2007, réacteur en verre soufflé, acier, stroboscope, dispositif mécanique et électronique, portraits, Ø 0,82m x 2,20m



*m*

PENDANT

**Dès 7 ans :** qui est Irène Curie ? As-tu rencontré d'autres membres de la même famille dans l'exposition ?

**Dès 13 ans :** qu'ont découvert les membres de la famille Curie ? Qu'est-ce qu'un Prix Nobel ? Dans quel domaine les différents membres de la famille Curie l'ont-ils reçu ?

## L'UNIVERSALITÉ DE LA RADIATION

### QU'ENTEND-ON PAR RAYONNEMENT ?

Le rayonnement est un mode de propagation ou de transmission d'énergie (transport d'énergie). Ce terme n'est pas propre aux rayons X et à la radioactivité. En électricité ou en magnétisme, on parle également de « rayonnement » pour désigner la transmission d'énergie à l'aide d'une onde.

Les radiations sont dites **radiations ionisantes**, si elles ont suffisamment d'énergie pour pouvoir arracher des électrons aux atomes de la matière qu'elles traversent. A l'inverse, on parle de **radiations non ionisantes**, si l'énergie est plus faible.

Le rayonnement peut se décrire sous deux formes différentes :

1. Des **ondes électromagnétiques**. Il s'agit d'un transfert d'énergie dans l'espace sous la forme d'une « vibration ».  
Certaines de ces ondes électromagnétiques sont visibles alors que d'autres nous sont invisibles :
  - Le rayonnement qui vous permet de lire ce texte est visible : c'est la lumière. Ce type d'onde est émis par le soleil ou l'éclairage de la pièce dans laquelle vous vous trouvez ;
  - Certaines ondes sont perçues par notre peau et nous réchauffent : elles nous apportent de la chaleur ; ce sont les infrarouges ;
  - En été, à la plage et en hiver sur les pistes de ski, d'autres nous font bronzer sans que nous puissions les voir : ce sont les ultraviolets ;
  - D'autres formes de rayonnements semblables, invisibles et inaudibles, existent : les ondes du téléphone sont des radiations non ionisantes alors que les rayons X et gamma sont des radiations ionisantes.
2. Des **particules**. Il s'agit de minuscules corpuscules qui se déplacent à des vitesses très élevées à travers l'espace et sont capables de pénétrer dans la matière. Il en existe de plusieurs types : les particules alpha, bêta, les neutrons et d'autres particules plus exotiques de toutes sortes (muons, pions, ...).

## LE RAYONNEMENT NATUREL

Le rayonnement naturel auquel nous sommes confrontés en vivant sur la terre provient de deux sources :

- *Le rayonnement cosmique* : il s'agit du rayonnement électromagnétique et du flux de particules en provenance du soleil, mais aussi des étoiles et de l'espace interstellaire qui bombarde la terre en permanence ;
- *Le rayonnement terrestre* : notre sol contient des éléments naturellement radioactifs comme l'uranium ou le potassium-40. Ils émettent des radiations qui nous irradient en permanence.

### ➔ LE SAVIEZ-VOUS...

**La photosynthèse** : chez les végétaux, le rayonnement du soleil apporte l'énergie nécessaire au processus de la photosynthèse. Par sa lumière, il permet aux feuilles de transformer du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) présent dans l'air, en oxygène (O<sub>2</sub>). Ce dernier est libéré dans l'atmosphère.

**La vitamine D** : dans un contexte plus centré sur les êtres humains, les rayons **ultra-violets** du soleil (UV) favorisent la synthèse de la vitamine D au niveau de la peau. Cette vitamine intervient dans l'absorption du calcium et du phosphore, elle est donc indispensable à la croissance des dents et des os. Une courte exposition au soleil suffit à cette synthèse (quelques minutes par jour), mais si cette dernière n'est pas suffisante, il faut apporter un complément de vitamine D par le moyen de la nourriture (le saumon et le thon rouge sont réputés pour leur forte concentration en vitamine D, par exemple).

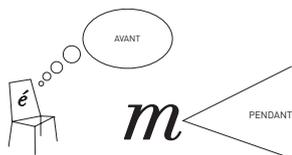
Bien qu'une petite quantité en rayonnement ultraviolet soit bonne pour la santé, il est important de ne pas en abuser et de s'en protéger. Il est clairement établi que des coups de soleil trop nombreux sont la cause de cancers de la peau pouvant parfois induire des métastases dans le cerveau. Les enfants et les adolescents sont particulièrement sensibles. Plus d'information sur :

[www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00058/00147/index.html?lang=fr](http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00058/00147/index.html?lang=fr).

**Le radon** est un gaz radioactif se formant naturellement dans le sol. Il provient de la désintégration de l'uranium qui engendre entre autres le radium, puis le radon. Comme il est en Suisse la principale source d'irradiation naturelle, sa répartition sur le territoire helvétique est surveillée et des mesures sont prises pour éviter qu'il ne se concentre dans les locaux d'habitation.

Plus d'information sur le site de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) : [www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00046/index.html?lang=fr](http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00046/index.html?lang=fr).

Un stand d'information sur le radon et une mesure en continu de la concentration en radon dans les locaux de la Fondation Claude Verdun sont visibles dans l'exposition.



**Dès 13 ans** : avec les élèves, trouver des exemples de rayonnements sous formes d'ondes électromagnétiques.



**Dès 15 ans** : au musée, un appareil permet de connaître la quantité en radon des lieux. L'élève observe le tableau de mesure et découvre les quantités de différents endroits en radon.



