

Histoire des rayons X



Radiographie de la main
de Bertha ROËNTGEN

en partenariat avec le

- Objets et instruments originaux
issus des collections du CNAM
- jeu de piste
- films
- frise historique
- et autres supports...

vous attendent sur le parcours de visite

D e j a n v i e r à m a r s 2 0 0 7



Machine électrostatique de Nairne, 1774,
Musée des arts et métiers, CNAM
Inv. 01636



S o m m a i r e

Histoire des rayons X	p.3
Le Musée des arts et métiers, CNAM	p.4
Le synchrotron SOLEIL	p.5
Panneau 1	p.6
Panneau 2	p.7
Panneau 3	p.8
Panneau 4	p.9
Frise	p.10-11
Fiches techniques des objets de l'exposition, dates	p.12-15
Bibliographie et remerciements	p.16

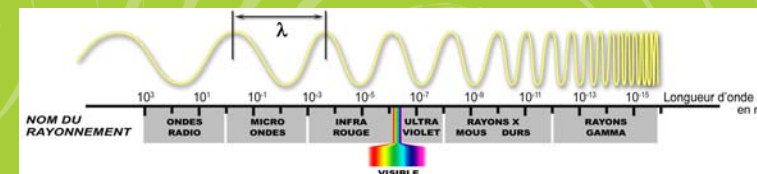
Histoire des rayons X

Exposition en partenariat avec SOLEIL et le CNAM

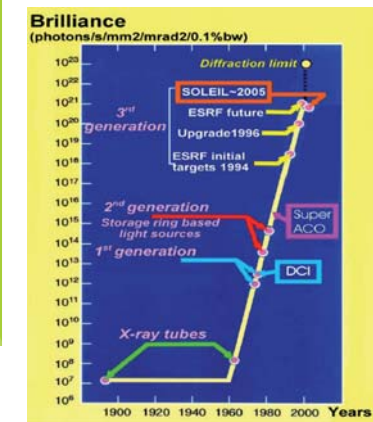
L'homme a toujours voulu prolonger ses activités au-delà du coucher du soleil. Le feu fut sa première lumière artificielle, puis vint la lampe à graisse, la lampe à huile, la chandelle, la lampe au pétrole, le gaz d'éclairage, jusqu'à l'arrivée vers 1900 de la « fée électricité ». De la partie visible, la connaissance du spectre de la lumière va s'élargir après la découverte des Infrarouges, en 1800, par l'astronome anglais William HERSCHEL et peu de temps après des ultraviolets, rayons « chimiques » par RITTER et WOLLASTON. Ce sera ensuite celle des ondes radios par le physicien allemand Heinrich HERTZ en 1885.

En 1895, le physicien allemand Wilhelm Conrad ROËNTGEN en étudiant l'électricité dans une ampoule où l'air est à faible pression découvre une nouvelle partie du spectre : les rayons X.

Sa découverte précèdera celle d'une dernière partie du spectre, les rayons gamma, pour laquelle Henri BECQUEREL, Paul VILLARD et Ernest RUTHERFORD auront un rôle déterminant.



Cette exposition réalisée en partenariat avec le Musée du Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM), retrace l'histoire des rayons X. Elle s'étend depuis les grandes étapes qui ont précédé leur découverte par ROËNTGEN en 1895, notamment les expériences mises en œuvre pour comprendre les phénomènes électriques, en passant par les applications du début du siècle dernier, comme la radiographie et la radiothérapie. Des premiers tubes de ROËNTGEN, l'histoire se poursuit dans le domaine des rayons X, avec le Synchrotron SOLEIL, nouvelle source d'excellence de lumière couvrant la gamme allant des infrarouges aux rayons X. Récemment inauguré en décembre 2006, SOLEIL ouvrira ses portes à plus de 2 000 chercheurs chaque année à partir de 2007.



Progression des performances des sources de rayons X en un siècle.

La Brillance (flux de lumière émis divisé par la surface et le cône d'émission de la source) est considérée comme le facteur de qualité d'une source. Sur les synchrotrons de 3^{ème} génération tel que SOLEIL, elle est aujourd'hui 10¹⁵ fois plus grande que sur celle des premiers tubes à rayons x du début du 20^{ème} siècle.

