

fondation clude verdan musée de la main



# regards vers l'intérieur

7 mars - 20 mai 2002

UM i.media

Musée cantonal de Zoologie

CHUV

Rue du Bugnon 21 | 1005 Lausanne | à 50 mètres du CHUV | bus 5 ou 6, arrêt Montagilbert | t 021 314 49 55 | www.verdan.ch  
ma - ve 13 h à 18 h | sa - di 11 h à 17 h | pour les écoles également ma, me, ve 9 h - 12 h

© 2002 Fondation Claude Verdán. Tous droits réservés. Photo: M. B. / M. B. / M. B.

## Remerciements :

Nous adressons de très cordiaux remerciements à nos collègues du Museum d'histoire naturelle de Bâle et plus particulièrement au Dr Ambros Hänggi, à Edi Stöckli et Renate Müller, pour leur collaboration à l'installation, ainsi qu'à leur directeur, notre collègue le Dr Christian Meyer, pour la mise à disposition de cette remarquable exposition.

Nos remerciements vont aussi au Dr Hans-Jürgen Fischer, auteur des radiophotos de la première partie de l'exposition, ainsi qu'à Marcel S. Jaquat, Conservateur du Musée d'Histoire Naturelle de La Chaux-de-Fonds, qui a mis ce matériel à notre disposition.

Nous remercions encore pour leur collaboration:

Thierry Potterat et John Minns de l'Hôpital de St-Loup, François Descombes de l'Ecole de techniciens en radiologie de Lausanne, Pierre Schnyder et Reto Meuli du Service de radiodiagnostic et radiologie interventionnelle du CHUV, Uwe Busch du Musée Röntgen à Remscheid, Bally Archiv à Schönenwerd, François Schweizer, Anne Rinuy et Paul Lang du Musée d'art et d'histoire de Genève, François Wiblé et Philippe Curdy du Musée cantonal d'archéologie du Valais, Patrick Gyger de la Maison d'Ailleurs à Yverdon, Monika Witt et Marco Städler de Siemens AG, Monika Dommann de l'Université de Zurich, Pierre-Yves Borgeaud à Lausanne, le Groupe Papier froissé à Lausanne, Ecole-Musée à Lausanne.

## Rédaction et préparation:

Claude Joseph, Imédia-Interface Sciences, Médecine et Société, Université de Lausanne  
Alain Kaufmann, Imédia-Interface Sciences, Médecine et Société, Université de Lausanne  
Daniel Cherix, Musée cantonal de zoologie, Lausanne  
Francesco Panese, Fondation Claude Verdan, Lausanne  
Antoinette Pitteloud, Ecole Musée, Lausanne



Page de couverture :

Affiche de l'exposition, Atelier K, Alain Kiessling

Conception graphique :

Valia Scholl, Musée cantonal de zoologie, Lausanne

## Avant-Propos

Exposition temporaire organisée conjointement par le Musée d'histoire naturelle de Bâle, le Musée d'histoire naturelle de La Chaux-de-Fonds, la Fondation Claude Verdan-Musée de la Main à Lausanne, le Musée cantonal de zoologie à Lausanne et IMédia, interface sciences, médecine et société, de l'Université de Lausanne du **7 mars au 20 mai 2002**. Cette exposition itinérante est proposée au Réseau Romand de Culture scientifique et Cité soutenu par la Fondation Science et Cité.

Si nos yeux peuvent distinguer les mouvements, les couleurs et les formes de ce qui nous entoure, ils ne nous permettent pas de voir ce qui se trouve sous la surface ou à l'intérieur d'un objet opaque. Jusqu'en 1895, il n'y avait aucune possibilité d'observer les structures internes d'un objet. Le 8 novembre de cette année-là, le physicien **Wilhelm Conrad Röntgen** découvrit un nouveau type de rayons qu'il dénomma **rayons X** et qui allaient connaître un nombre insoupçonné d'applications.

**Ces rayons X** (ou rayons Röntgen) sont capables de rendre visibles des structures internes, telles que les os entourés de muscles et de peau. Il n'est pas étonnant que ces rayons aient très vite été utilisés dans différents domaines de la médecine, à laquelle ils apportaient des possibilités inattendues, que ce soit pour le diagnostic des fractures osseuses ou celui des maladies pulmonaires. La radiographie est aujourd'hui une technique fondamentale. L'utilisation des **rayons X** a donc un peu plus de 100 ans. Dans le cadre de ce centenaire, nos collègues de Bâle ont mis sur pied la partie de l'exposition consacrée à l'utilisation des **rayons X** mettant en évidence à l'aide de radiographies, le côté très esthétique d'animaux et d'autres objets naturels.

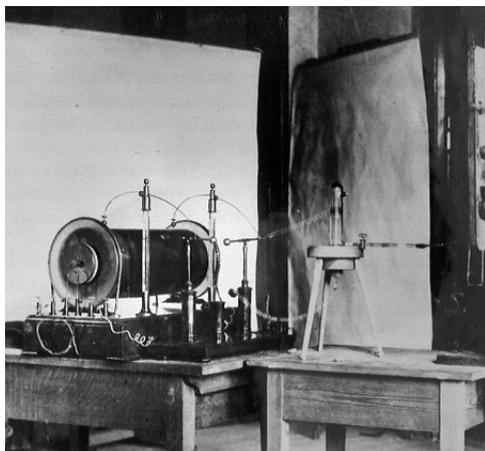
Des agrandissements photographiques et des négatifs sur caisson lumineux mettent en valeur la beauté naturelle d'objets vus aux **rayons X**. L'accent a été mis sur les portraits internes d'animaux, dont les radiographies permettent des observations surprenantes. Une autre partie de l'exposition, élaborée par l'équipe lausannoise, présente différentes applications, souvent curieuses, qui ont été faites dans le domaine de l'imagerie par rayons X: images médicales anciennes et modernes, objets de caractère historique se rapportant à la production ou l'observation de rayons X.

## Histoire d'une découverte 'X'

Notre vision a des limites naturelles. Si nos yeux nous permettent de saisir les formes, les couleurs et les mouvements de manière particulièrement efficace, ils ne nous permettent pas de voir ce qui se trouve sous la surface d'un corps ou à l'intérieur d'un objet.

Le soir du 8 novembre 1895, W. C. Röntgen fit une découverte extraordinaire qui allait permettre d'observer les structures internes d'un objet sans le disséquer, le démonter, voire le détruire.

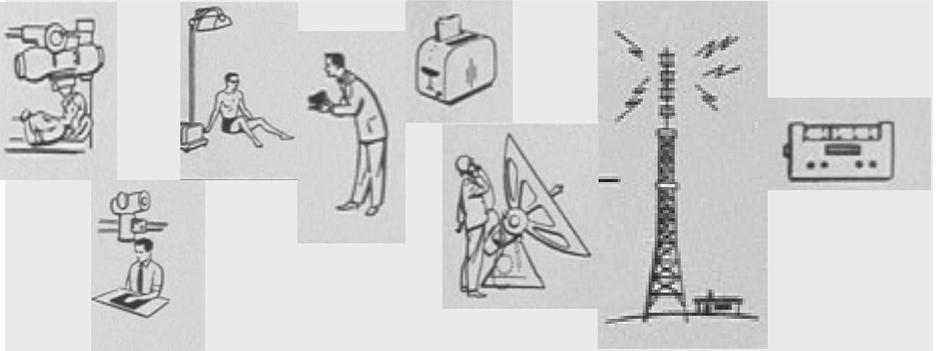
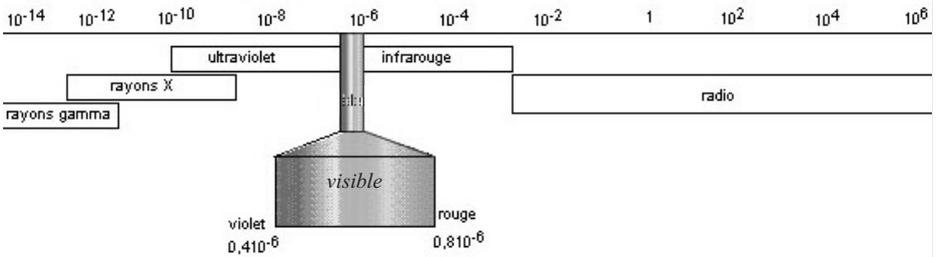
*Wilhelm Conrad Röntgen, professeur de physique à Würzburg, quelque peu étrange et atypique, allait découvrir un type de rayonnement jusqu'alors inconnu qui avait la surprenante capacité de traverser les corps opaques et d'en révéler les structures internes en les fixant sur des plaques photographiques. Röntgen désigna ces rayons sous le nom de rayons X, nom conservé par les francophones et les anglophones "X-Rays", alors que les germanophones parlent plutôt de rayons Röntgen*



