

Les ondes courtes : historia et vulgaris

Author : ON3FHN - Fabian

Categories : [Théorie](#)

Date : 28 juillet 2017

Cet article a été écrit sur base de la [page rédigée par ON3MEE](#). L'article d'origine a été quelque peu adapté avec l'accord de son [auteur](#). Qu'il en soit ici remercié.

Introduction

Il existe un domaine de la radio très particulier et passionnant. La magie de cet endroit envoute ceux qui s'y aventurent. Les portes d'un monde où le lointain devient soudain proche s'ouvrent. Il garantit et crée des liens privilégiés entre une communauté, dont en apparence, le destin s'arrange pour la séparer, et sa patrie. Bienvenue dans le monde des ondes courtes !

Je vais vous présenter tout au long de cet article la magie des ondes courtes (OC). Nous commencerons d'abord avec un peu de physique et d'histoire, ensuite, nous aborderons succinctement les principaux utilisateurs des OC. Les sujets abordés seront la radiodiffusion, les

télécommunications radioamateurs, les télécommunications maritimes et météorologiques, l'aide humanitaire et la CB. Le but est de vous présenter une facette de la radio qui a eu ses heures de gloires et est peu à peu oubliées aujourd'hui.

Histoire et la physique des ondes

Il faut bien commencer par un peu de physique et d'histoire pour avoir les idées claires sur certains termes et concepts fondamentaux. J'ai essayé de rendre ce chapitre le moins barbant possible en allant à l'essentiel. Malgré cela, son aspect peut encore paraître fort académique.

Un peu d'histoire

Avant un petit bout de théorie académique, commençons par un à un chapitre de mise en bouche. Nous allons abordés quelques évolutions de la radio depuis sa découverte jusque maintenant.

Tout commence en 1886 quand [Heinrich Rudolf Hertz](#) mis en évidence l'existence des ondes électromagnétiques d'une toute autre nature. A l'aide d'un éclateur, dispositif composé deux boules d'une certaine distance émettant les ondes grâce à des arcs électriques, il créa un type de rayonnement invisible jusqu'alors inconnu. Par la suite, d'autres pionniers continuèrent les travaux d'Hertz. Au début, la détection des ondes se faisait avec des systèmes très rudimentaires comme le cohéreur de Branly (détecteur à limaille de fer). Un autre homme aussi très connu, [Guglielmo Marconi](#), perfectionna le télégraphe et inventa, en 1896 le télégraphe sans fil. Il entreprit ses travaux avec Branly. En 1901, année des premiers prix de Nobel, il parvint à effectuer la première transatlantique reliant Poldhu à Terre Neuve. Il transmit ce télégramme à son collègue Branly : "MR MARCONI ENVOI A MR BRANLY SES RESPECTUEUX COMPLIMENTS PAR LE TELEGRAPHE SANS FIL A TRAVERS LA MANCHE CE BEAU RESULTAT ETANT DU EN PARTIE AUX REMARQUABLES TRAVAUX DE MR BRANLY".

La marine et les militaires ont assez vite compris les intérêts. Dès 1901, plusieurs navires s'équipèrent de la TSF. On mit en service le code de détresse CQD. En 1906, De Forest inventa la triode. Ce fut un grand pas en avant ! Elle permit l'amplification audio et la radiotéléphonie.

Cependant, pour la TSF, un problème commençait à apparaître : les premiers émetteurs à arc électriques émettaient sur toutes les fréquences en même temps. La distinction des stations devenait très dure. On imposa alors des circuits d'accord et un plan de fréquence.

En 1912 eu lieu une tragédie que personne n'est prêt d'oublier : le naufrage du [Titanic](#). Les appels de détresses en morse ont tout de même permis de sauver les naufragés qui avaient réussi à embarquer à bord des canots de sauvetages. Le nouveau code SOS fut pour la première fois

utilisé. Plus facile à reconnaître et plus rapide à taper, il remplaça très vite le CQD.

Dans les mêmes années, la téléphonie se développa très fort. On expérimenta des émetteurs pour transmettre la voix. Les postes à galènes étaient assez répandus et ne demandait pas de pile pour fonctionner. Aussi, avec l'avènement de la Grande Guerre, le progrès n'a fait que s'accélérer. On installa un système d'écoute à la Tour Eiffel. Les allemands transmettaient les ordres de guerre en clair et la France pouvait communiquer avec la Russie (avant le Grand Soir).