Le Musée des arts et métiers :

" Premières découvertes, premières émotions... "

De l'abbaye de fondation royale au Conservatoire républicain, des saintes reliques à la pile voltaïque, aucun édifice parisien ne peut se prévaloir d'un destin romanesque et capricieux comme celui des Arts et Métiers.

Sur les traces des inventeurs et des aventuriers de l'histoire des techniques, le musée des arts et métiers, CNAM vous invite à explorer un patrimoine unique au monde. Ce Louvre des techniques, installé dans les murs de l'ancien prieuré de Saint-Martin-des-Champs, vous donne à voir 80 000 objets témoins d'exploits, comme l'avion de BLÉRIOT avec lequel il réalisa la première traversée de la Manche. Quel que soit votre parcours, l'émerveillement est au rendez-vous. Pour vous renseigner, des postes de consultation interactifs vous raconteront l'invention et son inventeur dans leur contexte historique. Des démonstrateurs sont aussi à votre disposition pour répondre à toutes vos questions et expliquer le fonctionnement des objets dans le cadre d'ateliers ou de visites guidées.

Musée de l'Éducation nationale, le musée des arts et métiers réconcilie l'art et la science, la pédagogie et l'émotion.



Musée des arts et métiers

Ouvert du mardi au dimanche

de 10h à 18h, jeudi 21h30

60, rue Réaumur - 75003 Paris

Tel : 01 53 01 82 00

www.arts-et-metiers.net

Le synchrotron SOLEIL

Une source de lumière exceptionnelle au service de la recherche et de l'industrie

Installation de très haute technologie, un centre de rayonnement synchrotron est, à la fois, un accélérateur qui produit un rayonnement d'une brillance exceptionnelle et un laboratoire de recherche à la pointe des techniques expérimentales. Les expériences qui y sont menées utilisent le rayonnement émis par des électrons de très haute énergie, circulant à la vitesse de la lumière dans un anneau : les électrons sont soumis à l'action de champs magnétiques qui courbent leur trajectoire dans des aimants dits « de courbure » ou qui les font osciller dans des structures magnétiques de courtes périodes, appelées « onduleurs », sources de lumière d'excellence qui permettent des expériences inconcevables auparavant.

Les caractéristiques définies pour SOLEIL (énergie de fonctionnement, large domaine spectral de l'infrarouge aux rayons X, brillance, stabilité du faisceau au micron, innovations dans la conception des sources et des lignes de lumière...) le placent au plus haut niveau de la compétition internationale.

SOLEIL, grand équipement pour la recherche fondamentale (biologie, chimie et physique, géosciences ...) mais aussi pour les applications industrielles et sociétales (santé, diagnostics, patrimoine, études des matériaux, nanosciences, environnement...), accueillera à partir de 2007, chaque année, quelque 2 000 chercheurs qui viendront travailler sur les installations expérimentales, disponibles 24 h /24h, 6 jours par semaine et appelées « lignes de lumière ».



Vue aérienne et cabine expérimentale d'une ligne de lumière

Carrefour de l'innovation et de la science, SOLEIL est aussi un lieu de progrès avec déjà plusieurs milliers de visiteurs par an (futurs utilisateurs, scientifiques du monde entier mais aussi collégiens, lycéens et citoyens). Démarche totalement innovante : c'est la première fois qu'un centre de recherche a pour mission de devenir un lieu de diffusion de la culture scientifique et technique pour tous.



Ateliers pédagogiques à SOLEIL

L'étude de l'électricité de l'Antiquité grecque à la fin du XIX^{ème} Siècle

Depuis l'Antiquité, des phénomènes électriques et magnétiques sont observés dans la nature. Ainsi on connaissait à cette époque les propriétés de l'ambre jaune (en grec *ηλεκτρον*, origine du mot électricité), d'attirer les corps légers et celles de la « pierre d'aimant » (provenant de Magnésie, origine du mot magnétisme) d'attirer le fer.

Ces phénomènes restaient cependant mystérieux et suscitérent de nombreuses expériences pendant plusieurs siècles pour aboutir à leur compréhension ainsi qu'à de nouvelles découvertes.



Machine électrostatique de Nairne, 1774, Musée des arts et métiers, Inv. 01636

Au XVII^{ème} siècle, on ne sait produire l'électricité que par frottement de certains corps. En 1663, O. von GUERICKE (1602-1686) construit une machine à globe de soufre tournant et tire de cet appareil des étincelles qu'il compare aux éclairs du ciel.

