

# Réception superhétérogyne : principe, critères de choix, applications

## Pré requis

- Notions d'électronique
- Représentation spectrale
- Transmission radio (modulation AM, FM, largeur de canal)

## 1 Introduction

Jusque dans les années 30 la réception de la radio se faisait par l'intermédiaire de récepteur à amplification directe. Ces derniers fonctionnent sur le principe de la figure 1. Cependant cette structure a ensuite été abandonnée au profit d'une structure plus complexe. Le but de ce cours est de comprendre le fonctionnement d'un récepteur superhétérodyne et de pouvoir expliquer les avantages qu'il présente par rapport à une structure à amplification directe.

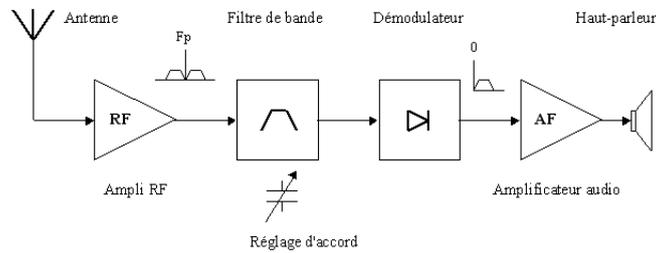


FIGURE 1 – Schéma d'un récepteur à amplification directe

L'amplification directe peut être décrite par la représentation des transformations subies par la densité spectrale de puissance du signal :

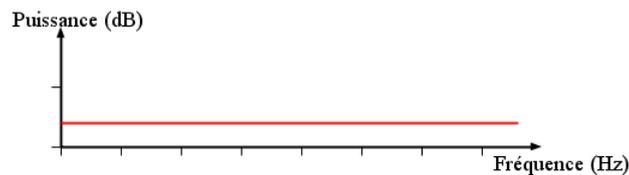


FIGURE 2 – Densité spectrale de puissance captée par l'antenne

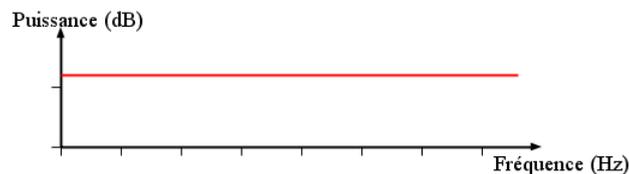


FIGURE 3 – Densité spectrale de puissance après le préamplificateur

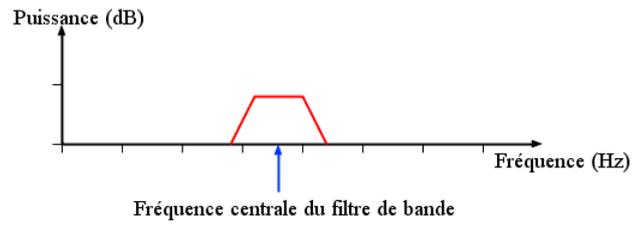


FIGURE 4 – Densité spectrale de puissance après le filtre de bande

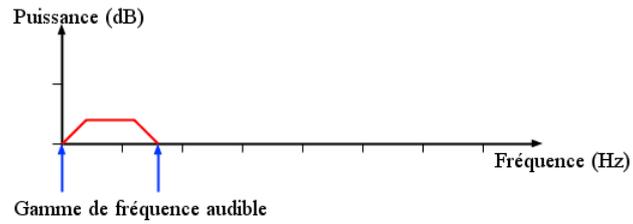


FIGURE 5 – Densité spectrale de puissance après le démodulateur

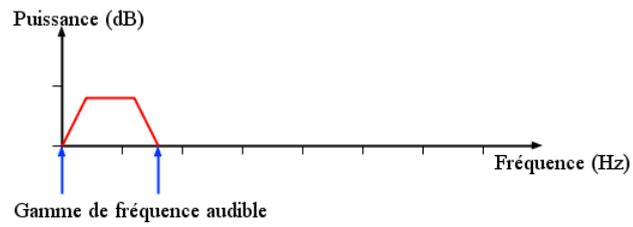


FIGURE 6 – Densité spectrale de puissance après l'amplificateur audio

## 2 Principe du récepteur superhétérodyne

Définition : Hétérodyne : vient su grec hétéro :différent et dyne : force\ puissance.

