

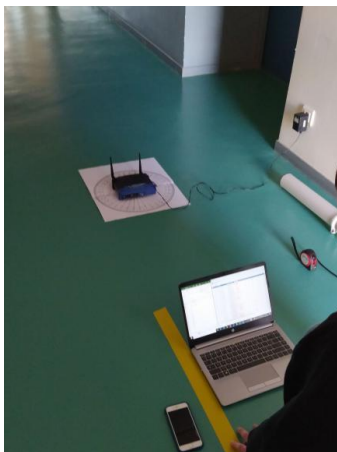
## Saé 13 : Découvrir un dispositif de transmission



### Introduction :

Cette Saé nommée « Découvrir un dispositif de transmission » a débuté le mardi 13 janvier, et s'est finie le jeudi 13 janvier 2022. Pendant cette Saé, nous avons eu l'occasion de manipuler du matériel réseau, tels que des routeurs wifi et des antennes. Durant ces trois jours, des professeurs étaient à notre disposition afin de nous aider et nous aiguiller pour finaliser notre travail. Il y avait Monsieur Vanstraceele et Monsieur Leni.

1. Matériel mis à notre disposition.....	2
2. Création du réseau wifi .....	3
3. Choix et installation application de mesure .....	4
4. Mesure Puissance-Distance Gain .....	5-12
5. Mesure Diagramme de rayonnement.....	13-17
6. Mesure pertes obstacles .....	18-19
7. Cartographie d'un étage.....	19-20
8. Puissance fonction fréquence .....	20-21
9. Portée maximale.....	21-23



## 1 Matériel mis à notre disposition

Le mardi 10/01 était le jour de départ de cette Saé 13. Nous sommes allés récupérer le matériel qui nous était prêté pour ce projet dans des boîtes disposées dans chaque salle. Nous disposons :

- D'un routeur wifi Linksys (possédant deux antennes omnidirectionnelles) ;
- D'une antenne directionnelle : Yagi Bazooka (il y en avait un nombre limité), comportant le câble permettant de la relier au routeur et un adaptateur ;
- D'un câble Ethernet permettant de faire des réglages sur le Firmware ;
- Si nous le voulions, nous pouvions utiliser les ordinateurs fixes déjà disponibles à l'IUT.

**Antenne Yazi Bazooka**

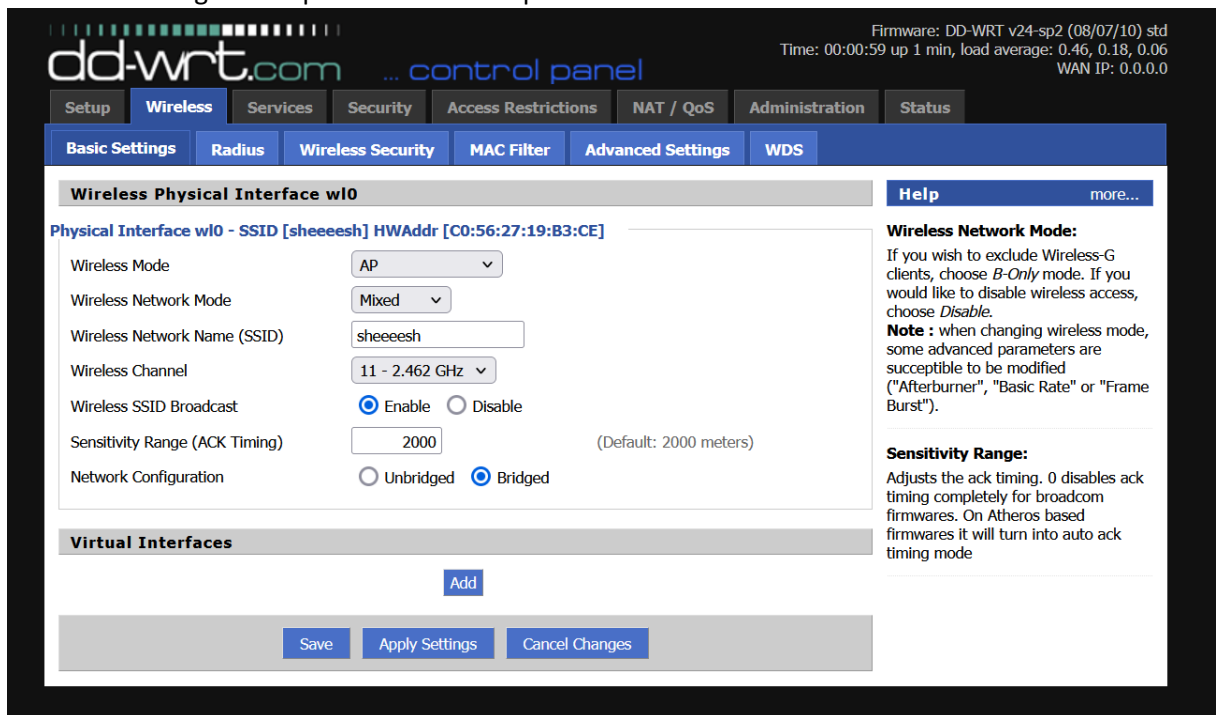
**Routeur wifi Linksys**



## 2 Création du réseau du wifi

Afin de **créer et de configurer le réseau wifi**, nous avons suivi les étapes suivantes :

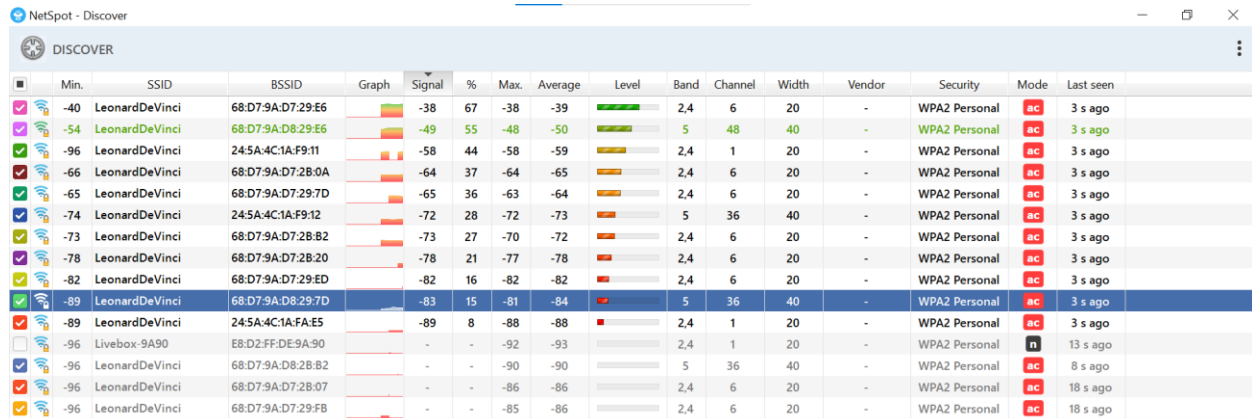
1. Réinitialiser le routeur wifi en appuyant pendant 5 secondes sur le bouton « reset », tout en branchant l'alimentation ;
2. Charger une machine virtuelle sous Debian sur un ordinateur puis s'y connecter en s'identifiant avec tp et tp ;
3. Changer l'IP pour être dans le même réseau que le routeur avec la commande : `sudo ifconfig [nom de la carte réseau] [IP voulu]`. Dans notre cas l'IP voulue devait se situer dans le réseau 192.168.1.0/24.
4. Charger le Firmware alternatif DD-WRT en rentrant l'IP 192.168.1.1 sur une page web.
5. Réaliser la configuration présente sur le diaporama.



- ⇒ Le problème que nous avons eu était que nous avons choisi la mauvaise machine virtuelle. Celle que nous avons utilisé ne comportait qu'une seule carte réseau ce qui ne permettait pas d'accéder à l'interface de notre routeur, nous ne pouvions donc pas le configurer.

