

Communications numériques sans fil pour les objets connectés

Exercice 1 – Zigbee en extérieur



Membres :

Alvaro Pascual
Mikita Prakapenka
Pierre Prie
Axel Bayle

Introduction :

L'objectif de l'exercice est de comparer les performances radios, en extérieur, de trois modules Zigbee différents.

Dans la première partie nous allons comparer les performances des trois modules en utilisant le modèle de propagation en espace libre ainsi que le modèle à deux rayons.

Dans la seconde partie, nous allons comparer l'influence de la variation des principaux paramètres sur les performances attendu du modèle. Pour cette étude, nous travaillerons avec le modèle à deux rayons.

Comme support de nos comparaisons nous utilisons des données graphiques que nous avons produit grâce à un script MatLab. Ce script est disponible en annexe

Partie 1 : Comparaisons des performances des différents modules

Les trois modules ont les caractéristiques suivantes :

	Module A	Module B	Module C
Modulation OQPSK. freq (MHz)	868	2400	2400
Puissance d'émission (dBm)	0	0	10
Seuil de réception (dBm)	-92	-92	-100
Gain (dB)	0	0	0

Equation pour le modèle libre :

$$L_p(dB) = P_t - P_r = 32.4 + 20 \log(d[km]) + 20 \log(f[MHz])$$

Equation du modèle à deux rayons :

$$L_p \approx \left| \frac{e^{-j\beta D}}{2\beta D} * G_{TX} + G_{RX} * (\Gamma + (1 - \Gamma) * A) * e^{-j\phi} \right|^2$$

Equation de l'approximation du modèle à 2 rayons, valable pour des distances

$d \gg \sqrt{H_1 * H_2}$:

