



# Systemes de communication sans fil (bande de base)

2A Filière TELECOM - Année Scolaire 2020-2021(S1)

## Contrôle de Connaissances

*Durée 1h30 - Documents et calculatrice autorisés*

### Exercices

Exercice Récepteur Radio pour standard WiFi	1
Exercice Conversion analogique numérique	2

## Exercice 1 - Récepteur Radio pour standard WiFi

On s'intéresse à la conception d'un récepteur radio pour un standard WiFi. Nous utiliserons une architecture atypique qui combine un mélangeur avec du sous-échantillonnage. L'architecture est présentée dans la figure 1. Pour des raisons de simplicité, nous allons étudier la chaîne juste en présence d'un seul interféreur.

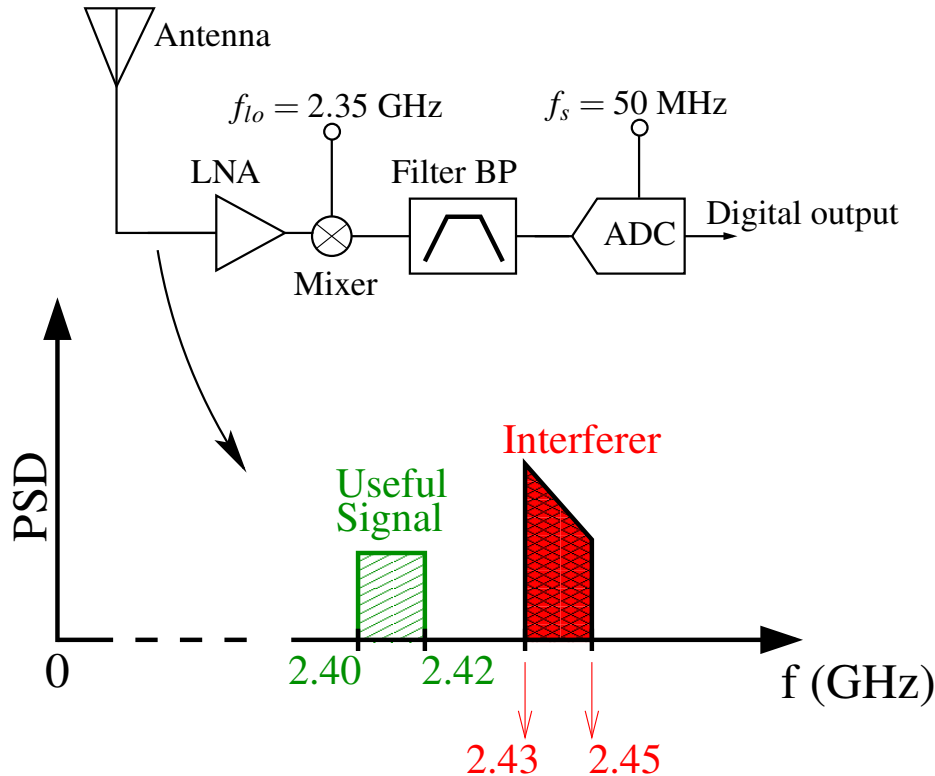


FIGURE 1 – Récepteur WLAN

La puissance minimale en entrée du récepteur est de  $-78$  dBm, la bande passante du signal est  $B = 20$  MHz et la fréquence centrale de  $2.41$  GHz. Le récepteur est adapté avec une résistance de  $50\Omega$ . Nous ferons notre étude à une température  $T = 290$  K. On rappelle que la constante de Boltzmann vaut  $1.38 \cdot 10^{-23}$  J·K $^{-1}$  et que la constante de Planck vaut  $6.62 \cdot 10^{-34}$  J·s.

**Question 1.1** Calculer la puissance du bruit thermique à l'entrée du récepteur dans la bande du signal utile. En déduire le rapport signal à bruit minimal en entrée du récepteur.

**Question 1.2** Sachant que le rapport signal à bruit à la sortie du récepteur doit être supérieur à  $11$  dB afin de garantir un bon fonctionnement, déterminer le facteur de bruit maximal que pourrait avoir le récepteur.

**Question 1.3** Tracer à main levée le spectre du signal

- à la sortie du mélangeur<sup>1</sup> et,

- à la sortie du convertisseur analogique numérique (CAN ou ADC) en faisant abstraction du filtre passe bande.

Sur les 2 figures, faites apparaître les fréquences minimales et maximales du signal utile et de l'interfère. Expliquer brièvement ( $< 5$  lignes) vos schémas.

**Question 1.4** Quel serait selon vous le meilleur choix pour  $f_s$  si on changeait  $f_{lo}$  de  $2.35$  GHz à  $2.3$  GHz ?

Intéressons nous à présent au filtre passe bande. Ce filtre doit avoir une variation de gain inférieure à  $3$  dB dans la bande passante et son atténuation sur toute la bande de l'interfère doit être supérieure à  $30$  dB. Nous souhaitons implémenter ce filtre à l'aide d'une approximation de Butterworth à symétrie géométrique. Nous rappelons que l'approximation de Butterworth est donnée par  $\Psi_n(\Omega) = \Omega^n$ .

1. Ne tracez pas les composantes autour de  $2f_{lo}$ , on peut supposer qu'elles seront filtrées par le mélangeur

**Question 1.5** Tracer le gabarit d'atténuation de ce filtre. Faites apparaître dessus les valeurs de  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$ ,  $A_{min}$  et  $A_{max}$ . En déduire le gabarit du filtre prototype passe bas..

**Question 1.6** En déduire l'ordre minimal du filtre qui permet d'atteindre les spécifications voulues.

## Exercice 2 - Conversion analogique numérique

**Question 2.1** Exprimer la valeur de la densité du bruit de quantification  $dsp_e$  en fonction de la tension de pleine échelle  $V_{PE}$ , de la résolution  $n$  et de la fréquence d'échantillonnage  $F_e$ .

**Question 2.2** En considérant un signal d'entrée sinusoïdal de fréquence  $F_s$  et d'amplitude  $V_{PE}/2$  Etablir la formule donnant le SNR en fonction de  $n$  et de l'OSR tel que  $OSR = \frac{F_e}{2F_s} = 2^L$

**Question 2.3** Pour une architecture Flash suréchantillonnée de résolution  $n=5$  bits, calculer la valeur de  $L$  permettant d'atteindre l'équivalent de 8 bits de résolution en Nyquist.

**Question 2.4** Quelle architecture de CAN à sur échantillonnage permet d'augmenter encore plus la résolution effective? Grâce à quelle technique spécifique?