### 3 Choix et installation application de mesure

- Au début de la Saé, nous avons choisi l'application **Wifi Heat Map**. Cette application était :
  - Assez simple à prendre en main. On peut voir la puissance reçue (en dBm) qui se met à jour régulièrement. Cette application nous intéressait beaucoup car elle fournissait les informations dont nous avons besoin.
- ⇒ L'interface des autres applications était un peu plus complexe et celles-ci étaient plus difficiles à prendre en main, nous avons donc privilégié une application plus simple pour obtenir nos valeurs.
  - On se rend compte après quelques mesures qu'il peut y avoir une assez grande différence entre les téléphones portable.
  - L'application nous montre également qu'il y a des interférences entre les différents routeurs branchés. Pour remédier à ce problème, nous nous sommes entraidés entre groupes afin de prendre nos mesures ensemble, ce qui permettait de limiter le nombre de routeurs qui fonctionnaient en même temps et donc les interférences.
- Cependant, nos mesures ne paraissaient pas correctes et précises. Trop d'écart entre les mesures. Ce qui met en avant une assez grande incohérence dans les résultats.
  - ⇒ C'est pour cela que sommes allés reprendre des mesures avec une autre application cette fois ci installées sur un ordinateur. Nous avons installé **NetSpot**, cette application était également assez simple à utiliser. **Voici son interface :**



	Min.	SSID	BSSID	Graph	Signal	%	Max.	Average	Level	Band	Channel	Width	Vendor	Security	Mode	Last seen
✓	-40	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D7:29:E6		-38	67	-38	-39		2,4	6	20	-	WPA2 Personal	ac	3 s ago
✓	-54	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D8:29:E6		-49	55	-48	-50		5	48	40	-	WPA2 Personal	ac	3 s ago
✓	-96	LeonardDeVinci	24:5A:4C:1A:F9:11		-58	44	-58	-59		2,4	1	20	-	WPA2 Personal	ac	3 s ago
✓	-66	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D7:2B:0A		-64	37	-64	-65		2,4	6	20	-	WPA2 Personal	ac	3 s ago
✓	-65	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D7:29:7D		-65	36	-63	-64		2,4	6	20	-	WPA2 Personal	ac	3 s ago
✓	-74	LeonardDeVinci	24:5A:4C:1A:F9:12		-72	28	-72	-73		5	36	40	-	WPA2 Personal	ac	3 s ago
✓	-73	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D7:2B:B2		-73	27	-70	-72		2,4	6	20	-	WPA2 Personal	ac	3 s ago
✓	-78	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D7:2B:20		-78	21	-77	-78		2,4	6	20	-	WPA2 Personal	ac	3 s ago
✓	-82	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D7:29:ED		-82	16	-82	-82		2,4	6	20	-	WPA2 Personal	ac	3 s ago
✓	-89	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D8:29:7D		-83	15	-81	-84		5	36	40	-	WPA2 Personal	ac	3 s ago
✓	-89	LeonardDeVinci	24:5A:4C:1A:FA:E5		-89	8	-88	-88		2,4	1	20	-	WPA2 Personal	ac	3 s ago
✓	-96	Livebox-9A90	E8:D2:FF:DE:9A:90		-	-	-92	-93		2,4	1	20	-	WPA2 Personal	n	13 s ago
✓	-96	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D8:2B:B2		-	-	-90	-90		5	36	40	-	WPA2 Personal	ac	8 s ago
✓	-96	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D7:2B:07		-	-	-86	-86		2,4	6	20	-	WPA2 Personal	ac	18 s ago
✓	-96	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D7:29:FB		-	-	-85	-86		2,4	6	20	-	WPA2 Personal	ac	18 s ago

Cette colonne nous montre la puissance reçue en dBm.

Nous avons dû effectuer quelques recherches pour s'assurer que cette colonne correspondait bien à la puissance reçue en dBm.

Cette application est beaucoup plus précise et les résultats sont plus cohérents et exploitables. Les résultats se mettent à jour toutes les 5 secondes, il y a aussi la moyenne qui peut nous être utile afin de déterminer le plus précisément possible une valeur à utiliser pour le signal.

## 4 Mesure Puissance-Distance Gain (et autres mesures)

Grâce à l'application présentée précédemment, nous avons pu réaliser les mesures de la puissance reçue en fonction de la distance. Ces mesures ont été prises pour l'antenne omnidirectionnelle et pour l'antenne directionnelle.



Nous obtenons alors le tableau suivant :

Distances en mètres	Puissances reçues antenne omnidirectionnelle (dBm)	Puissances reçues antenne directionnelle (dBm)
0	-10	-14
2	-29	-22
4	-35	-27
6	-39	-33
8	-42	-34
10	-45	-35
12	-48	-42
14	-52	-42
16	-56	-42
18	-61	-44
20	-63	-47
25	-65	-55
30	-68	-49
40	-73	-62

Tableau représentant la puissance reçue (en dBm) que nous avons mesurée en fonction de la distance (en mètres)

Avec ceci, nous avons réalisé un tracé graphique de l'équation de Friis. Pour cela, nous avons utilisé **log (distance/ $\lambda$ )** en abscisse.

Nous connaissons la distance en mètres, qui est la première distance du tableau. Cependant nous ne connaissons pas encore la longueur d'onde notée :  $\lambda$ .

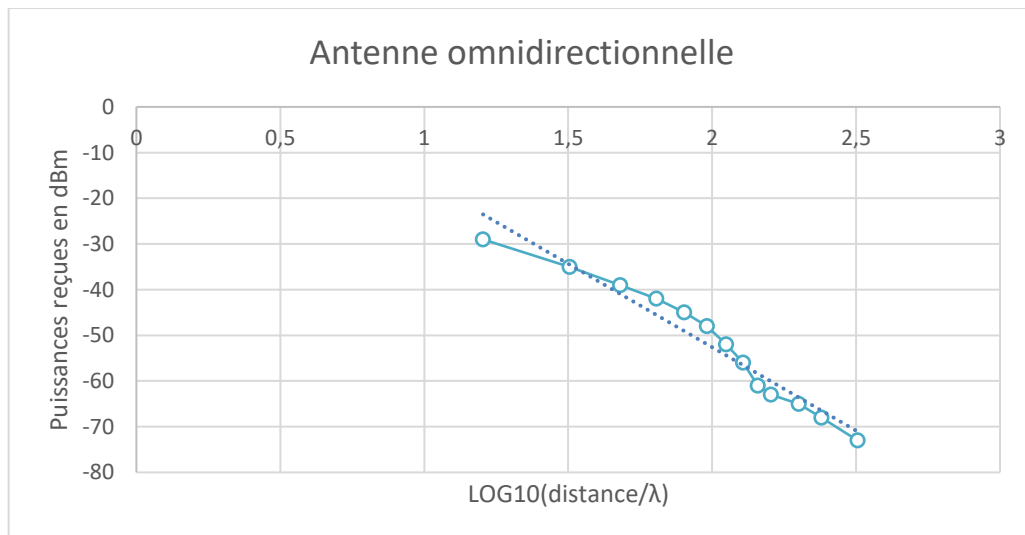
Pour cela, nous avons appliqué la formule :  $\lambda = \frac{\text{célérité}}{\text{fréquence}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,462 \cdot 10^9} = 0,125$  mètres. Nous avons obtenu la fréquence lors de la configuration du **Firmware**. Nous avons aussi pu la vérifier en mesurant avec **wifi Heatmap**.

