

La Radio

Jean-Gaël Gricourt
e-mail: jgricourt@gmail.com

28 avril 2024
version 1.0

Table des matières

1	Introduction	3
1.1	Les principales bandes radios	3
1.2	Le DXing	3
2	Propagation des ondes	3
2.1	Ground waves	4
2.2	Space waves	4
2.3	Sky waves	5
2.3.1	Effet des rayonnements solaires	8
2.3.2	Angle critique	10
2.3.3	Saisonalité	11
2.3.4	La couche Sporadic E	12
2.3.5	Identifier une radio	12
2.3.6	Perturbation des communication GPS	13
3	Les bandes de radiodiffusion	13
3.1	Radiodiffusion LW = LF = GO / AM	13
3.2	Radiodiffusion MW = MF = PO / AM	13
3.3	Radiodiffusion SW = HF = OC / AM	13
3.4	Radiodiffusion FM / WFM	16
4	Les bandes “Aviation” et “Maritime”	17
4.1	Aviation civil VHF	17
4.2	Marine civil VHF	17
4.3	Marine civil UHF	18
5	Les bandes amateurs	18
5.1	Les bandes Ham Radio réservées en France	18
5.2	Bande HF et bande amateur CB	19
5.3	Bandes amateur VHF	20
5.4	Bandes amateur UHF	21
5.5	Technologie APRS VHF (UHF)	22
6	Les bandes service publique	23
6.1	Les bandes historiques	23
6.2	Technologie Tetrapole INTP	24
6.3	Les services météo	25
7	Autres bandes	25
7.1	Modélisme	25
7.2	Divers	26
8	Radio SDR	26
9	Navigation Aviation	27
10	Les antennes	27
10.1	Les antennes d’émission Tx	28
10.2	Les antennes de réception Rx	28

11 Suvivalisme	28
11.0.1 Le trafic QRP	29
12 Math	29
12.1 Nyquist-Shannon	29
13 Annexe	32
13.1 Résumé	32
13.2 Glossaire	33

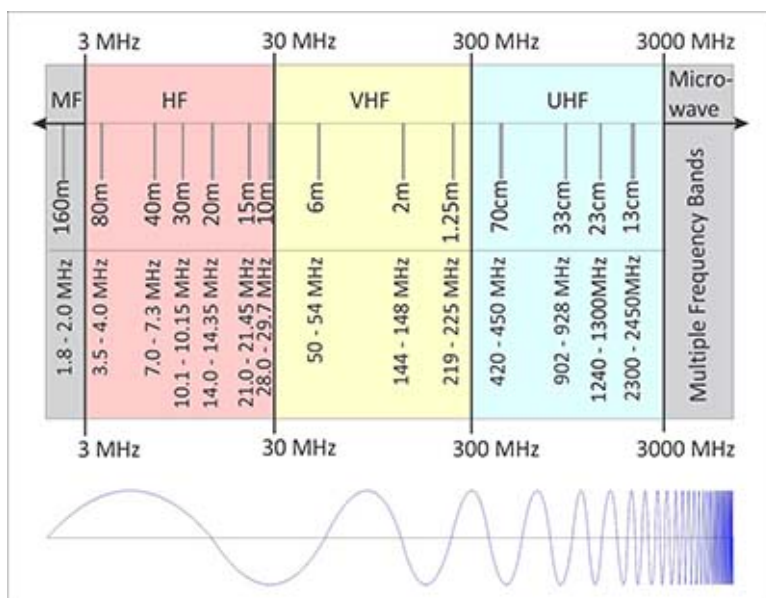
1 Introduction

1.1 Les principales bandes radios

Le spectre des ondes électro-magnétique est quasiment infinie et seulement une partie est exploitée pour transmettre des informations “radio” (transformés dans le domaine audible ensuite) [27]

Bande	Fréquences	Longueurs
VLF	3 KHz - 30 KHz ¹	100 - 10 Km
LW = LF	30 KHz - 300 KHz	10 - 1 Km
MW = MF	300 KHz - 3 Mhz	1000 - 100 m
SW = HF	3 Mhz - 30 Mhz	100 - 10 m
VHF	30 Mhz - 300 Mhz	10 - 1 m
UHF	300 Mhz - 3 Ghz	100 - 10 cm
SHF	3 Ghz - 30 Ghz	10 - 1 cm

Récapitulatif du spectre des fréquences radios les plus couramment utilisées :



Credit : [What the Heck is UHF Anyway?](#)

1.2 Le DXing

Le “DXing” est un hobby qui consiste à écouter des émissions radio souvent diffusée à de très grandes distances. Le but du “DXer” est de faire confirmer son écoute par l’émetteur en lui demandant de lui retourner une carte QSL, une sorte de carte postale attestant que le “DXer” a bien écouté l’émission. Etant donnée la capacité des ondes courte à se propager sur de grandes distances particulièrement de nuit grâce à l’ionosphère celles ci constituent la bande de prédilection des “DXer” .

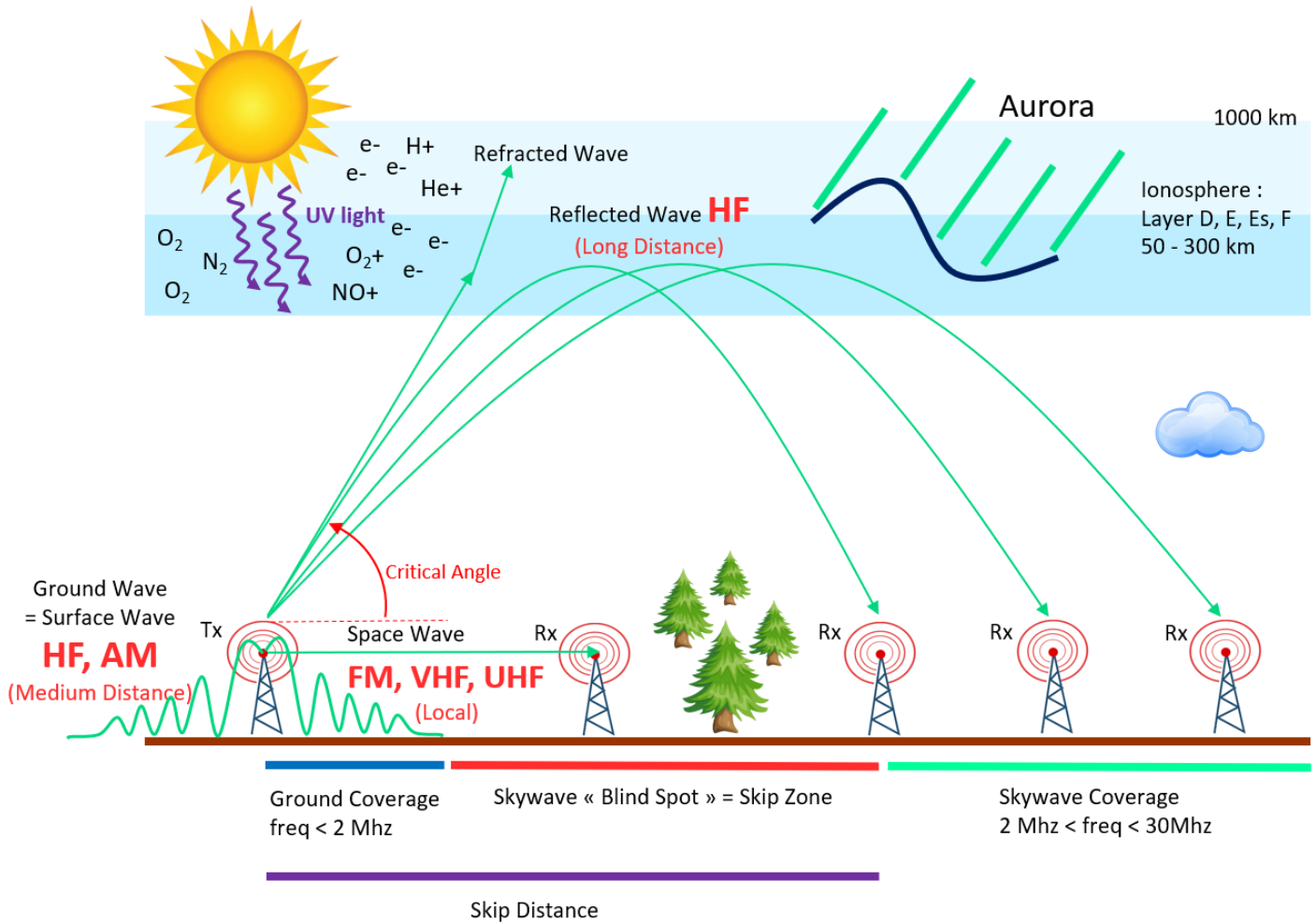
Sites web : [DX Maps](#)

2 Propagation des ondes

Il existe plusieurs mode de propagations des ondes radios selon leur fréquence :

- Propagation directe entre émetteur Tx et récepteur Rx = “Space Wave”, ex : bande FM
- Propagation par le sol = “Surface Wave”, ex : bande VLF (3 - 30Khz), LW, MW et les ondes dont $f < 2Mhz$
- Propagation par le ciel par réflexion sur la couche ionosphérique = “Sky Wave”, ex : bande SW

Propagation des ondes



Credit : J.G. Gricourt inspired by [Bob Kenyion](#)

2.1 Ground waves

Dans ce mode de propagation les ondes suivent la surface de la Terre par diffraction lorsque l'onde rencontre des obstacles. Ce mode de propagation concerne surtout les ondes : VLF, LW, MW. La distance parcourue par les ondes utilisant ce mode de propagation peut aller jusqu'à 150 km [9].

2.2 Space waves

Dans ce mode de propagation le transmetteur et le récepteur se voient directement, LOS = “Line Of Sight” = “Direct Wave”, la seule limitation est la courbure terrestre. Donc la distance maximale parcourue dépend grandement aussi de la hauteur du transmetteur et de récepteur. Afin de propager plus loin encore il faut utiliser des émetteurs relais. Ce mode de propagation concerne surtout les ondes : VHF (dont la FM), UHF, SHF.

La distance maximum de transmission vaut : $d_m = \sqrt{2Rh_{Tx}} + \sqrt{2Rh_{Rx}}$, où R est le rayon de la Terre, h_{Tx} est l'altitude du transmetteur et h_{Rx} est l'altitude du récepteur [4, 26].

Simplification de la formule : $d_m = 4.188 \times (\sqrt{h_{Tx}} + \sqrt{h_{Rx}})$

