

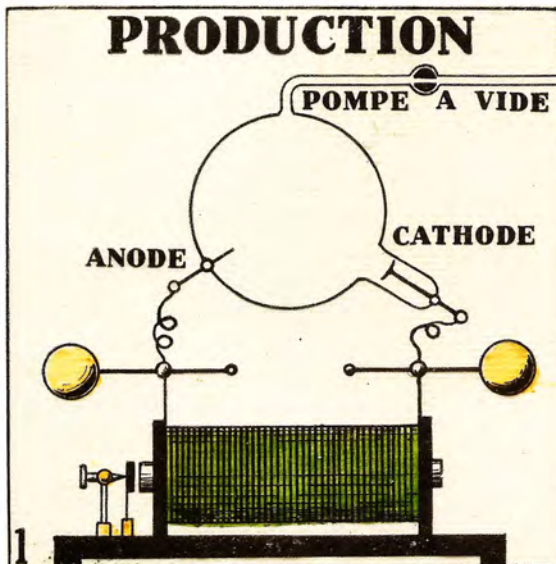
Gaston MAZO Editeur **Paris**
33, bd St-Martin

COURS DE PHYSIQUE & CHIMIE

en vues de projection sur papier ou films

N° 392 - Les Rayons Cathodiques & les Rayons X

Les Rayons Cathodiques & les Rayons X



Les rayons cathodiques. Production.

Prenons une grande ampoule possédant deux électrodes, c'est-à-dire deux plaques métalliques fixées aux extrémités des fils amenant le courant.

Intercalons cette ampoule dans un circuit d'une bobine de Rhumkorff. S'il y a à l'intérieur de l'ampoule un gaz il à la pression ordinaire, le courant ne passera pas, à moins d'une énorme différence de potentiel.

Diminuons progressivement la pression de l'air ou du gaz de l'ampoule, au moyen d'une pompe à vide, nous observerons les phénomènes suivants :

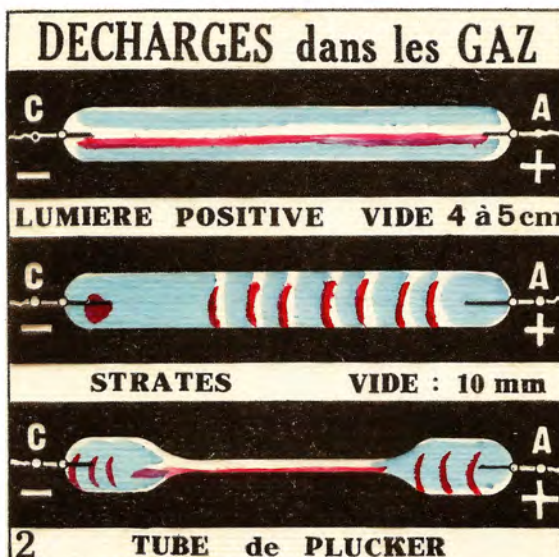
Décharges dans les Gaz.

Lorsque la pression est de 4 à 5 centimètres de mercure, il naît dans le tube un filet de lumière rouge violacée qu'on appelle lumière positive.

Avec un vide de quelques millimètres, le filet de lumière positive perd sa continuité. Il se partage en une série de couches, de strates, alternativement brillantes et obscures. La cathode est entourée d'une gaine lumineuse et à l'extrémité de l'anode existe un point brillant. La lueur des strates varie d'ailleurs avec la nature du gaz. En étirant le tube, on constate que cette lueur est très vive dans la partie étirée et ces tubes ainsi étirés qui permettent d'étudier la lumière au spectroscope s'appellent tubes de *Plücker*.

Les tubes de Geissler ne sont pas autre chose que des tubes de Plücker contournés et qui, en outre, sont fabriqués avec des verres fluorescents.