Au XVIII^{ème} siècle, pour tenter de comprendre la nature de l'électricité, on expérimente sa propagation dans différents matériaux. S. GRAY (1666-1736) montre qu'il existe des corps conducteurs et isolants.

Des machines cylindriques, puis circulaires à frottoir, construites par E. NAIRNE (1726-1806) et J. RAMSDEN (1735-1800) permettent une meilleure production de l'électricité « statique », mais les courants restent peu importants.

En France, les célèbres « expériences de salon » de l'Abbé J. A. NOLLET (1700-1770) montrent l'intérêt de la société pour la science. Il utilise la bouteille de Leyde pour stocker l'électricité et l'électroscope pour la mesurer. Considérée comme un fluide par B. FRANKLIN (1706-1790) ou plusieurs fluides par J. A. NOLLET, la nature de l'électricité ne sera connue qu'à la fin du XIX^{ème} siècle.

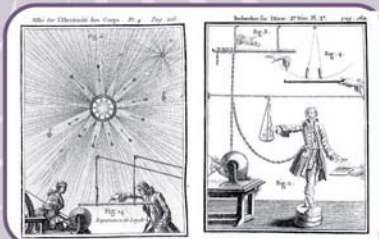
Après l'observation des étincelles, aussi appelées « effluves électriques », obtenues dans l'air avec des hautes tensions, on s'intéresse à la conductivité dans les gaz. « L'œuf électrique » de J.A. NOLLET est une ampoule de verre vidée de son air avec les pompes à vide. Cette expérience sous atmosphère raréfiée est spectaculaire, à cause des variations de lumières colorées émises et de leur localisation en fonction de la pression.

Au XIX^{ème} siècle, les universités pratiquent de nombreuses expériences sur les décharges électriques dans des gaz à faible pression. De nouvelles possibilités de production et de stockage d'électricité se développent. En 1801, A. VOLTA (1745-1827) présente sa pile devant l'Institut de France. Ce générateur chimique ouvre de nouvelles voies pour l'étude des « courants électriques ».

Grâce aux pompes à vide et aux courants importants obtenus avec les bobines de H. RUHMKORFF (1803-1877) inventées en 1851 suite aux travaux sur l'induction par M. FARADAY, il devient possible d'observer des décharges électriques à des pressions gazeuses résiduelles de plus en plus faibles.



Recherches sur l'électricité, 3e DISC, Pl. 2e, 254, A. NOLLET



XIX^{ème} siècle : les décharges électriques dans les gaz raréfiés

Les analyses menées sur les gaz s'appuient sur l'étude des spectres visibles émis dans des tubes de H. GEISSLER (1815 - 1879) ou des tubes de J. PLUCKER (1801-1869) de plus petit diamètre.

La lumière émise par les décharges dans les tubes de GEISSLER est riche en ultraviolet (UV) pour beaucoup de gaz comme l'air, l'argon et l'hydrogène. Invisibles à l'œil, ces UV sont en revanche aisément détectables par la luminescence excitée, en particulier sur les verres contenant de l'uranium, l'un des additifs utilisés pour les colorer en jaune et vert. Spectaculaire à cette époque, ce phénomène détourné de son premier usage, devient un objet de curiosité.



Tubes de Plucker



Tubes de Geissler



Lorsqu'on améliore le vide, la lumière émise disparaît peu à peu. Mais on observe toujours un courant passant entre les électrodes et, quel que soit le verre de l'ampoule, on aperçoit une fluorescence essentiellement localisée au bout du tube opposé à l'électrode négative (cathode).

W. CROOKES (1832-1919) montre qu'un objet placé dans l'ampoule apparaît sous forme d'une ombre au fond du tube. Lorsqu'on recouvre la face interne du tube d'une poudre de substance fluorescente, l'image produite devient très lumineuse. Ces rayons « cathodiques » qui projettent l'image et sont attribués à une émission de la cathode ont par ailleurs la propriété d'être déviés par un aimant.

Comme pour les tubes de GEISSLER, des tubes de CROOKES sont aussi réalisés pour servir de divertissement. Ici ce sont les rayons cathodiques qui excitent la luminescence de diverses substances (craie, rubis, willémitte) et certaines applications de ces phénomènes sont encore exploitées de nos jours : tube fluorescent, écran à plasma...