**Dès 15 ans** : réunir avec la classe des articles de journaux qui parlent du danger des rayonnements non ionisants (natel, wi-fi, etc.) ainsi que des personnes dites « électrosensibles ». Puis en discuter en classe en faisant la part des choses démontrées scientifiquement du reste.

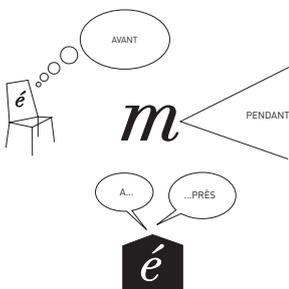
Pour en savoir plus :

[www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00043/00063/index.html?lang=fr](http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00043/00063/index.html?lang=fr)

## LE RAYONNEMENT ARTIFICIEL

On parle de rayonnement artificiel dans le cas où ce dernier est produit par un appareillage utilisant le plus souvent de l'électricité. La production de rayonnement n'est pas toujours l'objectif premier de l'appareil utilisé, cela peut être un effet parasite :

- Les rayons X, produits à l'aide d'un générateur électrique de haute tension et d'un **tube à rayons X**, sont toujours la source la plus importante de rayonnement artificiel en Suisse, en terme de dose reçue par la population.
- L'accélération de particules à très haute vitesse permet de réaliser des expériences pour mieux comprendre la structure de la matière et le fonctionnement de l'univers : c'est la raison d'être du CERN (Centre européen de recherche nucléaire) à Genève (<http://public.web.cern.ch/public/Welcome-fr.html>).
- On peut aussi utiliser des accélérateurs de particules à des fins médicales, dans le but de soigner des patients en radiothérapie.



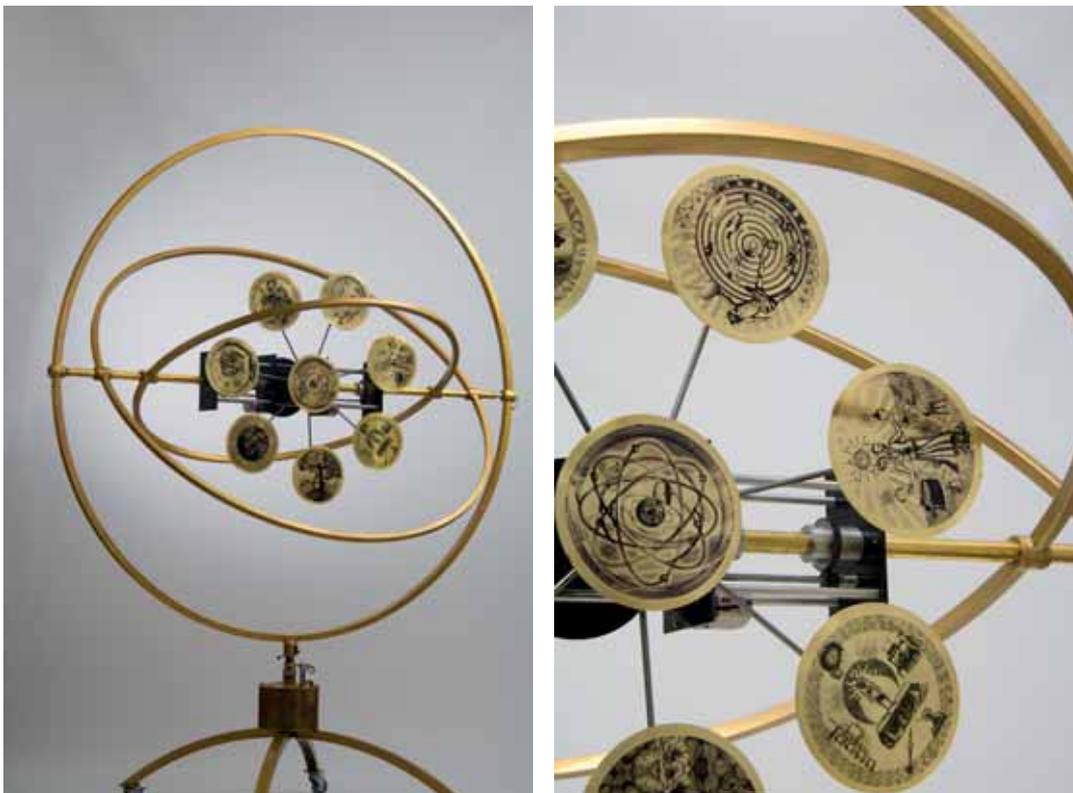
**Dès 7 ans** : soumettre des images de sources lumineuses aux élèves et leur demander de les placer dans la bonne catégorie (radiation naturelle ou artificielle). Exemples : soleil, lune, lampe de poche, bougie, etc.



**Dès 15 ans** : pourquoi ne pas organiser une sortie de classe au CERN ?

### Horloge cosmique

Le phénomène de transmutation est recherché depuis l'Antiquité. Dans cette œuvre, la radioactivité est inscrite au sein de trois échelles de temps et d'espace représentées par les anneaux mobiles. Au centre de la pièce, une constellation réunit huit disques. Le disque central est l'horloge cosmique. Autour d'elle gravitent sept personnalités de la radioactivité naturelle et artificielle (dont Saturne, androgyne, Prométhée enchaîné) inspirées de gravures alchimiques.



Piet.sO & Peter Keene, *Horloge cosmique*, 2005-2007, acier, laiton, dispositif mécanique et électronique, Ø 2,30m x 2,80m .

