

# Compte Rendu

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

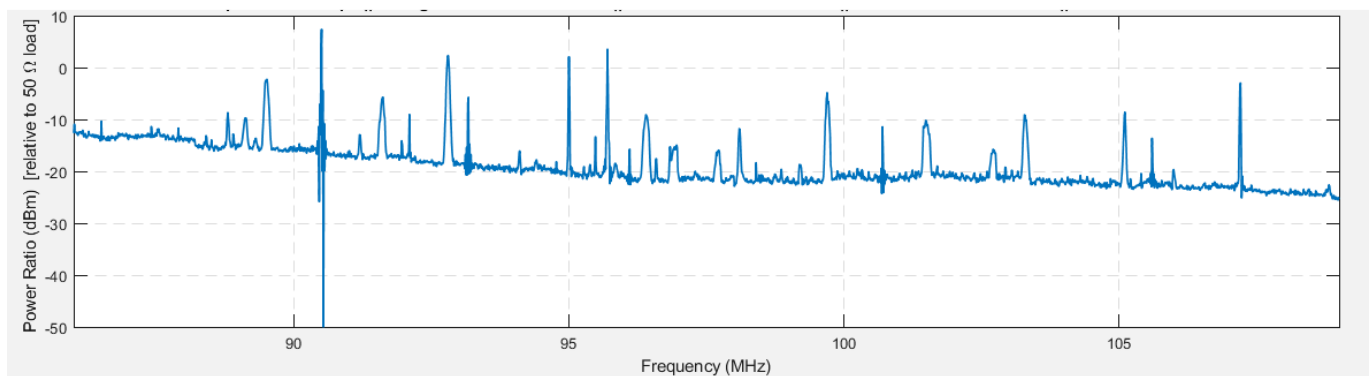
La figure générée contient deux graphiques, figure 1, figure 2 :

### 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 :

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

où  $V_{rms}$  tension efficace.

- Cette formule présente une erreur:

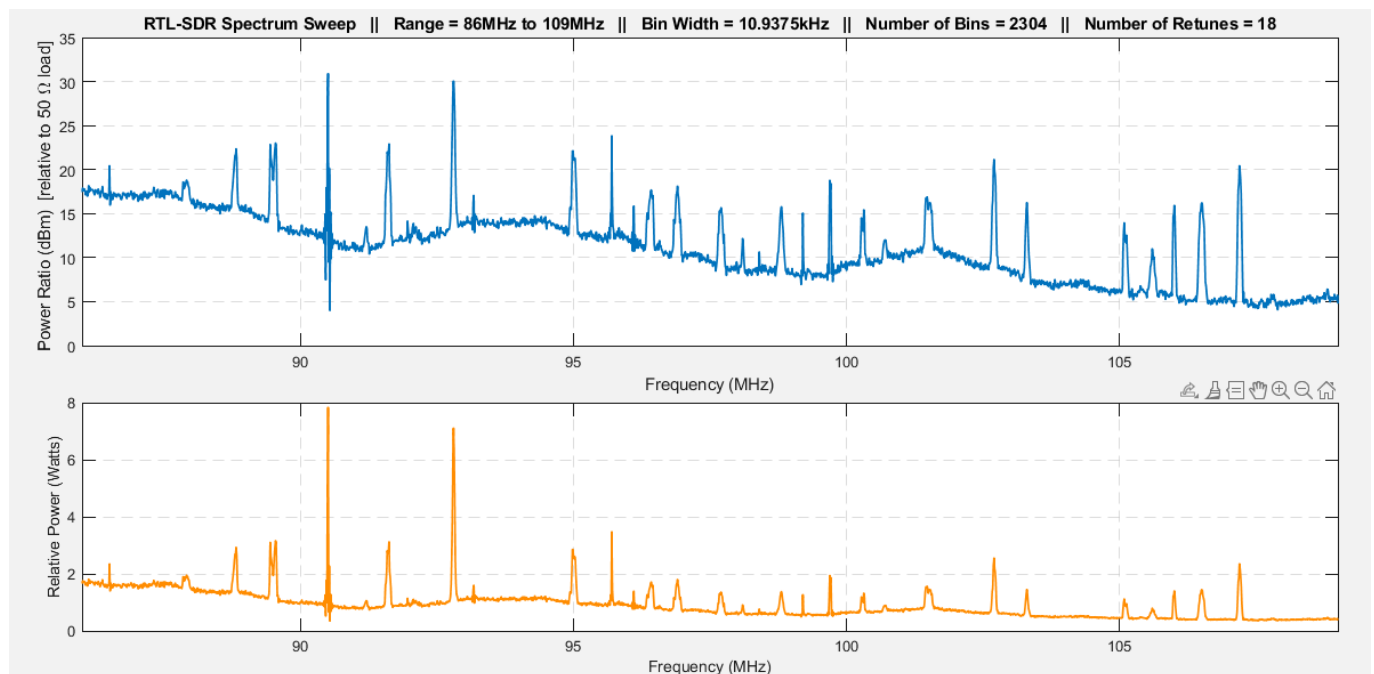
Elle ne multiplie pas par 1000 pour convertir les watts en milliwatts (nécessaire pour l'unité dBm)

## 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.