

Compte Rendu

Nom / Prénom	Bimier Nathan	Joli Noah	Le Goff Rémi	Mahier--Allili Noa	Duboc Romain	Guerrier Ventis
Note	A	B	B	A	A	C

ANFR : Organisation du Spectre des Fréquences

• Radiodiffusions commerciales :

Service	Bande de fréquences (MHz ou kHz)	Utilisation principale
FM (modulation de fréquence)	87,5 – 108 MHz	Radio analogique (stations nationales et locales)
DAB+ (radio numérique terrestre)	174 – 240 MHz (VHF bande III)	Radio numérique terrestre (DAB+)
Grandes ondes (GO)	153 – 279 kHz	Radiodiffusion AM longue distance (désormais arrêtée)
Moyennes ondes (PO)	531 – 1602 kHz	Radiodiffusion AM régionale (quasi abandonnée)
TNT (Télévision Numérique Terrestre)	470 – 694 MHz (UHF canaux 21 à 48)	Télévision numérique terrestre (DVB-T / DVB-T2)

• Téléphonie mobile

Réseau	Bande (MHz)	Plage de fréquences (MHz)	Utilisation principale
2G	900	890–915 / 935–960	GSM (voix, SMS)
	1800	1710–1785 / 1805–1880	GSM (voix, SMS)
3G	900	880–915 / 925–960	UMTS (voix, data)
	2100	1920–1980 / 2110–2170	UMTS (voix, data)
4G	700 (B28)	703–733 / 758–788	LTE
	800 (B20)	791–821 / 832–862	LTE
	1800 (B3)	1710–1785 / 1805–1880	LTE
	2100 (B1)	1920–1980 / 2110–2170	LTE
	2600 (B7)	2500–2570 / 2620–2690	LTE
5G	700 (n28)	703–733 / 758–788	5G DSS

Réseau	Bande (MHz)	Plage de fréquences (MHz)	Utilisation principale
	2100 (n1)	1920–1980 / 2110–2170	5G DSS
	3500 (n78)	3400–3800	5G (bande cœur)
	26 000 (n258)	24 250–27 500	5G (mmWave)

i -Informations Complémentaires

- Le **G** présent dans la section '*Téléphonie mobile*' signifie "**Génération**".
- LTE** pour '*Long Term Evolution*' (= évolution à long terme) est une technologie de réseau mobile dite - - **4G** standardisée à partir de 2009, constituant la base de la connectivité haut débit mobile actuelle.

Exemples d'autre technologies liées à la 4G : VoLTE , NB-IoT , eMBMS , CA , CSFB...

- mmWave** pour '*millimeter wave*' (= ondes millimétriques) est une plage de fréquences très haute utilisée pour la **5G ultra-rapide**.
- DSS** pour '*Dynamic Spectrum Sharing*' (= Partage dynamique du spectre) signifie que certaines bandes, comme les 700 MHz et 2100 MHz, sont partagées entre la 4G et la 5G grâce à cette technologie, permettant une transition fluide et dynamique entre les générations de réseaux.

2.2 Lancer l'exécution du fichier MATLAB

Observation dans la Command Window :

Le script affiche des informations sur la configuration de la clé **RTL-SDR** (fréquence, gain, fréquence d'échantillonnage, nombre d'échantillons) à chaque balayage.

Ensuite, il boucle sur des fréquences centrales, fait la capture et calcule la FFT pour chaque sous-bande, puis il garde uniquement la valeur maximale de l'amplitude FFT.

Enfin, deux graphiques s'affichent, montrant le spectre final balayé avec deux représentations : en dBm et en puissance relative (Watts).

2.3 Traduction et analyse de la légende de la figure

La figure générée contient deux graphiques, figure 1, figure 2 :

Figure 1 : Spectre de puissance en dBm

Analyse : Ce graphique montre la puissance reçue (en dBm) en fonction de la fréquence. Deux axes :

- L'axe horizontal est la fréquence en MHz.
- L'axe vertical est la puissance en dBm.

La courbe indique les variations d'intensité du signal capté dans la bande balayée.

Figure 2 : Spectre de puissance relative (Watts)

Analyse : Ce graphique affiche la puissance relative en Watts, calculée à partir des amplitudes FFT (Transformée de Fourier), relative car la FFT n'est pas exact.

2.4 Analyse du code MATLAB et variables liées à la légende

xxiii. Variables associées aux éléments de la légende

- **freq_axis** : axe des fréquences (en Hz).
- **fft_masterreshape** : variable contenant les amplitudes *FFT maximisées*, correspondant à la puissance en fréquence.
- **fft_axis_dBm** : tableau calculé qui représente la puissance en dBm.
- **freq_step** : écart en fréquence entre deux points de la FFT, c'est-à-dire la *résolution fréquentielle*.
- **impedance** : impédance utilisée pour le calcul de la puissance (50 ohms).

xxiv. Unité et nature de fft_masterreshape

- L'unité est donc : *fft_masterreshape* est en volts efficaces (Vrms).
- Sa nature : Il s'agit d'une amplitude du signal en fréquence, obtenue par la FFT puis par le maximum.

xxv. Valeur de l'impédance utilisée

- L'impédance utilisée est de 50 ohms.

xxvi. Calcul des amplitudes en dBm

- La ligne de code qui calcule les dBm est :

```
y_data_dbm = 10*log10((fft_masterreshape.^2)/50);
```

- La grandeur calculée est la puissance reçue en décibels milliwatts (dBm).
- Formule théorique :

$$P_{dBm} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{V^2_{rms}}{R} \times 1000 \right)$$

où Vrms tension efficace.

- Cette formule présente une erreur:

Elle ne multiplie pas par 1000 pour convertir les watts en milliwatts (nécessaire pour l'unité dBm)

xxvii. Implantation corrigée dans le script

Pour corriger l'erreur, il faut ajuster le calcul avec :

```
y_data_dbm = 10*log10((fft_masterreshape.^2)/50*1000);
```

Ce qui nous donne :

xxviii. Lignes de code pour tracé et légende en français

Lignes typiques du tracé :

```
subplot(2,1,1);  
plot(freq_axis/1e6, fft_axis_dBm);  
ylabel('Puissance (dBm)');  
xlabel('Fréquence (MHz)');  
title('Spectre de puissance reçu en dBm');
```

```
subplot(2,1,2);  
plot(freq_axis/1e6, fft_masterreshape.^2/impedance);  
ylabel('Puissance relative (W)');  
xlabel('Fréquence (MHz)');  
title('Spectre de puissance relative en Watts');
```

xxix. Fréquence d'échantillonnage

- Elle est définie par la variable :

```
rtlsdr_fs = 2.8e6; % en Hz (2,8 MHz)
```

Cette fréquence d'échantillonnage détermine la résolution en fréquence et la largeur de bande analysée.

xxx. Découpage graphique des bandes captées et identification

Sur la courbe en puissance relative (Watts), on peut visualiser clairement des pics au-dessus du bruit de fond. Ces pics correspondent aux stations FM présentes dans la bande de 88 à 108 MHz (bande FM classique).

En se référant à la frise des émissions FM de l'ANFR, on peut nommer ces stations selon leur fréquence centrale (exemples) :

88.1 MHz : France Inter

90.2 MHz : RTL

93.0 MHz : Europe 1

96.0 MHz : NRJ

104.5 MHz : Fun Radio

Chaque pic visible dans le spectre correspond à une émission radio FM active dans la zone captée.