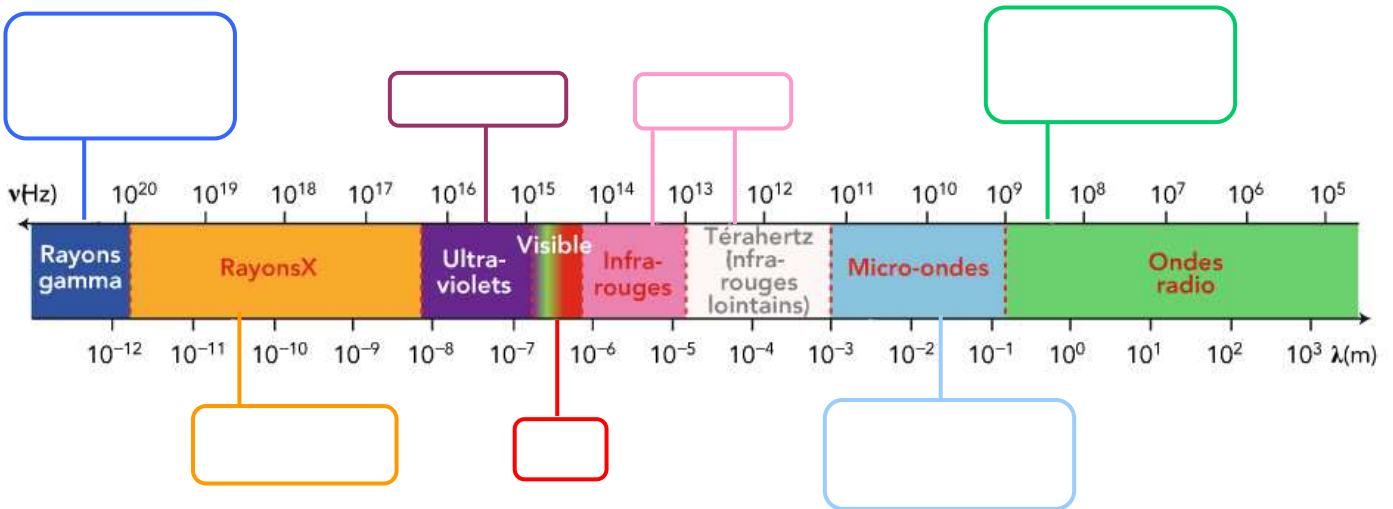
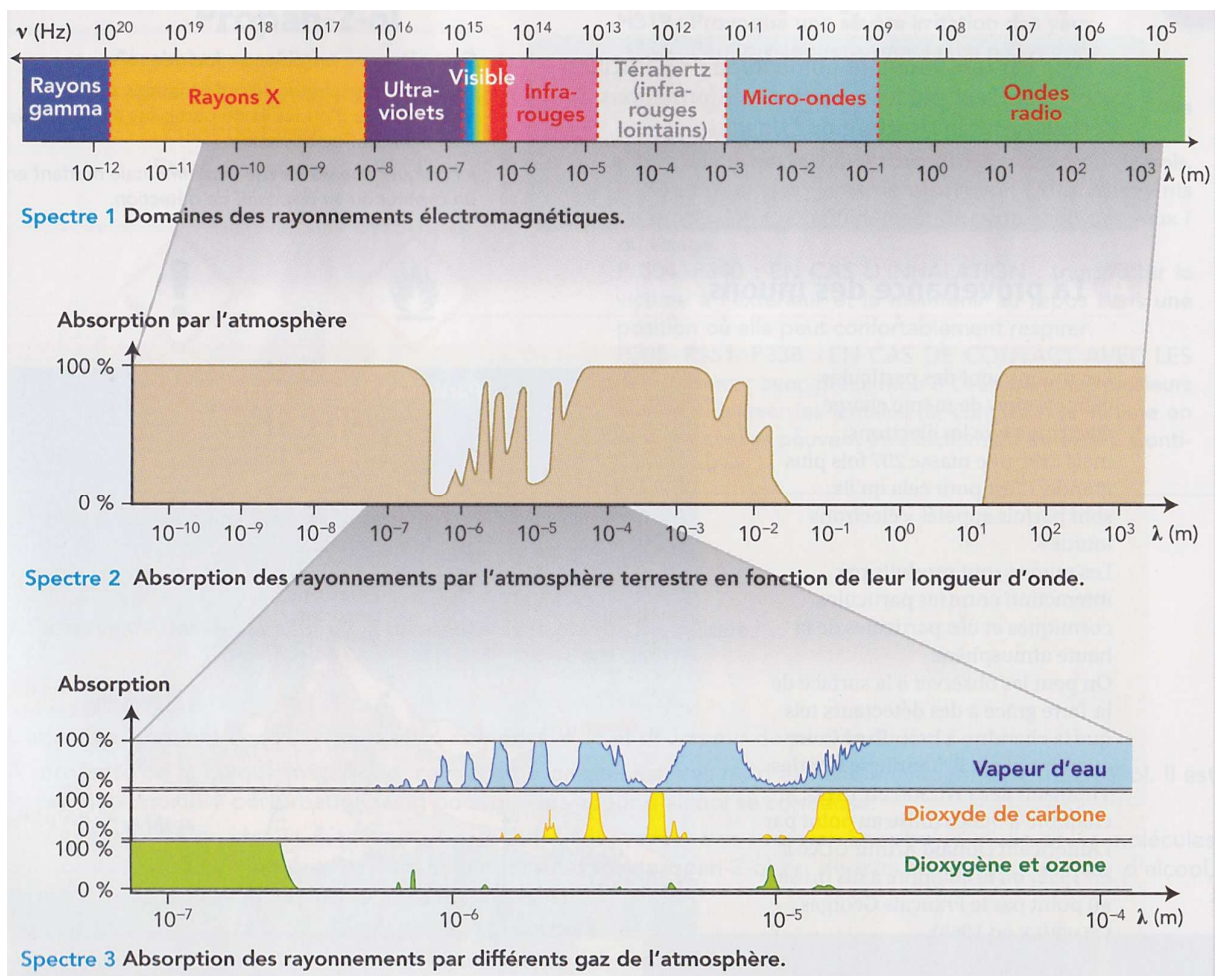


