

# TRANSPPOSITION DE FREQUENCE : structure Hétérodyne

## 1. Principe

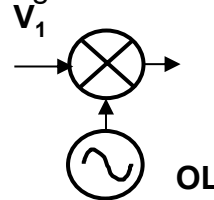
Le principe de la transposition de fréquence repose sur le principe d'une multiplication entre le signal à transposer et le signal à une fréquence dite d'OL (Oscillateur Local). La multiplication est réalisée par un circuit dit Mélangeur ou Mixer.

Entrée  $V_1(t) = V_1 \cdot \cos(w_1 \cdot t)$

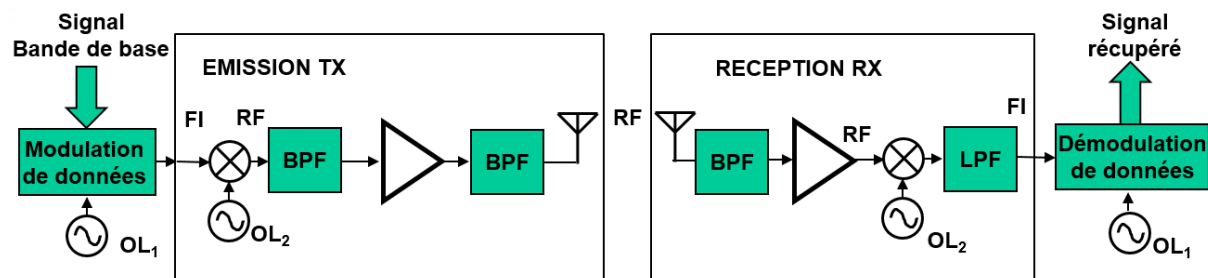
Oscillateur Local:  $V_{OL}(t) = V_{OL} \cdot \cos(w_{OL} \cdot t)$

En sortie la tension s'écrit :

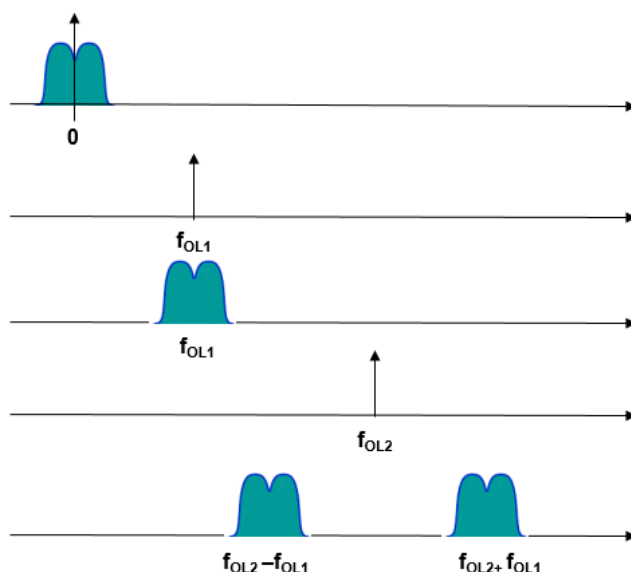
$$V_S(t) = \frac{1}{2} \cdot V_{OL} \cdot V_1 \cdot [\cos(w_{OL} + w_1) \cdot t + \cos(w_{OL} - w_1) \cdot t]$$



Le mélangeur peut être utilisé pour transposer un signal à une fréquence plus élevée pour l'émission, ou à une fréquence moins élevée pour la démodulation. Une chaîne complète hétérodyne est représentée ci-dessous avec les parties EMISSION TX et RECEPTION RX.



La figure ci-dessous illustre les spectres à l'émission après mélange avec  $OL_1$  et  $OL_2$ . Les filtres passe Bande (BPF : Band Pass Filter) sont utilisés pour ne conserver que les spectres centrés sur  $f_{OL2}-f_{OL1}$  ou  $f_{OL2}+f_{OL1}$ .

