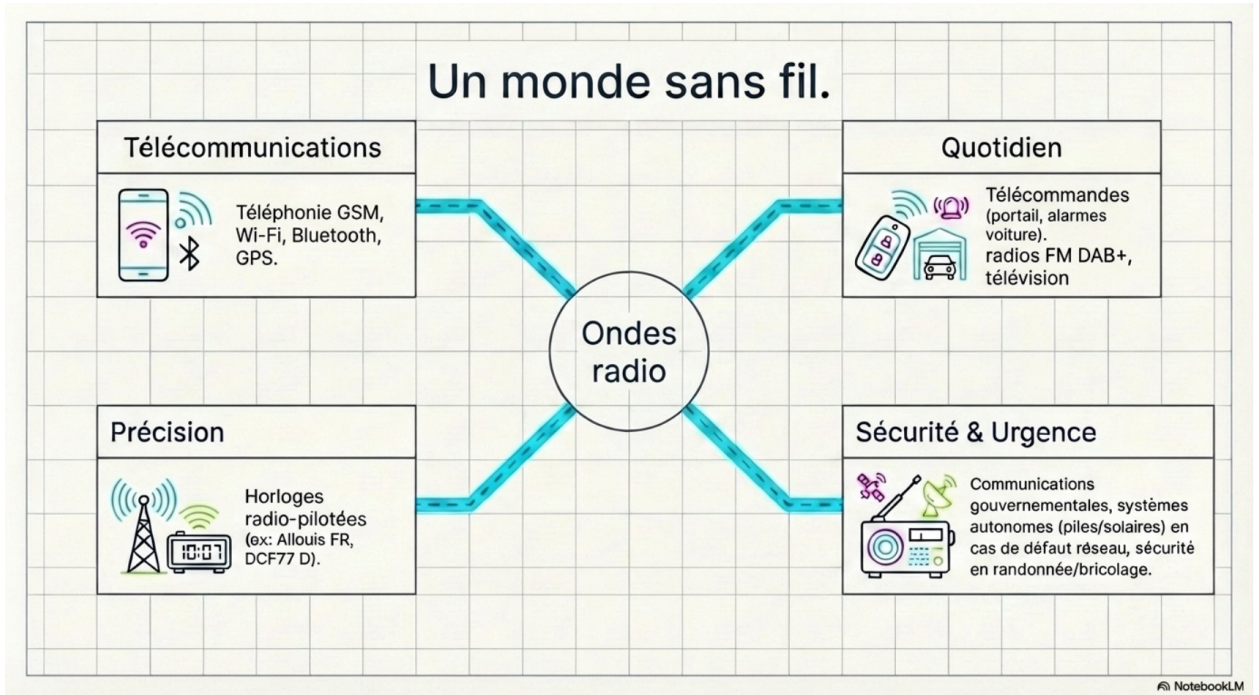


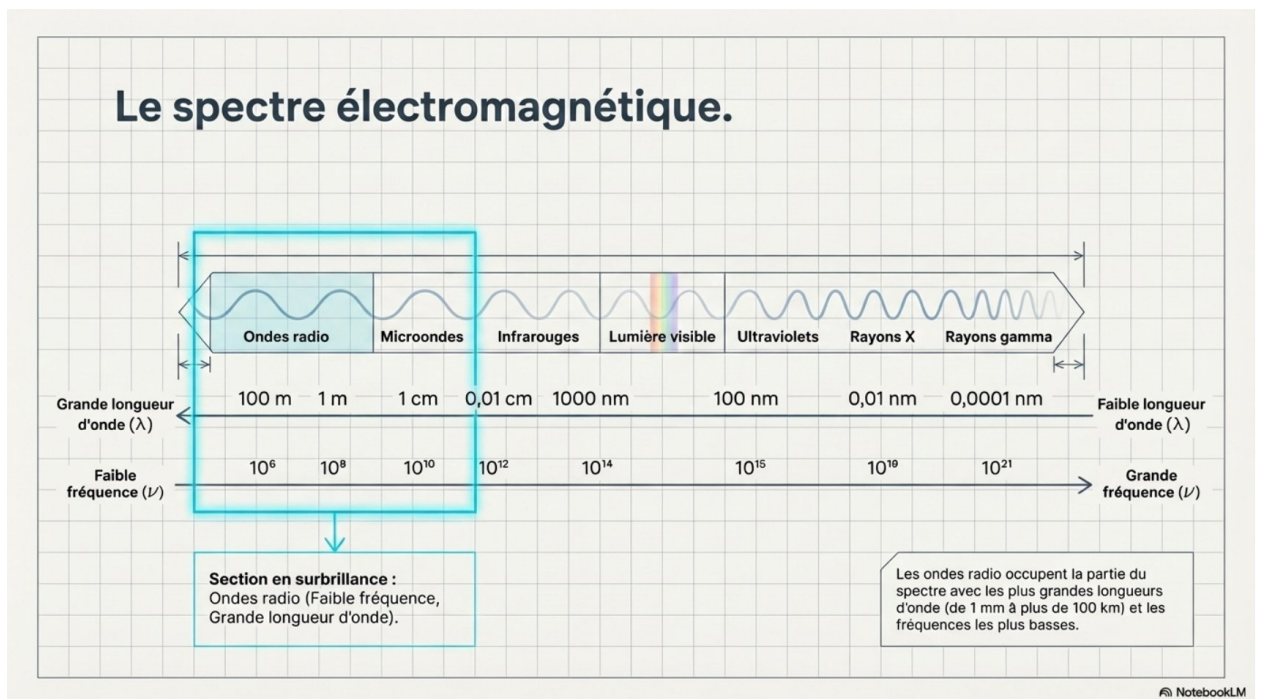
