

# A la découverte des Radiocommunications



Par Jacques Goubin - F1LUO

Pour ceux et celles (il y en a) qui ne savent pas ce qui se passe au moment où ils (ou elles) parlent dans un microphone ...

Souvent, lorsqu'on commence le trafic radio, on ne comprend pas comment « ça marche » et on a tendance à tout mélanger, surtout que l'on entend « tout et n'importe quoi », y compris des Om's trop savants qu'on a du mal à suivre ...

J'espère que ce qui suit sera assez clair pour démystifier différentes choses et permettra à certains de s'apercevoir que la radio « ce n'est pas si compliqué qu'on veut bien le dire ou le laisser croire ».

## SOMMAIRE

<a href="#">SOMMAIRE</a> .....	1
<a href="#">Qu'est-ce qu'une fréquence ?</a> .....	2
<a href="#">Effet de l'augmentation de la fréquence.</a> .....	2
<a href="#">Rapport fréquence / longueur d'onde.</a> .....	2
<a href="#">Spectre de fréquence</a> .....	3
<a href="#">Et les radioamateurs, ou émettent ils ?</a> .....	4
<a href="#">L'antenne.</a> .....	4
<a href="#">Antenne ou parabole ?</a> .....	4
<a href="#">Antenne directive ou omnidirectionnelle.</a> .....	5
<a href="#">Les différents types de modulations</a> .....	6
<a href="#">La modulation d'amplitude ( AM ) la porteuse est modulée en amplitude.</a> .....	6
<a href="#">La modulation de fréquence ( FM ) la porteuse HF est modulée en fréquence.</a> .....	6
<a href="#">La modulation à bande latérale unique ( BLU ou SSB )</a> .....	7
<a href="#">Avantages et inconvénients de chaque type de modulation</a> .....	7
<a href="#">Les différents modes de trafic radio</a> .....	8
<a href="#">La radiotéléphonie</a> .....	8
<a href="#">La radiotélégraphie</a> .....	8
<a href="#">Le radiotélétype</a> .....	8
<a href="#">Le Fac-similé</a> .....	9
<a href="#">Le packet radio et les modes numériques</a> .....	9
<a href="#">La télévision à balayage lent</a> .....	9
<a href="#">La télévision d'amateur</a> .....	9
<a href="#">Les ondes radioélectriques et leurs types de propagations.</a> .....	10
<a href="#">Les ondes de sol</a> .....	11
<a href="#">Les ondes ionosphériques</a> .....	12

## Qu'est-ce qu'une fréquence ?

C'est le nombre de fois que se renouvelle un cycle durant un temps déterminé. Sa valeur s'exprime en HERTZ (Hz), le temps étant la seconde.

Le temps d'un cycle étant la PERIODE, celle-ci s'obtient en divisant une seconde par le nombre de hertz.

### **Effet de l'augmentation de la fréquence.**

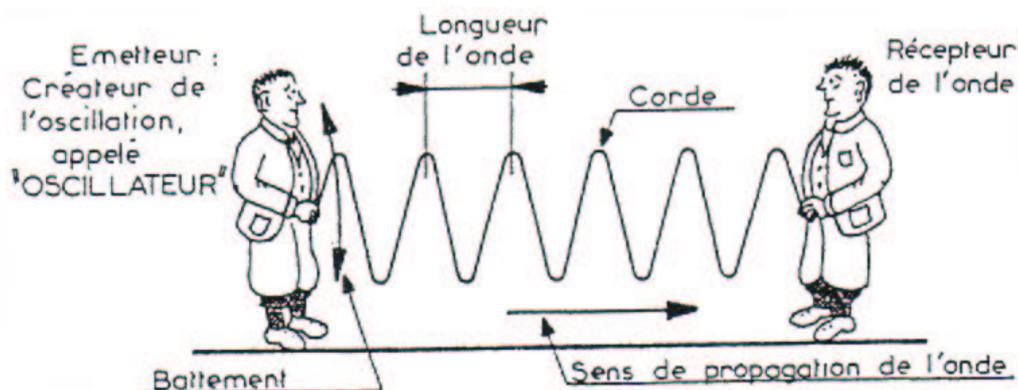
Observons les fréquence audibles : 10 à 20 000 hertz.

