

# SAé13

## Découvrir les dispositifs de transmission

Mar 11/01/2022	Mar 12/01/2022	Jeu 13/01/2022
LK2	LK2	LK2
SAÉ-13 Découvrir un dispositif de transmission - Présentation BUT1 RT-Amphi 2 VANSTRACEELE CHRISTOPHE	SAÉ TD_LK	SAÉ TD_LK
SAÉ TD_LK	SAÉ-13 Découvrir un dispositif de transmission - Vanstraceele LK1 LK2 RT-Salle 106 RT-Salle 107 RT-Salle 201 VANSTRACEELE CHRISTOPHE	SAÉ-13 Découvrir un dispositif de transmission - Vanstraceele LK1 LK2 RT-Salle 106 RT-Salle 107 RT-Salle 201 VANSTRACEELE CHRISTOPHE
SAÉ-13 Découvrir un dispositif de transmission - Vanstraceele LK2 LK1 RT-Salle 106 RT-Salle 107 RT-Salle 201 VANSTRACEELE CHRISTOPHE	SAÉ TD_LK	SAÉ TD_LK
SAÉ-13 Découvrir un dispositif de transmission - Leni LK2 LK1 RT-Salle 106 RT-Salle 107 RT-Salle 201 LENI PIERRE-EMMANUEL	SAÉ-13 Découvrir un dispositif de transmission - Vanstraceele LK2 LK1 RT-Salle 106 RT-Salle 107 RT-Salle 201 VANSTRACEELE CHRISTOPHE	SAÉ TD_LK
SAÉ TD_LK	SAÉ TD_LK	SAÉ-13 Découvrir un dispositif de transmission - Leni LK2 LK1 RT-Salle 106 RT-Salle 107 RT-Salle 201 LENI PIERRE-EMMANUEL
SAÉ-13 Découvrir un dispositif de transmission - Leni LK2 LK1 RT-Salle 106 RT-Salle 107 RT-Salle 201 LENI PIERRE-EMMANUEL	SAÉ-13 Découvrir un dispositif de transmission - Leni LK2 LK1 RT-Salle 106 RT-Salle 107 RT-Salle 201 LENI PIERRE-EMMANUEL	SAÉ TD_LK

Thomas Raynaud & Thomas Mirbey

# SOMMAIRE

1. Matériel mis à notre disposition

2. Création du réseau wifi

3. Choix et installation application de mesure

4. Mesure Puissance-Distance Gain

5. Mesure Diagramme de rayonnement

6. Mesure pertes obstacles

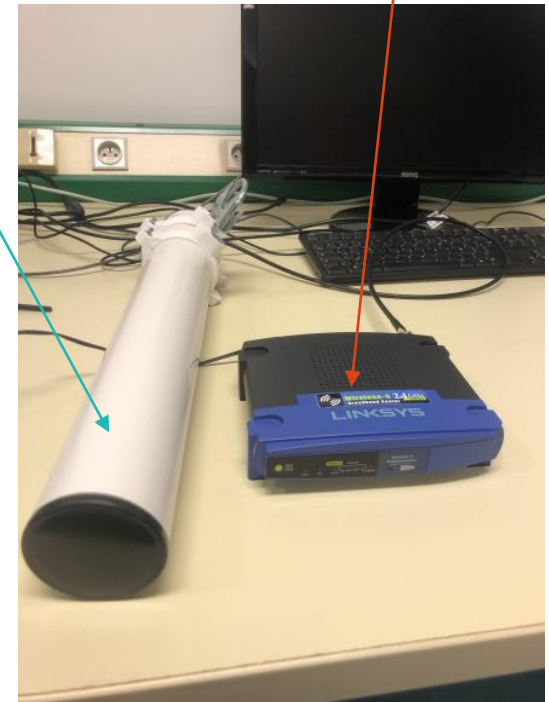
7. Cartographie d'un étage

8. Puissance fonction fréquence

9. Portée maximale

# Matériel à notre disposition

- Routeur wifi **Linksys** avec 2 antennes directionnelles
- Antenne directionnelle (**Yagi Bazooka**)
- Câble Ethernet
- Ordinateurs



# Création du réseau wi-fi

**Voici les différentes étapes que nous avons suivi afin de mettre en place notre réseau wifi :**

1. Réinitialisation ;
2. Connection ;
3. Machine virtuelle ;
4. `sudo ifconfig [nom de la carte réseau] [IP voulu]`.
5. Charger le firmware alternatif DD-WRT.
6. Configuration.

