

Le spectre radioélectrique

Sommaire

1. Fréquences et longueurs d'ondes
2. Spectre radioélectrique
3. Organisation mondiale de la radio
4. Attribution des fréquences
5. Services de radiocommunication
6. Gestion des fréquences
7. Service amateur – bande des 2 m

Le spectre radioélectrique

Sommaire

8. Écoute de divers services
9. LF - Ondes kilométriques
10. MF - Ondes hectométriques
11. HF - Ondes décamétriques
12. VHF - Ondes métriques
13. UHF - Ondes décimétriques
14. SHF - Ondes centimétriques

1 Fréquences et longueurs d'ondes

Aux fréquences radio correspondent des longueurs d'ondes

La relation entre fréquence et longueur d'onde est donnée par une formule de base de la physique :

Fréquence x longueur d'onde = vitesse de la lumière

Téléphone mobile GSM 900 MHz :

$$900 \text{ MHz} \times 33 \text{ centimètres} = 300.000 \text{ km/s}$$

Radio FM sur 100 MHz :

$$100 \text{ MHz} \times 3 \text{ m} = 300.000 \text{ km/s}$$

Radio en Grandes Ondes (BBC) :

$$200 \text{ kHz} \times 1.500 \text{ m} = 300.000 \text{ km/s}$$

2 Spectre radioélectrique

Spectre radioélectrique			
Dénomination		Fréquence	Longueur d'onde
Ondes myriamétriques	VLF	de 3 kHz à 30 kHz	de 100 km à 10 km
Ondes kilométriques	LF	de 30 kHz à 300 kHz	de 10 km à 1 km
Ondes hectométriques	MF	de 300 kHz à 3 MHz	de 1 km à 100 m
Ondes décamétriques	HF	de 3 MHz à 30 MHz	de 100 m à 10 m
Ondes métriques	VHF	de 30 MHz à 300 MHz	de 10 m à 1 m
Ondes décimétriques	UHF	de 300 MHz à 3 GHz	de 1 m à 100 mm
Ondes centimétriques	SHF	de 3 GHz à 30 GHz	de 100 mm à 10 mm
Ondes millimétriques	EHF	de 30 GHz à 300 GHz	de 10 mm à 1 mm

3 Organisation mondiale de la radio

5

L'Union Internationale des Télécommunications (UIT) est l'administration de l'ONU en charge des radiocommunications

L'UIT établit le Règlement des Radiocommunications (RR), document mis au point lors de conférences internationales. Chaque pays appartenant à l'ONU vote les résolutions de l'ordre du jour (1 pays = 1 voix)

Les utilisateurs des fréquences sont répartis en « Services de Radiocommunication », une quarantaine, dont par exemple le service de radiodiffusion (radio et télévision), le service aéronautique (communications des avions), le service maritime (communications des navires), et les services amateur et amateur par satellite

Le monde est divisé en 3 régions avec de légères différences dans la répartition des fréquences entre service :

- * région 1 : Europe, Russie, Moyen-Orient, Afrique
- * région 2 : Amériques et Groenland
- * région 3 : Asie, Australie, Océanie

4 Attribution des fréquences

6

Le Règlement des Radiocommunications contient un grand tableau définissant les attributions des bandes de fréquences aux services de radiocommunication, et ce dans les 3 régions

Exemple de la bande 144-149,9 MHz

Région 1	Région 2	Région 3
144-146 AMATEUR AMATEUR PAR SATELLITE		
146-149,9 FIXE MOBILE sauf mobile aéronautique	146-148 AMATEUR	146-148 AMATEUR FIXE MOBILE
	148-149,9 FIXE MOBILE	

5 Services de radiocommunication

7

Le Règlement des Radiocommunications définit les services suivants, terrestres ou par satellite :

- * amateur
- * auxiliaires de la météorologie
- * exploitation spatiale
- * exploration de la terre par satellite
- * fixe, fixe aéronautique, fixe par satellite
- * fréquences étalon et signaux horaires
- * mobile terrestre, aéronautique, maritime
- * radioastronomie
- * radiodiffusion
- * radiolocalisation, radionavigation, radiorepérage
- * recherche spatiale

