

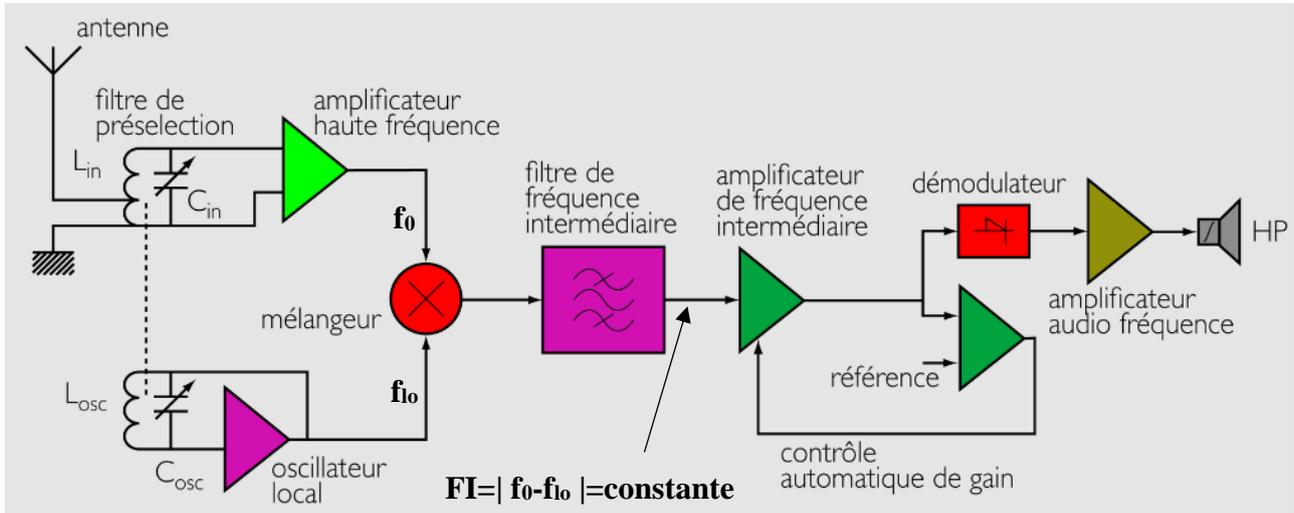
Chapitre 2. Les composants d'une chaîne de transmission

2.3. Récepteurs superhétérodynes

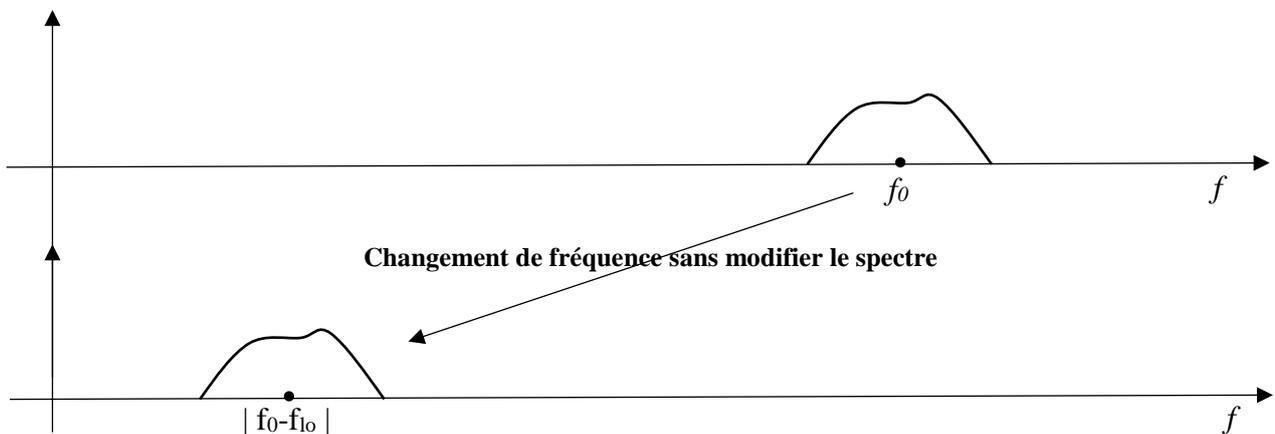
2.3.1. Introduction :

Le récepteur superhétérodyne est la structure de récepteur la plus utilisée, tant en radio qu'en télévision ou en hyperfréquences (radar, GSM, GPS...). Elle est caractérisée par l'utilisation d'un étage changeur de fréquence, ce qui permet une amplification plus aisée du signal

La structure est la suivante :