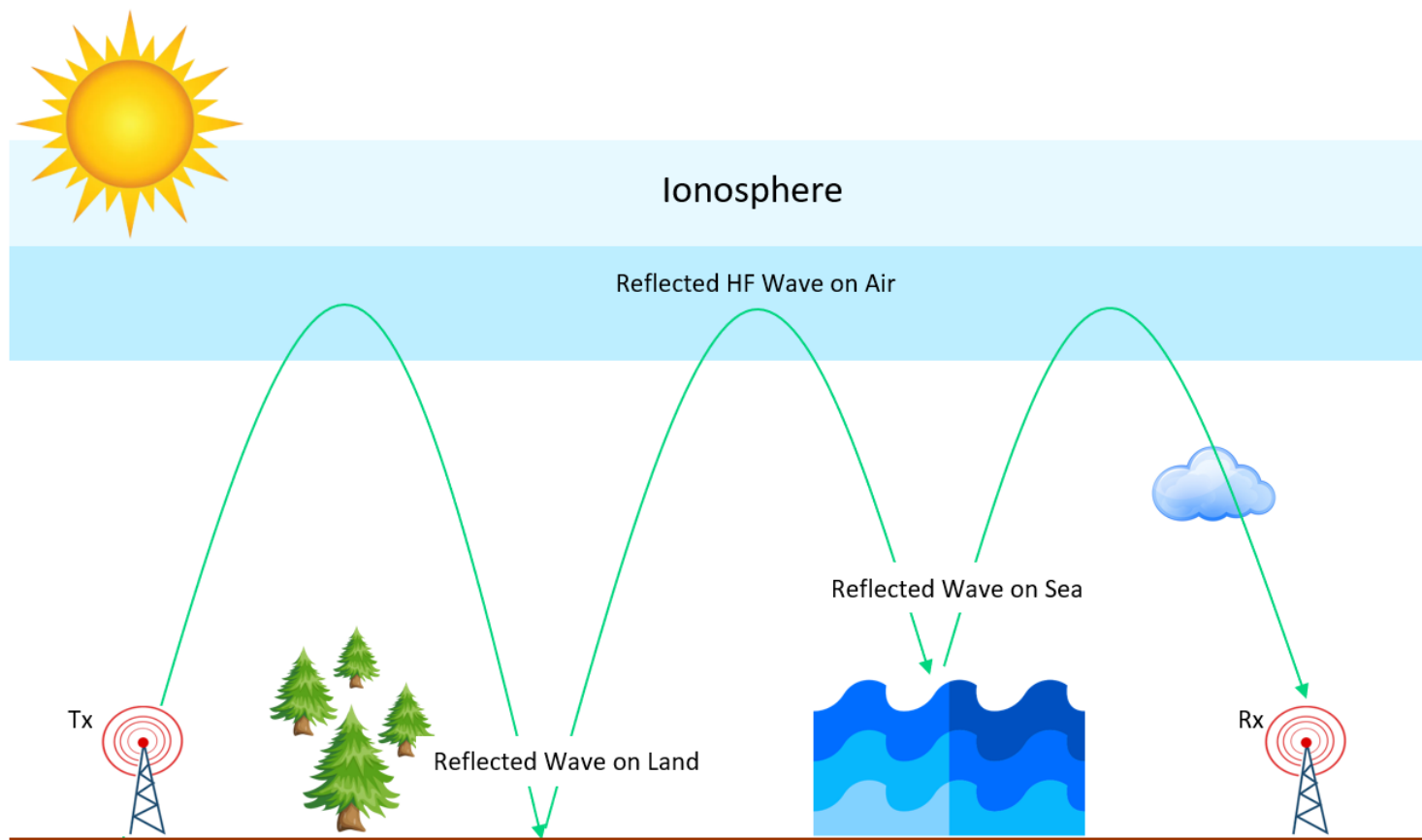
2.3 Sky waves

Dans ce mode de propagation les ondes sont réfléchies par l'ionosphère pour retomber ensuite plus loin sur la Terre. Ce mode de propagation concerne surtout les ondes : SW de 10 à 100 mètre de longueur d'onde. La distance parcourue par les ondes utilisant ce mode de propagation peut aller jusqu'à 3000 km voir beaucoup plus.

L'ionosphère est la couche de l'atmosphère entre 50km à 1000km et s'étends dans les couches Mésosphère et Thermosphère de l'atmosphère terrestre. Cette couche à la particularité de s'ioniser sous l'influence des rayonnements solaires : rayons X, rayons UV, vent solaire (protons et électrons). Cette ionisations produit un plasma composé essentiellement d'électrons et de ions positifs dont la plus grande partie est issue des molécules de O2 ionisées. C'est cette densité en électrons qui permet aux ondes de 2 à 30Mhz d'être réfléchies pour revenir sur le sol et éventuellement être réfléchi par le sol ou la surface de l'océan. Des pics de densité électronique sont aussi observés au moment des éruptions solaires lorsque l'activité solaire est maximale (cycle de 11 ans).

Les ondes courtes (SW) peuvent aussi être réfléchies par la Terre et atteindre de cette manière des récepteurs très éloignés de l'émetteur. Il peut arriver même que le signal parcours la Terre par sauts successifs mais dans des direction opposées ce qui produira au niveau du récepteur un écho c'est à dire un effet retard dans l'écoute.

Propagation des ondes HF par sauts (Hops)



Credit : J.G. Gricourt inspired by [Bob Kenyon](#)

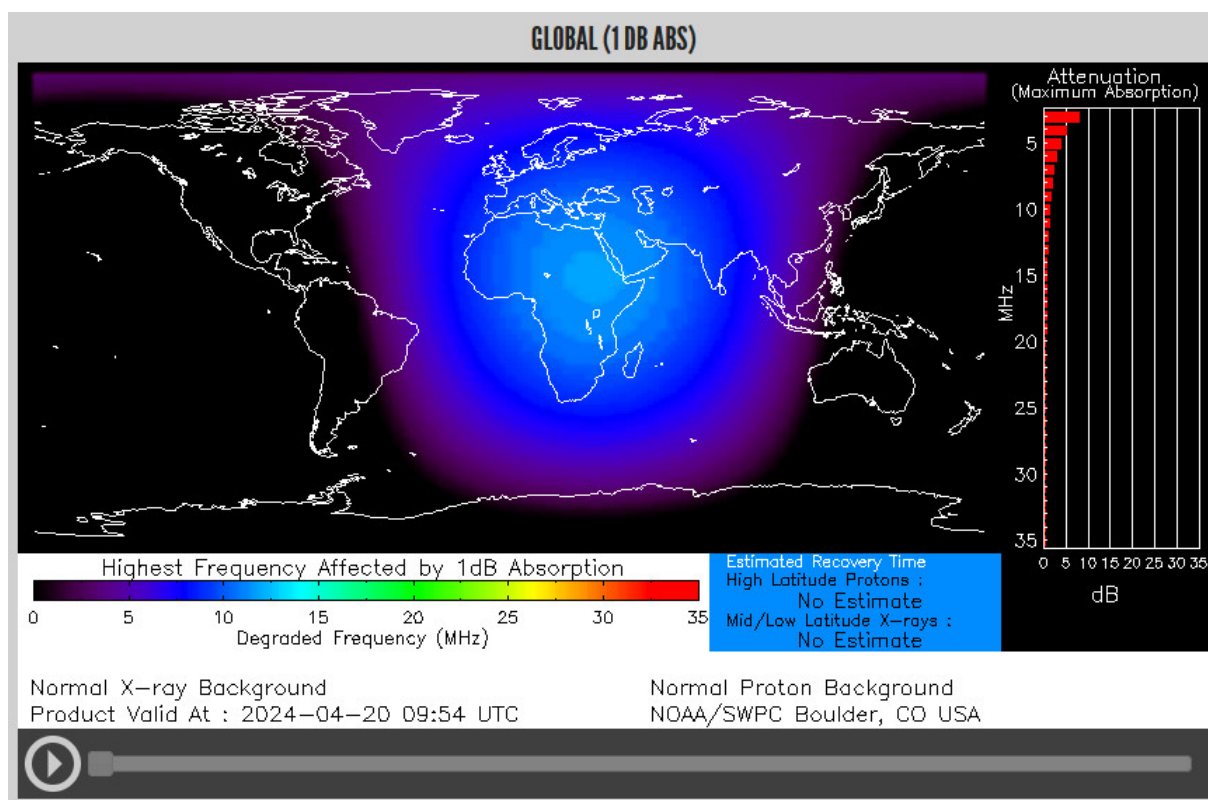
L'ionosphère est composée de plusieurs sous-couches :

Couche	Altitude	Jour	Nuit
D	60 - 90 km	✓	
E	90 - 150 km	✓	
Es	90 - 150 km	✓	
F1	150 - 300 km	✓	
F2	300 - 500 km	✓	
F = F1 + F2	150 - 500 km		✓

La couche F étant plus haute celle-ci permet aux ondes qui l'atteignent de voyager plus loin et c'est en ce sens qu'elle est intéressante pour la pratique du DXing.

La couche D active en journée a tendance à absorber les ondes de basse fréquence et devient donc un frein à l'écoute de sources SW lointaines.

Prédictions D-RAP vers 10.00 PM



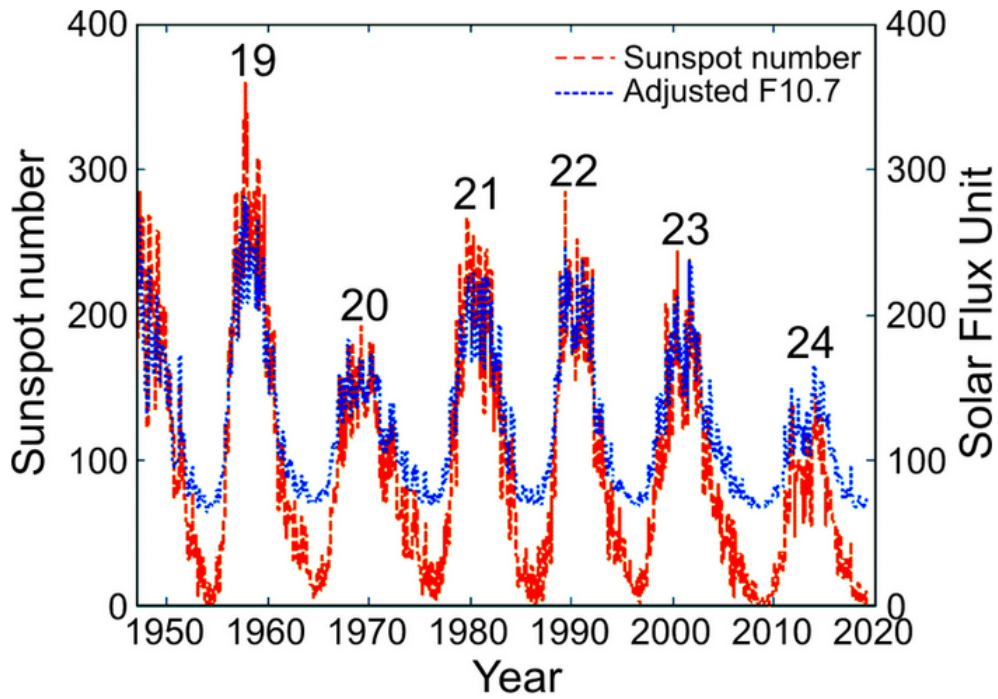
Credit : NOAA

Plus la fréquence des ondes augmente plus leur pénétration dans l'ionosphère sera profonde avant d'être éventuellement réfléchies ou sinon diffractées ou absorbées.

L'indice SFI "Solar Flux Index" mesure le flux radio solaire à 2800 MHz (10.7 cm) et donc le bruit radio causé par l'activité solaire en général. La propagation des ondes HF est fortement dégradée lorsque l'indice SFI est bas [14].

L'indice SFI est corrélé à l'activité solaire et notamment au nombre de tâches solaires.

SFI Index



Credit : [Asen Grytsai](#)

L'indice SFK , mesure l'activité magnétique solaire, la propagation des ondes HF est fortement dégradée lorsque l'indice SFK est élevé [14].

SFK Index

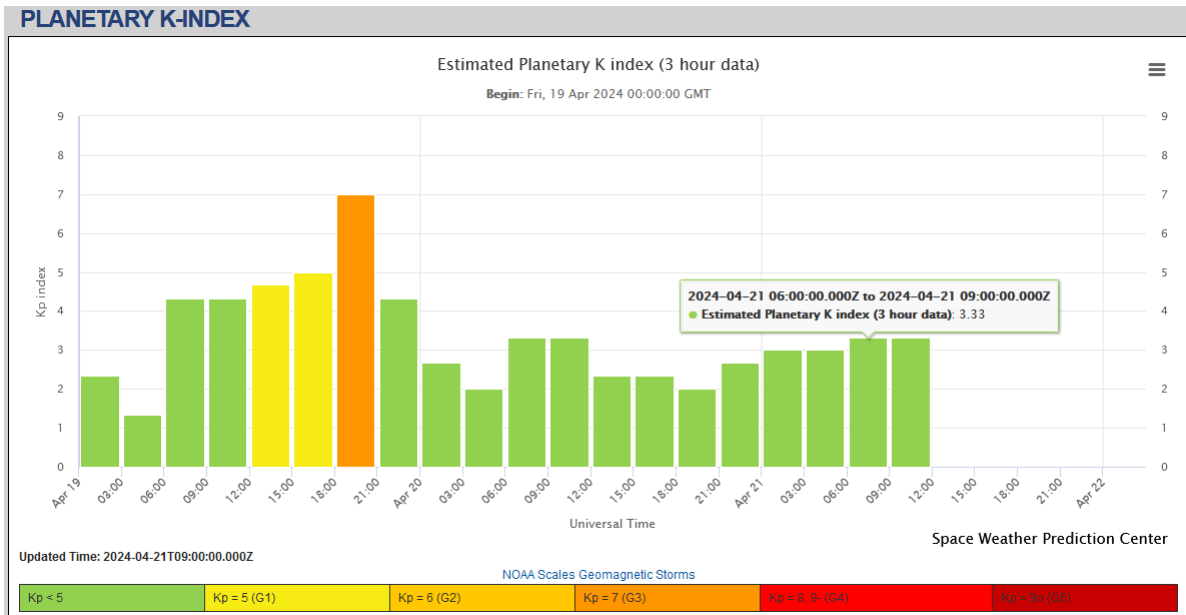
Level	Comment
0 - 1	Best
2	Ok
3 - 4	Not so good
5	Terrible

SFI Index

Level	Comment
70	Not good
80	Good
90	Better
100+	Best

L'indice Kp = "Planetary K-Index" mesure la perturbation du champ magnétique terrestre c'est un indice parlant car il montre avec quelle intensité le champ magnétique terrestre est affecté par l'activité solaire et donc impact la transmission des ondes HF dans l'ionosphère.