## L'UTILISATION DES RADIATIONS

Depuis la découverte des radiations ionisantes, on leur a trouvé un usage dans tous les domaines : en médecine, dans les laboratoires, puis dans l'industrie de manière plus générale. Leur omniprésence quotidienne est invisible, mais bien réelle.

Voici quelques illustrations de ces applications.

## APPLICATION MÉDICALE

En médecine, les radiations sont utilisées dans deux buts bien différents : rechercher des informations pour poser un diagnostic (on parle alors d'imagerie médicale) ou soigner une maladie (radiothérapie).

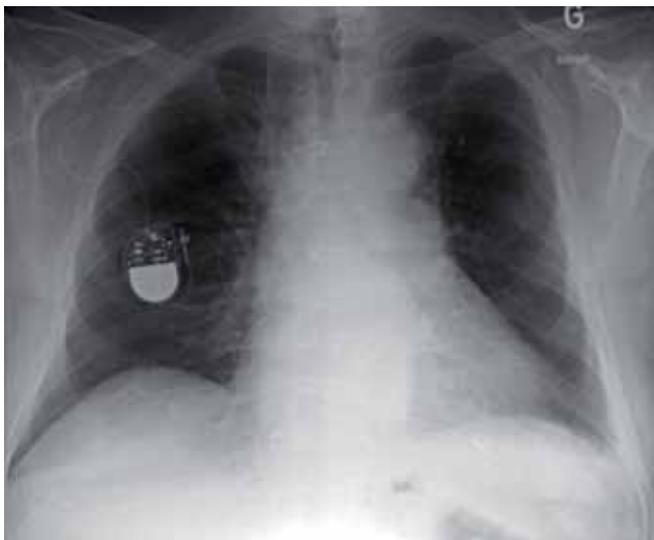
### La radiographie «classique»

Elle permet de voir des structures situées à l'intérieur du corps. La radiographie est la formation, sur un film photographique, d'une image d'un objet qui a été interposé entre le film et une source de rayons X. Plus l'objet est dense, plus les rayons X sont atténués.



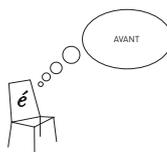
Radiographie du genou.

Dans cet exemple de radiographie du genou, les os étant plus denses que les muscles, ils atténuent plus les rayons et apparaissent ainsi plus blancs sur l'image. L'air entourant la jambe n'ayant aucunement atténué le rayonnement, il apparaît en noir sur l'image.



Radiographie du thorax avec pacemaker.

La radiographie est utilisée pour vérifier l'état des os, leur remaniement après une fracture ou si des objets implantés dans le corps chirurgicalement sont bien positionnés (broche, prothèse, pacemaker, etc.). Dans cet exemple, nous pouvons voir un pacemaker.



**Dès 7 ans :**  
relier la radiographie  
d'un objet avec son  
nom. Document  
téléchargeable sur  
[www.hecv-sante.ch](http://www.hecv-sante.ch).

### Le scanner

Le scanner, ou tomodensitomètre, utilise un tube à rayons X qui tourne autour du patient. Cette technologie permet d'effectuer une reconstruction en 3D et d'obtenir des images en coupe.

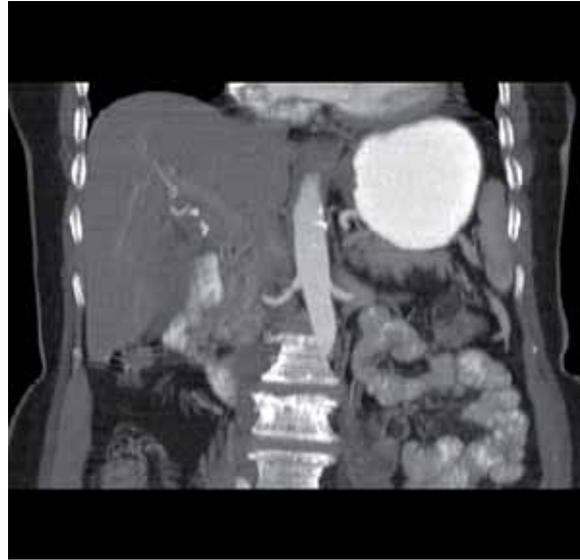


Image en coupe de l'abdomen. Même abdomen, mais la coupe est reconstruite dans un autre plan géométrique (face).



Scintigraphie.

### La médecine nucléaire ou scintigraphie

La médecine nucléaire produit des images fonctionnelles et non anatomiques. On place directement dans le patient un produit radioactif ; cela peut se faire par injection dans une veine, par ingestion, par inhalation, etc. Le patient «émet» donc des rayons qui sont détectés par une caméra depuis l'extérieur du patient. L'image est la représentation de la répartition et de la physiologie du produit placé dans le corps du patient.

## → LE SAVIEZ-VOUS...

D'autres modalités de la radiologie utilisent des **radiations non ionisantes**. C'est le cas de l'**échographie** utilisant des **ultrasons** pour voir, par exemple, le fœtus dans le ventre d'une femme enceinte. On utilise le même principe que les sonars des dauphins : des ondes ultrasonores sont émises et sont réfléchies lorsqu'elles touchent un objet. L'analyse des ondes qui reviennent permet de reconstituer une image.

### La radiothérapie

Les rayons ionisants sont utilisés dans le cas où l'on désire détruire des cellules malades, habituellement des tumeurs. Les personnes qui suivent un traitement en radiothérapie sont traitées à l'aide de rayons ionisants à haute énergie provenant d'un accélérateur de particules ou d'une installation à rayons X spécialement dédiée à cet usage.