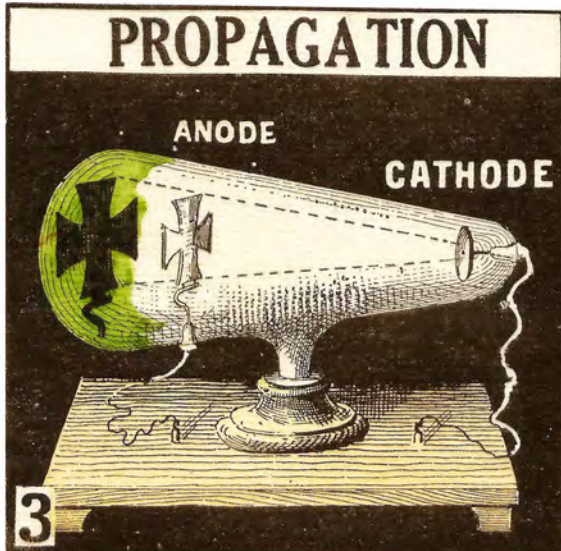
Notons que le filet est soufflé ou dévié par l'aimant, nous en donnerons plus tard l'explication. Il n'est pas non plus nécessairement en ligne droite, il va d'une cathode à une ou plusieurs anodes dans une même ampoule en suivant des lignes courbes:



Rayons cathodiques (Plücker 1859). - Lorsque la pression n'atteint plus que quelques *centièmes de millimètres de mercure*, nous voyons se former près de la cathode un espace noir et de la cathode même s'échappe une sorte de radiation qui a l'aspect d'une traînée lumineuse faible : elle chemine en ligne droite et semble être une lumière émise par l'espèce de miroir que forme notre cathode.

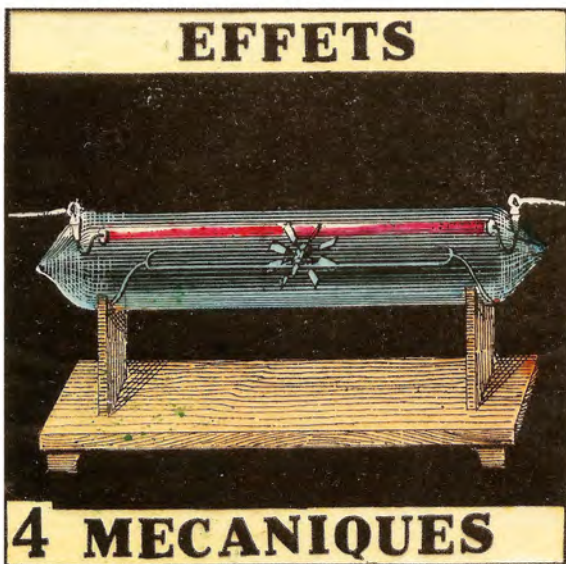
Ces rayons sont les *rayons cathodiques*.

NOTA. - L'anode et la cathode d'une ampoule ne sont pas nécessairement en face l'une de l'autre.



Propagation et Propriétés.

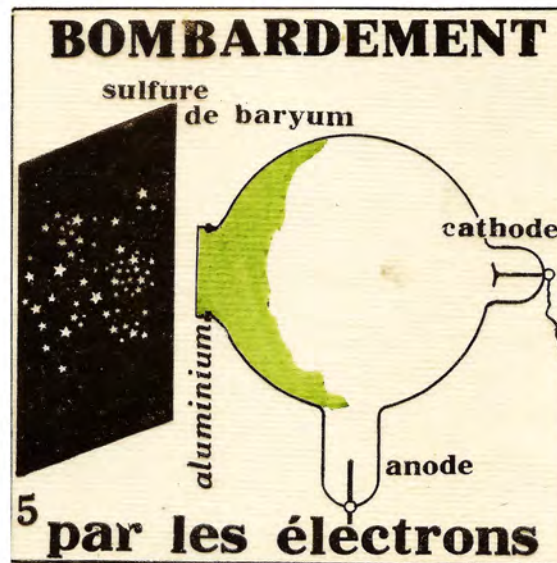
Ils vont en ligne droite (ce que l'on montre avec l'expérience de l'ampoule à la croix) mais ils sont absorbés par les substances (gaz ou solides) qu'ils traversent. En particulier ils sont absorbés par le fond de l'ampoule, mais en même temps ils l'échauffent et la rendent fluorescente (verte si l'ampoule est en verre ordinaire; bleue si l'ampoule est en cristal).