On effectue une détection hétérodyne en mélangeant deux signaux de fréquences différentes. Le schéma est celui de la figure 7 De la même manière que précédemment nous allons détailler à l'aide d'une représentation spectrale les différentes transformation subit par le signal depuis l'antenne jusqu'au signal audible.

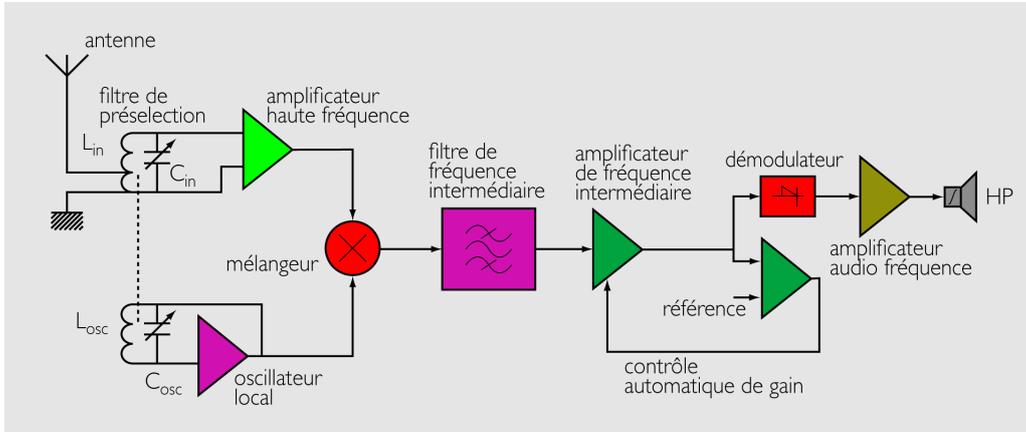


FIGURE 7 – Schéma d'un récepteur superhétérodyne

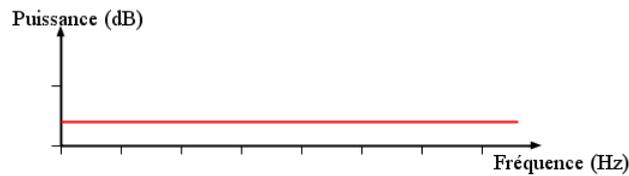


FIGURE 8 – Densité spectrale de puissance au niveau de l'antenne

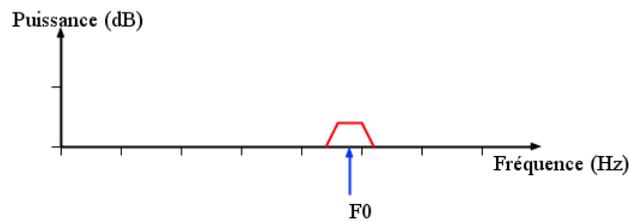


FIGURE 9 – Densité spectrale de puissance après le filtre de préselection ou filtre d'antenne

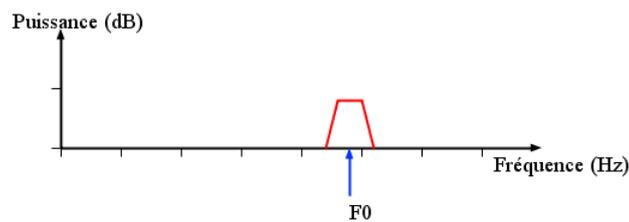


FIGURE 10 – Densité spectrale de puissance après l'amplificateur haute fréquence

Les fréquences du filtre de préselection et de l'oscillateur local sont modifié en même temps de sorte à conserver l'écart de fréquence contant valant FI, la fréquence intermédiaire

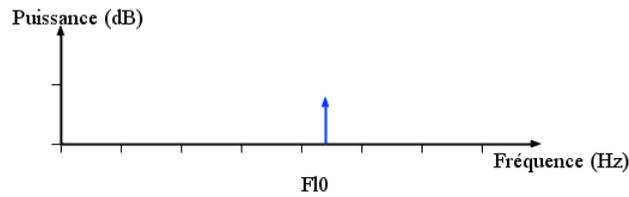


FIGURE 11 – Densité spectrale de puissance de l'oscillateur local

Le mélangeur permet d'effectuer une transposition de fréquence :

$$\cos(2\pi f_1 t) \cos(2\pi f_2 t) = \frac{1}{2} (\cos(2\pi(f_1 + f_2)t) + \cos(2\pi(f_1 - f_2)t))$$

de cette manière si la différence en  $F_0$  la fréquence du filtre de présélection et  $F_{10}$  la fréquence de l'oscillateur local est constante, les transformations intervenant ensuite seront toujours effectuées à la fréquence intermédiaire notée  $F_I$ . Cela étant, le mélangeur est un composant non linéaire (par exemple multiplicateur) donc les fréquences d'entrées se retrouvent à la sortie d'où le spectre en puissance suivant :