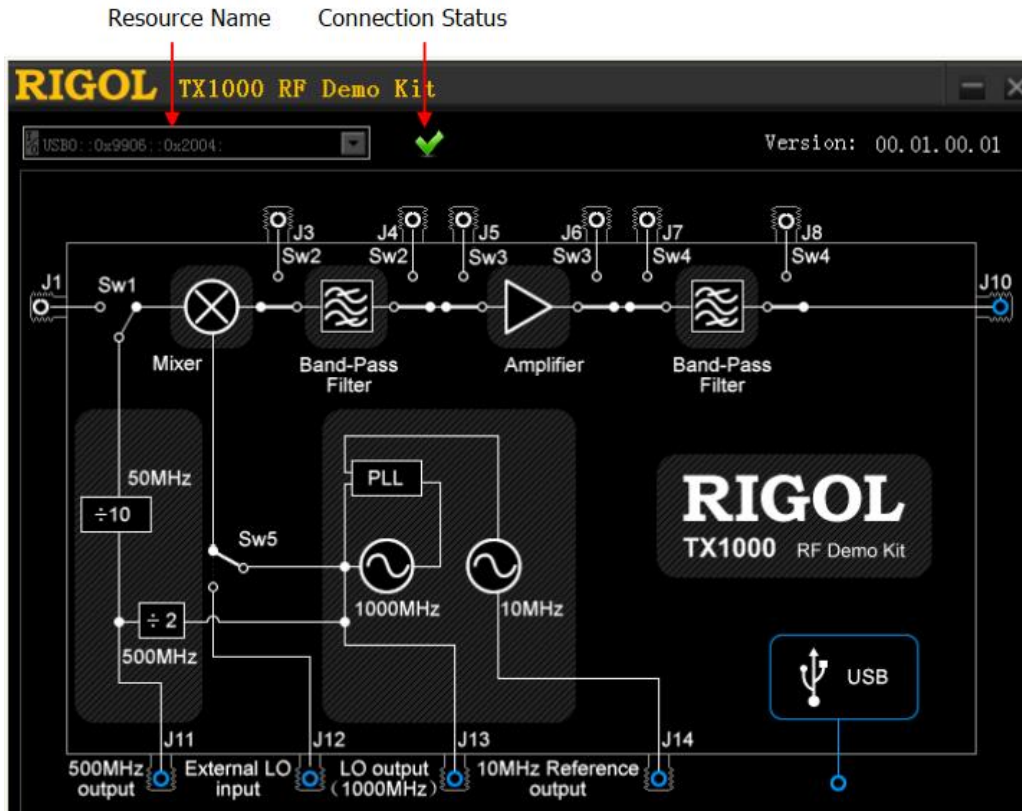


**PREPARATION :** En considérant un signal HF à la fréquence  $f_{OL2}+f_{OL1}$ , illustrer les spectres aux différents points de la chaîne de réception.

## 2. Etude des éléments de la chaine d'émission TX

### 2.1. Présentation

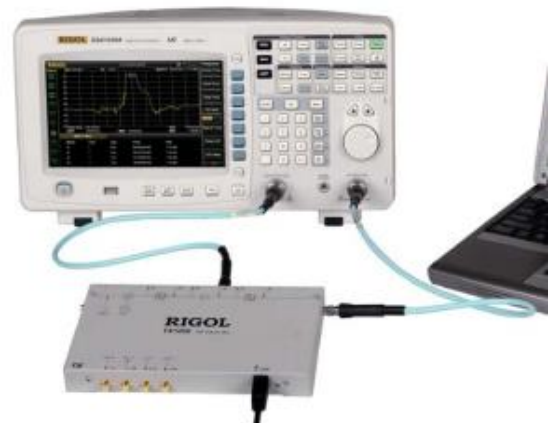
La chaine TX est représentée ci-dessous :



### 2.2. Etude de l'amplificateur et du filtre d'émission :

L'analyseur de spectre est utilisé dans un mode TRACKING GENERATOR qui permet de faire un balayage en fréquence et d'obtenir le tracé de la réponse en fréquence.

- Lancer l'utilitaire TX1000 RF Demo Kit pour configurer les Switchs de la chaine Tx.
- Relier directement la sortie GEN OUPUT de l'analyseur à RF INPUT, activer le mode TG, avec un niveau TG Level de -20dBm. Relever le niveau de référence Po(dBm) obtenu pour une fréquence de l'ordre de 500MHz
- Utiliser l'utilitaire TX1000 RF Demo Kit pour configurer le Switch3 « Sw3 » afin de pouvoir appliquer un signal à l'entrée du filtre (J6) et mesurer sa sortie (J10).
- Relier J6 à la sortie GEN OUPUT de l'analyseur et J10 à RF INPUT

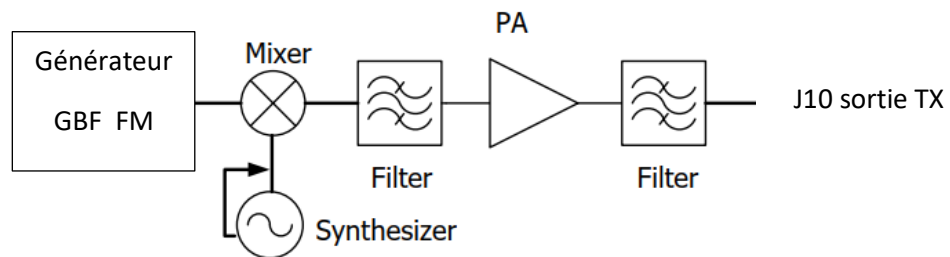


- Rechercher avec l'analyseur la bande de fréquence du filtre.
- En réglant correctement l'analyseur, mesurer le niveau dans la bande passante et en déduire l'atténuation du filtre en comparant avec  $P_o$ .
- Relever les fréquences de coupure à -3dB du filtre.
- Configurer le TX1000 RF Demo Kit pour rajouter l'amplificateur : Sw2 à J4, et Sw4 à J10. Modifier le branchement pour relier J4 à la sortie GEN OUTPUT
- Relever le niveau dans la bande passante et en déduire le gain de l'amplificateur inséré.
- Sortir du mode TG

