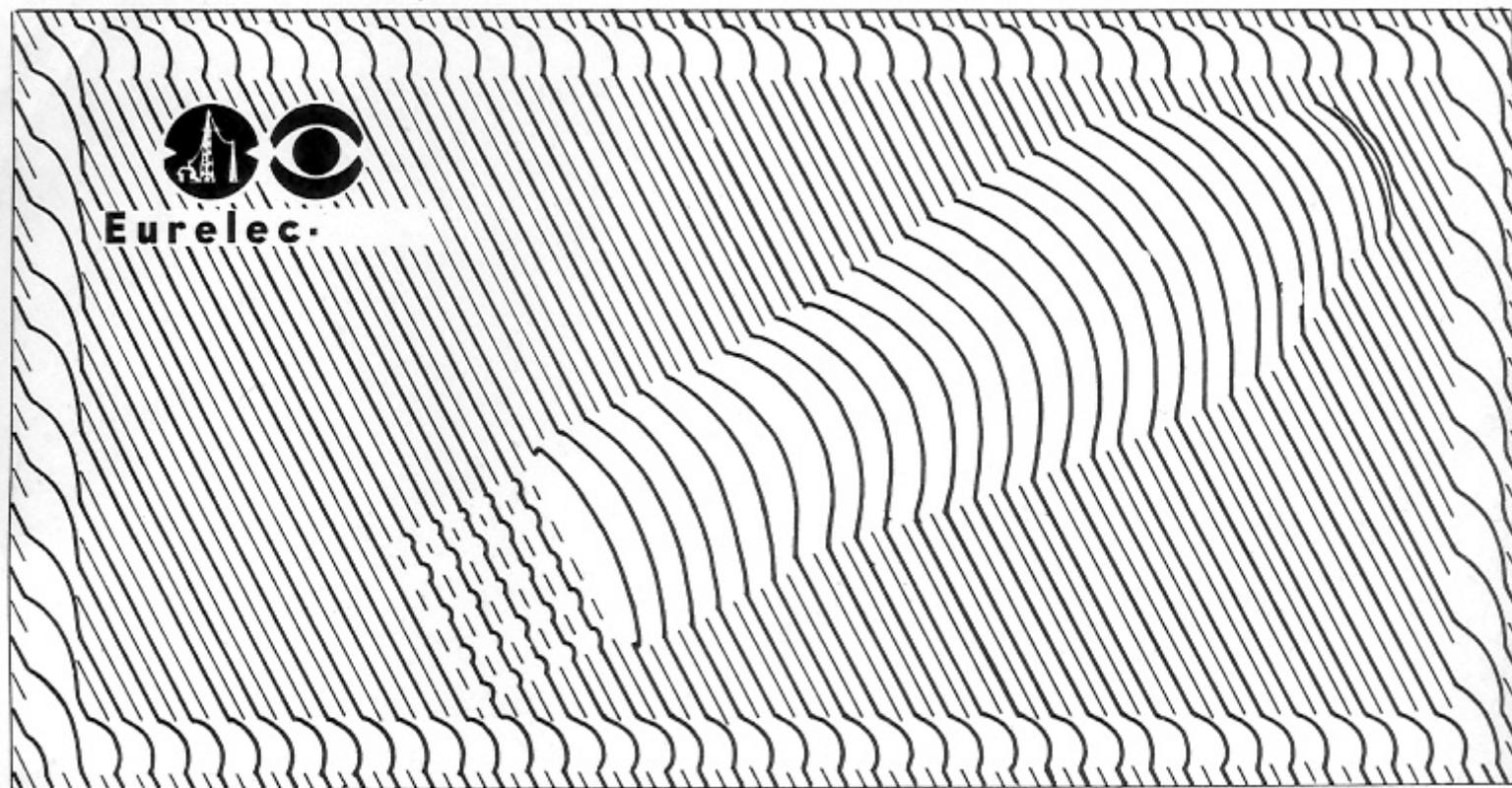
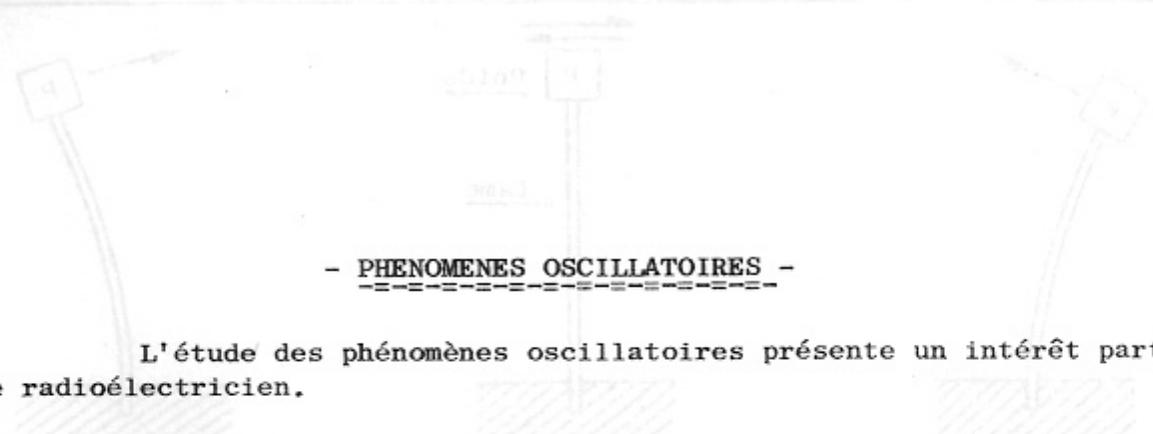