Bombardement

Hertz en remplaçant le fond de l'ampoule par une plaque d'aluminium a pu le premier laisser les rayons cathodiques sortir de l'ampoule.

Sortis de l'ampoule ils donnent alors sur un cadre de matière fluorescente (sulfure de baryum) des scintillements, des points lumineux rapides exactement comme si on bombardait cette plaque : *Les rayons cathodiques doivent donc être formés par des corpuscules; ces corpuscules s'appellent électrons.*



Effets

Comme l'a montré Crookes, ces corpuscules peuvent déterminer des effets mécaniques. C'est ainsi qu'un petit moulinet formé de deux lames de mica et pouvant rouler sur deux fils de verre à l'intérieur du tube est mis en mouvement par les rayons cathodiques.

3° Les corpuscules transportent de l'électricité; en tombant sur un corps ils chargent ce corps d'électricité négative.

A l'intérieur d'un tube Crookes on dispose un petit cylindre relié à un électroscope. On vérifie que les rayons cathodiques qu'il reçoit lui donne une charge négative. (Expérience de M. Perrin, 1895).

Ils chauffent aussi ce corps absolument comme des balles de fusil chauffent une plaque d'acier qui les arrête. C'est la raison pour laquelle on place en face de la cathode une *anticathode* en métal pour protéger le verre des rayons cathodiques.

4° Ils sont déviés par un champ électrique. Si ce champ est un champ uniforme comme celui existant entre deux plateaux électrisés, ils décrivent des paraboles de même qu'un boulet lancé horizontalement.

5° Ils sont déviés par un champ magnétique : une quantité d'électricité en mouvement est équivalente à un courant, elle subit donc une force électromagnétique et d'après la règle d'Ampère cette force est toujours normale à la vitesse et au champ. On peut voir facilement que les électrons décrivent des cercles.

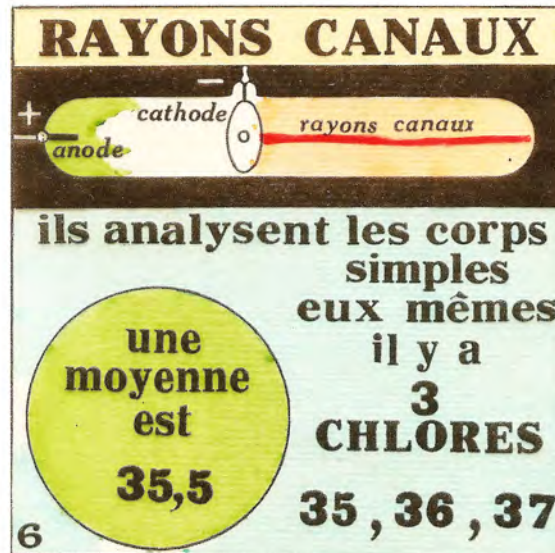
Ces deux dernières expériences mesurées ont permis de déterminer leur vitesse v et le rapport de leur charge électrique e à leur masse m c'est-à-dire e/m par des calculs semblables à ceux qui permettraient de déterminer la vitesse et la masse d'un boulet, connaissant la pesanteur (champ) la trajectoire, et la puissance de la poudre dans le canon.

Et le calcul a montré que m la masse des électrons était *deux mille fois plus petite que la masse de l'atome d'Hydrogène*.

Ainsi il existe des corpuscules beaucoup plus légers que les atomes, ils ne peuvent provenir que des atomes, autrement dit les atomes que l'on croyait indivisibles (d'où leur nom d'ailleurs), peuvent se fragmenter, les savants ont donc cherché à se rendre compte de la structure des atomes et ils ont multiplié les expériences.

Ajoutons encore que les électrons sont chargés d'électricité négative et que leur vitesse qui est variable est souvent très grande (50.000 kilomètres à la seconde) bien plus grande que celle des atomes, qui, avons nous dit, ont une vitesse de l'ordre de grandeur d'une balle de fusil (500 mètres). Enfin on a constaté que la masse et la charge des électrons provenant des atomes des différents gaz placés dans l'ampoule était la même.

