

La fréquence image démystifiée

Dans nos restaurations, on a été parfois confrontés avec l'alignement des étages radiofréquence (RF) et ou de fréquence intermédiaire (FI) de nos récepteurs. Parfois, d'autres amateurs qui ont travaillé avant nous sur la radio ont fait des réglages, pas nécessairement en étant en possession des équipements ou des connaissances théoriques and pratiques adéquates. S'il ne s'agit pas des récepteurs à amplification directe aux circuits accordés (tuned radio frequency - TRF) ou des récepteurs à conversion directe, on doit payer le prix des performances de nos radios en éliminant certaines fréquences indésirées, y compris la fréquence image, qui va être le sujet de cet article.

Voilà le schéma simplifié d'un radio incluant un générateur de signal (GS) comme utilisé souvent sur nos bancs d'essais. Le filtre RF est surtout destiné à couper la fréquence image et le filtre FI est essentiel au bon fonctionnement de la radio. Dans les schémas hétérodynes il assure la bonne réponse fréquentielle en simplifiant les réglages compliqués des étages RF connus dans les premiers récepteurs radio (TRF).

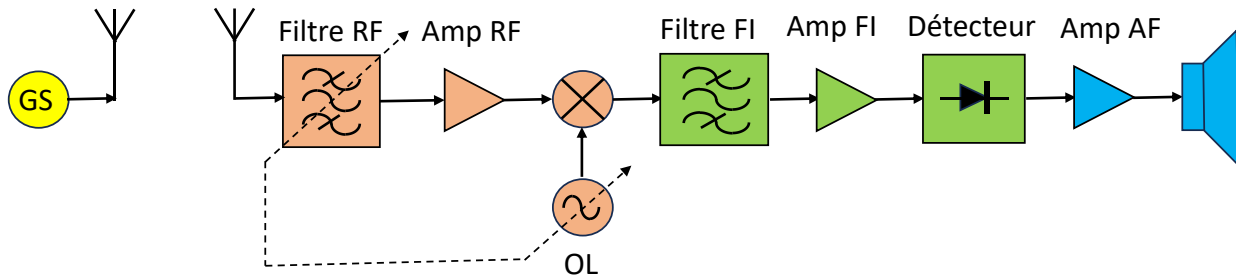


Fig. 1. Le schéma block simplifié d'un radio hétérodyne sur un banc d'essais

L'atténuation des effets indésirés de la fréquence image est une des préoccupations importantes dans la conception ou réparation des équipements radio. En effet on rencontre deux situations particulières quand on parle de la fréquence image :

- A) **Fréquence RF variable** (du générateur RF ou du poste émetteur radio), **oscillateur local à fréquence fixe** (position fixe de l'indicateur de fréquence sur l'échelle du cadran radio); la définition classique de la fréquence image.

SUPERHETERODYNE

$$f_{OL} = f_{RF} + f_{FI}$$

$$\begin{cases} f_{OL} - f_{RF} = f_{FI} \\ f_{IM} - f_{OL} = f_{FI}, \text{ image infradyne} \\ \dots\dots\dots (+) \\ f_{IM} - f_{RF} = 2f_{FI} \text{ or } f_{IM} - 2f_{FI} = f_{RF} \end{cases}$$

$$f_{IM} = f_{RF} + 2 f_{FI} = f_{OL} + f_{FI} > f_{RF}$$

INFRADYNE

$$f_{OL} = f_{RF} - f_{FI}$$

$$\begin{cases} f_{RF} - f_{OL} = f_{FI} \\ f_{OL} - f_{IM} = f_{FI}, \text{ image superhétérodyne} \\ \dots\dots\dots (+) \\ f_{RF} - f_{IM} = 2f_{FI} \text{ or } f_{IM} + 2f_{FI} = f_{RF} \end{cases}$$

$$f_{IM} = f_{RF} - 2 f_{FI} = f_{OL} - f_{FI} < f_{RF}$$

Dans ce cas il s'agit de la possibilité qu'une autre station, qui transmet sur la fréquence image soit captée en même temps que la station syntonise à la bonne place sur le cadran radio. La valeur de la fréquence intermédiaire est standardisée pour éviter si possible cette situation. Par exemple dans la bande BC, en superhétérodyne, avec une valeur de la FI = 455 – 465 kHz la fréquence image se situe à l'autre extrême,

voir au-delà de la fréquence maximale de la bande. Pour une station opérant à 600 kHz, la fréquence image, dans le cas le plus curant avec FI = 455 kHz, est égale à 1510 kHz. Considérant que les fréquences de la bande BC couvrent la bande 525 – 1710 kHz, à partir de 800 kHz la fréquence image est au-delà de la fréquence maximale.