T H E O R I E



COURS DE RADIO PAR CORRESPONDANCE



- PHENOMENES OSCILLATOIRES -

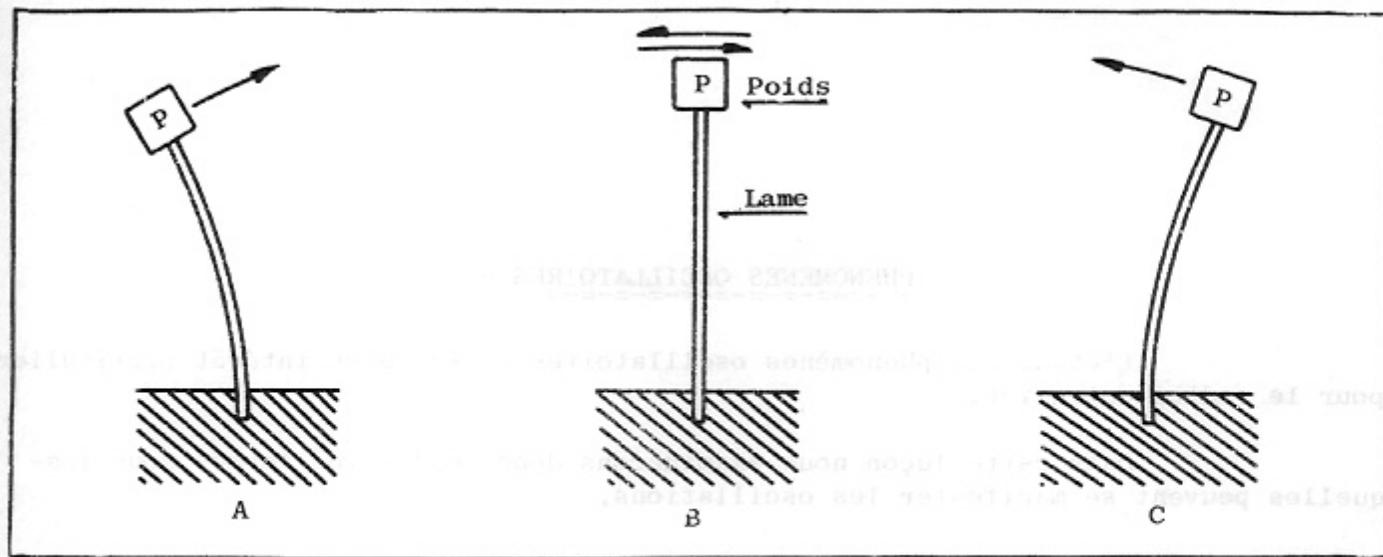
L'étude des phénomènes oscillatoires présente un intérêt particulier pour le radioélectricien.

