



Découvre avec moi comment fonctionne la radio.

# Comment ça fonctionne

Tu possèdes peut-être un poste de T.S.F., c'est-à-dire de téléphonie sans fil, de radiotéléphonie que nous appelons radio. Peut-être en as-tu un à la maison ou dans la voiture. La mystérieuse boîte t'apporte de la musique, les dernières nouvelles et toutes sortes de programmes instructifs et divertissants. Pour les entendre, il te suffit de tourner un bouton.

Ton poste, en réalité, ne représente qu'une des parties d'un mécanisme fort complexe. C'est un poste récepteur. Or, pour recevoir quoi que ce soit, il faut bien entendu que quelque chose soit envoyé. Il existe donc aussi des transmetteurs, appelés postes émetteurs. Les stations de radiodiffusion (d'émission par T.S.F.) diffusent leurs programmes au moyen de ces postes émetteurs; à la maison, tu entends leurs émissions au moyen d'un poste récepteur.

Voyons maintenant comment cela fonctionne. On a découvert qu'il est possible de produire des ondes électromagnétiques capables de parcourir de grandes distances, d'aller jusqu'à la lune même et d'en revenir. Les ondes électromagnétiques ont la même vitesse de transmission que la lumière, laquelle se propage à la vitesse de 300 000 km (186 000 milles environ) par seconde; elles sont donc plusieurs centaines de fois plus rapides que les ondes sonores. Elles traversent non seulement l'atmosphère terrestre, mais aussi les murs, les forêts et les montagnes. Quelques-unes de ces ondes sont absorbées en route par les corps qu'elles traversent, mais celles qui continuent leur chemin sont encore bien assez nombreuses pour être perçues par notre poste récepteur, qui est très sensible, bien qu'aucun de nos cinq sens ne puisse les percevoir. Lorsqu'aucun instrument ne vient à leur aide, nos sens sont incapables de nous faire connaître si l'air qui nous entoure contient de ces ondes.

Ton poste de radio est en réalité un poste récepteur qui reçoit la musique ou la voix qu'envoie un poste émetteur.



Du point où elles sont produites, elles se propagent dans toutes les directions. As-tu jamais jeté un caillou dans un étang et observé les



*La salle de contrôle principale d'un grand réseau de radiodiffusion en 1955. Toute la journée, des nouvelles y arrivaient par ondes courtes des quatre coins du monde.*

vagues concentriques qui se forment dans l'eau et se dirigent vers les rives? Ces vagues ou ondes deviennent de plus en plus faibles à mesure qu'elles s'éloignent du point où le caillou a disparu. Les ondes hertziennes radiotéléphoniques, ou ondes radioélectriques, se déplacent de la même manière dans l'atmosphère; toutefois, elles ne se propagent pas seulement horizontalement, mais dans toutes les directions. Peut-être comprends-tu plus facilement comment elles se propagent si tu te représentes une série de bulles de savon de diverses grosseurs, placées à l'intérieur l'une de l'autre, la plus petite étant bien entendu au centre, et devenant toutes de plus en plus grosses. Tu peut aussi penser à la manière dont se propagent les rayons de lumière émis par une bougie; ils se répandent dans toutes les directions. Fixe bien ces images dans ton esprit, car tu en auras besoin plus loin. Rappelle-toi qu'il est possible de comparer les ondes radioélectriques aux vagues

concentriques formées dans l'eau par un caillou, à des bulles de savon, ou à des rayons de lumière.

Les ondes radioélectriques sont produites par la vibration d'un courant électrique et se propagent dans toutes les directions.



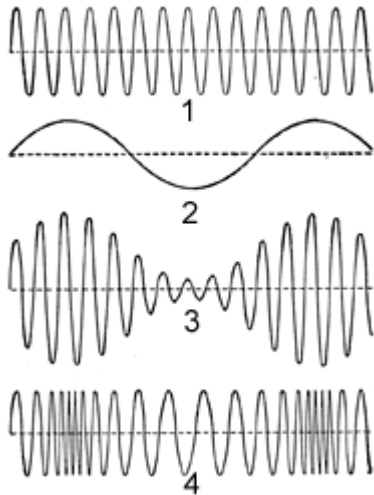
Les ondes radioélectriques sont produites par la vibration, ou oscillation, d'un courant électrique. Il existe, tu le sais, plusieurs sortes de courants électriques. Le courant continu, qui circule dans une seule direction, ne produit pas d'ondes radioélectriques. Le courant alternatif, comme tu l'as vu d'autre part, a un mouvement de va-et-vient; il circule dans une direction, revient en arrière vers son point de départ, puis repart en avant, retourne de nouveau en arrière, etc. Il change ainsi de sens périodiquement, à une vitesse incroyable. Chaque changement complet de sens est appelé un cycle. Dans une ampoule électrique ordinaire, le courant accomplit environ 60 cycles par seconde. Dans le cas des émissions radiophoniques ordinaires, la fréquence des vibrations est beaucoup plus élevée; le courant effectue de 550 000 à 1 500 000 cycles par seconde. C'est ce qu'on entend lorsqu'on dit que la bande de fréquence normale employée pour les émissions radiophoniques va de 550 à 1500 kilocycles : 1 kilocycle équivaut à 1000 cycles.