### 2.3. Etude du mélangeur et de son filtre de sortie

- Pour étudier le fonctionnement du mélangeur, configurer SW5 pour utiliser la source interne à 1GHz du module TX1000 et appliquer en J1 un signal sinusoïdal à 50 MHz d'amplitude 1V délivré par le générateur (GBF).
- Configurer le TX1000 RF Demo Kit pour isoler le mélangeur : Sw1 à J1, Sw2 à J3
- Relever le spectre en sortie J3 et commenter le résultat obtenu pour un signal d'entrée à 50MHz.
- Configurer le TX1000 RF Demo Kit pour isoler le mélangeur et son filtre : Sw1 à J1, Sw3 à J5.
- Relever le spectre en sortie J5. Quel est le rôle du filtre ?
- Faire varier la fréquence du signal appliqué en J1. Quelle sera la bande passante du signal à appliquer en entrée J1 du TX1000?

### 2.4. Etude de l'ensemble du TX1000

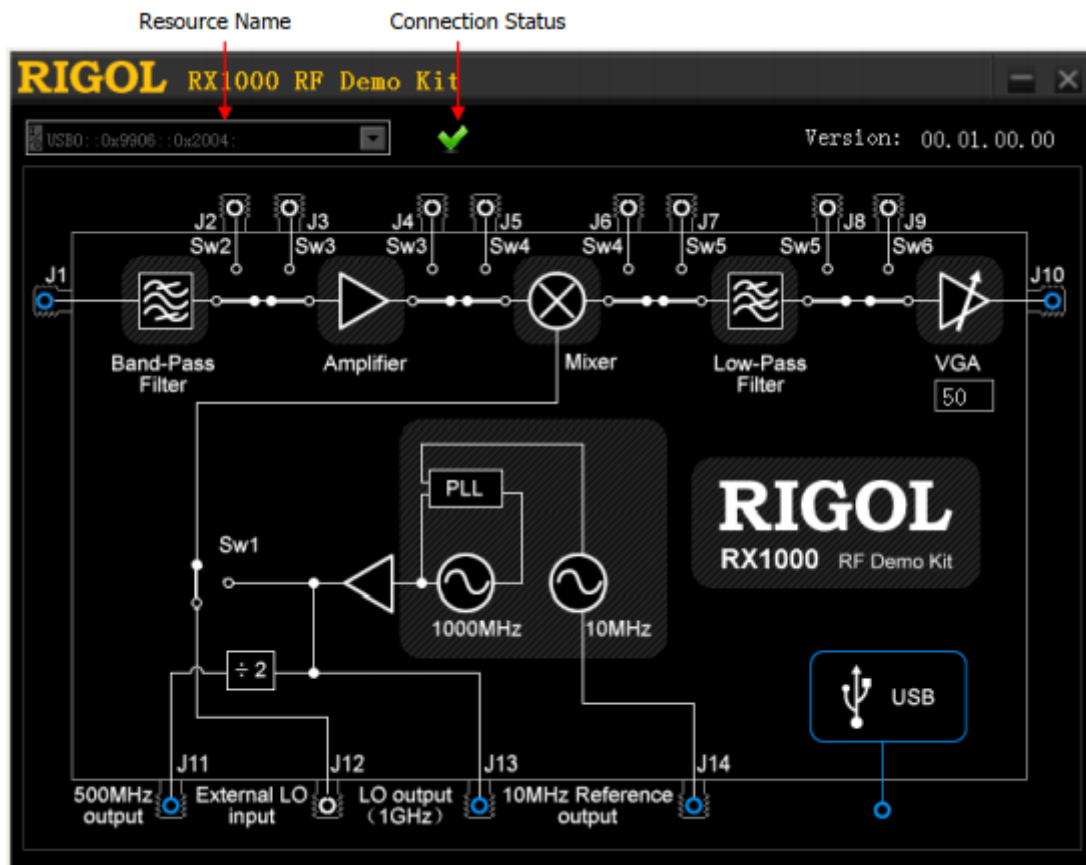
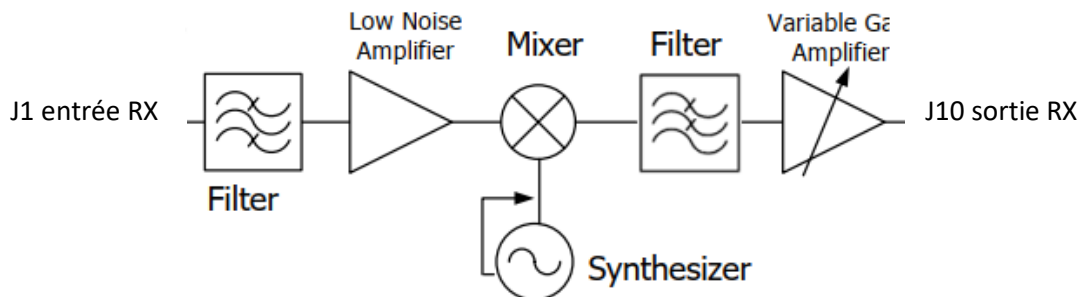