Dans le courant des années 20, la radiodiffusion commença petit à petit à s'imposer. Au début, elle fut expérimentale. On y transmettait de la musique à certaines heures et des bulletins d'informations. Les premiers postes de salon à lampes apparurent. On inventa la méthode super hétérodyne. Les programmes étaient toujours transmit en direct. Les chanteurs chantaient en live. On diffusait aussi des feuilletons. Les avions furent équipés d'un poste radio pour communiquer avec les aéroports et entre eux.

En parallèle, les radioamateurs commencèrent à s'intéresser aux OC et à les expérimenter : avec peu de puissance (QRP), ils pouvaient communiquer avec le bout du monde. Ce n'est qu'à partir de ce moment que l'on voyait leurs intérêts. Avant, on ne jurait que par les LW et MW. La téléphonie prenait de plus en plus d'importance par rapport à la TSF.

Les années 30 ont été marquées par la démocratisation des postes à lampes. Ils se généralisaient et trouvaient leur place dans toutes les familles. La qualité des émissions devenait meilleurs et plus stable. L'invention de la bande magnétique permit de réaliser des reportages et la rediffusion de programmes. Mais les chansons en live étaient toujours à la mode. On développa la modulation de fréquence (FM) à titre expérimental : elle était intéressante contre les parasites. Les premières télévisions virent aussi le jour dans cette décennie. Le premier radar était utilisé à bord d'un navire pour éviter les icebergs.

La cryptographie connu aussi un essor considérable. Les allemands utilisaient l'Enigma pour chiffrer les transmissions.

Ensuite vint le temps de la guerre. Les 5 ans de celle-ci ont encore plus accélérer le progrès. Il fallait développer des postes plus petits et transportables sur le terrain (les fameux sac à dos J). De nouveaux codes de transmissions apparurent. Le radar fut perfectionné par les anglais au point de pouvoir détecter un petit objet de 30 cm dans le ciel.

Dans le rayon des portatifs, Motorola confectionna le premier poste émetteur récepteur transportable à la fin de la guerre. On lui donna le nom de walkie-talkie. Le but premier était de rester en contact avec le P.C. Le poste était de taille réduite par rapport aux modèles sac à dos. Cependant, il fut très peu utiliser pour la coordination des missions entre sentinelles d'un même commando. Cette stratégie, pourtant très utilisée aujourd'hui, aurait pu encore améliorer la

tactique des missions. On ne vit que trop tard des services qu'ils auraient pu rendre. Les premiers talkies walkies n'étaient utilisés que pour communiquer avec le PC et non entre deux contingents. De nos jours, la communication par ces portatifs est un atout stratégique !

Début des années 50, le transistor est né. Ce nouveau composant va révolutionner le monde de l'électronique en général. Fini le temps des lampes à la fois fragile et volumineuses. On put miniaturiser les appareils de radio et les ordinateurs. Le transistor est un composant actif semi-conducteur au silicium (au début au germanium) qui a l'avantage d'être très petit et surtout de consommer beaucoup moins d'énergie que son homologue le tube (quelques dizaines de mW contre quelques W par composant). De plus les tensions mises en jeu sont bien plus réduites : 5 ou 12 V contre 90 ou 300 V concernant les tubes. On pouvait désormais écouter les informations ou la musique partout et transporter son récepteur dans une simple poche. Cette invention fut surtout pratique à la miniaturisation des talkies walkies.

C'est aussi à cette époque que la modulation de fréquence sortit du monde des laboratoires. On attribua la bande VHF I de 88 à 100 MHz pour la radiodiffusion de haute fidélité. Le temps des parasites HF causés par des perturbations de type impulsions est quasi terminé.

En télécom, les modes numériques supplantèrent le célèbre code morse. On inventa le RTTY (radio-télétype). Ces modes permettent de transmettre des télex via les ondes. Ils sont très fiables et résistent très bien au bruit. Dans les années 60 et 70, toutes les communications passaient principalement par le RTTY et les ondes courtes.