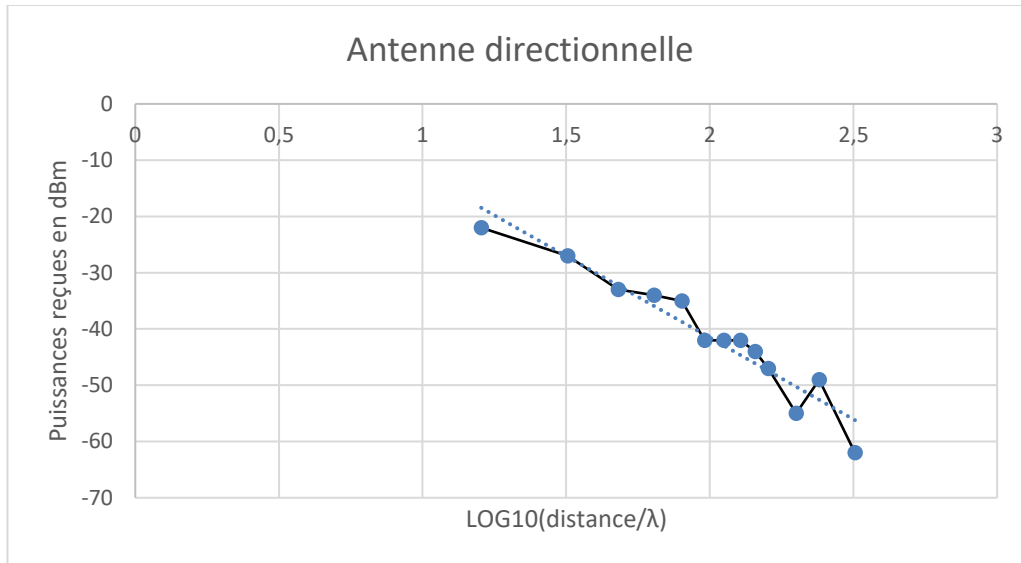
Nous avons pu ajouter la colonne correspondante dans notre tableau :

log10(distance/λ)
/
1,204119983
1,505149978
1,681241237
1,806179974
1,903089987
1,982271233
2,049218023
2,10720997
2,158362492
2,204119983
2,301029996
2,380211242
2,505149978

*La première ligne n'est pas exploitable, puisque LOG10(0) n'est pas mesurable.*

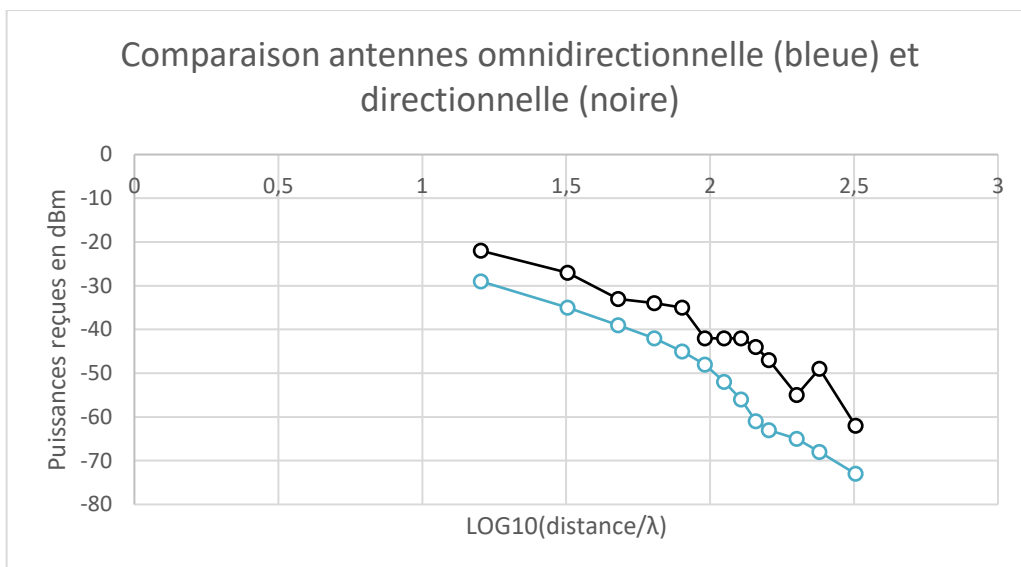
Nous avons donc pu réaliser le graphique. Nous avons utilisé log (distance/λ) en **abscisse** et la puissance reçue par chaque type d'antenne (en dBm) en **ordonnée**.





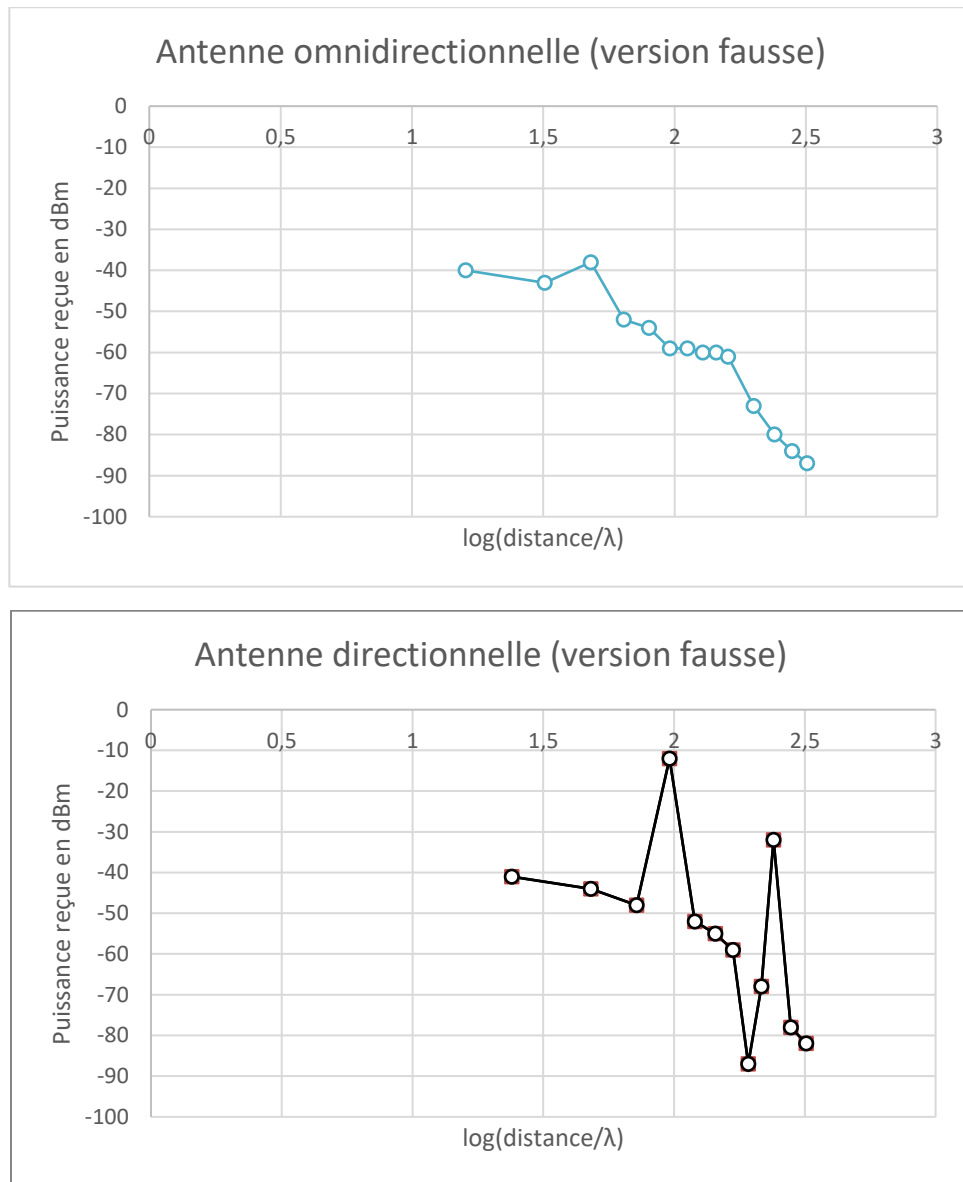
On peut se rendre compte que les courbes sont assez proches des courbes tendance, et ressemblent également au modèle nommé « présentation graphique de l'équation de Friis » présenté sur le diaporama de présentation de cette Saé.