Tu viens de lire que les ondes radioélectriques se propagent à la vitesse de 300 000 km (186 000 milles) par seconde, et tu sais que la longueur d'onde est la distance entre la crête d'une onde et la crête de l'onde qui la suit. Il est donc clair que la longueur d'onde est égale à la distance parcourue par le courant en une seconde divisée par le nombre des vibrations qui se produisent pendant cette même seconde. Si tu fais le calcul, tu verras que 186 000 milles équivalent environ à 300 000 000 de mètres. En divisant cette distance par une fréquence de 1 000 000 de cycles par seconde, par exemple, on obtient une longueur d'onde de 300 mètres. En réglant le nombre des cycles d'un courant, on peut donc obtenir des ondes de différentes longueurs.

## Le fonctionnement des émetteurs de radiotéléphonie

L'émetteur est la machine (l'instrument) qui répand dans l'air ces ondes électromagnétiques. Il existe divers modèles d'émetteurs, mais leur fonctionnement repose toujours sur le même principe fondamental.

En premier lieu, ils doivent disposer d'une source de courant électrique. Ce courant de basse fréquence est transformé en un courant de haute fréquence. Un microphone, instrument sensible aux ondes sonores, est relié à l'appareil; lorsqu'une personne parle dans ce microphone, le dessin des ondes sonores produites (les vibrations) s'imprime sur le courant de haute fréquence (voir figure 1). Les ondes ainsi obtenues sont diffusées dans l'atmosphère au moyen d'une antenne d'émission. Cette antenne se compose d'un ou de plusieurs fils métalliques tendus entre deux points à une certaine distance au-dessus du sol et qui diffusent dans l'air les ondes radioélectriques. On pourrait aussi bien lui donner le nom de radiateur d'ondes, car elle répand les ondes radioélectriques dans l'atmosphère un peu comme le radiateur de ta chambre répand des ondes thermiques (ou vagues de chaleur) dans l'air environnant.



**Figure 1** Les ondes radiotéléphoniques représentées en haut ont toutes la même amplitude (hauteur) et une fréquence (nombre d'ondes par seconde) constante. Elles portent à travers les airs le dessin de l'onde sonore (NO. 2). Selon le système employé, les modulations de la voix peuvent faire varier l'amplitude des ondes radiotéléphoniques (NO. 3), la fréquence demeurant constante; ou bien faire varier la fréquence (NO. 4), l'amplitude étant alors invariable.

Non loin de ton poste récepteur, se trouve une autre antenne. Celle-ci capte les ondes à leur passage dans l'air.

Comment se fait-il, vas-tu dire, que cette antenne ne devient pas saturée d'ondes et qu'elle ne s'embrouille pas, étant donné le nombre d'ondes qui voltigent autour d'elle? La réponse est que le poste récepteur auquel elle est reliée peut être réglé de façon à ne capter que les ondes d'une seule fréquence et à rejeter toutes les autres. On peut comparer ce qui se passe à l'action d'ouvrir une porte : une certaine clé seulement obtient ce résultat; toutes les autres ne servent à rien.

À l'intérieur d'un poste récepteur simple, le courant de haute fréquence recueilli par l'antenne passe dans ce qu'on appelle un détecteur (d'ondes); dans cet appareil, le courant, qui est alternatif, est transformé en courant continu, c'est-à-dire « redressé ». Un récepteur téléphonique, ou haut-parleur, transforme les ondes électriques en ondes sonores et permet ainsi de les entendre.

Le détecteur le plus simple est un cristal, substance minérale, généralement un cristal de galène, laquelle est un sulfure naturel de plomb. En permettant aux ondes de le traverser, le cristal transforme le courant alternatif en courant continu.