Les électrons sont identiques entre eux.



Les rayons canaux.- Les ions.

Si on fait un petit trou comme un canal, dans la cathode, en ménageant encore derrière une nouvelle chambre vide, on s'aperçoit qu'il passe par ce trou un autre faisceau.

Ce faisceau est aussi rectiligne, déviable par le champ électrique suivant une parabole et par le champ magnétique suivant un cercle. Les rayons qui forment ce faisceau et qu'on appelle *rayons canaux* sont aussi formés par des corpuscules, car ils illuminent le gaz résiduel en arrière de la cathode avec des nuances différentes, selon le gaz. Ils échauffent les corps sur lesquels ils tombent, en donnant lieu aussi à des scintillements, mais *ils transportent de l'électricité positive*.

Les mêmes mesures que sur les électrons montrent qu'ils ont une vitesse beaucoup plus faible, et si l'on suppose que leur charge électrique est du même ordre de grandeur que celle des électrons, mais positive, on trouve que leur masse est alors égale à celle des atomes du gaz de l'ampoule. Ces corpuscules positifs s'appellent ions. Il apparaît alors bien évident que les électrons et les ions proviennent des atomes par une séparation de chacun en deux parties, et dans les phénomènes de scintillement on peut dire qu'on voit les atomes comme on voit un obus tomber au point où il soulève une gerbe de terre.

Nota. - Un ion peut très bien encore posséder des électrons, c'est un atome auquel il manque des électrons.

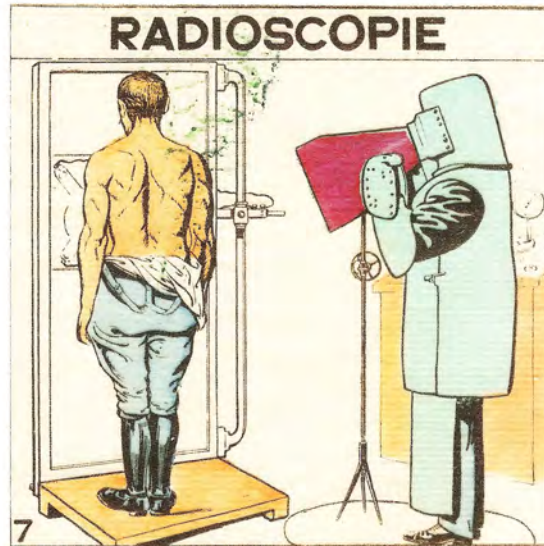
Les rayons canaux produits par des gaz différents sont formés par des corpuscules différents. Un même champ les dévie différemment, on peut en combinant assez simplement deux champs électriques et magnétiques, séparer les rayons positifs issus d'un mélange de gaz en autant de faisceaux qu'il y a de sortes d'atomes et ainsi produire des spectres différents sur une plaque photographique.

Mais ô miracle ! quand on emploie certains corps simples très purs, on en tire aussi des faisceaux différents, trois pour le chlore par exemple, et quand on évalue d'après les déviations le poids des corpuscules des rayons positifs formés, on trouve 35, 36, 37 en nombres exacts au lieu de 35,5.

Les expériences montrent donc que le chlore proprement dit est formé avec trois chlores ayant des propriétés physiques et chimiques identiques, mais ayant des poids atomiques légèrement différents.

Cette découverte *des isotopes* des corps simples est capitale, nous verrons comment leur existence est conforme à la notion actuelle sur la constitution des atomes.

On sait aujourd'hui qu'il y a quatre espèces de zinc, huit d'étains, six de mercure, etc.



Les Rayons X.- Découverte.

Quand les rayons cathodiques viennent frapper le fond de l'ampoule de Crooke, nous avons vu qu'ils rendent celle-ci incandescente, mais le verre ainsi lumineux émet encore des radiations importantes et curieuses, ce sont les rayons X.

Leur découverte est due à Röntgen, 1.895. Ayant, au voisinage d'un tube à vide traversé par une décharge électrique (tube de Crookes) laissé une plaque photographique.