Si nous voulons comparer les courbes entre elles, cela donne :



Nous pouvons interpréter que l'antenne omnidirectionnelle possède une plus grande perte, nous pouvons nous en rendre compte grâce aux valeurs qui diminuent assez vite tout au long de la représentation graphique. Les mesures que nous avons prises avec l'antenne directionnelle ont été prises en face de l'appareil, on peut donc en déduire que pour avoir un meilleur réseau on pourrait utiliser une antenne directionnelle et rester en face. Celle-ci possède une plus longue portée et possède une meilleure puissance reçue que l'antenne omnidirectionnelle. Nous nous sommes rendu compte que la puissance reçue diminue moins vite, bien que la distance augmente. L'utilisation de chaque antenne est donc spécifique à son usage.

Le problème principal que nous avons rencontré lors de cet exercice était que nous avons dû reprendre deux fois chaque mesure. Lors des premières mesures, on obtenait les courbes suivantes :



Nos valeurs ne semblaient pas très réalistes, c'est pour cela que nous avons voulu reprendre de meilleures mesures avec un ordinateur qui a une meilleure précision qu'un téléphone portable.

Après cela, nous sommes passés à la recherche de la puissance émise en dBm.

Nous possédions plusieurs données :

- D'après le firmware, la puissance émise théorique est de 71 mW, si l'on veut cette valeur en dBm, on utilise cette formule

$$Pe(dBm) = 10 \log_{10} \left( \frac{Pe(mW)}{1mW} \right)$$



On obtient alors  $P_e(\text{dBm}) = 18,51 \text{ dBm}$  de puissance émise en théorie.

Nous avons alors vérifié en pratique ce que nous obtenons :

$$(P_R)_{\text{dBm}} = (P_E)_{\text{dBm}} - 22 - 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{\text{distance}}{\lambda}\right) + (G_E)_{\text{dBi}} + (G_R)_{\text{dBi}}$$

En déduire la puissance d'émission, ce qui donne :

$$P_e(\text{dBm}) = P_r(\text{dBm}) + 22 + 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{\text{distance}}{\lambda}\right) - G_e(\text{dBi}) - G_r(\text{dBi})$$

Nous avons intégré cette formule à un tableau Excel qui contenait les puissances reçues mesurées en fonction de la distance.

Nous avons aussi pris connaissance des valeurs de gains :

- $G_r = 1 \text{ dBi}$
- $G_e$  de l'antenne omnidirectionnelle =  $0 \text{ dBi}$
- $G_e$  de l'antenne directionnelle =  $17 \text{ dBi}$  (d'après la fiche technique de l'Antenne Yagi "Bazooka").

## Fiche technique



> **Connectique** - *connecteur RP-SMA plug (male)*

> **Gain** - *17 dBi*

On a donc :

Puissances émises antenne omnidirectionnelle en dBm	Puissances émises antenne directionnelle en dBm
/	/
16,08239965	6,082399653
16,10299957	7,102999566
15,62482475	4,624824748
15,12359948	6,12359948
14,06179974	7,06179974
12,64542466	1,645424661
9,984360453	2,984360453
7,144199393	4,144199393
3,167249842	3,167249842
2,082399653	1,082399653
2,020599913	-4,979400087
0,604224834	2,604224834
-1,897000434	-7,897000434

Le calcul de la première ligne n'est pas faisable car  $\log(0)$  n'existe pas.

Normalement la puissance émise ne peut pas être négative. Cependant dans notre cas elle l'est. C'est sûrement dû aux erreurs de mesures engendrées par les perturbations extérieures.

Nous avons cherché le gain des différentes antennes.

Nous pouvons le calculer de plusieurs manières, mais nous avons utilisé la formule suivante :

$G(dB) = 10 \log_{10}\left(\frac{P_r}{P_e}\right)$ , dans cette équation, il faut exprimer les puissances en watt

Pour mettre en watt, on fait :

$$P(W) = 10^{-3} * 10^{\left(\frac{P(dBm)}{10}\right)}$$

Pour l'antenne directionnelle, on trouve :

Pe antenne directionnelle en Watt	Pr antenne directionnelle en Watt
/	3,98107E-05
0,004057327	6,30957E-06
0,005132157	1,99526E-06
0,002900564	5,01187E-07
0,004096	3,98107E-07
0,005083701	3,16228E-07
0,001460638	6,30957E-08
0,00198809	6,30957E-08
0,002596689	6,30957E-08
0,0020736	3,98107E-08
0,001283039	1,99526E-08
0,000317731	3,16228E-09
0,001821472	1,25893E-08
0,000162293	6,30957E-10

A partir de maintenant, on a pu appliquer la formule du gain.

Pour l'antenne directionnelle on obtient :

⇒ Le gain en moyenne de 15,9 dBi.

Si l'on veut, on peut également chercher la puissance reçue en théorie par l'antenne omnidirectionnelle.

$$(P_R)_{dBm} = (P_E)_{dBm} - 22 - 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{\text{distance}}{\lambda}\right) + (G_E)_{dBi} + (G_R)_{dBi}$$

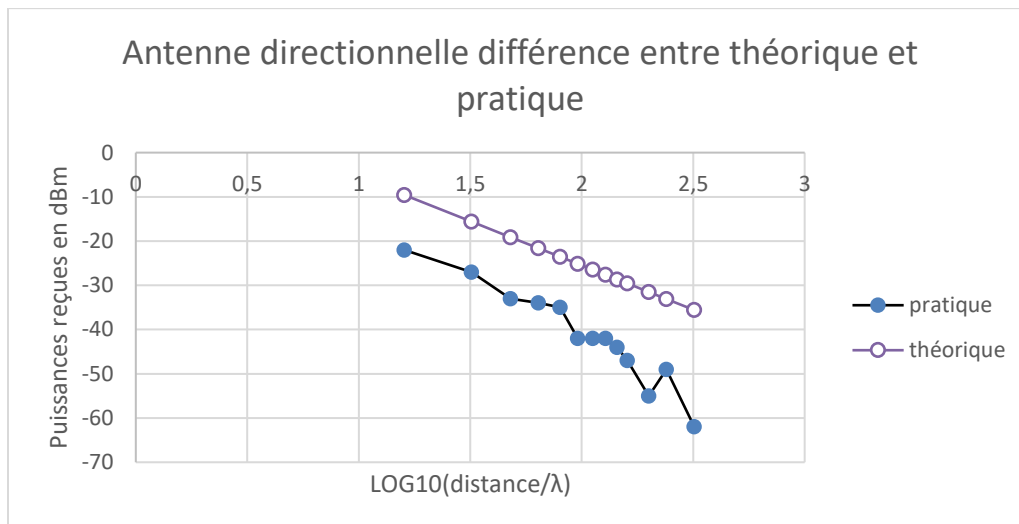
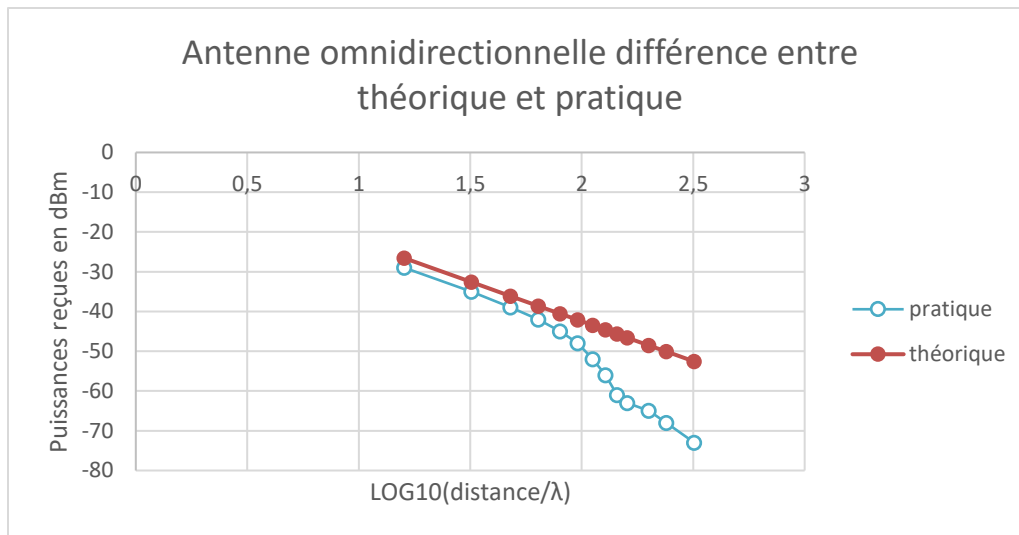
**Les données :**

