

"CLUB DU TEMPS LIBRE"

Mardi 9 Décembre 1980

"Les ondes électromagnétiques ; radio, télévision, infra-rouge, ondes lumineuses, ultra-violet, laser, radar ..."

Malgré le froid, 66 adhérents du Cercle assistèrent à la conférence de M. ROULET, professeur de Sciences physiques, actuellement Inspecteur pédagogique régional dans les Académies de Créteil, Paris, Versailles.

M. ROULET a montré, dans son exposé, un grand talent pédagogique ; comme, d'autre part, il avait apporté un matériel de démonstration prêté par le lycée expérimental de Sèvres et l'I.U.T. de Viroflay, les auditeurs ont mieux compris les propriétés des ondes électromagnétiques et leur identité avec celles de la lumière.

M. ROULET commence par dire que nous baignons dans les ondes électromagnétiques ; nous en recevons du Soleil, des émetteurs de radio et de télévision, des appareils de radiographie ; nous en produisons et utilisons à chaque instant, en particulier des ondes infra-rouges avec nos appareils de cuisson et notre propre corps qui rayonne de la chaleur. Notre œil est un récepteur des ondes lumineuses ; les Abeilles reconnaissent les ondes ultra-violettes comme couleur.

Leur importance est grandissante : en 1880, on ne connaissait guère que les ondes lumineuses ... il a fallu les travaux purement théoriques de Maxwell en 1869, et les travaux expérimentaux de Hertz en 1889 pour arriver aux autres ondes et pour qu'on introduise dans le vocabulaire l'expression "ondes hertziennes".

M. ROULET, pour définir aisément certains termes, décrit tout d'abord les ondes mécaniques, celles produites à la surface de l'eau par un caillou qu'on y laisse tomber, qui est le signal d'une suite de phénomènes. Là où tombe le caillou, on a un centre d'émission ; les ondes montrent la transmission de l'ébranlement ; le bouillon ou la feuille de nénuphar qui s'agitent au passage de l'eau, fonctionnent comme récepteurs à la fois d'une information et d'une certaine quantité d'énergie.

