

THEORIE



Eurelec-

COURS DE RADIO PAR CORRESPONDANCE

PRINCIPES FONDAMENTAUX DES RADIO COMMUNICATIONS

Aux temps anciens les hommes pour communiquer entre eux à distance, usaient de moyens très simples fondés sur les possibilités physiques de l'homme.

On employait des moyens acoustiques (trompettes, tambours, cloches etc...) ou bien des moyens optiques (fumées, lumières, drapeaux).

La technique employée dans les transmissions n'était pas compliquée; celui qui désirait transmettre un message déterminé, émettait des sons selon un rythme établi, ou bien émettait des fumées à intervalles réguliers.

Celui qui recevait les signaux les observait avec la plus grande attention et traduisait le message reçu selon un code conventionnel.

Dans les radiotransmissions, il existe toujours les mêmes éléments qui font partie de chaque télécommunication : on a une station émettrice qui envoie un signal en employant comme moyen de liaison des ondes radio, et il existe une station réceptrice qui recueille le signal transmis et l'interprète.

L'avantage des radiotransmissions de signaux est que ceux-ci peuvent être envoyés à une distance considérable et atteindre chaque point du globe terrestre : cet avantage justifie amplement la nécessité d'employer des appareils assez complexes.

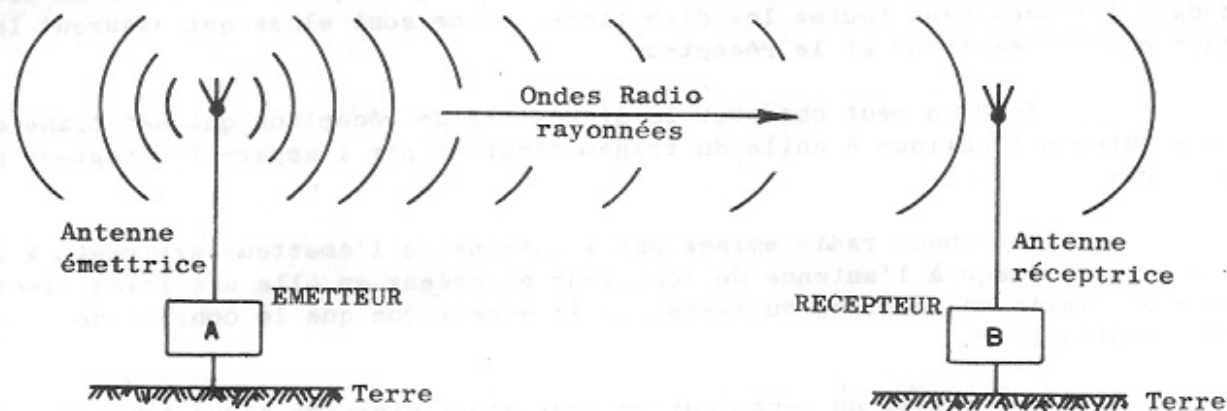
Le télégraphe à fil ou le téléphone permettent de couvrir de grandes distances, mais les limitations dues aux nécessités de maintenir une liaison matérielle entre la station qui transmet et celle qui reçoit (fil de raccordement) constituent le point faible du système.

Voyons maintenant les particularités inhérentes au processus de la radiotransmission des signaux.

A la Fig. 1 est dessiné, sous une forme extrêmement schématique, un ensemble permettant les radiocommunications.

En A est dessiné le dispositif émetteur, raccordé d'un côté à un conducteur métallique nommé ANTENNE, et de l'autre à la terre.

Sans entrer dans les particularités de construction, nous pouvons dire que l'émetteur est un générateur de tensions alternées de fréquence très élevée et d'amplitude importante.



-Fig. I-

Dans l'antenne émettrice, raccordée au générateur, circule un courant intensif de fréquence élevée, qui produit à son tour un champ magnétique dans l'espace environnant.

Par suite des dimensions particulières et de la forme de l'antenne

qui transmet, on a, outre la formation du champ électromagnétique, un RAYONNEMENT d'énergie dans l'espace sous forme d'ondes électromagnétiques. Ces ondes se propagent dans l'espace dans toutes les directions, et ce sont elles qui assurent la liaison entre l'émetteur et le récepteur.

En B on peut observer le dispositif de réception qui est transformé par une antenne identique à celle du transmetteur et par l'appareil récepteur proprement dit.

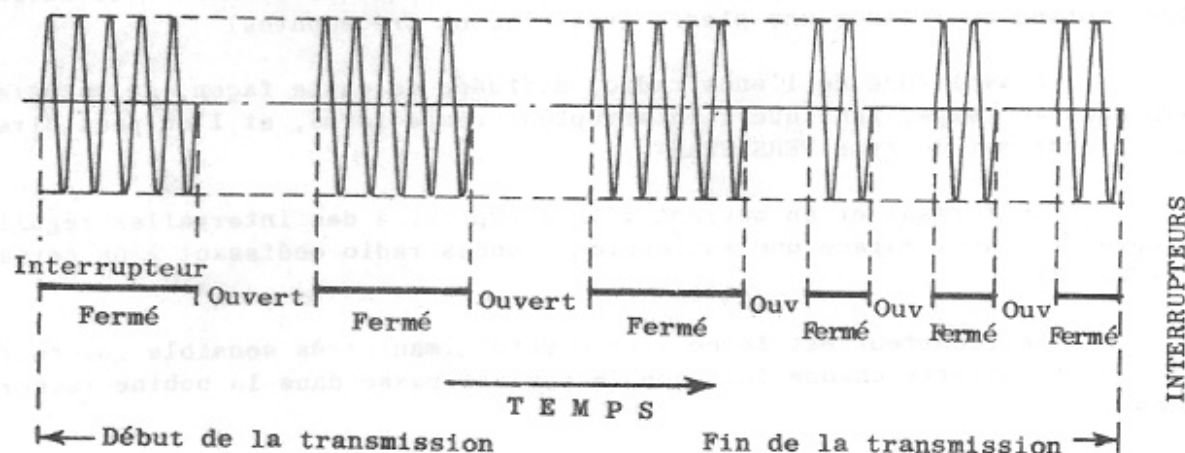
Les ondes radio émises par l'antenne de l'émetteur arrivent, à travers l'espace, jusqu'à l'antenne du récepteur et créent en elle une force électromotrice qui varie en fonction du temps, de la même façon que le courant de l'antenne de l'émetteur.