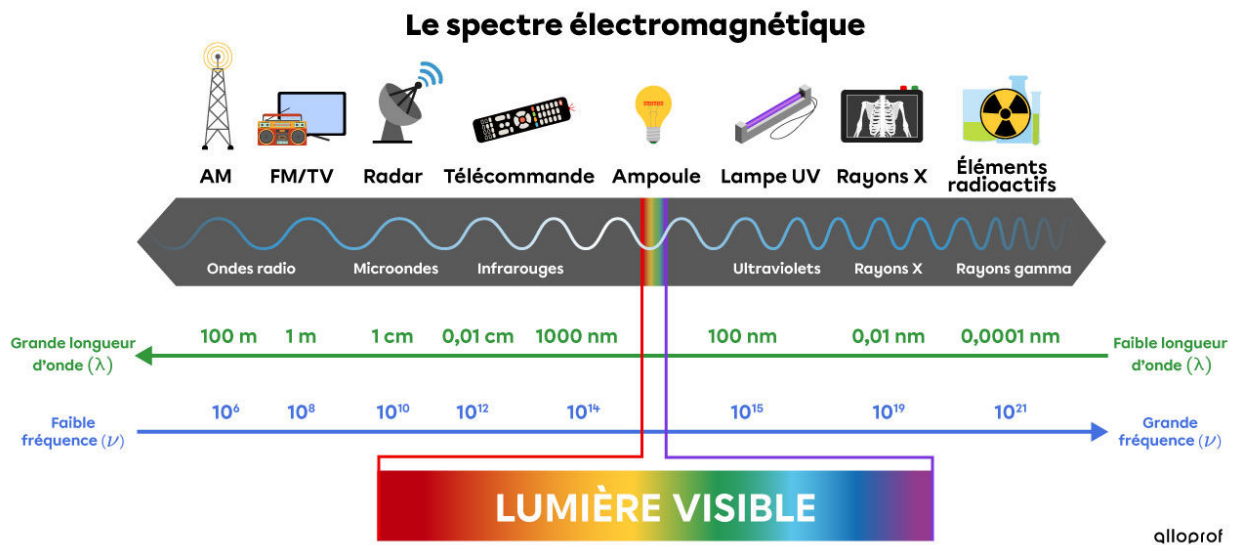
Communications Radio :