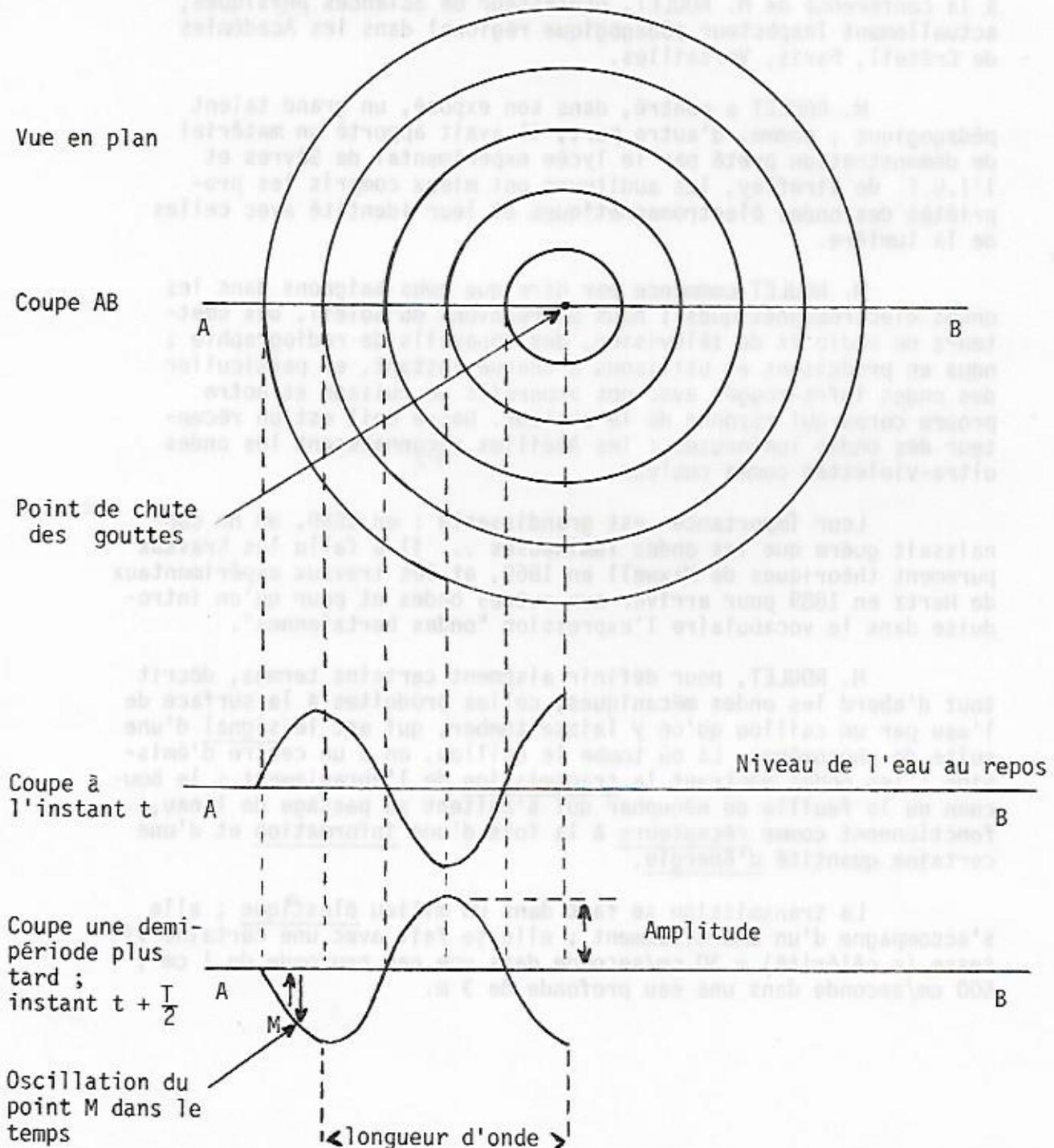
La transmission se fait dans un milieu élastique ; elle s'accompagne d'un amortissement ; elle se fait avec une certaine vitesse (= célérité) = 30 cm/seconde dans une eau profonde de 1 cm ; 500 cm/seconde dans une eau profonde de 3 m.

Le son se transmet dans l'air ( $\rightarrow$  milieu élastique), par variations de pression, à la célérité de 340 m/sec à la température ordinaire ; la célérité dans l'eau serait de 1500 m/sec ; dans l'acier, de 5000 m/sec ( $\rightarrow$  18000 Km à l'heure).

Si on laisse tomber des cailloux, régulièrement, au même point de la surface de l'eau, on entretient les ondes ( $\rightarrow$  ondes entretenues).

Si  $n$  gouttes sont tombées en 1 seconde, la fréquence  $f$  est  $n$  ; elle s'exprime en Hertz (Hz), et la période  $1/n = T$

Deux schémas :