A l'entrée du récepteur on peut alors disposer d'une tension suffisante pour actionner les dispositifs indicateurs incorporés dans le récepteur lui-même.

De cette façon une onde quelconque qui arrive peut être perçue, ou, comme l'on dit habituellement, DETECTEE.

Voyons, maintenant, de quelle façon l'on peut établir une communication en employant les ondes radio.

A la Fig.2 est dessinée une station émettrice formée par un générateur rotatif semblable au modèle décrit dans les leçons précédentes.



-Fig. 3-

En tournant à une vitesse très élevée, il produit une tension alternative sinusoïdale de fréquence 100 kHz.

Cette tension est appliquée, à travers un interrupteur, à l'antenne émettrice.

En fermant l'interrupteur, le courant circule dans l'antenne et des ondes électromagnétiques sont rayonnées dans l'espace.

Ces ondes se propagent comme les ondes qui se forment à la surface d'un étang lorsqu'on y lance une pierre (voir leçons précédentes).

L'amplitude de l'onde radio, diffusée de cette façon, se maintient **CONSTANTE** dans le temps, tant que l'interrupteur reste fermé, et l'on peut dire alors que l'onde est du type **PERSISTANT**.

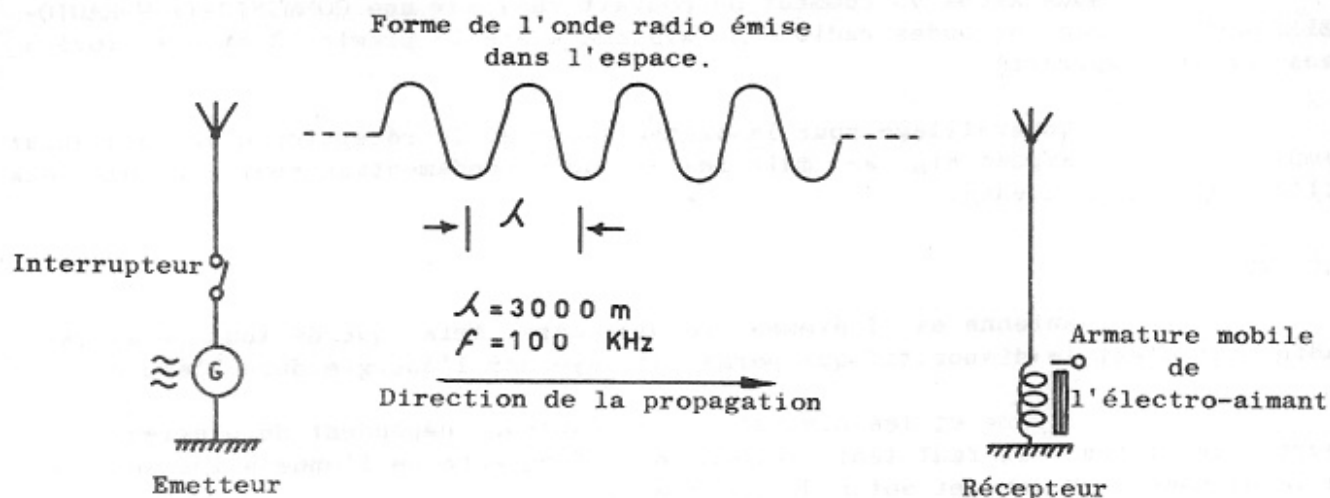
En fermant et en ouvrant l'interrupteur à des intervalles réguliers, on peut envoyer dans l'espace une succession d'ondes radio obéissant à un certain rythme. (Fig. 3).

Le récepteur est formé d'un électroaimant très sensible qui peut attirer une petite palette chaque fois que le courant passe dans la bobine raccordée à l'antenne.

Chaque fois que l'on ferme l'interrupteur de l'émetteur, une série d'ondes est diffusée dans l'espace et atteint l'antenne réceptrice.

Le courant d'induction dans l'antenne réceptrice passe également dans la bobine et l'électroaimant, et ainsi la petite palette est mise en mouvement.

Si l'on raccorde à cette petite palette une plume à écrire, l'on peut enregistrer sur une bande de papier, l'arrivée et la durée de chaque série d'ondes. En interrompant, d'une façon rythmique, l'émission des ondes, on peut former des signaux compréhensibles selon un code conventionnel ; en combinant opportunément ces signaux l'on peut former toutes les lettres de l'alphabet et des mots.



-Fig. 2-

Le code MORSE que l'on emploie d'habitude pour la télégraphie normale peut être utilisé même pour ces transmissions.

Selon ce code, chaque lettre de l'alphabet est formée par un ensemble de points et de traits. Les points sont des signaux de brève durée (voir Fig. 3-) et les traits sont des signaux de durée presque triple de celle des points.

Nous avons vu comment on pouvait réaliser une COMMUNICATION RADIO-TELEGRAPHIQUE avec des ondes radio ; ce système a été le premier à être employé à cause de sa simplicité.