Plus la fréquence augmente, plus la note musicale entendue est aiguë. La musique n'est donc qu'une succession de sons disposés harmonieusement, donc une succession de fréquences.

### **Rapport fréquence / longueur d'onde.**

La longueur d'onde est inversement proportionnelle à la fréquence. C'est à dire que plus la fréquence est grande (on dit haute), plus la longueur d'onde sera petite.

Imaginons deux enfants tenant une corde de part et d'autre. L'un d'eux crée sur cette corde une oscillation verticale, régulière, correspondant à une fréquence. Nous voyons la corde décrire une sinusoïde correspondant à l'onde induite par le mouvement de l'enfant. La longueur comprise entre deux crêtes de cette sinusoïde est la longueur de l'onde de cette dernière. Plus le mouvement de l'enfant sera rapide (plus la fréquence augmentera), plus la distance entre les deux crêtes se réduira.



Dans la réalité, la longueur d'onde correspond à la vitesse d'une onde radioélectrique dans un espace libre divisée par la fréquence. Soit la vitesse de la lumière, 300 000 000 m/seconde divisée par la fréquence en Hertz (Hz).

La longueur d'onde est appelée « lambda » ( $\lambda$ ) onzième lettre de l'alphabet grec.

Pour simplifier :

$$\lambda \text{ (en m)} = 300 / F \text{ (Mhz)}$$

Exemple:  $300 / 27 \text{ Mhz} = 11,11 \text{ mètres (longueur d'onde } \lambda \text{)}$ .

## Spectre de fréquence

Il suffit de s'imaginer la gamme des fréquences, des plus petites (basses) aux plus grandes (hautes) ; des fréquences très basses : notre battement cardiaque par exemple, en passant par les fréquences audibles par l'homme (essayer de mettre la main sur votre cou afin de sentir vibrer, à différentes fréquences, vos cordes vocales en fonction de la note que vous émettez) ; ensuite, les ultrasons entendus par différents animaux mais plus par nous. Arrivent enfin les fréquences « radio » appelées fréquences HF ( High Frequency) et plus la technologie avance, plus les applications sur des fréquences très hautes augmentent.

Nous trouverons donc :

- **VLF** : Very Low Frequency  $\Rightarrow$  de 10 à 30 KHz
- **LF**: Low Frequency  $\Rightarrow$  de 30 à 300 KHz
- **MF**: Medium Frequency  $\Rightarrow$  de 300KHz à 3 Mhz
- **HF**: High Frequency  $\Rightarrow$  de 3 Mhz à 30 Mhz
- **VHF**: Very High Frequency  $\Rightarrow$  de 30 Mhz à 300 Mhz
- **UHF**: Ultra High Frequency  $\Rightarrow$  de 300 Mhz à 3 Ghz
- **SHF**: Super High Frequency  $\Rightarrow$  de 3 Ghz à 30 Ghz
- **EHF**: Extremely High Frequency  $\Rightarrow$  de 30 Ghz à 300Ghz

A chacune de ces bandes de fréquences correspondent des longueurs d'ondes appelées :

- Ondes myriamétriques  $\Rightarrow$  la longueur d'onde s'exprime en dizaines kilomètres.
- Ondes kilométriques  $\Rightarrow$  la longueur d'onde s'exprime en kilomètres.
- Ondes hectométriques  $\Rightarrow$  la longueur d'onde s'exprime en hectomètres.
- Ondes décamétriques  $\Rightarrow$  la longueur d'onde s'exprime en décimètres.
- Ondes métriques  $\Rightarrow$  la longueur d'onde s'exprime en mètres.
- Ondes centimétriques  $\Rightarrow$  la longueur d'onde s'exprime en centimètres.
- Ondes millimétriques  $\Rightarrow$  la longueur d'onde s'exprime en millimètres.

### Petits exercices.

1. La station Europe n°1 émet sur 1647 mètres grandes ondes (ondes kilométriques), calculez sa fréquence d'émission ... ?
2. Calculez la longueur d'onde d'une station émettant sur 100 Mhz.  
Dans quelle gamme de longueur d'ondes émet cette station ?

