

Exercice 2

Interférences Zigbee – WiFi

Un réseau Zigbee a été réalisé à l'intérieur d'un bâtiment. Celui-ci doit coexister avec un réseau WiFi IEEE 802.11.b. La réception Zigbee est supposée satisfaisante tant que le Packet Error Rate (PER) est inférieur à 1 %. Dans cet exercice, on considère une installation donnée, où les points d'accès WiFi et Zigbee sont initialement séparés de 5 m. On s'intéresse à l'effet de l'interférence du WiFi sur la réception du Zigbee, notamment la dégradation de la portée radio du Zigbee.

1. Calculez la portée radio du Zigbee en présence ou non d'interférences WiFi. On considérera un modèle de propagation du type One Slope pour un environnement dense sur un étage.



Caractéristiques radio

	Zigbee	WiFi
Fréquence centrale	2405 MHz	2412 MHz
Bande passante	2 MHz	22 MHz
Puissance d'émission	0 dBm	15 – 20 dBm
Seuil de bruit	-95 dBm	N/A
SNR minimum (PER < 1%)	2 dB	N/A

- **Portée du Zigbee sans interférences WiFi**

Considérons le modèle de propagation One Slope pour un environnement dense sur un étage.

Nous appellerons d la distance du point d'accès Zigbee au récepteur Zigbee, L_p les pertes de propagation.

Selon ce modèle, les pertes de propagation s'expriment ainsi :

$$L_p(dB) = L_{p0}(d_0) + 10N \log\left(\frac{d}{d_0}\right), \quad d > d_0$$

Avec :

Environnement	$L_0(r=1m)$ (dB)	N
Dense – 1 étage	33.3	4
Dense - 2 étages	21.9	5.2
Dense – N étages	44.9	5.4
Ouvert	42.7	1.9
Couloir	39.2	1.4

$$\text{Soit } L_p(\text{dB}) = 33.3 + 40\log(d)$$

Calculons L_p à partir des données fournies :

Emitter	Electrical power (dBm)	0
	Gain Emitter Antenna (dBm)	0
	Losses Emitter (dB)	0
	EIRP (dBm) *	0
Receptor	Thermal Noise Floor @ 300K (dBm)	-95
	Noise figure (dB)	0
	SNR@PER < 1% (dB)	2
	Sensitivity receiver (dBm)**	-93
	Losses receiver (dB)	0
	Gain receiver antenna (dB)	0
	Minimal input power (dBm) ***	-93
Path Loss L_p (dB) ****		93

* $EIRP = \text{Electrical power} + \text{Gain Emitter} - \text{Losses Emitter}$

** $Sensitivity = \text{Thermal Noise Floor} + \text{Noise Figure} + \text{SNR}$

*** $Minimal\ input\ power = \text{Sensitivity} + \text{Losses receiver} - \text{Gain receiver}$

**** $Path\ Loss = EIRP - \text{Minimal input power}$

On résout donc :

$$93 = 33.3 + 40\log(d)$$

Soit :

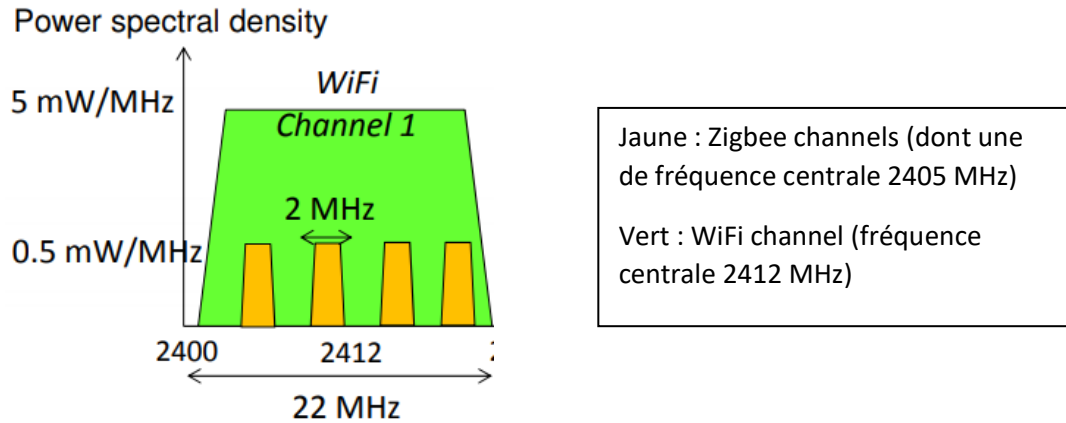
$$d = 10^{\frac{59.7}{40}}$$

$$\mathbf{d = 31.08\ m}$$

La portée maximale du Zigbee sans interférences WiFi est donc de 31.08m pour une $PER < 1\%$.