6 Gestion des fréquences

A partir du tableau général d'attribution des fréquences, chaque pays gère en interne les besoins dans sa population et attribue des fréquences précises aux utilisateurs qui font la demande d'une licence ainsi que des indicatifs radio internationaux

Plusieurs administrations sont en charge de ces attributions

Par exemple, la fréquence 98,4 MHz n'est pas un choix de Yvelines FM mais une décision de l'administration qui a fixé également la puissance d'émission

Le service amateur gère lui-même ses attributions de fréquences par segments de bandes, par l'intermédiaire de 3 associations, IARU région 1, IARU région 2 et IARU région 3

Exemple de la bande des 2 mètres en région 1

7 Service amateur - bande des 2 m ⁹

144,000-144,150	TELEGRAPHIE
144, 150-144,400	TELEPHONIE EN BANDE LATERALE UNIQUE
144, 400-144,500	BALISES DE TEST DE LA PROPAGATION
144,500-144,800	TOUS MODES
144,800-145,000	MODES NUMERIQUES
145,000-145,200	ENTREE DES RELAIS TELEPHONIE
145,200-145,600	TELEPHONIE FM
145,600-145,800	SORTIE DES RELAIS TELEPHONIE
145,800-146,000	TRAFIC SATELLITE

8 Ecoute de divers services

L'écoute du service de radiodiffusion (radio et télévision) est naturellement libre

Pour les autres services de radiocommunication, il est écrit qu'il n'est pas interdit de les écouter mais que l'on ne doit pas divulguer d'informations entendues

Quelqu'un s'intéressant à l'aviation, aux bateaux, ou à l'activité radioamateur, trouvera un intérêt à écouter les bandes aéronautiques, maritimes ou celles du service amateur

Nous allons à présent faire de l'écoute de divers services de radiocommunication, en parcourant le spectre radioélectrique dans le sens montant des fréquences et descendant des longueurs d'ondes

9 LF - Ondes kilométriques

de 30 kHz à 300 kHz – de 10 km à 1 km		
Type de propagation	Propagation en onde de sol ou de mer à grande distance (plus de mille kilomètres) Les ondes kilométriques pénètrent dans l'eau sous la surface De nuit les réflexions ionosphériques sur la couche E augmentent la portée et les interférences	
Communications avec les sous-marins	Fréquences inconnues	Couverture internationale Puissance d'émission très importante Sous-marins en écoute, pas d'émission
Signaux horaires pour montres et horloges automatiques	Rugby (MSF) 60 kHz Nyons (HBG) 75 kHz Francfort (DCF7) 77,5 kHz	Couverture nationale et au-delà

9 LF - Ondes kilométriques

de 30 kHz à 300 kHz – de 10 km à 1 km		
Radiodiffusion en Grandes Ondes	France Inter 162 kHz Europe 1 180 kHz BBC 198 kHz	Puissances importantes (Allouis 2 MW) Couverture nationale et au-delà France Inter s'entend dans toute la Grande Bretagne, une partie de l'Allemagne, en Espagne Petit nombre de stations
Signaux de navigation aérienne	Aéroport de Toussus le Noble 287 kHz	Balise de très faible puissance Transmission en morse lent des lettres T et A Antenne « Marguerite » visible dans un champ de l'INRA à droite sur la route entre Guyancourt et Buc

10 MF - Ondes hectométriques

de 300 kHz à 3 MHz – de 1 km à 100 m		
Type de propagation	De jour propagation en onde de sol ou de mer à moyenne distance (300 km) De nuit propagation à grande distance par réflexion ionosphérique sur la couche E	
Signaux de navigation aérienne et maritime	HOL 315 kHz (Etangs de Hollande)	Balise de faible puissance Transmission en morse lent des lettres H, O et L Antennes Marguerite ou mâts verticaux
Radiodiffusion en Ondes Moyennes	FIP 585 kHz Belgique 621 kHz BBC 648 kHz France Bleu 864 kHz	De jour couverture régionale (quelques centaines de kilomètres) De nuit couverture continentale