$$L_p(dB) = 40 \log(d[m]) - 20 \log(H_1[m]) + 20 \log(H_2[m])$$

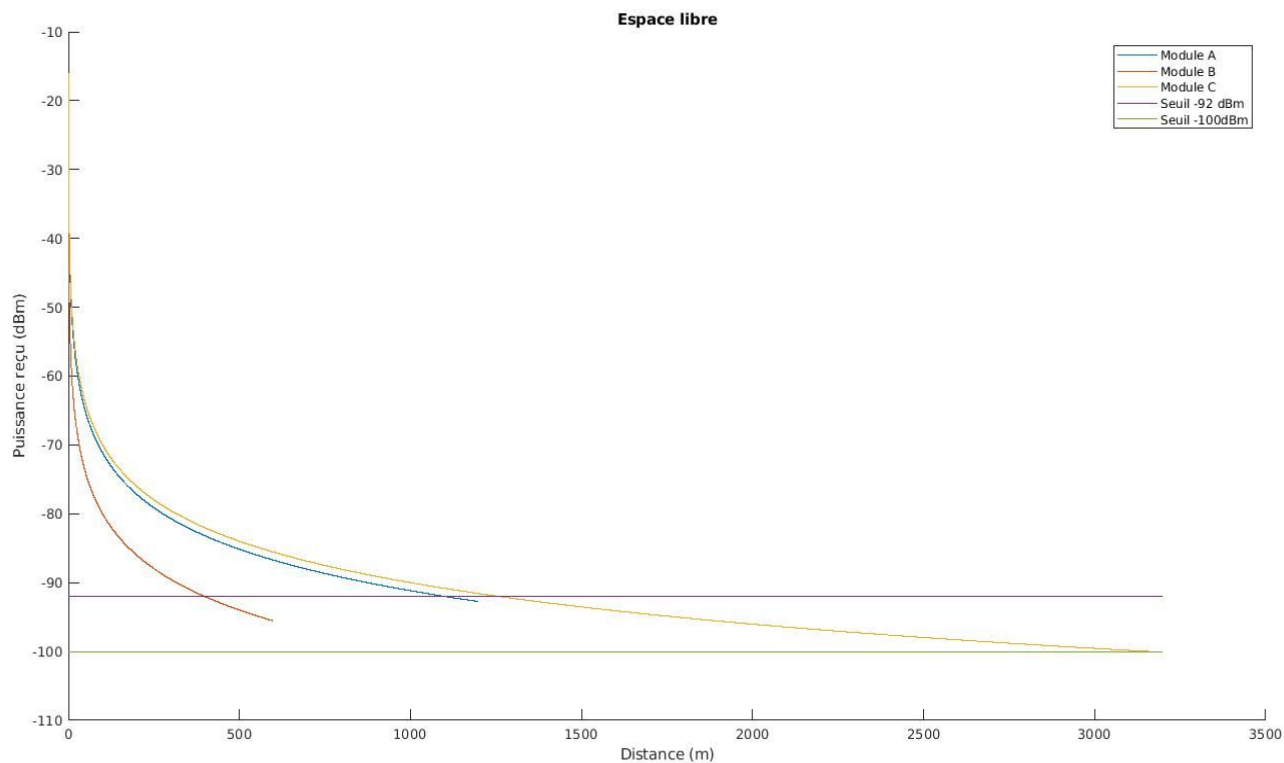


Figure 1: Portée des 3 modules avec le modèle espace libre

La figure 1 représente l'atténuation du signal en fonction de la distance transmetteur/récepteur selon le modèle en espace libre. La figure a été réalisé pour chacun des trois module A, B et C.

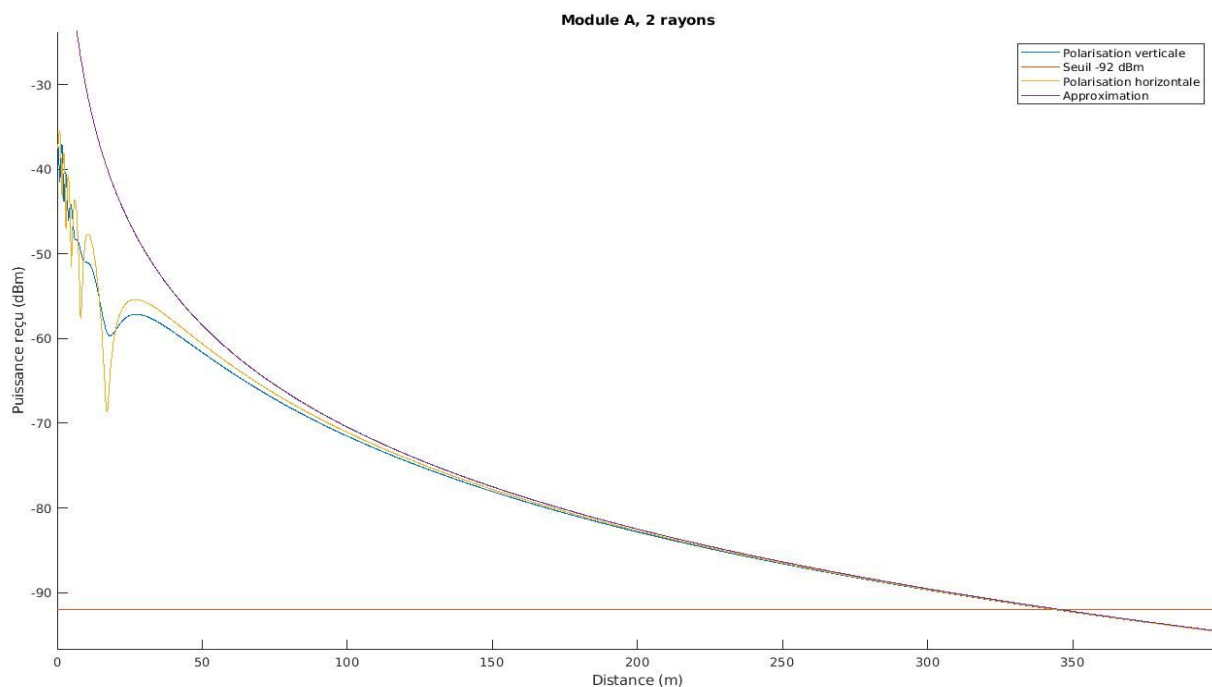


Figure 2: Portée du module A, modèle à deux rayons (polarisation verticale et horizontale de l'antenne) et approximation