La réception commence par le signal issu de l'antenne et comprenant la fréquence sur laquelle on veut se caler f_0 . Un filtre d'antenne, placé avant l'amplificateur, élimine les signaux indésirables. L'amplificateur haute fréquence assure une première amplification. Il est conçu de façon à obtenir le meilleur rapport signal sur bruit possible. Le mélangeur est la pièce maîtresse du récepteur superhétérodyne. On applique à ses entrées les signaux de fréquences f_0 , provenant de l'antenne, et f_{10} provenant de l'oscillateur local. On retrouve en sortie du mélangeur des signaux non seulement à f_0 et f_{10} mais aussi à $f_0 + f_{10}$ et $|f_0 - f_{10}|$. Le filtre FI ne laissant que la composante $|f_0 - f_{10}|$. La nouvelle fréquence centrale $|f_0 - f_{10}|$ s'appelle fréquence intermédiaire, FI.



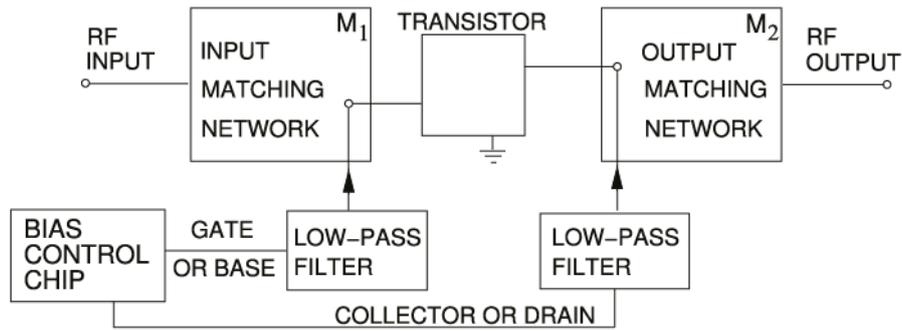
2.3.2. Les éléments d'un récepteur superhétérodyne

a- L'antenne :

Une antenne est un dispositif permettant de rayonner (émetteur) ou de capter (récepteur) les ondes électromagnétiques.

b- L'amplificateur faible bruit RF :

Un amplificateur faible bruit est un dispositif utilisé pour amplifier des signaux de très faible puissance en provenance d'une antenne tout en minimisant le bruit. Il est un élément clé dans la mise en œuvre de la chaîne de réception radio fréquence.



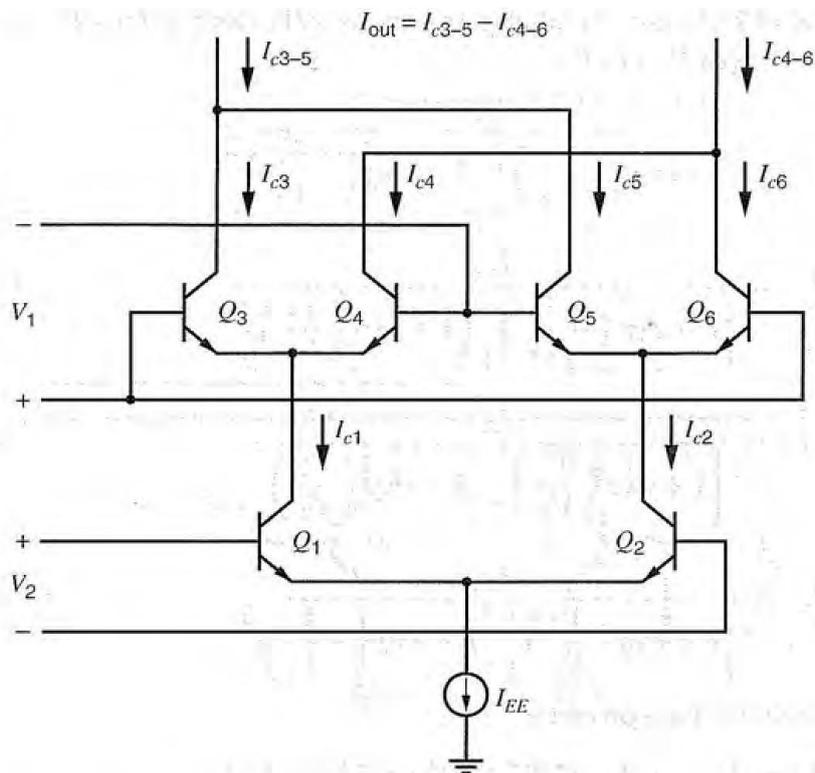
Aux fréquences élevées (Applications RF et micro-ondes), on utilise les paramètres S (de l'anglais *Scattering parameters*) pour analyser les amplificateurs.

Les paramètres S peuvent être calculés en utilisant des techniques analytiques d'analyse des réseaux ou bien mesurés avec analyseur de réseau.