La relation fondamentale est

$$\lambda f = c$$

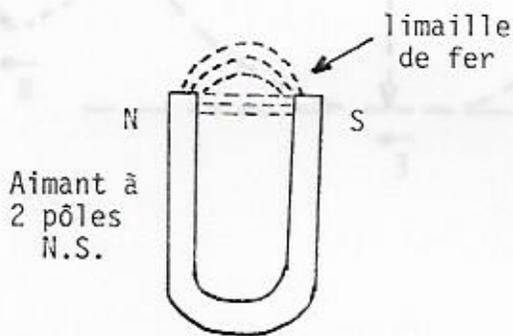
ou encore comme  $f = 1/T$

$$\lambda/T = c$$

$\lambda$  = longueur  
 $f$  = fréquence  
 $c$  = célérité  
 $T$  = période

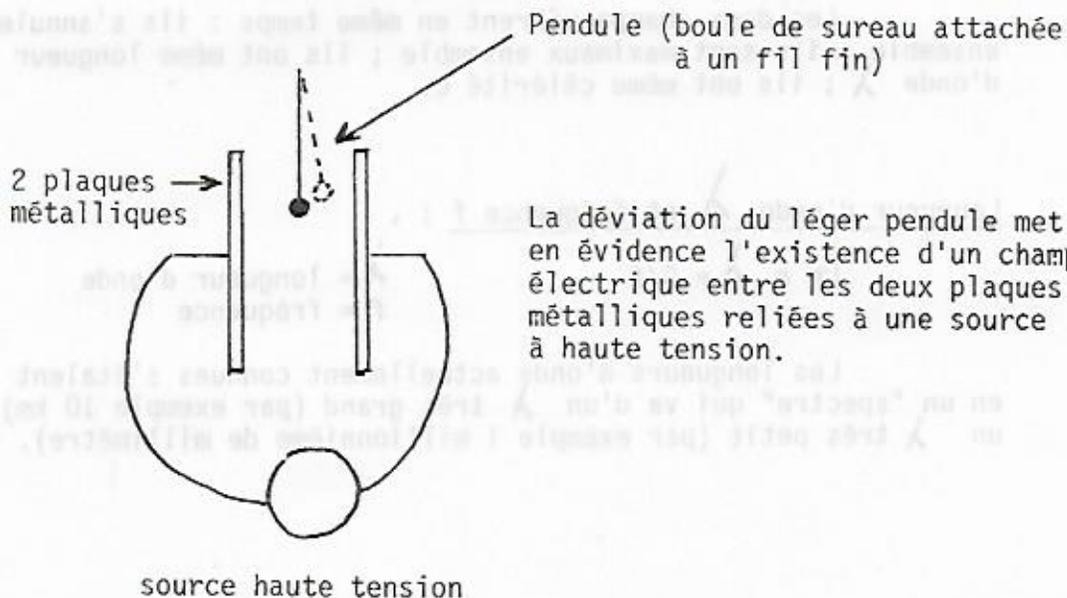
### LES ONDES ELECTROMAGNETIQUES.-

- Champ magnétique : Vecteur  $B$  →



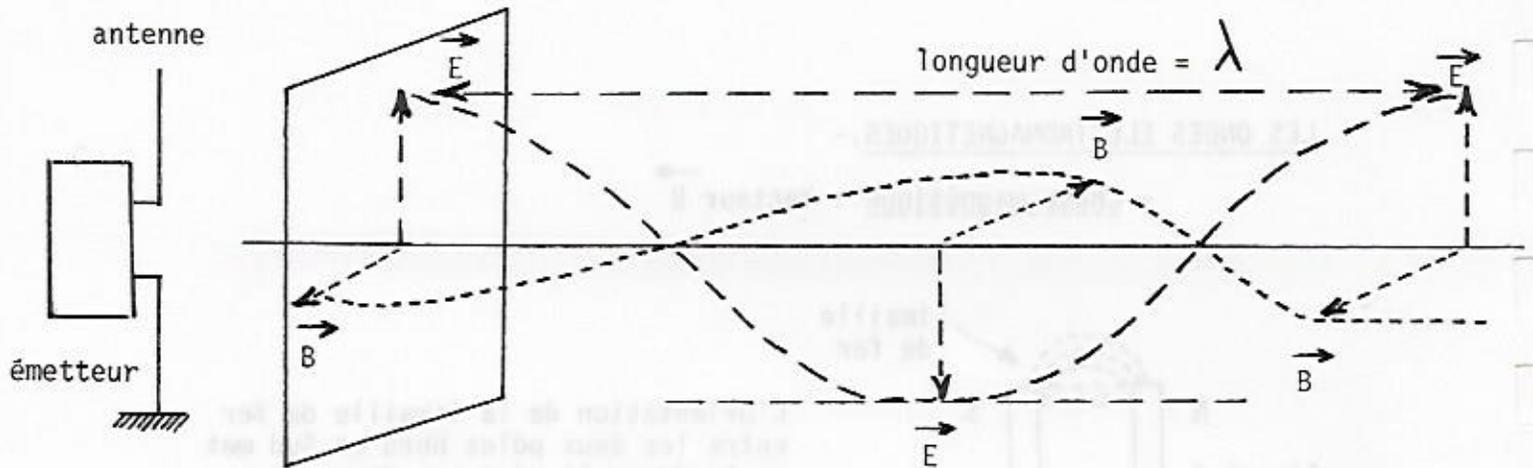
L'orientation de la limaille de fer entre les deux pôles Nord et Sud met en évidence l'existence d'un champ magnétique entre ces pôles.