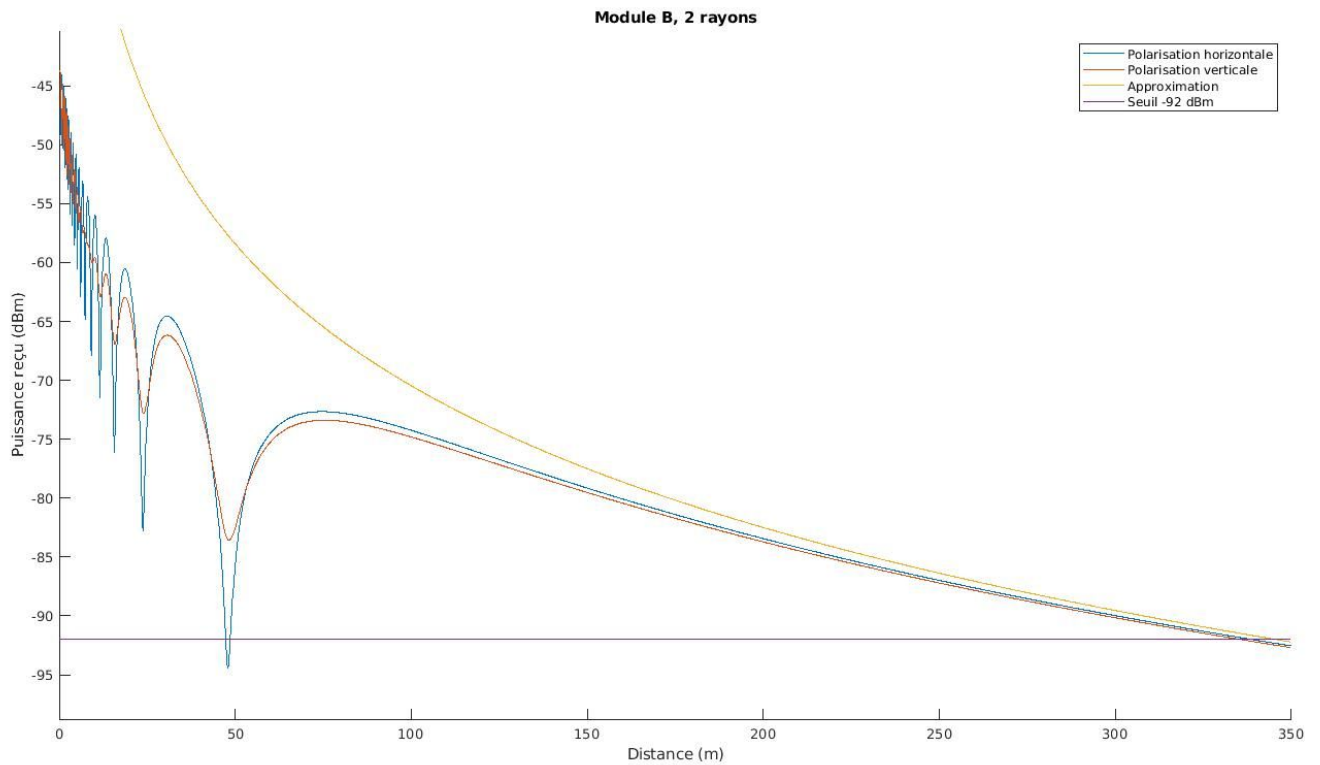


Figure 3: Portée du module B, modèle à deux rayons (polarisation verticale et horizontale de l'antenne) et approximation