Röntgen trouva sur celle-ci la trace des stries et des nœuds du châssis qui l'avait renfermée. Il constata aussi que des substances fluorescentes s'illuminaient au voisinage de son tube, alors même que celui-ci était enveloppé de papier noir. Par contre, en interposant une lame métallique entre la plaque et le tube ou le sel fluorescent, l'impression photographique ou la fluorescence cessaient de se produire.

Remplaçant ensuite le métal par sa main, Röntgen obtint sur la plaque sensible l'image de ses os ! Ce fut la première radiographie. De même, en appliquant sa main contre un carton enduit d'un sel de baryum, sel fluorescent, il aperçut sur le fond brillant la silhouette du squelette de sa main. Ce fut là la première radioscopie, et les rayons qui produisaient ces phénomènes, qui traversaient le bois, la chair, furent baptisés par Röntgen, en raison de leur essence mystérieuse, rayons X.

Aujourd'hui, après de longues discussions, on a mis hors de contestation leur nature, savoir ;

Ce sont des rayons lumineux ayant une longueur d'onde mille fois plus petite que la longueur d'onde moyenne des rayons du spectre.

Ils cheminent en ligne droite.

Ils ne sont pas déviés par les champs électriques ou magnétiques.

Ils peuvent être polarisés.

Ils présentent des phénomènes de diffraction.

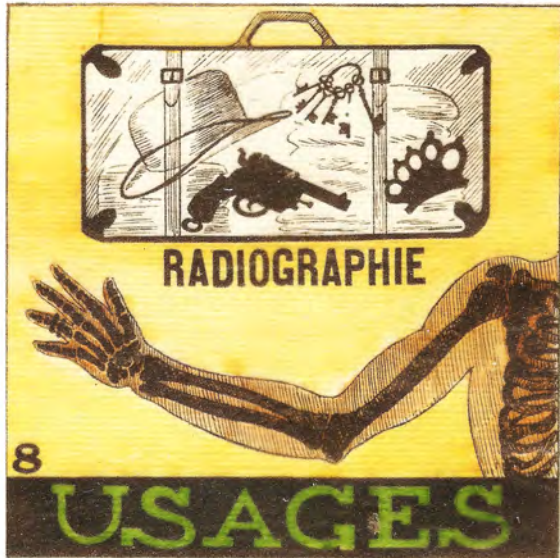
Mais :

Ils ne peuvent être ni réfléchis, ni réfractés et ne peuvent qu'être absorbés : ils sont infiniment plus pénétrants que les rayons lumineux et traversent la plupart des corps opaques, difficilement le plomb, les os.

En tombant sur des corps solides, les rayons X arrachent des électrons aux atomes de ces solides, ces solides alors émettent des rayons cathodiques secondaires.

De ce phénomène on doit rapprocher le suivant : Quand de la lumière tombe sur un métal, ce métal se charge d'électricité positive, on a pu montrer qu'il s'en échappait des électrons animés d'une vitesse faible, c'est là ce qu'on appelle l'effet photoélectrique.

Radioscopie et Radiographie.



Aujourd'hui, les sciences médicales se sont emparées de ce précieux agent d'investigation, qui permet à l'œil de scruter les parties les plus cachées de notre organisme, d'y découvrir des corps étrangers (balles de plomb, aiguilles, etc.), de dépister l'existence de calculs, de préciser le siège et la nature des fractures osseuses, de reconnaître la présence de tumeurs, le développement d'affections du poumon, du cœur, de l'estomac, alors que les autres symptômes fournis par la clinique laissent le médecin hésitant. Ce champ des applications de la *radiographie* et de la *radioscopie*, ce qu'on appelle d'un mot, le radio-diagnostic, est énorme.

Pour examiner les objets aux rayons X on se sert d'un appareil auquel on a donné le nom de *lorgnette humaine*. C'est une boîte en bois forme de pyramide dont la grande base est un carton enduit d'un côté de platinocyanure de baryum, corps extrêmement fluorescent. Le petit côté se place devant les yeux. L'objet à examiner est placé entre la lorgnette et l'ampoule à rayons X.