- $P_e = 18,51 \text{ dBm}$
- Distance que l'on souhaite
- $\lambda = 0,125 \text{ m}$
- $G_e = 0 \text{ dBi}$  pour l'antenne omnidirectionnelle
- $G_r = 1 \text{ dBi}$
- $G_e = 17 \text{ dBi}$  pour l'antenne directionnelle

Puissance reçue en théorie antenne omnidirectionnelle en dBm
/
-26,57239965
-32,59299957
-36,11482475
-38,61359948
-40,55179974
-42,13542466
-43,47436045
-44,63419939
-45,65724984
-46,57239965
-48,51059991
-50,09422483
-52,59299957

Puissance reçue en théorie antenne directionnelle
/
-9,572399653
-15,59299957
-19,11482475
-21,61359948
-23,55179974
-25,13542466
-26,47436045
-27,63419939
-28,65724984
-29,57239965
-31,51059991
-33,09422483
-35,59299957

Si nous comparons nos valeurs théoriques à nos valeurs pratique :



Nous pouvons nous rendre compte que dans les deux cas, les valeurs théoriques sont différentes par rapport aux valeurs pratique. On voit qu'elles sont moins élevées dans les deux cas. On peut conjecturer que des perturbations ont eu lieu lors de nos mesures. Nous n'avons probablement pas eu des mesures aussi précises que celles qu'on aurait pu avoir avec un appareil spécialisé.

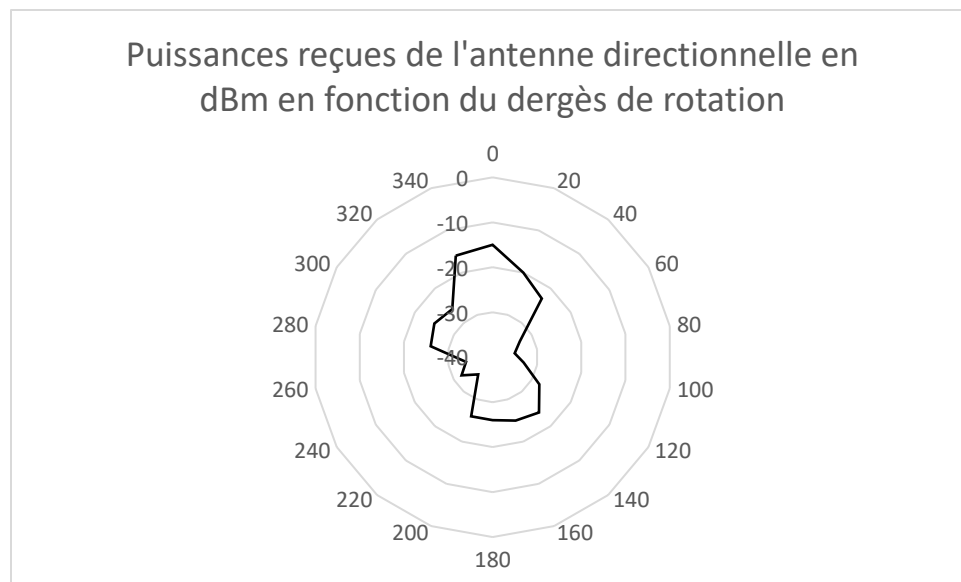
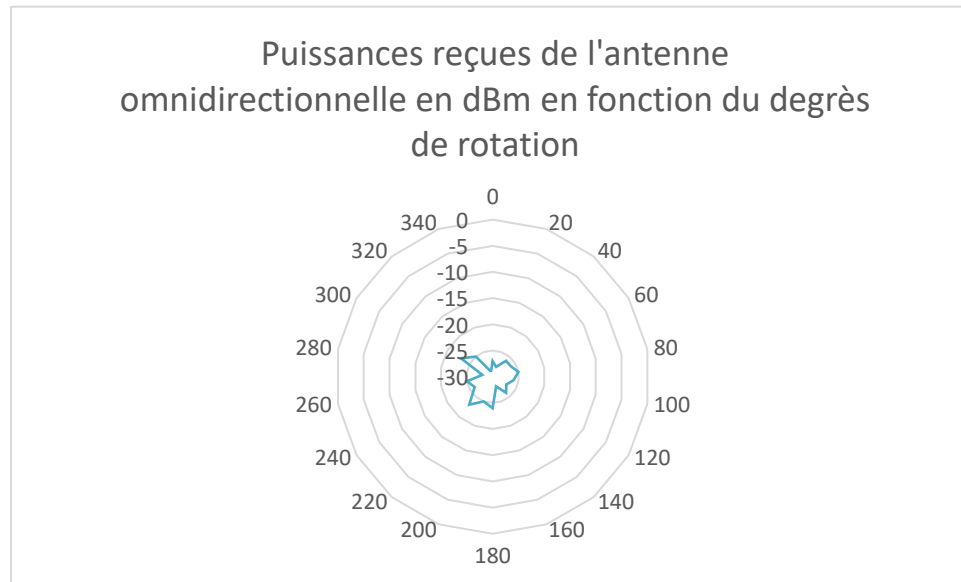
## 5 Mesure diagramme de rayonnement

Pour réaliser les mesures de diagramme de rayonnement, nous nous sommes placés à une distance régulière d'un mètre. Nous faisons des mesures avec une rotation de vingt degrés entre chaque analyse pour chaque antenne en laissant l'ordinateur au même endroit.

Nous étudions donc la puissance reçue en dBm selon la rotation de l'antenne. Le tableau que l'on a obtenu est celui-ci :

Degrés	Puissance reçue omnidirectionnelle en dBm	Puissance reçue directionnelle en dBm
0	-27	-15
20	-28	-20
40	-26	-23
60	-26	-33
80	-25	-35
100	-26	-33
120	-27	-28
140	-26	-24
160	-28	-25
180	-24	-26
200	-25	-26
220	-23	-35
240	-26	-32
260	-25	-34
280	-28	-26
300	-23	-25
320	-25	-26
340	-29	-16

On a mis les valeurs trouvées dans un diagramme en radar pour pouvoir avoir un aperçu de la répartition de la puissance reçue en fonction de l'angle :



Nos mesures pour l'antenne omnidirectionnelle indiquent que le signal est plus ou moins homogène tout autour de cette dernière.

Nos mesures pour l'antenne directionnelle sont quant à elles assez différentes. On peut clairement voir l'avant de notre appareil. C'est que l'on appelle le lobe avant (une partie ou les ondes/l'énergie rayonnée se propage. Le lobe principal contient lui la plus grande partie de l'énergie rayonnée/d'ondes radio). On remarque aussi un lobe à l'arrière, vers 180°, qui signifie que des ondes radio se propagent aussi vers l'arrière de l'appareil mais en plus faible quantité. On peut aussi observer des sortes de lobes secondaires, ceux-ci contiennent une partie de l'énergie rayonnée/des ondes radio en encore plus faible quantité. On remarque cependant que ces derniers ne sont pas aussi grands que celui présent à l'avant.

On peut donc confirmer notre hypothèse, l'antenne directionnelle permet de pointer vers une direction afin de maximiser la puissance des ondes sur cette zone. On a pu voir que l'angle s'élargit davantage plus on s'éloigne de la source.