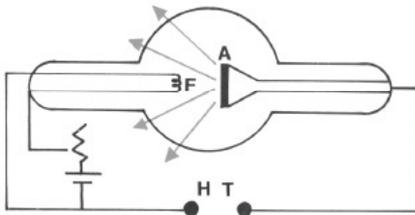
*Installation de Röntgen:  
au premier plan la bobine de Ruhmkorff  
au second plan, sur le support, le tube de Hittorff*

On connaît aujourd'hui la nature de ces rayons, alors mystérieux. Il s'agit de rayonnements électromagnétiques comme le sont la lumière, les ondes de radio ou les micro-ondes, mais caractérisé par des longueurs d'onde (1 à 50 nanomètres) beaucoup plus courtes que celles de la lumière visible (200 à 1200 nanomètres).

*Le spectre des ondes électromagnétiques (longueur d'onde en mètres)*



Aujourd'hui on sait que les rayons X sont produits lorsque des électrons sont accélérés ou freinés. C'est lors des collisions d'électrons à grande vitesse avec des cibles métalliques où ils sont freinés que naissent les rayons Röntgen. On parle alors de radiation de freinage. Les électrons peuvent aussi arracher des électrons fortement liés aux atomes qui, en reprenant leur état normal, émettent également des rayons X; ceux-ci sont alors caractéristiques de la cible. Le schéma ci-dessous met ce phénomène en évidence.



*Représentation schématique du tube de Coolidge pour la production des rayons X :*

- F: filament*
- A: anticathode*
- HT: haute tension*

Des rayons X sont aussi émis parfois lors de désintégrations radioactives de certains isotopes. On parle alors plutôt de rayons gamma. Leur fréquence, comme leur énergie, est alors bien supérieure à celle des rayons engendrés dans des tubes à vide.

Pour comprendre ce que la découverte de Röntgen avait d'extraordinaire, il faut se replacer dans le contexte de l'époque. Un des domaines d'intérêt consistait en l'étude des phénomènes de conduction électrique à travers les gaz. Deux inventions techniques avaient ouvert ce champ d'étude : le développement de pompes à vide qui permettaient de créer des atmosphères de gaz raréfiés dans des enceintes de verre et la mise au point de ce que l'on appelle la bobine de Ruhmkorff qui permettait de créer une très haute tension électrique alternative (quelques dizaines de milliers de volts) à partir d'une batterie continue de quelques volts.

Plusieurs physiciens poursuivaient des recherches sur ce phénomène. William Crookes avait observé les étranges lueurs émises par ces décharges. Philip Lenard dès 1888 s'était posé la question de la production de lumière ultraviolette dans le tube à rayons cathodiques. Il plaçait des cristaux luminescents à l'extérieur du tube, mais il travaillait avec une trop haute pression dans le tube. Il produisait effectivement des rayons ultraviolets et des rayons X de faible énergie, mais ne réussit à observer ni l'un ni l'autre de ces phénomènes. Vers 1893, alors assistant de Hertz, il obtenait des décharges cathodiques dans un vide assez poussé et avec des hautes tensions. Il constatait que les plaques photographiques noircissaient lorsqu'il faisait fonctionner son tube, mais convaincu de ce qu'il devait observer, il pensait que ce noircissement ne se produisait que lorsque les plaques étaient placées près du tube. Incapable de reconnaître l'inattendu, il manqua la découverte des rayons X. Il est amusant de remarquer que Crookes aussi avait observé le noircissement de plaques photographiques vierges, mais il les avait renvoyées au fournisseur sous le prétexte fallacieux qu'elles étaient défectueuses!

Röntgen connaissait les travaux de Lenard. Il reprit ses expériences, mais en augmentant l'intensité grâce à de plus hautes tensions et un vide plus poussé. Seul dans la nuit du 8 novembre 1895, il remarqua que, chaque fois qu'il provoquait une décharge électrique dans le tube, un écran fluorescent, préparé pour observer la lumière ultraviolette, mais encore en attente à l'autre bout de la salle, s'illuminait légèrement. C'était le signal que des rayons invisibles étaient produits dans le tube, traversaient la pièce et frappaient l'écran produisant une pâle lueur. Pour repérer le trajet des rayons il interposa des feuilles de carton sur leur chemin, l'écran persistait à s'illuminer. Il essaya de les arrêter avec des feuilles de métal, mais de minces plaques de cuivre ou d'aluminium s'avèrent aussi transparentes que le carton. Toutefois, il finit par trouver que le plomb arrêtait ses rayons. Déplaçant ces écrans de plomb, il parvint à déterminer que l'origine de ces rayons n'était pas la décharge elle-même, mais l'extrémité du tube opposé à la cathode où aboutissait la décharge. Il approcha la feuille de plomb de l'écran et sursauta de surprise, non seulement l'ombre devint plus nette, mais le métal apparaissait tenu par la main d'un squelette! Il réalisa que c'était l'ombre de ses os que lui révélait l'écran. Toujours pris de doute, il plaça une plaque photographique devant l'écran pour garder trace de son observation. Röntgen venait de découvrir les rayons X.

Il se livra ensuite à de nombreuses prises de vues: divers objets de la vie courante, son fusil de chasse et la célèbre photo de la main de son épouse Bertha.

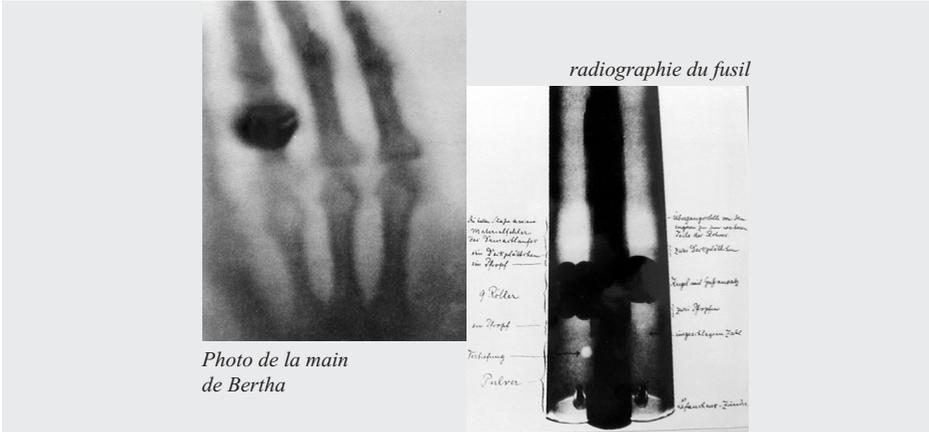


Photo de la main de Bertha

radiographie du fusil

Il n'est pas anodin de remarquer que la nature des décharges dans les gaz n'était pas connue lors de ces travaux. Ce n'est que deux ans plus tard que, analysant l'effet de champs électriques et magnétiques sur ces décharges, J.-J. Thomson identifiait pour la première fois l'électron et déterminait que ces décharges, aussi appelées « rayons cathodiques », étaient constituées d'un courant d'électrons. Röntgen mit rapidement en évidence la plupart des propriétés des rayons qu'il venait de découvrir. Il ne parvint pas à en déterminer la nature, mais soupçonna qu'il s'agissait d'une sorte de rayonnement électromagnétique inconnu. Le fait qu'il ne s'agit que d'un rayonnement électromagnétique de très courte longueur d'onde ne fut déterminé qu'en 1912 par von Laue qui observa les phénomènes de diffraction de ces rayons par des objets dont les structures ont des dimensions de l'ordre de la longueur d'onde, phénomène bien connu pour la lumière.