L'appareillage pour la transmission et la réception n'est pas aussi simple que celui exposé Fig. 2-, mais les éléments fondamentaux sont ceux que nous allons décrire maintenant.

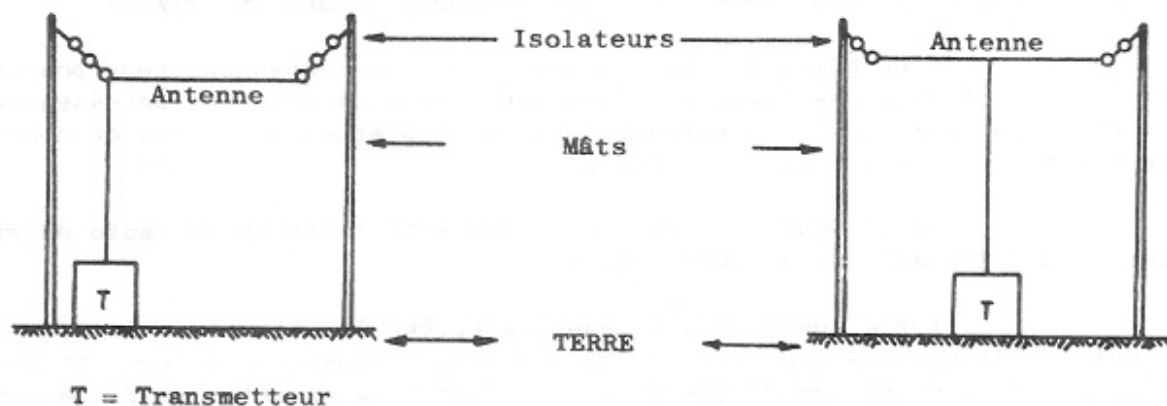
1.1- Antenne -

L'antenne est l'élément le plus caractéristique de tout le système radio, car c'est le dispositif qui permet de rayonner l'énergie dans l'espace.

La forme et les dimensions de l'antenne dépendent de plusieurs facteurs : avant tout, il faut tenir compte de la fréquence de l'onde à transmettre, de la puissance en jeu, et enfin du rendement.

Pour obtenir des rendements élevés dans l'antenne (c'est-à-dire pour émettre la plus grande partie de l'énergie que l'on envoie dans l'antenne), il faut que celle-ci ait une longueur qui soit dans un rapport bien déterminé avec la longueur de l'onde que l'on doit émettre (par exemple : la moitié de la longueur d'onde ou le quart.)

En outre, l'antenne doit être placée dans un lieu élevé ou tout au moins dans une plaine, de façon à ce qu'il n'y ait pas d'obstacles dans le voisinage pouvant absorber de l'énergie. Enfin, le raccordement entre l'émetteur et l'antenne doit être fait avec précautions pour éviter des pertes d'énergie.



-Fig. 4-

La forme la plus simple d'antenne que l'on puisse imaginer est celle d'une tige verticale isolée de la terre.

Mais il n'est pas toujours possible de réaliser ce type d'antenne et l'on a alors recours à des antennes du type dessiné Fig. 4-.

Celles-ci sont formées par un conducteur en cuivre ou plusieurs conducteurs tressés, disposés à une certaine hauteur du sol, à l'aide de mâts. Les longueurs du câble vertical et du câble horizontal sont calculées soigneusement pour avoir le rendement le plus grand pour une longueur d'onde déterminée.

En ce qui concerne les dimensions des antennes, nous pouvons dire qu'elles varient dans des limites très grandes et l'on aura des antennes dont les fils seront supportés par des pylônes hauts de centaines de mètres et dont la puissance est telle qu'elle intéresse des kilomètres carrés de terrain.

Ces antennes servent pour transmettre des ondes radio de grandes longueurs d'ondes avec de grandes puissances.

Il y a aussi, des antennes adaptées à la transmission des ondes radio, qui ont de faibles longueurs d'ondes (haute fréquence). Elles sont formées par un simple tube d'aluminium de quelques centimètres de diamètre et d'une longueur inférieure au mètre.

Mais dans tous les cas, il faut se rappeler que les soins les plus grands sont apportés à l'antenne qui émet, car c'est d'elle que proviennent les plus grandes pertes d'énergie et, par suite, les limitations dans la PORTEE de la transmission.

Une antenne qui reçoit, même si elle n'est pas parfaitement adaptée peut toujours donner de bons résultats lorsqu'elle est reliée à un bon récepteur.

1.2- Radiotéléphonie.

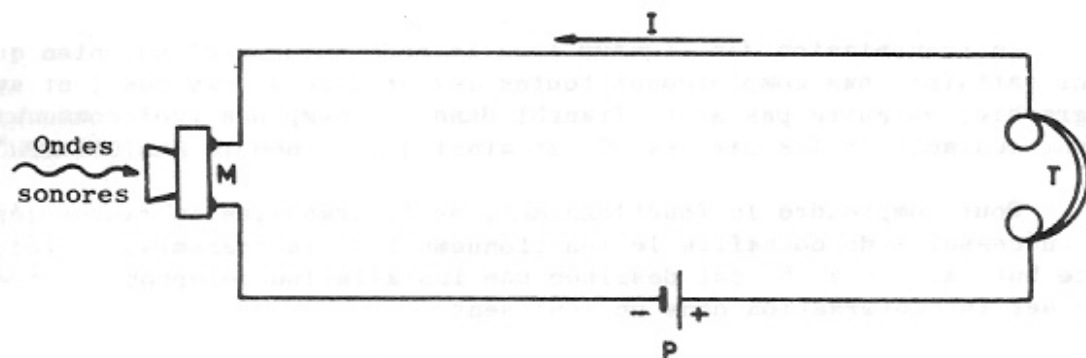
La transmission des signaux avec le code télégraphique, bien que très utile, ne satisfait pas complètement toutes les exigences humaines ; et après la radiotélégraphie, un autre pas a été franchi dans le champ des radiocommunications en transmettant les sons et les paroles. C'est ainsi qu'est née la **RADIOTELEPHONIE**.