## **Problème rencontré :**

- Mauvaise machine virtuelle



# Choix et installation des applications de mesure



## WiFi Heatmap

Wi-Fi Solutions Communication

★★★★★ 5 598

Tout public

Contient des annonces - Achats via l'application proposés

Cette application est disponible pour votre appareil

Installée

- Mesures avec notre **téléphone** : **Wifi Heatmap**.
- > Bonne précision.
- Ordinateur : **NetSpot**.



## NetSpot - Outil d'analyse wifi et d'étude de site

Etwok, Inc. Outils

★★★★★ 1 303

PEGI 3

Cette application est disponible pour votre appareil

Installée

NetSpot - Discover

	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:D7:28:0A		-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:D7:28:B2		-73	27	-70	-72	2.4	6	20	-	WPA2 Personal	AC		3 s ago
✓	-78	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D7:28:20		-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	AC		13 s ago
✓	-96	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D8:28:B2		-	-	-90	-90	5	36	40	-	WPA2 Personal	AC		8 s ago
✓	-96	LeonardDeVinci	68:D7:9A:D7:28:07		-	-	-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

# Mesure de la puissance en fonction de la distance

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

## Mesures :

- Prise de mesures avec les deux types d'antennes

## Calcul de $\lambda$ :

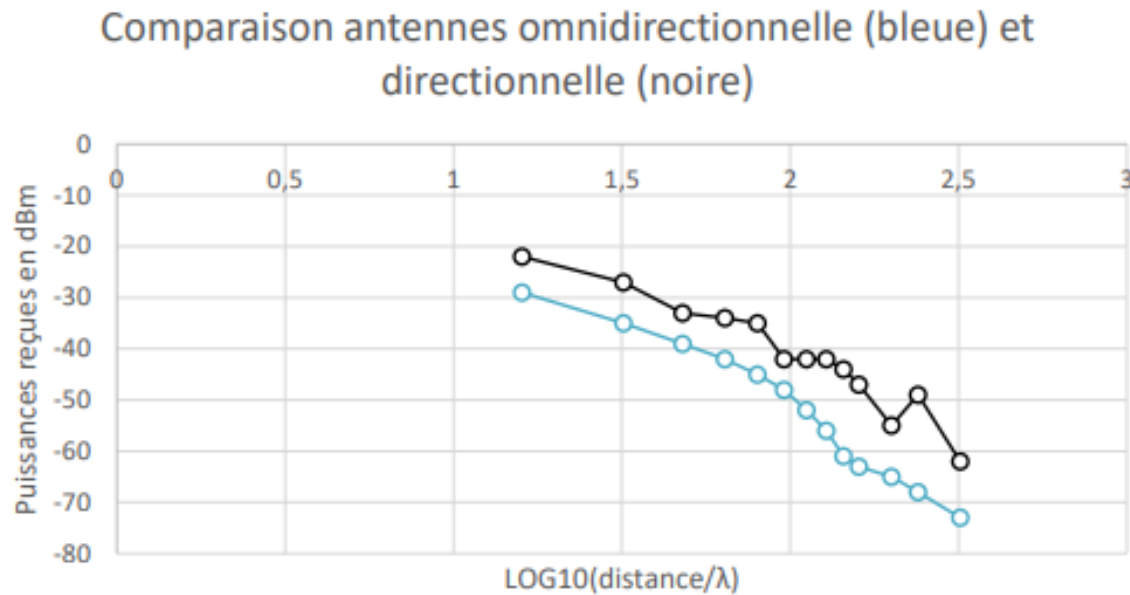
- $\frac{\text{célérité}}{\text{fréquence}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9} = 0,125 \text{ m.}$
- On peut créer un tableau représentant **LOG10(distance/ $\lambda$ )**

log10(distance/ $\lambda$ )
/
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