## APPLICATION INDUSTRIELLE

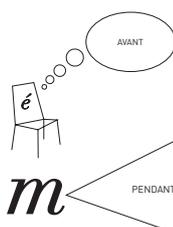
Pour la grande majorité de la population, l'application visible et connue des radiations ionisantes est médicale. Cependant, le domaine industriel exploite également les radiations pour analyser des structures ou pour modifier certaines propriétés de matériaux. C'est le cas dans la construction, la production, l'archéologie, le marché de l'art, la sécurité, la technique de mesure, l'industrie alimentaire, l'armement ou la sécurité.

### La radiographie

Du fait de leur forte profondeur de pénétration et de leurs interactions avec la matière, les rayonnements ionisants sont utilisés pour effectuer des mesures ou des images de la structure interne d'objets divers. La radiographie est très utilisée en chaudronnerie, pour les constructions soudées, dans les constructions navales, dans l'aéronautique, pour la construction des centrales nucléaires, dans le génie civil (charpentes métalliques). Ces examens radiographiques consistent, comme en médecine, à exposer un objet à un faisceau de rayons X. Après un temps d'exposition dépendant de la nature et de l'épaisseur du matériau radiographié, l'image révèle les défauts existants éventuellement à l'intérieur de la pièce.



Manette de jeu.



**Dès 7 ans :** relie les objets aux radiographies correspondantes. Un jeu d'images est disponible sur [www.hecvssante.ch](http://www.hecvssante.ch).

## DANS L'ALIMENTATION

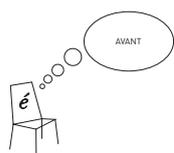
Les emballages contenant des aliments peuvent aussi être radiographiés, ceci afin de contrôler leur contenu réel. Les corps étrangers, présents dans l'alimentation, peuvent parfois être responsables de déchirures ou de perforations au niveau du tube digestif, de la bouche, de l'œsophage ou de l'estomac. Ceux-ci vont du bout d'os au bris de verre, en passant par le plastique, le métal, des pierres.

Bocal à café avec un corps étranger.



## EN ARCHÉOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE

Le scanner a été utilisé sur Ötzi, l'homme de glace qui vivait 3300 ans avant J.-C., pour identifier la cause de son décès. Les scientifiques ont découvert une pointe de flèche qui a causé une blessure à une artère près de l'épaule.



**Dès 13 ans :** avec la classe, mener l'enquête sur la façon dont Ötzi a été tué. Chercher des articles et des images radiographiques montrant la pointe de la flèche. Cet exercice permettra aux élèves de réaliser toute l'utilité de la radiographie en plus des applications médicales bien connues.



Ötzi.

Les momies embaumées à l'aide de bandelettes sont passées aux rayons X afin d'éviter aux archéologues d'ouvrir les sarcophages et de les endommager. Des bijoux ou des offrandes sont souvent présents à l'intérieur.



Momie, Tyne and Wear Museums.

## DANS LE DOMAINE ARTISTIQUE



La restauration des œuvres d'art fait également appel aux rayons X. L'examen radiologique contribue à la connaissance des techniques utilisées par les peintres, et par là à l'authentification des tableaux, mais aussi à la découverte de restaurations maladroites ou de rajouts de circonstance.

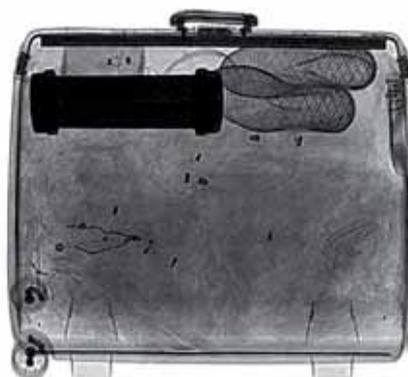
Dans le cas présent, après les précautions d'usage et les réglages nécessaires, apparaît sur l'écran du moniteur une image montrant qu'une vache peinte par l'artiste a été ensuite masquée, que le talus a été rabaissé et que l'arbre a été décalé sur la droite. Une tache foncée à la base du nouvel emplacement du tronc de l'arbre indique une restauration très récente.

## DANS LE DOMAINE DE LA SÉCURITÉ

Si vous avez déjà pris l'avion, vous avez peut-être remarqué que les aéroports sont munis d'un système utilisant les rayons X afin de vérifier le contenu des bagages et de s'assurer qu'ils ne transportent pas d'objets illicites ou dangereux (arme, drogue...). Ce système de sécurité est également utilisé aux frontières (pour les camions par exemple), dans des bâtiments fédéraux, certaines écoles (aux Etats-Unis par exemple) ou même des centres commerciaux. Ces installations utilisent aussi les rayons X. Ils permettent de voir à travers les valises ou les sacs.



Camion avec migrants clandestins.



Une bombe découverte dans une valise grâce aux rayons X.

## → LE SAVIEZ-VOUS...

L'irradiation des matériaux provoque des réactions chimiques qui changent la propriété des matériaux. Ces derniers sont ainsi plus résistants, plus légers ou capables de performances supérieures. Par exemple, la chimie sous rayonnement rend les châssis plastiques dans l'automobile plus résistants à la chaleur.

Les sources radioactives peuvent aussi servir de technique de mesure, par exemple, pour jauger la densité dans les canalisations ou calculer des épaisseurs ou des grammages de feuilles de papier.