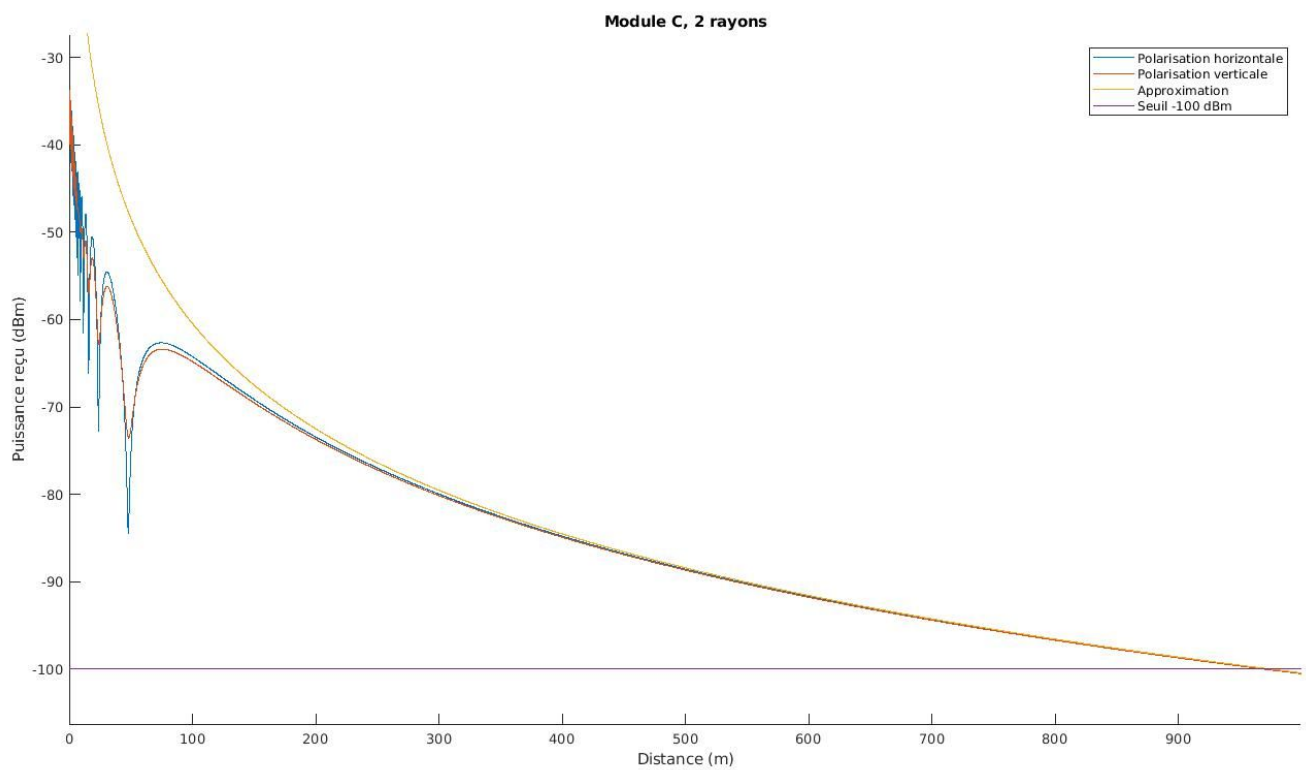


Figure 4: Portée du module C, modèle à deux rayons (polarisation verticale et horizontale de l'antenne) et approximation

Sur les figure 2,3 et 4, on a représenté l'atténuation du signal en fonction de la distance transmetteur/récepteur. Sur chaque figure il y a trois courbes représentant: le modèle à 2 rayons avec une polarisation horizontale, le modèle à 2 rayons avec polarisation verticale et l'approximation du modèle à 2 rayons.

Ci dessous, le tableau résumant les différentes portées selon le module et le modèle:

	Modèle libre	Modèle 2 rayons(vertical)	Modèle 2 rayons(horizontal)	Approximation du modèle à 2 rayons
Module A	1100 m	343 m	344 m	346 m
Module B	398 m	335 m	337 m	346 m
Module C	3160 m	968 m	971 m	974 m

Ce tableau nous permet de déduire que le Module C est le plus performant selon chacun des modèles étudiées. Grâce à la Figure 4, nous pouvons déduire que le facteur différenciant le plus le module B et le module C est la puissance d'émission de l'antenne, qui est de 10 dBm pour le module C et de 0 dBm pour le module B. En effet, si le seuil de réception du module C était le même que celui du module B (donc -92dBm), la distance maximale de réception du module C serait toujours supérieur à celle du module B et serait d'environ 600 m. La puissance d'émission est donc bien le paramètre ayant le plus d'influence sur la performance du module C.

Partie 2 : Evaluation de l'influence des paramètres

Pour étudier l'influence de la fréquence d'émission, la hauteur de l'émetteur, la hauteur du récepteur et la polarisation de l'antenne émettrice, nous avons fixé certains paramètres. La puissance d'émission est fixé à 0 dBm, le seuil de réception à -92 dBm et le modèle d'étude choisi est le modèle à 2 rayons.

Avec les courbes de la partie 1 on peut examiner la différence de portée selon la polarisation des antennes. On remarque que celle-ci est relativement faible.

Néanmoins, la polarisation horizontale augmente l'effet des interférences destructives, preuve en est, à 2,4 GHz pour le module B on constate que la polarisation horizontale à 50 mètres apporte -20dB par rapport à la verticale et passe sous le seuil de -92dB.