L'avènement des premiers satellites causa la diminution des transmissions en ondes courtes : on peut les plages de fréquences VHF, UHF et UHF qui offrent bien plus de canaux qu'en SW : la bande passante peut être plus large. Cela permet de transférer beaucoup plus de données.

Parallèlement, les radioamateurs qui utilisaient jusqu'à présent l'AM ont inventé une nouvelle modulation : la SSB. C'est un progrès technique énorme. L'économie de bande passante est énorme et la robustesse du signal garantie sur de plus longues distances. Aujourd'hui, c'est le mode le plus courant pour les télécommunications HF. On module par-dessus toutes sortes de modes numériques et évidemment directement la voix.

De nos jours, les SW sont de plus abandonnées au profit des réseaux satellites et filaires. Mais la bande des OC est toujours prisée par les radioamateurs, l'armée et la navigation en haute mer.

Qu'est-ce qu'une onde électromagnétique ?

En Résumé

Que faut-il retenir de ce chapitre sur la physique des ondes ?

- **Le lien entre la fréquence et la longueur d'onde**

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad f = \frac{1}{T} \quad \omega = 2\pi f$$

$$S(t) = A * \sin(\omega T + \varphi)$$

- **Que l'on coupe le spectre radio en plusieurs bandes de fréquences**
- **Que la propagation d'un rayonnement électromagnétique dépend fortement de l'environnement et certaines propriétés**
- **La notion d'ordre de grandeur : « s'adapter par la pensée » à la longueur d'onde**
- **Que la taille d'une antenne est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, soit ¼ onde pour le dipôle.**
- **Que les ondes longues, moyennes et courtes sont très fortement réfléchies par l'ionosphère.**
- **Que les ondes courtes se propagent par rebonds successifs et que cela permet d'augmenter la portée.**
- **Que la propagation des OC change en fonction des heures et des saisons, donc qu'il faudra changer de fréquence au cours de la journée.**
- **La bande SW est comprise entre 3 et 30 MHz**

La lumière, les rayons X, les ultraviolets, les infrarouges, les rayons gamma et les ondes radios font partie de la famille des ondes électromagnétiques. Les rayonnements électromagnétiques sont caractérisés par leur fréquence f et par leur longueur d'onde λ . Ils se propagent à la vitesse c de 300 000 km/s, en ligne droite et dans toutes les directions. Tout comme une pulsation acoustique qui se propage de proche en proche par variations de la pression de l'air, les ondes

électromagnétiques se propagent dans le milieu ambiant par variations du champ électrique E. Les champs sont perpendiculaires entre eux et varient sinusoidalement et en phase.

- E : champ électrique
- B : champ magnétique
- k : célérité (m/s)
- λ : longueur d'onde (m)
- T : période = λ/k (s)
- f : fréquence = $1/T$ (Hz)

On définit la **longueur d'onde λ** (lambda) comme étant la distance entre deux crêtes successives. En général, la longueur d'onde est la distance qu'il faut parcourir à partir d'un point de la fonction f(t), à la vitesse c, sur une période d'oscillation de la source, jusqu'au point suivant de même amplitude. L'unité de mesure est le m (mètre).

La **fréquence f** est le nombre d'ondes par seconde. C'est nombre d'oscillations de la source émise par unité de temps. La fréquence s'exprime en Hz (Hertz).

La **période T** est le temps qu'il faut à l'onde pour parcourir la distance d'une longueur d'onde. Plus généralement, c'est le temps qu'il faut pour émettre une oscillation de la source. Unité : s (seconde).

Relation entre la fréquence et la longueur d'onde :

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad f = \frac{1}{T} \quad \omega = 2\pi f$$

$$S(t) = A * \sin(\omega T + \varphi)$$

Où A est l'amplitude, ω est la vitesse angulaire en rad/s, T est la période et φ est l'angle de déphasage.

Le spectre électromagnétique et les bandes radio

Les rayonnements sont classés selon leurs longueurs d'onde sur une ligne. Ce classement

s'appelle le spectre électromagnétique.

