

Les SYNOPTIQUES

- **Récepteur à conversion directe**
- **Récepteur superhétérodyne**
- **Emetteur**

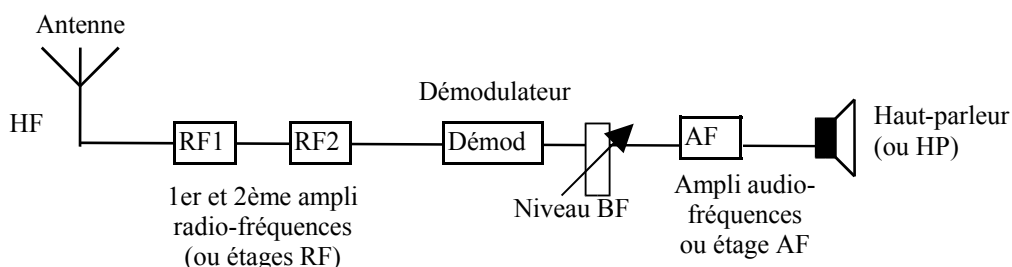
1/Introduction

Les synoptiques ne sont pas des schémas électriques mais des **schémas de principes** : ils montrent comment s'enchaînent les différents étages d'un émetteur ou d'un récepteur. Les liaisons entre les étages sont souvent omises sauf lorsqu'elles permettent de mieux expliquer le fonctionnement de l'ensemble (transformateur par exemple). Les différents étages RF et leurs liaisons sont présentés aux § 7.3 à 7.7.

2/Récepteur

2.1/ Récepteur sans conversion

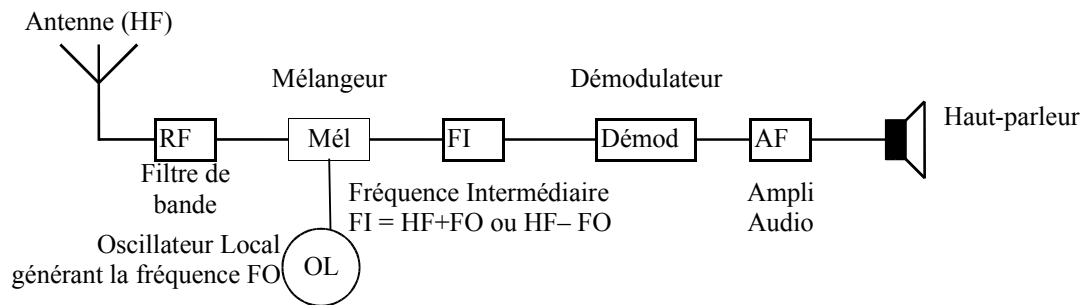
Un synoptique de récepteur se lit **de l'antenne vers le haut parleur**. Un récepteur sans conversion se compose d'une série d'amplis RF accordés sur la fréquence HF à recevoir. Les fréquences d'accord de RF1 et RF2 varient en même temps, généralement par un moyen mécanique. Le démodulateur (qui sera étudié au §12.2) suit les deux étages RF et extrait le signal utile BF du signal HF. Un potentiomètre dose le niveau BF appliqué au haut-parleur par l'étage AF.



Le synoptique de ce récepteur est simple mais l'étude de son schéma électrique nous apprendrait ceci : l'antenne est couplée à un premier amplificateur radio-fréquences, RF1, par un transformateur adaptateur d'impédance. En sortie de l'étage d'amplification RF1, construit autour d'un transistor FET, un circuit LC est accordé sur la fréquence à recevoir, HF. Une partie de la haute fréquence de ce circuit est prélevé au moyen d'un point milieu sur le bobinage. L'étage RF2, construit autour d'un transistor NPN monté en classe A, possède lui aussi un circuit LC en sortie. La liaison avec le démodulateur est effectuée par un condensateur. Le démodulateur est une diode suivi d'un filtre RC (c'est donc une détection et la modulation est de l'AM, voir §12.2). Un potentiomètre en sortie de démodulateur permet de doser le niveau BF appliqué à l'amplificateur Audio Fréquences (AF) constitué de deux étages à transistors NPN montés en classe A. Le troisième et dernier étage de l'amplificateur AF est un transistor monté en collecteur commun qui alimente le haut-parleur (HP) à la bonne impédance via un condensateur électrochimique.

2.2/ Récepteur avec fréquence intermédiaire (FI) ou récepteur **superhétérodyne**

Sans conversion, un récepteur est difficile à accorder sur une bande; surtout les étages RF sont nombreux. Le principe de la **fréquence intermédiaire** est de mélanger la fréquence à recevoir avec une fréquence variable générée par un oscillateur local. Dans ce genre de récepteur, l'étage R.F. devient un filtre de bande. La fréquence à recevoir est mélangée avec la fréquence de l'oscillateur local. La fréquence de ce dernier est calculée de telle manière que la fréquence à recevoir est « transférée » sur une fréquence fixe, la FI, plus facile à filtrer. A la sortie du mélangeur se présentent deux fréquences (voir § 7.7), dont une est la FI, l'autre étant éliminée par filtrage. Le rôle de l'étage FI est d'améliorer la sélectivité (filtres dont les flancs seront les plus raides possible) et la sensibilité (amplification la plus linéaire possible) du récepteur.