Les postes à galène n'ont pas besoin de piles ou d'accumulateurs. Leur prix est minime, mais leur puissance et leur bande de fréquences audibles sont limitées. Les premiers postes récepteurs qui furent employés par le grand public étaient de ce type. Le principe sur lequel repose leur fonctionnement est beaucoup plus simple que celui des récepteurs à lampes électroniques ou à transistors dont nous nous servons aujourd'hui. C'est pour cela que les radioamateurs qui veulent construire leur poste eux-mêmes continuent à s'y intéresser. Le récepteur à galène passionnera sans doute pendant de longues

années encore les jeunes qui aiment à s'instruire en « bricolant ».

Les modèles d'appareils radio-récepteurs modernes sont cependant, nous venons de le dire, munis de lampes électroniques (ou thermo-ioniques) ou de circuits transistorisés (nous y reviendrons). Nous nous contenterons de préciser ici que ces pièces électroniques rendent deux grands services à la radiotéléphonie : elles permettent à un courant très faible de régler l'oscillation d'un courant de haute fréquence; elles redressent et amplifient le courant.

Afin de mieux nous rendre compte de la valeur incalculable des lampes dans le domaine de la radio, examinons d'un peu plus près les émetteurs et les récepteurs.

Suppose-toi annonceur. Tu parles devant un microphone, et l'émetteur diffuse ta voix dans l'atmosphère. Voici ce qui se produit :



En parlant, tu élèves et abaisses ta voix, et produis ainsi des ondes sonores. Les sons élevés ou intenses produisent des ondes pouvant être comparées à des pics, tandis que les sons graves ou faibles produisent des ondes ressemblant à de petites bosses. En d'autres mots, l'amplitude, ou hauteur, des ondes sonores varie selon les sons que tu émet. Le train d'ondes sonores est transformé en un courant électrique de très faible puissance, qui varie selon l'intensité de ta voix.

Ce courant vient frapper la grille d'une lampe électronique à trois électrodes appelée triode ou audion. (Les trois éléments qui composent cette lampe sont la grille dont il est question, le filament et la plaque.) Si ce faible courant peut régler un courant beaucoup plus puissant, c'est parce que la grille agit comme une valve. Le courant faible contrôle la valve, et la valve règle le débit du courant plus puissant. Chaque variation de ta voix produit ainsi une variation du courant de tension élevée.

Le débit de cette lampe peut être dirigé vers la grille d'une autre lampe, laquelle amplifie encore le courant. Le débit de cette dernière continue à reproduire les inflexions de ta voix.

On peut ainsi employer plusieurs lampes, le rôle de chacune d'elles étant d'amplifier encore le courant reçu. On réalise ainsi une amplification à plusieurs étages. Le débit de la dernière lampe est le courant (train d'ondes) de haute fréquence qui est diffusé dans l'air par l'antenne de transmission et qui est capté par ton poste récepteur. Ces ondes présentent des variations d'intensité correspondant aux variations de ta voix.

Les circuits transistorisés jouent le même rôle que la lampe mais sont beaucoup moins gourmands en énergie électrique.

## Les ondes captées par ton Antenne ont besoin d'être amplifiées

L'antenne de ton récepteur capte toutes ces ondes et les dirige vers le poste. Après leur long voyage (le poste émetteur peut se trouver à des milliers de milles de ta maison), elles sont très faibles. Il faut donc que le courant (train d'ondes) ainsi recueilli passe à travers des lampes amplificatrices, qui augmentent sa force; ces lampes agissent comme celles du poste émetteur.

Le courant amplifié passe ensuite à travers une lampe électronique qui joue le rôle de détecteur. Cette lampe exerce le pouvoir qu'ont les lampes électroniques de ne transmettre le courant que dans une seule direction. Elle redresse le courant, c'est-à-dire transforme le courant alternatif qu'elle reçoit en courant continu.



*Première lampe triode de Philips.*

Ce courant, ne l'oublie pas, continue à reproduire toutes les inflexions de ta voix. En sortant de la lampe détectrice, il passe de nouveau à travers une ou plusieurs lampes amplificatrices, puis il est dirigé vers le haut-parleur. Celui-ci n'est pas autre chose qu'un écouteur téléphonique : il redonne aux ondes électriques la forme d'ondes sonores. Ta famille peut ainsi entendre ta voix, bien que le studio dans lequel tu te trouves soit situé à des milliers de kilomètres.