Certains prétendent que la découverte par Röntgen des rayons X fut favorisée par le fait qu'il était daltonien. En effet, les daltoniens, pour compenser la déficience de leur vision, développent la capacité des bâtonnets à distinguer les formes et les contrastes. Or les bâtonnets, plus sensibles que les cônes aux faibles intensités lumineuses sont particulièrement abondants dans les zones périphériques de la rétine correspondant aux bords du champ visuel. C'est peut-être ce qui lui a permis de percevoir la faible lueur de l'écran qui était situé à l'extrémité du laboratoire !

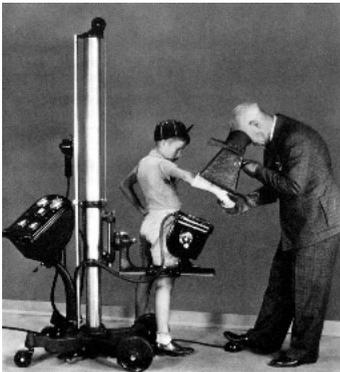
Dès les premières prises de vues, Röntgen réalisa l'intérêt et la multiplicité des applications possibles de sa découverte. Après quelques semaines déjà, c'est une véritable marche triomphale universelle qui accueille ces nouveaux rayons, phénomène jamais vu auparavant dans l'histoire des sciences. Pour la première fois, les médecins avaient la possibilité de rendre visibles des modifications pathologiques à l'intérieur du corps et de les documenter correctement par l'image.

Dès le début 1896, Eastman et Ilford commercialisent des supports radiographiques en papier munis d'émulsions spéciales permettant de raccourcir le temps de pose à la minute. La même année voit la mise au point des écrans fluorescents et leur adaptation à des supports émulsionnés sur leur face (Michael Pupin et May Levy). Les innovations techniques se succèdent par la suite, elles concernent à la fois les supports sensibles et les appareils de prises de vue radiographiques.

En 1897, déjà, Albert Londes installe le premier laboratoire de radiographie et de radioscopie à la Salpêtrière. Parce qu'elle permet d'observer l'intérieur du corps humain, la radiographie est appliquée, dès ses débuts, au diagnostic des maladies osseuses, des fractures, des luxations, de la tuberculose osseuse, des corps étrangers. En radio-tomographie, application plus récente, la source émettrice de rayons X est mobile autour du corps à radiographier, tout en restant focalisée sur une zone précise de ce corps qui seule apparaît nette sur l'image résultante.

D'autres sciences allaient aussi pouvoir profiter de cette nouvelle méthode en tout point remarquable. Physiciens, chimistes et biologistes ne tardèrent pas à faire usage des possibilités offertes par les rayons X pour des découvertes qui allaient changer le monde ! Ainsi notre connaissance de la structure des atomes et celle de l'ADN, l'acide désoxyribonucléique porteur de nos informations génétiques héréditaires, sont basées sur l'utilisation de la découverte de Röntgen.

Lors du centenaire de la découverte, les médias et les musées ont abondamment mis l'événement en évidence. Cette rétrospective en forme de bilan a été consacrée principalement aux usages médicaux des rayons X durant ces cent dernières années.



*Appareil portable. Pour se protéger, le médecin porte des gants en plomb, mais pas de tablier*

*Quatre médecins visionnant une radiographie stéréoscopique d'un poumon à l'aide de stéréoscopes*



Extraits choisis d'une conférence de Pierre Aimard Radiologue

### Une société de l'image

Lorsque l'on parle d'imagerie médicale, on fait référence à un domaine spécialisé, cependant tout le monde sait de quoi il s'agit. En effet, la télévision, la presse ont tellement diffusé les images médicales, qu'elles font partie de notre culture; chacun sait à quoi ressemble un scanner, une IRM ou une échographie. Or, si la médecine existe depuis des millénaires, l'irruption d'outils diagnostiques comme média entre le médecin et le malade est récente : le stéthoscope a moins de 200 ans, on fêtait, il y a peu le centenaire de la naissance de la radiologie (le même âge que le cinéma), le scanner n'a que 20 ans et l'IRM 10 ans.

Il existe un engouement du public proche de la fascination pour les histoires médicales, les émissions médicales (qu'elles soient réelles, documentaires, ou de pure fiction) et les images médicalisées du corps humain. Ce mariage de l'image et de la médecine apparaît logique puisque nous vivons dans une société de l'image, de l'audiovisuel, du multimédia, du virtuel et du spectacle. La médecine se prête remarquablement aux règles de l'art, elle semble même très théâtrale avec trois rôles principaux: le bon, la brute et le justicier tenus par des acteurs connus (le patient, la maladie et le soignant). Les décors sont futuristes, les personnages costumés, et l'imagerie médicale explore le corps humain, dévoile son intimité avec parfois la découverte d'un malfaiteur tapi et traqué. La télévision ne s'y est pas trompée, le cinéma non plus puisque les images médicales y sont fréquemment utilisées.

[...L'imagerie, c'est justement une porte qui s'ouvre sur l'intérieur du corps. Le temps d'un examen, l'œil va pénétrer sous la peau devenue transparente, observer la vie et la souffrance des organes, puis cette porte va se refermer. Dès lors, on comprend la terrible tentation de vouloir toujours ouvrir cette porte et la frustration qui peut naître de sa fermeture.]

[...Le Breton a collecté quelques réactions exemplaires, témoignant de la puissance fantasmatique de ces images qui au siècle dernier n'a pas épargné les scientifiques qui les ont reçues avec un mélange de fascination et d'effroi. Le physicien américain Delbear, découvrant les images radiologiques, parle d'entreprise satanique. Le professeur Czermack, de l'Université de Ganz, ayant accepté de se faire radiographier le crâne, découvre horrifié une tête de mort. Il en perd le sommeil et déclare que ces images doivent rester la propriété des scientifiques, qu'il ne faut pas les révéler au public. Thomas Mann décrit dans «la montagne magique», le choc de l'homme vivant qui regarde sa propre tombe et se découvre sous les traits d'un mort. La radiographie gommait la frontière symbolique entre la vie et la mort et provoquait un sacrilège.]

[...l'image est un produit de haute technologie, elle est complexe et reste énigmatique pour qui ne possède pas les codes de lectures mais elle est précédée d'une aura médiatique et scientifique puissante. L'amalgame devient subtil entre le support scientifique et le champ de la pensée irrationnelle, d'autant que le cerveau cristallise pour notre société l'essence de l'humain.]

Le texte intégral peut être consulté sur:

<http://www.multimania.com/spirales/radiol.html>

## Ce qu'ils sont et ce qu'ils permettent de faire

Les rayons X sont des ondes électromagnétiques, comme la lumière, mais une lumière invisible à nos yeux parce que de trop petite longueur d'onde pour être perçue.

Ces ondes s'étendent sur un vaste domaine de fréquences. Leurs propriétés dépendent de leur fréquence, mais tous se propagent à la vitesse de la lumière ( $c$ ). On peut à choix les caractériser par leur fréquence ( $f$ ) ou par leur longueur d'onde ( $l$ ); grandeurs qui sont liées par la relation