Tubes de Crookes



Découverte des Rayons « X » et premières applications

A la fin du XIX^{ème} siècle, avec un tube de CROOKES munie d'une fenêtre d'aluminium très mince, P. LENARD (1862-1947) et H. HERTZ (1857-1894) étudient le passage des rayons cathodiques dans l'air.



Radiographie de la main de Bertha ROENTGEN

En France, le 20 Janvier 1896, la découverte des Rayons X est présentée à l'Académie des Sciences. H. POINCARÉ (1854-1912) émet alors l'hypothèse qu'à toute fluorescence est associé un rayonnement pénétrant.

Puis H. BECQUEREL (1852-1908), spécialiste des phénomènes de luminescence, vérifie expérimentalement cette hypothèse en utilisant un sel double de potassium et d'uranium très fortement fluorescent. Chance ou intuition ?

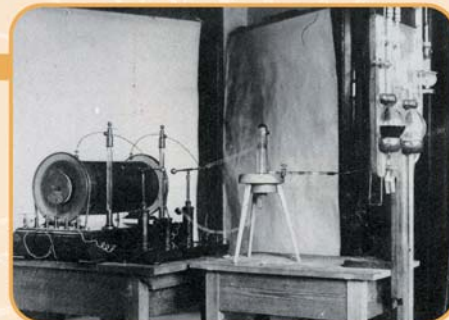
Ceci le conduit peu de temps après à la **découverte de la radioactivité naturelle**.

En 1897, J. J. THOMSON (1856-1940) annonce la découverte de « l'atome d'électricité », baptisé électron en 1900.

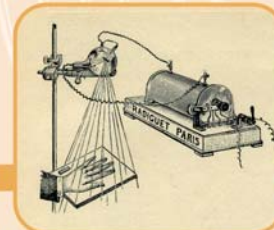


Tubes à rayons X

Laboratoire de ROENTGEN



Montage de radiographie



Fin 1895, W. C. ROENTGEN (1845-1923) renouvelle l'expérience à travers le verre de son **tube de CROOKES** en l'entourant d'un écran noir. Il s'aperçoit qu'un **écran de platino-cyanure de baryum** situé à proximité s'illumine faiblement à chaque fois que le tube fonctionne. Il teste le pouvoir de pénétration des rayons inconnus, qu'il appelle « rayons X ».

Interposant sa main entre le tube et l'écran, il constate la possibilité de voir ses os. L'utilisation médicale de ce rayonnement « X » est immédiate pour voir un organe malade ou des corps étrangers (balles de fusil).

Des tubes à rayons X à SOLEIL

Le développement des tubes X à gaz

Les clichés envoyés dans le monde entier par W.C ROENTGEN suscitent un engouement énorme. Son expérience est reprise dans de nombreux laboratoires ainsi que par des médecins, tels qu' A. BECLERE (1856-1939) en France. Voir des squelettes et des « spectres » attire les foules dans les salons, en particulier chez des « spiritistes », dans les foires, les théâtres. Même les marchands de chaussures les utilisent pour ajuster les souliers.



Publicité pour les objets « Spiritistes »



Différentes améliorations sont rapidement apportées au tube de CROOKES :

- **Amélioration de la qualité de l'image** : en rendant la source de rayons X quasi ponctuelle avec une **cathode hémisphérique** focalisant les rayons cathodiques sur l'anticathode. En améliorant le rendement d'émission avec l'utilisation d'une **pièce de métal lourd et infusible comme anticathode** (platine, puis tungstène, quelquefois molybdène).
- **Régulation du vide** : l'usage intensif du tube induit une absorption du gaz résiduel par les parois. Le tube est alors détérioré et nécessite une tension plus élevée pour fonctionner. Un tube de platine chauffé permet d'introduire une petite quantité de gaz et de récupérer un fonctionnement normal. On utilise aussi le **dégazage par chauffage de charbon actif**.

Ces améliorations augmentent la puissance de **certaines tubes et favorisent leur emploi pour le traitement par radiothérapie** des cancers cutanés. L'usage des « tubes à gaz » s'étendra jusqu'en 1932.

La prise en compte de la nocivité des rayons X sera quant à elle, plus tardive.