10 MF - Ondes hectométriques

de 300 kHz à 3 MHz – de 1 km à 100 m		
Communications avec les navires à moyenne distance	Fréquence de détresse 2.182 kHz	Couverture régionale (Manche, Golfe de Gascogne, Golfe du Lyon) Utilisé par les pêcheurs pour leurs communications de travail
Trafic radioamateur	Bande des 160 mètres entre 1,810 et 1,850 kHz	Trafic exclusivement de nuit Trafic européen Nécessite de grandes antennes

11 HF - Ondes décamétriques

de 3 MHz à 30 MHz – de 100 m à 10 m		
Type de propagation	propagation en onde de sol ou de mer à courte distance (50 km) propagation à moyenne et grande distance par réflexion ionosphérique sur les couches E et F	
Radiodiffusion sur de grandes régions ou des continents	Deutsche Welle 6.075 kHz	Emetteurs de très fortes puissance (500 kW) Antennes à grand gain (20 dB) En France le centre d'émission de Radio France Internationale (RFI) est situé à Issoudun
Radiocommunications aéronautiques sur de grandes régions ou des continents	Une dizaine de plages de fréquences pour s'adapter aux distances et aux conditions de propagation	Emetteurs de puissances moyennes sur les avions (400 W), plus importantes pour les stations terrestres Antennes situées dans l'empennage arrière

11 HF - Ondes décamétriques

de 3 MHz à 30 MHz – de 100 m à 10 m		
Radiocommunications maritimes sur de grandes distances (remplacées de plus en plus par des liaisons satellites)	Six plages de fréquences utilisées selon les distances et les périodes de l'année et du jour (4, 6, 8, 12, 16 et 22 MHz)	Emetteurs des navires de puissance moyenne Emetteurs terrestres plus puissants En France le centre de radiocommunication était situé à Saint-Lys au sud de Toulouse, démantelé il y a quelques années
Trafic radioamateur en télégraphie, en téléphonie, en transmission de signaux numériques, d'images, ...	8 plages de fréquence (bandes des 80, 40, 30, 20, 17, 15, 12 et 10 mètres)	Emetteurs de puissances moyennes (200-500 W maximum selon les pays) Trafic intense jour et nuit de par le monde

11 HF - Ondes décamétriques

de 3 MHz à 30 MHz – de 100 m à 10 m		
Citizen Band ou 27 MHz	Bande de fréquence légale 26,905-27,405 MHz	Utilisation légalisée pour l'utilisation grand public dans les années 70 aux USA et 80 en Europe Bande intéressante pour le trafic fixe-mobile local ou entre véhicules à courte distance Inconvénients de la faible puissance d'émission (4 W) et de la mauvaise efficacité des antennes (0,1 à 10%) Propagation à grande distance possible dans des situations ionosphériques particulières et peu fréquentes (forte activité solaire ou ionisation sporadique de la couche E)
Trafic fixe-mobile	Nombreuses plages de fréquences	Téléphonie, transmission de textes, d'images, de données Communication des ambassades, des préfectures, des armées Communication de service public dans les grands pays (Afrique, Australie, ...) Communication des ONG dans les pays d'intervention

12 VHF - Ondes métriques

de 30 MHz à 300 MHz – de 10 m à 1 m		
Type de propagation	propagation en vue directe propagation troposphérique Propagation ionosphérique en cas de forte activité solaire	
Radiodiffusion	Télévision en bande I, de 47 à 68 MHz (n'est plus utilisée en France) Radio FM en bande II, de 87,5 à 108 MHz Télévision en bande III, de 174 à 223 MHz (Canal Plus)	Emetteurs de forte puissance (5 à 100 kW) Antennes à gain (jusqu'à 20 dB) Zones de couverture jusqu'à 200 km de diamètre
Transmissions publiques et privées	Bande VHF Low, de 30 à 47 MHz et de 68 à 87,5 MHz Bande VHF High, de 150 à 156 MHz et de 157 à 174 MHz	Services publics et privés Emetteurs de puissance moyenne Utilisation d'appels sélectifs

