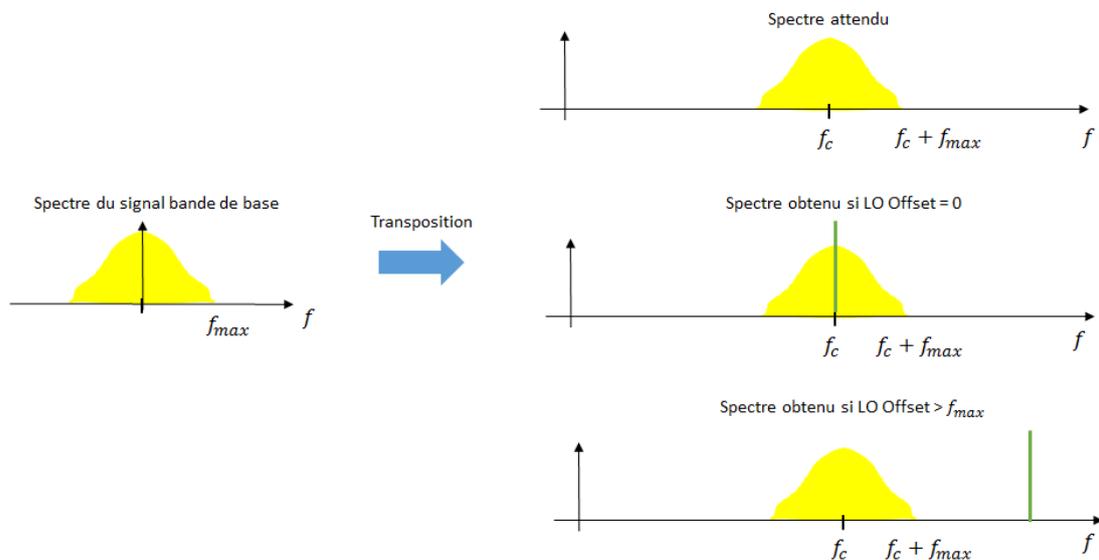


Annexe 3 : Le paramètre LO Offset

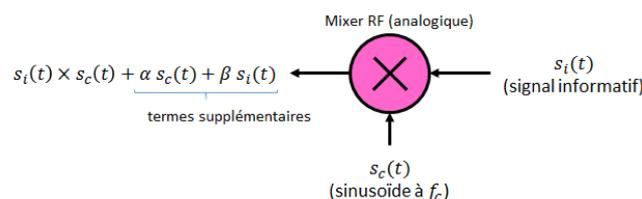
L'un des paramètres des blocs SDRU Transmitter et SDRU Receiver est le LO Offset. Ce paramètre demande quelques explications, que nous donnons ici.

Cas de l'émetteur

Si l'on laisse ce paramètre à 0, le spectre du signal émis comportera, en plus du spectre attendu, une raie à la fréquence porteuse f_c . En choisissant un paramètre LO Offset supérieur à f_{max} , on n'élimine pas la raie supplémentaire, mais au moins, elle n'interférera pas avec le spectre utile.



Cette raie apparaît à cause d'une imperfection des mélangeurs RF : le défaut d'isolation. Il s'agit d'une *fuite* (leakage) du signal d'un port vers un autre. Par exemple, pour une isolation de 30 dB (valeur typique), 0.1 % de la puissance appliquée sur chaque port entrée se retrouve sur le port de sortie.



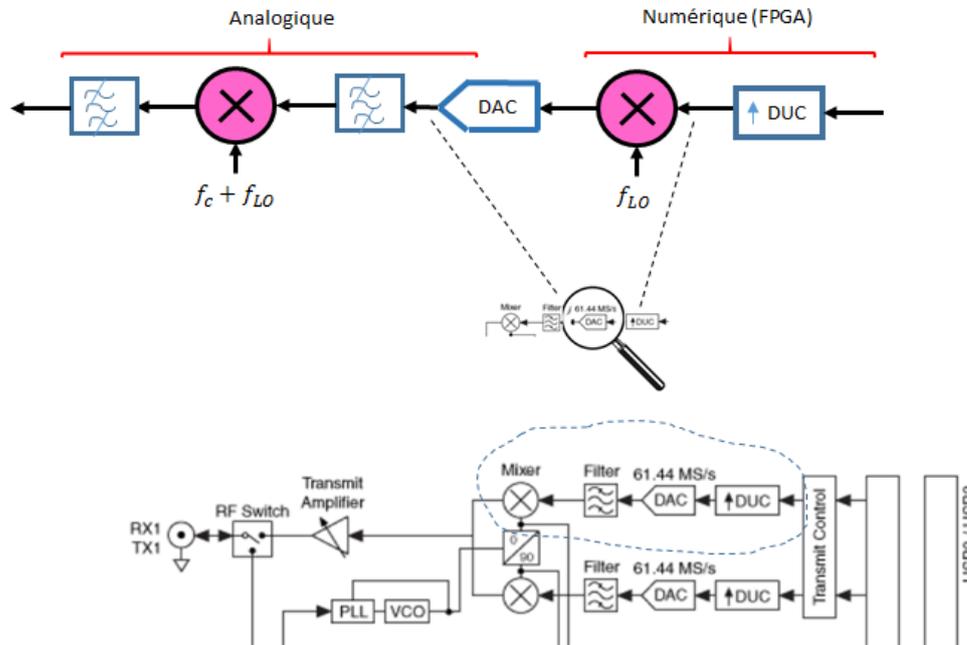
Dans le schéma ci-dessus, les termes $\alpha s_c(t)$ et $\beta s_i(t)$ sont dus au défaut d'isolation. Le terme $\alpha s_c(t)$ est le plus gênant, dans la mesure où il se situe dans la bande utile¹. C'est lui qui est responsable de la raie à f_c quand LO Offset est à 0.