Un élément spécifique de la matrice S peut être déterminé par : $S_{ij} = \left. \frac{b_i}{a_j} \right|_{a_k=0 \text{ pour } k \neq j}$

C'est-à-dire qu'un élément S_{ij} de la matrice est déterminé en induisant une onde incidente a_j sur le port j et en mesurant l'onde réfléchie b_i sur le port i. Toutes les autres ondes incidentes sont égales à 0, c'est-à-dire que tous les ports doivent être terminés avec une charge adaptée pour éviter les réflexions.

c- Le multiplieur (mélangeur) analogique : Multiplieur de Gilbert



Le courant i_B dans un transistor bipolaire est donnée par :

$$i_B = I_{B0} e^{v_{BE}/V_T} = \frac{i_C}{\beta} = \frac{I_S}{\beta} e^{v_{BE}/V_T}$$

Avec : β est le gain en courant en émetteur commun, v_{BE} est la tension base-émetteur, I_S est le courant de saturation et V_T est la tension thermique.

Selon le schéma ci-dessus, on peut écrire :

$$I_{c3} = \frac{I_{c1}}{1 + \exp\left(-\frac{V_1}{V_T}\right)}$$

$$I_{c6} = \frac{I_{c2}}{1 + \exp\left(-\frac{V_1}{V_T}\right)}$$

$$I_{c4} = \frac{I_{c1}}{1 + \exp\left(\frac{V_1}{V_T}\right)}$$

$$I_{c1} = \frac{I_{EE}}{1 + \exp\left(-\frac{V_2}{V_T}\right)}$$

$$I_{c5} = \frac{I_{c2}}{1 + \exp\left(\frac{V_1}{V_T}\right)}$$

$$I_{c2} = \frac{I_{EE}}{1 + \exp\left(\frac{V_2}{V_T}\right)}$$

Le courant différentiel de sortie est alors :

$$\begin{aligned} \Delta I &= I_{c3-5} - I_{c4-6} = I_{c3} + I_{c5} - (I_{c6} + I_{c4}) \\ &= (I_{c3} - I_{c6}) - (I_{c4} - I_{c5}) \\ &= I_{EE} \left[\tanh\left(\frac{V_1}{2V_T}\right) \right] \left[\tanh\left(\frac{V_2}{2V_T}\right) \right] \end{aligned}$$

Avec :

$$\tanh x = \frac{\sinh x}{\cosh x} = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} = \frac{e^{2x} - 1}{e^{2x} + 1}$$

Pour obtenir un multiplieur analogique on peut :

- Soit utiliser des faibles tensions : $V_1 \ll V_T$ et $V_2 \ll V_T$,
- soit on utilisant un circuit correcteur : \tanh^{-1} :

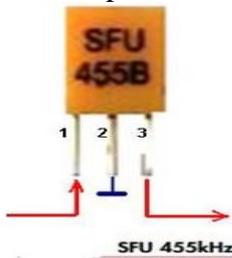
$$\tanh^{-1} x = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{1+x}{1-x}\right)$$

d- Le filtre FI (filtre sélectif, filtre céramique):

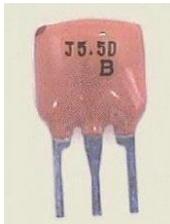
Un filtre céramique est un filtre électronique capable de résonner sur une fréquence fixe.

Les filtres céramiques usuels sont :

- les filtres 455 kHz pour la réception radio des ondes PO, GO et OC en modulation d'amplitude (avec une bande passante de l'ordre de 20 kHz),



- les filtres 5.5 MHz pour la réception du son de la télévision en modulation d'amplitude,



- les filtres 10.7 MHz pour la réception radio en modulation de fréquence, dans la bande FM 88-108 MHz (avec une bande passante de l'ordre de 200 kHz).



e- Contrôle automatique de gain (CAG) :

Le CAG est une méthode permettant de contrôler automatiquement le gain dans les étages d'amplification d'un récepteur radio de façon à ce que le signal de sortie demeure relativement insensible aux variations de l'intensité de réception et éviter la saturation de l'amplificateur.

Exemple :

<https://www.engineersgarage.com/circuit-design-automatic-gain-control/>

$$V_{\text{output}} = (1 + R_2/R_1)V_i \quad \& \quad V_i = R_v / (R_v + R_{\text{in}})V_{\text{input}}$$

$$V_{\text{input}} \uparrow \Rightarrow V_{\text{output}} \uparrow \Rightarrow R_v \downarrow \Rightarrow V_{\text{output}} \downarrow$$

$$V_{\text{input}} \downarrow \Rightarrow V_{\text{output}} \downarrow \Rightarrow R_v \uparrow \Rightarrow V_{\text{output}} \uparrow$$