Kp Index



Credit : NOAA

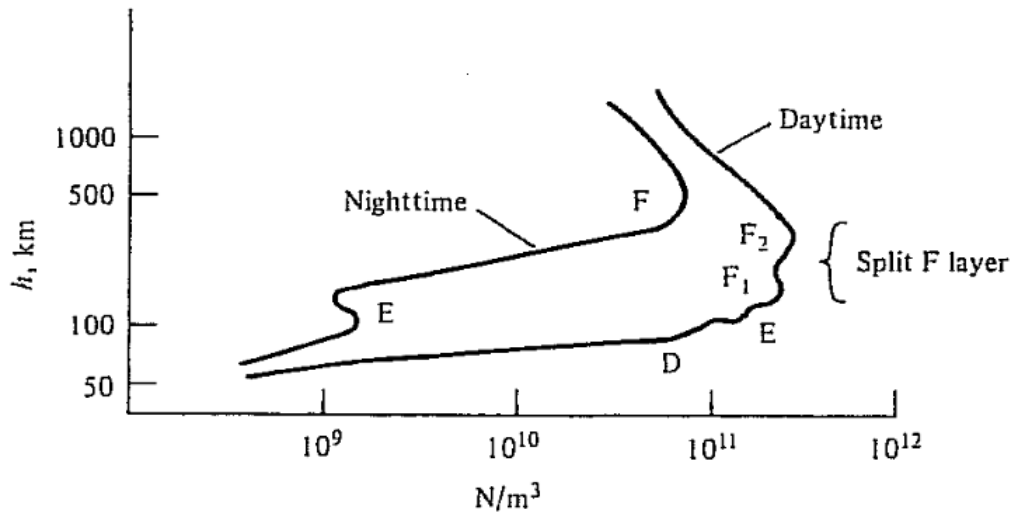
2.3.1 Effet des rayonnements solaires

Lorsque les électrons libres sont excités par un signal radio et ils retransmettent leur énergie aux molécules adjacentes et il y a alors perte d'une partie de l'énergie par absorption des ondes et ce d'autant plus que l'atmosphère possède une densité électronique importante. La nuit lorsque la densité électronique baisse au point que les couches D et E disparaissent, les électrons retransmettent une plus grande partie de leur énergie vers la Terre. La proportion d'électrons dans la couche F la plus ionisée est de 1 pour 100 000 par rapport à l'ensemble des ions et des particules neutres [21].

Lors d'événements exceptionnels comme les CME = "Coronale Mass Ejection", "Solar Flares", ou tempête géomagnétique, la couche ionosphérique est fortement perturbée alors la propagation des ondes est très dégradée.

La couche D s'ionise instantanément et intensément sous l'effet de rayonnements ionisants alors qu'il faut plusieurs jours d'exposition à la couche F pour s'ioniser. Les CME et "Solar Flares" n'agissent qu'en quelques heures et ionisent d'abord la couche D qui absorbe des ondes de plus en plus longue, jusqu'à 35 Mhz = "Radio Blackout". La couche F n'arrive pas non plus à s'ioniser suffisamment sur des durées d'exposition aussi courte [17].

Electron density



Credit : [Sean Victor Hum](#)

Les ondes sont d'autant plus réfléchies par l'ionosphère que :

- La densité électronique est forte
- La densité moléculaire de l'aire diminue ce qui est le cas vers les hautes altitudes

Impact des rayonnements ionisants [6, 21, 17] :

Couche	Ions	Rayonnements ionisants
D	NO+, N2+, O2+	Lyman Alpha 121.6 nm (UVC), X
E, Es	O2+	EUV [1, 10 nm]
F1, F2	H+, He+	EUV [10, 100 nm]
F	H+, He+	-

Note : il faut savoir aussi que les molécules O2 et NO2 se raréfient dans les couches hautes (F).

Lors des maximum solaire, la surface du soleil présente plus de tache et émet plus d'éruption solaires qui vont provoquer des aurores boréales sur Terre. Pendant le minima solaire (cycle 11 ans) seule les ondes inférieures à 21 Mhz se propage plus facilement [31]. Lors des maximum solaire les ondes de la fin de la bande SW et du début de la bande VHF peuvent aussi être propagées.

Les sites permettant d'évaluer la qualité de propagation des ondes :

- [Solar conditions](#) NOAA source
- [Hamradio Solar](#)
- [DX View](#)
- [HF Propagation Tools and Solar Data](#)
- [Solar Ham](#)
- [Day and Night World Map](#)
- [Shortwave Schedule](#) (App)
- [Voacap online for Hamradio](#)

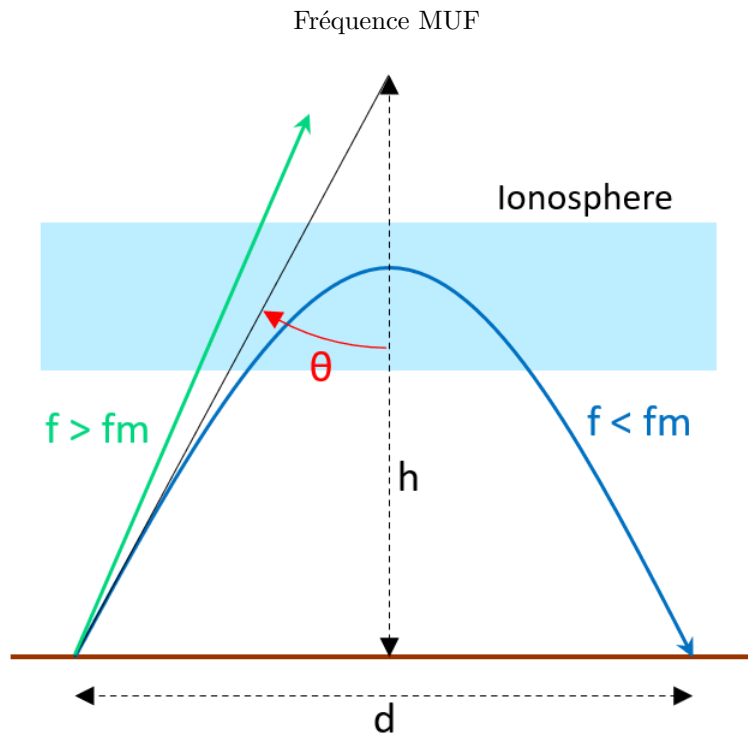
2.3.2 Angle critique

Pour chaque longueur d'onde concernées par ce mode de propagation, il existe un angle critique en dessous duquel l'onde émise est réfléchi par la couche ionosphérique à la place d'être diffractée. L'angle d'incidence critique² mesuré par rapport à la verticale, des ondes donne l'angle minimal afin que l'onde soit réfléchi par la couche atmosphérique. L'angle critique diminue avec la fréquence des ondes ainsi l'angle critique est maximal (90 degrés) à 30MHz et dans ce cas l'onde s'échappe dans l'espace.

La fréquence f_m ou MUF = "Maximum Useable Frequency" est la fréquence maximum qui pourra être transmise par la ionosphère selon l'angle de pénétration θ dans la ionosphère $f_m = \frac{f_c}{\cos \theta}$.

Une autre formule donne $f_m = f_c \times \sqrt{(\frac{d}{2h})^2 + 1}$ où d est la distance horizontale entre le Tx et le Rx c'est aussi la "Skip Distance", h est la hauteur = "Virtual Height" de la hauteur correspondant à la direction de l'onde [2, 6].

Lorsque l'angle vaut 90° alors $f_m = f_c$ la fréquence critique qui est la fréquence maximale des ondes qui pourront être réfléchies par la ionosphère.



Credit : J.G. Gricourt

La fréquence critique dépend du niveau de ionisation de l'atmosphère $f_c = 9\sqrt{N_{\max}}$ où N_{\max} est le nombre maximum d'électron par m^3 . [29]

Les ondes suivent la loi de Snell pour déterminer l'angle de réfraction r à partir de l'angle d'incidence i : $\mu = \frac{\sin i}{\sin r}$

L'indice de réfraction de l'air est 1 en l'absence d'ionisation et il diminue à mesure que l'ionisation augmente : $\mu = \sqrt{1 - \frac{81N}{f^2}}$ où N est la densité électronique de la couche d'air et f la fréquence considérée.

2. Critical Frequency

Lorsque l'angle $i = 0$ (vertical) alors $N = N_m$ et $f = f_c$ et $\sin i = 0$ [10] :

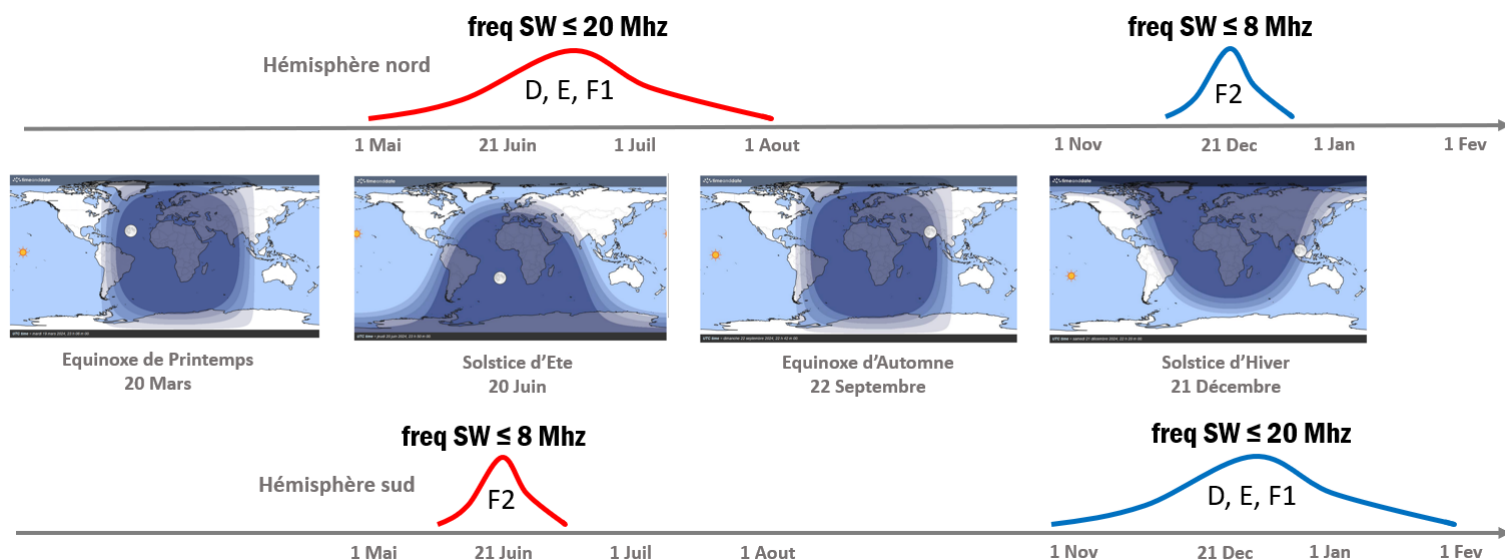
$$\sqrt{1 - \frac{81N_m}{f_c^2}} = 0$$

$$f_c = 9\sqrt{N_{\max}}$$

2.3.3 Saisonalité

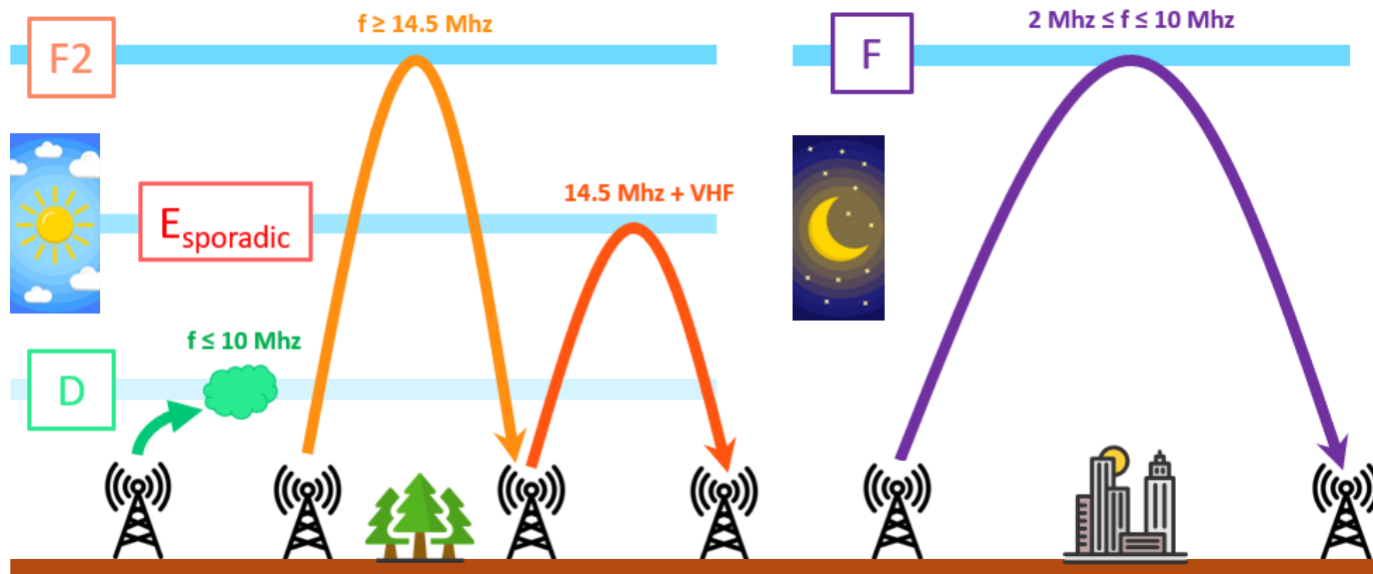
L'été la durée du jour étant plus longue la couche F est plus ionisée et peut alors faire rebondir des ondes de fréquence plus élevée (jusqu'à 20 Mhz). L'hiver la durée du jour étant plus réduite la couche F est peu ionisée et ne peut faire rebondir que des ondes de fréquence moins élevée (jusqu'à 8 Mhz).