Il n'est pas facile d'expliquer, sans avoir recours aux mathématiques, pourquoi un récepteur sélectionne à ton gré les ondes d'une fréquence déterminée et rejette toutes les autres. Tu pourras trouver ce renseignement, si tu le désires, dans les nombreux livres consacrés uniquement à la T.S.F. dont disposent toutes les bibliothèques. Pour le moment, contentons-nous de savoir que lorsque nous accordons le récepteur sur une longueur d'onde donnée, en tournant le bouton de recherche des stations, nous modifions un certain arrangement à l'intérieur de notre poste. Le bouton permet de rompre un équilibre délicat, convenant aux ondes émises par une certaine station, et d'ouvrir la porte à d'autres ondes, d'une fréquence entièrement différente.

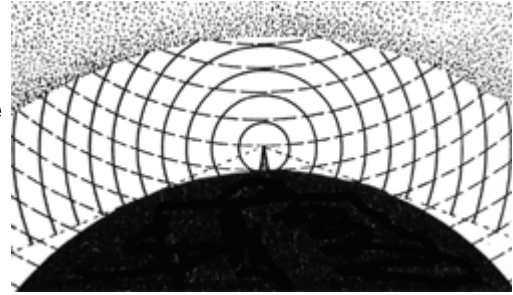
Dans la téléphonie sans fil, en résumé, la parole entendue résulte des modulations, c'est-à-dire des vibrations sonores produites par la voix, lesquelles sont portées par des ondes qui les conservent fidèlement. Comme tu le comprendras en examinant attentivement la figure 1, les modulations de la



voix peuvent agir de deux façons sur les ondes radiotéléphoniques, selon le système employé par les stations de radiodiffusion : elles peuvent agir sur l'amplitude des ondes, ou bien sur leur fréquence.

Le premier système, modulation de l'amplitude (AM), est employé depuis très longtemps pour les émissions ordinaires. La hauteur et l'intensité des sons émis devant le microphone règlent l'amplitude de l'onde radiotéléphonique. Plus un son est intense, plus les ondes sont grandes; la hauteur du son détermine la vitesse avec laquelle l'amplitude varie. La fréquence des trains d'ondes, c'est-à-dire le nombre d'ondes émises par seconde demeure constante.

Le second système, modulation de la fréquence (FM), résulte en grande partie des travaux accomplis par le commandant Armstrong. L'amplitude de l'onde radiotéléphonique ne varie pas; mais les vibrations sonores enregistrées par le microphone règlent la fréquence de cette onde. Un son intense fait plus varier la fréquence qu'un son faible; la hauteur du son détermine la vitesse avec laquelle elle varie.

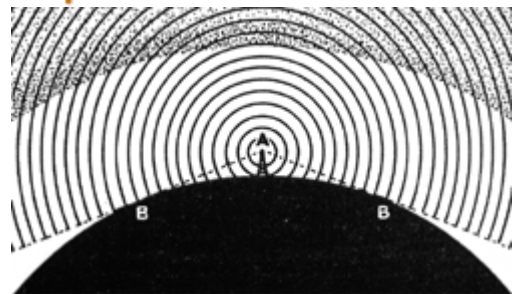


*Figure 2 Les ondes radiotéléphoniques se répandent dans toutes les directions. L'ionosphère réfléchit les ondes ordinaires qui l'atteignent; certaines rebondissent jusqu'à la terre, qui les renvoie à son tour. Elles peuvent effectuer ainsi plusieurs voyages et couvrir des distances considérables.*

## L'appareil **modulateur** de fréquence reproduit fidèlement les sons

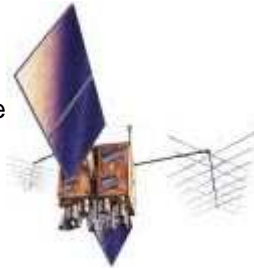
Les bruits parasites et les interférences causées par les perturbations atmosphériques sont en grande partie éliminés par l'appareil modulateur de fréquence; d'autre part, les sons sont plus naturels. Parce qu'elles emploient des ondes d'une très haute fréquence, les stations d'émission qui utilisent ce système de modulation sont généralement situées au sommet des montagnes ou en quelque autre lieu élevé. Voyons pourquoi il en est ainsi.