Pour comprendre le fonctionnement de la transmission radiotéléphonique, il est nécessaire de connaître le fonctionnement de la transmission téléphonique. Dans ce but, à la Fig. 5- est dessinée une installation téléphonique très simple qui permet la conversation dans un seul sens.

"M" représente un dispositif dit **MICROPHONE**, qui transforme les variations de pression d'air, résultant des sons et des paroles, en variations de courant électrique dans le circuit formé par la pile "P", les fils de raccordement et le récepteur téléphonique "T".

Ce récepteur est constitué d'une petite cavité "S", de forme cylindrique, dans laquelle est placé un électroaimant "AB" ayant pour pôles "C" et "D".

Devant eux et à une faible distance, appuyé contre le bord de la cavité, il y a un disque de fer mince "FF" (Fig. 6-). Si, à travers les bobines "A" et "B" circule le courant commun à tout le circuit, les pôles du noyau se magnétisent et attirent le disque "FF". Le sens des enroulements "A" et "B" est tel que les pôles placés devant le disque possèdent la même polarité.



-Fig. 5-

En variant l'intensité du courant dans les bobines, le flux produit par l'aimant varie également, et, en conséquence, le disque placé devant l'aimant sera attiré d'une façon variable et comprimera plus ou moins les couches d'air avec lesquelles elle se trouve en contact.

De cette façon s'obtient la reproduction du son primaire. Dans le schéma de la Fig. 5-, le microphone est la station émettrice.

Le conducteur sert de raccordement entre "M" et "T" ; le téléphone est la station réceptrice.

Si l'on désire transmettre le son sans employer de fil de raccordement, il faut trouver la façon de diffuser dans l'espace une onde radio dont l'intensité varie de la même façon que la pression sonore sur le microphone.

En d'autres termes, on doit employer l'onde radio comme un support (c'est-à-dire comme une PORTEUSE) et l'on doit faire varier son intensité en fonction des ondes sonores qui frappent le microphone.

Ce procédé s'appelle MODULATION de l'onde radio et il est réalisé au stade de l'émission.

Le procédé contraire qui doit être utilisé dans le récepteur pour obtenir de nouveau le son à partir de l'onde radio s'appelle procédé de DETECTION ou de DEMODULATION.

Le motif pour lequel on doit recourir à la modulation et à la détection de l'onde radio en vue de transmettre le son est suffisamment évident. Les variations du courant électrique dans le microphone, dûes au son, sont de basse fréquence et, ne peuvent par conséquent pas être diffusées directement dans l'espace (rappelons que la fréquence maximum du son est de 15 kHz).

Il est nécessaire alors, de recourir à un moyen qui serve d'intermédiaire : dans ce cas, l'on a recours à des ondes radio.

Observons maintenant le schéma de la Fig. 7-, qui représente tous les éléments servant à la transmission du son par ondes radio. Ce schéma est extrêmement simple, mais il contient tous les éléments indispensables.

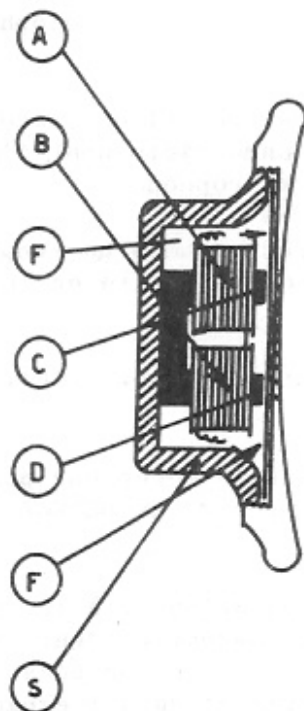
Le transmetteur est constitué de :

A) L'antenne émettrice.

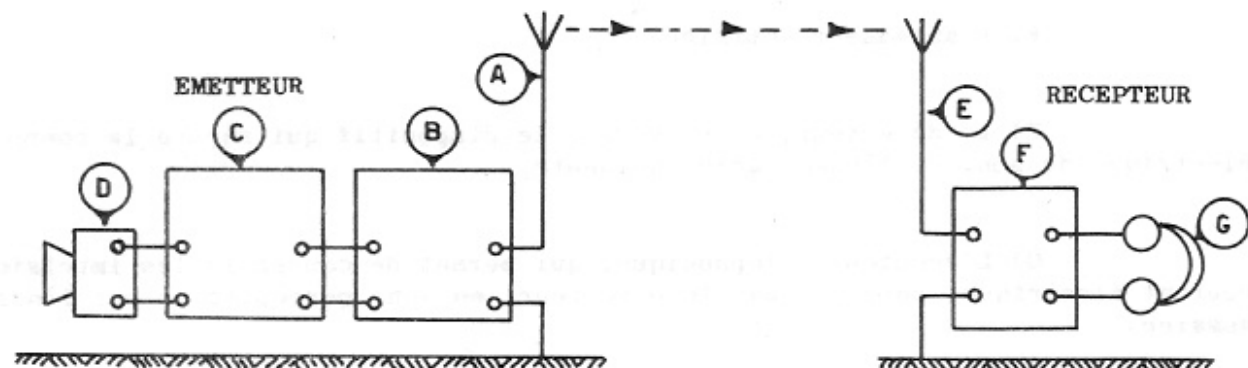
B) Le générateur d'ondes radio.