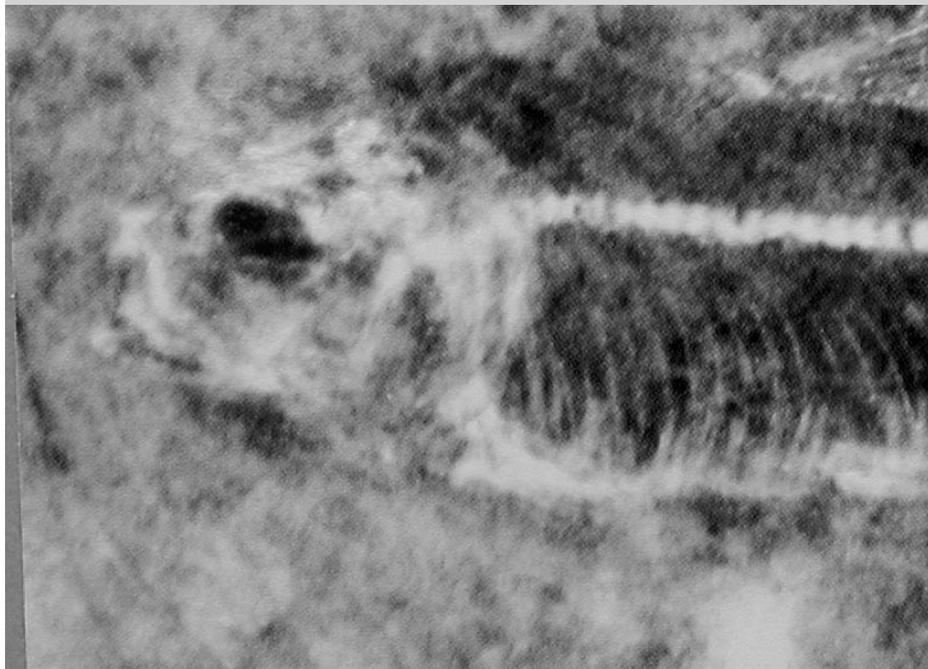
$$c = l \times f.$$

La pénétration des ondes électromagnétiques à l'intérieur de la matière dépend de leur fréquence. Alors que la plupart des corps matériels sont opaques à la lumière ou aux ondes radio, ce qui a fait l'extraordinaire engouement pour les rayons X est leur grande pénétration à l'intérieur de la matière. Leur absorption dépend de la densité et de la nature du matériel qu'ils traversent. Ils sont d'autant plus absorbés dans un milieu que celui-ci est dense et qu'il est constitué d'éléments lourds. Ainsi les tissus contenant beaucoup d'eau comme les muscles ou les organes mous sont très transparents aux rayons X, alors que les os ou les métaux les absorbent fortement. Dans les radiophotographies, les rayons X qui ont traversé un corps ou un objet viennent heurter le support recouvert d'une émulsion photographique incorporant des cristaux de bromure d'argent. Comme les photons lumineux, les photons X libèrent dans le bromure d'argent des électrons, ce qui provoque la formation d'une image latente. Dans les radiophotographies, l'image est donc foncée lorsque le corps placé entre la source et la plaque photographique est transparent aux rayons X, elle est claire lorsque le milieu les a absorbés.

En fonction du matériau traversé, des interactions se produisent et les rayons laissent des traces. Leur effet principal est d'arracher un électron à un atome ou une molécule. C'est grâce à cet effet qu'ils sont détectés par les films photographiques. Sur des organismes vivants, cet effet est néfaste: des molécules, des cellules ou des organes entiers peuvent être endommagés durablement. Cela explique d'une part l'intérêt de la radiothérapie dans le traitement des tumeurs (destruction de cellules cancéreuses), et d'autre part les précautions qu'il faut prendre lors de l'utilisation des rayons X, en fonction d'une prise de conscience des responsabilités et d'une appréciation des risques.



*Graves lésions dues aux rayons X sur une main du radiologue Dr Paul Krause*

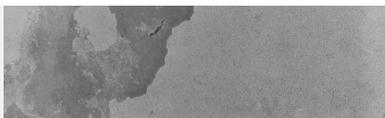


## Paléontologie

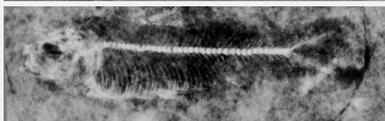
La paléontologie, étude des fossiles des temps géologiques anciens, bénéficie souvent de la radiographie. Lorsque du matériel organique se pétrifie, il arrive fréquemment que s'y intègrent du fer ou d'autres éléments plus lourds que les roches adjacentes.

Par les différences de densité ainsi créées, il est possible de découvrir un fossile grâce aux rayons X. Dans le cas de ce spécimen de l'Ouest des Etats-Unis, c'est la radiographie qui a mis en évidence un poisson pétrifié, qui a ensuite été dégagé, puis nettoyé.

*Plaque de roche telle qu'elle a été nettoyée*



*Même plaque vue aux rayons X*



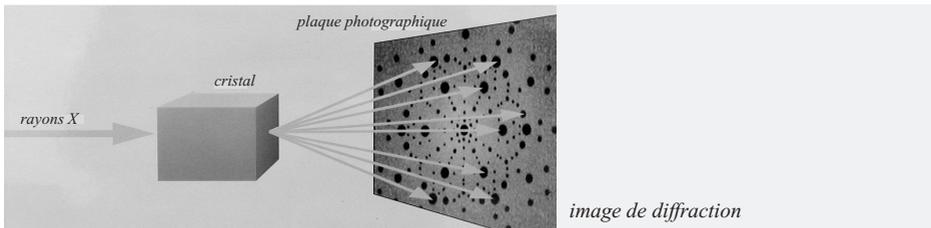
*Le fossile une fois dégagé*



## Minéralogie

La matière cristallisée (minéraux natifs, minéraux artificiels) est caractérisée par une structure réticulaire formée d'atomes. Ceux-ci sont alignés périodiquement dans les trois dimensions. Les atomes d'un cristal constituent ainsi des plans réticulaires qui sont autant de surfaces de réflexion pour des rayonnements dont les longueurs d'onde sont compatibles avec les espaces interatomiques. Les rayons X satisfont à cette condition.

Suivant l'orientation de l'échantillon dans le faisceau de rayons X, les images de diffraction fournissent des informations sur la symétrie des cristaux ainsi irradiés.