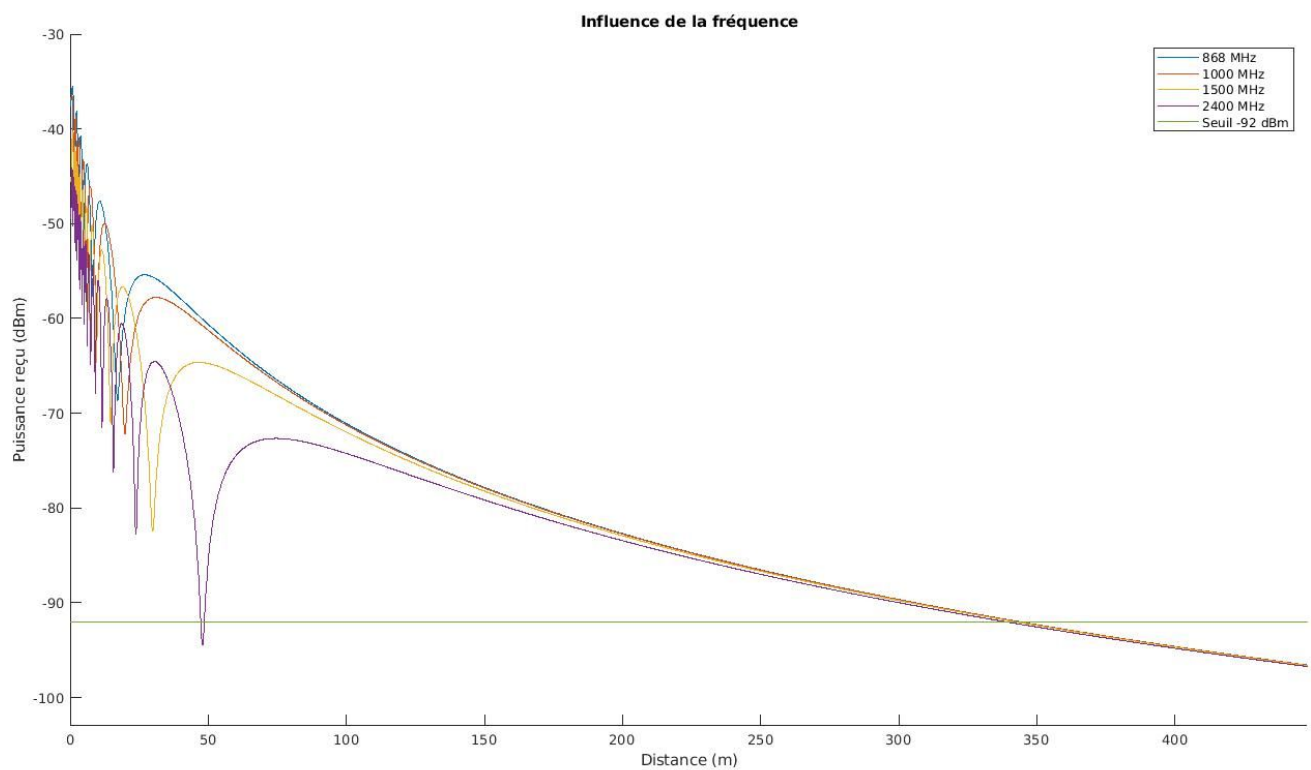


Figure 5: Portée du module A, avec des fréquences allant de 868 MHz à 2.4 GHz

Sur la figure 5 on étudie la variation de la portée liée à la fréquence selon le modèle à 2 rayons avec une polarisation horizontale de l'antenne. On remarque que la variation de la portée est inférieure à 1%. Cependant les interférences destructives sont plus importantes quand la fréquence augmente.