### La stérilisation

L'infection bactérienne peut altérer les aliments et causer des maladies et parfois même entraîner la mort. C'est pourquoi des méthodes de stérilisation ont été mises en place pour réduire les altérations et ainsi rendre les aliments plus sûrs pour les consommateurs. L'irradiation alimentaire repose sur l'exposition des denrées à l'action de rayonnements ionisants. Elle a pour but d'assainir et d'accroître la durée de conservation des aliments en détruisant les micro-organismes. Dans les aliments d'origine végétale, l'irradiation retarde la germination et la maturation. L'irradiation des aliments est signalée sur les emballages par un petit logo vert. Par exemple : les herbes aromatiques, les épices ainsi que les condiments sont très couramment irradiés.



Symbole international d'irradiation des aliments.

## APPLICATION ÉNERGÉTIQUE ET MILITAIRE

### Arme nucléaire (réaction nucléaire non contrôlée)

Lorsque l'on met en relation la radioactivité et l'armement, la première chose qui nous vient à l'esprit est l'arme nucléaire. Également nommée « bombe atomique », elle a été développée par les États-Unis pendant la Seconde Guerre mondiale.

## → LE SAVIEZ-VOUS...

Les bombardements atomiques de **Hiroshima et Nagasaki** ont eu lieu les 6 et 9 août 1945 à l'initiative des États-Unis, après que les dirigeants japonais eurent décidé d'ignorer l'ultimatum de Potsdam. Il existe beaucoup de phénomènes différents dus aux radiations. Le phénomène le plus important a été l'irradiation instantanée au moment de l'explosion. Elle a représenté une dose létale pour 50 % des personnes exposées à l'extérieur à un peu plus d'un kilomètre de distance de l'hypocentre.

Les humains n'ont pas été les seuls à subir les foudres de la radioactivité. Beaucoup moins graves, mais dangereux pour l'homme malgré tout, certains matériaux sont devenus radioactifs.

Les bombes dites « atomiques » sont composées de matériaux susceptibles de subir une fission nucléaire (uranium ou plutonium), phénomène qui libère d'énormes quantités d'énergie.

Plusieurs années après l'invention de la bombe atomique utilisant le principe de la fission nucléaire, des scientifiques se penchent sur un autre phénomène libérant encore plus d'énergie : la fusion nucléaire. C'est ce principe qui est utilisé dans la bombe dite à « Hydrogène » ou encore « Bombe H ».

### Little Boy

Toutes les œuvres d'art de la présente exposition sont des expériences à vivre. Celle-ci mérite tout particulièrement d'être présentée aux élèves. Elle témoigne de l'utilisation militaire de la radioactivité et des conséquences terrifiantes qui en résultent. Le titre de l'œuvre vaut la peine d'être questionné avec les élèves, car il met l'accent sur de grandes contradictions historiques.



Essai nucléaire atmosphérique «DOG», désert du Nevada, mai 1952.



Peter Keene, *Little Boy*, 2005-2007, 500 ampoules à incandescence, structure métallique, dispositif électronique de contrôle et de séquençage, 2m x 1,80m x 2m.

### → LE SAVIEZ-VOUS...

Le 26 avril 1986, l'un des réacteurs de la centrale nucléaire de **Tchernobyl** explose, libérant dans l'atmosphère une quantité exceptionnelle de radioactivité. Vingt ans plus tard, l'ampleur réelle de la plus grande catastrophe nucléaire civile de l'histoire est encore sujette à polémique. Les trois pays les plus touchés, l'Ukraine, la Russie et surtout la Biélorussie continuent aujourd'hui de lutter contre les difficultés sociales, économiques, humanitaires et environnementales résultant de cette catastrophe.

### **Autant en emporte le vent**

Dans la ronde de la terre et du soleil, s'est lancé un nouveau satellite spectral, un nuage laissant planer dans l'environnement proche son ombre dilatée en référence au nuage de Tchernobyl. D'un certain point de vue, le spectateur peut faire face à un capteur mis en place sur le dispositif et briser cette course. Une voix s'élève alors : « Drame, atome, ingénieur, acrobate... » Face à cet ensemble contemplatif, c'est la position du regardeur qui fait sens. Œuvre interactive, elle interpelle chacun et nous fait réfléchir à notre place par rapport à la science en marche.

Piet.s0 & Peter Keene, *Autant en emporte le vent*, 2005-2007, ampoule, laiton, métal, bois, Ø 1,70m x 1,85m.



## **LA RADIOPROTECTION**

Après la visite de l'exposition, une réflexion peut être menée sur la façon dont l'être humain peut se protéger des rayons et des radiations.

### **PARLER DE LA NAISSANCE DE LA RADIOPROTECTION**

La diffusion de l'utilisation du rayonnement dans des domaines très variés comme l'industrie et le domaine médical a nécessité la mise en place d'une stratégie de protection.

Dès 1905, on constate les premiers décès liés à l'exposition aux rayonnements des chercheurs qui travaillent avec les rayons X ou la radioactivité. Une prise de conscience fait alors réaliser au monde entier que les rayonnements peuvent être dangereux. On observe l'apparition de nouvelles maladies appelées **radiodermites**, qui sont des brûlures apparaissant le plus souvent sur les doigts. Des médecins radiologues, des chercheurs et des professionnels qui travaillent dans l'industrie du radium ont des lésions cutanées et doivent souvent se faire amputer.