Spectre électromagnétique



L'atmosphère terrestre et les sources de rayonnements

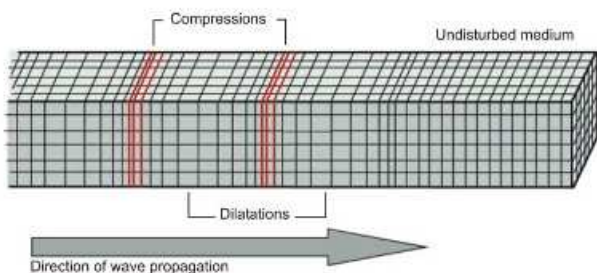


Les ondes mécaniques

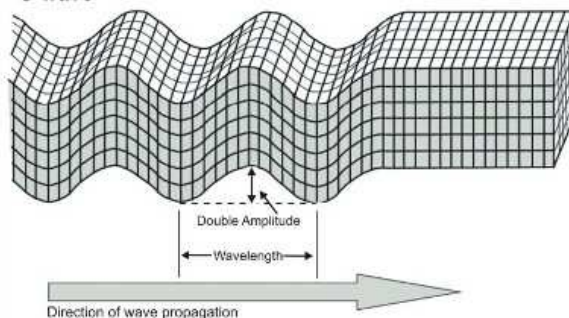
Les ondes sismiques

Les ondes de volume, parmi lesquelles les ondes P (primaires) dites de compression ou longitudinales, et les ondes S (secondaires) dites de cisaillement ou transversales.