Traitement par les rayons X de l'utérus carcinome



Anode tournante



Des tubes X de type COOLIDGE, à la source SOLEIL

W. D COOLIDGE (1873-1975) remplace la décharge en gaz raréfié par un filament chauffé utilisant l'effet Richardson (thermo émission d'électrons par une cathode). Le tube fonctionne sous vide poussé et permanent. Dans ces **tubes dits de « COOLIDGE »**, l'anticathode massive qui chauffe sous l'effet du bombardement électronique, doit être refroidie convenablement. Pour obtenir des tubes encore plus puissants, A. BROUWERS réalise en 1929 une **anode tournante**. Les tubes scellés sous vide sont toujours utilisés en imagerie médicale, en radiothérapie, chez les dentistes et dans l'industrie.

La brillance est le nombre de photons par seconde dans un pinceau fin. A SOLEIL, elle est 10¹³ (dix mille milliards) de fois plus grande que celle d'un tube à rayon X des années 20.

Certaines expériences impossibles à envisager avec un tube classique à cause de leur durée et de la faiblesse du signal à observer, deviennent réalisables avec le Synchrotron SOLEIL. C'est le cas de la détermination de la structure d'une protéine qui nécessitait 15 ans de travail et que l'on peut aujourd'hui modéliser avec une grande finesse en quelques minutes (1 image par seconde) !

Histoire des rayons X



1801

Invention de la pile par A. VOLTA (1745-1827)



1851

Invention des bobines d'induction qui seront améliorées par H. RUMHKORFF (1803-1877)



1870

W. CROOKES invente le tube cathodique à cathode froide (1832-1919)



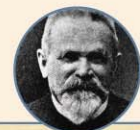
1895

Découverte des rayons X par W. C. ROËNTGEN (1845-1923)



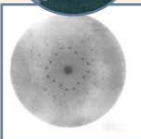
1897

Ampoule de MURET



1897

Création du premier Laboratoire hospitalier de radiologie A. BECLERE (1856-1939)



1912

Publication des recherches sur la diffraction des rayons X de M. von LAUE (1879-1960)



1914-1918

M. CURIE crée dix-huit voitures de radiologie, surnommées les « petites Curie », qui sont envoyées sur le front



1915

Tube de COOLIDGE ancien



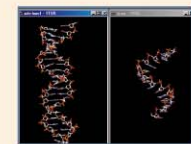
1929

Tube à anode tournante



1947

Première observation du rayonnement Synchrotron à General Electric (USA)



1953

Détermination de la structure hélicoïdale de l'ADN par radiocristallographie (rayons X) par J. WATSON, F. CRICK et leurs collaborateurs



2000

Création de la société civile SOLEIL



Sciences et société



1859

L'origine des espèces de C. DARWIN



1869

D. I. MENDELEËV publie sa classification périodique des éléments chimiques



1875

A. G. BELL met au point et développe le téléphone



1885

L. PASTEUR utilise pour la 1^{re} fois le vaccin contre la rage



1889

Inauguration de la Tour Eiffel (exposition universelle de 1889)



1895

Première représentation cinématographique des Frères LUMIERE



1898

G. MARCONI réalise la 1^{re} transmission sans fil (TSF) sur 3 km



1903

Vois des frères WRIGHT



1909

Traversée de la Manche en avion par L. BLERIOT



1915

A. WEGENER expose sa théorie de la dérive des continents



1920

A. CALMETTE et C. GUÉRIN élaborent un vaccin antituberculeux : le BCG



1928

A. FLEMING découvre la pénicilline



1945

Première utilisation de l'arme nucléaire sur les villes japonaises d'Hiroshima et de Nagasaki