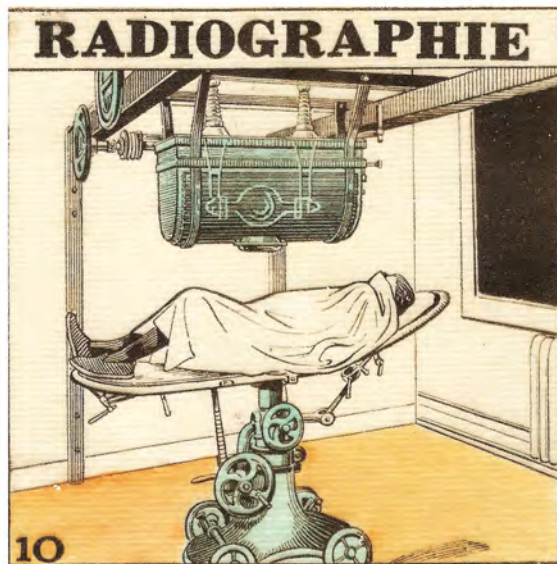
Pour photographier, on remplace la lorgnette par la plaque photographique.

Nous n'entrerons pas dans les détails des dispositifs utilisés pour obtenir de bonnes radiographies, et décrits dans les traités spéciaux.

A leur tour, les Ingénieurs utilisent les Rayons X; au moyen d'ampoules perfectionnées (Coolidge), ils produisent des rayons très pénétrants qui traversent les métaux et permettent, par exemple, la vérification des obus et surtout des soudures autogènes dont les soufflures se détachent nettement en blanc sur les photographies.

Radiothérapie

Ce sont les brûlures des rayons X sur les opérateurs qui ont amené les premières tentatives de traitement du cancer. De cette idée est née la radiothérapie, c'est-à-dire la méthode qui utilise les rayons X dans un but curatif. Grâce aux travaux et aux observations d'une élite de savants, les rayons X ont acquis droit de cité dans le traitement de toute une série de maladies de la peau, des cancers, et combattent efficacement les inflammations tuberculeuses des ganglions, les écrouelles, comme on disait autrefois. (*Voir la vue à Radium qui émet des Rayons X.*)





Ampoules.

Au début de l'utilisation des rayons X, ces rayons étaient produits par le choc cathodique sur la paroi de l'ampoule opposée à la cathode, mais le verre s'échauffe vite, on ne tarda pas (1898) à présenter au choc cathodique une petite surface métallique en platine, à l'intérieur de l'ampoule, qu'on appela anticathode et qui peut servir de cathode. La cathode en forme de petit miroir concave fait converger les rayons cathodiques sur l'anticathode qui à 45 degrés renvoie des rayons X. Souvent l'anode est séparée de l'anticathode.

Aujourd'hui le tungstène remplace le platine et dans les grandes ampoules pour éviter l'échauffement, l'anode est un tube refroidi par une circulation d'eau.

Dans les ampoules de Crookes, dites aussi à gaz parce que la vide n'est pas parfait, les électrons proviennent du bombardement de la cathode par les ions positifs contenus dans le gaz. Dans les ampoules Coolidge où le vide poussé à moins de un millionième de millimètre, les électrons qui produisent les rayons X proviennent de la cathode chauffée: autrement dit l'ampoule Coolidge utilise l'effet Edison que nous avons décrit au chapitre de l'audion.

Dans une ampoule Coolidge, l'anode qui sert d'anticathode est formée par un cylindre métallique de tungstène de 2 centimètres de diamètre. La cathode est formée par un double double filament de Tungstène, terminé par le petit miroir concave. Comme le montre la figure du montage d'une telle ampoule, l'ampoule peut se régler par le chauffage du filament et par une chute de potentiel variable que l'on mesure par la longueur d'une étincelle, ce dispositif de mesure de potentiel par la longueur d'une étincelle s'appelle *spintermètre*.

Les bijoutiers se servent des rayons X pour distinguer les diamants vrais des diamants faux; ces derniers sont fabriqués avec du verre qui contient du plomb et ne laissent pas passer les rayons. Leur photographie aux rayons X est donc un point noir.