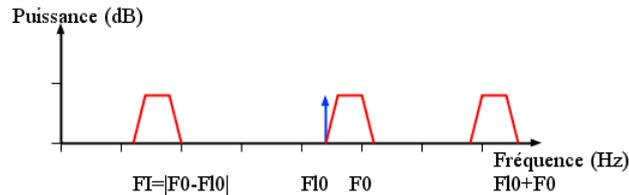


FIGURE 12 – Densité spectrale de puissance en sortie du mélangeur

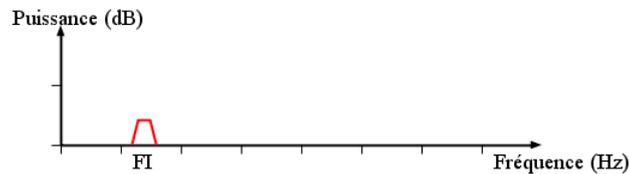


FIGURE 13 – Densité spectrale de puissance en sortie du filtre intermédiaire

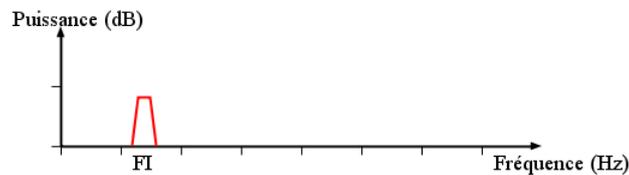


FIGURE 14 – Densité spectrale de puissance en sortie de l'amplificateur intermédiaire

Problème de la fréquence intermédiaire :

On a défini  $F_I = |F_0 - F_{10}|$ , mais il existe une autre fréquence  $F_0'$  appelé fréquence image tel que :  $F_I = |F_{10} - F_0'|$ . Il est donc possible d'avoir une superposition de deux fréquences ( $F_0$  et  $F_0'$ ) à la fréquence  $F_I$ , on parle alors de parasite fréquentiel. Il est cependant possible de s'en affranchir en utilisant un filtre d'antenne suffisamment étroit. Pour la bande FM le problème a été résolu en limitant la largeur de cette bande : en effet l'émission FM se fait entre dans la bande 87,5-107 MHz et la fréquence intermédiaire utilisée est de 10,7 MHz. Pour capter la fréquence  $F_0 = 87,5$  MHz l'oscillateur local se place à la fréquence  $F_{10} = 98,2$  MHz ainsi la fréquence image se situe à  $F_0' = 108,9$  MHz c'est à dire en dehors de la bande FM, il n'y a donc pas de parasite fréquentiel possible

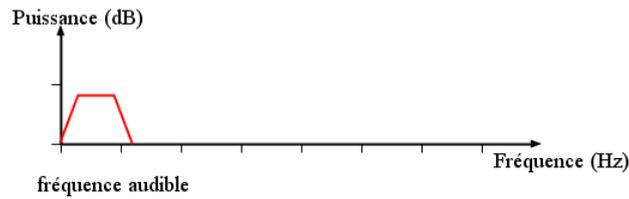


FIGURE 15 – Densité spectrale de puissance en sortie du démodulateur

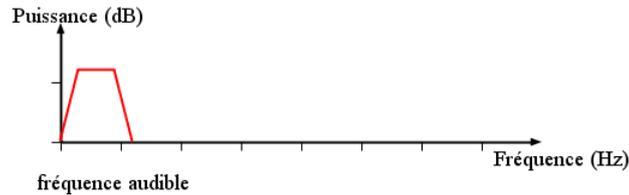


FIGURE 16 – Densité spectrale de puissance en sortie de l'amplificateur audio

### 3 Critères de choix

Définitions :