## **Et les radioamateurs, ou émettent ils ?**

Au niveau mondial (IARU), il a été attribué aux radioamateurs des portions de bandes de fréquences, parfois avec un statut primaire, parfois secondaire.

Nos émissions peuvent donc être effectuées en :

- LF  $\Rightarrow$
- MF  $\Rightarrow$  1,8 Mhz
- HF  $\Rightarrow$  3,5 – 7 – 10 – 14 – 18 – 21 – 24 – 28/29 Mhz
- VHF  $\Rightarrow$  144 à 146 Mhz
- UHF  $\Rightarrow$  430 à 440 Mhz
- SHF  $\Rightarrow$  entre 1,2 et 25 Ghz

par portion de bandes.

Cette liste n'est pas limitative pour plus de détails , se reporter aux différents plans de bandes.

## **L'antenne.**

### **Une station d'émission et de réception radioélectrique ne vaut que par ses antennes**

Une antenne sert à émettre et à recevoir. Elle doit « résonner » sur la fréquence d'émission et de réception.

Un conducteur servant d'antenne pourra résonner sur la longueur de  $\lambda$  ou une des proportion suivante :

- $\frac{1}{2} \lambda$  soit la demie onde
- $\frac{1}{4} \lambda$  soit le quart d'onde
- $\frac{5}{8} \lambda$  soit la 5/8 ème d'onde

De même que sur une guitare nous retrouvons la même note à différents endroits du manche grâce aux barrés.

Il est également à remarquer que lorsqu'on désire une note plus aiguë, on diminue avec son doigt la longueur d'une des six la cordes rentrant en résonance et à l'inverse, pour une note grave, on augmente la longueur de la corde qui vibre.

Conclusion : pour régler une antenne (l'accorder) on l'allongera ou on la raccourcira.

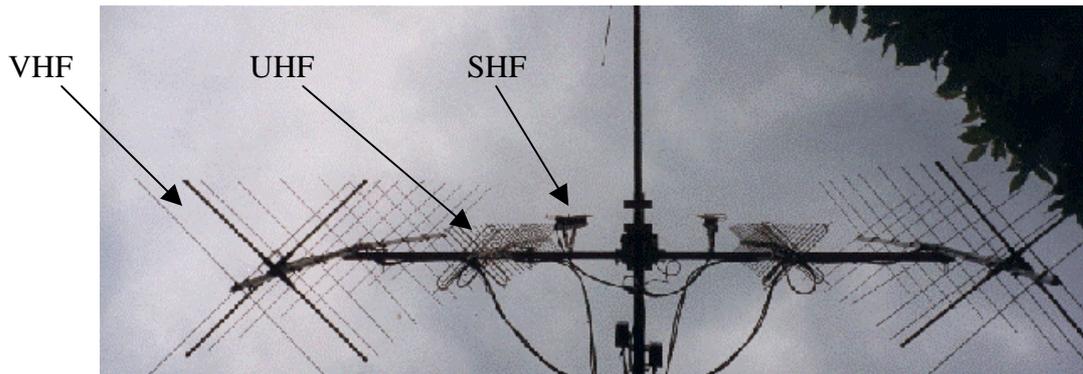
L'antenne sera plus grande pour une fréquence basse et plus petite pour une fréquence haute.

L'appareil servant à régler une antenne s'appelle un TOSmètre.

Il mesure le **Taux d'Ondes Stationnaires** qui est la proportion entre la puissance émise et la puissance non émise, appelée « réfléchie ».

## **Antenne ou parabole ?**

En fait pour nous, le problème est simple : tailler un long fil pour le faire résonner à une fréquence est chose (relativement) facile. Lorsque la longueur d'onde est trop grande, on le taillera en  $\frac{1}{2}$  onde, voir en  $\frac{1}{4}$  d'onde. Mais lorsque la longueur de l'onde s'exprime par quelques centimètres ou bien même en millimètres, la technologie de la parabole sera utilisée à la place de notre morceau de fil dont la taille sera trop réduite pour être précise et efficace.