- Champ électrique : Vecteur  $E$  →



La déviation du léger pendule met en évidence l'existence d'un champ électrique entre les deux plaques métalliques reliées à une source à haute tension.

## STRUCTURE DE L'ONDE ELECTROMAGNETIQUE.-



L'onde résulte de la variation dans le temps de deux champs : un champ électrique  $\vec{E}$  et un champ magnétique  $\vec{B}$ .

Le champ électrique est parallèle à l'antenne ; le champ magnétique lui est perpendiculaire.

Les deux champs vibrent en même temps : ils s'annulent ensemble ; ils sont maximaux ensemble ; ils ont même longueur d'onde  $\lambda$  ; ils ont même célérité  $C$ .

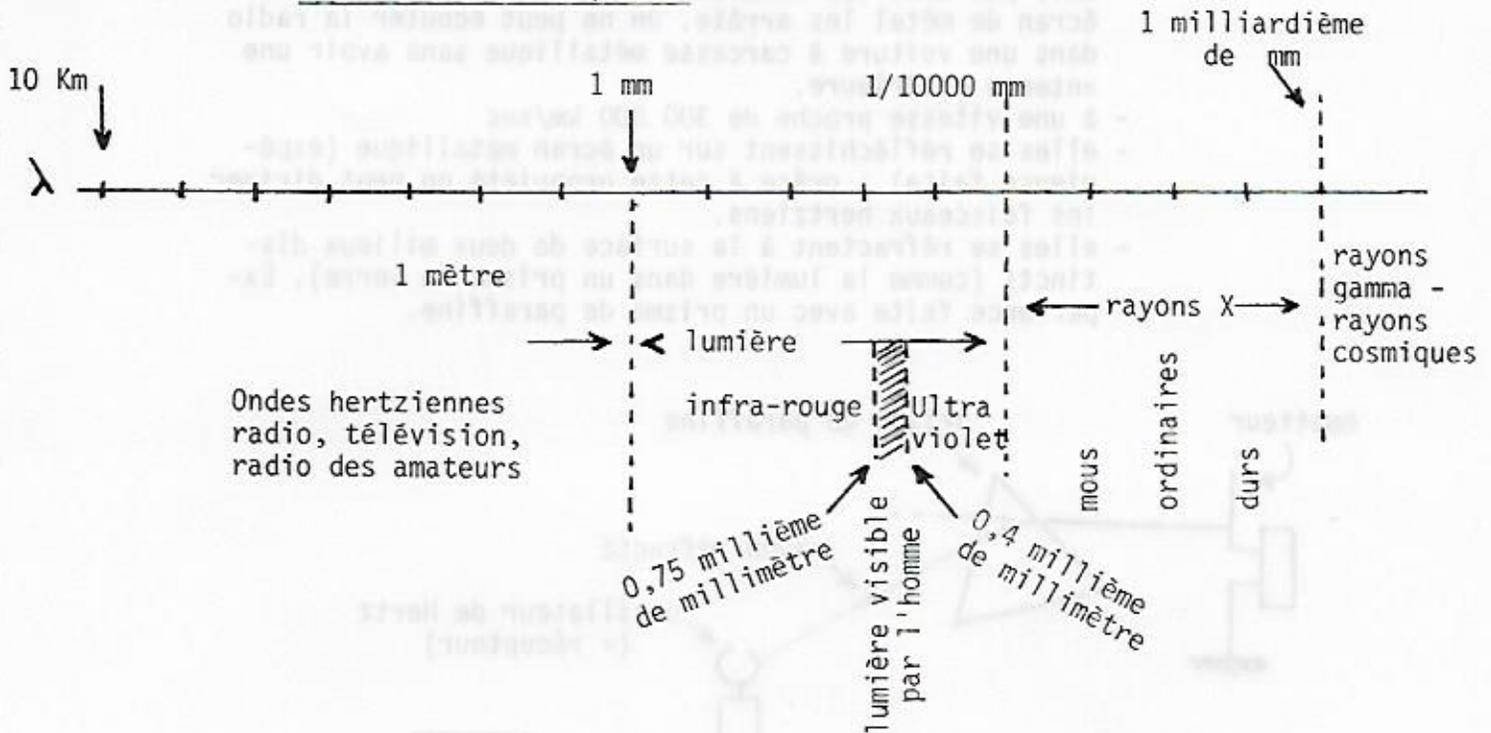
Longueur d'onde  $\lambda$  et fréquence  $f$  :