Saisonalité de la propagation de type "Sky Wave"



Credit : Sporadic E propagation

Plus on monte en altitude plus la propagation des hautes fréquence de la HF seront propagées. La transmission des ondes AM (couche E) est fortement diminuée vers 12h [26, 17].



Credit : J.G. Gricourt

On appelle la bande des 20m la bande reine des bandes HF car :

- Elle peut être captée aussi bien le jour que la nuit
- Elle est moins affectée par l'activité solaire (minima ou maxima)

Cependant en période de faible activité solaire, en hiver, après le coucher du soleil la propagation peut faiblir considérablement pendant quelques heures³.

Résumé [37] :

Bandes	Nom
2 - 10 Mhz	Bande de nuit
10 - 30 Mhz	Bande de jour
20 - 70 Mhz	Bande sporadique E

2.3.4 La couche Sporadic E

Il s'agit de nuages particulièrement chargés en électrons de durée de vie ne dépassant quelques minutes à quelques heures qui peuvent exister de jour comme de nuit dans la couche E de l'ionosphère. L'apparition de cette couche est certainement corrélée à des pluies de météores associées à des mouvements de masse d'air [7]. Ces couches permettent la propagation d'ondes VHF de 20 à 70 Mhz⁴ [16], certaines stations FM lointaines deviennent accessibles. Dans l'hémisphère Nord le pic d'activité de cette couche est Juin/Juillet et le minimum est en Décembre [18].

2.3.5 Identifier une radio

La fréquence d'émission peut être recherchée dans une base de données indiquant les stations émettant sur cette fréquence dans le monde à cet instant : [Shortwave Info](#). Cependant il peut y avoir plusieurs stations dans le monde émettant en même

3. Wikipedia - Bande des 20 mètres

4. Wikipedia - Propagation sporadique E

temps sur cette même fréquence donc il faut investiguer plusieurs pistes :

- Reconnaître la langue de la radio
- Le thème de la radio : information, musique, religieux etc ...
- Reconnaître le type de musique traditionnelle diffusé

2.3.6 Perturbation des communication GPS

Le soleil et la ionosphère sont aussi susceptibles de perturber les communications GPS sur Terre :

- Le soleil émet aussi des ondes générées par le plasma électronique de ses propres couches, ces ondes sont de l'ordre du GHz donc des fréquences proches de celles du GPS [34]
- L'hétérogénéité de la ionosphère provoque des délais dans les transmissions ce qui impact aussi le GPS [13]

3 Les bandes de radiodiffusion

3.1 Radiodiffusion LW = LF = GO / AM

Liste des bandes 153 - 279 Khz :

Bande	Fréquences
France Inter	162 Khz
Europe 1	183 Khz
BBC Radio 4	198 Khz
RMC	216 Khz
RTL	234 Khz

3.2 Radiodiffusion MW = MF = PO / AM

Liste des bandes 525 - 1 605 Khz :

Bande	Fréquences
France Info (Lyon)	603 Khz
RTBF International (Belgique)	621 Khz
Radio Nacional (Espagne)	639 Khz
RAI Radio 1 (Italie)	900 Khz
RTL Radio (Luxembourg)	1440 Khz

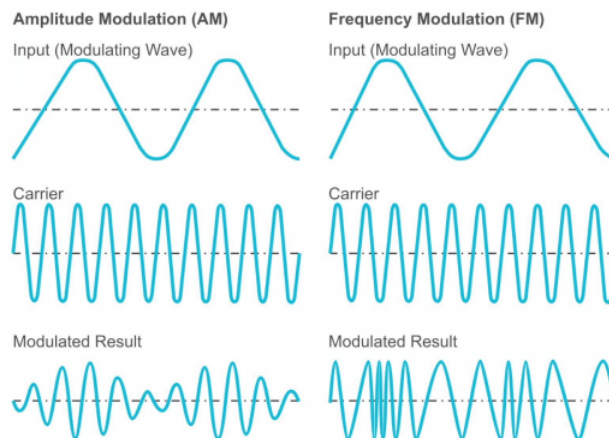
Note : l'espace entre les fréquence est de 9 Khz en Europe et de 10 Khz aux US.

3.3 Radiodiffusion SW = HF = OC / AM

Liste des bandes 2.310 - 25.820 Mhz [30] [19] [22] :

Bande	Fréquences
Bande des 90 mètres	3.150 - 3.450 Mhz
Bande des 75 mètres (Europe)	3.850 - 4.050 Mhz
Bande des 60 mètres	4.700 - 5.150 Mhz
Bande des 49 mètres	5.750 - 6.200 Mhz
Bande des 41 mètres	7.200 - 7.400 Mhz
Bande des 31 mètres	9.400 - 10.050 Mhz
Bande des 25 mètres	11.500 - 12.200 Mhz
Bande des 22 mètres	13.500 - 13.900 Mhz
Bande des 19 mètres	14.950 - 15.700 Mhz
Bande des 16 mètres	17.400 - 18.000 Mhz
Bande des 13 mètres	21.300 - 21.950 Mhz
Bande des 11 mètres	25.600 - 26.100 Mhz

Modulation en amplitude (AM) : la bande de fréquence utile est transmise par modulation en amplitude d'une onde porteuse (carrier) de haute fréquence par le signal utile du plus basse fréquence.



Credit : [Basic Radio Awareness](#)

La bande de fréquences utiles (le signal à transmettre) est dédoublée dans les bandes latérales LSB et USB qui sont miroirs l'une de l'autre par rapport à la fréquence de la porteuse alors au centre.

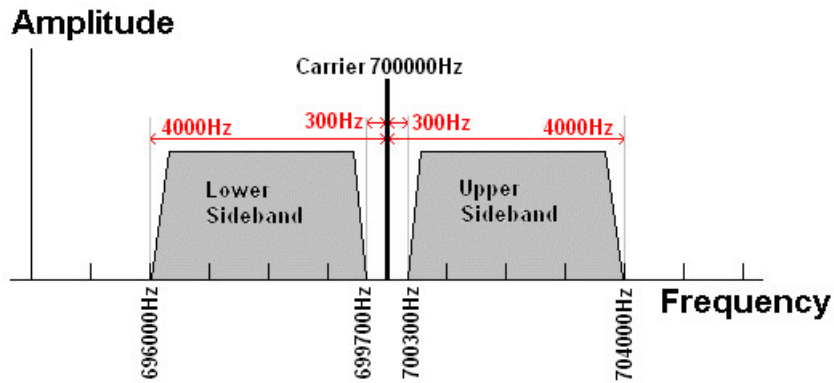
La bande passante audio qu'un signal radio AM est capable de transmettre va de 5 kHz à 10 kHz (largeur de bande LSB ou USB) selon les stations de radio donc loin des 20 KHz de la FM. Aussi transmettre les 2 bandes latérales est coûteux en énergie comparativement à un signal SSB qui ne transmet qu'une seule des bandes sans la porteuse. La puissance initialement distribuée essentiellement sur la porteuse est maintenant distribuée sur la bande LSB ou USB du signal SSB. La démodulation de la BLU = SSB n'est possible que si on a reconstitué le signal AM complet c'est ce que fait le BFO.

Le rôle du BFO est :

- Réintroduire la porteuse AM à 455 kHz
- Recopier la bande latérale miroir = LSB si l'audio est sur la bande USB et inversement

Le code Morse est un signal de type USB de bande passante 1 kHz et qui s'allume et s'éteint selon les mots du message envoyé, lui aussi aura besoin du BFO afin d'être démodulé plus tard.

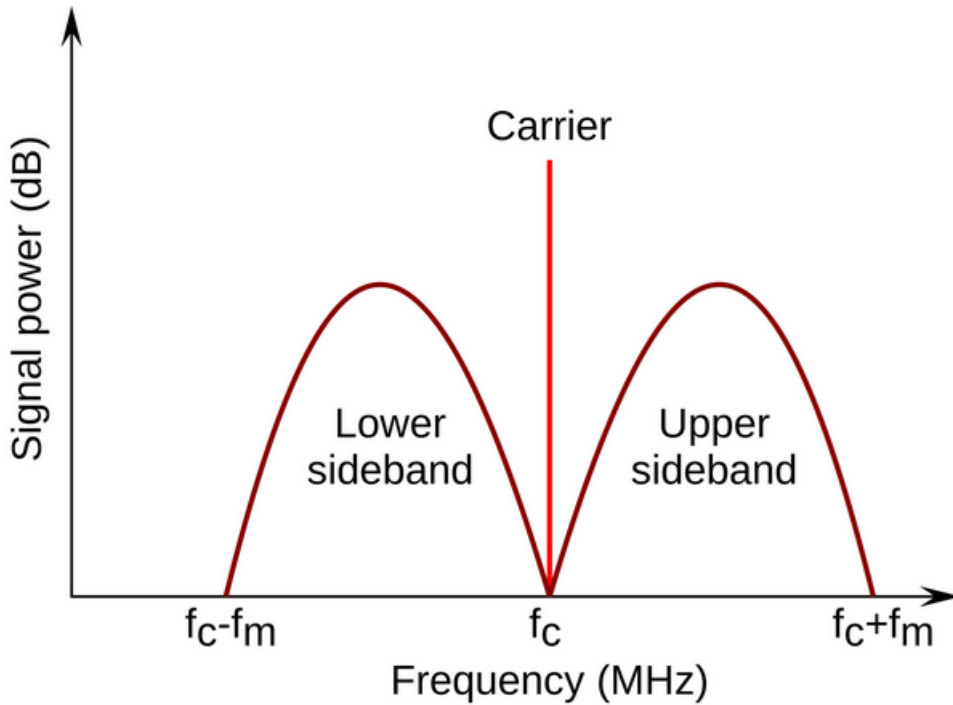
Ci-dessous un signal utile [300Hz, 4Khz] est transporté par une porteuse de 700Khz.



Credit : [Amplitude Modulation](#)

Exemple : radio Romania Int. (en français) : 9.730 Mhz

Modulation SSB : est une modulation en amplitude (AM) où seule la bande de fréquences gauche (LSB) ou bien la bande de fréquence droite (USB) du signal est transmise et cela sans la porteuse car garder la porteuse dans un signal nécessite beaucoup de puissance que ne pourra produire beaucoup de matériel Tx amateur dans ce cas. Ce mode de modulation permet aussi au signal de franchir de plus grandes distances.



Credit : [Wikipedia - Sideband](#)

Note : f_c = carrier frequency, f_m = max modulation frequency

La vaste majorité des radios SSB émettent dans le mode USB. La répartition statistique des modes est la suivantes [12] :

— Radios officielles (pro) : USB

- Radios amateur : 50% LSB dont les fréq < 10Mhz et 50% USB dont les fréq < 10Mhz

Le réglage BFO = “Beat Frequency Oscillator” du récepteur Rx consiste à réaliser un “Fine Tuning” (très sensible) du “Tone” (décalage fréquence à régler) dans le signal reçu ce qui permettra de démoduler le signal SSB afin de retrouver le signal utile = la voix. A noter que lorsque la voix n’est pas transmise, plus aucune énergie n’est dépensé par le transmetteur contrairement à la radio AM qui émet en continue (CW wave) ce qui en fait un mode de transmission très efficace.