### ***Antenne directive ou omnidirectionnelle.***

La différence, comme leur nom l'indique, réside dans le fait que la première émet et reçoit dans une direction privilégiée, alors que la deuxième émet et reçoit dans toutes les directions. Ces deux types d'antennes (appelés souvent « aériens »), trouvent leurs utilités dans le type de trafic envisagé.

Imaginons que nous parlions à quelqu'un, notre tête tournée vers le ciel, il nous entendra moins bien que si nous le faisons, naturellement, la bouche tournée dans sa direction (émission directive).

Ceci est aussi vrai pour l'ouïe, avec nos oreilles, si nous tournons le dos à notre interlocuteur nous l'entendrons moins bien ... (réception directive).

La nature nous a muni de moyens de communication (émission et réception) directs donc plus efficaces pour nous et notre interlocuteur.

Au contraire, si nous voulons écouter la nuit les bruits qui nous entourent, nous devrions tourner la tête car nous n'avons pas de réception omnidirectionnelle.

Si notre interlocuteur maintenant est plus éloigné de nous, nous pourrions utiliser un porte-voix ce qui créera un gain relatif à notre émission.

Nous remarquerons également que si quelqu'un nous parle alors que nous sommes adossés à un mur, nous aurons une meilleure réception, en effet sa voix nous sera en partie réfléchi par ce mur et viendra augmenter ce que nous recevons en espace libre.

L'antenne directive est donc le plus souvent constituée de trois parties :

1. L'émetteur, élément branché au poste de radio.
2. Le directeur, situé à l'avant et comparable au porte voix
3. Le réflecteur, à l'arrière, comparable à un mur qui nous renverrait les sons venant de l'avant.

L'antenne omnidirectionnelle placée verticalement émet et reçoit dans toutes les directions autour d'elle, sauf vers le sol et à sa verticale.

Placez la même antenne horizontalement et elle deviendra directive !

## Les différents types de modulations

Nous avons déjà vu que certaines fréquences nous étaient audibles, nous les appellerons les fréquences BF (basses fréquences).

Il serait très difficile et nuisible à nos oreilles si nous voulions communiquer à grandes distances avec de telles fréquences.

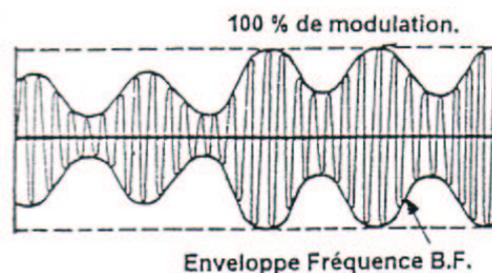
Imaginez les très gros amplificateurs qu'il nous faudrait pour être entendu à quelques kilomètres !

Par contre les fréquences dites HF (hautes fréquences) et au dessus, celles que nous n'entendons pas, parcourent des kilomètres et des kilomètres sans problème et sans l'intervention de fortes puissances.

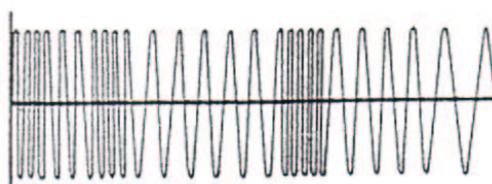
Alors que faire ?

L'idée est simple : il suffit de « moduler » une fréquence HF par une fréquence BF. La fréquence HF sera appelée « porteuse », puisqu'elle emmènera le signal BF jusqu'au récepteur ou celui-ci éliminera la HF qui n'aura été que le moyen de transport du « signal ». Le récepteur nous restituera que la BF, c'est à dire le son audible par nos oreilles . Ce qui était le but à atteindre.

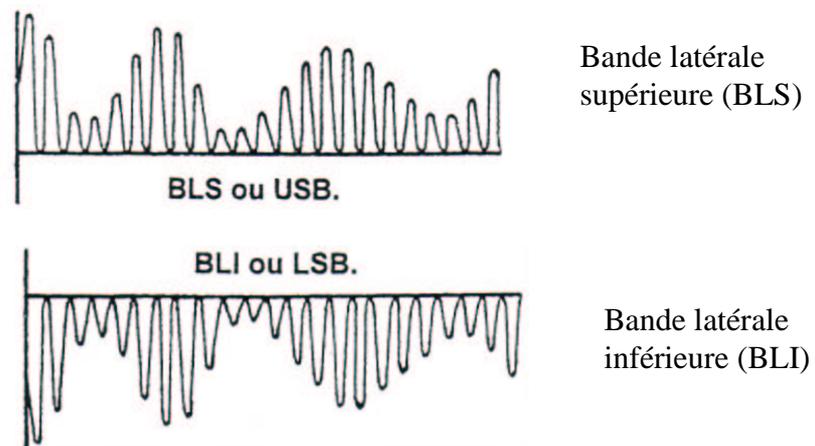
***La modulation d'amplitude ( AM ) la porteuse est modulée en amplitude.***