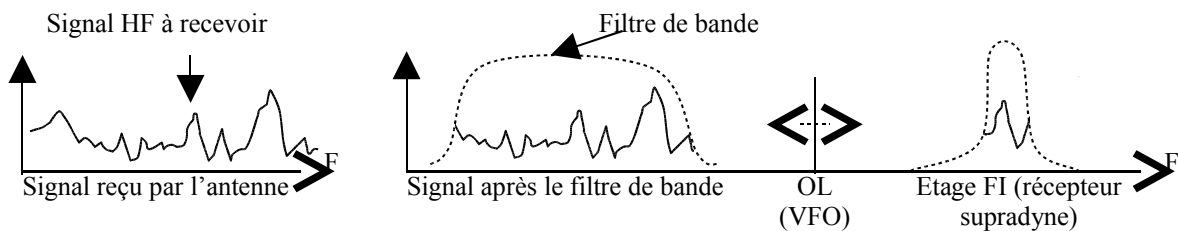


Les fréquences de l'oscillateur local (FO) de la fréquence à recevoir (HF) et de l'étage de fréquence intermédiaire (FI) sont calculées de telle manière que l'on a :

$$FI = FO - HF \text{ ou } FI = HF - FO \text{ (mélange infradyne)}$$

$$\text{ou } FI = FO + HF \text{ (mélange supradyné)}$$

Si le mélange de la fréquence à recevoir avec la fréquence de l'OL conduit à garder la différence de fréquence ($FI=FO-HF$ ou $FI=HF-FO$), le récepteur est appelé **infradyne** ; dans la cas inverse, le récepteur est **supradyné**. Dans un récepteur infradyne, le spectre du signal reçu est inversé. Dans un récepteur supradyné, lorsque l'on veut augmenter la fréquence à recevoir, il faut baisser la fréquence de l'oscillateur local alors qu'il faudra l'augmenter dans un récepteur infradyne. Certains récepteurs modernes ont plusieurs fréquences intermédiaires permettant de filtrer plus efficacement les fréquences indésirables.



2.3/ Problème de la fréquence image

La fréquence intermédiaire est la résultante du mélange de la fréquence H.F. à recevoir et de la fréquence FO de l'oscillateur local. La fréquence image (FIm) est la fréquence obtenue par le mélange inverse (somme des fréquences à l'entrée du mélangeur au lieu de différence pour les récepteurs infradynes, ou l'inverse pour les supradynes) utilisé pour générer la FI.

Prenons l'exemple d'un récepteur ayant les caractéristiques suivantes : HF=14MHz; FO=5MHz; FI=9MHz. Première remarque : ce récepteur est infradyne car $FI=HF-FO$. Si le filtre d'entrée H.F. est de mauvaise qualité et laisse passer le 4 MHz (=FIm), alors la fréquence image sera entendue en plus du 14 MHz que l'on veut recevoir. Dans notre exemple, le mélange 4MHz (FIm) et 5 MHz (FO) donne 9 MHz ($4+5=9$), soit la Fréquence Intermédiaire. Les deux signaux (HF et FIm) seront présents dans l'étage FI et il sera impossible, à ce niveau, de les séparer. L'écart entre la fréquence à recevoir et la fréquence Image est le double de la Fréquence Intermédiaire (dans notre exemple, $14 - 4 = 2 \times 5$) ou encore : **FIm = HF ± 2.FO** selon que le récepteur est infradyne (-) ou supradyné (+) ; dans notre exemple, le récepteur étant infradyne, $FIm = HF - 2 \times FO = 14 - (2 \times 5) = 4$.

2.4/ La sensibilité

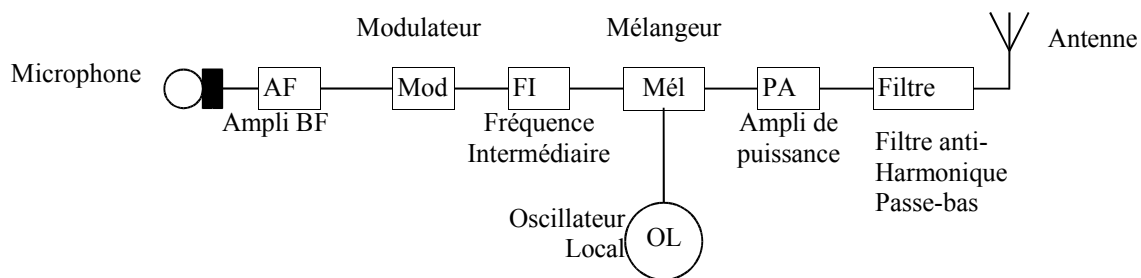
La sensibilité d'un récepteur se mesure par son signal d'entrée minimum. Une liaison radio est jugée bonne si le bruit propre du récepteur est très en dessous du signal à recevoir. Plus un récepteur est sensible, plus il "sortira" les signaux faibles du bruit de fond. La puissance du signal se mesure au S-mètre. Un signal de S9 correspond à une tension de 50 μV sur l'entrée du récepteur (charge de 50 Ω) en dessous de 30 MHz. La puissance du signal S9 est donc de $P=U^2/R = 50 \mu V \cdot 50 \mu V / 50 \Omega = 50 \text{ pW}$. Entre chaque point S, il y a 6 dB, l'échelle des S pour les fréquences inférieures à 30 MHz est ainsi définie :