B) **Réglage de la fréquence de l'oscillateur local** (position variable de l'indicateur de fréquence sur l'échelle du cadran radio), et **la fréquence RF fixe** (du générateur RF ou du poste émetteur radio).

SUPERHETERODYNE	INFRADYNE
f_{RF} fixe, f_{OL1} et f_{OL2} en accord avec l'indication du cadran radio, $f_{OL1} = f_{RF} + f_{FI}$	f_{RF} fixe, f_{OL1} et f_{OL2} en accord avec l'indication du cadran radio, $f_{OL1} = f_{RF} - f_{FI}$
$\left\{ \begin{array}{l} f_{OL1} - f_{RF} = f_{FI} \\ f_{RF} - f_{OL2} = f_{FI}, \quad \text{image infradyne} \\ \dots\dots\dots(+)$	$\left\{ \begin{array}{l} f_{RF} - f_{OL1} = f_{FI} \\ f_{OL2} - f_{RF} = f_{FI}, \quad \text{image superhétérodyne} \\ \dots\dots\dots(+)$
$f_{OL1} - f_{OL2} = 2f_{FI}$	$f_{OL2} - f_{OL1} = 2f_{FI}$
$f_{OL2 (IM)} = f_{OL1} - 2f_{FI} < f_{OL1}$	$f_{OL2 (IM)} = f_{OL1} + 2f_{FI} > f_{OL1}$

Dans ce cas, on retrouve sur le cadran radio une fréquence fantôme qui est captée sans réellement exister (être transmise). Par exemple, en superhétérodyne, si une station émet sur la fréquence de 1710 kHz, avec une FI égale à 455 kHz, est aussi captée sur le cadran à 800 kHz.

Pour résumer en quelques phrases :

Superhétérodyne :

- a. La fréquence de l'oscillateur local (OL) est supérieure à la fréquence RF avec la valeur de la fréquence intermédiaire (FI) ;
- b. La fréquence image du générateur de signal ou d'une station radio est plus grande que la fréquence RF indiquée sur le cadran radio avec 2 x FI (oscillateur local à fréquence fixe) ;
- c. La fréquence image sur le cadran radio est plus petite que celle correctement indiquée sur ce cadran avec 2 x FI (la fréquence RF fixe).

Infradyne :

- a. La fréquence de l'oscillateur local (OL) est inférieure à la fréquence RF avec la valeur de la fréquence intermédiaire (FI) ;
- b. La fréquence image du générateur de signal ou d'une station radio est plus petite que la fréquence RF indiquée sur le cadran radio avec 2 x FI (oscillateur local à fréquence fixe) ;
- c. La fréquence image sur le cadran radio est plus grande que celle correctement indiquée sur ce cadran avec 2 x FI (la fréquence RF fixe).

CONCLUSION : lors de l'alignement d'un récepteur, on doit tenir compte s'il a été conçu comme superhétérodyne ou infradyne dans une bande spécifique de fréquence. Par conséquent, la fréquence de l'oscillateur local doit être mesurée, si possible, avec un équipement adéquat (fréquence-mètre, analyseur de spectre, oscilloscope, etc.). Sinon, la fréquence image doit être évaluée pour savoir si le récepteur opère en mode superhétérodyne ou infradyne. Une erreur peut se glisser vite dans les réglages, et dans ce cas, le filtre de bande à l'entrée du récepteur pourra sensiblement atténuer le signal d'entrée RF et la sensibilité du récepteur diminuera considérablement. Le signal sur la fréquence image sur le cadran pourra être plus fort que le signal à la bonne fréquence.

Un cas concret m'est arrivé lors du test d'un magnifique Blaupunkt Granada 61 Super Hi-Fi 20303, acheté fonctionnel d'un confrère restaurateur montréalais, pas encore un membre de la SQCRA. Il a mis beaucoup d'effort dans la restauration de cette radio qui provenait d'un sous-sol inondé, mais ne disposait pas de tout l'équipement nécessaire pour la dernière touche de réglage radiofréquence.

La fréquence intermédiaire de ce poste radio en modulation d'amplitude (AM) sur les bandes BC et SW est de 460 kHz et il opère dans le mode superhétérodyne.