***La modulation de fréquence ( FM ) la porteuse HF est modulée en fréquence.***



## **La modulation à bande latérale unique ( BLU ou SSB )**



En modulation de type à bande latérale unique, on n'utilise que la partie haute de la largeur de bande (USB - Up Side Band) ou bien la partie basse (LSB - Low Side Band) et que dans les deux cas la modulation est créée en amplitude comme en AM, mais il n'y a pas d'enveloppe à la bande, donc on ne voit pas de porteuse si on appuie sur la « pédale » du micro sans parler.

Cette enveloppe correspondant à notre signal BF sera reconstruite à l'arrivée dans le récepteur, grâce à l'oscillateur local dont il devra être muni.

En BLU, on emploie soit la BLS, soit la BLI, par convention en 27 Mhz on emploie la BLS (USB).

### **Avantages et inconvénients de chaque type de modulation**

- La modulation d'amplitude a été le premier type de modulation employé car simple de construction, il est aisé de détecter son signal (une diode suffit), néanmoins la qualité de réception n'est pas exceptionnelle. (voir Europe1, France Inter ou RTL en Grandes Ondes).
- La modulation de fréquence, bien qu'un peu plus difficile à réaliser, offre le gros avantage d'avoir une fidélité de restitution des sons. La bande passante BF étant de 15 à 15 000 hertz, ce mode est donc utilisé pour la réception des programmes musicaux par exemple.
- La BLU ne permet pas de recevoir une BF de qualité Hi-Fi, loin s'en faut, mais ce n'est pas, en générale, le but recherché par ses utilisateurs. En revanche, ce type de modulation permet à un plus grand nombre de stations d'occuper une portion de bande de fréquence (la BLU tient moins de place) et de rendre plus efficace la puissance disponible à l'émetteur.

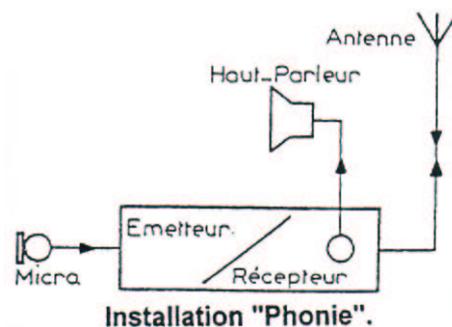
## Les différents modes de trafic radio

- La radio téléphonie
- La radio télégraphie (CW)
- Le radio télétype (RTTY)
- Le fax-similé (FAX)
- La télévision à balayage lent (SSTV)
- La télévision d'amateur (TVA)
- Les transmissions numériques (Packet-radio, PSK, APRS etc..)

Tous ces modes de trafic peuvent être effectués en direct (de l'émetteur au récepteur), soit par relais terrestres ou aériens (satellites).

### La radiotéléphonie

- La phonie, c'est la transmission de la parole. Tout le monde connaît !



### La radiotélégraphie

- La radiotélégraphie (CW) est effectuée grâce au code Morse (du nom de son inventeur : Samuel Morse), constitué de traits et de points. L'émission et la réception de ce code peuvent être manuel et auditive ou automatiques par exemple à l'aide d'un ordinateur. Actuellement le passage d'un examen de réception auditif du code Morse est encore demandé si l'on veut trafiquer sur les fréquences inférieures à 30 Mhz pour un radioamateur.