Dans cette leçon nous examinerons donc toutes les formes sous lesquelles peuvent se manifester les oscillations.

1.1- Oscillations mécaniques -

L'exemple le plus simple d'oscillation mécanique est obtenu avec le dispositif dessiné à la Fig. 1-.

Une lame d'acier est fixée, par une extrémité, dans le parquet : à l'autre extrémité est soudé un morceau de fer qui a un poids notable, (ou mieux une "masse" notable). En tirant avec force le poids vers la gauche, la lame prend la position indiquée à la Fig. 1A-.



- Fig. 1 -

A peine libérons-nous la masse que, par l'effet de traction exercée par la lame, elle cherchera à rejoindre à nouveau la position (1B-), c'est-à-dire la lame parfaitement verticale) mais, en raison de l'effet d'inertie, elle dépassera cette position et continuera à aller vers la droite, jusqu'à ce que la lame soit autant courbée vers la droite (du moins théoriquement), qu'elle l'était auparavant vers la gauche (Fig. 1C-).

Dans ces conditions, l'effet de flexibilité de la lame se manifestera à nouveau et le poids cherchera à retourner vers sa position d'équilibre.

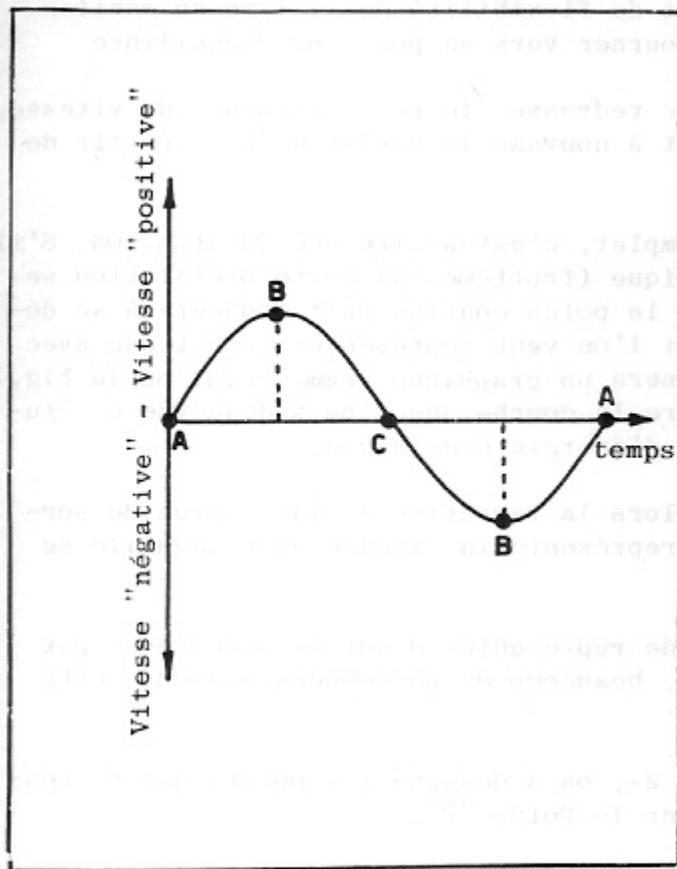
Mais, pendant que la lame se redresse, le poids augmente de vitesse, repasse par la position centrale et rejoint à nouveau la position "A" à partir de laquelle avait commencé le mouvement.

On a ainsi fait un cycle complet, c'est-à-dire une OSCILLATION. S'il n'existait pas de pertes par inertie mécanique (frottements) cette oscillation se répéterait, toujours égale à elle-même, et le poids continuerait toujours à se déplacer d'une position extrême à l'autre. Si l'on veut représenter la vitesse avec laquelle se déplace le poids "P", on dessinera un graphique comme celui de la Fig. 2-. Ce graphique est une SINUSOÏDE, c'est-à-dire la courbe que l'on a déjà vue en étudiant le mouvement rotatif d'un générateur d'énergie électrique.