Principes, Modulations et Réglementations



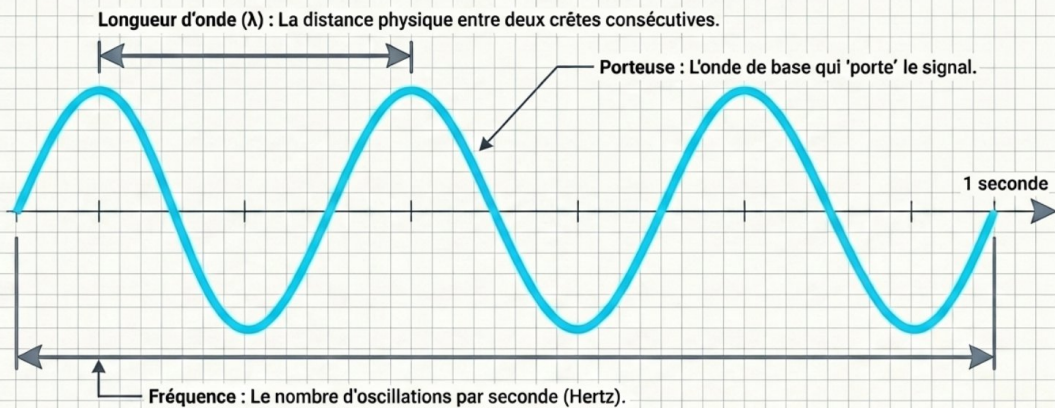
1. Principes de la Radio

Le Spectre Électromagnétique



- **Vitesse de propagation :** Environ 300 000 km/s.
- **Longueur d'onde (λ) :** Distance parcourue par l'onde pendant une seconde (ou un cycle).

Anatomie d'une onde



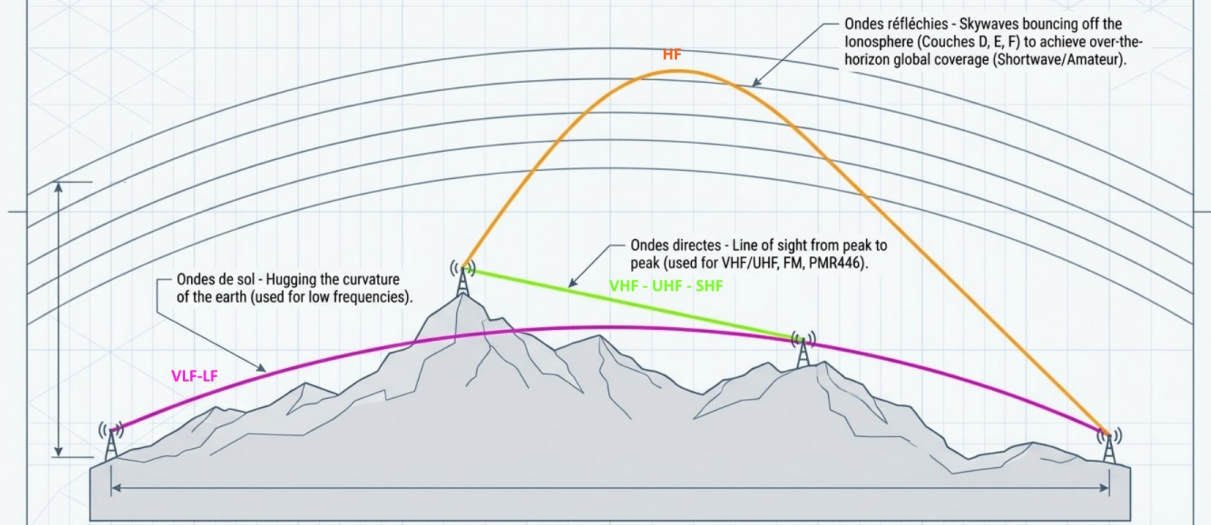
$$\text{Formule : Longueur d'onde } (\lambda) = \frac{\text{Vitesse de la lumière } (c)}{\text{Fréquence } (f)}$$

300 000 km/s
(La vitesse de la lumière). C'est la vitesse constante à laquelle toutes les ondes radio se propagent.

NotebookLM

- **Propagation :** Les ondes peuvent être directes (VHF, UHF, SHF), réfléchies par l'ionosphère (couches E et F entre 90 et 650 km d'altitude ondes HF) ou suivre le sol (VLF, LF). Certaines couches, comme la couche D (50 km), peuvent absorber les ondes. La propagation des ondes réfléchies dépend pour beaucoup de l'activité solaire. Elle est donc variable suivant les saisons, le jour, la nuit...