S	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9+10 dB	9+20 dB	
9+30 dB													
dB/S9	-54	-48	-42	-36	-30	-24	-18	-12	-6	0	+10	+20	+30
$\mu V/50\Omega$	0,1	0,2	0,4	0,8	1,5	3	6	12	25	50	160	500	1600

Les récepteurs modernes ont couramment une sensibilité de l'ordre de S1 ou S0 mais l'étalonnage du S-mètre est souvent très fantaisiste et ne correspond pas à la norme indiquée dans le tableau ci-dessus. La mesure du signal d'entrée d'un récepteur se mesure aussi en dBm (décibel par rapport au milliwatt) : un signal S9 correspond à -103 dBm (rapport entre 1mW et 50 pW, soit $1/(2 \cdot 10^{10})$). Afin d'augmenter la sensibilité d'un récepteur, chacun des étages (oscillateur, amplificateur) devra générer le moins de bruit possible.

3/Emetteur

Un synoptique d'émetteur se lit **du microphone vers l'antenne**. De même que pour les récepteurs, il peut y avoir une ou plusieurs fréquences intermédiaires. L'oscillateur local de l'émetteur est souvent commun avec le récepteur ; ainsi, la fréquence de réception varie avec celle de l'émission. Un émetteur est obligatoirement équipé d'un **filtre anti-harmoniques passe-bas** (filtre "en pi" par exemple) pour éviter les rayonnements non essentiels. L'impédance de sortie de l'émetteur (après le filtre) devra être conjuguée avec l'impédance présente à l'entrée de la ligne de transmission. Enfin, lorsque l'émetteur est couplé à un récepteur (formant ainsi un transceiver), certains éléments sont en commun : un oscillateur local en commun permettra que la fréquence de réception varie avec celle de l'émission ; la prise antenne permettra d'utiliser le même aérien. Toutes ces possibilités nécessitent un système de commutation (commutateurs, relais électromécaniques, diodes de commutation) permettant de passer de l'émission à la réception.



Tout produit d'intermodulation est créé par un mélange de fréquences au niveau d'un étage (ou d'un composant) non linéaire aussi bien à la sortie d'un émetteur que sur l'entrée d'un récepteur. Le mélange correspond à la somme et la différence des fréquences fondamentales et de leurs harmoniques. Soient A et B, deux fréquences utilisées, on aura A+B et A-B mais aussi 2B-A et 2A-B, produit du troisième ordre, d'autant plus difficile à éliminer que A et B seront des fréquences voisines.

Lorsqu'un signal de fréquence voisine de F, fréquence du signal désiré, est un signal puissant de fort amplitude, celui-ci va provoquer une surcharge de l'étage d'entrée du récepteur dont l'étage d'entrée devient non-linéaire (le signal à la sortie n'est plus proportionnel au signal d'entrée). Ce signal puissant, non désiré, va alors interférer avec le signal désiré et moduler ce dernier. En conséquence, on entendra la modulation normale du signal désiré mais également la nouvelle modulation : c'est l'effet de **transmodulation**.

On est parfois surpris d'entendre une émission à partir d'un simple amplificateur basse fréquence. Cela peut se produire en présence d'un signal haute fréquence puissant qui est collecté par les fils reliant l'amplificateur au haut-parleur. Le signal est renvoyé à l'entrée de l'ampli par les circuits de contre-réaction puis détecté par le circuit audio d'entrée et enfin amplifié puis reproduit dans le haut parleur.

La Compatibilité ElectroMagnétique (CEM) est la faculté d'un émetteur de **ne pas perturber son environnement**, en particulier un récepteur, ou la faculté d'un récepteur de **ne pas être perturbé par un émetteur** ou son environnement. Les blindages et les découplages des circuits d'alimentation sont des remèdes efficaces face aux problèmes de compatibilité électromagnétique et aux problèmes d'auto-oscillation ou de perturbations entre les étages.

Un matériel électrique ou électromécanique ou électronique (et a fortiori radioélectrique) a un certain **niveau d'immunité** à son environnement électromagnétique. Lorsque les perturbations dépassent ce niveau, son **seuil de susceptibilité** est alors atteint Il faut alors prendre des mesures de **durcissement** pour atteindre un meilleur niveau d'immunité.

Nous parlons d'**émission** lorsqu'il s'agit du générateur de perturbations électromagnétiques et de **susceptibilité** lorsqu'il s'agit de matériel perturbé, ou récepteur de perturbations.

Une perturbation (émission ou susceptibilité) est dite **conduite** lorsqu'elle est véhiculée par l'intermédiaire des conducteurs (fils, câbles, pistes de circuits imprimés,...). Une perturbation est dite **rayonnée** lorsqu'elle se propage dans l'espace environnant par un champ électromagnétique.