C) Le modulateur, c'est-à-dire, le dispositif qui fait varier l'amplitude des ondes radio, en fonction des variations du courant électrique qui arrive au microphone.

D) Le microphone qui transforme les ondes sonores en courant électrique variable.



-Fig. 6-



-Fig. 7-

Pour faciliter la compréhension du fonctionnement, l'on a dessiné à la Fig. 8- les différentes formes d'ondes sonores, celles du courant, et celles des ondes radio, pour deux cas.

Le premier cas correspond à l'absence de son qui excite le microphone, et le deuxième correspond à la présence d'une onde sonore quelconque frappant le microphone.

A la Fig. 7- se trouve également le schéma du récepteur constitué de :

E) L'antenne réceptrice.

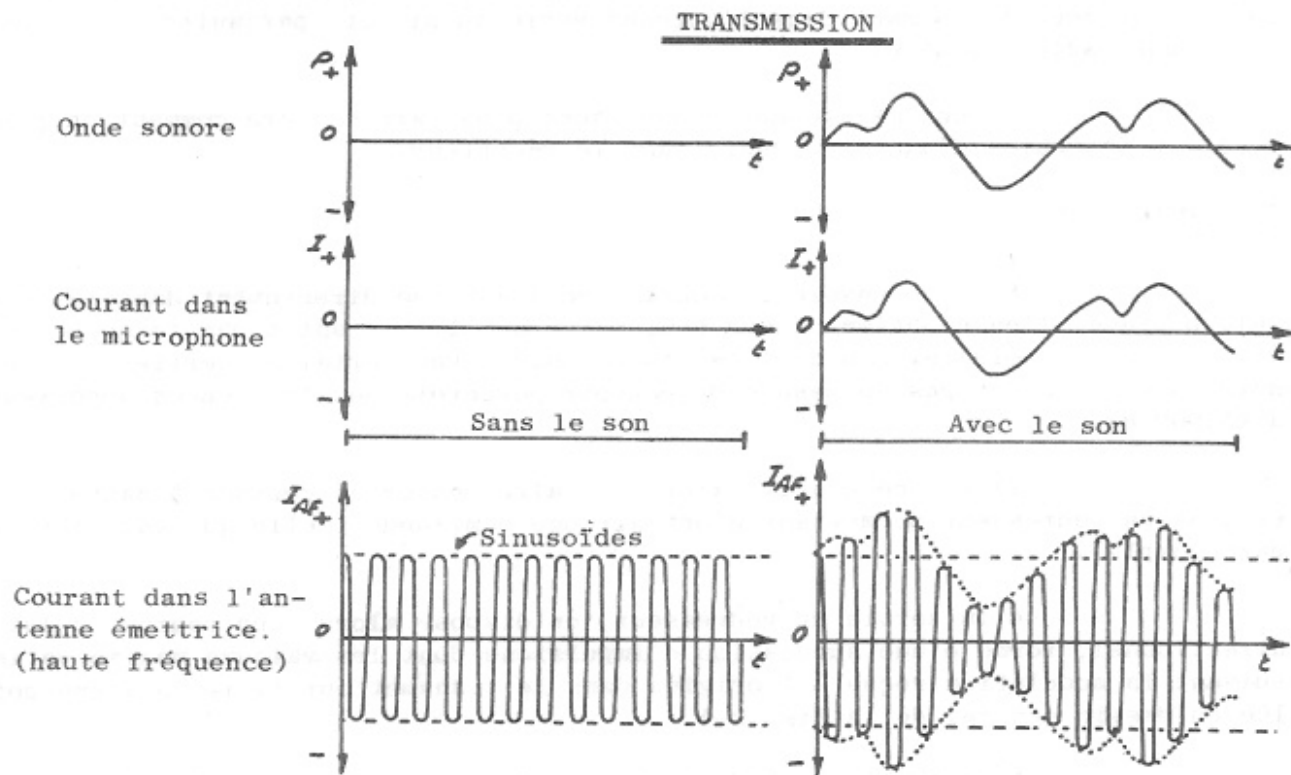
F) Le détecteur, c'est-à-dire le dispositif qui sépare la composante électrique du son, de l'onde radio incidente.

G) L'écouteur téléphonique, qui permet de convertir les impulsions du courant électrique, obtenues par le détecteur, en sons perceptibles par l'oreille humaine.

Pour le récepteur, également, on a dessiné à la Fig. 9- les diverses formes d'ondes de courant dans les circuits.

En observant la Fig. 7-, nous pouvons résumer tout le processus de la transmission du son.

En parlant, on produit des ondes acoustiques qui frappent le microphone en déterminant des variations de courant dans le circuit électrique qui comprend le microphone et le modulateur.



-Fig. 8-

Le modulateur à son tour, agit sur le générateur de tension et de haute fréquence sinusoïdale en faisant varier l'amplitude maximum de la tension ; en conséquence, le courant dans l'antenne varie aussi, et, par suite, l'intensité de l'onde radio rayonnée.

Voyons maintenant d'une façon plus particulière comment on peut obtenir la détection d'une onde radio dans le récepteur.

1.2- Détection.

Si l'on envoie le courant de l'antenne directement dans le récepteur téléphonique, l'on n'obtient aucun son, parce que le courant a une fréquence trop élevée pour pouvoir faire bouger le disque doté d'une certaine inertie ; en outre notre oreille n'est pas en mesure de pouvoir percevoir des fréquences supérieures à 15.000 Hz.

Il est nécessaire alors de faire passer ce courant à haute fréquence dans un redresseur permettant d'obtenir une demi-onde (celle qui est négative par exemple).