La propagation des ondes.

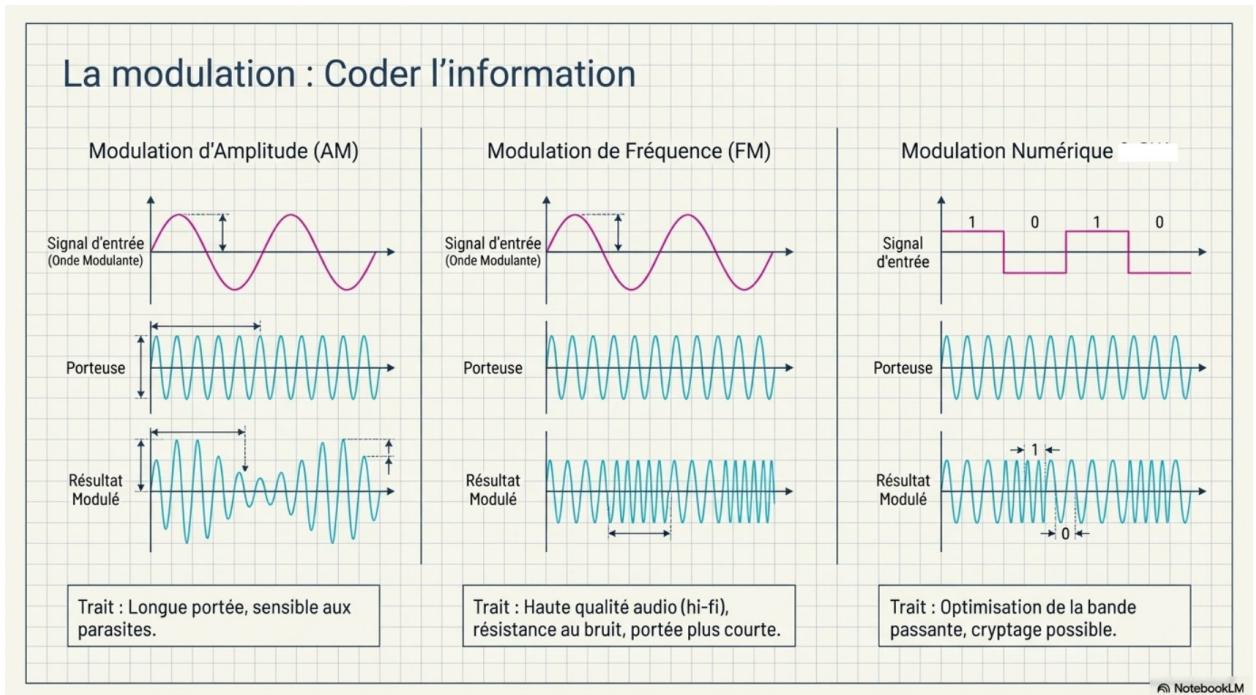


NotebookLM

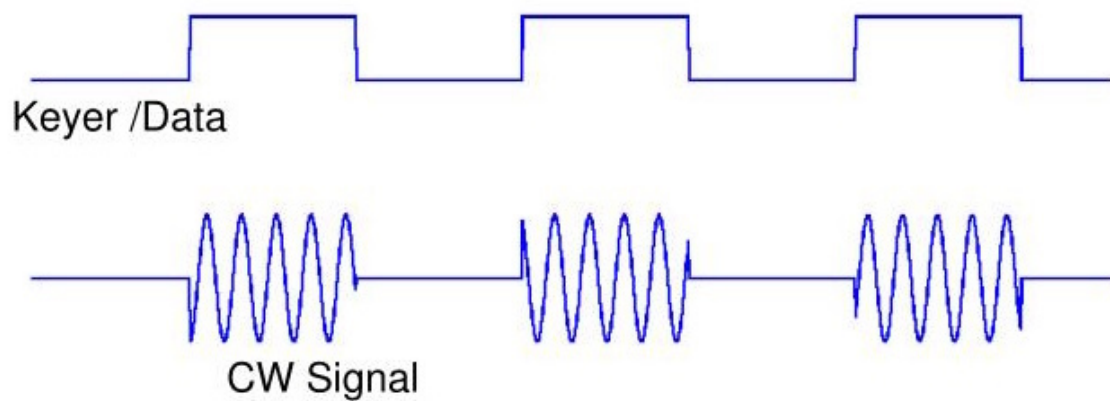
La Modulation

La modulation est le processus consistant à coder l'information (signal modulant basse fréquence) sur une onde porteuse (haute fréquence).