Certaines radios possèdent un bouton BFO comme la Tecsun PL-680 qui ne permettra pas au final de connaître la fréquence exacte de la station écoutée. D’autres radios ne possèdent pas de BFO mais comportent un bouton pour réaliser un “Fine Tuning” qui sera très précis et permettra de connaître la fréquence exacte de la station écoutée, comme les Tecsun PL-990x ou H-501x [11]. Les boutons de sélection du mode LSB / USB permettent de faciliter l’usage du BFO ou du “Fine Tuning”.

3.4 Radiodiffusion FM / WFM

Plage : 87.5 - 108 Mhz et 76 - 90 Mhz au Japon

La bande passante est de 15 Khz bien en dessous de la qualité CD = 44.1 Khz. La fréquence audible humaine 20Hz - 20Khz nécessite un échantillonnage de $2 \times 20Khz$ selon la loi de Shannon.

Dans la modulation en fréquence (FM) la bande de fréquence utile est transmise par modulation en fréquence d’une onde porteuse de haute fréquence par le signal utile. La fréquence varie autour de la fréquence centrale de la porteuse sur une plage de $\pm 75kHz$.

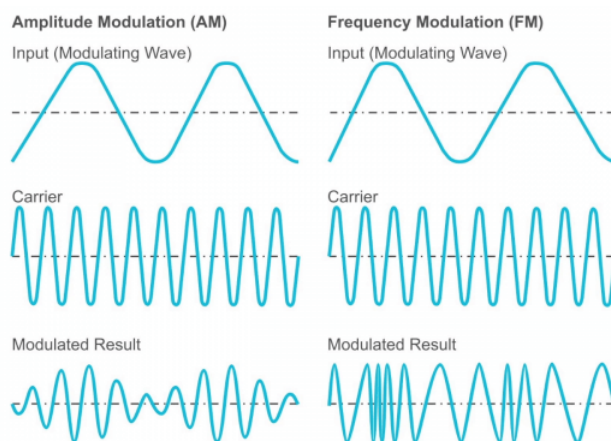
Avantages par rapport à la AM [8] :

- Immunité au bruit car le bruit est basé sur l’amplitude or ici elle est constante, c’est la fréquence qui varie.
- La qualité de son est meilleure que l’AM car la FM permet de reproduire plus de fréquence sonores
- Sélection du signal le plus fort entre 2 fréquences très proches⁵
- Les émetteurs FM sont plus efficace que ceux de la AM car dans l’AM la plus grande partie de l’énergie est dépensé dans la porteuse
- La FM nécessite des émetteurs amplificateurs non linéaires de class C beaucoup plus efficace = 80% que ceux linéaires de Class A de la AM = 20%

Inconvénients par rapport à la AM [8] :

- Propagation en visibilité directe (LOS) donc une couverture moindre que la AM
- Arrêté par les obstacles contrairement à la AM
- Largeur de bande passant de 10 à 20 fois (200 kHz) plus grande que la AM (1 kHz)
- Equipements d’émission et de réception plus complexe complexes
- Nécessité d’utiliser des filtre coupant le spectre de la fréquence qui s’étant autrement à l’infini, ce qui peut introduire des distorsions

5. Capture Effect



Credit : [Basic Radio Awareness](#)

4 Les bandes “Aviation” et “Maritime”

4.1 Aviation civil VHF

Liste des bandes de 108 - 137 Mhz :

Bande	Fréquences
VHF Aviation ou communication voie ATS	117.975 Mhz - 137.000 Mhz
Fréquence d'urgence	121.500 Mhz
Fréquence opération recherche	123.100 Mhz
ACARS fréquence primaire (Monde)	131.550 Mhz
ACARS fréquence primaire (Europe)	131.725 Mhz
VOR	108.00 - 117.95 Mhz
ILS localizer	108.10 - 111.95 Mhz
Vol libre (parapente, deltaplane, parachute)	143.9875 Mhz
Fréquence d'urgence (militaire)	243 Mhz
ILS glide	329.15 - 335.00 Mhz
DME ground	962 - 1213 Mhz
UAT (USA)	978 Mhz
DME air	1025 - 1150 Mhz
ADS-B (transpondeur air)	1090 Mhz
SSR (ground)	1030 Mhz

La [phraséologie](#) de l'aviation est la langage standardisé utilisé lors des communications entre les aéronefs et la tour de contrôle.

4.2 Marine civil VHF

Liste des bandes de 156 à 162 Mhz :

Bande	Fréquences
VHF Marine	156 à 162 Mhz
CROSS	156.150 - 162,025 Mhz
SMDSM ou Canal 16 d'urgence	156.800 Mhz
AIS 87B (anti collision)	161.975 Mhz
AIS 88B (anti collision)	162.025 Mhz
Fréquence internationale de détresse	2.182 Mhz (SSB)

Note : le canal 16 est surveillé par les CROSS = Centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage.

4.3 Marine civil UHF

Liste des bandes de 457.525 - 467.575 Mhz

Ces bandes sont utilisées par la navires de commerce pour les communications entre bateaux du même convoi.

5 Les bandes amateurs

Parmi les bandes utilisée par les amateurs on trouve 2 types de transmissions :

- Ham Radio = Amateur Radio : un ce type de radio couvre un large spectre utilisant les bandes HF, VHF UHF pouvant émettre jusqu'à 1500 W. Certaines bandes nécessite une licence (voir les pays concernés).
- La CB : un type de radio amateur émet dans la bande de 27 Mhz jusqu'à 4 W aux US et 0.5 W en France et ne nécessite pas de licence.

Même si la Ham Radio couvre "DC to Daylight" means = All Frequencies, celle ci utilise plus particulièrement les bandes : VHF 144 - 146 Mhz et UHF 430 - 440 Mhz dans des petits appareil portatifs.

Ham Radio Yaesu FT-710 : 1.8 Mhz - 50 Mhz



Credit : [Passion Radio](#)

5.1 Les bandes Ham Radio réservées en France

Ces bandes sont réservées à l'usage des radioamateurs en France : [3, 5, 20]

A consulter la référence, le tableau national de répartition des bandes de fréquences (TNRBF) de l'attribution du spectre radio en France : [AFNR](#)

Bandes HF décamétriques	
Fréquences	Longueur
3.500 - 3.800 Mhz	80 m
7.000 - 7.200 Mhz	40 m
10.100 - 10.150 Mhz	30 m
14.000 - 14.350 Mhz	20 m
18.068 - 18.168 Mhz	16 m
21.000 - 21.450 Mhz	15 m
24.890 - 24.990 Mhz	12 m
28.000 - 29.700 Mhz	10 m

Bandes VHF métriques	
Fréquences	Longueur
50 - 52 Mhz	6 m
144.000 - 146.000 Mhz	2 m

Bandes UHF décimétriques	
Fréquences	Longueur
430.000 - 440.000 Mhz	70 cm
1240.000 - 1300.000 Mhz	24 cm
2300.000 - 2450.000 Mhz	13 cm

Note (*) : la CB ne fait pas exactement partie des Ham Radio du moins officiellement.

5.2 Bande HF et bande amateur CB

Pour émettre en CB il n'y a pas besoin de licence particulière (France, Europe, USA)

Bande	Fréquences
SSB : maritime, militaire, aviation ou radioamateur	3.5 - 30 Mhz
CB 27 Mhz - 40 canaux : radioamateur	26.965 - 27.405 Mhz

CB Radio President Georges 2 : 27 Mhz



Credit : [Passion Radio](#)

La CB peut fonctionner en mode de diffusion : FM, AM ou SSB (LSB ou USB).

Note : les radios amateur en Europe sont basées sur la HF ou **Bande des 11 mètres** = "Citizen-band" = CB 27 Mhz mais aussi sur la VHF ou **Bande des 2 mètres** de 144 - 146 Mhz et l'UHF ou **PMR446** de 430 - 440 Mhz. Les fréquences VHF 144 et UHF 430 peuvent aussi fonctionner avec des relais afin d'étendre leur portée.

Infos complémentaires

Bande	Public	Licence	Appareil	Pays	Puissance	Portée
CB radio	Public initié	non	poste CB	Monde	4 W max	50km et plus car propagation type HF/SW

Note : pour la CB le 9 est le canal d'appel d'urgence en France.

Squelch ou “Noise Gate” est le système qui coupe le son du Rx lorsqu’il n’y a pas de transmission de voix, cela permet de ne pas entendre le bruit de fond lorsque personne ne parle.

5.3 Bandes amateur VHF

Liste des bandes de 144 à 146 Mhz (France) :

Bande	Fréquences
Bande des 2 mètres (France / Europe)	144 - 146 Mhz
Bande des 2 mètres (USA)	144 - 148 Mhz
ISS	145.800 Mhz
Freenet (Allemagne)	149 Mhz
MURS - 5 canaux (USA)	151.820 - 154.600 Mhz
Canal E, canal emergency (Alpes France)	161.300 Mhz

Infos complémentaires

Bande	Public	Licence	Appareil	Pays	Puissance	Portée
Bande des 2 mètres	Grand public	oui	Walkie-talkie	Europe	500 mW	3km
Freenet	Grand public	non	Walkie-talkie	Allemagne	500 mW	3km
MURS - 5 canaux	Grand public	non	Walkie-talkie	US	2 W	3km

Le MURS est utilisé avec des walkie-talkie dans les supermarchés US.

La station spatiale internationale permet de communiquer sur 145.800 Mhz en FM. Cependant en raison de l’effet Doppler lié à la vitesse de la station la fréquence d’écoute bouge selon sa position dans le ciel. Lors de sa montée depuis l’horizon il faut passer sur 145.805 Mhz puis graduellement aller sur 145.800 Mhz au zénith et finalement graduellement passer sur 145.795 MHz lorsque l’ISS approche l’horizon opposé [15].

On trouve aussi ces plages VHF en Tx et Rx sur des appareils grand public, il faut cependant faire attention car pour émettre sur certaines bandes il faut une licence :

Bande
136 - 174 MHz
174 - 350 MHz
350 - 400 MHz
400 - 470 MHz
470 - 600 MHz

Ham Radio Yaesu FTM-200DE : 144 - 146 MHz (et 430-440 MHz)



Credit : [Passion Radio](#)

Ham Radio Dynascan M-6D-V PNI : 136 - 174 Mhz



Credit : [PNI](#)

5.4 Bandes amateur UHF

Liste des bandes :

Bande	Fréquences
TETRA (Tetrapole)	380 - 430 Mhz (France)
DMR (Europe)	430 - 440 Mhz
LPD433 - 69 canaux (Europe)	433.075 - 434,775 Mhz
KDR444 / SRBR444 - 8 canaux (Suède et Norvège)	444.600 444,975 Mhz
PMR446 analogique - 8 canaux (Europe)	446.00625 - 446.09375 Mhz
PMR446 numérique - 16 canaux (Europe)	446.103125 - 446.196875 Mhz
GMRS - 22 canaux (USA)	462.5625 - 462.7150 Mhz
FRS - 14 canaux (USA)	462.5625 - 462.7125 Mhz 467.5625 - 467.7125 Mhz

Significations :

- TETRA = Terrestrial Trunked Radio (Industrie, Aéroport, Transport, Ambulance)
- DMR = Digital Mobile Radio
- LPD = Low Power Device
- KDR = Kortdistanseradio
- SRBR = Short Range Business Radio
- PMR = Personal Mobile Radio
- GMRS = General Mobile Radio Service
- FRS = Family Radio Service (walkie talkie bas de gamme)

Infos complémentaires

Bande	Public	Licence	Appareil	Pays	Puissance	Portée
LPD433	Grand public	non	Walkie talkie	Europe	10 mW	1 km
PMR446	Grand public et pro	non	Walkie-talkie	Europe	500 mW	5 km
GMRS	Grand public (USA) et pro	oui	Walkie-talkie	US	5 W	2 miles
FRS	Grand public (USA)	non	Walkie-talkie	US	2 W	3 km

GMRS Il s'agit de l'équivalent du PMR en Europe. Les fréquences de la GMRS / FRS (USA) sont interdites au grand public en France et les licences ne sont accordées qu'aux professionnels. La GMRS utilise la modulation FM et peut être utilisé avec le filtrage CTCSS (analogique) ou DCS (numérique). La GMRS présente l'avantage de pouvoir bénéficier des relais GMRS (repeaters) installé sur un territoire afin d'étendre sa portée au delà de 5km. La FRS peut être utilisée sans licence aux US, la GMRS doit être utilisée avec licence aux US.