Finalement, dès la fin de la Première Guerre mondiale, on commence à former du personnel médical spécialisé en radiologie en incluant dans leur formation des mesures de précaution. La prudence est de mise et on cherche à établir des lois pour diminuer le risque.

En 1928, un Comité international de protection contre les rayons X et le radium est créé. Ce comité a changé de nom et se nomme aujourd'hui *Comité international de la radioprotection*. Il est toujours actif dans le domaine de la protection contre les radiations et publie régulièrement des recommandations à ce sujet ([www.icrp.org](http://www.icrp.org)).

### **Dame de plomb**

Des premières constatations des pathologies révélées chez les professionnels explorant ces sources nouvelles au traumatisme de la bombe atomique, et plus tard de la catastrophe de Tchernobyl, l'homme a profondément été secoué dans sa croyance illuminée au tout bienfait des rayons ionisants. Choc, pétrification, limitations de toutes sortes, c'est cette métamorphose que cristallise l'œuvre. Le plomb devenu l'étoffe impossible marque la tentative vaine de créer le vêtement capable de faire vivre ensemble, au plus proche, l'homme et sa découverte. *Dame de plomb* correspond à une période où la prudence a remplacé l'insouciance. L'artiste la représente comme une *XX-L* métamorphosée, comme si la légère *XX-L* avait mué et était devenue *Dame de Plomb* figée au sol.

Piet.s0, *Dame de plomb*, 2005-2007, feuilles de plomb sur structure bois et métal, Ø 1,40m x 2,20m.



## **CADRE LÉGAL DE LA RADIOPROTECTION**

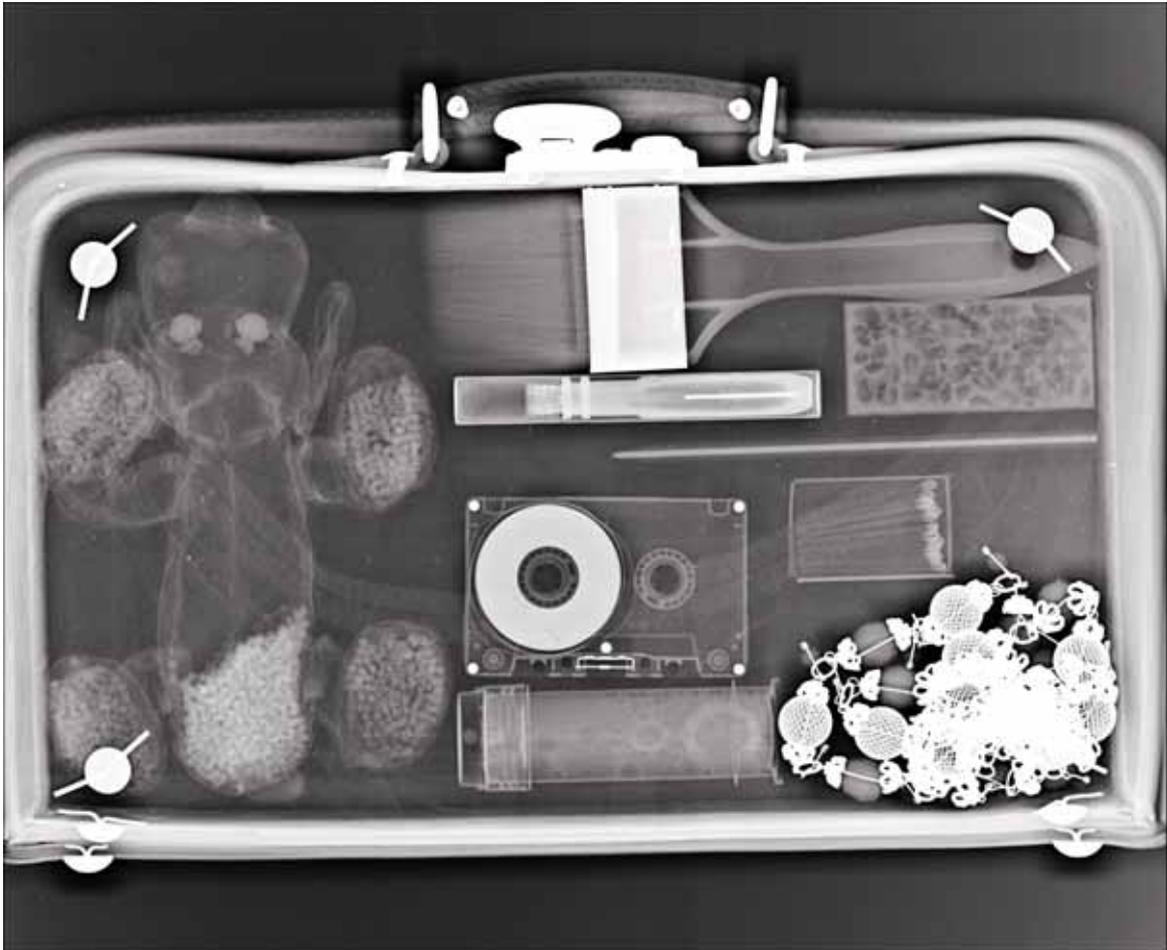
En Suisse, la loi du 22 mars 1991 sur la radioprotection (LRaP) et l'ordonnance du 22 juin 1994 sur la radioprotection (ORaP) régissent l'ensemble des activités présentant un risque lié aux radiations ionisantes.

Ces textes peuvent être obtenus à la Chancellerie fédérale ou consultés sur le site internet de l'administration fédérale :

[www.bag.admin.ch/themen/strahlung/02883/index.html?lang=fr](http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/02883/index.html?lang=fr).