- Configurer le TX1000 RF Demo Kit pour utiliser l'ensemble de la chaîne : Sw1 à J1 et Sw4 à J10.
- Régler le générateur pour qu'il délivre une tension modulée en fréquence, d'amplitude 1V, à une fréquence de 50MHz, un modulant de  $f_m=1\text{KHz}$  et une déviation de 10KHz.
- Visualiser le spectre de ce signal
- Appliquer le signal FM à l'entrée J1, en modifiant les branchements et les switches, relever les spectres en J3 (Sw2), J5 (SW3), J7 (SW4) et J10. Choisir correctement les échelles de fréquence afin de faire apparaître les différences entre les spectres et le rôle de chaque fonction électronique.
- Quel est le niveau du signal de sortie  $P_{TX}$  en J10 ?

### 3. Etude des éléments de la chaine de réception RX

#### 3.1. Présentation

La chaine RX est représentée ci-dessous :



- Lancer l'utilitaire RX1000 RF Demo Kit pour configurer les Switchs de la chaine Rx.

- Pour cette partie on va utiliser l'ensemble de la chaine de réception RX, mais en appliquant un signal d'OL externe en utilisant Sw1 pour relier External LO input au Mixer.
- Appliquer un signal à 1GHz en External LO input de niveau -10dBm
- Appliquer sur l'entrée J1 du RX le signal FM transposé de la sortie J10 de l'émetteur TX1000.

### 3.2. Amplificateur de réception

- Utiliser Sw4 pour visualiser le spectre en sortir de l'amplificateur. Comparer ce niveau à celui du signal en sortie d'émetteur  $P_{TX}$  et en déduire le gain de l'ensemble filtre passe bande et amplificateur.

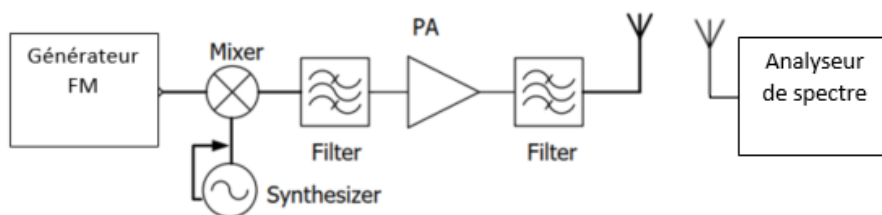
### 3.3. Transposition à une fréquence intermédiaire

- Utiliser Sw5 pour visualiser le spectre en sortir du Mixer. Quelles sont les fréquences présentes dans le spectre ?
- Relier l'ensemble de la chaine et comparer le spectre en J10 au spectre précédent. Conclure

## 4. Transmission et Réception

### 4.1. Transmission HF

- Régler le générateur FM pour qu'il délivre une tension modulée en fréquence, comme précédemment (amplitude 1V, fréquence=50MHz, modulant fm=1KHz et déviation=10KHz).
- Relier le module Tx à l'antenne d'émission et l'antenne de réception à l'entrée de l'analyseur de spectre



- Observer le spectre en réception.
- Si besoin pour améliorer le niveau du signal reçu :
  - o Orienter correctement les deux antennes
  - o Comparer le niveau du signal reçu avec le niveau du signal en sortie du module TX et en déduire l'atténuation due à la transmission sans fil.

## 4.2. Signal FM démodulé

- On va utiliser un poste radio pour démoduler le signal FM. Pour cela, utiliser le module TX avec la source interne à 1GHz (Sw5 OFF) et le module RX avec un générateur HF relié en External LO input à 851 MHz pour obtenir un signal en sortie du RX1000 transposé à 99 MHz.
- Expliquer le choix de 851 MHz pour la fréquence en External LO et valider ce choix en observant le spectre de sortie.
- Placer une antenne en sortie du RX1000 et démoduler le signal avec un poste de radio FM.
- Faire un schéma complet en donnant les fréquences des signaux en différents points du système.