PMR446 Ce réseau remplace le LPD433 en Europe. Ce sont des talkie-walkie grands publique classiques sans licence mais limité à 500mW de puissance. La PMR446 n'est pas autorisés aux USA. Le PMR446 utilise la modulation FM et peut être utilisée avec le filtrage CTCSS (analogique) ou DCS (numérique). Le PMR446 présente l'avantage de pouvoir bénéficier des relais PMR446 (repeaters) installé parfois sur un territoire afin d'étendre sa portée au delà de 5km. Les postes PMR446 vendu en Chine doivent être reprogrammé pour bien utiliser les 16 canaux légaux (en Europe) sans licence.

CTCSS Il s'agit d'un système analogique équivalent du Squelch permettant ne pas entendre les autres réseaux de conversations émettant sur le même canal. Ce mode émet un tonalité audio inaudible basse fréquence (67 - 254.1 Hz) avec le signal et l'appareil Rx se réveille ou s'active lorsqu'il capte cette tonalité sur la fréquence d'écoute et empêche l'écoute d'autres conversation sur le même canal. Cela permet de créer des sous réseaux pour un même canal (fréquence).

DCS Il s'agit de la version digital du CTCSS, il porte la même fonction.

PMR446 PMR-R80PRO : 430-440 MHz



Credit : [Passion Radio](#)

5.5 Technologie APRS VHF (UHF)

Il s'agit d'un système de communication numérique basé sur le protocole "packet radio, AX.25". Permet de transmettre des Infos complémentaires : locale sur l'émetteur : position géographique par GPS, rapport météo.

Bande	Fréquences
APRS packet data (Europe / 1200 bauds)	144.800 Mhz
APRS packet data (US / 1200 bauds)	144.390 Mhz
APRS (Europe / 9600 bauds)	432.500 Mhz
APRS (Europe / 9600 bauds)	433.800 Mhz
APRS (US / 9600 bauds)	445.925 Mhz

France APRS : <http://www.franceaprs.net>

Le signal transmis est numérique par modulation de fréquence de la porteuse (FSK), la modulation intervient que sur un nombre limité de fréquence prédéterminée (valeurs discrètes).

APRS Radio Anytone DMR AT-D878UVII : 144-146 MHz (et 430-440 MHz)



Credit : [Passion Radio](#)

6 Les bandes service publique

6.1 Les bandes historiques

Liste des bandes :

Bande	Fréquences
Gendarmerie nationale	73.300 - 74.800 Mhz
Gendarmerie nationale	77.475 - 80.000 Mhz
Police, pompiers, SAMU	83.000 - 87.300 Mhz
Police, pompiers, SAMU	173.500 - 174.000 Mhz
Gendarmerie Nationale	440.000 - 441.500 Mhz
Police, pompiers, SAMU le Drake TR4-C	454.600 - 456.000 Mhz
Police, pompiers, SAMU	464.000 - 466.000 Mhz
SNCF	467.675 - 468.225 Mhz
EDF-GDF	469.100 - 469.500 Mhz

6.2 Technologie Tetrapole INTP

TETRAPOLE = Terrestrial Trunked Radio Police est utilisé par de nombreux services publique en France, ce réseau est basé sur le chiffrement des communications. Il est apparenté au système de “Trunked Radios” des US qui réalise un réseaux de repeters contrôlés par ordinateur afin d’acheminer les communications (rôle similaire à un switch pour réseau d’ordinateur). La fréquence d’arrivée n’est pas nécessairement la même qu’au départ du message car le système utilise un pool restreint de fréquences qu’il attribue aux communications. Ce système succède au “Tone-controlled access” (CTCSS et DCS) qui permettait d’isoler une communication des autres sur la même fréquence (le “squelch”) en envoyant des signaux inaudible de contrôle.

Liste des utilisateurs de TETRAPOLE :

Nom du service	Utilisateur
ACROPOL	Police nationale 380 - 400 Mhz
ANTARES	Sécurité civile, Sapeurs-pompiers, SAMU
RUBIS	Gendarmerie nationale 80 Mhz
QUARTZ	Gendarmerie et Police des Outres Mers
CORAIL NG	Gendarmerie mobile et sections de recherche
RORCAL	Les douanes
ARCAP	L’administration pénitentiaire
IRIS	SNCF 410.00 - 414.50 Mhz
OPERA	Marine nationale
SERVIR	Armée française

Le réseau RUBIS est le tout premier réseaux d’urgence.

Le réseau RRF = Réseau Radio du Futur, unifiera les réseaux de sécurité et d’urgence ACROPOL, ANTARES, RUBIS et Corail NG, il sera déployé en Juillet 2024. Ce réseau interopérable utilise plusieurs technologie de réseaux : Mobile 4G/5G, antenne relai INTP, Fibre FFTH, Wifi, Relai véhiculaire, VSat (satellite) ...

Interopérable **Prioritaire** **Mobile**

Résilient

Sécurisé

Haut-débit

Un système de communication critique au service de ceux qui nous protègent

Rejoignez l'équipe à rrf@interieur.gouv.fr
Suivez-nous sur [@Programme_RRF](https://twitter.com/Programme_RRF)

LE RÉSEAU RADIO DU FUTUR

Credit : [ACMOSS](#)

6.3 Les services météo

Liste des bandes :

Bande	Fréquences
Weather satellites (dont les NOAA)	136 - 138 Mhz
Weather radio (US NOAA)	162.400 - 163.275 Mhz
Weather radio tone alert (US NOAA)	1050 Hz
MeteoSAT	1691 MHz

7 Autres bandes

7.1 Modélisme

Liste des bandes :

Type	Canaux	Fréquences
Avions, Bateaux, Voitures	11 canaux	26.815 - 26.915 Mhz
Avions, Bateaux, Voitures	5 canaux	26.995 - 27.195 Mhz
Avions	6 canaux	35.000 - 35.050 Mhz
Avions, Bateaux, Voitures	4 canaux	40.665 - 40.695 Mhz
Avions	5 canaux	41.060 - 41.100 Mhz
Avions, Bateaux, Voitures	10 canaux	41.110 - 41.200 Mhz
Avions, Bateaux, Voitures	15 canaux	72.210 - 72.490 Mhz
Avions, Bateaux, Voitures	83 canaux	2454 - 2483.5 Mhz

7.2 Divers

Liste des bandes :

Bande	Fréquences
RFID étiquette vêtement, livre, NFC, CB sans contact, Pass Navigo	
Horloge radio DCF77 Allemagne	77.5 Khz
DAB (Europe digital radio) III-band VHF	174 - 240 Mhz
DAB (Europe digital radio) L-band UHF	1452 - 1492 MHz
DVB-T (Tele TNT en France)	470 - 862 Mhz
IBOC ou HD Radio FM (USA)	87.7 MHz - 107.9 Mhz
Telephone mobile 2G (France : GSM, EDGE, GPRS)	900, 1800 Mhz
Telephone mobile 3G (France : UMTS)	1900, 2100 Mhz
Telephone mobile 4G (France : LTE)	800, 1800, 2600 Mhz
Telephone mobile 5G	3400 - 3800 Mhz
Satellites GPS	1200 - 1600 Mhz
Liaison mobile satellitaire	1600 - 2500 Mhz
Bluetooth	2400 - 2483.5 Mhz
Alarmes, garage, volet roulant, thermostat d'ambiance, domotique (ZigBee, ZWave)	433 Mhz, 868 Mhz
Wifi N	2.4 - 5 Ghz
Micro-onde	2.45 Ghz

Dans le cas du DAB, le signal transmis est numérique par modulation de phase de la porteuse ou PSK. La transmission IBOC (USA) permet de transmettre une émission de radio à la fois en analogique et en numérique sur la même porteuse.

8 Radio SDR

La Radio SDR = “Software Defined Radio” est un clé USB ou un boîtier USB permettant à l’aide d’un PC de recevoir et décoder un vaste spectre Radio de quelques kHz à plusieurs Mhz. Ce récepteur décode le signal grâce à une puce DSP numérique ce qui est différent d’un récepteur radio classique dont le décodage se réalise purement en analogique (sauf postes récents incluant un DSP).

Les récepteurs SDR :

- [SRDPlay RSP1B](#) : 1 kHz - 2 GHz
- [SRDPlay RSPDx](#) : 1 kHz - 2 GHz
- [HackRF One](#) : 1 Mhz - 6 Ghz

- **AirSpy HF+ *** : 0.5 kHz - 31 MHz et 64 MHz - 260 MHz
- **AirSpy R2** : 24 MHz - 1700 MHz
- **RTL SDR** : 500 kHz - 1766 MHz

Les logiciels :

- (SRDPlay) **SDRuno**
- (SDR Play) **SDRconnect** - Linux
- (AirSpy) **SDR Sharp**
- **SDR Console**
- **SDRAngel**
- **HDSDR**
- **SDR ++**
- **SatDump**
- **GNU Radio** - SDK Linux
- **OpenWebRx** - Linux
- **Thetis Open HP SDR**

9 Navigation Aviation

La navigation aéronautique repose sur quelques signaux indispensable à la navigation.

ADS-B signifie “Automatic Dependant Surveillance Broadcast”, il s’agit d’un signal envoyé en mode broadcast sur la fréquence 1090 MHz par les avions en vol pour signaler leur position. Les avions en même temps obtiennent leur position géographique par les satellites GPS. La connaissance de ces positions permet de tracer le parcours d’un avion pendant son trajet. Ces signaux peuvent être captés par un simple récepteur de type SDR qui sera couplé à un logiciel pour interpréter ce signal : SDRuno + ADS-B plugin + Virtual Radar Server [28].

ACARS signifie “Aircraft Communication Addressing and Reporting System”, il s’agit d’un signal envoyé par les avions à destination des services de maintenance des compagnies aériennes.

Ce signal permet de communiquer :

- Les pannes et l’état général de l’avion à tout moment en vue de préparer les interventions de maintenance
- Les clairances lors de l’arrivée dans un espace aérien contrôlé

Les messages ACARS sont émis sur plusieurs bandes de fréquences VHF de 129.125 Mhz à 136.900 Mhz selon la région du monde, par exemple en Europe : 131.725 MHz.

Il existe aussi des messages ACARS émis vers les Satellites géostationnaires lorsque l’avion est hors de portée VHF. C’est dans ce cas la bande 1.5 GHz (L Band) qui est utilisée. Le logiciel **Jaero** permet de décoder ces messages.

10 Les antennes

Type de communication :

- Simplex : communication sur une seule fréquence
- Repeater : communication sur 2 fréquences par l’intermédiaire d’une antenne “Repeater”

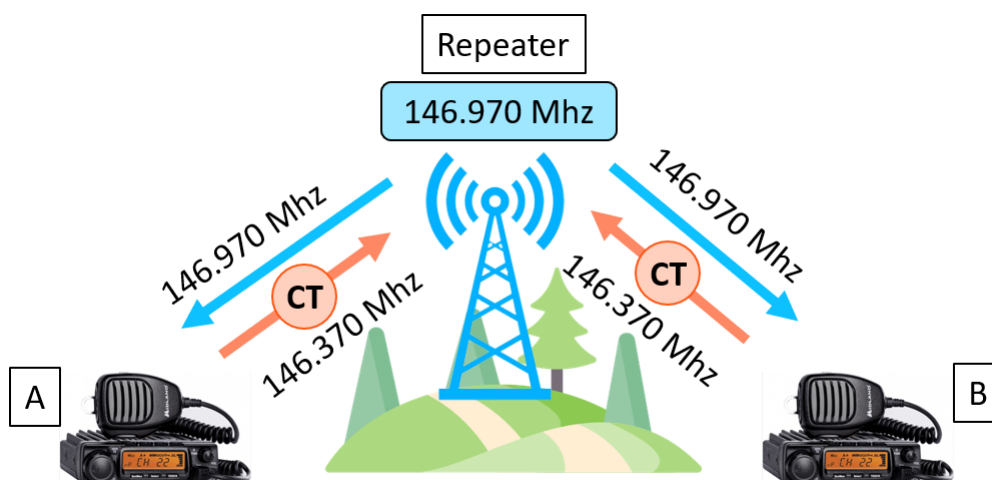
Repeater Le répéteur permet de communiquer sur des distances beaucoup plus longues.