12 VHF - Ondes métriques

de 30 MHz à 300 MHz – de 10 m à 1 m		
Communications aéronautiques	De 108 à 118 MHz radionavigation De 118 à 136 MHz communications entre avions et aéroports	Emetteurs de puissance moyenne Portée typique en vol de 500 km Antennes omnidirectionnelles
Communications maritimes	Bande VHF de 156,000 à 157,500 MHz Canaux simplex ou duplex Veille sur le canal 16 156,800 MHz	Tous les ports sont équipés en VHF Stations très nombreuses couvrant l'ensemble du littoral français sur des distances en mer de 50 à 100 km

12 VHF - Ondes métriques

de 30 MHz à 300 MHz – de 10 m à 1 m		
Service amateur	Bande des 2 mètres de 144 à 146 MHz	Portée typique de 10 km à plusieurs centaines ou milliers de km selon relief, polarisation et mode de propagation Nombreux relais sur des points hauts du territoire Réseaux de transmission de données numériques Trafic radio en télégraphie, téléphonie, transmission de données, géolocalisation Trafic satellite et par réflexion sur la lune

13 UHF - Ondes décimétriques

de 300 MHz à 3 GHz – de 1 m à 100 mm		
Type de propagation	propagation en vue directe	
Radiodiffusion	Télévision en bande IV et V, de 470 à 860 MHz	<p>Emetteurs de très forte puissance (5 à 200 kW)</p> <p>Antennes à gain (jusqu'à 20 dB)</p> <p>Zones de couverture jusqu'à 200 km de diamètre selon altitude de l'émetteur et relief</p>
Transmissions publiques et privées	Bande UHF de 440 à 470 MHz	<p>Services publics et privés</p> <p>Utilisation d'appels sélectifs</p>

13 UHF - Ondes décimétriques

de 300 MHz à 3 GHz – de 1 m à 100 mm		
Service amateur	Bande des 70 cm, de 430 à 440 MHz Bande des 13 cm de 1,240 à 1,300 GHz Bande des 6 cm de 2,300 à 2,450 GHz	Zones de couverture jusqu'à 100 km de diamètre
Service fixe mobile	Bande PMR de 446,000 à 446,100 MHz	Communications libres à courte distance Appels codés CTCSS
Service fixe mobile	Téléphonie mobile GSM 890-915 (mobile) et 935-960 MHz (balises) DCS 1710-1785 (mobile) et 1805-1880 MHz (balises) UMTS 1885-2025 et 2110-2200 MHz	Modulations entièrement numériques Dialogue permanent balise-mobile Portées comprises de conception entre 35 km (GSM) et quelques centaines de mètres

13 UHF - Ondes décimétriques

de 300 MHz à 3 GHz – de 1 m à 100 mm		
<p>Système de radionavigation</p>	<p>Satellites et récepteurs GPS Fréquences 1,575 GHz (tout utilisateurs) et 1,278 GHz (armée américaine)</p>	<p>Constellation de 24 satellites en orbite à 20.000 km d'altitude Emissions de signaux codés (séquences aléatoires, éphémérides)</p>
<p>Service fixe mobile</p>	<p>Communications de données Wi-Fi et Bluetooth De 2,400 à 2,500 GHz</p>	<p>Puissances extrêmement faibles (microwatts et nanowatts) Portée faible (quelques dizaines de mètres)</p>

14 UHF - Ondes centimétriques

de 3 GHz à 30 GHz – de 100 mm à 10 mm		
Radiodiffusion	Télévision par satellite De 11,700 à 12,750 GHz	Nombreux satellites géostationnaires à 36.000 km d'altitude au-dessus de l'équateur Puissances d'émission de quelques dizaines de watts Puissances de réception très faibles, nécessité d'antennes paraboliques à grand gain (40 dB)
Service amateur	Bande des 5 GHz, de 5,650 à 5,850 GHz Bande des 10 GHz, de 10,000 à 10,500 GHz	

Le spectre radioélectrique

25

Merci pour votre attention