A la sortie du redresseur, on dispose alors d'un courant pulsé unidirectionnel, formé d'une succession d'impulsions dont les valeurs maxima varient suivant la modulation reçue à l'origine dans le transmetteur (voir la ligne pointillée du dessin central de la Fig. 9-).

A la sortie du redresseur, nous pouvons raccorder le récepteur téléphonique (Fig. 10-).

Le courant pulsé, en passant dans les bobines du récepteur téléphonique, fait varier la magnétisation de l'aimant et attire ou repousse le disque.

Les impulsions se succédant au rythme de la haute fréquence, le disque ne peut pas suivre chaque impulsion, il suit seulement les variations les plus lentes de la valeur maximum des impulsions (c'est-à-dire la ligne pointillée).

Si l'onde à l'arrivée n'est pas modulée (sans son), la valeur maximum des impulsions est toujours égale et le disque reste arrêté dans une position déterminée.

Le schéma d'un récepteur, capable de recevoir en radiotéléphonie, a été dessiné Fig. 10-.

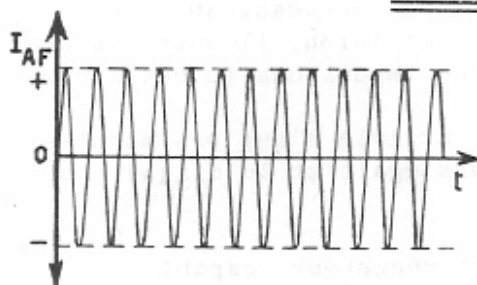
Ce récepteur est du type le plus simple que l'on puisse imaginer, mais cette simplicité cache ici plusieurs défauts que nous apprendrons à connaître petit à petit et à éliminer dans la suite des leçons.

Le redresseur que l'on emploie pour la détection peut être d'un type quelconque, pourvu qu'il soit capable de fonctionner à une fréquence très élevée (au delà de 100 kHz.) et il prend pour cette fonction particulière le nom de DETECTEUR. Un détecteur typique, très utilisé aux premiers temps de la radiotéléphonie est le détecteur à CRISTAL DE GALENE (Fig. 11-).

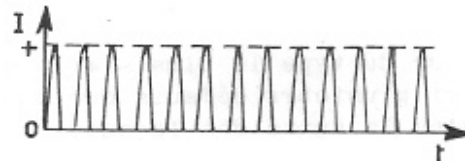
Le détecteur est formé d'un cristal d'une substance nommée galène (sulfure de plomb) sur laquelle s'appuie un fil très fin qui sert à établir le contact.

RECEPTION

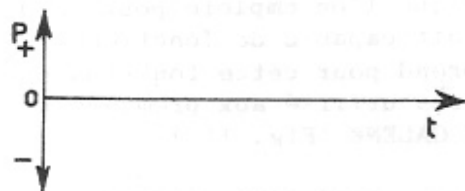
Courant induit
dans l'antenne
réceptrice.



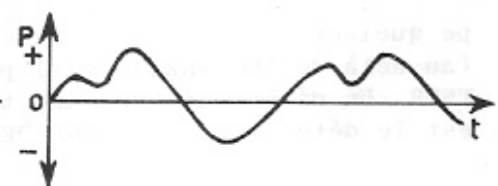
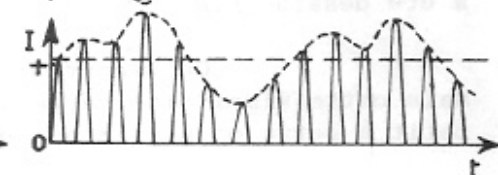
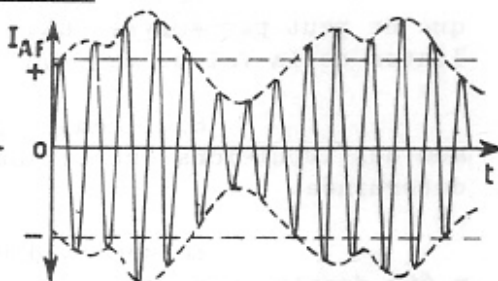
Courant à la sor-
tie du détec-
teur.