Ce mode nécessite de saisir 3 informations :

- Output Frequency = Fréquence du répéteur = Fréquence d'émission du répéteur, ex : 146.970 Mhz
- Input Frequency = Fréquence du répéteur = Fréquence de réception du répéteur, ex : 146.370 Mhz
- Offset = Output Frequency + Offset = Input Frequency = 600 kHz pour la bande 144 – 148 MHz
- CTCSS = Tone, ex : 136 Mhz

Au moment de l'appuie sur la touche PTT l'appareil change de fréquence et passe sur 146.370 Mhz pour émettre vers le répéteur. La présence du CTCSS Tone dans le signal permet aux 2 parties A et B de communiquer.

Fonctionnement du répéteur



Credit : J.G. Gricourt

10.1 Les antennes d'émission Tx

ATU = Antenna Tuning Unit

10.2 Les antennes de réception Rx

11 Suvivalisme

La radio est très souvent associée au survivalisme car être informé est un élément essentiel lors des crises. Un certains nombre de termes sont souvent employé dans ce domaine :

- SHTF = When shit hits the fan [25]
- Preppers = désigne les survivalisme eux même, ceux qui se préparent [23]

Féquences d'urgence et canaux survivalistes [24, 1] :

Bande	Type	Canal	Fréquences	Pays
HF / Marine civile	CDA Urgence	-	2182 kHz	World
HF / CB	CDA Urgence	Canal 9	27.065 MHz	World
HF / CB	CDA	Canal 19	27.185 Mhz	World
VHF / Aviation civile	CDA Appel de détresse	-	121.5 MHz	World
VHF / Hamradio	CDA Survivaliste	-	146.520 Mhz	USA
VHF / Hamradio	CDE Survivaliste	-	146.420 MHz	USA
VHF / MURS	CDA Urgence	Canal 3	151.940 MHz	USA
VHF / Marine civile	CDA Appel de détresse	Canal 16	156.800 Mhz	World
VHF / Marine civile	CDE	Canal 72	156.6250 Mhz	World
UHF / PMR446	CDA Survivaliste	Canal 3 CTCSS 33	446.03125 / 210.7 Hz	Europe
UHF / FRS	CDA Urgence	Canal 1	462.5625 MHz	USA
UHF / GMRS	CDA Urgence	Canal 20	462.675 MHz	USA

Note : CDA = Canal d'appel, CDE = Canal de dégagement

Les américains sont très en avance sur le survivalisme et en particulier ils ont mis au point un plan d'écoute "3-3-3 Radio Plan", ce plan préconise de se connecter toutes les 3h (temps local) pendant 3 minute sur le canal 3 et ce quelque soit la bande de communication utilisée : CB (World), FRS (USA), ou MURS (USA). Le but est de maximiser les chances d'établir un contact avec d'autres survivants.

Techniques survivalistes :

- [Free Survival PDFs, Manuals, and Downloads](#)
- [3-3-3 Radio Plan for SHTF Communications](#)
- [Europe Survivalist Channels](#) (France / Europe)
- [Survival Channels](#) (USA)

11.0.1 Le trafic QRP

Le trafic QRP désigne la radio amateur émettant à faible puissance de 1 à 15 W maximum et dont l'objectif est de tenter de parcourir de grande distance.

Caractéristiques

- Il n'y a pas de lien entre la puissance de l'émission et la qualité et la puissance audio à la réception, le point critique est que le signal émit reste au dessus du "Noise Floor" à la réception.
- Pour atteindre de longue distance il n'y a pas besoin de puissance ni d'antennes spéciales car c'est la qualité de la propagation qui compte

Voir les fréquence recommandées pour cette activité : [Trafic QRP](#)

12 Math

12.1 Nyquist-Shannon

Nyquist-Shannon fait référence au théorème fondamental de la théorie mathématique du signal. Ce théorème énonce qu'afin de pouvoir reconstruire un signal analogique original à l'identique à partir de sa version échantillonnée via un processus de

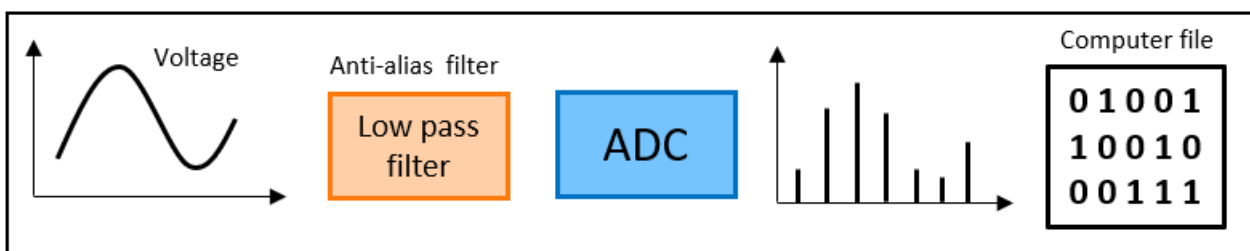
numérisation il faut impérativement que la fréquence d'échantillonnage f_s du signal soit 2 fois égale à la fréquence maximum f_{\max} contenue dans ce signal qui par ailleurs doit être fini (en durée ou en dimension) : $f_s = 2 \times f_{\max}$.

Pour reconstruire le signal, il faut :

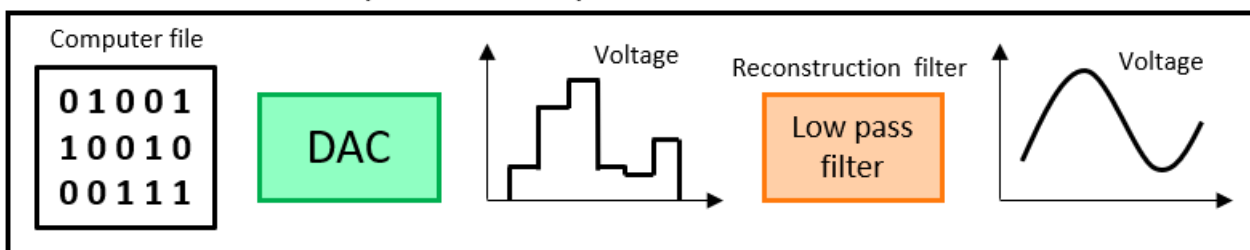
1. Passer le signal échantillonné dans un convertisseur DAC
2. Passer le signal en sortie du DAC dans un filtre analogique passe bas de fréquence de coupure idéalement : $f_c = f_s/2$.

Principe de reconstruction d'un signal

Quantization / sampling : $f_s > 2 \times f_{\max}$, f_c (filter cutoff) = f_{\max}



Reconstruction : f_c (filter cutoff) = $f_s/2$



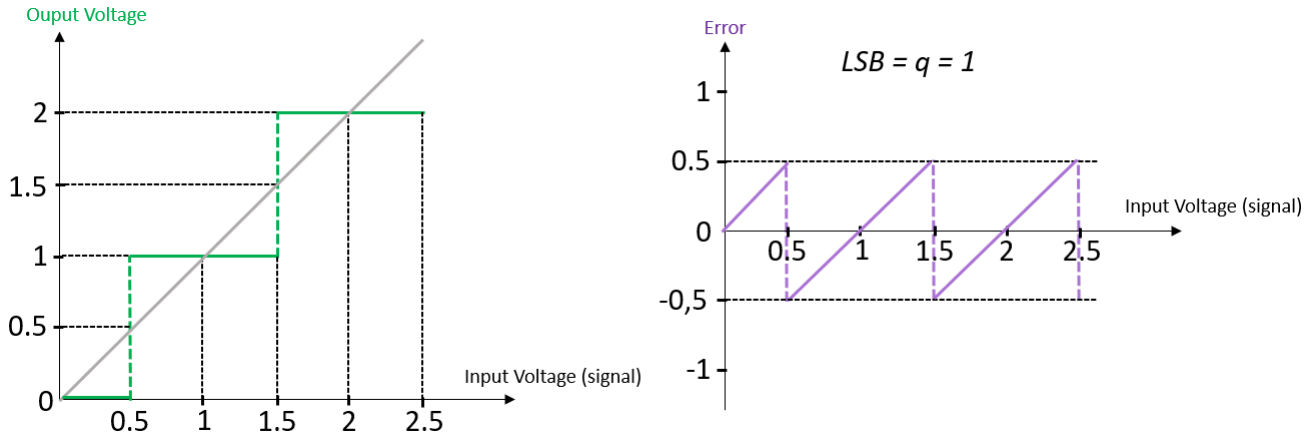
Credit : J.G. Gricourt

Le filtre passe bas ou filtre “Reconstruction Filter” permet de couper les fréquences supérieures à la fréquence d'échantillonnage f_s mais ce filtre idéal n'existe pas, en général, la fréquence de coupure préconisée est celle où le signal est atténué de 3 dB. Donc un vrai filtre laisse quand même passer des fréquences qui ne sont pas dans le signal original (qui avaient été introduits par la conversion du DAC). Il faut donc prévoir une petite marge en prenant une fréquence f_s un peu au-dessus de $2 \times f_{\max}$, par exemple pour les CD audio reproduisant le spectre 0 - 20 KHz, on prendra $f_s = 2 \times (20\text{kHz} + 2\text{kHz}) = 44\text{kHz}$.

Le nombre de bit utilisé = “Bit Depth” pour échantillonner intervient dans le niveau de bruit de quantization qui sera présent dans le signal analogique reconstruit. Plus la résolution du signal numérique est basse, ex 8bits vs 16 bits plus le “Noise Floor” du signal analogique sera élevé. Pour rendre ce bruit de quantization moins visible on peut ajouter du “Dithering” donc introduire intentionnellement du bruit blanc à bas niveau dans le signal analogique reconstruit.

Pour calculer rapport signal / bruit il faut déterminer la moyenne RMS du signal lui même et la moyenne RMS des écarts (erreur) du signal de sortie par rapport au signal d'entrée que l'ADC est sensé reproduire.

La conversion ADC et l'erreur de quantization



Credit : J.G. Gricourt

La moyenne RMS = σ d'un signal V (formule générique) : $V_{\text{RMS}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T V^2(t).dt$

La moyenne RMS = σ d'un signal V sinusoïde : $V_{\text{RMS}} = \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$

Le LSB = "Least Significant Bit" = q.

La moyenne RMS = σ du signal : $\sigma_{\text{signal}}^2 = \frac{(q \times 2^N)^2}{8}$ où $V_{\text{max}} = \frac{q \times 2^N}{2}$

La moyenne RMS = σ de l'écart (erreur) : $\sigma_{\text{noise}}^2 = \frac{q^2}{12}$

Le SNR se calcule comme suit [33] :

$$\begin{aligned} \text{SNR} &= 10 \times \log \frac{\sigma_{\text{signal}}^2}{\sigma_{\text{noise}}^2} \\ \text{SNR} &= 10 \times \log \left(\frac{(q \times 2^N)^2 \times 12}{q^2 \times 8} \right) \\ \text{SNR} &= 10 \times \log([2^N]^2 \times 1.5) \\ \text{SNR} &= 10 \times [\log([2^N]^2) + \log 1.5] \\ \text{SNR} &= 10 \times [2N \log 2 + \log 1.5] \\ \text{SNR} &= 20 \times N \log 2 + 10 \times \log 1.5] \\ \text{SNR} &= 6.02 \times N + 1.76 \end{aligned}$$

Finalement : $\text{SNR} = 6.02 \times N(\text{bits}) + 1.76\text{db}$ où N est le nombre de bit du convertisseur DAC [33].

Calcul de "Effective Number of Bits" = ENOB compte tenu d'un certain niveau de SNR réel de l'ADC, SINAD = "Signal to Noise and Distorsion Ratio" : $\text{ENOB} = \frac{\text{SINAD} - 1.76\text{db}}{6.02}$

Si l'on échantillonne à une fréquence trop basse des fréquences supérieures du signal original seront ignorées par l'échan-

tillonnage, ce qui dégradera le signal reconstruit à la fin, ce qui produira l'effet d'aliasing. L'aliasing est visible sur les images mal échantillonnées sous forme de pixels ou effets d'escalier. Le seul moyen de s'en débarrasser est de repasser le signal dans un filtre passe bas afin d'atténuer ces hautes fréquences et rendre l'image plus lisse mais moins fidèle [?] ⁶.

Pour éviter de ne pas échantillonner à partir d'une fréquence max erronée on peut pré-filtrer le signal en entrée avec un filtre passe bas ou filtre "Antialias Filter" = Antirepliement = Filtre Antialiasing qu permet de couper les fréquences supérieures à une fréquence choisie qui sera alors la fréquence max à considérer pour l'échantillonnage.