- Sensibilité : Capacité du récepteur à délivrer un signal intelligible et exploitable en sortie. Plus un récepteur est sensible plus il sera à même de recevoir des signaux de faibles amplitudes ou de puissance limitée.
  - Sélectivité : Capacité à isoler une station d'une autre (bonne sélectivité implique pas de parasite de fréquence voisine)
  - Stabilité : Comportement identique malgré des variations de paramètres extérieurs (temps, température). Plus un récepteur est stable plus ces éléments internes conservent leur comportement malgré des variations extérieures.
  - Rapport signal sur bruit : c'est un indicateur de la qualité de la transmission d'une information. C'est le rapport entre la puissance du signal maximal sans distorsion et la puissance du bruit
  - Fidélité : Capacité à retranscrire le message dans son intégralité, sans effet parasite (distorsion, modification d'amplitude, de fréquence ou de phase)
  - Dynamique : rapport entre le plus grand signal d'entrée sans distorsion et le plus faible signal en entrée
1. Sensibilité : Par convention, pour les récepteurs radio, la sensibilité est caractérisée par la tension qu'il faut appliquer en entrée pour avoir 50mW dans le haut parleur. La structure du récepteur superhétérodyne permet grâce à l'amplificateur de fréquence intermédiaire d'avoir une amplification plus linéaire que dans le cas du récepteur à amplification directe qui se doit d'être plus large bande.
  2. Sélectivité : C'est un gros avantage du récepteur superhétérodyne, le filtre de fréquence intermédiaire permet d'avoir une excellente sélectivité. C'est en effet un filtre à fréquence fixe, on peut donc utiliser une technologie présentant des pentes très raides (filtre céramique dont la réponse fréquentielle est illustrée en figure 17) La mesure de cette sélectivité se fait selon une norme qui consiste à régler le récepteur sur une fréquence  $F_p$  et à faire les mesures de puissances mesurées au haut parleur lorsque l'antenne reçoit la fréquence  $F_p$  et  $F_p + L_c$  où  $L_c$  vaut la largeur de canal (environ 100kHz en FM)
  3. Stabilité : Cette propriété est donnée par la stabilité de l'oscillateur local, plus il est stable en température plus le récepteur est stable en température. Cette valeur est donnée dans la datasheet de l'oscillateur local, la grandeur s'exprime en  $\text{Hz}/^\circ\text{C}$
  4. Rapport signal sur bruit : L'amplificateur déterminant pour le rapport signal sur bruit est l'amplificateur haute fréquence. C'est son rapport signal à bruit qui détermine grandement le rapport signal sur bruit du récepteur. En effet le bruit qu'il introduit se répercute sur tous les autres amplificateurs. Cela est d'autant plus vrai pour les fréquences supérieures à 30MHz, car le bruit ambiant à cette fréquence est faible, il est donc nécessaire que cet amplificateur n'introduise pas de bruit lui-même.

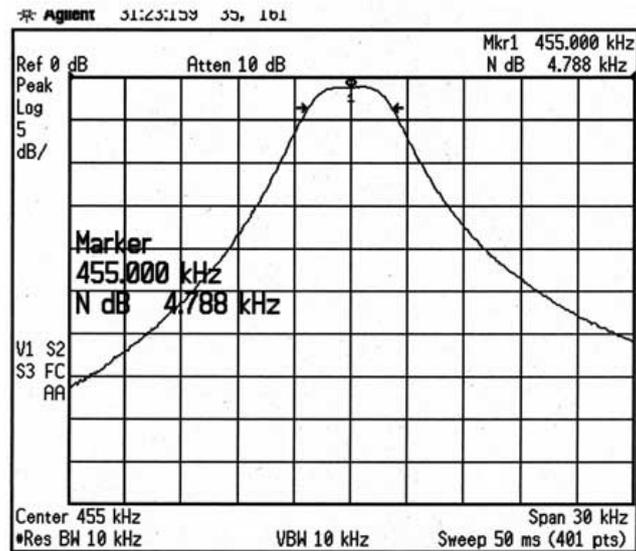


FIGURE 17 – Réponse fréquentielle du filtre FI

## 4 Applications

- Évidement on en parle depuis le début : La radio :
  - Modulation AM : FI=455kHz
  - Modulation FM : FI= 10,7MHz
- Télévision pour le son FI=39,2MHz et l'image FI=32,7MHz
- Récepteur RADAR
- 
- Bioacoustique : en zoologie permet de transposer les ultrasons émis par certains animaux dans le domaine de l'audible pour identifier les espèces plus facilement
- radioastronomie (grande résolution en fréquence) pour faire de l'interférométrie en vue de mesurer des vibrations, des déplacements. Plus généralement la détection superhétérodyne optique : transposer une partie du spectre à plus basse fréquence