On comprend aisément cette notion à l'aide du dessin ci-contre. Il commence à gauche par les signaux de très grande longueur d'onde jusqu'à droite par ceux de très courtes longueurs. De gauche à droite,

- Les ondes radios (ELF -> microondes) : celles qui nous intéressent,
- Les infrarouges (IR) : rayonnement lumineux émis par les sources de chaleurs,
- La lumière : spectre visible
- Les ultraviolets (UV) : responsables des coups de soleils et de nombreux processus dans l'atmosphère,
- Les rayons X : rayonnement radioactif utilisés pour les « radios » en médecines,
- Les rayons gammas : rayonnement radioactif qui trouve naissance lors d'une réaction nucléaire

Nous allons nous attarder à la radio, le tableau ci-après représente le spectre radio :

Bande	Fréquence	Nom
LW – LF – GO	30 kHz – 300 kHz	Longues ondes
MW – MF - PO	300 kHz – 3 MHz	Ondes moyennes
SW – HF - OC	3 MHz – 30 MHz	Ondes courtes
VHF	30 MHz – 300 MHz	Très Hautres Ffréquences
UHF	300 MHz – 3 GHz	Ultra Haute Fréquences
SHF	3 GHz – 30 GHz	Super Haute Fréquences
EHF	0 GHz – 300 GHz	Extra hautes fréquences

Les ondes courtes (HF – SW – OC) sont notre centre d'intérêt dans cet article. Il faut retenir que la bande SW est comprise entre 3 MHz et 30 MHz. Certains considèrent qu'elle commence déjà à 1600 Hz. En effet, ces dénominations sont purement conventionnelles et ne changent en rien la propriété du rayonnement aux alentours de la limite entre deux bandes.

Propriétés des ondes radios et leurs impacts

Tout comme le son et la lumière, les ondes radios ont des propriétés physiques. Je vais les énoncer brièvement.

- **La réflexion** : les obstacles (principalement les métaux) font office de miroir aux ondes radios (principe du radar)
- **La diffraction** : une onde ayant une certaine longueur contourne un obstacle dont sa taille est inférieure à cette longueur d'onde
- **La réfraction** : le passage d'un rayon radio d'un milieu à un autre fait dévier son angle

- **L'absorption** : certains milieux composé de certaines molécules absorbent des rayonnements pour une fréquence précise (ex : les microondes sont très fortement absorbées pas l'eau)

Les deux premières propriétés varient en fonction de la longueur d'onde (donc de la fréquence) de cette manière : si la longueur d'onde augmente, les ondes contournent les gros obstacles et se réfléchissent moins bien. On comprend pourquoi certaines bandes conviennent pour certaines applications.

L'ordre de grandeur de la longueur d'onde est une notion très importante à maîtriser: avec une onde de 10 km, on doit « penser à 10 km » et pour une microonde de 12 cm, il faut se mettre à l'échelle des 12 cm. Le dimensionnement des dispositifs et les applications sont très dépendants des deux premières propriétés, donc de la longueur d'onde. En outre, la réfraction et l'absorption ne doivent pas être négligées. A certaines fréquences particulières, elles apportent aussi leur contribution.

En ce qui concerne l'absorption, il faut savoir que l'humidité absorbe énormément les microondes. Plus la fréquence augmente, plus elle sera importante. A partir des 1000 MHz, ce facteur devient appréciable. A 2,4 GHz, fréquence de résonance de la molécule d'eau, on peut dire qu'il est prépondérant pour la propagation des ondes. Les pertes occasionnées pour les liaisons terrestres par faisceaux hertziens peuvent être énormes par temps humide. Par rapport aux liaisons stellites, un FH reste sous de basses altitudes, là où la majeure partie de l'humidité règne. Mais on la néglige en dessous de 1000 MHz. Entre 1000 et 1500 MHz, elle commence à devenir appréciable et au-delà, c'est un facteur important à considérer ! L'allure du graphique ci-dessous démontre bien ce phénomène.

Un bon truc : comparez la radio avec la lumière ! Une onde radio passe difficilement à travers les obstacles et elles sont régies par les mêmes lois que l'optique. Seule quelques petits détails changent (une feuille de papier ou une fenêtre n'arrête pas une micro-onde, la main d'un homme la réfléchira : NOTION D'ORDRE DE GRANDEUR) ! L'environnement est donc prédéterminent pour garantir une bonne liaison.