La sinusoïde représentait alors la variation de la tension de sortie du générateur. Ici au contraire, elle représente la vitesse avec laquelle se déplace le poids "P".

Nous aurons souvent besoin de représenter d'autres phénomènes par des courbes sinusoïdales, car, en pratique, beaucoup de phénomènes suivent cette loi de variation.

Sur le graphique de la Fig. 2-, on a dessiné les points qui correspondent aux diverses positions indiquées par le Poids "P".



- Fig. 2 -

- Aux points "A" et "C", la vitesse est zéro, c'est-à-dire que le poids reste en équilibre pendant un très bref instant.
- Aux points "B", la vitesse est maximum dans le sens positif lorsque l'on va de la droite vers la gauche, dans le sens négatif lorsque l'on va de la gauche vers la droite.

Le sens positif a été choisi arbitrairement. Ici aussi on nommera PERIODE, la durée d'un cycle complet d'oscillation, et FREQUENCE, le nombre d'oscillations que l'on obtient en une seconde.

La fréquence d'oscillations dans le système décrit, dépend des caractéristiques de la lame et du poids "P" ; une fois ces éléments déterminés le système oscillera toujours à une fréquence fixe QUELLE QUE SOIT L'INTENSITE DE LA FORCE INITIALE. Cette fréquence particulière est appelée FREQUENCE PROPRE DU SYSTEME.

Si l'on augmente le poids "P", la fréquence des oscillations diminue, et inversement si l'on réduit le poids :

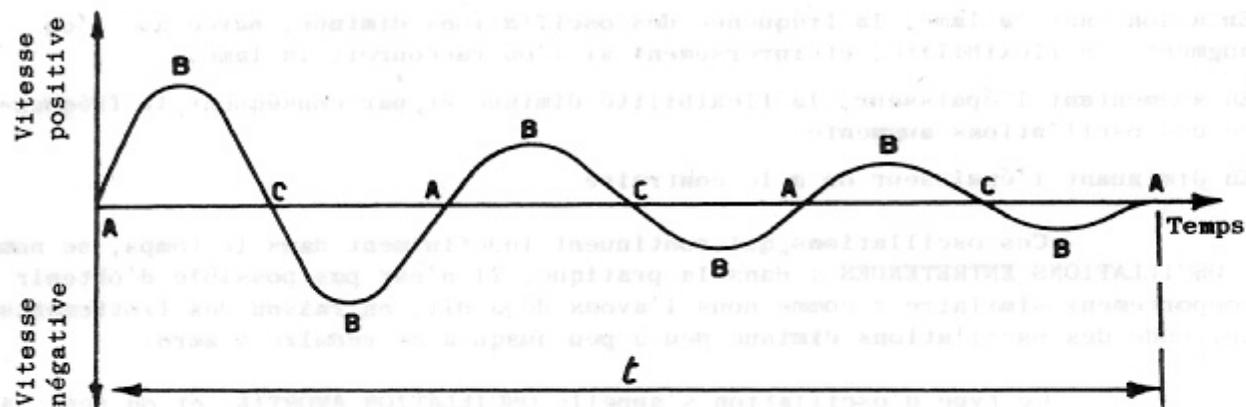
- En allongeant la lame, la fréquence des oscillations diminue, parce que l'on augmente la flexibilité, et inversement si l'on raccourcit la lame.
- En augmentant l'épaisseur, la flexibilité diminue et, par conséquent, la fréquence des oscillations augmente.
- En diminuant l'épaisseur on a le contraire.

Ces oscillations, qui continuent indéfiniment dans le temps, se nomment OSCILLATIONS ENTRETENUES ; dans la pratique, il n'est pas possible d'obtenir un comportement similaire : comme nous l'avons déjà dit, en raison des frottements l'amplitude des oscillations diminue peu à peu jusqu'à se réduire à zéro.

Ce type d'oscillation s'appelle OSCILLATION AMORTIE, et on peut la représenter par le graphique de la Fig. 3- ; il est formé par une série de sinusoides, dont l'amplitude diminuant progressivement, représente le déplacement du poids "P" en fonction du temps.