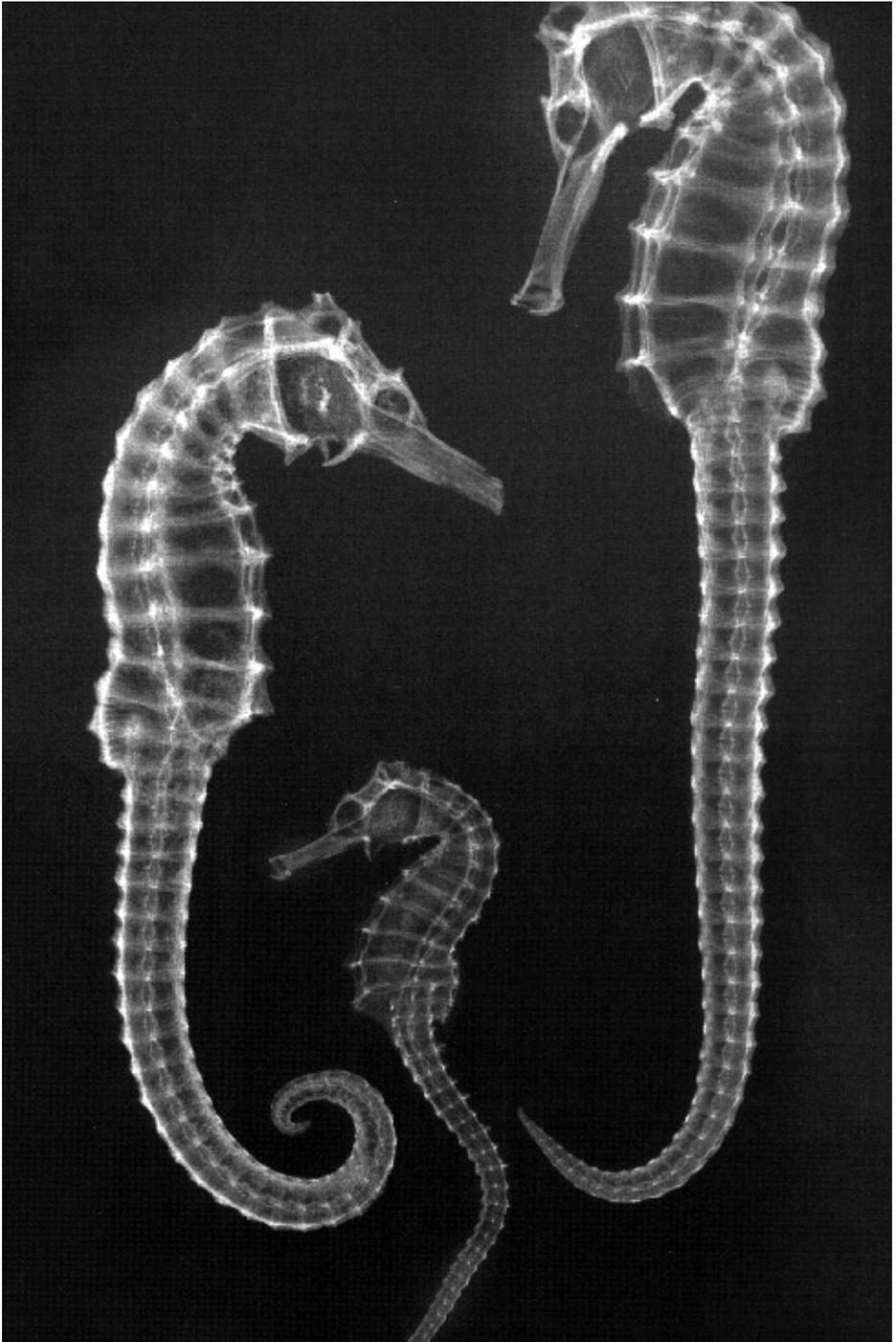


## Botanique et zoologie

Les biologistes ont très rapidement utilisé les possibilités de la radiographie pour mettre en évidence, sans devoir les disséquer ni les détruire, les structures internes des plantes et des animaux. Après les médecins, ils furent les premiers à appliquer cette technique à leurs recherches en anatomie, analyse des fonctions organiques, évolution comparative, embryologie, voire même jusqu'à la cartographie des dégâts aux forêts. Tous ces domaines furent rendus accessibles par les rayons X ! Du fait des technologies d'alors en matière d'appareils et de films, les images obtenues dans les premières décennies laissaient encore à désirer.

L'utilisation de techniques modernes permet d'obtenir des images de la même qualité que celle à laquelle la médecine, dont l'évolution des méthodes a été beaucoup plus rapide, est habituée depuis longtemps. Les prises de vues exposées ici en attestent.

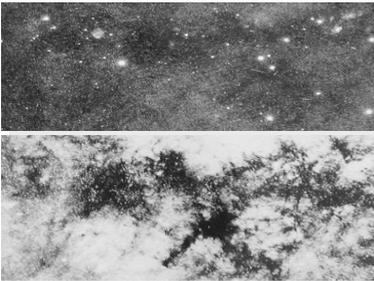




Hippocampus, photo: Dr H.J.Fischer

En 1946, une fusée emmena, à des hauteurs stratosphériques, un détecteur Röntgen qui put constater l'émission de rayons X par le soleil. Ainsi y avait-il, à côté des rayons gamma de la désintégration atomique, une seconde source de rayonnement Röntgen naturel.

Avec l'aide de satellites Röntgen mis en orbite stationnaire autour du globe, on a pu constater la présence de dizaines de milliers de sources émettrices de rayons X, telles qu'étoiles, trous noirs, champs magnétiques, explosions de supernovae et autres événements cosmiques. Les rayons X devinrent une des sources d'information les plus excitantes de l'astronomie permettant l'observation d'objets astronomiques invisibles dans le domaine optique. La théorie, toujours actuelle, du Big Bang originel et de la naissance de l'univers repose aussi sur l'existence de ces rayons. Des centaines de scientifiques exploitent les quantités immenses de mesures faites par les satellites et tentent de les interpréter dans l'espoir justifié de disposer de nouveaux outils pour la compréhension de l'univers, mais aussi pour tenter de répondre aux questions que pose son avenir.

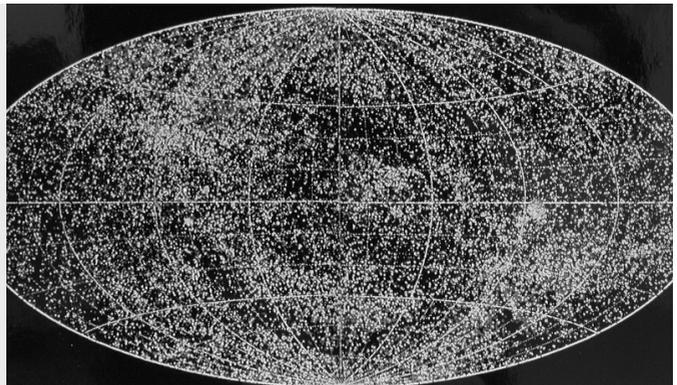


*Deux prises de vue de la même région du ciel :*

*avec le télescope à rayons X de Rosat*

*avec un télescope normal*

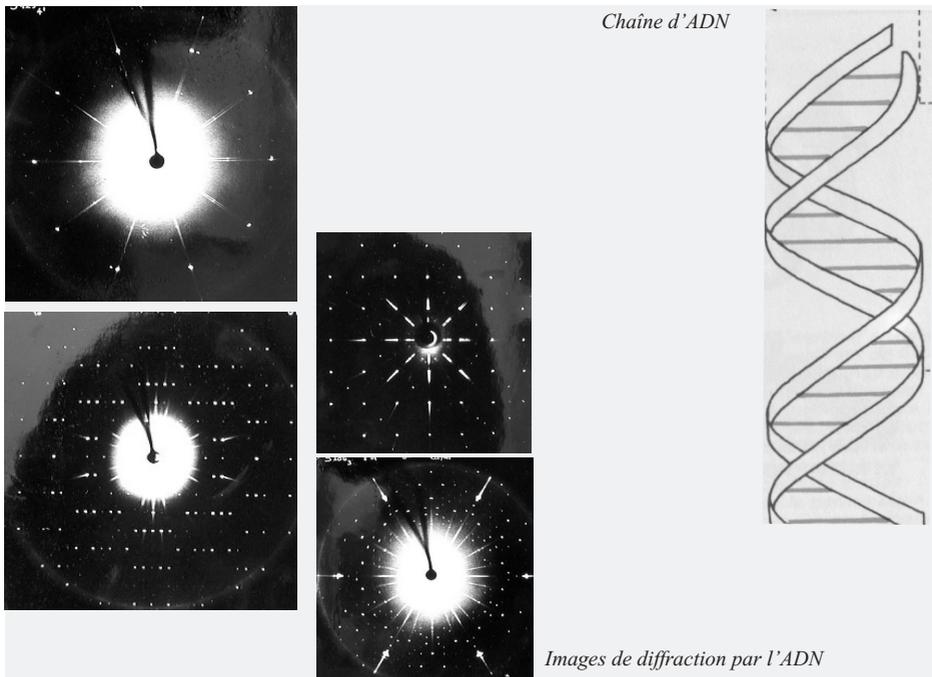
*Carte astronomique  
du ciel dans le  
domaine des rayons X*



Les rayons X ne se déplacent pas seulement en ligne droite et à la vitesse de la lumière, mais comme elle, ils peuvent être infléchis et diffractés. Comme pour la lumière les effets de diffraction se manifestent lorsque la longueur d'onde est de l'ordre de grandeur des dimensions géométriques de la structure observée. Pour les rayons X il s'agit donc de dimensions de l'ordre de quelques dixièmes de micron, c'est à dire de l'ordre de séparation des atomes dans un cristal ou une molécule. Les images de diffraction des rayons X permettent donc la détermination de structures de molécules, ouvrant de nouvelles perspectives d'applications en physique, en chimie et même en biologie...

Une des plus importantes découvertes de la biologie du XXe siècle fut assurément la découverte de la structure en double hélice de l'acide désoxyribonucléique (ADN), le porteur et le transmetteur de l'information génétique (notre hérédité !). Cette découverte par Watson et Crick fut faite en observant la diffraction des rayons X par l'ADN.

Ainsi, grâce aux recherches cristallographiques aux rayons X, il fut possible de connaître la répartition spatiale exacte des acides nucléiques dans le patrimoine génétique et des acides aminés dans les protéines. La découverte de Wilhelm Conrad Röntgen ne fut donc pas seulement révolutionnaire pour la médecine, mais créa les conditions préalables au succès de la biologie moderne, à savoir l'explication des processus vitaux fondamentaux par la détermination de la structure dans l'espace des molécules.