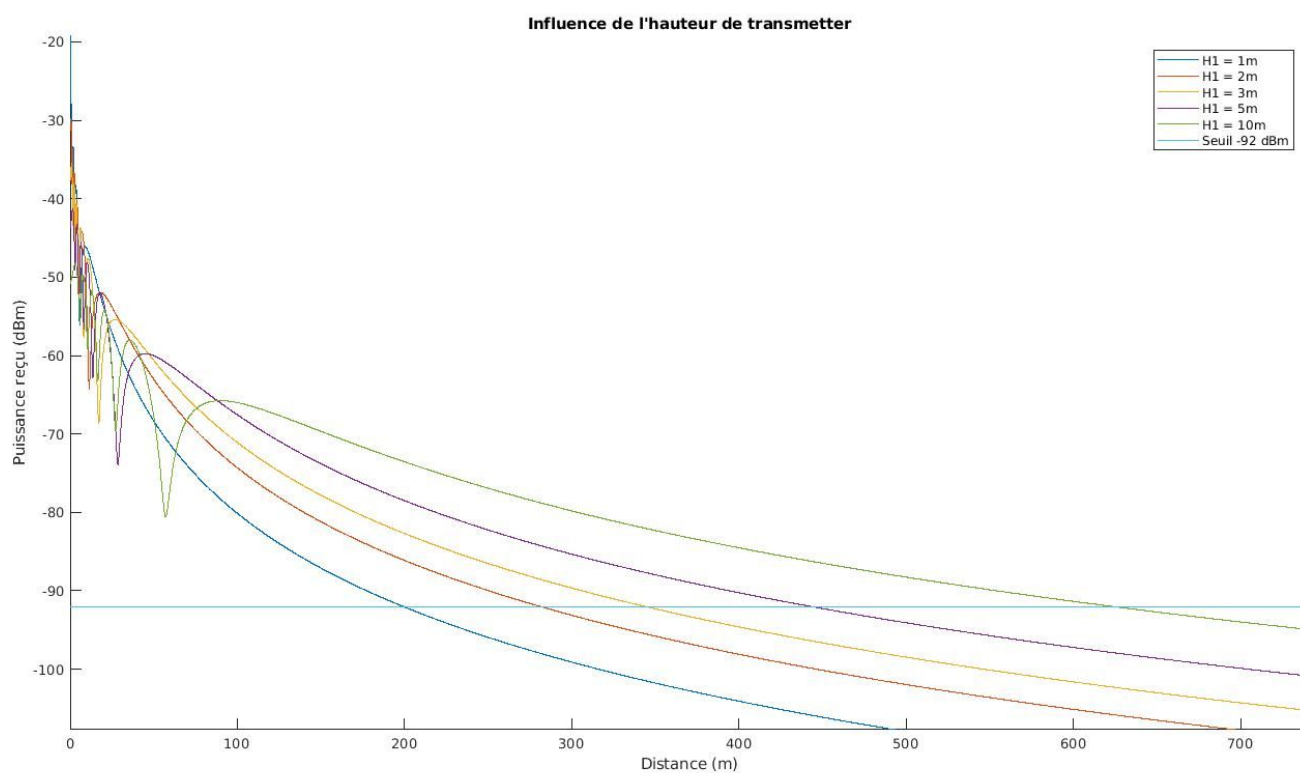


Figure 6: Portée du module A selon la hauteur du transmetteur

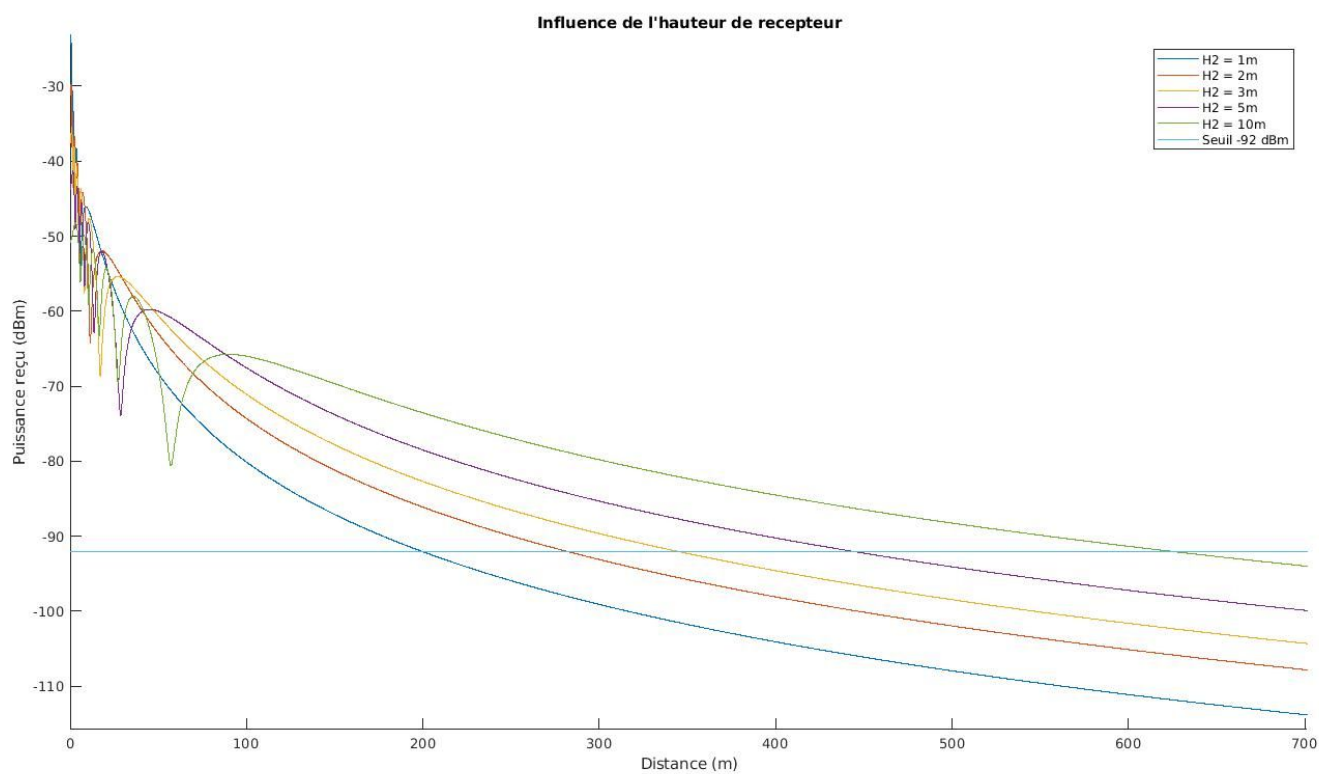


Figure 7: Portée du module A selon la hauteur du récepteur

Sur la figure 6 et la figure 7 on peut voir la variation de la portée liée à la hauteur des antennes.

On constate que la variation de la portée est très importante :

- Pour l'antenne émettrice: la portée est de 200 m avec une antenne de 1 m et de 623 m pour une antenne de 10 m.
- Pour l'antenne réceptrice : la portée est de 200 m avec une antenne de 1m et de 627 m pour une antenne de 10 m.

En conclusion de cet étude, on constate que le facteur le plus important dans la portée du signal zigbee est la hauteur des antennes. Cependant pour avoir une étude plus approfondie il faudrait mener une campagne de tracé en couplant les hauteurs des deux antennes.

Dans la vrai vie, l'antenne du récepteur ne peut pas toujours être à 10 mètres de hauteur et est plutôt positionné à de hauteurs de l'ordre du mètre, à ce titre il paraît évident et judicieux que l'antenne du transmetteur doit être placé en hauteur pour garantir la portée maximum au signal.

Annexe: Code Matlab ayant permis le tracé des figures

```