Au bout d'un certain temps et après un certain nombre d'oscillations le mouvement se réduit à zéro et le poids reste arrêté à sa position d'équilibre "B".

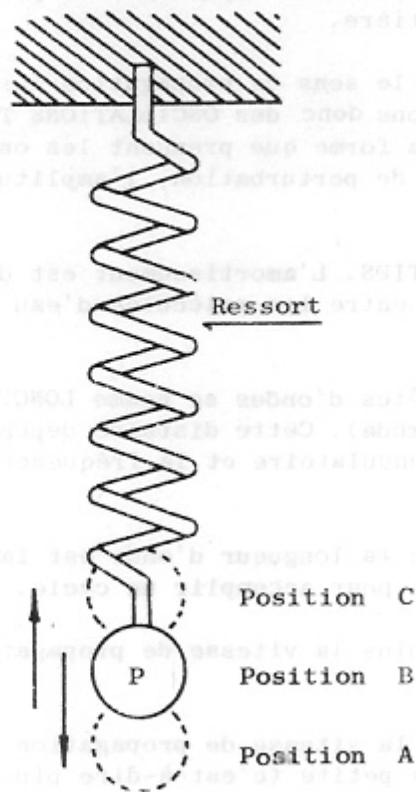
A la Fig. 4- on a représenté un autre système mécanique qui peut osciller de la même façon que la lame ; il s'agit d'un ressort auquel a été suspendu un poids "P".



- Fig. 3 -

En tirant le poids vers le bas, et en le lâchant rapidement, on obtient une série d'oscillations qui diminuent avec le temps.

Dans ce cas, comme dans le précédent, si les frottements ne sont pas importants, la durée totale des oscillations est très longue ; si au contraire il y a de nombreux frottements, les oscillations diminueront très rapidement.



- Fig. 4 -

Un autre exemple d'oscillation mécanique très intéressante, est celui que l'on obtient en lançant une petite sphère dans un récipient plein d'eau. Le choc produit par la sphère, pour pénétrer dans l'eau, déforme la surface de l'eau et, avant qu'elle ne redevienne calme, de petites oscillations du liquide se forment au point de chute.

Ces oscillations ou VIBRATIONS d'un point de la surface liquide se transmettent aux couches voisines en créant des ondes circulaires, qui ont toutes, pour centre, le point de chute et qui, en s'élargissant de plus en plus, vont du centre vers le bord du récipient.

Si, sur la surface de l'eau, on dépose de petits morceaux de bouchon, ils suivront les oscillations de la masse liquide en se soulevant sur les crêtes des ondes et en s'enfonçant dans les creux, mais sans bouger de place.

De ce phénomène, on peut dire que les ondes produites par l'énergie

dynamique de la sphère, lors de son contact avec l'eau, sont le moyen de transport de cette énergie, sans qu'il y ait déplacement de matière.

En fait l'eau ne se déplace pas dans le sens de propagation des ondes mais dans le sens transversal (Fig. 5-). Nous avons donc des OSCILLATIONS TRANSVERSALES suivant le sens de propagation des ondes. La forme que prennent les ondes est une forme sinusoïdale ; en s'éloignant du centre de perturbation, l'amplitude des sinusoïdes diminue.