Principe de reconstruction d'un signal

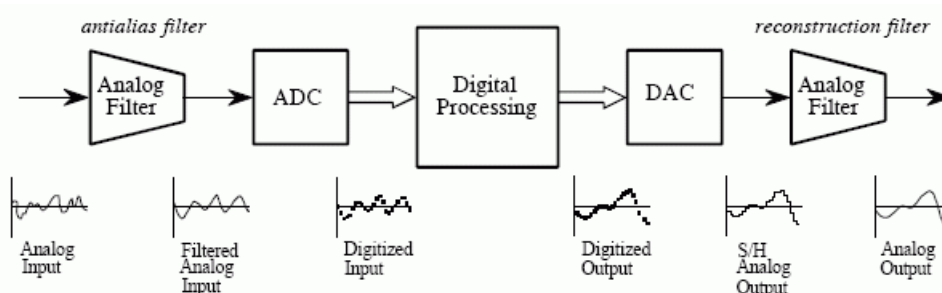


FIGURE 3-7

Analog electronic filters used to comply with the sampling theorem. The electronic filter placed before an ADC is called an *antialias filter*. It is used to remove frequency components above one-half of the sampling rate that would alias during the sampling. The electronic filter placed after a DAC is called a *reconstruction filter*. It also eliminates frequencies above the Nyquist rate, and may include a correction for the zeroth-order hold.

Credit : [Shangdawei](#)

13 Annexe

13.1 Résumé

Toutes les radios du monde :

- [Short-Wave Info](#), Identification - SW
- [The current EiBi shortwave schedules](#), Identification - SW
- [HFCC](#), Identification - SW
- [Short-Waves Schedule](#), Identification - SW
- [Signal Identification Guide](#), Identification - SW
- [Logiciel Artemis](#), Identification - SW
- [Prime Time Shortwave](#), Identification - SW
- [Radio Browser](#) Radio Online - SW
- [RadioSide](#), Radio Online
- [MediaU](#), Radio Online (source of RadioSide)
- [World of Receivers and Transmitters](#), Radio Online - SW
- [Rx Skywave Linux](#), Radio Online - SW
- [DX Atlas](#) - SW
- [DX Maps](#) - SW
- [DX Heat](#) - SW
- [Radio Reference \(USA\)](#)
- [PSK Reporter Map](#) - Ham Radio

6. Wikibooks : [Sampling and Reconstruction](#)

- [Amateur Sond Hub](#) - Weather Baloons
- [Carto Radio](#) - Cartographie des émetteurs en France
- [Web SDR](#) - SW
- [QSL - Prediction](#) - Prediction - Ham Radio, SW
- [Ham QSL](#) - Prediction - Ham Radio, SW

Blogs / sites :

- [OfficialSWLchannel](#), SW - Gilles Letourneau (Montreal Canada)
- [The SWling Post](#), SW - Thomas (USA)
- [Radiojayallen](#) (test matériel), SW - Jay Allen (USA)
- [Passion SWL](#) - Ham Radio (France)
- [F5SVP](#) - Ham Radio (France)
- [Tech Minds](#) - Ham Radio (USA)
- [ARR](#) - The National Association for Amateur Radio (USA)
- [K4LST - Amateur Radio Videos](#) - Ham Radio (USA)

Résumé des bandes principales de radio diffusion (en vert les diffusions amateurs) :

Bande	Pays	Type	Plage	Publique	Accès	Urgence
Radio GO = AM		LW	153 - 279 Khz	Radiodiffusion	Licence	
Radio PO = AM		MW	525 - 1605 Khz	Radiodiffusion	Licence	
Radio OC = AM		SW = HF	2.310 - 25.820 Mhz	Radiodiffusion	Licence	
Ham Radio	Monde	HF	3.5 - 30 Mhz	Amateur	Licence	2182 kHz
CB	Monde	HF	27 Mhz	Amateur	Free	Canal 9
Radio FM	Japon	FM	76 - 90 Mhz	Radiodiffusion	Licence	
Radio FM	Europe	FM	87.5 - 108 Mhz	Radiodiffusion	Licence	
Ham Radio		VHF	114 - 146 Mhz	Amateur	Free	
VHF Aviation		VHF	117 - 137 Mhz	Aviation	Licence	121.5 Mhz
Ham Radio	Monde	VHF	144 - 148 Mhz	Amateur, Satellites, APRS		
VHF Marine		VHF	156 - 162 Mhz	Marine	Licence	Canal 16
Ham Radio		UHF	430 - 440 Mhz	Amateur	Free	
Walkie-Talkie PMR446	Europe	UHF	446 Mhz	Amateur	Free (16 canaux)	Canal 3 CTCSS 33
Walkie-Talkie GMRS	USA	UHF	462.5625 - 467.7125 Mhz	Amateur	Licence	

13.2 Glossaire

Terminologie de la radio diffusion :

Nom	Signification
LF	Long waves
MF	Medium waves
HF	High waves
VHF	Very high waves
AIR	VHF Aviation
UHF	Ultra high waves
SHF	Super high waves
LW = LF = GO = "AM radio"	Long waves
MW = MF = PO = "AM radio"	Medium waves
SW = HF = OC	Short waves
BFO	Beat Frequency Oscillator, c'est le composant électronique permettant de tuner les transmissions HF en mode SSB
VFO	Variable Frequency oscillator, c'est le composant électronique permettant de générer le signal radiofréquence de l'émetteur de type analogique superheterodyne
GO	Grandes ondes
PO	Petites ondes
OC	Ondes courtes
AM	Amplitude Modulation
FM	Frequency Modulation
CB	Citizen Band
BLU	Bande Lateral Unique
SSB = BLU	Single Side Band
SWL	Short Waves Listener
CTCSS	Continuous Tone Code Squelch System
DCS	Continuous Digital Tone Code Squelch System
DCS	Digital Code Squelch
PTT	Push To Talk

Credit : <https://www.dxing.com/swrx.htm>

Nom	Signification
APRS	Automatic Packet Reporting System
PMR	Professional Mobile Radiocommunication
GMRS	General Mobile Radio Service
FRS	Family Radio Service
MURS	Multi-Use Radio Service
Callsign	Un identifiant unique désignant une station de radio
ISS	International Space Station
AIS	Automatic Identification System
SMDSM	Système Mondial de Détresse et de Sécurité en Mer
CROSS	Centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage
CW	Code morse par radio
AGC	Gain automatique permettant de stabiliser l'intensité audio d'une réception.
SDR	Software Defined Radio : la radio par logicielle
D-STAR	Communications voix et données amateur sur les bandes radios (Japon)
FSK	Frequency-shift keying (un type de modulation FM)
QSO	Désigne un contact dans le monde Ham et de la CB
QSL	Désigne une carte postale envoyée par la station de radio avec laquelle on a établi un contact
CQ	Indique un appel en mode broadcast à tout ceux qui écoutent
WSJT-X	Weak Signal communication by K1JT, modes de transmission pour signaux faibles (messages court)s
FT8	Franke-Taylor design, un mode de transmission faisant partie des mode du WSJT-X
AGC	Automatic Level Control, circuit de type loop permettant au gain de l'amplificateur de rester constant (même niveau sonore) quelque soit l'amplitude de la station AM écoutée qui peut varier

Credit : <https://www.dxing.com/swrx.htm>

Comment obtenir une carte QSL :

- [My tutorial on how to request QSL cards!](#)
- [SWL QSL Card Museum](#)
- [South East Asia DXing](#)

Liste des codes Q du monde Ham ⁷ :

7. [Wikipedia - Q Codes](#)

Nom	Signification
QRM	Man-made interference, interference from other stations.
QRN	Natural interference, typically static or crashing from thunderstorms.
QRP	Low power transmit, generally 5W or less.
QRT	Quitting; stopping transmission or shutting down station.
QRZ	Who is calling me?
QSB	Fading signal.
QSL	I acknowledge receipt; also confirmation of contact.
QSO	Conversation, radio contact and exchange.
QSY	Change frequency.
QTH	Location.

Credit : <https://www.radioqth.net/qcodes>

Liste de radios notables :

- [Voice Of America](#)
- [BBC World Service](#)
- [Radio France International](#)
- [Radio Romania International](#)
- [China Radio International](#)
- [Radio Vatican](#)
- [Radio Pamela](#) Radio Pirate - 7.575 Mhz, 11.155 Mhz

Liste de station émettrices originales :

- RTTY : donnée text (météo)
- Stanag : donnée text cryptée (militaire)
- FAX : donnée image (carte météo)
- FAV22.M51 : morse militaire
- [Enigma 2000](#)
- [Ringway Manchester](#)
- [Stalingrad Ticking Clock](#) - 6.911 Mhz
- [Number Stations](#)
- [Pip Soviet Stations](#) - 5.448 Mhz (day), 3.756 Mhz (night)
- [UBV-76 The Buzzer \(Russian\)](#) - 4.625 Mhz
- [S32 The Squeaky Wheel](#) - 3.830 Mhz
- [Shannon Volmet](#) - 3.413 Mhz
- [Alphabet Station](#) - 9.130 Mhz

Liste de récepteur radios multi-band :

- [Tecsun PL-680 : Full review of the Tecsun PL 680 Shortwave AM FM LW and Air Band Receiver radio](#)
- [Tecsun PL-990x : Tecsun PL-990/PL-990X AM/SW/LW/MP Bluetooth MP3 Player](#)
- [Grundig Satellite 800](#)
- [Flexradio](#)
- [Radiomaster List](#)

Type de démodulation FM de récepteurs :

- Heterodyne
- Superheterodyne
- PLL : Phase-locked loop

Références

- [1] [Affectation des voies VHF dans le service mobile maritime](#), Agence Nationale des Fréquences
- [2] [Lecture in Physics - Electrical Communications](#), A.L. Albert
- [3] [Répartitions Et Utilisations Des Fréquences Radioamateurs](#),
- [4] [15EC304 - Antenna and Wave Propagation](#), T. Deepa
- [5] [RadioAmateur : revue de la HF + VHF + UHF](#), F4ISB
- [6] [La réflexion ionosphérique](#) Radio Club Saint Quentin en Yvelines
- [7] [A Model for Sporadic E: Meteors+Wind Shear+Lorentz Force](#), Flavio Egano, IK3XTV - Sept/Oct 2013
- [8] [Mieux connaître la RF: les avantages et les inconvénients des ondes radio AM, FM et radio](#), Fmuser
- [9] [Ground-Wave Propagation](#), Funda Akleman
- [10] [Critical frequency](#), Gautam Saxena
- [11] [Shortwave 101 Beginners series](#), Gilles Letourneau - OfficialSWLchannel
- [12] [Eton Elite 750 Tips and tricks on Tuning SSB](#), Gilles Letourneau - OfficialSWLchannel
- [13] [Ionospheric effects on position estimation in GPS system](#), GNSS
- [14] [What Does the Solar Flux Index Mean?](#), Heartland Amateur Radio Club
- [15] [Iss fanclub Europe](#), Iss fanclub Europe
- [16] [Ionospheric Propagation](#), Jairam Sankar
- [17] [Basics of Shortwave Radio Propagation](#), KW2P - 11/07/2023
- [18] [Sporadic-E Radio Propagation](#), KW2P - 20/03/2023
- [19] [Monitoring Times Hot 1000 HF Frequencies \(Military\)](#), Larry Van Horn
- [20] [Les fréquences attribuées](#), Leradioscope
- [21] [Ionosphere](#), Marcel H. De Canck
- [22] [Major World Air Route Areas \(MWARA\) Frequencies \(Civil Aviation\)](#), Peter Ivakitsch
- [23] [Preppers France](#), Preppers France
- [24] [3-3-3 Radio Plan for SHTF Communications](#), RadioMaster Reports
- [25] [SHTF – Qu'est-ce que cela signifie et comment pouvez-vous y survivre?](#), Quebec Preppers
- [26] [Radio Wave Propagation](#), Rajni Asstt . Professor(ECE) SBSSTC - slide 15/57
- [27] [Signal Identification Guide](#)
- [28] [SDRPLAY SDRUno ADSB Plugin - Suivi facile des avions](#), Tech Minds - 2022
- [29] [Radio Wave Propagation and Antennas](#), Testbook
- [30] [Tuning 150 kHz to 30 MHz](#), Universal Radio Research
- [31] [Solar Ham](#), VE3EN Amateur Radio (USA)
- [32] [Plasma Waves in the Sun](#), Vipin K. Yadav
- [33] [Taking the Mystery out of the Infamous Formula, \$SNR=6.02N + 1.76dB\$](#) , Walt Kester - 2009
- [34] [Plasma Waves in the Sun](#), Vipin K. Yadav
- [35] [Understanding HF](#), Doron Tal, QSL
- [36] [HF bands allocated for radio amateurs and their characteristics](#), Doron Tal, QSL
- [37] [Propagation ionosphérique](#), Wikipedia