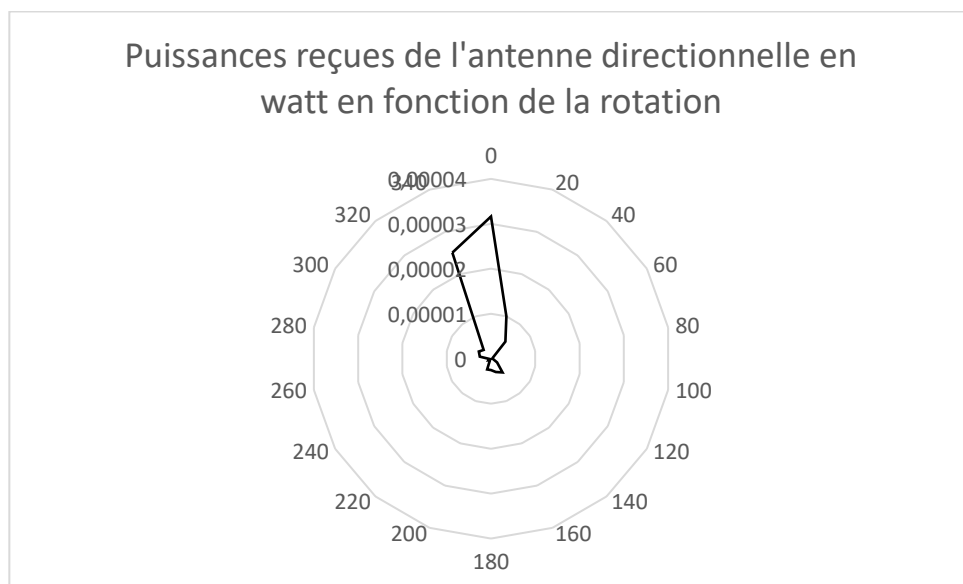
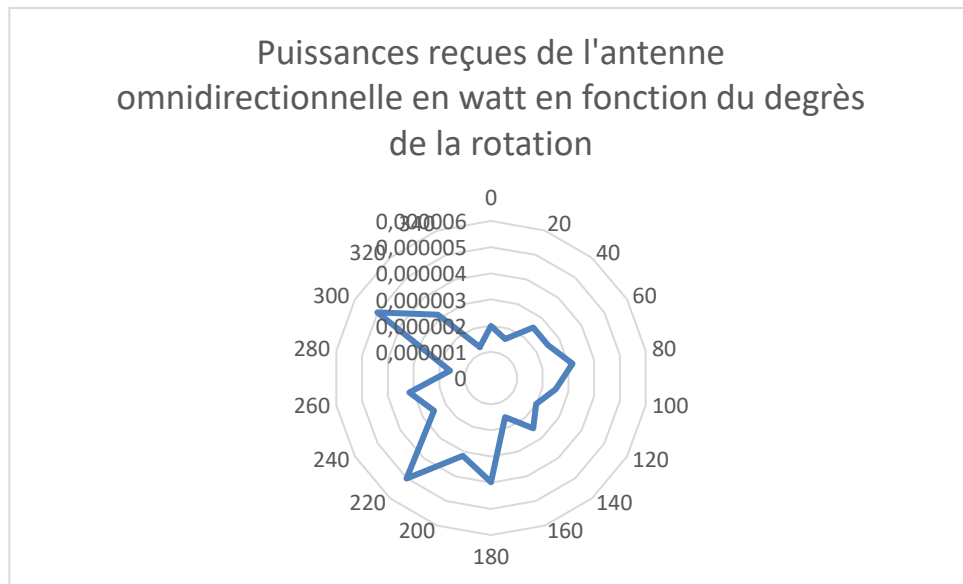
Cependant, pour avoir un meilleur rendu, on préfère mettre les valeurs de puissances reçues en watt avec la formule utilisée précédemment :

$$P(W) = 10^{-3} * 10^{\left(\frac{P(dBm)}{10}\right)}$$

Ce qui nous donne un tableau comme celui-ci :

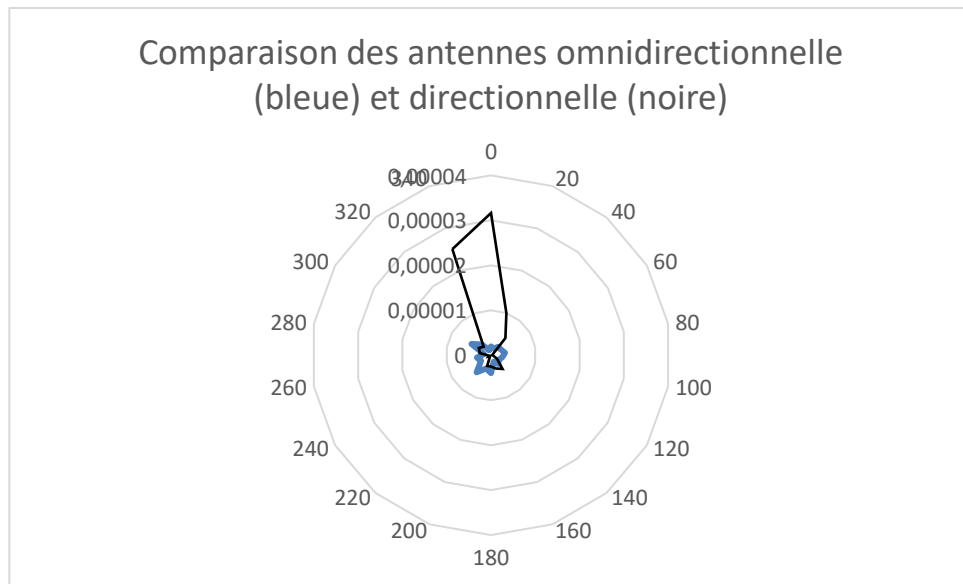
Puissance reçue de l'antenne omnidirectionnelle en watt	Puissance reçue de l'antenne directionnelle en watt
1,99526E-06	3,16228E-05
1,58489E-06	0,00001
2,51189E-06	5,01187E-06
2,51189E-06	5,01187E-07
3,16228E-06	3,16228E-07
2,51189E-06	5,01187E-07
1,99526E-06	1,58489E-06
2,51189E-06	3,98107E-06
1,58489E-06	3,16228E-06
3,98107E-06	2,51189E-06
3,16228E-06	2,51189E-06
5,01187E-06	3,16228E-07
2,51189E-06	6,30957E-07
3,16228E-06	3,98107E-07
1,58489E-06	2,51189E-06
5,01187E-06	3,16228E-06
3,16228E-06	2,51189E-06
1,25893E-06	2,51189E-05

Nous avons pu mettre ces mesures converties dans un graphique :





Comparaison des deux graphiques :



Nous pouvons clairement valider l'interprétation que nous avons réalisé précédemment. On note aussi clairement que la puissance reçue maximale se trouve dans le lobe avant du diagramme de l'antenne directionnelle. Dans l'antenne directionnelle, la puissance émise est nettement plus faible mais reste quasiment identique tout autour du routeur.

Le problème que nous avons eu était le fait que nous avons dû réaliser nos mesures deux fois. En effet la première fois nous les avons réalisés dans la salle de classe. Mais trop de réseaux étaient connectés en même temps, ce qui créait des interférences. Notre appareil de mesure avait donc des mesures faussées. Nous avons préféré recommencer nos mesures dans le couloir.