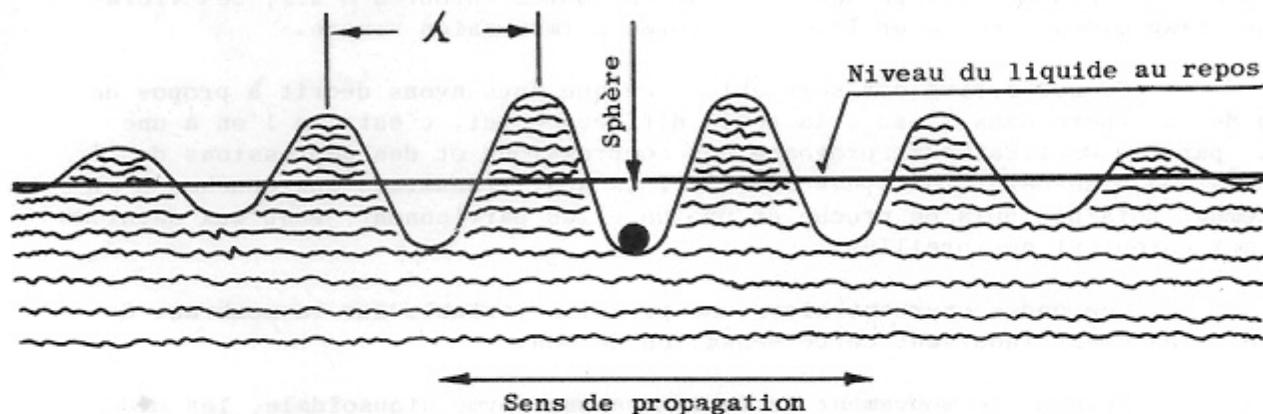
Ces oscillations sont également AMORTIES. L'amortissement est dû aux pertes d'énergie qui apparaissent par frottement entre les molécules d'eau déplacées de leur position de repos.

La distance qui existe entre deux crêtes d'ondes se nomme LONGUEUR D'ONDE et est symbolisée par la lettre grecque λ (lambda). Cette distance dépend de la vitesse avec laquelle se propage le mouvement ondulatoire et la fréquence de ce mouvement.

On peut dire, en d'autres termes, que la longueur d'onde est la distance PARCOURUE PAR L'ONDE durant le temps qu'il faut pour accomplir un cycle.

A fréquence (ou période) constante, plus la vitesse de propagation est élevée, plus grande sera la longueur d'onde.

Inversement, en maintenant constante la vitesse de propagation, plus la longueur d'onde est grande, plus la fréquence sera petite (c'est-à-dire plus grande sera la période).



- Fig. 5 -

1.2- Oscillations sonores.

Si nous prenons une lame comme celle dessinée à la Fig. 1-, mais ayant des dimensions telles que sa fréquence caractéristique soit très élevée (par exemple 200 cycles par seconde), nous entendrons un son pendant l'oscillation.

Il est dû au fait que la lame en vibrant comprime plus ou moins les couches d'air environnant et, puisque nous-mêmes sommes entourés d'air, ces vibrations sont transmises à notre oreille sous forme d'impression sonore.

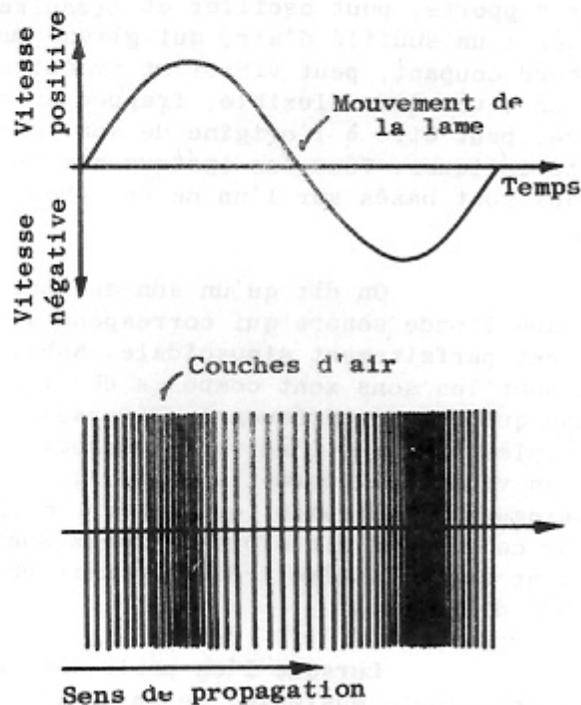
Ce qui arrive est semblable à ce que nous avons décrit à propos de la chute de la sphère dans l'eau ; la seule différence ici, c'est que l'on a une lame qui, par les oscillations, provoque des compressions et des dépressions de l'air à un rythme bien déterminé ; ces oscillations sont transmises aux couches d'air immédiatement voisines puis, de proche en proche, elles parviennent jusqu'aux dernières couches qui entourent nos oreilles.