P-wave

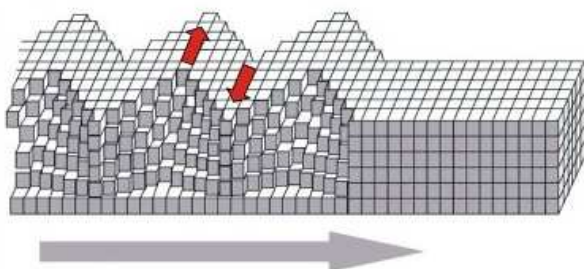


S-wave

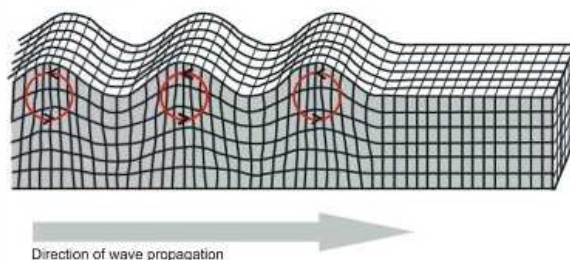


- Les ondes de surface, comme les ondes de Love (horizontales) et les ondes de Rayleigh (à la fois horizontales et verticales)

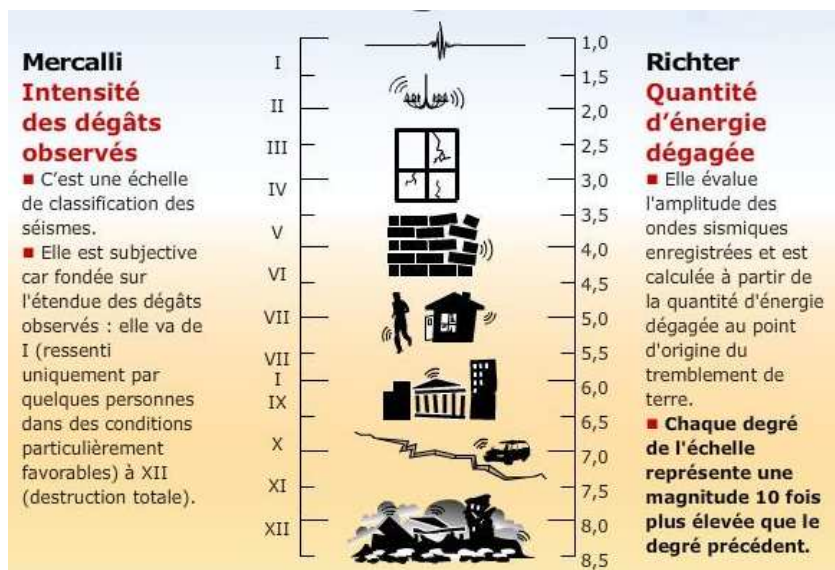
Love wave



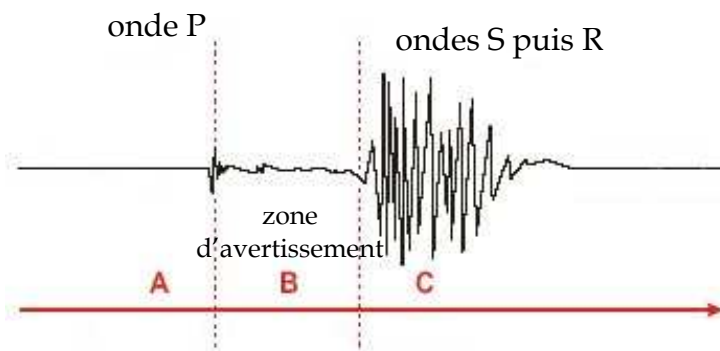
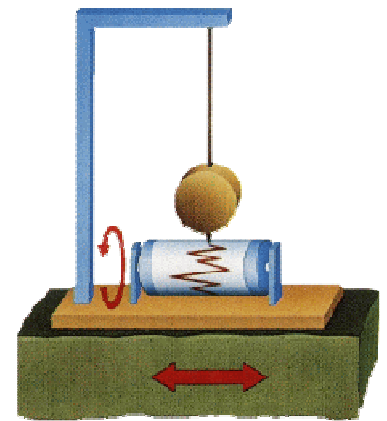
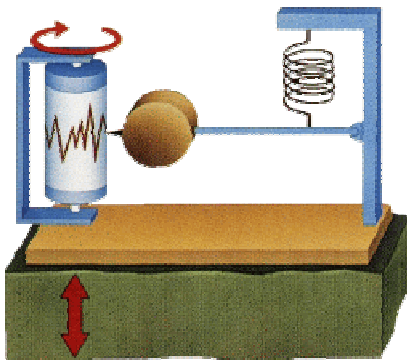
Rayleigh wave