# Mesure de la puissance en fonction de la distance

## Tracé graphique de l'équation de Friis:

- On utilise la colonne  **$\log_{10}(\text{distance}/\lambda)$**  du tableau comme abscisse pour notre graphique. L'ordonnée quant à elle correspond à la puissance reçue pour chaque type d'antenne (en dBm).



# Mesure de la puissance en fonction de la distance

## Puissance émise théorique :

- Dans le Firmware = 71 mW  $Pe(dBm) = 10 \log_{10} \left( \frac{Pe(mW)}{1mW} \right) = 18,51 \text{ dBm}$

## Puissance émise réelle :

$$Pe(dBm) = Pr(dBm) + 22 + 20 * \log_{10} ( \text{distance}/\lambda ) - Ge(dBi) - Gr(dBi)$$

➤ Données :

- $Ge$  (antenne omnidirectionnelle) = 0 dBi
- $Ge$  (antenne directionnelle) = 17 dBi
- $Gr = 1 \text{ dBi}$
- $\lambda = 0,125 \text{ m}$

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



# Mesure de la puissance en fonction de la distance

## Gain de l'antenne directionnelle (pratique) :

- **La formule** :  $G(dB) = 10 \log_{10}(Pr / Pe)$

- Les puissances en watt! →

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

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

Permet le calcul du gain,  
Gain en moyenne = 15,9 dBi

# Mesure de la puissance en fonction de la distance

## Puissance reçue en théorie :

- Nous avons calculés toutes les données pour utiliser la formule :

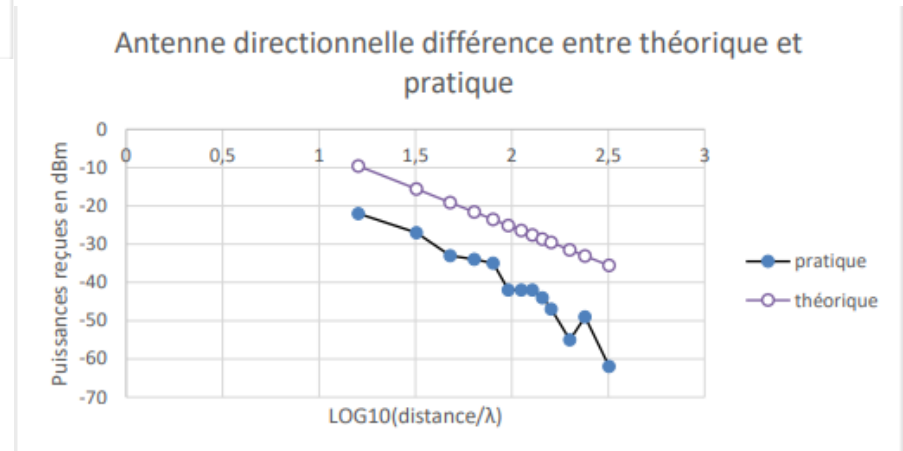
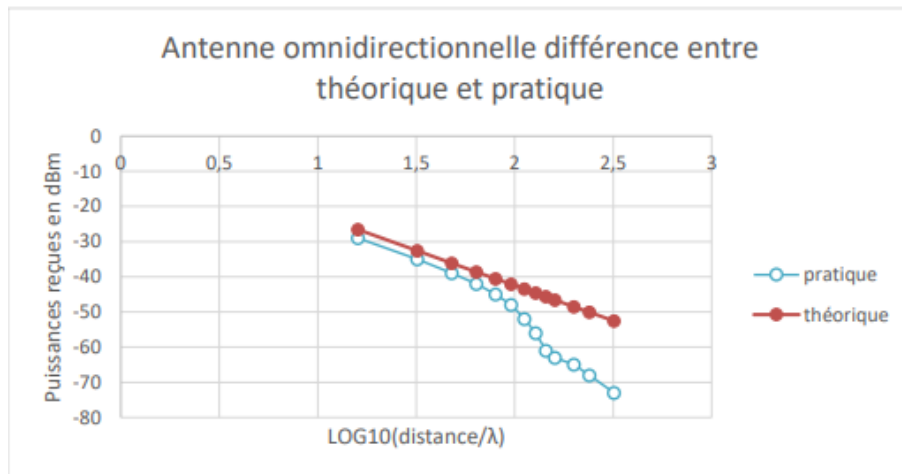
$$(P_R)_{dBm} = (P_E)_{dBm} - 22 - 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{\text{distance}}{\lambda}\right) + (G_E)_{dBi} + (G_R)_{dBi}$$