Dans l'USRP, on contourne ce problème en utilisant en fait *deux* mélangeurs, dont le premier est numérique (implanté dans le FPGA), et de ce fait, *ne possède pas de défaut d'isolation*²

Sur le schéma ci-dessous, on a représenté en haut le schéma bloc réel. Une première transposition numérique, donc sans fuite, déplace le signal autour de f_{LO} . Après la seconde transposition, on

1. Par ailleurs la puissance de $s_c(t)$ est en général plus importante que celle du signal informatif $s_i(t)$.
 2. Un tel mélangeur peut transposer le signal jusqu'à quelques dizaines de MHz maximum.

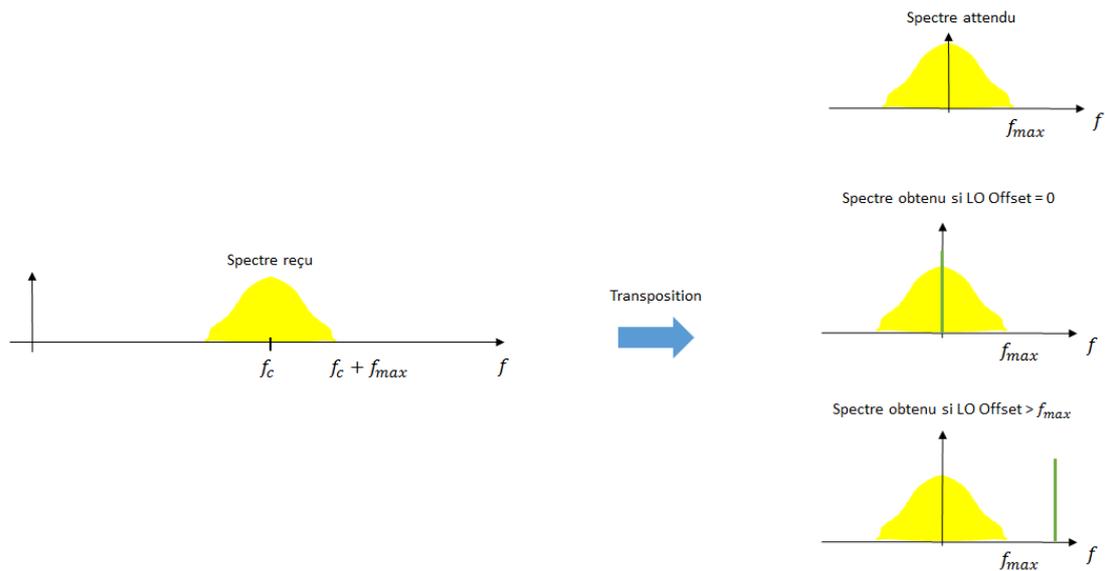
trouve la somme et la différence des fréquences, et après filtrage, on retrouve notre signal transposé autour de f_c . La raie parasite se trouve ainsi à $f_c + f_{LO}$.



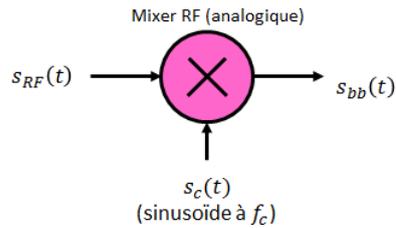
C'est la fréquence f_{LO} qui est réglée par le paramètre `LO Offset`.