Source : <http://fr.lamit.ro/systeme-avertissement-seisme.htm>



Ondes sismiques : les sismographes



Ondes sonores

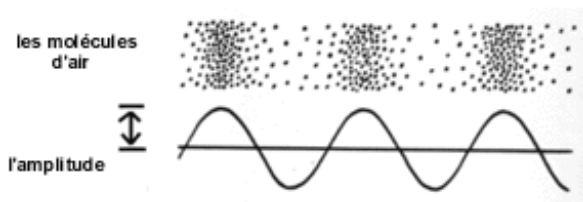
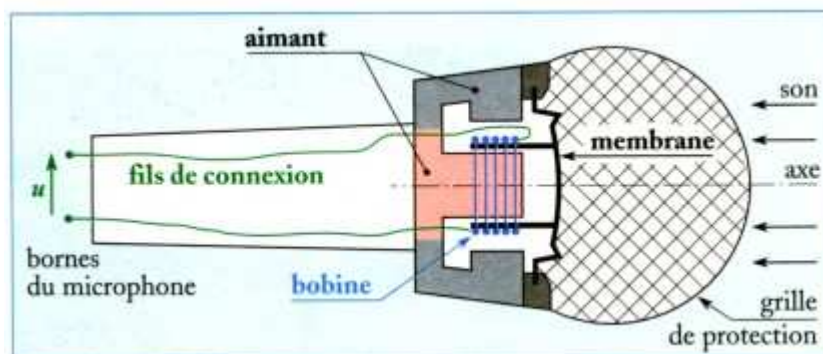


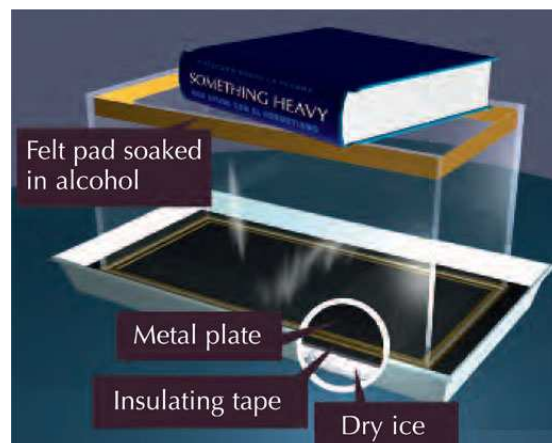
Schéma représentant l'air perturbé par une onde sonore (en haut) et l'amplitude du mouvement en fonction de la position.



Détecter les particules

La chambre à brouillard est le premier détecteur de particules imaginé par Charles Wilson en 1895, et pour laquelle il obtiendra le prix Nobel de Physique en 1927.

La chambre contient de l'alcool (propanol) sous forme gazeuse. La vapeur est soumise à une pression et une température où elle devrait juste commencer à se liquéfier : la moindre perturbation la fait passer à l'état liquide. Cette perturbation provient, par exemple, du passage d'une particule : l'alcool se condense, les premières gouttes d'alcool liquide se forment et une trace de brouillard montre la trace de la particule.



Dans les chambres à bulles, développées dans les années 1960, de l'hydrogène surchauffé est maintenu dans un état liquide métastable ; au passage des particules, des bulles d'hydrogène se forment et matérialisent les trajectoires.

La chambre est généralement placée dans un champ magnétique : si la particule est chargée, sa trajectoire est courbée et la mesure de la courbure donne accès à son impulsion, le sens de la courbure à sa charge électrique.



Dans les années 1970, l'électronique prend le relais avec les chambres multifilaires inventées par le français Georges Charpak (prix Nobel en 1992).