Dans le cadre de l'exposition, les élèves peuvent découvrir la valise qui a servi à réaliser la radiographie en couverture du dossier.



De retour en classe, l'élève imagine qu'il doit prendre l'avion la semaine prochaine. A lui de dessiner sa valise telle qu'il pense qu'elle apparaîtra sur l'écran de visualisation. La valise radiographiée ci-dessus pourrait l'inspirer.

## BIBLIOGRAPHIE

CORDOLIANI Yves-Sébastien, FOEHRENBACH Hervé, *Radioprotection en milieu médical*, Collection *Abrégés Masson*, Issy-les-Moulineaux, Masson, 2005.

Eclairage plus médical de l'utilisation du rayonnement.

LOCHARD Jacques, TABARE Mireille, *La robe et le nuage. Histoires de rayons X, de radioactivité et de radioprotection*, catalogue d'exposition, Pavillon des Sciences-CCSTI de Franche-Comté, NéoEditions, 2007.

Catalogue de l'exposition originale *Vous avez dit Radioprotection ? Histoires de rayons X, de radioactivité...*, Pavillon des Sciences-CCSTI de Franche-Comté (15 octobre 2007 - 27 avril 2008). Ouvrage traitant d'aspects historiques, thématiques et artistiques sur la radioprotection.

Radioprotection, une revue de la Société française de radioprotection (SFRP), Paris, Dunod ; [puis] Les Ulis, EDP Sciences, 1966ss.

Revue scientifique, mais aussi magazine professionnel qui paraît quatre fois par an. La revue comprend donc deux parties distinctes. La première regroupe les articles scientifiques, la seconde «RP Magazine» présente les nouvelles de la SFRP et, plus généralement, de la radioprotection.

TUBIANA Maurice, LALLEMAND Jeannine, *Radiobiologie et radioprotection*, Collection *Que sais-je?*, Paris, Presses universitaires de France, 2002.

Bonne vulgarisation de la problématique de l'effet des radiations sur le vivant.

## WEBOGRAPHIE

[www.arrad.ch](http://www.arrad.ch)

Site de l'Association romande de radioprotection, association qui regroupe toutes les personnes concernées par la radioprotection au sens large. Une journée thématique est organisée chaque année.

[www.bag.admin.ch/themen/strahlung/index.html?lang=fr](http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/index.html?lang=fr)

Textes de loi concernant la radioprotection en Suisse : à consulter ou à commander.

[www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00043/00063/index.html?lang=fr](http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00043/00063/index.html?lang=fr)

Information de l'Office fédéral de la santé publique sur les rayonnements non-ionisants.

[www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00058/00147/index.html?lang=fr](http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00058/00147/index.html?lang=fr)

Information de l'Office fédéral de la santé publique sur le rayonnement UV.

[www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00046/index.html?lang=fr](http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00046/index.html?lang=fr)

Information de l'Office fédéral de la santé publique sur le radon.

[www.icrp.org](http://www.icrp.org)

Site du Comité international de la radioprotection. Ce comité publie régulièrement des recommandations.

<http://public.web.cern.ch/public/Welcome-fr.html>

Site du Centre européen de recherche nucléaire basé à Genève.

[www.vous-avez-dit-radioprotection.fr/](http://www.vous-avez-dit-radioprotection.fr/)

Site officiel de l'exposition contenant des informations complètes et utiles.



© 2009 Ecole-Musée / Canton de Vaud  
© 2009 HECVSanté, Lausanne



Coordination	Aline Guberan, Haute école cantonale vaudoise de la santé Ana Vulić, Ecole-Musée
Contenu et rédaction	Régis Le Coultre, André Besançon
Comité scientifique	François Bochud, François Descombes, Régis Le Coultre, André Besançon
Collaboration	Volée Bachelor 2007-2010 de la Haute école cantonale vaudoise de la santé, la Fondation Claude Verdan
Validation pédagogique	Philippe Lo Bello, professeur formateur HEP Lausanne
Relecture	Corinne Chuard
Mise en forme	Anne Hogge Duc
Impression	Centre d'édition de la Centrale d'achats de l'Etat de Vaud (CADEV)

Sources, copyrights des illustrations,  
crédits photographiques

p. 4 : © CEMCAV-CHUV ; pp. 6, 8c, 9b, 10b, 12b, 16a-b, 23b, 24, 25 : © R. Ménégon et, I. Tabellion ; pp. 7b, 8b, 10a, 11a, 12a, 23a : visuel tiré de LOCHARD Jacques, TABARE Mireille 2007 ; p. 8a : visuel tiré de <http://seaus.free.fr/spip.php?article228> ; p. 9a : visuel tiré de Wikipédia et libre de droit ; p. 11b : visuel tiré de [www.dissident-media.org/infonucleaire/radioux.html](http://www.dissident-media.org/infonucleaire/radioux.html) ; p. 11c : photomontage © HECVSanté ; pp. 17a-b, 18a-c : © CHUV ; pp. 19, 20a, 26 : © HECVSanté ; p. 20b : visuel tiré de [www.donsmaps.com/images9/otzi431.jpg](http://www.donsmaps.com/images9/otzi431.jpg) ; p. 20c : © Tyne and Wear Museums ; p. 21a-b : visuels tirés de Gilles Perrault, « L'examen des objets d'art par rayonnements électromagnétiques » in : *La Revue Experts*, n° 31 - 06/1996. © Revue Experts ; p. 21c : visuel tiré de [http://i.telegraph.co.uk/telegraph/multimedia/archive/00603/news-graphics-2005\\_603276a.jpg](http://i.telegraph.co.uk/telegraph/multimedia/archive/00603/news-graphics-2005_603276a.jpg) ; p. 21d : visuel tiré de Federal Aviation Administration (FAA). ©1998 by the FAA. Photo courtesy of Security Training and Technical Resources ; p. 22 : symbole international d'irradiation des aliments.