### Le radiotélétype

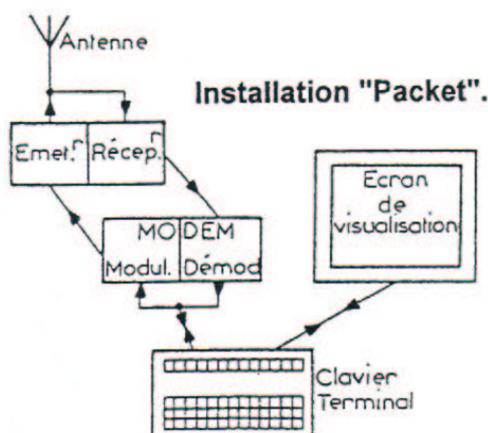
- Le radiotélétype ou RTTY est un moyen exclusivement automatique. Le code BAUDOT employé est formé de points et de traits. Il est souvent reconnaissable à l'oreille par les deux notes qui le composent. Sa vitesse est comprise, le plus souvent entre 45 et 150 bauds. Dans le commerce, ce procédé, via la ligne téléphonique, s'appelle le Telex. Les agences de presse émettent souvent à 45 bauds. Il existe d'autres codes. Ils sont spécialisés, par exemple : le TOR et l'AMTOR surtout utilisés dans les transmissions maritimes. Ils sont reconnaissables à la répétition des paquets d'informations transmis.

## **Le Fac-similé**

- Le Fac-similé ou FAX est un moyen de transmettre des documents, dessins, photos, schémas, etc...La transmission s'effectuant ligne par ligne, ce moyen est reconnaissable à l'oreille à la cadence de la transmission de chaque ligne (60, 90, 120 ... lignes par minute).

## **Le packet radio et les modes numériques**

- Le packet radio est un des moyens modernes de communication, c'est l'ancêtre d'Internet. C'est un mode entièrement automatique ou semi-automatique. La transmission des « paquets » de données se fait à de très grandes vitesses (1200, 9600 bauds voire plus). L'information transmise à l'émission ne peut pas être déformée à la réception. De plus toute station allumée sur la même fréquence devenant automatiquement et potentiellement une station « relai » pour les autres, celle-ci fera partie du réseau de transmission appelé alors « réseau maillé ». Du fait de sa grande vitesse et de son automatisation, un maximum de trafic peut s'effectuer sur une seule fréquence avec ce mode. Pour les radioamateurs, sur la bande des 2 mètres (144 / 145 Mhz), on pourra écouter ce type de trafic sur 144,650 – 144,675 ou 145,275 Mhz par exemple.



## **La télévision à balayage lent**

- La télévision à balayage lent ou SSTV peut être imaginée, un peu, comme une image de « radar ». C'est une succession d'images rémanentes. Une image arrive sur l'écran et commence à « s'évanouir », alors qu'une autre image se forme, remplaçant ainsi la première qui finit de s'effacer et ainsi de suite.

## **La télévision d'amateur**

- La télévision d'amateur ou TVA (ne pas confondre avec la taxe à valeur ajoutée... !) est tout à fait comparable à ce que nous regardons tous les soirs à la maison. Les amateurs émettent en UHF mais surtout maintenant en SHF.

## Les ondes radioélectriques et leurs types de propagations.

Les ondes radio sont comme la lumière.

Ce sont des ondes électromagnétiques. La différence essentielle entre un rayon lumineux de couleur rouge et l'onde rayonnée par Radio Pékin est la différence de leur fréquences.

La lumière se propage en ligne droite, les ondes radio aussi.

Cependant le rayon lumineux sera arrêté par un objet de grande dimension par rapport à sa longueur d'onde, alors que l'onde radio enveloppera l'obstacle (montagne, bâtiment) d'autant plus facilement que la dimension de celui-ci sera faible par rapport à sa longueur d'onde.

En fonction de la fréquence utilisée, la propagation des ondes pourra être différente, néanmoins, nous pouvons observer différents type de propagations.

Les ondes se propagent en ligne droite mais peuvent être déviées par réflexion, diffraction ou diffusion à haute ou basse altitude.