A la réception, l'opération inverse s'opère : le signal est démodulé, on supprime l'onde porteuse haute fréquence pour récupérer l'information transmise.



CW Modulation (=MORSE)



Type de Modulation	Description Technique	Caractéristiques et Usages
AM (Amplitude)	Variation de l'amplitude de la porteuse.	Sensible au bruit ; utilisée pour la radiodiffusion (GO, PO, OC).
FM (Fréquence)	Variation de la fréquence de la porteuse.	Brevetée par Edwin Armstrong en 1933 ; résistante aux interférences, haute fidélité.
PM (Phase)	<i>Variation de la phase de l'onde.</i>	<i>Souvent utilisée dans les systèmes numériques complexes.</i>
CW (Continuous Wave)	Modulation par tout-ou-rien (On/Off).	Format le plus simple du mode numérique, utilisé pour le Code Morse.
Numérique	Codage de l'information en bits (0 et 1).	Meilleure efficacité spectrale, permet le chiffrement et la messagerie texte.

2. Les Antennes

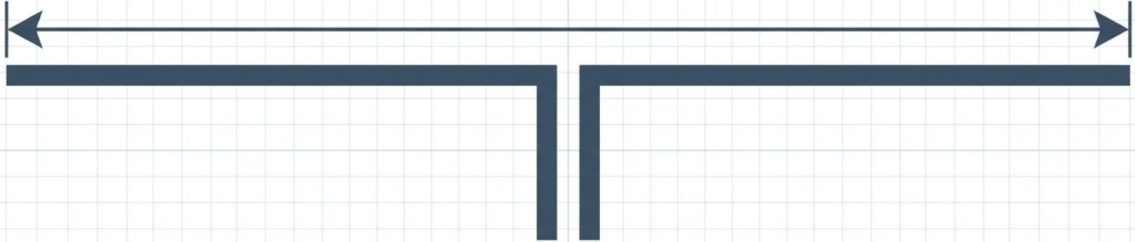
L'antenne est l'élément de transition entre le circuit électronique et l'espace libre. Sa dimension est directement liée à la longueur d'onde (λ).

Antennes de base

- **Doublet (Demi-onde)** : Longueur totale de $L = \lambda / 2$. C'est une antenne bidirectionnelle (rayonnement perpendiculaire à l'axe). Gain de 2,15 dBi.

La taille compte :
La règle de la demi-onde

$$L = \lambda / 2$$



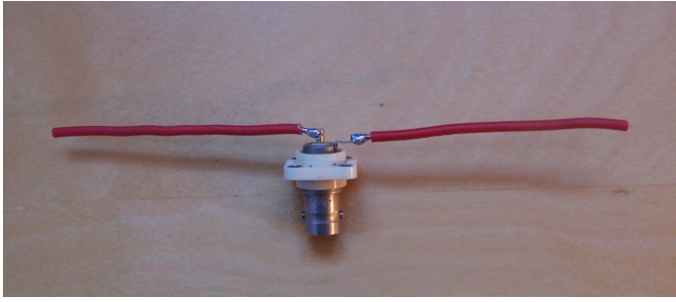
Pour qu'une antenne résonne efficacement, sa taille physique doit être mathématiquement proportionnelle à la longueur d'onde du signal qu'elle transmet ou reçoit. L'antenne de base est le doublet demi-onde.

- Impédance $Z = 73 \Omega$
- Gain = 2,15 dBi
- Pas de plan de sol nécessaire.

© NotebookLM



Antenne FM demi-onde extérieure (VHF)



Antenne demi-onde minimaliste !