Remerciements à  
ARRAD, OFSP - Division Radioprotection, l'ASTRM, la Fondation PRORAME, Commission fédérale de Protection contre les radiations et de surveillance de la Radioactivité CPR, Ambassade de France.

Le présent dossier pédagogique est téléchargeable sur [www.ecole-musee.vd.ch](http://www.ecole-musee.vd.ch), [www.hecv.sante.ch](http://www.hecv.sante.ch) et [www.verdan.ch](http://www.verdan.ch).

Couverture  
Radiographie d'une valise que les élèves peuvent découvrir dans le cadre de l'exposition.  
Photographie : © HECVSanté

## COLLECTION DP • ECOLE-MUSÉE NUMÉROS DISPONIBLES

2005	1	<i>Eau et vie dans le Léman</i> , Musée du Léman, Nyon
	2	<i>Des jeux et des hommes. Aspects didactiques, historiques et culturels des jeux de société</i> , Musée suisse du jeu, La Tour-de-Peilz (2 <sup>e</sup> version revue et corrigée : 2008)
2006	3	<i>Du baiser au bébé</i> , Fondation Claude Verdan – Musée de la main, Lausanne
	4	<i>Flore sauvage dans la ville</i> , Musée et jardins botaniques cantonaux, Lausanne
	5	<i>Baselitz. La peinture dans tous les sens</i> , Fondation de l'Hermitage, Lausanne
	6	<i>Créations hors du commun</i> , Collection de l'art brut, Lausanne
	7	<i>Feuille, caillou, ciseaux. A la découverte des matériaux</i> , Espace des inventions, Lausanne
	8	<i>Des Alpes au Léman. Images de la préhistoire</i> , Musée cantonal d'archéologie et d'histoire, Lausanne
	9	<i>Charles Gleyre (1806-1874). Le génie de l'invention</i> , Musée cantonal des beaux-arts / Lausanne
	10	<i>Le bel ambitieux. A la découverte du Palais de Rumine</i> , Palais de Rumine, Lausanne
	11	<i>Des Celtes aux Burgondes</i> , Musée d'Yverdon et région, Yverdon-les-Bains
	12	<i>Le chemin de Ti'Grain. Une histoire socio-culturelle</i> , Maison du blé et du pain, Echallens
2007	13	<i>Les cailloux racontent leur histoire</i> , Musée cantonal de géologie, Lausanne
	14	<i>Paris-Lausanne-Paris 39-45. Les intellectuels entre la France et la Suisse</i> , Musée historique de Lausanne
	15	<i>L'art du verre contemporain. Reflets d'une collection et d'un catalogue</i> , mudac – Musée de design et d'arts appliqués contemporains, Lausanne
	16	<i>Du vent et des voiles</i> , Musée Olympique, Lausanne (en français / in english / auf Deutsch)
	17	<i>Denis Savary</i> , Musée Jenisch Vevey
	18	<i>Les coulisses de l'histoire vaudoise</i> , Archives cantonales vaudoises, Chavannes-près-Renens
	19	<i>Les milieux extrêmes font leur cinéma</i> , Ciné du musée : Musée d'archéologie et d'histoire, Musée et jardins botaniques, Musée de géologie, Musée de zoologie
	20	<i>Splendeurs ignorées</i> , Vivarium de Lausanne
	21	<i>De la fragile porcelaine à la geôle oppressante. Un itinéraire contrasté</i> , Château de Nyon - Musée historique et des porcelaines, Nyon
	2008	22
23		<i>Une journée au XIX<sup>e</sup> siècle dans la région de Montreux...</i> , Musée de Montreux
24		<i>Avenches la romaine</i> , Musée romain, Avenches (en français / auf Deutsch)
25		<i>Steinlen. L'œil de la rue</i> , Musée cantonal des beaux-arts / Lausanne
26		<i>A l'abri des murailles. La vie d'un château à l'époque savoyarde</i> , Château de Chillon, Chillon-Veytaux (en français / auf Deutsch)
27		<i>Au fil du temps. Le jeu de l'âge</i> , Fondation Claude Verdan - Musée de la main, Lausanne
28		<i>Le pactole du passé</i> , Musée monétaire cantonal, Lausanne
2009		29
	30	<i>Le sel. De la mine à l'assiette</i> , Mines de sel, Bex
	31	<i>Oh my God! Darwin et l'évolution</i> , Musées cantonaux de botanique, géologie et zoologie, Lausanne
	32	<i>Du fer au rail. L'épopée jurassienne d'une aventure industrielle</i> , Musée du fer et du chemin de fer, Vallorbe
	33	<i>Liberté, férocité, frugalité. Mythes et clichés suisses à travers les siècles</i> , Musée national suisse, Prangins

## COLLECTION DP • HORS-SÉRIE NUMÉRO DISPONIBLE

2009	1	<i>Ciel mes rayons! Entre art et sciences – Voyage au pays des radiations</i> , Haute école cantonale vaudoise de la santé, Lausanne ; Fondation Claude Verdan – Musée de la main, Lausanne
------	---	---