$$\text{On a } \lambda = C/f$$

$\lambda$  = longueur d'onde  
 $f$  = fréquence

Les longueurs d'onde actuellement connues s'étalent en un "spectre" qui va d'un  $\lambda$  très grand (par exemple 10 km) à un  $\lambda$  très petit (par exemple 1 millionième de millimètre).

Etallement de ce "spectre" :



Le "spectre" est absolument continu ; il ne se divise pas en tranches. Les découvertes ne sont pas terminées ; on se dirige vers les très hautes fréquences.

Un calcul à partir de la célérité de la lumière (= 300 000 Km/sec).

Fréquence d'une onde d'amateur longue de 1 cm.

$$f = \frac{C}{\lambda}$$

C en mètres  $\rightarrow$  300 000 000 m  
 $\lambda$  en mètres  $\rightarrow$  0,01 m

$$= \frac{300\,000\,000}{0,01} = 30\,000\,000\,000 = 30 \text{ milliards de Hz}$$

= 30 millions de kilohertz  
 = 30 000 mégahertz  
 = 30 gigahertz

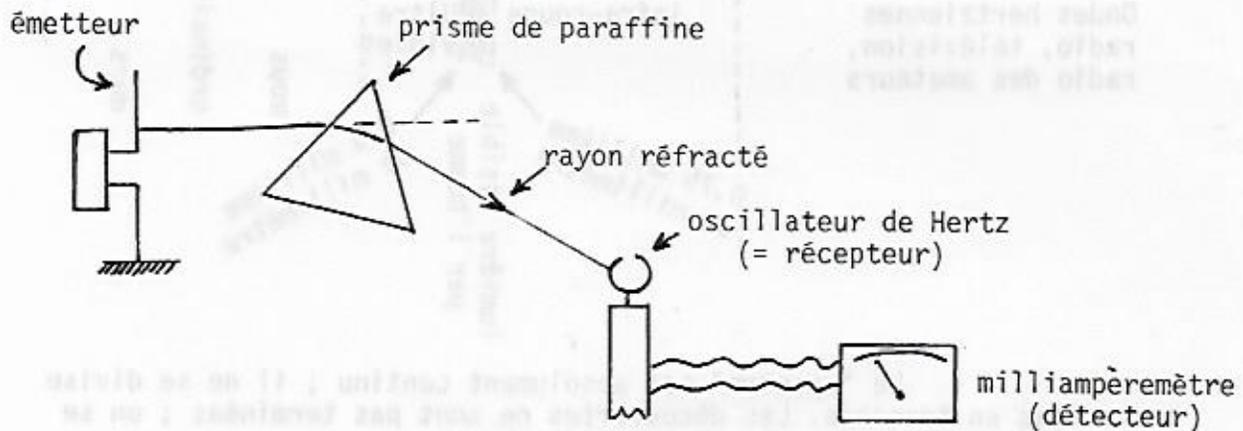
PROPRIETES.-

M. ROULET réalise des expériences en partant des rayons lumineux (visibles) et en passant aussitôt aux ondes électromagnétiques (non visibles).