Détecter les ondes électromagnétiques (OEM)

La lumière, et bien plus : le capteur CCD

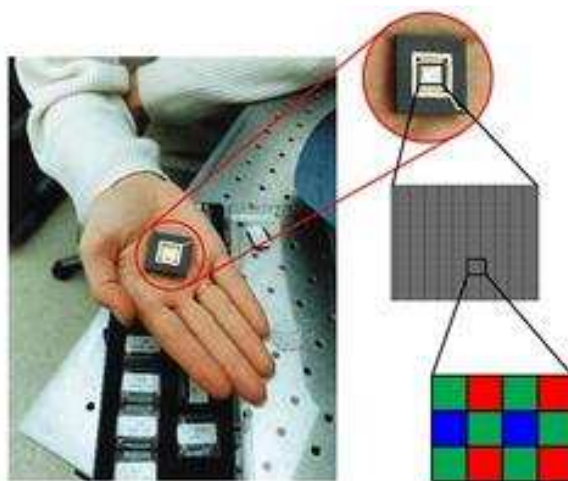
On distingue plusieurs types de capteurs, le CCD (Charged Coupled Device) étant le plus répandu. Le CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) en représente un dérivé. Fonctionnant selon le même principe, il se distingue avant tout par son procédé de fabrication, similaire à celui des circuits imprimés et microprocesseurs. En conséquence, il possède un faible coût de fabrication et une consommation électrique réduite, ce qui lui donne des avantages de poids dans la conception de photoscopes grands publics peu onéreux. En contrepartie, ce dispositif se montre beaucoup plus sensible au bruit survenant lors de prises de vue dans des conditions de faible luminosité (le CMOS possède une sensibilité environ égale aux deux tiers de celle du CCD).

La surface du capteur CCD est constituée soit de multiples photosites, soit de cellules réagissant à la lumière. Chacun de ces photosites donnera lieu, sur l'image finale, à un point (ou pixel).

Lorsqu'ils sont frappés par les rayons lumineux, ils produisent une impulsion électrique ; celle-ci possède une intensité proportionnelle à la quantité de lumière fournie par lesdits rayons. De même que le film argentique, le CCD possède une sensibilité, que le constructeur donne souvent en équivalent ISO. L'impulsion est par la suite codée sur un octet (suite de huit bits de valeur 0 ou 1, soit 256 possibilités différentes) grâce à un convertisseur analogique/numérique intégré au photoscope. Et... c'est tout ? Pas tout à fait, puisque jusqu'à présent, les photosites n'ont mesuré que la luminance du point (est-ce noir, gris clair, gris foncé... ?) ce qui nous donne une magnifique image... monochrome !

Afin de reconstituer les valeurs de chrominance (est-ce rouge, violet, marron... ?) chaque photosite est recouvert d'un filtre coloré, ne laissant passer que les rayons d'une certaine température (rouge, vert, bleu en synthèse additive, mais également quelques fois cyan, magenta, jaune et noir si le CCD fonctionne en synthèse soustractive). La plupart des capteurs CCD disposent de filtres disposés de la manière suivante : bleu - vert - bleu - vert... sur la première ligne, vert - rouge - vert - rouge... sur la seconde. Ainsi, chaque photosite mesure avec précision l'intensité lumineuse d'une seule couleur primaire.

Il nous manque alors toujours de l'information : les valeurs de rouge et de vert pour les pixels correspondant aux photosites recouverts d'un filtre bleu, de bleu et de vert pour ceux pourvus d'un filtre rouge, etc. Le processeur intégré à l'appareil numérique doit, pour récupérer les mesures manquantes, réaliser une interpolation de couleurs (à ne pas confondre avec l'interpolation de pixels). C'est-à-dire qu'il calcule les informations complémentaires en se basant sur la couleur mesurée par les pixels adjacents. Cette méthode donne lieu à d'excellents résultats la plupart du temps, mais révèle parfois ses limites dans des conditions extrêmes (forts contrastes notamment).



Et voilà, le tour est joué ! Puisque chaque canal de couleur est codé sur un octet, soit 256 valeurs différentes possibles, nous obtenons une étendue de $256 \times 256 \times 256 = 16,8$ millions de couleurs envisageables (c'est le mode true color, ou 24 bits).