- **Portée du Zigbee avec interférences WiFi**

On remarque qu'ajouter un signal WiFi proche du signal Zigbee peut provoquer des interférences car ils émettent et reçoivent autour de 2400 MHz, comme visible sur le schéma suivant.



Pour déterminer l'importance des interférences WiFi sur le signal Zigbee, nous allons utiliser le $SNIR$ (signal to noise plus interferences ratio).

$$SNIR = \frac{S}{N + I}$$

Avec S la puissance d'entrée de Zigbee, N le seuil de bruit de Zigbee (Thermal Noise Floor) et I la puissance d'entrée du WiFi car il est considéré comme la source d'interférences.

r est la distance entre le point d'accès WiFi et le point d'accès Zigbee. Il vaut 5 m d'après l'énoncé.

$$S = EIRP_{Zigbee} - L_{p_{Zigbee}}$$

$$S (dB) = 0 - (33.3 + 40 \log(d))$$

$$I = EIRP_{WiFi} - L_{p_{WiFi}}$$

$$I (dB) = 20 - (33.3 + 40 \log(r + d))$$

$$N (dB) = -95$$

On cherche à avoir

$$SNIR \text{ (dB)} > 2 \text{ dB}$$

Ce qui équivaut à

$$SNIR > 1.58$$

On résout donc

$$SNIR = \frac{10^{\frac{-33.3-40\log(d)}{10}}}{10^{\frac{20-33.3-40\log(d+5)}{10}} + 10^{-9.5}} > 1.58$$

$$\frac{10^{-3.33-4\log(d)}}{10^{-9.5} + 10^{-1.33} \times 10^{-4\log(d+5)}} > 1.58$$

$$10^{-3.33} * 10^{-4\log(d)} > 1.58 * 10^{-9.5} + 1.58 * 10^{-1.33} * 10^{-4\log(d+5)}$$

$$d^{-4} > 1.58 * 10^{-6.17} + 158 * (d + 5)^{-4}$$

$$\mathbf{d < 1.98}$$

Pour obtenir un $PER < 1\%$ avec des interférences WiFi, il faut donc que le point d'accès Zigbee soit placé à moins de $1.98m$ du récepteur Zigbee.

2. En considérant le schéma ci-dessous, calculez la séparation maximale S_{max} entre les points d'accès Zigbee et WiFi pour assurer une portée de 20 m du réseau Zigbee. On conserve les mêmes hypothèses que précédemment.



On reprend l'équation de base utilisée dans la précédente question, avec $d = 20m$ et r comme inconnue.

$$\frac{10^{-3.33-4\log(20)}}{10^{-9.5} + 10^{-1.33-4\log(20+r)}} > 1.58$$

$$\frac{10^{-8.53}}{10^{-9.5} + 10^{-1.33} \times 10^{-4\log(20+r)}} > 1.58$$

$$\frac{10^{-8.53}}{1.58} > 10^{-9.5} + 10^{-1.33} \times (20+r)^{-4}$$

$$\frac{10^{0.97}}{1.58} > 1 + 10^{8.17} \times (20+r)^{-4}$$

$$10^{8.17} \times (20+r)^{-4} < \frac{10^{0.97} - 1.58}{1.58}$$

$$10^{8.17} \times (20+r)^{-4} < \frac{9.33 - 1.58}{1.58} = 4.91$$

$$\sqrt[4]{\frac{10^{8.17}}{4.91}} < (20+r)$$

$$r > 54.08 \text{ m}$$

Pour assurer une portée de 20 m au réseau Zigbee en présence d'interférences WiFi, il faut donc placer le point d'accès WiFi à au moins 54.08m du point d'accès Zigbee.