Les antennes

Pour créer une onde radio, il faut qu'un courant alternatif de haute fréquence parcoure un conducteur : l'antenne. Le va-et-vient des électrons dans l'antenne crée un champ électrique et un champ magnétique variable à la fréquence du courant oscillant. C'est l'élément principal qui permet de capter et d'émettre un rayonnement dans les airs.

Pour les antennes, on distingue les omnidirectionnelles et les directionnelles. Les

omnidirectionnelles rayonnent dans toutes les directions et capte les signaux de toutes directions. Les antennes filaires, télescopiques, dipôles, ... sont des antennes omnidirectionnelles. Elles possèdent en général un gain unitaire. Les directionnelles, quant à elles, rayonnent plus particulièrement vers une direction avec un certain angle. En réception, elles favorisent la réception d'un signal dans cette direction par rapport à une omnidirectionnelle. Elles possèdent un gain supérieur à l'unité. Les Yagis, Quagis, ... sont des antennes directionnelles.

Le gain en puissance est exprimé en dB (décibels). Cette unité est logarithmique. Pour un gain *10, on aura +10 dB. On incrémente de 10 dB chaque fois que le gain se multiplie par 10. Donc, pour un facteur *100, on aura + 20dB.

Comme déjà abordé plus haut, la longueur d'onde détermine le dimensionnement des dispositifs : la taille d'une antenne dépend de sa longueur d'onde. On ne peut pas oublier cette règle.

Pourquoi faut-il « $\frac{1}{4}$ onde », « $\frac{1}{2}$ onde » etc ?

Une antenne doit être accordée à la fréquence de travail pour que son rendement soit optimal. Si elle est désaccordée, elle ne captera pas bien le signal désiré. En émission, le retour de l'onde stationnaire sera d'autant plus grand que le désaccord sera important : une partie de l'énergie est renvoyée à l'émetteur et n'est pas dissipée dans les airs. Le rendement est très mauvais et le risque de griller le poste est présent. On peut mesurer ce retour d'onde stationnaire avec un ROSmètre. Cet appareil affiche un rapport (nommé ROS : rapport d'onde stationnaire) de 1 à l'infini. Le ROS idéal est de 1 (impossible à atteindre car c'est un cas limite). Entre 1 et 2, il sera considéré comme correcte et sans dommages pour l'émetteur. Entre 2 et 3, il vaut mieux ne pas forcer l'émission. Au dessus de 3, il est vivement recommandé de cesser l'émission, même une fraction de seconde.

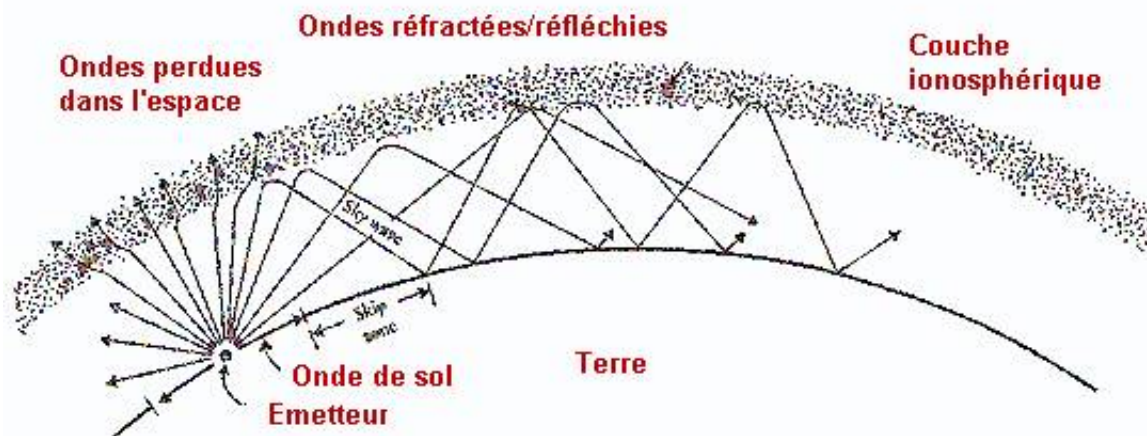
On peut accorder l'antenne à l'aide d'un coupleur. C'est un circuit d'accord LC. Grâce à lui, l'émetteur croit être branché à une antenne bien accordée. Cependant, il faut savoir qu'il y a une perte de rendement : le coupleur dissipe l'énergie superflue sous forme de chaleur. Il ne laisse donc qu'une partie à l'antenne. Il y a donc une perte dans la ligne.