D'après <http://www.clubic.com/article-14325-1-la-photographie-numerique-comment-ca-marche.html>

Au XX^{ème} siècle : scintillateur – photomultiplicateur

Le photomultiplicateur est un dispositif permettant la détection de photons. Il se présente sous la forme d'un composant électronique tubulaire d'une dizaine de centimètres de long. Sous l'action de la lumière, des électrons sont arrachés, par effet photoélectrique, à une photocathode métallique, le faible courant électrique ainsi généré est amplifié par une série de dynodes utilisant le phénomène d'émission secondaire pour obtenir un gain important. Ce détecteur permet de compter les photons individuellement.

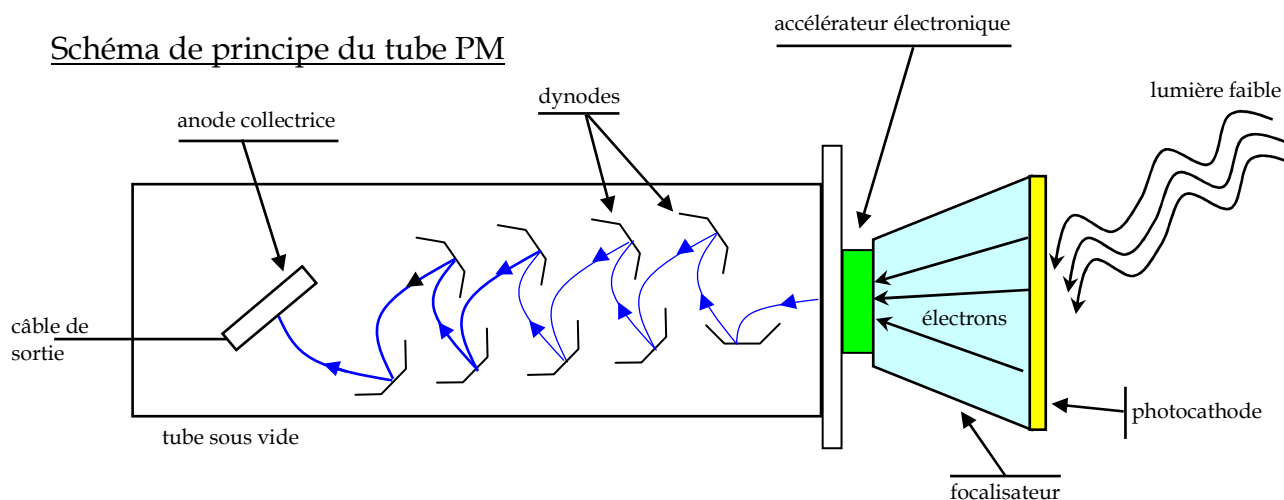
Il est généralement sensible de l'ultraviolet à l'infrarouge proche, avec des temps de réponse de l'ordre de la nanoseconde (soit 10^{-9} seconde).

Le tube PM (pour PhotoMultiplicateur) est utilisé dans la vidéosurveillance civile et militaire dans des conditions de luminosité réduite, tout autant que dans l'astronomie¹, couplé à un amplificateur et à un discriminateur, ou encore en médecine (scintigraphie : la gamma-caméra).



PM 1P128
à 9 étages (dynodes)

Schéma de principe du tube PM



¹ Sur la photométrie en astronomie : <http://www.astrosurf.com/luxorion/photometrie.htm>

La découverte des OEM

Au XIX^{ème} siècle, Hans Christian OERSTED découvre qu'il existe un lien entre électricité et magnétisme. Les lois liant ces phénomènes seront étudiées par les grands noms de l'époque : André-Marie Ampère, Michaël Faraday, Jean-Baptiste Biot et Félix Savart. Faraday, expérimentateur de génie, montre en particulier que si un courant électrique a un effet magnétique, réciproquement un aimant peut produire un courant électrique.