Les ondes radiotéléphoniques ordinaires voyagent d'habitude à de plus grandes distances que ces ondes de très haute fréquence. La raison en est qu'au-dessus de la surface de la terre, à une altitude comprise entre 121 et 402 kilomètres, se trouvent des couches de particules chargées d'électricité; elles forment ce qu'on appelle l'ionosphère. Ces couches ionisées sont capables de réfléchir les ondes radiotéléphoniques ordinaires presque comme un miroir réfléchit la lumière; les ondes de très haute fréquence, par contre, passent à travers l'ionosphère sans subir de réflexion appréciable.



*Figure 3 Nous voyons ici des ondes de très haute fréquence (comme celles qu'emploient les émetteurs à fréquence modulée) quitter un poste émetteur. Ces ondes ne sont pas réfléchies par l'ionosphère, mais la traversent. La terre étant sphérique, peu d'entre elles peuvent par conséquent toucher sa surface.*

Quand les ondes radiotéléphoniques ordinaires atteignent l'ionosphère, elles rebondissent vers la terre, qu'elles rejoignent à quelque distance de l'émetteur. Parfois, elles rebondissent de nouveau jusqu'à l'ionosphère, qui les réfléchit encore une fois. Jusqu'à ce que leur énergie soit épuisée, elles peuvent rebondir ainsi plusieurs fois (figure 2). À chaque voyage, elles touchent la terre à un point plus éloigné de l'émetteur. C'est de cette manière qu'elles nous permettent d'entendre à de grandes distances les programmes émis par les stations ordinaires.



*Figure 4 Notez la grande distance qui se trouve maintenant comprise entre les deux B. Le poste émetteur étant placé au sommet d'une montagne, un bien plus grand nombre d'ondes touchent la terre. Plus l'antenne est haute, plus les ondes à fréquence modulée couvrent de milles à la surface de notre planète.*

Les ondes de très haute fréquence, comme celles qu'emploient les émetteurs à fréquence modulée, ne sont pas, nous l'avons vu, réfléchies par l'ionosphère; au lieu de rebondir lorsqu'elles atteignent l'ionosphère, elles la traversent. Privées de cette réflexion, elles sont incapables de voyager très loin à la surface de la terre. La terre étant ronde, elles ne peuvent guère parcourir plus de 80,47 km (50 milles). La figure 3 représente des ondes de cette nature quittant l'antenne d'émission à des angles tels qu'elles toucheront la terre. Tous les trains d'ondes qui seront plus près de l'horizontale que les trains A-B seront incapables de rejoindre la terre. Pour que ces ondes couvrent une plus grande surface terrestre, il faut augmenter la hauteur de l'antenne. Vous comprendrez facilement pourquoi, en comparant la figure 4 à la figure 3. C'est pour cette raison que nous plaçons en des lieux élevés nos émetteurs munis de modulateurs de fréquence.

## Les Ondes radios via l'espace par satellites

Les systèmes de télécommunications par satellite, comme les systèmes hertziens, transmettent des informations par ondes électromagnétiques.

Les télécommunications par satellite est un autre exemple des systèmes de télécommunications sans fil. L'Internet à grande vitesse, la téléphonie et les réseaux d'entreprises pour les multinationales sont des applications des télécommunications par satellite. La différence la plus évidente, mais néanmoins importante, entre les systèmes de télécommunications terrestres et ceux par satellite réside dans le fait que, pour ces derniers, l'émetteur n'est plus au sol mais dans le ciel. Grâce à sa capacité de «voir» environ un tiers de la surface de la Terre depuis sa position dans l'espace, un satellite peut couvrir une très vaste zone géographique. Les avantages sont donc multiples :

Avec trois satellites seulement, on peut établir un système mondial couvrant la quasi totalité du globe à l'exception des régions polaires très peu peuplées. Pour une couverture équivalente avec des moyens terrestres, il faudrait un réseau d'émetteurs au sol très dense et très coûteux.

Les services peuvent être très rapidement offerts puisque la couverture est assurée pour tous les utilisateurs dès le premier jour, sans passer par les étapes de la mise en place d'un réseau de transmissions au sol. Ainsi, que vous habitiez dans une région très reculée ou en plein centre d'une grande ville, vous bénéficierez de la même qualité de service grâce à une simple antenne.

Les satellites font naturellement reculer les frontières fournissant ainsi de nombreuses possibilités de services véritablement internationaux.

En conclusion, l'avenir des communications t'appartient. C'est peut-être toi qui feras de futures découvertes en téléphonie sans fil et qui changeras par le fait même le monde de la radio comme d'autres l'ont fait avant toi par leur expérimentation technique. Ces découvreurs et précurseurs qui ne pratiquaient que leur hobby avec passion : la radioamateur.