En fonction de leur trajectoire, on classe deux types d'ondes :

1. Les ondes de sol
2. Les ondes ionosphériques



**Station d'émission et réception d'amateur - F1LUO**

Le coin informatique



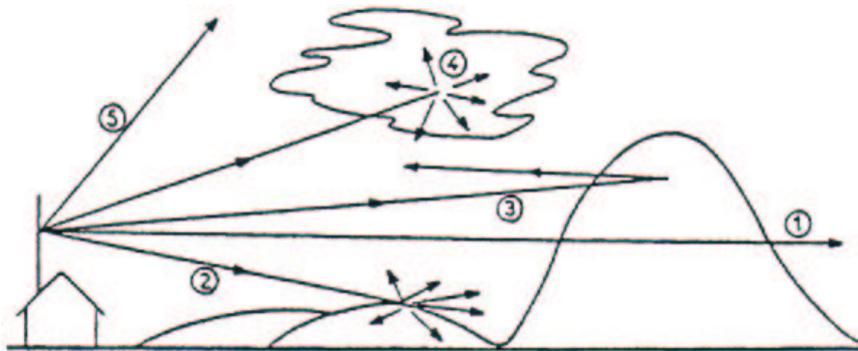
Le coin « bidouille »



## Les ondes de sol

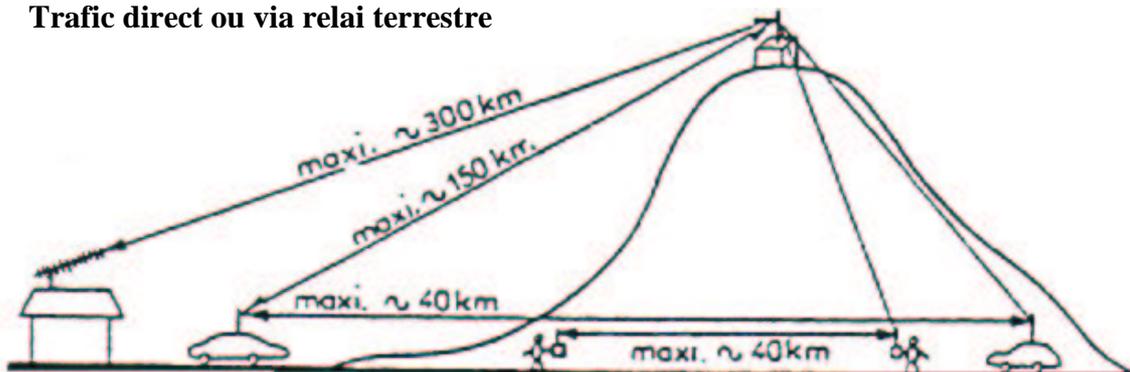
En ligne droite, elles suivent la courbure de la terre.

- L'onde de surface suit la surface du sol.
- Par réflexion, lorsque ces ondes rebondissent sur une montagne ou un autre corps au sol.
- Par diffraction, lorsque l'onde « éclate » au sommet d'une butte ou d'une montagne.
- Par diffusion, lorsque l'onde rencontre du brouillard ou des nuages.



1. L'Onde de surface
2. L'onde de sol diffractée
3. L'onde de sol réfléchie
4. L'onde de sol diffusée
5. L'onde ionosphérique

## Trafic direct ou via relai terrestre



On part du principe que l'horizon est à environ 40 kms

## Les ondes ionosphériques

- Par réflexion sur les couches ionisées, au dessus de l'atmosphère (c'est l'ionosphère), ces couches se situent entre 80 et 400 km de la surface du sol.  
Grâce à ces rebonds, on arrive à faire le tour de la terre avec les ondes décamétriques. Plus on monte en fréquence, moins ce phénomène sera possible, ces rebonds ne seront que « sporadiques » en VHF et impossible en UHF et SHF. A l'inverse, on utilisera ces fréquences très hautes (UHF-SHF) pour traverser en ligne droite ces couches et faciliter le trafic via satellites.
- Par réflexion sur la Lune (trafic EME).
- Par diffraction sur un corps céleste comme les météorites (trafic MS), une comète ou sur un phénomène comme une aurore boréale.

Dans tous les cas, il est impossible de dire d'un émetteur que « sa portée est de tant de kilomètres » !

En effet la portée dépend d'un grand nombre de facteurs, tels que la période de l'année, le jour ou la nuit, le type d'antenne, le lieu d'implantation de la station etc...