Ces ondes exercent alors une pression variable sur la membrane du tympan, et finalement induisent cette sensation de son.

Puisque le mouvement de la lame a une forme sinusoïdale, les ondes de pression auront, elles aussi, une forme sinusoïdale : à chaque déplacement positif de la lame correspond par exemple une compression de l'air, à chaque déplacement négatif correspond une dépression.

A la Fig. 6- est représenté le mouvement de la lame avec compressions et dépressions d'air correspondantes.

Ces ondes sont appelées LONGITUDINALES parce que leur sens de propagation est le même que le mouvement ondulatoire. On définit pour les vibrations ou ondes sonores une PERIODE et une FREQUENCE comme pour toutes les autres formes d'oscillations.



- Fig. 6 -

Le domaine de fréquence dans lequel on obtient des sons est compris entre un minimum de 25 Hz et un maximum d'environ 15.000 Hz. Pour des fréquences plus basses ou plus hautes, notre oreille n'est plus sensible.

La vitesse avec laquelle se transmet le son dans l'air est de 330 m /seconde ; cette vitesse change avec la température de l'air et les conditions d'humidité. Le son se propage à travers l'eau, les liquides en général ainsi que les solides.

Il s'agit dans tous les cas de transmission d'ondes de pression à travers un milieu qui peut être un liquide ou un solide.

La vitesse de transmission du son dans les liquides et dans les métaux n'est pas la même que la vitesse dans l'air, et dépend des caractéristiques du liquide ou du métal intéressé. Dans le tableau de la Fig. 7- on a donné à titre d'exemple quelques valeurs de la

VITESSE (Célérité) DE PROPAGATION
D'UN SON
A TRAVERS DIFFERENTS MILIEUX

Eau douce	1.435 m/sec.
Eau salée	1.512 m/sec.
Fonte	3.214 m/sec.
Acier trempé	5.000 m/sec.

- Fig. 7 -

vitesse du son. Le son peut être émis de différentes façons. Une corde tendue sur deux supports, peut osciller et produire un son ; un souffle d'air, qui glisse sur un bord coupant, peut vibrer et produire un son ; une lame flexible, frappée avec force, peut être à l'origine de sons caractéristiques. Tous les instruments musicaux sont basés sur l'un de ces phénomènes.

On dit qu'un son est pur lorsque l'onde sonore qui correspond à ce son est parfaitement sinusoïdale. Habituellement les sons sont composés de vibrations qui ont des fréquences diverses, multiples l'une de l'autre ; l'ensemble de ces vibrations permet à l'oreille de distinguer l'instrument qui est à l'origine de ce son. On dit alors que deux sons peuvent avoir la même fréquence mais un TIMBRE différent.

Lorsque l'on parle, selon la terminologie musicale, de hauteur d'une note il s'agit en fait de la fréquence de l'onde sonore qui forme la note elle-même.

1.3- Oscillations ultra-sonores -

Nous avons déjà vu que les vibrations de l'air qui ont une fréquence supérieure à 15.000 Hz, ne donnent aucune sensation sonore. On a cependant la possibilité de produire et de transmettre dans l'air, dans les liquides et dans les métaux, des vibrations qui ont une fréquence supérieure à 15.000 Hz.

Ces vibrations sont nommées ULTRA-SONS et leur domaine de fréquence s'étend jusqu'à 100.000 Hz.

On applique aux ultra-sons ce que l'on a dit précédemment en ce qui concerne la période, la fréquence et la longueur d'onde.

1.4- Oscillations électromagnétiques -

Ces oscillations sont celles qui sont utilisées en radioélectricité elles nous intéressent donc au premier chef.

Pour ce type d'oscillations, le milieu grâce auquel la propagation s'effectue n'est plus l'air mais l'éther, comme on l'a déjà dit dans une leçon.

Le physicien allemand Hertz fut le premier à noter qu'une décharge entre deux corps, fortement électrisés, produisait des vibrations particulières et émettait des radiations.