Fig. 2. Radio Blaupunkt Granada 61

Le cadran de la radio indique en ondes courtes (SW) des fréquences à partir de 6 MHz jusqu'à 18 MHz. Parce que la bande de fréquence en ondes courtes est très large, les fréquences images, malgré que sont rejetés partiellement par le filtre RF d'entrée sont clairement audibles. La fréquence image sur le cadran radio, déplacée de 2 x FI vers les fréquences inférieures, confirme le mode d'opération superhétérodyne.

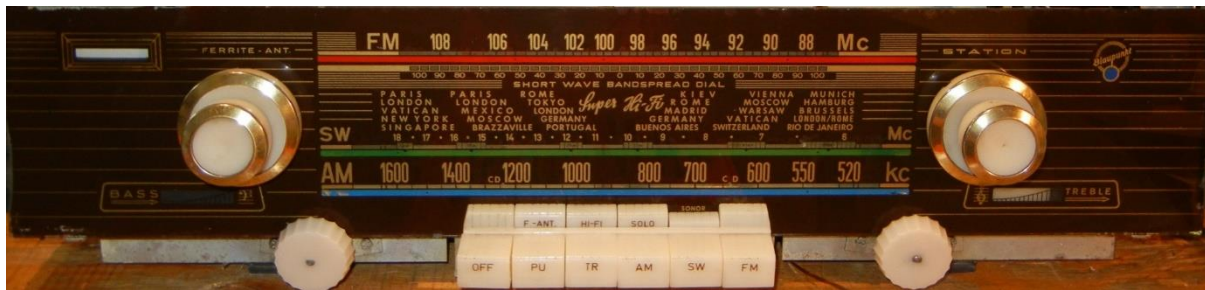


Fig. 3. Le cadran de la radio Blaupunkt Granada 61

Malheureusement, dans la bande des ondes courtes le signal réceptionné sur la fréquence image (du cadran radio) était de jusqu'à 10 dB plus fort que dans la position correcte. En effet, cela était dû au mauvais réglage de filtre RF d'entrée qui coupait le signal en laissant passer plus la fréquence image. Un simple ajustement d'une bobine de ce filtre RF a permis une remise en paramètres, en atténuant la fréquence image de plus de 20 dB par rapport à la fréquence correcte, tel qu'indiquée sur le cadran du radio.

Mon banc de mesure est illustré à la Figure 4. La proximité des circuits et l'utilisation des équipements spécialisés facilitent les tâches de réglage et de mesure.



Fig. 4. Détail du banc de mesure

Le générateur de signal (GS) Rohde & Schwarz model SM300 (9 kHz – 3 GHz) a été utilisé pour générer les signaux RF ou FI lors des mesures sur toutes les bandes de fréquences, avec les modulations AM ou FM correspondantes. La Figure 5 montre les détails du signal RF fournit par le GS lors d'un test sur les ondes courtes: fréquence 10 MHz, modulation d'amplitude (AM), fréquence de modulation 1 kHz, puissance du signal RF égale à -40 dBm.

L'analyseur de spectre portable (AS) Anritsu model MS2712E, avec son antenne télescopique en proximité, capte la fréquence de l'oscillateur local. La fréquence du signal mesuré, tel qu'illustre le marker sur la Figure 6, est plus grande avec la FI par rapport au signal transmis de 10 MHz. L'erreur de 1 kHz dans la lecture est reliée à l'alignement du radio sur la FI et se situe aussi dans la marge d'erreur des équipements (générateur de signal, échantillonnage de l'analyseur de spectre). Ceci est une autre confirmation du mode d'opération superhétérodyne.

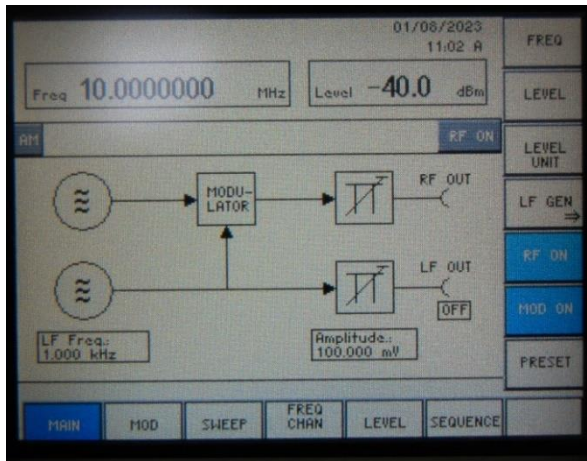


Fig. 5. Générateur de signal (GS)