Comment fabriquer une antenne FM : [WIKIHOW](#)

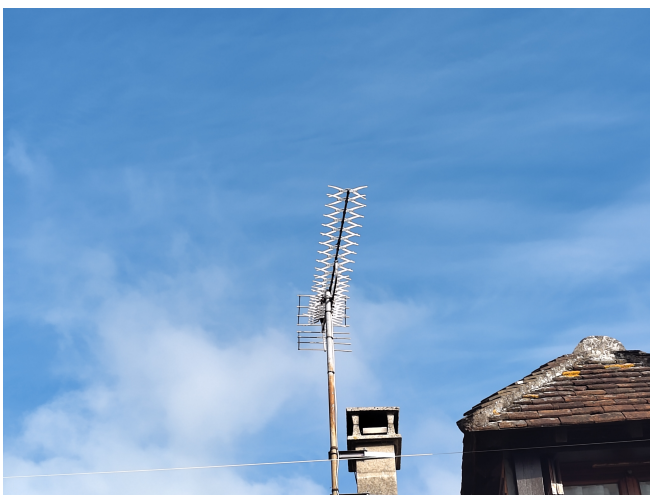
- **Quart d'onde (Ground Plane)** : Nécessite un plan de sol (terre, carrosserie). Elle est omnidirectionnelle avec un gain inférieur à 2,5 dBi.



- **Yagi-Uda** : Antenne directionnelle composée d'un radiateur, d'un réflecteur et de plusieurs directeurs. Elle offre un gain élevé et une forte directivité.



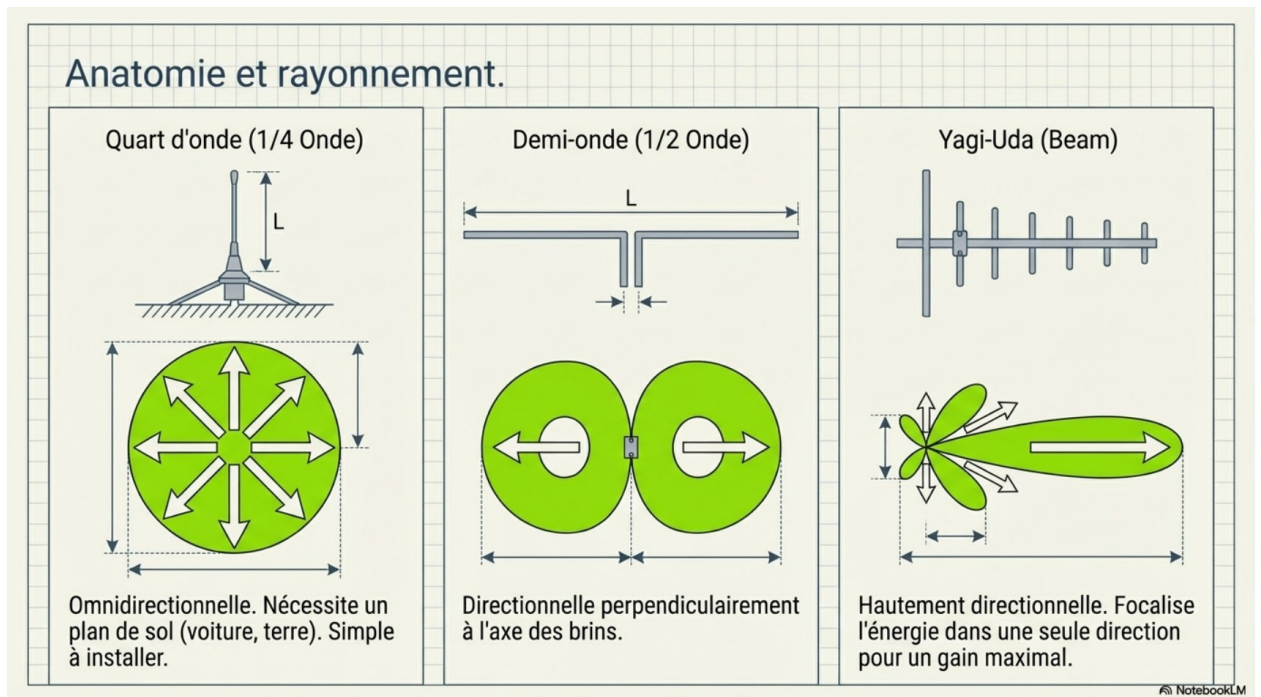
Antenne YAGI « maison » réalisée avec l'impression 3D, tube électrique « IRO » vraisemblablement bande UHF (PMR 446)



Antenne TV « YAGI » bande UHF

Rayonnement

Le diagramme de rayonnement illustre la répartition de l'énergie dans l'espace (vue de dessus ou de côté). Par exemple, une antenne isotropique (théorique) rayonne uniformément dans toutes les directions, tandis qu'une Yagi concentre son énergie dans un faisceau étroit.