Quelques années plus tard, un jeune prodige écossais, James Clerk Maxwell, réutilise les travaux de ses pairs et formalise des équations fondamentales liant électricité et magnétisme. Chose étrange, ses équations prédisent l'existence d'ondes se déplaçant dans le vide, dont il estime la vitesse à une valeur très proche de celle de la lumière dans le vide. En 1864, dans un article intitulé *A dynamic theory of the electromagnetic field*, il risque une hypothèse révolutionnaire : « L'accord des résultats semble montrer que la lumière et le magnétisme sont deux phénomènes de même nature et que la lumière est une perturbation électromagnétique se propageant dans l'espace selon les lois de l'électromagnétisme. »

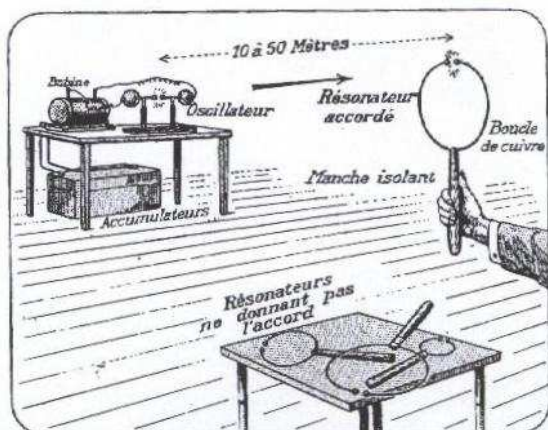
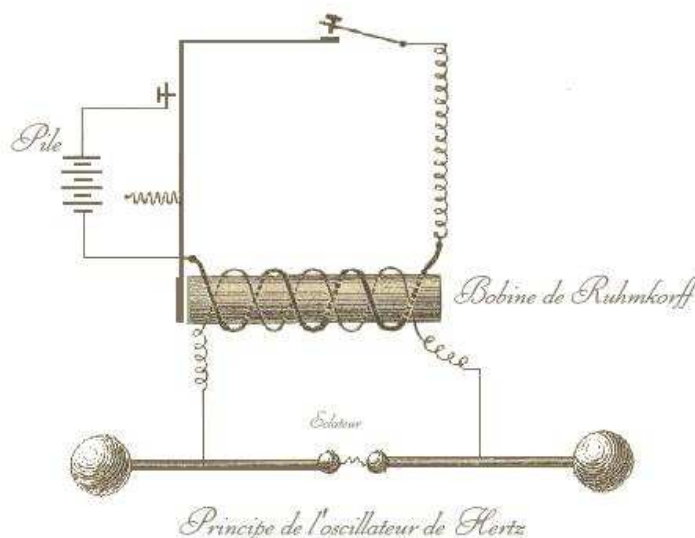
Les premières vérifications expérimentales de la théorie de Maxwell sont obtenues par le physicien allemand Heinrich Hertz en 1887 : il identifie des ondes électromagnétiques non visibles, se propageant à la même vitesse que la lumière, et susceptibles elles aussi de se diffracter, de se réfracter et de se polariser.

Il se construit un excitateur électrique.

L'oscillateur comprend deux sphères de cuivre, d'environ 30 cm de diamètre, reliées par un conducteur rectiligne d'environ 3 m, coupé en son milieu par un éclateur constitué de deux petites sphères dont la distance peut être réglée.

Les sphères sont reliées à une bobine de RUHMKORFF de forte puissance et l'ensemble est isolé de la terre.

Les charges s'accumulent dans les grandes sphères jusqu'au moment où l'étincelle éclate entre les petites sphères de l'éclateur.



Hertz remarque que la fréquence des oscillations des étincelles de l'éclateur (plusieurs millions par seconde) est indépendante de la fréquence de la bobine (quelques milliers par seconde). Ces courants alternatifs de haute fréquence induisent des courants dans un conducteur voisin, le "résonateur", produisant de petites étincelles dans l'éclateur dont il est pourvu. L'excitateur et le résonateur sont les modèles primitifs d'un émetteur et d'un récepteur de radio.

Heinrich Hertz ne vit pas l'application de son dispositif et de sa découverte qui allaient permettre la radiophonie puis les télécommunications au XX^{ème} siècle. Il se contenta de noter que « cela n'a aucune espèce d'application. C'est juste une expérience qui permet de prouver que le maître Maxwell avait raison – nous avons simplement ces ondes électromagnétiques mystérieuses que nous ne pouvons voir à l'œil nu. Mais elles sont là. »

En l'honneur de Heinrich Hertz, les ondes radio sont nommées « hertziennes ».