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

# Mesure de la puissance en fonction de la distance

## Comparaison des puissance reçues théorique et pratique :



# Diagrammes de rayonnement

## Comparaison des puissance reçues théorique et pratique :

- Distance d'un mètre
- Mesure de la puissance reçue, puis rotation de 20°

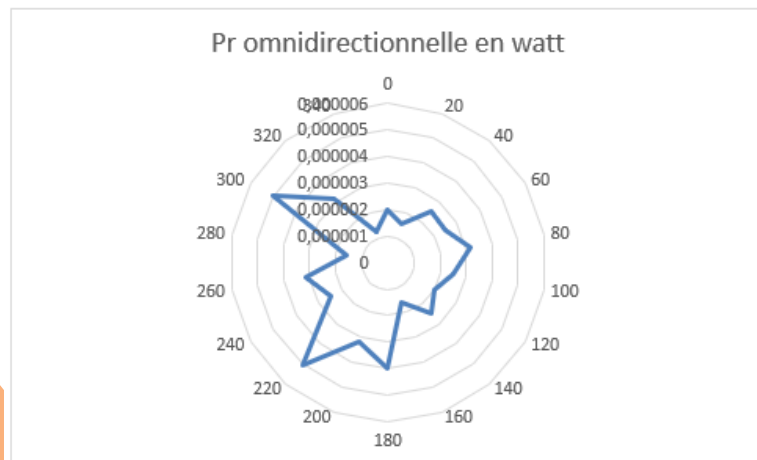
Degrés	Puissance reçue omnidirectionnelle en dBm	Puissance reçue directionnelle en dBm
0	-27	-15
20	-28	-20
40	-26	-23
60	-26	-33
80	-25	-35
100	-26	-33
120	-27	-28
140	-26	-24
160	-28	-25
180	-24	-26
200	-25	-26
220	-23	-35
240	-26	-32
260	-25	-34
280	-28	-26
300	-23	-25
320	-25	-26
340	-29	-16

# Diagrammes de rayonnement

## Diagrammes de rayonnement en watt :

Meilleur rendu, mise des valeurs en watt :

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

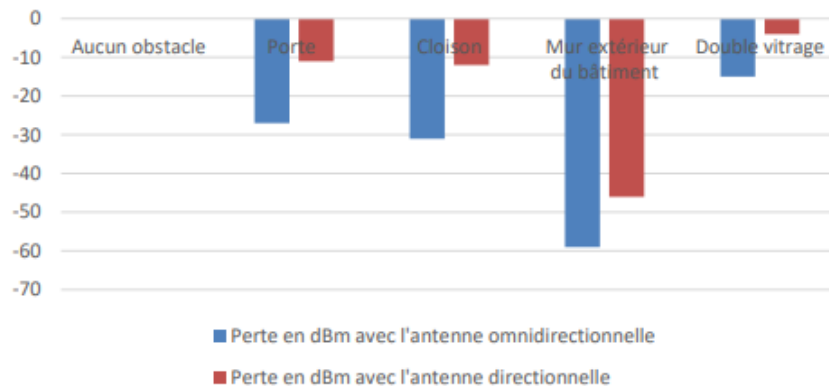


# Pertes due aux obstacles courants

Obstacle	Puissances reçues par l'antenne omnidirectionnelle en dBm	Puissances reçues par l'antenne directionnelle en dBm
Aucun obstacle	-10	-14
Porte	-37	-25
Cloison	-41	-26
Mur extérieur du bâtiment	-69	-60
Double vitrage	-25	-18