Onde sonore pro-
duite par l'écou-
teur téléphonique

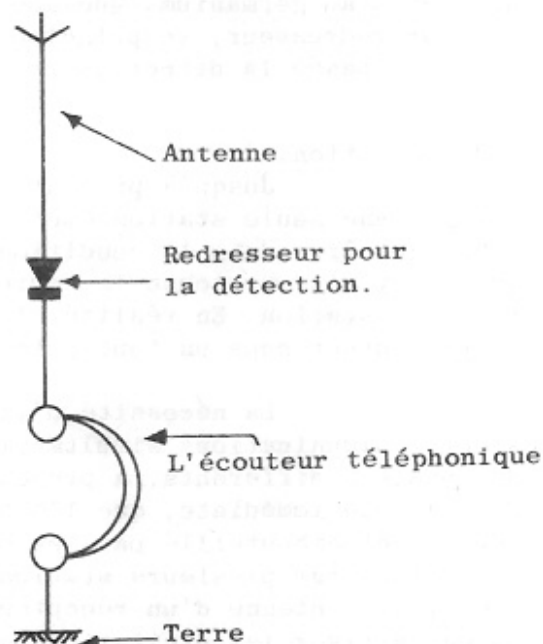


Sans le son



Avec le son

-Fig. 9-



RECEPTEUR ELEMENTAIRE

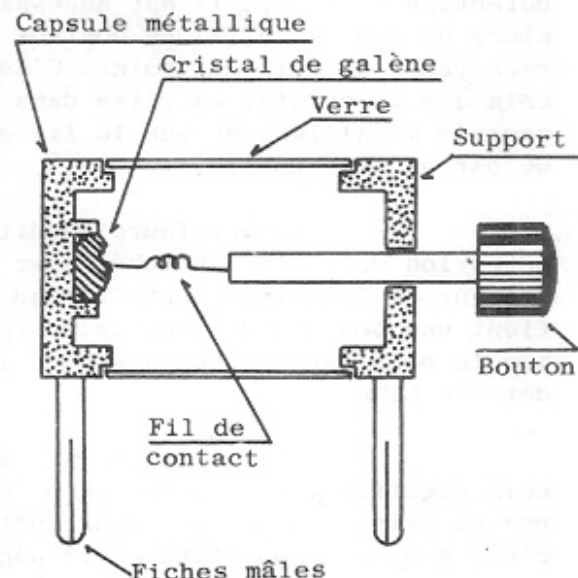
-Fig. IO-

La galène à l'état de cristal, présente des facettes et des creux irréguliers, par suite tous les points ne sont pas aptes à permettre une détection correcte. Il est nécessaire alors de bouger le fil de contact pour rechercher le meilleur point. C'est pour cela que le cristal est fixé dans une capsule métallique et que le fil est guidé par un bras mobile.

La meilleure condition de détection doit être cherchée avec le récepteur en fonctionnement. Lorsqu'on obtient une bonne audition, cela signifie que le point sur lequel s'appuie le fil détecte bien.

Si l'on n'entend rien, cela signifie que le point ne détecte pas et laisse passer les deux demi-ondes, c'est-à-dire la positive et la négative.

Il existe aussi d'autres substances qui, à l'état de cristal, peuvent être employées pour permettre la détection ; ce sont le composé d'oxyde



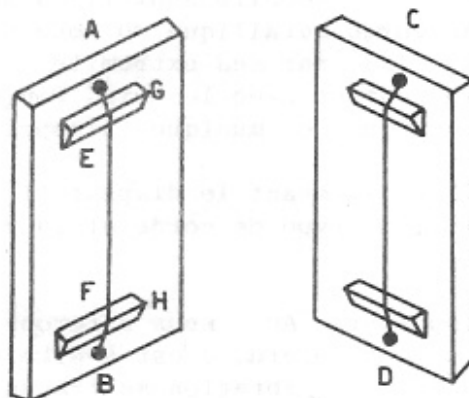
-Fig. II-

de zinc et de manganèse, ou le carborundum (carbure de Silicium). Outre ces détecteurs à cristal, on peut aussi employer des détecteurs formés de diodes ou de redresseurs au germanium. Quelque soit le type de redresseur, le principe sur lequel est basée la détection reste inchangé.

1.3- Sélection.

Jusqu'à présent nous avons parlé d'une seule station émettrice, en supposant être dans la condition idéale, qu'il n'y ait sur toute la terre, que cette seule station. En réalité, les choses se présentent sous un tout autre aspect.

La nécessité d'établir plusieurs communications simultanément entre des usagers différents, a présenté comme conséquence immédiate, que l'éther a été rapidement embouteillé par les ondes radio émises par plusieurs stations et qu'ainsi, à l'antenne d'un récepteur, pourraient arriver les excitations dues à toutes les stations qui transmettaient au même instant.



Pour donner un exemple simple, on peut dire qu'un récepteur se trouve dans la même condition qu'un auditeur qui entend arriver de plusieurs endroits les sons émis par des instruments musicaux différents, chacun d'entre eux jouant un morceau musical différent.

Si l'auditeur désire écouter un seul de ces morceaux musicaux, il doit faire un effort avec son intelligence et sélectionner entre les sons mélangés le motif qui l'intéresse.

Pour le récepteur radio, un problème identique se présente : les ondes radio présentes dans l'espace, induisent simultanément dans l'antenne des tensions différentes qu'il faut sélectionner. Une première sélection est déjà faite par l'antenne, grâce à ses dimensions; cela provient en particulier du fait que la longueur de l'onde radio est, dans un certain rapport, liée aux dimensions de l'antenne.

Cette sélection n'est pas suffisante : il faut alors recourir à d'autres dispositifs plus efficaces, comme, par exemple, le CIRCUIT RESONNANT.

Expliquons, avant tout, ce que l'on entend par RESONANCE. Observez la Fig. 12-.

Soit "AB" une planchette en bois sur laquelle sont fixés deux pontets "G" et "H" qui eux-mêmes servent d'appui à une corde métallique du modèle de celles des violons, ou des guitares ; cette corde est fixée par ses extrémités et tendue de façon à ce que la partie "E" ne soit pas en contact avec le bois. Pinçons la corde ; elle commence à vibrer en produisant un son qui, en musique, s'appelle note.

Supposons que ce soit un Do. Plaçons devant le dispositif "AB" un autre dispositif exactement semblable, avec le même type de corde et la même tension mécanique.

Si nous pinçons le deuxième dispositif "AB", nous noterons qu'il produit une vibration ou note, exactement égale à la première, c'est-à-dire un Do. En pinçant une des cordes, par exemple celle de "AB", sa vibration se transmet dans l'air en créant des ondes sonores.

L'onde sonore arrivant au deuxième dispositif frappera la deuxième corde et celle-ci possédant, comme nous l'avons dit, les mêmes caractéristiques que la première, entrera à son tour en oscillation et émettra un son ou une note identique à celle de la première, c'est-à-dire un Do.

En acoustique, on donne à ce phénomène le nom de RESONANCE ; on dit alors que les deux cordes résonnent sur la même fréquence, ou bien que la corde DC est en résonance avec l'excitation qui arrive de la corde A B.