La possibilité de scruter l'intérieur de la matière sans la détruire fut une aubaine pour les chercheurs qui s'intéressent à des objets culturels irremplaçables. Ainsi les rayons X ont joué un rôle primordial dans la recherche des indices cachés du mode de vie, par exemple l'analyse de momies ou, récemment, pour élucider les circonstances de la vie d'Ötzi, l'homme des glaciers du Tyrol du Sud.



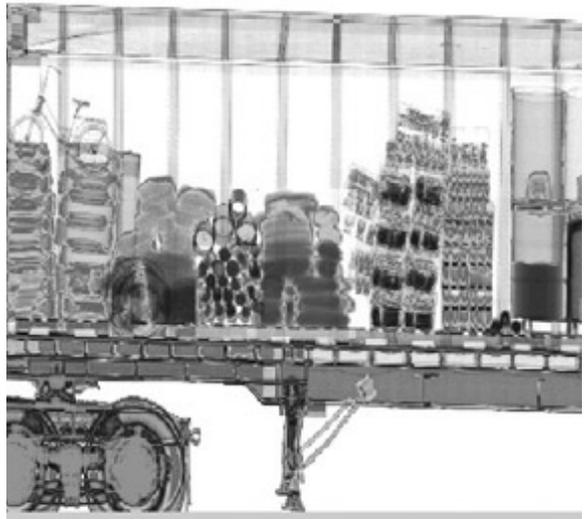
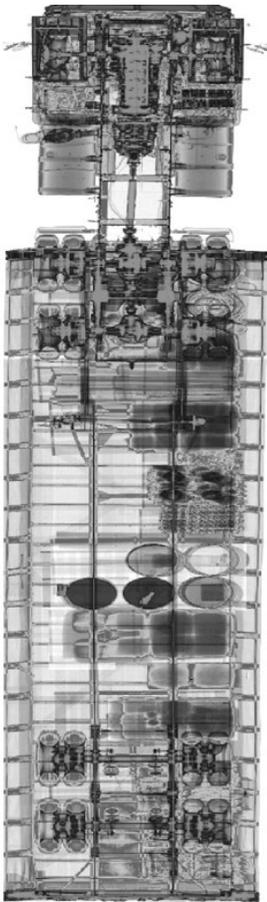
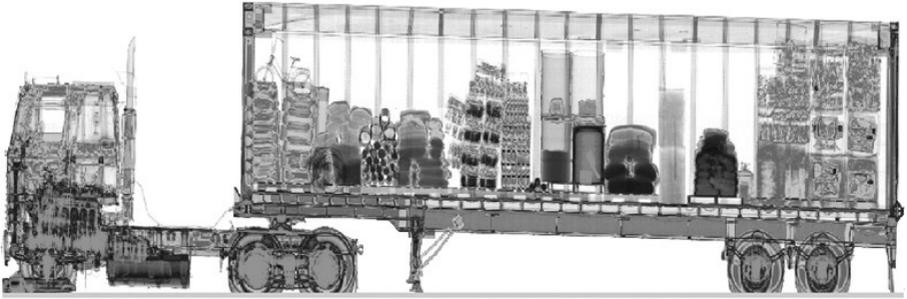
Les historiens d'art et les muséologues peuvent trouver des informations précieuses par le biais de la radiographie de peintures: style, composition des couleurs, texture du support, corrections et retouches par le peintre lui-même, retouches ultérieures, voire même falsifications peuvent être mis en évidence par ce procédé.



Un exemple particulièrement édifiant à cet égard a été mis en évidence dans le catalogue de l'exposition « Canto d'Amor » du Kunstmuseum de Bâle, où l'on peut voir, révélées par la radiographie, les retouches apportées par un peintre à son œuvre. Ou ci-dessous, un portrait dissimulé sous un paysage et détecté aux rayons X.







Camion, photo: Siemens AG

## Les rayons X jouent aux détectives

Le regard soupçonneux des douaniers, policiers et marchands d'art a trouvé un renfort décisif avec les rayons X. Des armes dans un bagage aérien, une lime dans une banane, voire l'alliage d'aluminium du XXe siècle dans un poignard prétendument d'époque romaine ne leur échappent plus !



*Appareil détecteur à rayons X à l'aéroport*



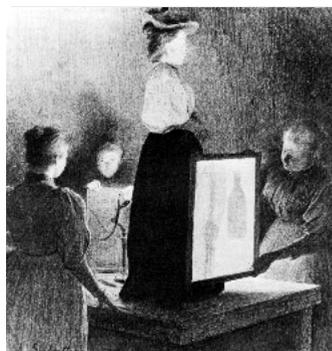
*Armes dissimulées dans un bagage*



*Différence entre perle de culture et perle naturelle*



Les radiologues qui pratiquent dans des zones frontalières ou aéroportuaires connaissent depuis longtemps les images surprenantes de contenus abdominaux se révélant être des sachets remplis de drogue lors de l'intervention chirurgicale qui suit...

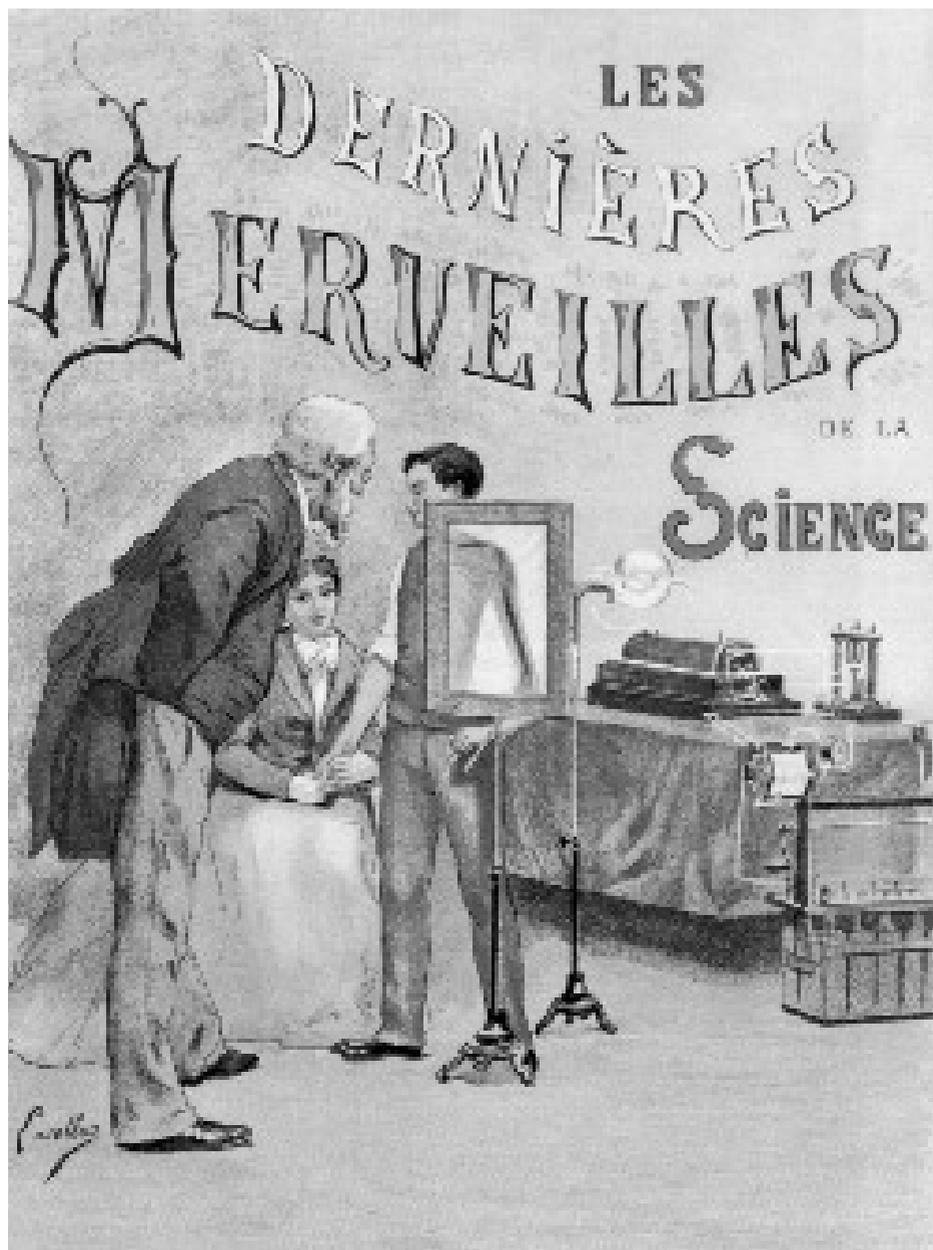


*Fraudeuse dénoncée par les rayons X, sans avoir recours à la fouille ! La bouteille, dont le verre contient du plomb, est bien visible en avant de l'ombre des fémurs*



*Drogue dissimulée dans un abdomen*

Les radiographies faites en surveillance appartiennent aux applications les plus amusantes de la technologie Röntgen, si l'on fait abstraction toutefois du fait que l'histoire se trouvant à l'arrière-plan n'a souvent rien de facétieux !