function L_p_final = rayons(freq,dmax,Pe,S,h,H1,H2)
%2 rayons
%
% freq -> fréquence en MHz
% dmax -> distance max a afficher sur le graphique
% Pe -> puissance d'émission en dBm
% S -> seuil de réception en dBm
% h -> "1" si polarisation horizontale
% H1 -> hauteur de l'antenne d'émission
% H2 -> hauteur de l'antenne de réception
%
% Detailed explanation goes here
d=0.2:0.1:dmax;
s=S*ones(1,length(d));
e_r = 4; %permittivité relative
e_0 = 8.85*10^-12;
p = 0.001; %conductivité du sol
f = freq*10^6; %fréquence en MHz
G = 0; %gain antenne
c = 3*10^8;
%H1 = 3;
%H2 = 1;
tetha = atan((H1 + H2)./d);
D = sqrt(d.^2 + (H1 - H2)^2);
R = sqrt(d.^2 + (H1 + H2)^2);
beta = (2*pi*f)/c;
fi = beta*(R - D);
e_g = e_r - i*p/(e_0*2*pi*f);
if h==1
    X = sqrt(e_g - cos(tetha).^2); %polarisation horizontale
else
    X = sqrt(e_g - cos(tetha).^2)/e_g; %polarisation verticale
end
T = (sin(tetha) - X)./(sin(tetha)+X);
A = (-1)./(1 + i*beta.*d.*(X+sin(tetha)).^2);
L_p = exp(-beta.*D*i)./(2*beta.*D).*(1+(T+(1-T).*A).*exp(-fi*i));
L_p1 = conj(L_p);
L_p_final = L_p.*L_p1;
plot(d,Pe+10*log10(L_p_final)); %2 rayons
plot(d,Pe-(32.4+20*log10(freq)+20*log10(d./1000))); %espace libre
plot(d,s); %seuil de réception
plot(d,Pe+10*log10((H1*H2)^2./d.^4)); %approximation 2 rayons
end
```