Cas du récepteur

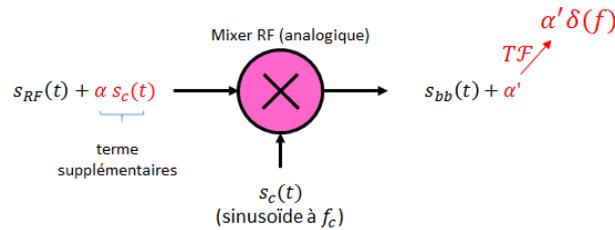
En réception, un `LO Offset` laissé à 0 ajoute une raie autour du 0 Hz sur le signal remis en bande de base. Un `LO Offset` supérieur à f_{max} permet de déplacer cette raie au-delà du spectre utile :



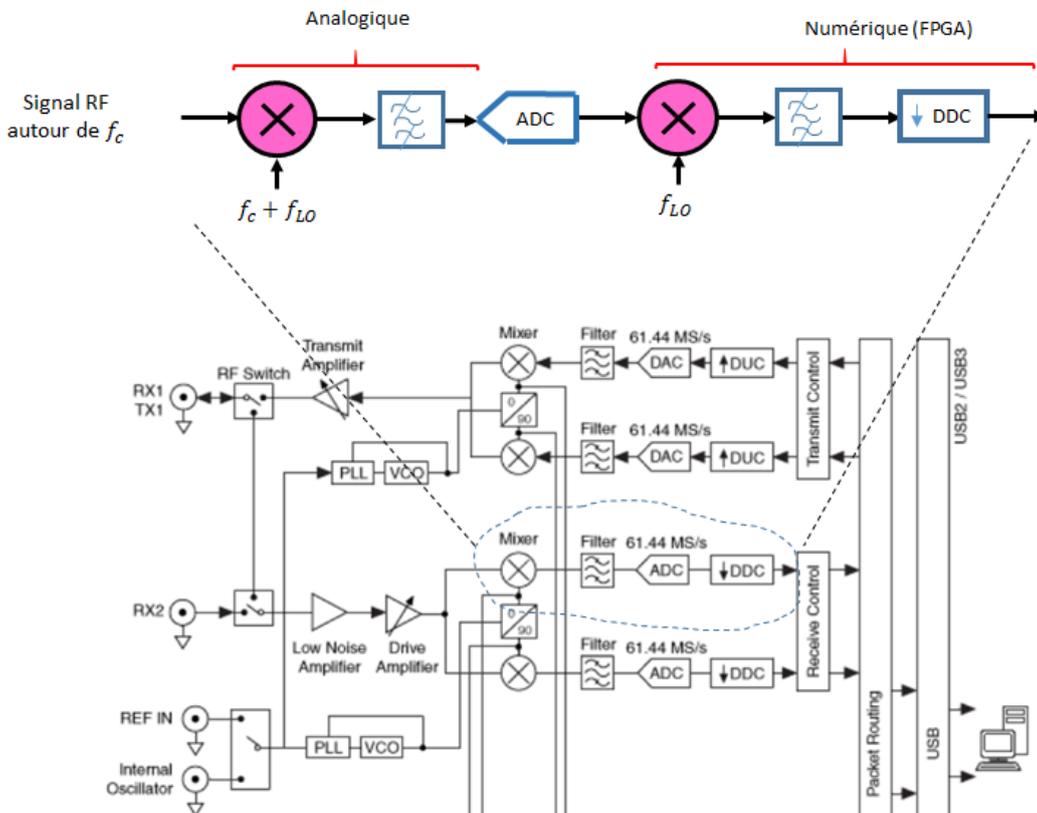
Ce phénomène est également dû aux imperfections du mixer. Pour transposer le signal RF vers le 0 Hz, on le mélange avec la porteuse :



Cette fois, ce n'est pas une fuite de l'un des ports d'entrée vers le port de sortie qui est en cause ; c'est une fuite du port où l'on applique la porteuse vers l'entrée RF. Cette fuite superpose au signal RF un terme $\alpha s_c(t)$, qui, mélangé à la porteuse, créera la raie à 0 Hz : on parle de *self-mixing*.



La solution mise en oeuvre est identique à celle appliquée coté récepteur : la transposition se fait en deux temps. D'abord, on mélange le signal RF avec une sinusoïde de fréquence $f_c + f_{LO}$ (le signal obtenu se trouve alors modulé à f_{LO}) ; puis, après conversion analogique-numérique, on mélange avec f_{LO} .



Dans ce cas, le self-mixing dû au premier mélangeur créé une raie à 0 Hz, qui après passage par le second mélangeur, sera déplacée à f_{LO} . Comme précédemment, c'est la fréquence f_{LO} qui est réglée par le paramètre LO Offset.