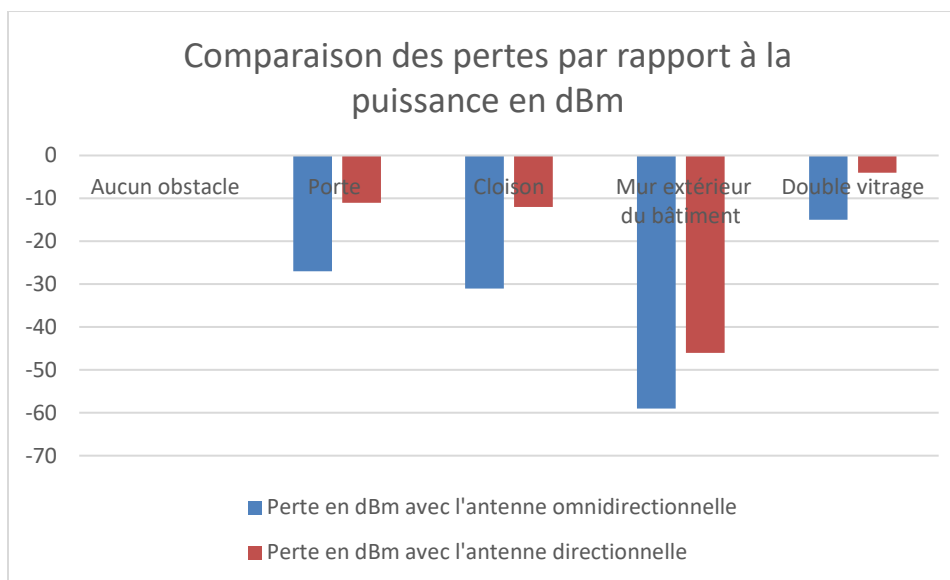
## 6 Mesure pertes obstacles

Nous avons mesuré les valeurs ci-dessous à une distance régulière de deux mètres. Nous avons réalisé les mesures avec l'antenne directionnelle et avec l'antenne omnidirectionnelle. On obtient :

Obstacle	Antenne omnidirectionnelle	Antenne directionnelle
Aucun obstacle	-10	-14
Porte	-37	-25
Cloison	-41	-26
Mur extérieur du bâtiment	-69	-60
Double vitrage	-25	-18

Si l'on étudie les pertes, la formule est assez simple, c'est une simple différence entre la puissance reçue à travers un obstacle et la puissance reçue sans obstacle :

Obstacle	Perte en dBm avec l'antenne omnidirectionnelle	Perte en dBm avec l'antenne directionnelle
Aucun obstacle	0	0
Porte	-27	-11
Cloison	-31	-12
Mur extérieur du bâtiment	-59	-46
Double vitrage	-15	-4



On remarque que la perte à travers un obstacle est plus importante pour une antenne omnidirectionnelle que pour une antenne directionnelle. Cela s'explique par le fait que les ondes sont plus ciblées avec l'antenne directionnelle, alors qu'avec l'antenne omnidirectionnelle, les ondes radios se propagent dans toutes les directions et sont donc moins concentrées. C'est pour cela que les pertes en dBm sont nettement plus élevées avec l'antenne omnidirectionnelle.

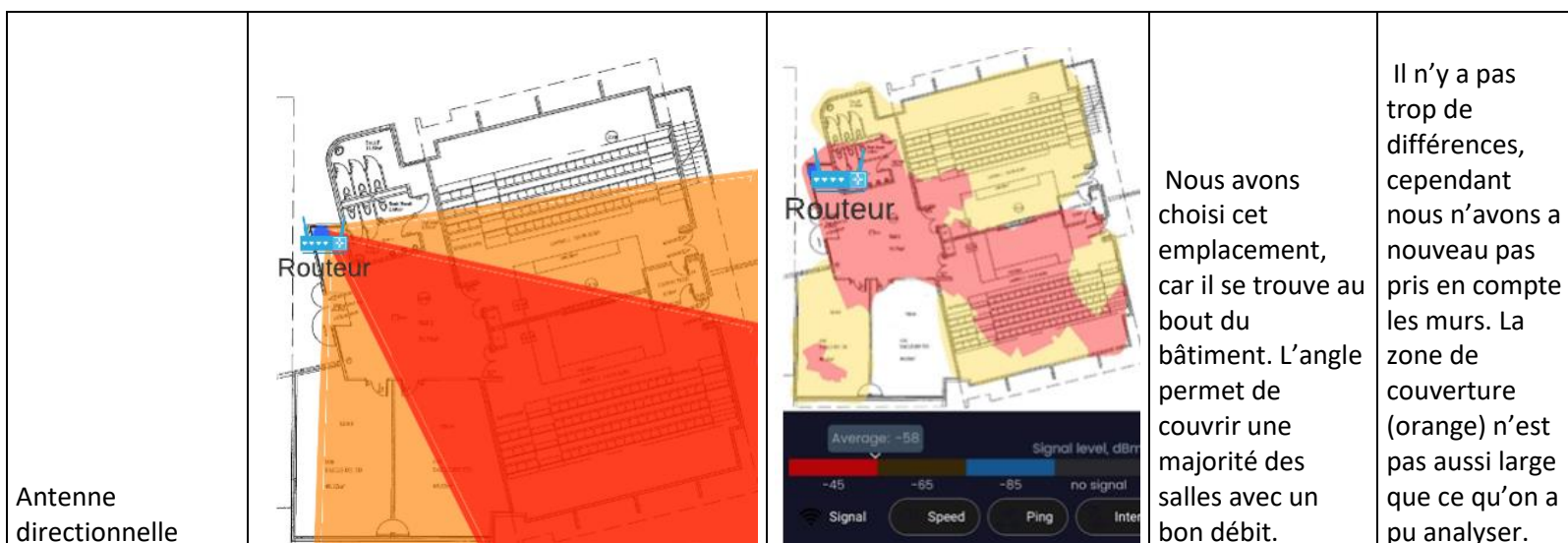
Les pertes dépendent dans tout le cas de la nature de l’obstacle. Par exemple, le mur du bâtiment extérieur est très épais, c’est du béton. C’est pour cela que les pertes sont nettement plus élevées que pour les autres matériaux.

Mais à contrario, pour la vitre, l’onde se propage à travers. C’est pour cela que les pertes sont beaucoup plus faibles.

## 7 Cartographie d’un étage

Nous avons réalisé la cartographie du bâtiment comportant les amphithéâtres. Cette cartographie est plus ou moins précise, nous avons réalisé une mise à l’échelle permettant de faire des mesures assez fidèles à la réalité. Nous faisons à chaque fois entre deux grands pas deux mesures afin d’être toujours régulier.

Type des antennes	Carte théorique	Carte obtenue avec la pratique	Justification des emplacements des antennes	Différences entre notre théorie et la pratique
Antenne omnidirectionnelle			Au centre du bâtiment, permet d’avoir un débit acceptable tout autour du routeur. Evite les zones sans réseau.	Dans la partie théorique, nous n’avions pas pris en compte les murs. Et les différentes zones (verte, orange et rouges) n’était pas très représentatives de la réalité.



## 8 Puissance fonction fréquence

Nous avons réalisé des mesures de la puissance reçue selon différentes fréquences pour chaque type d'antennes. Les fréquences ont été changées directement sur le Firmware. Nous avons réuni les valeurs dans un tableau.

**Attention :** Ces mesures ont été réalisées dans une salle avec de nombreuses interférences et ont été prises avec un téléphone !