3. Cadre Réglementaire et Services de Radio

En France, l'ANFR (Agence Nationale des Fréquences) gère le spectre et veille à l'absence de brouillages, tandis que l'ARCEP assigne les fréquences.

Services Spécialisés

- **Aviation Civile** : Bande 108 MHz à 137 MHz. Utilise un espacement de canaux de 8,33 kHz (obligatoire en Europe depuis 2017) ou 25 kHz.
Utilisation réservée, écoute libre.
- **Marine** : Bande 156 MHz à 162,025 MHz, divisée en 57 canaux.
Obligatoire pour naviguer à plus de 6 miles nautiques des côtes. Nécessite une licence (examen) pour émettre. Écoute libre.
- **Radioamateurs** : Nécessite un examen technique. Les bandes sont attribuées à titre exclusif (ex: 144-146 MHz) ou partagé (ex: 430-434 MHz). Écoute libre.
Simulation d'un examen radio-amateur :
Site officiel ANFR : [Examen](#)
Entraînement à l'examen : [exam1](#)

Radiodiffusion et Télévision : public

- **AM** : France Inter (Allouis) sur 162 kHz. Émetteurs de forte puissance (jusqu'à 2 GW historiquement).
En Europe il n'y a plus que la BBC qui émet encore en GO.
Émetteurs AM GO historiques : France inter, Europe1, RTL, RMC.
- **FM** : Bande 88-108 MHz.
[FM et DAB+ à Château-Renault](#)

Tableau DAB+ : canaux / fréquences

Frequency	Label	Frequency	Label	Frequency	Label
174.928MHz	5A	199.360MHz	8C	220.352MHz	11C
176.640MHz	5B	201.072MHz	8D	222.064MHz	11D
178.352MHz	5C	202.928MHz	9A	223.936MHz	12A
180.064MHz	5D	204.640MHz	9B	224.096MHz	12N
181.936MHz	6A	206.352MHz	9C	225.648MHz	12B
183.648MHz	6B	208.064MHz	9D	227.360MHz	12C
185.360MHz	6C	209.936MHz	10A	229.072MHz	12D
187.072MHz	6D	210.096MHz	10N	230.784MHz	13A
188.928MHz	7A	211.648MHz	10B	232.496MHz	13B
190.640MHz	7B	213.360MHz	10C	234.208MHz	13C
192.352MHz	7C	215.072MHz	10D	235.776MHz	13D
194.064MHz	7D	216.928MHz	11A	237.488MHz	13E
195.936MHz	8A	217.088MHz	11N	239.200MHz	13F
197.648MHz	8B	218.640MHz	11B		

- **TNT** : Télévision Numérique Terrestre diffusée en UHF via des multiplex (R1 à R9).
Exemple de fréquences : Canal 42H (642 MHz) pour le multiplex R1 à Chissay.


Réception TV à Château-Renault : [ARCOM : couverture TNT](#)

- **Cartoradio** : Service de l'ANFR permettant de localiser les antennes relais et les émetteurs sur le territoire : Radio TV GSM (BOUYGUES, FREE, SFR, ORANGE)
<https://www.cartoradio.fr/index.html#/cartographie/lonlat/1.12073421/47.36714535>

4. Le PMR446 (Communications sans licence)

Le PMR446 est une norme européenne pour les communications à courte distance (talkies-walkies).

PMR446 : La radio libre



- **Fréquence** : 446.0 - 446.2 MHz (UHF).
- **Puissance max** : 500 mW (limite légale).
- **Modulation** : Modulation de fréquence (FM).
- **Matériel** : Antenne intégrée inamovible obligatoire. Pas de répéteurs fixes autorisés.
- **Réglementation** : Sans licence, gratuit, norme européenne (CEPT).
- **Avantages** : Indépendant des réseaux cellulaires, communication de groupe instantanée. Portée jusqu'à 6 km selon le terrain.