1947

Invention du transistor par W. B. SHOCKLEY, J. BARDEEN et W. H. BRATTAIN



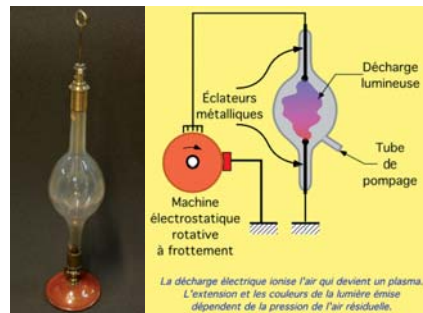
1960

Premier laser inventé par T. MAIMAN



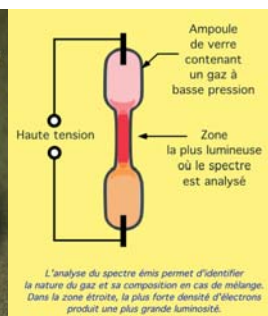
Objets présentés dans l'exposition

Œuf électrique à robinet, Musée des arts et métiers, Inv. 06768



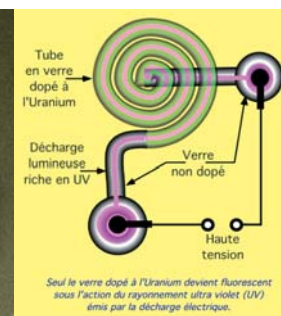
RUHMKORFF Heinrich
Daniel 1803-1877,
Ingénieur Constructeur
Dimensions :
Hauteur : 101,00 cm.
Diamètre : 20,50 cm.
Masse : 4,980 kg,
Matériaux : Bois ;
Laiton ; Verre.

Tubes de PLÜCKER pour examen spectroscopique, Musée des arts et métiers, Inv. 17450, 1896



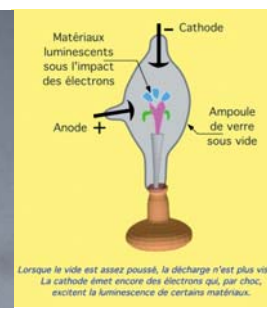
Dimensions : Hauteur : 18,50 cm
Largeur : 6,00 cm.
Longueur : 6,50 cm.
Masse : 170 g.
Matériaux : Bois ; Alliage ferreux ;
Métaux non ferreux.
Auteur intellectuel : PLÜCKER
Julius 1801-1868, Mathématicien
et Physicien, Allemagne
Auteur matériel : SCHLOESING
Jean Jacques 1824-1919,
Prof. CNAM Chimie agricole,
France Paris

Fleur lumineuse, Musée des arts et métiers, Inv. 08709



Dimensions :
Hauteur : 40,00 cm.
Diamètre : 14,00 cm.
Masse : 450 g.
Matériaux : Acier ; Bois ;
Verre. Verre blanc et
verre d'urane
Auteur matériel et origine :
SÉGUY

Tube à décharge avec figurine, Musée des arts et métiers, Inv. DEMOS-0066

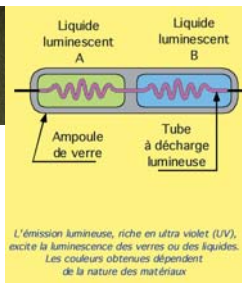


Dimensions :
Hauteur : 28 cm.
Largeur : 6,5 cm.
Longueur : 10 cm.
Masse : 190 g.
Matériaux : Alliage ferreux ;
verre ;
Matériau indéterminé.

Tube à décharge de GEISSLER, Musée des arts et métiers, Inv. DEMOS-0061



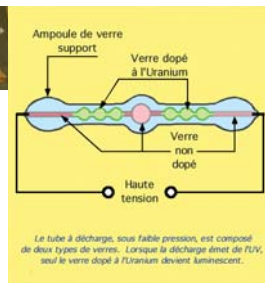
Dimensions :
Hauteur : 42 cm, Diamètre : 4 cm.
Masse : 160 g.
Matériaux : verre.
Auteur intellectuel : GEISSLER Heinrich
1815-1879, Mécanicien, Allemagne



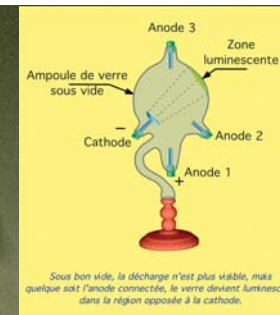
Tube de GEISSLER, Musée des arts et métiers, Inv. 06945-0002



Dimensions : Hauteur : 5,50 cm.
Largeur : 5,50 cm. Longueur : 74,50 cm.
Masse : 700 g. Matériaux : Verre.
Auteur intellectuel : GEISSLER Heinrich
1815-1879, Mécanicien, Allemagne
Auteur matériel : RUHMKORFF Heinrich Daniel
1803-1877, Ingénieur constructeur,
France Paris