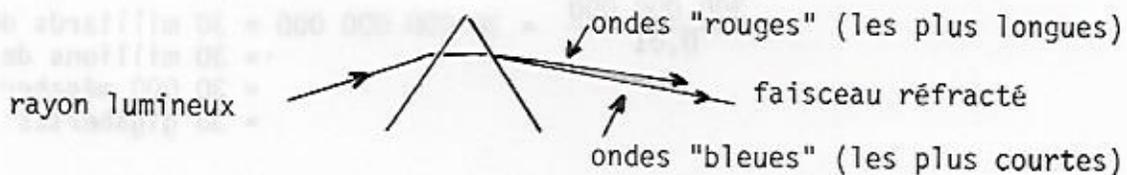
Les ondes électromagnétiques se propagent :

- dans le vide,
- dans l'air en s'affaiblissant,
- dans les isolants ; expérience faite = un écran de matière plastique ne les arrête pas,

- mais pas dans les conducteurs ; expérience faite : un écran de métal les arrête. On ne peut écouter la radio dans une voiture à carrosse métallique sans avoir une antenne extérieure.
- à une vitesse proche de 300 000 km/sec
- elles se réfléchissent sur un écran métallique (expérience faite) ; grâce à cette propriété on peut diriger les faisceaux hertziens.
- elles se réfractent à la surface de deux milieux distincts (comme la lumière dans un prisme de verre). Expérience faite avec un prisme de paraffine.



- quand leurs longueurs d'onde diffèrent dans un même faisceau : il y a dispersion lors de la réfraction



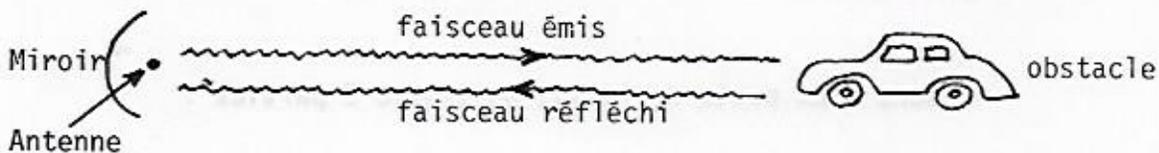
- avec la lumière du soleil, ou celle d'une lampe à incandescence, on obtient un spectre continu avec les couleurs de l'arc en ciel (projection d'un spectre continu).
- avec la lumière émise par un métal (vapeur de mercure par exemple) on obtient un spectre discontinu de raies (projection de spectres discontinus).

## LES APPLICATIONS DES ONDES ELECTROMAGNETIQUES.-

Le manque de temps contraint M. ROULET à les traiter très rapidement, une seconde conférence eut été nécessaire

### - Radar :

- l'émetteur, par l'antenne, émet un train d'ondes de courte durée (0,1 à 20 microsecondes),
- l'obstacle réfléchit ce train,
- l'antenne reçoit ce train réfléchi ; ce signal est amplifié, et lu sur un écran cathodique quelque peu comparable à un écran de téléviseur.
- l'antenne, couplée à un miroir métallique, peut être mobile autour d'un axe et balayer ainsi l'espace autour d'elle.



Calcul de la distance de l'obstacle = s'il est à D Km, le trajet des ondes aller et retour est 2 D Km. Entre l'aller et le retour, il s'est écoulé t secondes ; on peut écrire :

$$t = \frac{2 D}{300\ 000} \quad \text{ou} \quad D = \frac{300\ 000 t}{2}$$

La mesure de t permet de connaître D.