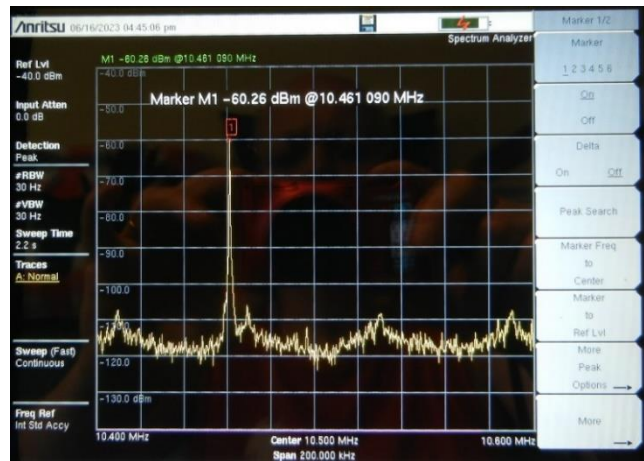


Fig. 6. Analyseur de spectre (AS)

Le tableau suivant montre les valeurs des fréquences, incluant les images, sur la bande des ondes courtes (SW) de la radio, mesurés sur le banc d'essais et conformément à l'analyse théorique précédente.

Fréquence du GS (MHz)	Fréquence de l'OL (MHz) SUPERHETERODYNE	Lecture sur le cadran radio (MHz)	Fréquence de l'OL (MHz) INFRADYNE	Fréquence image du GS (MHz) INFRADYNE	Fréquence image sur le cadran (MHz)
6	6.46	6	S.O. : 5.54 < 6.46	6.92	S.O. : 5.08 < 6
7	7.46	7	6.54	7.92	6.08
10	10.46	10	9.54	10.92	9.08
17	17.46	17	16.54	17.92	16.08
18	18.46	18	17.54	18.92	17.08

En vert, 2eme et 3eme colonne, on retrouve le cas idéal, pour lequel la radio a été conçue et son cadran dessiné, en mode d'opération superhétérodyne. La lecture sur le cadran correspond parfaitement à la fréquence transmise (1ere colonne) et la fréquence de l'oscillateur local est plus grande que celle du signal RF d'entrée avec la fréquence intermédiaire (460 kHz).

La 4eme colonne nous indique le mode d'opération infradyne, la fréquence de l'oscillateur local étant inférieure à la fréquence du signal reçu avec la même valeur de 460 kHz. Pour opérer en infradyne il faut donc repositionner le bouton d'accord.

La 5eme colonne nous montre le cas *A*) c'est à dire une autre station qui pourra être démodulé en même temps, sans changer l'accord par rapport à la bonne position sur le cadran, le récepteur opérant en infradyne.

La 6eme colonne illustre le cas *B*) c'est à dire la fréquence fantôme capté sur le cadran pour le signal transmis à la première colonne, le bouton d'accord étant repositionné et la radio opérant en superhétérodyne par rapport à la 4eme colonne (car le cadran est dessiné en supposant le mode d'opération superhétérodyne).

Pour résoudre une grande partie des problèmes reliés aux fréquences image, les constructeurs des radios ont recours aux divers stratagèmes, parmi lesquelles :

- a. Utilisation d'une première FI très grande à l'entrée qui va éliminer toute fréquence image. On parle même des dizaines de MHz, dans des récepteurs modernes à plusieurs changements de fréquence;
- b. Des sous-bandes de fréquence en ondes courtes qui permettent, même avec une fréquence intermédiaire de 455 kHz à pousser la fréquence image en dehors du cadran ;
- c. Des filtres RF accordables de bonne qualité à l'entrée du récepteur, qui fonctionnent en tandem avec la syntonisation.

De plus, les licences accordées sur la bande dans une région doivent tenir compte de cette réalité, car une grande partie des récepteurs radio, surtout à plus faible cout, doit fonctionner de façon satisfaisante.

J'espère que cet article va aider nos membres à mieux comprendre l'influence des fréquences image dans le processus de réception des ondes radio, et surtout comment les éviter le plus possible.

Serioja Ovidiu Tatu

Montréal, le 12 septembre 2024