Ces ondes peuvent se propager à travers tous les corps isolants, mais non à travers les milieux métalliques. Ces ondes furent appelées "ONDES HERTZIENNES" en souvenir de celui qui fut le premier à les étudier et détermina leurs plus importantes caractéristiques.

Une onde de ce genre fait apparaître en un point donné, deux forces résultant de l'existence de deux champs :

- un champ magnétique, qui agit sur les propriétés magnétiques de l'espace en ce point,
- un champ électrique, qui agit sur les propriétés électriques d'un élément de circuit placé en ce point.

Si le champ électrique agit, par exemple dans le sens vertical, le champ magnétique agira dans le sens horizontal. Ces deux champs sont inséparables : ils existent ensemble et ils se propagent à la même vitesse.

La vitesse de propagation des ondes électromagnétiques est de 300.000 Km à la seconde, c'est-à-dire identique à la vitesse de propagation des ondes lumineuses.

Les ondes électromagnétiques ont dans leur forme la plus simple, une forme sinusoïdale.

On peut donc parler de période, de fréquence et de longueur d'onde, d'une onde qui se propage dans l'espace. Le domaine de fréquence qui intéresse les ondes électromagnétiques s'étend de quelques centaines de Kilo-hertz (kHz) jusqu'à quelques milliers de méga-hertz (MHz).

On partage ce spectre électromagnétique en plusieurs BANDES :

- ondes longues : de 100 kHz à 500 kHz
- ondes moyennes : de 500 kHz à 1,5 MHz
- ondes courtes : de 1,5 MHz à 15 MHz
- ondes très courtes : au-dessus de 15 MHz
- ondes ultra-courtes : de l'ordre de centaines de MHz.

Je vous rappelle que l'unité de mesure pour la fréquence est l'Hertz (Hz) et que ses multiples sont le kilohertz (kHz), égal à 1 000 Hz, et le mégahertz (MHz) égal à un million de Hz.

Vous pouvez noter que, dans le tableau, on parle de bandes, alors que les valeurs sont exprimées en Hz ; je vous rappelle à ce propos que la fréquence et la longueur d'onde sont étroitement liées entre elles, la vitesse de propagation étant connue et constante (300.000 Km/Sec).

1.5- Oscillations lumineuses -

La lumière est également une oscillation particulière se propageant dans l'éther. L'impression lumineuse que nous recueillons est due à une excitation du nerf optique par les vibrations de fréquence très élevée (supérieure à celle des ondes électromagnétiques). Chaque corps lumineux, envoie à travers l'espace, des ondes qui sont reçues par l'oeil humain ; la valeur de chaque fréquence de vibration détermine une sensation à laquelle correspond une couleur différente.

La lumière rouge est celle qui a la fréquence la plus basse, tandis que la lumière violette est celle qui a la fréquence la plus élevée.

Comme on le voit, dans cet exemple, pour la lumière aussi on peut parler de période, fréquence, et longueur d'onde.

Dans ce dernier paragraphe nous avons examiné, les divers types de vibrations qui se présentent dans les systèmes mécaniques, dans l'air et dans l'éther et nous nous en sommes faits une idée générale.

Lorsque ce sera nécessaire, je vous compléterai ces notions.

- EXERCICE DE REVISION SUR LA 3ème LEÇON THEORIQUE -

- 1) - Qu'est-ce que la fréquence propre d'un système mécanique ?
- 2) - Quelle est l'influence de la force initiale qu'on donne à un système mécanique sur la fréquence propre du système ?
- 3) - Quelle est la différence entre une oscillation entretenue et une oscillation amortie ?
- 4) - Quand a-t-on une oscillation du type transversal ?
- 5) - Qu'est-ce qu'une longueur d'onde ?
- 6) - Dans quel milieu le son peut-il se propager ?
- 7) - Dans quel milieu une onde électromagnétique peut-elle se propager ?
- 8) - Si l'on augmente la fréquence d'une onde électromagnétique, comment la longueur d'onde varie-t-elle ?
- 9) - Quelle est la vitesse des ondes sonores dans l'air ?