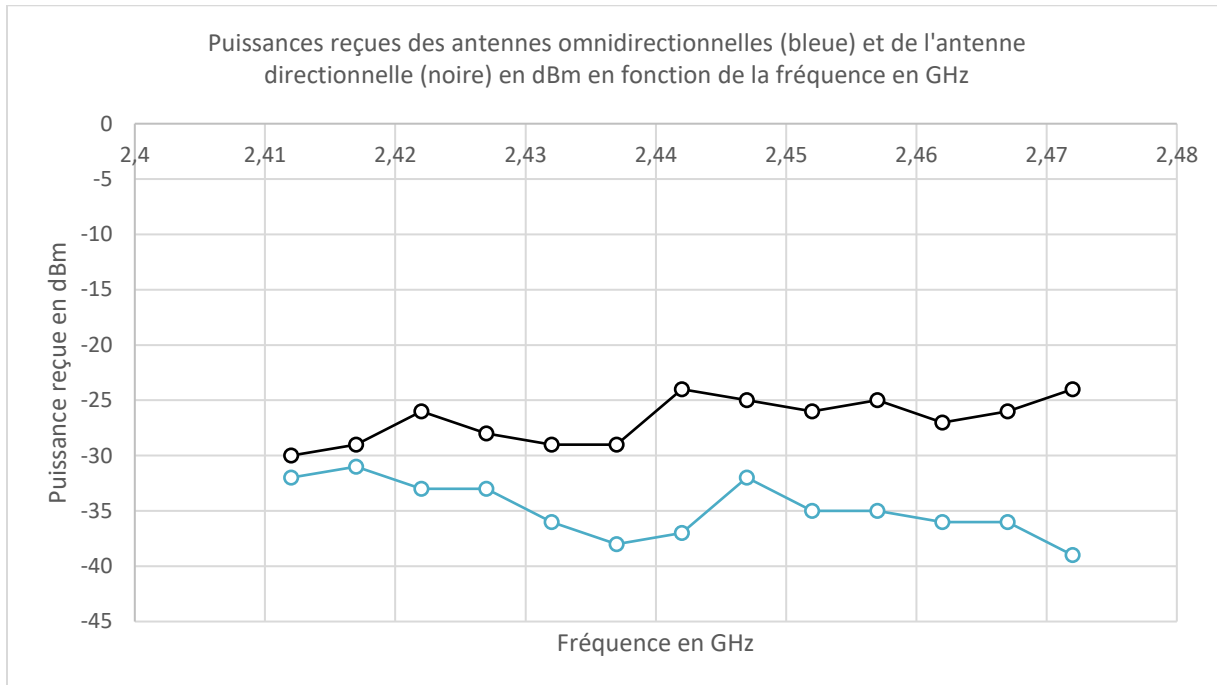
L'application Wifi HeatMap nous a servi pour mesurer les différentes puissances reçues.

Nous avons réalisé le tableau ci-dessous à l'aide des différentes mesures :

Fréquences en GHz	Puissances reçues de l'antenne omnidirectionnelle en dBm	Puissances reçues de l'antenne directionnelle en dBm
2,412	-32	-30
2,417	-31	-29
2,422	-33	-26
2,427	-33	-28
2,432	-36	-29
2,437	-38	-29
2,442	-37	-24
2,447	-32	-25
2,452	-35	-26
2,457	-35	-25
2,462	-36	-27

2,467	-36	-26
2,472	-39	-24
2,484	Aucun réseau	Aucun réseau

Les graphiques que nous obtenons sont les suivants :



Nous pouvons donc en déduire que la fréquence n'a pas d'impact sur la puissance reçue. Elle est toujours plus ou moins stable dans tous nos graphiques.

D'après nos recherches et nos observations, nous pouvons en déduire que les seuls facteurs qui créent des perturbations réseaux sont l'emplacement du routeur, les interférences d'autres dispositifs, et les murs, sols (vitres, portes...).

## 9 Portée maximale

### Mesures pratique :

1<sup>ers</sup> essais :

- 70 mètres pour l'antenne omnidirectionnelle ;
- 170 mètres pour l'antenne directionnelle.

2<sup>èmes</sup> essais avec une nouvelle configuration :

- 110 mètres pour l'antenne omnidirectionnelle ;
- 280 mètres pour l'antenne directionnelle.

Ces deuxièmes mesures sont bien plus concluantes, de plus elles ont été comparées avec d'autres groupes.

### Calcul des mesures théorique :

Nous avons cherché les distances auxquels on aurait pu s'attendre avant de réaliser les mesures afin d'avoir une idée de ce que l'on pourrait trouver comme valeurs.

La formule utilisée que l'on a transformée est :

$$(P_R)_{dBm} = (P_E)_{dBm} - 22 - 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{\text{distance}}{\lambda}\right) + (G_E)_{dBi} + (G_R)_{dBi}$$

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_E \cdot G_E \cdot G_R}{P_R}}$$

$$d = \frac{0,125}{4\pi} * \sqrt{\frac{71 * 10^{-3} * G_E * G_R}{P_R}}$$

la puissance émise qui est écrite dans le firmware est celle du routeur et reste identique pour les deux antennes. Cette formule peut uniquement être utilisée en watt. C'est pour cela qu'avant de l'appliquer nous devons réaliser une conversion dBm → watt.

#### ➤ Pour l'antenne omnidirectionnelle :

Il faut trouver la puissance reçue minimale, nous l'avons trouvé en cherchant la distance maximale. Elle est d'environ -90dBm pour l'antenne omnidirectionnelle.

- La conversion dBm → watt :

$$P(W) = 10^{-3} * 10^{\left(\frac{P(dBm)}{10}\right)} = 10^{-3} * 10^{\left(\frac{-90}{10}\right)} = 1 * 10^{-12} \text{ W}$$

- On applique la formule pour obtenir la distance.

$$\text{distance théorique} = \frac{0,125}{4\pi} * \sqrt{\frac{71 * 10^{-3} * 1}{1 * 10^{-12}}} = 2650 \text{ mètres.}$$

⇒ Cette valeur est nettement supérieure que celle que nous avons réalisé en pratique. Ce qui est dû aux perturbations physiques et au niveau des ondes.

#### ➤ Pour l'antenne directionnelle il faut utiliser la formule avec des watts :

Il faut comme dans la formule précédente, trouver la puissance minimale reçue. Elle est de -87 dBm pour l'antenne directionnelle.

- La conversion dBm → watt :

$$P(W) = 10^{-3} * 10^{\left(\frac{P(dBm)}{10}\right)} = 10^{-3} * 10^{\left(\frac{-87}{10}\right)} = 2 * 10^{-12} \text{ W}$$

- Si on applique la formule pour trouver la distance :

$$d = \frac{0,125}{4\pi} * \sqrt{\frac{71*10^{-3}*17*1}{2*10^{-12}}} = 7727,5 \text{ mètres.}$$

⇒ Ce qui est nettement supérieur à ce que l'on a obtenu dans la pratique. Les causes sont exactement les mêmes que pour l'antenne omnidirectionnelle.

## CONCLUSION

**Pour conclure**, on a eu l'occasion d'apprendre de nouvelles choses dans de nombreux domaines de l'électronique. Nous n'avions jamais eu l'occasion de manipuler des routeurs wifi et des antennes auparavant.

Cette Saé nous a beaucoup plu car nous avons pu prendre des mesures nous-même avec nos appareils et mettre en place de situations pour réaliser des mesures optimales. Cela nous a permis d'acquérir de nouvelles compétences et de nous habituer à réaliser des mesures par rapport à un cahier des charges.

Les **problèmes majeurs** que nous avons eu sont :

- Les perturbations réseaux lors des analyses ;
- Nos appareils de mesures qui donnaient des valeurs différentes ;
- Le fait d'être aligné à l'antenne directionnelle afin d'obtenir les valeurs attendues ;  
⇒ Ce qui nous a amené à reprendre des mesures sur différents points du travail.

Les **compétences** mis en avant ont toutes été respectés :

- Mesurer et analyser les signaux → mesures des puissances reçues
- Déployer des supports de transmission → mise en place et configuration du routeur wifi et des antennes
- Communiquer avec un client ou un collaborateur → respecter un cahier des charges.

Nous avons réalisé les étapes du projet assez rapidement, mais en général nous les avons refaites une deuxième fois à cause de valeurs faussées.

Cette Saé nous a permis d'avoir une nouvelle expérience dans une mission que l'on aurait dans le monde professionnel.

## Notre planning d'auto-évaluation :

Etape	Non-fait	En cours (date/heure de début)	Terminé (date/heure de fin)
Création du réseau wi-fi		11/01 – 9h00	11/01 – 10h00
Choix et installation appli de mesure		11/01 – 9h00	11/01 – 9h15
Mesure Puissance-Distance/Gain		11/01 – 9h15	11/01 – 10h30
Mesure Diagramme de rayonnement		11/01 – 10h30	11/01 – 12h00
Mesure pertes obstacles		12/01 – 11h30	12/01 – 12h00
Cartographie d'un étage		11/01 – 13h30	11/01 – 15h00
Puissance fonction fréquence		11/01 – 15h00	11/01 – 16h30
Portée maximale		12/01 – 8h00	12/01 – 9h40
Autre ?			