© NotebookLM

Canaux et Usages Conventionnels

Canal	Fréquence (MHz)	Usage Fréquent
01	446.00625	Route, Chasseurs (CTCSS 71.9 Hz)
03	446.03125	Preppers / Survivalistes (CTCSS 210.7 Hz)
07	446.08125	Radio Rando Montagne (CTCSS 85.4 Hz)
08	446.09375	Appel, Détresse (8/16 en Italie avec CTCSS 114.8 Hz)
09	446.10625	Détresse et catastrophes (PMR/DMR)

Pour aller plus loin :

- [Le squelsh sélectif](#)
- [Communication radio sans licence](#)

5. La CB (Citizen Band : 27Mhz)

- Communications libres sur les fréquences 27,185 MHz à 27,995 MHz (40 canaux) en modulation AM et FM
- Les stations peuvent être mobiles (auto / poids lourds) ou fixes
- Puissance maximum 4W
- De moins en moins utilisé, sauf en longue distance (DX) avec des postes plus puissants émettant en modulation « BLU – Bande Latérale Unique) . Ce type d'activité s'apparente à celle de radio-amateurs , mais sans nécessité de passer un examen de compétences.
- Pour aller plus loin : <https://le-cibiste.blogspot.com/>

6. Nouvelles Technologies et Réseaux de Données

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)

Réseau basse consommation dédié à l'Internet des Objets (IoT).

- **Fréquence** : 868 MHz (Europe).
- **Portée** : Jusqu'à 15 km en zone rurale.
- **Débit** : Très faible (0,3 à 50 kbps), adapté aux capteurs.
- **Sécurité** : Chiffrement AES-128.

Pour aller plus loin :

<https://www.youtube.com/watch?v=mMC2ohdds18>

[LoraWan-Wikipedia](#)

Meshtastic

Réseau local décentralisé (Mesh) utilisant la technologie LoRa (900 MHz).

- **Fonctionnalités** : Messagerie texte, partage de position GPS sans réseau cellulaire.
- **Avantages** : Chiffrement de bout en bout, matériel open source, idéal pour les zones blanches ou les situations de crise.

Pour aller plus loin : <https://www.youtube.com/watch?v=B57CAPJuVL8>

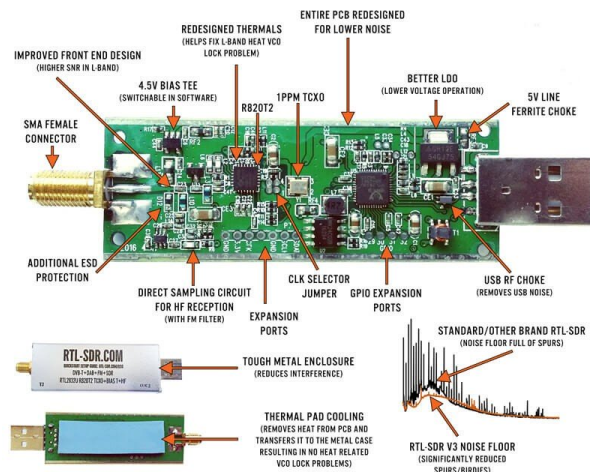
7. Outils d'Écoute et Observation

L'écoute des fréquences non cryptées est libre. Des outils modernes permettent une exploration facilitée :

- **SDR (Software Defined Radio) : Clés USB (type RTL-SDR)** permettant de transformer un ordinateur en récepteur large bande (500 kHz à 2 GHz) pour un coût modique (30-40 €).



WHAT MAKES OUR RTL-SDR V3 BETTER THAN OTHERS?



- **WebSDR : Récepteurs radio accessibles via un navigateur internet** (ex: sites de Tours ou Bordeaux).

Site de Tours (Radio club F6KCI) : <https://sdr.ref37.fr/#freq=145725000,mod=nfm,sql=-150>

Site de Bordeaux : <http://ham.websdrbordeaux.fr:8000/>

Liste des WebSDR : <http://websdr.org/>