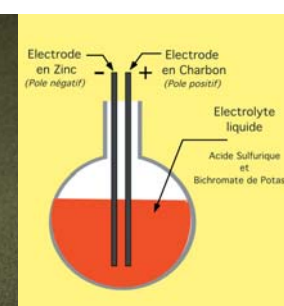


Tube de CROOKES, Musée des arts et métiers, Inv. DEMOS-0065



Dimensions :
Hauteur : 45 cm.
Diamètre : 14 cm.
Masse : 500 g.
Matériaux : Alliage ferreux ;
verre ; bois.
Auteur intellectuel :
CROOKES William
1832-1919,
Physicien, Angleterre
Londres

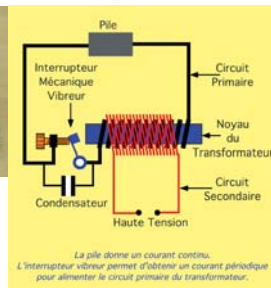
Pile de GRENET, petit modèle, Musée des arts et métiers, Inv. 14964 1865



Auteur intellectuel :
GRENET
Dimensions :
Masse : 930 g.

Objets présentés dans l'exposition (suite)

Appareil d'induction de RUHMKORFF, Musée des arts et métiers, Inv. 06255



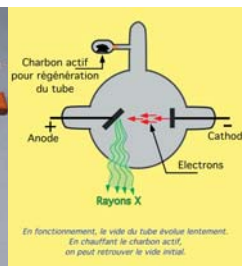
Dimensions : Hauteur : 32,00 cm.
Largeur : 28,00 cm. Longueur : 75,00 cm.
Masse : 25 kg.
Matériaux : Bakélite ; Bois ; Bronze ; Cuivre ;
Matériau indéterminé ; Verre.
RUHMKORFF Heinrich Daniel 1803-1877,
Ingénieur Constructeur

Ampoule pour obtention de rayons cathodiques, Musée des arts et métiers, Inv. 21866, 1910



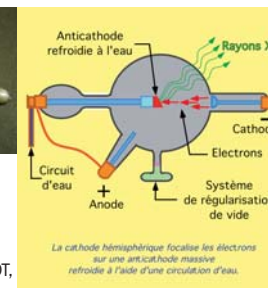
Dimensions : Largeur : 15,00 cm.
Longueur : 26,00 cm. Diamètre : 10,00 cm.
Masse : 120 g.
Matériaux : Nickel ; Verre.
Auteur matériel : GAIFFE-GALLOT,
Etablissements, France Paris

Tube à rayons X, Musée des arts et métiers, Inv. 19618, 1898



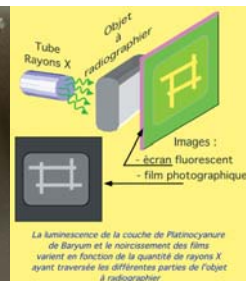
Dimensions :
Hauteur : 12,00 cm.
Largeur : 35,00 cm.
Longueur : 36,00 cm.
Masse : 670 g.
Matériaux : Nickel, verre.
Auteur matériel :
CHABAUD Victor,
Constructeur, succ.
ALVERGNAT Frères,
France Paris
r. M. le Prince 58

Ampoule de radiothérapie, Musée des arts et métiers, Inv. 21873, 1912



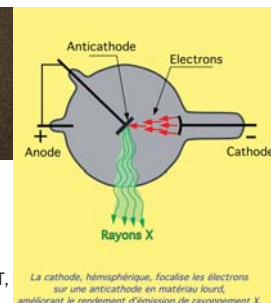
Dimensions : Largeur : 28,00 cm.
Longueur : 63,00 cm. Diamètre : 25,00 cm.
Masse : 630 g.
Matériaux : Cuivre; Nickel; Verre.
Origine de l'oeuvre : Compagnie générale de
Radiologie, Constructeur, succ. GAIFFE, GALLOT,
PILON, France Paris bd de Vaugirard 34
Auteur matériel : PILON Hector, Constructeur,
France Asnières r. de Paris 53

Radioscope explorateur, Musée des arts et métiers, Inv. 13797-0004-001, 1905



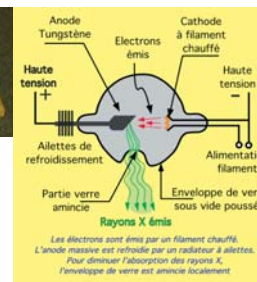
Dimensions :
Hauteur : 92,00 cm.
Largeur : 30,00 cm.
Longueur : 70,00 cm.
Masse : 10,240 kg.
Matériaux : Acier; Bois ; Cuivre ;
Verre.
Auteur intellectuel : LONDE Albert
1858-1917, Direct. Service
photographique Salpêtrière,
France Paris
Auteur matériel : RADIGUET
Arthur-Honoré, Constructeur,
France Paris Filles du Calvaire