Nous continuerons les rayons X dans notre prochaine leçon.



Rayons durs, rayons mous

Les rayons X ont des longueurs d'ondes très différentes puisqu'ils occupent au-delà des rayons ultra-violet près de 16 octaves, aussi leur pénétration à travers les corps opaques est-elle variable.

Ainsi une feuille de plomb de $1/10^e$ de millimètre d'épaisseur interposée entre l'ampoule et l'écran arrête ou laisse passer les rayons. Dans le premier cas on dit que les rayons sont mous et l'ampoule productrice molle; dans le second cas ils sont durs et l'ampoule est dure et il faut pour obtenir les rayons durs un potentiel plus élevé que pour obtenir les rayons mous.

Les rayons X ont un grave défaut, celui d'occasionner des brûlures, mais les victimes de ce défaut sont hélas les savants ou les médecins appelés par leurs recherches ou leur profession à s'exposer continuellement « au feu » des tubes à rayons X.

Pour éviter les brûlures des rayons X les ampoules sont enfermées dans des cupules opaques aux rayons, des verres riches en plomb, et même dans des boîtes à double paroi dont l'espace intermédiaire est rempli de minium. Les rayons X ne peuvent sortir que par une fenêtre dans la direction de la plaque photographique. Le radiologiste se tient d'ailleurs pendant l'opération dans une cabine doublée de lames de plomb et là surveille à travers une fenêtre munie d'un verre de plomb.

Si sa présence près de l'ampoule est nécessaire, alors il revêt un vêtement de tissu caoutchouté avec une dissolution de caoutchouc contenant des sels de plomb, sa tête est recouverte d'une coiffe et ses mains de gants en tissu semblable; des lunettes en verre au plomb garantissent ses yeux. Grâce à ces précautions, les accidents des radiologistes ont disparu.



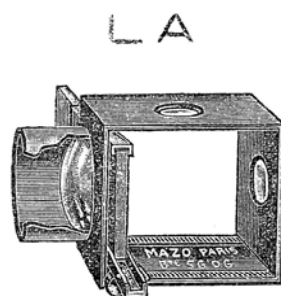
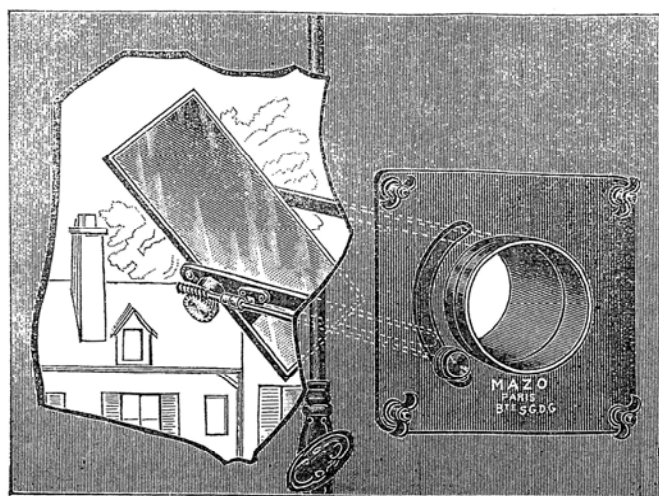
Le rayon diabolique

L'esprit, le rêve aujourd'hui ne connaît plus de bornes, les romans modernes font entrevoir l'homme pouvant diriger à travers l'espace des rayons qui détruiront dans la nue les avions de bombardement. Nul ne peut affirmer que les rayons diaboliques ne seront pas demain une réalité.

L'ENSEIGNEMENT PAR L'ASPECT

est résolu facilement

1° avec la nouvelle lanterne



SOLAIRE

*extrêmement simple 2 loupes et un miroir donnant
des projections merveilleuses.*

2° avec LA LAMPE ÉLECTRIQUE PUISSANTE



donnant la lumière

D'UN ARC

DE DIX AMPÈRES

ET LES NOUVELLES VUES EN COULEUR

Véritables Tableaux Muraux sur Papier transparent

Demandez Prix et Renseignements

à la Maison MAZO, 33, Bard Saint-Martin, PARIS