Les propriétés particulières des ondes courtes

Jusqu'à présent, on a vu tous les principes généraux aux ondes radios. Mais pourquoi s'intéresser aux SW et non aux MW et LW ? Jusqu'ici, je n'ai parlé que de la propagation dans un milieu homogène idéal avec quelques obstacles. Sur Terre, s'ajoute un autre facteur à prendre en compte : l'ionosphère.

L'ionosphère est une couche atmosphérique située entre 80 et 500 km d'altitude avec des propriétés physiques et chimiques particulières. Cette couche absorbe et réfléchit certaines

gamme des fréquences et est transparente pour d'autres. Les SW se réfléchissent sur elle. Les LW et MW sont des ondes de sol. Quant aux VHF, UHF, ..., elles continuent leur course dans l'espace. Les ondes réfléchies se propagent au-delà de l'horizon visible, tandis que les VHF, UHF ne peuvent pas être captées au-delà de la courbure terrestre (100 km). ????



Source : http://www.crd.uba.be/Propagation%20HF_fichiers/image008.gif

Une petite partie des LW (se sont majoritairement des ondes de sol) se réfléchissent sur la basse couche de l'ionosphère (80 à 100 km). La portée est de 2000 km. Les MW suivent le même phénomène, mais elles ne portent pas aussi loin : 500 km.

Les ondes courtes, elles, se réfléchissent, d'une part, sur les couches moyennes et hautes (100 à 200 km), d'autre part, sur le sol terrestre. En rebondissant, elles parcourent le globe terrestre. La portée peut-être terriblement accrue avec un minimum de puissance (quelques W). On devine aisément tout l'intérêt qu'elles portent pour les télécommunications.

On détermine trois zones autour de l'émetteur : la zone proche, la zone d'ombre et le lointain.

Zone proche : à courte distance de l'émetteur, on capte le rayonnement direct. Cette zone s'étend un peu plus loin que l'horizon visible : 50 à 100 km.

Zone d'ombre : au-delà de l'horizon, on ne capte plus rien. Les rayons radio passent au-dessus du récepteur et se réfléchissent sur l'ionosphère. Elle s'étend de 100 à 500-1000-2000 km (limite variable).

Zone lointaine : les rayons réfléchis atteignent le sol. On peut capter à nouveau le signal. L'étendue de cette zone est très variable : de 1000-2000 km à plus.

Une partie du rayonnement est réfléchi par le sol vers le ciel. On recommence un nouveau rebond.

La propagation varie en fonction des heures de la journée et des saisons : l'ionisation des gaz de

l'ionosphère par le soleil et les vents solaires l'influence. En général, cette ionisation améliore la propagation, mais elle peut aussi l'atténuer. A un moment donné du jour, une bande de fréquence pourra être captée fortement et une autre sera totalement muette. A un autre moment, cette dernière sera privilégiée par rapport à la première. Dans la pratique, en Europe, on dit que le 80 m et que le 40 m « passent bien » le matin avant 8h30 UTC et que le 20 m est pour la fin de la matinée et le milieu de l'après-midi. Le soir, on se branche sur le 80 et 40 m. Ces observations représentent le cas général, mais la nature offre parfois des ouvertures inhabituelles et rares sur d'autres bandes : le 18 MHz, 28 MHz, Les basses fréquences se propagent toujours bien, mais les plus hautes sont plus timides. Au moment des cycles solaires (tous les 11 ans, l'activité solaire devient intense), les particules cosmiques du soleil renforcent l'ionisation. Cela a pour effet de promouvoir d'exceptionnelles conditions de propagations sur toutes les bandes radios.

Les ondes VHF, UHF, SHF, ... subissent des phénomènes intenses de propagation dus à la troposphère. Par exemple, dans le 144 MHz (bande RA VHF), il est possible d'établir régulièrement des contacts de 400 km.