*Laudatio :*

*WILHELM CONRAD RÖNTGEN en reconnaissance des services extraordinaires qu'il a rendus, par la remarquable découverte des rayons qui portent aujourd'hui son nom.*

*Présentation par C.T. Odhner, Président de l'Académie royale des sciences de Suède*

*L'Académie décerne le **Prix Nobel de Physique à Wilhelm Conrad Röntgen**, Prof. à l'Université de Munich, pour la découverte des rayons **Röntgen**, désignés par son nom, mais qu'il appela lui-même **Rayons X**. Ceux-ci sont, comme nous le savons, une forme nouvelle d'énergie et furent appelés rayons pour rendre compte de leur propriété de se propager, comme la lumière, en ligne droite.*

*La nature réelle de ce rayonnement est encore inconnue. Un certain nombre de ses propriétés ont cependant été découvertes par Röntgen lui-même puis par d'autres physiciens qui ont ultérieurement orienté leurs recherches dans ce domaine. Il ne fait aucun doute que de futurs succès en sciences physiques résulteront des recherches sur cette étrange forme d'énergie et sur le vaste domaine qui lui est associé.*

*Permettez-moi de rappeler certaines propriétés observées de ces rayons, qui sont à la base de leur application dans le champ de la médecine. De nombreux corps qui laissent à divers degrés passer la lumière à travers eux se comportent de la même manière aux rayons X, à la différence que certains d'entre eux, impénétrables à la lumière sont transparents, alors que d'autres les arrêtent complètement.*

*Ainsi les métaux sont impénétrables alors que le bois, le cuir, le carton et d'autres matériaux, comme les tissus musculaires d'organismes animaux leur sont transparents. Lorsqu'un corps étranger impénétrable par les rayons X, par exemple une balle de fusil ou une aiguille, ont pénétré ces tissus, leur emplacement peut être déterminé en illuminant la partie correspondante du corps avec des rayons X et en observant leur ombre portée sur une plaque photographique sur laquelle le corps impénétrable est directement observable.*

*L'importance de cet effet pour la chirurgie est bien connu et nombre d'opérations ont été rendues possibles et facilitées grâce à leur emploi. A cela on doit ajouter le succès de leur application aux traitements de graves maladies de la peau. On peut dire que la découverte de Röntgen a déjà apporté suffisamment de bienfaits à l'humanité pour mériter grandement conformément à l'intention du testateur la récompense que représente le Prix Nobel.*

**Wilhelm Conrad Röntgen** est né le 27 mars 1845 à Lennep dans la province allemande du Rhin inférieur. Il est le fils unique d'un marchand et fabricant d'étoffe. Sa mère Charlotte Constanze, née Frowein venant d'Amsterdam, était issue d'une vieille famille de Lennep émigrée à Amsterdam.

Lorsqu'il a trois ans, sa famille part s'établir à Apeldoorn aux Pays Bas, où il fréquente l'internat de l'Institut Martinus Herman van Doorn. Il ne manifeste pas de dons particuliers mais exprime un amour pour la nature et rode fréquemment dans la campagne et la forêt. Il est capable d'inventions mécaniques, aptitudes qu'il manifestera également plus tard dans sa vie. En 1862, il entre à l'école technique d'Utrecht dont il sera injustement renvoyé, accusé à tort d'être l'auteur d'une caricature d'un professeur. Il entre ensuite à l'Université d'Utrecht en 1865 pour étudier la physique. N'obtenant pas les crédits nécessaires à un étudiant régulier, il apprend qu'il peut être admis au Polytechnicum de Zurich sur la base d'un examen, qu'il présente et réussit. Il commence des études d'ingénieur mécanicien. Il suit les cours de Clausius et travaille au laboratoire de Kundt. Ces deux enseignants exercent une grande influence sur son développement. En 1869, il obtient le doctorat (PhD) de l'Université de Zurich, devient assistant de Kundt, puis après un an va à Würzburg et trois ans plus tard part à Strasbourg.

En 1874, il obtient une charge d'enseignement à l'Université de Strasbourg et en 1875 il est nommé professeur à l'Académie d'Agriculture de Hohenheim dans le Wurtemberg. En 1876 il retourne à Strasbourg comme professeur de physique, mais trois ans plus tard il accepte l'invitation d'occuper la chaire de physique de l'Université de Giessen. Après avoir refusé les appels des Universités de Jena et Utrecht, il accepte celui de l'Université de Würzburg où il succède à Kohlrausch et se trouve en compagnie de Helmholtz et Lorenz. En 1899 il décline l'offre de l'Université de Leipzig, mais accepte en 1900 celle de l'Université de Munich où il succède à E. Lommel à la demande expresse du gouvernement de Bavière. Il y demeurera jusqu'à la fin de sa vie bien qu'il ait été appelé à présider la Physikalische Technische Reichsanstalt de Berlin et la chaire de physique de l'Académie de Berlin.

Les premiers travaux de Röntgen sur la chaleur spécifique des gaz furent publiés en 1870, suivis quelques années plus tard par un travail sur la conductivité thermique des cristaux. Parmi les travaux ultérieurs de Röntgen, on trouve : des études sur les propriétés électriques et d'autres caractéristiques du quartz, l'influence de la pression sur les indices de réfraction de divers fluides, la modification du plan de polarisation de la lumière par des effets électromagnétiques, la variation en fonction de la température et de la compressibilité de l'eau et d'autres fluides, les phénomènes accompagnant la diffusion de gouttes d'huile dans l'eau. Le nom de Röntgen demeure cependant associé principalement à la découverte des rayons X. En 1895 il étudie les phénomènes accompagnant le passage de courant électrique à travers les gaz à très faible pression. Dans ce domaine des recherches avaient été antérieurement entreprises par J. Plucker (1801-1868), J. W. Hittorf (1824-1914), C. F. Varley (1828-1883), E. Goldstein (1850-1914), Sir W. Crookes (1832-1919) H. Hertz (1857-1894) et P. Lenard (1862-1947). A partir de ces travaux les propriétés des rayons cathodiques (nom donné par Goldstein au courant électrique qui s'établit dans les gaz hautement raréfiés sous l'effet d'une haute tension créée au moyen d'une bobine de Ruhmkorff) furent bien établies.

Au soir du 8 novembre 1895, il remarque que, si la décharge est produite dans un tube scellé, protégé de la lumière par un carton noir et travaillant dans une chambre noire, une feuille de papier couverte sur une face de platino-cyanide de Baryum située sur le trajet de ces rayons devient fluorescente même lorsqu'elle se trouve à une distance de 2 m du tube. Au cours des expériences suivantes il trouve en les enregistrant avec des plaques photographiques que des objets interposés sur le parcours de ces rayons présentent des transparences variables. Immobilisant la main de son épouse sur le trajet des rayons il observe sur une plaque photographique, après développement, l'ombre portée par les os de sa main et par l'anneau qu'elle porte entouré par une pénombre provenant des chairs qui sont plus perméables aux rayons et projettent une ombre affaiblie. Röntgen montra que ces nouveaux rayons sont produits par l'impact des rayons cathodiques sur de la matière. Leur nature étant inconnue, il les désigna «**Rayons X**». Ultérieurement von Laue et ses collaborateurs montrèrent qu'il s'agissait d'un rayonnement électromagnétique comme la lumière, mais qui en différait par la plus haute fréquence de sa vibration.