Ampoule à rayons X, Musée des arts et métiers, Inv. 21868, 1910



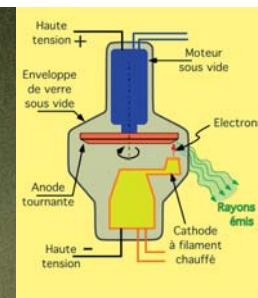
Dimensions : Largeur : 20,00 cm.
Longueur : 33,00 cm. Diamètre : 15,00 cm.
Masse : 190 g.
Matériaux : Cuivre ; Nickel ; Verre.
Auteur matériel et origine : Compagnie générale
de Radiologie, Constructeur, succ. GAIFFE, GALLOT,
PILON, France Paris bd de Vaugirard 34

Tube à rayons X type Coolidge, Musée des arts et métiers, Inv. 18644, 1919



Dimensions : Longueur : 37,00 cm.
Diamètre : 7,00 cm Masse : 1,300 kg.
Matériaux : Aluminium ; Cuivre ;
Matériau indéterminé ; Verre.
Origine de l'oeuvre : Compagnie générale de
Radiologie, Constructeur, succ. GAIFFE, GALLOT,
PILON, France Paris bd de Vaugirard 34
Auteur matériel : GENERAL ELECTRIC COMPANY,
Etats-Unis New York

Tube générateur de rayons X à anode tournante, Musée des arts et métiers, Inv. 22279



Dimensions :
Hauteur : 33,00 cm.
Diamètre : 11,00 cm.
Masse : 1,620 kg.
Origine de l'oeuvre : CNAM,
Laboratoire d'électricité et
physique appliquée,
France Paris

Bibliographie

DVD sur le cyclotron réalisé dans le cadre de l'exposition
« *DOISNEAU chez les JOLIOT-CURIE* »

Essai sur l'électricité des corps, Par M. L'Abbé NOLLET, 1765

Recherches sur les causes particulières des phénomènes
électriques, par M. L'Abbé NOLLET, 1754

Techniques et applications des rayons X, traité pratique de
Radioscopie et de radiographie G.-H NIEWENGLOWSKI, 1898

Cours de Physique, H. PELLAT, 1890

Cours de Physique, à l'usage des élèves de classe de
Mathématiques spéciales, H. PELLAT, 1883

A Century of X-rays and radioactivity in medicine, Richard F. MOULD

Remerciements :

Jamila AL KHATIB, Coordinatrice des ateliers pédagogiques ,
Musée des Arts et Métiers, CNAM

Maurice CHAPELLIER, Physicien, retraité du CEA, actuellement
CSNSM/CNRS/ORSAY

Pierre DHEZ, Directeur de recherche au CNRS, retraité.

Ginette GABLOT, Chargée de mission, Sauvegarde du patrimoine
contemporain, Musée des arts et métiers, CNAM

Nathalie MACHETOT, chargée de projets, Musée des arts et
métiers, CNAM

Céline RORATO, attachée de presse à la Direction de la
communication, Musée des arts et métiers, CNAM

Daniel THOULOUSE, Directeur du Musée des arts et métiers,
CNAM

Les Réserves du CNAM tout particulièrement :

Cyril FOASSO, chargé de collection instruments scientifiques
contemporains, Musée des arts et métiers, CNAM

Jacques MAIGRET, conservateur en chef, responsable des
collections, Musée des arts et métiers, CNAM

Denis PRUVREL, chargé des inventaires, Musée des arts et
métiers, CNAM

Ainsi que l'équipe de la régie des collections du Musée des arts et
métiers, CNAM

Pour les images :

Jérémy BARANDE, Bibliothèque de l'Ecole Polytechnique

Marie-Christine THOORIS, Responsable du Centre de Ressources
Historiques et Chargée de la Réserve et des Collections
patrimoniales, Bibliothèque de l'Ecole Polytechnique



L'Orme des Merisiers - SAINT-AUBIN - BP 48 - 91192 Gif-sur-Yvette Cedex

Tél : 01 69 35 90 20 • Fax : 01 69 35 94 59

www.synchrotron-soleil.fr