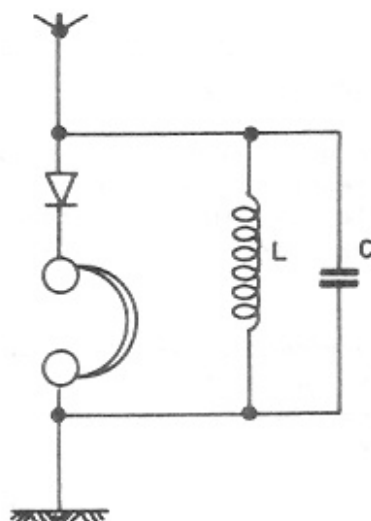
Il faut noter que ce phénomène se manifeste pour une seule onde sonore ou fréquence bien déterminée, c'est-à-dire la note Do.

Un phénomène analogue a lieu en ce qui concerne la radio, lorsqu'on parle des antennes et d'un circuit spécial, dit résonnant. Chaque antenne en effet résonne sur une fréquence déterminée et, pour elle, le plus grand rendement est obtenu lorsqu'on travaille sur cette fréquence, aussi bien en transmission qu'en réception.

Si plusieurs ondes radio, ayant la même intensité et une fréquence différente, arrivent ensemble à une antenne, elles ne produisent pas le même effet : ce sera l'onde dont la longueur correspond à un certain rapport, déterminé en fonction des dimensions de l'antenne, qui induira dans cette dernière la plus grande tension et le plus grand courant.

On a ainsi obtenu un premier mode de sélection.

Une sélection plus efficace des ondes à l'arrivée, peut être obtenue en disposant en parallèle au récepteur, dessiné Fig.10-, un circuit résonnant formé par une self et un condensateur en parallèle (Fig.13-).



-Fig. I3-

Ce circuit particulier a une impédance totale qui varie en fonction de la fréquence de la tension qui lui est appliquée (ou du courant qui circule en lui). Il présente une impédance maximum pour une seule fréquence dite FREQUENCE DE RESONANCE ou FREQUENCE PROPRE DU CIRCUIT.

Pour les valeurs de fréquence différente de celle de résonance l'impédance du circuit est pratiquement négligeable.

La valeur de la fréquence pour laquelle on a le maximum d'impédance dépend des valeurs de l'inductance et de la capacité du circuit.

Lorsque l'on applique ce circuit au récepteur de la Fig. 10-, les courants induits dans l'antenne, qui ont une fréquence différente de celle propre du circuit résonnant, trouvent un passage facile en lui, aussi ne passent-ils pas à travers le détecteur et l'écouteur téléphonique.

Lorsqu'au contraire, dans l'antenne, on a un courant dont la fréquence est égale à celle de résonance du circuit résonnant, celui-ci présente une impédance maximum et, le courant est alors obligé de passer dans le détecteur et dans l'écouteur téléphonique. On obtient ainsi un fonctionnement régulier du récepteur.

De cette façon le problème de la sélection à l'arrivée de l'onde radio, choisie parmi toutes celles qui sont émises, est résolu, et l'on peut dire que le récepteur est en RESONANCE SUR UNE LONGUEUR D'ONDE DETERMINEE ou mieux encore, que le récepteur est ACCORDE SUR UNE FREQUENCE DETERMINEE.

Les deux expressions indiquent que ce récepteur peut recevoir une seule émission, c'est-à-dire celle transmise sur la même fréquence que celle sur laquelle est accordée le récepteur.

Si l'on désire faire en sorte que le récepteur puisse être sélectif à volonté, successivement pour des stations différentes, on agira de façon à pouvoir faire varier les caractéristiques du circuit résonnant, en modifiant, par exemple, la valeur de l'inductance ou de la capacité.

Dans la plupart des cas, on utilise un condensateur variable.

En tournant le bouton de commande du condensateur, on accorde le récepteur sur la longueur de l'onde que l'on désire recevoir.

Avec ce dernier dispositif nous avons complété notre récepteur élémentaire dans ses éléments essentiels.

En tournant le bouton de commande du condensateur, on accorde le récepteur sur la longueur de l'onde que l'on désire recevoir.

Avec ce dernier dispositif nous avons complété notre récepteur élémentaire dans ses éléments essentiels.

- EXERCICES DE REVISION SUR LA 5ème THEORIQUE -

- 1- Qu'est-ce que la radiotélégraphie ?
- 2- Qu'est-ce que la radiotéléphonie ?
- 3- Qu'est-ce qu'une onde persistante ?
- 4- Quelle est la fonction de l'antenne ?
- 5- Quel est le rôle du modulateur dans un appareil de transmission ?
- 6- Quel est le rôle du détecteur dans un appareil de réception ?
- 7- Pourquoi faut-il moduler une onde radio pour pouvoir transmettre un signal de basse fréquence ?
- 8- Qu'est-ce que la galène ?
- 9- Qu'est-ce qu'un circuit résonnant ?
- 10- Quels sont les éléments fondamentaux d'un récepteur ?

- REPONSES AUX EXERCICES SUR LA 4ème LECON THEORIQUE -

- 1- Avec le courant pulsé, on ne change pas le sens de la circulation du circuit.
- 2- Cela veut dire : convertir une tension ou courant alternatif, en une tension ou courant continu pulsé, ou mieux encore, constant.
- 3- C'est le dispositif qui redresse le courant ou la tension alternative.
- 4- En mettant en série plusieurs plaques identiques et en les fixant sur un support isolateur.
- 5- C'est une ampoule dans laquelle a été fait le vide et dans laquelle sont fixés un filament, ou cathode, émettant des électrons et une plaque, ou anode, qui les recueille.
- 6- Se réduit à zéro.
- 7- C'est une cathode formée d'un filament chauffant et d'un petit tube recouvert d'oxydes qui émettent des électrons par suite du chauffage
- 8- C'est un courant continu pulsé.