Pour la Lune, un miroir ayant été installé à sa surface, on trouverait :

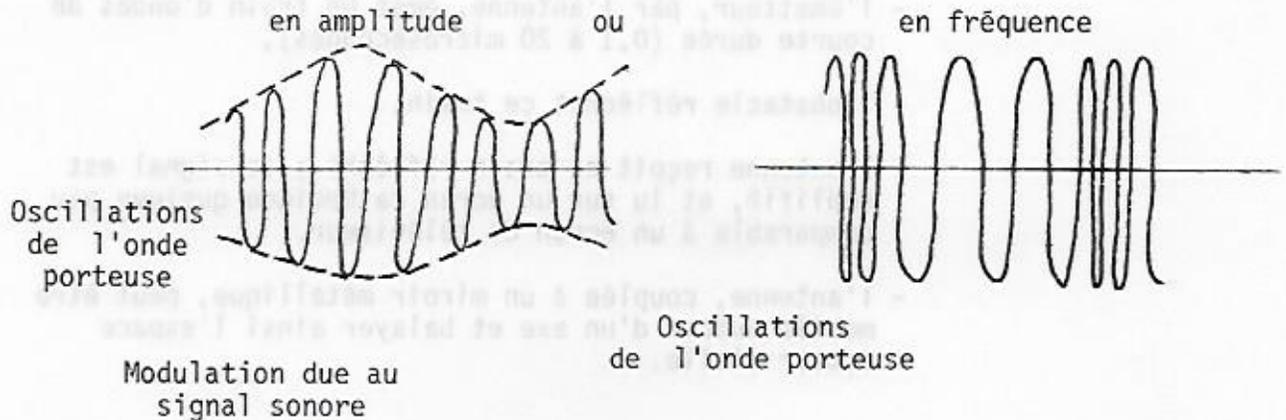
$$t = 2,55 \text{ sec.}$$

d'où :

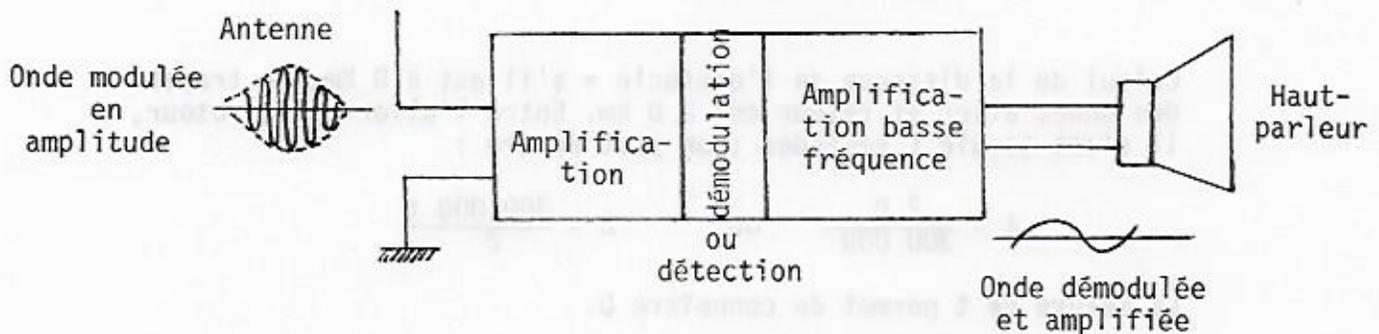
$$D = \frac{300\ 000 \times 2,55}{2} = 381\ 982 \text{ Km}$$

1  
- Radio :

Il faut utiliser une onde porteuse que l'on module par un signal électrique, image du signal sonore à transmettre, soit



Dans tout poste de radio, on trouve 3 parties :



Autres applications :

- télévision,
- radio communication,
- laser : lumière cohérente : les ondes ont toutes la même longueur d'onde et voyagent toutes en accord d'où la grande puissance possible du faisceau laser qui, pendant des temps courts, envoie des "paquets" de lumière,
- importance de la lumière et des ultra-violetts dans la vie des plantes,
- importance des infra-rouges dans le chauffage, la photographie la nuit, la photographie aérienne.

CONCLUSION.-

Deux rôles importants des ondes électro-magnétiques :

- transmission de l'information,
  - . faisceaux hertziens,
  - . fibres optiques.
  
- transmission de l'énergie ... on peut imaginer un satellite qui, au-dessus des nuages, capterait l'énergie solaire et la renverrait à la Terre avec des longueurs d'onde peu absorbantes.

"En science, il n'y a rien de farfelu".