Röntgen fut honoré à plusieurs occasions. Dans plusieurs villes des rues ont été baptisées à son nom. Les nombreux prix, médailles, doctorats honoris causa, membre d'honneur de sociétés savantes allemandes et étrangères rempliraient une pleine page de ce cahier. En dépit de cela, Röntgen resta toujours modeste. Il conserva tout au long de son existence un amour profond de la nature et des occupations à l'extérieur. Il passa de nombreuses vacances estivales dans sa maison de Weilheim au pied des Alpes bavaroises où il passait du temps avec ses amis et entreprenait des excursions en montagne. C'est un montagnard averti et il se retrouva plusieurs fois dans des situations délicates. De nature aimable et courtoise, il était sensible aux points de vue et aux difficultés des autres. Il n'appréciait pas d'utiliser un assistant et travaillait le plus souvent seul. La plupart des instruments qu'il utilisait furent construits par lui même avec beaucoup d'habileté et d'ingéniosité.

Röntgen épouse Anna Betha Ludwig, de Zurich, qu'il avait rencontrée dans un café tenu par son père. C'est une nièce du poète Otto Ludwig. Ils se marient en 1872 à Apeldoorn aux Pays Bas. Ils n'auront pas d'enfant, mais en 1887 ils adopteront Joséphine Berta Ludwig, alors âgée de 6 ans, fille de l'unique frère de Mme Röntgen.

Röntgen meurt 4 ans après son épouse à Munich en février 1923 d'un cancer de l'intestin.

*L'importance des rayons X dans la recherche peut être estimée par le biais de l'histoire du Prix Nobel. Celui-ci a été attribué à neuf reprises aux auteurs de travaux et de découvertes auxquels l'utilisation de ces rayons a apporté une contribution décisive.*

**Absorption:** phénomène par lequel un rayonnement incident transmet tout ou partie de son énergie à la matière.

**ADN (acide désoxyribonucléique):** substance organique complexe comportant des bases (acides nucléiques) et formant une double hélice dans l'espace. L'ADN contient l'information génétique de l'organisme. Il est présent dans les chromosomes et d'autres organites des êtres vivants (mitochondries par exemple).

**Acides nucléiques:** bases azotées entrant dans la constitution des molécules d'ADN. Elles sont au nombre de quatre; adénine (A), thymine (T), guanine (G) et cytosine (C) et associées deux par deux (A - T et G - C) dans la molécule d'ADN.

**Atomes:** particules neutres formées d'un noyau central où est concentrée presque toute la masse et d'un certain nombre d'électrons gravitant autour de ce noyau. La charge électrique du noyau est positive; elle est égale et opposée à celle du nuage électronique.

**Daltonien:** personne souvent incapable de distinguer les couleurs et dont les récepteurs rétiniens ont subi une altération. Cela peut être partiel ne portant que sur le vert et le rouge. Dans ce cas cette anomalie est héréditaire et liée au sexe.

**Désintégration atomique:** réaction spontanée d'un noyau atomique qui se transforme en un autre noyau en même temps que sont en général émis, d'une part un rayonnement électromagnétique de haute énergie (photons gamma), d'autre part des particules animées de vitesses élevées (plusieurs milliers de km/s).

**Electron:** particule élémentaire stable avec une charge électrique de  $1,6 \times 10^{-19}$  Coulomb et une masse de  $9,1 \times 10^{-31}$  kg. Lorsque ce terme est utilisé sans autre précision, il porte une charge négative. Les rayons cathodiques sont constitués d'électrons.

**Fluorescence:** forme de luminescence qui persiste seulement pendant l'irradiation.

**Fréquence:** nombre de cycles qui se déplacent en un point donné par unité de temps. L'unité de ce cycle est le hertz ( $\text{Hz} = 1 \times \text{s}^{-1}$ ).

**Ondes électromagnétiques:** ondes résultant des phénomènes liés aux interactions d'un champ électrique et d'un champ magnétique.

**Protéines:** macromolécules constituées par une ou plusieurs chaînes peptidiques, elles-mêmes formées d'une succession d'acides aminés. Eléments essentiels des êtres vivants, les protéines constituent notamment toutes les enzymes et forment avec les lipides les membranes cellulaires.

Radiographies: procédé d'obtention d'épreuves photographiques au moyen des rayons X.

Supernovae: étoile nouvelle présentant un brusque pic de luminosité résultant d'un phénomène cataclysmique affectant très profondément l'astre qui éjecte une grande partie de sa matière. Suite à cette explosion, il peut subsister un astre compact appelé pulsar.

Tomographie: radiographie prise à l'aide d'un appareil de radiologie permettant d'obtenir des clichés d'un seul plan d'un organe.

Trou noir: étoile dont la densité est si grande que la vitesse nécessaire pour la quitter peut être supérieure à celle de la lumière et qu'aucune particule de lumière (photon) ne peut s'en échapper.

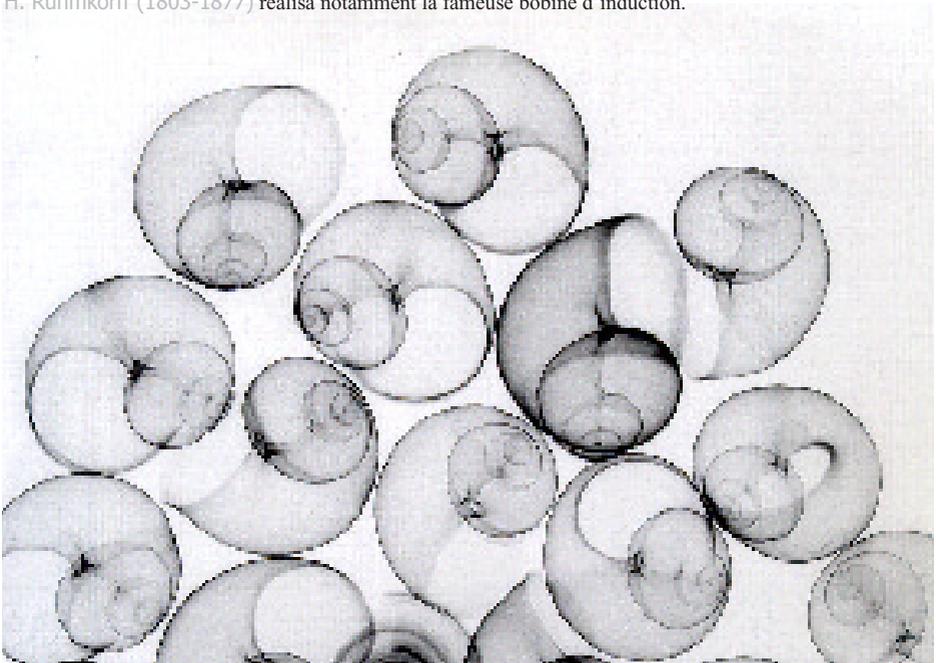
### Quelques de chercheurs autour de Röntgen

W. Crookes (1832-1939) célèbre scientifique qui réalisa un tube qui pouvait produire des rayons X.

J. W. Hittorf (1824-1914) physicien allemand qui développa des expériences sur les rayons cathodiques en réalisant des tubes où régnait un vide important

P. Lenard (1862-1947) physicien allemand qui indiqua la nature ondulatoire des rayonnements cathodiques sans toutefois découvrir les rayons X.

H. Ruhmkorff (1803-1877) réalisa notamment la fameuse bobine d'induction.



Fondation Claude Verdan, Musée de la main:

21, rue du Bugnon

Bus N° 5+6 arrêt Montagibert ou CHUV

Lausanne

Tel 021 314 49 55

Fax 021 314 49 63

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

[mmain@hospsvd.ch](mailto:mmain@hospsvd.ch)

Heures d'ouverture :

Lundi: fermé

Mardi à Vendredi: 13:00 à 18:00

Samedi et Dimanche: 11:00 à 17:00

Pour les écoles, ouvertures supplémentaires les matins (mardi, mercredi et vendredi) sur réservation.