Comparaison des pertes par rapport à la puissance en dBm

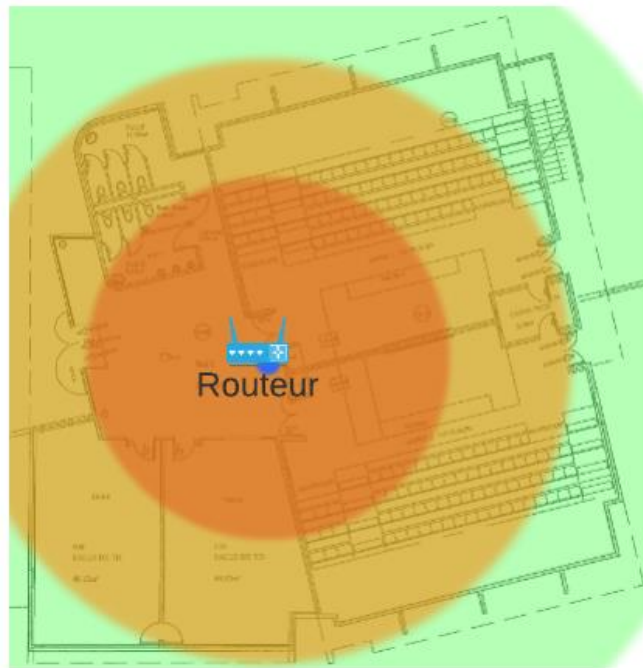


Obstacle	Perte en dBm avec l'antenne omnidirectionnelle	Perte en dBm avec l'antenne directionnelle
Aucun obstacle	0	0
Porte	-27	-11
Cloison	10	14
Mur extérieur du bâtiment	-59	-46
Double vitrage	-15	-4

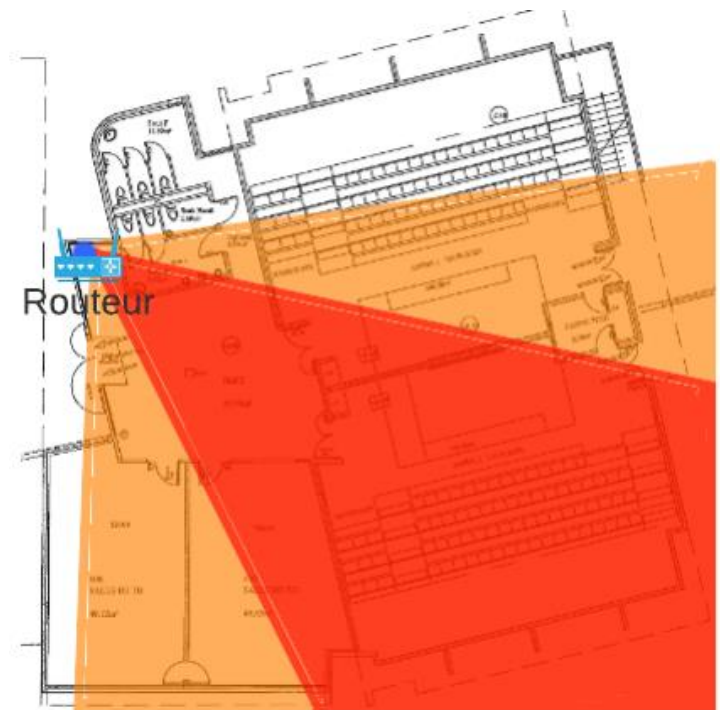
# Cartographie wifi

## Cartographie de la borne avec les antennes omnidirectionnelles :

### Théorie :



Antennes omnidirectionnelle

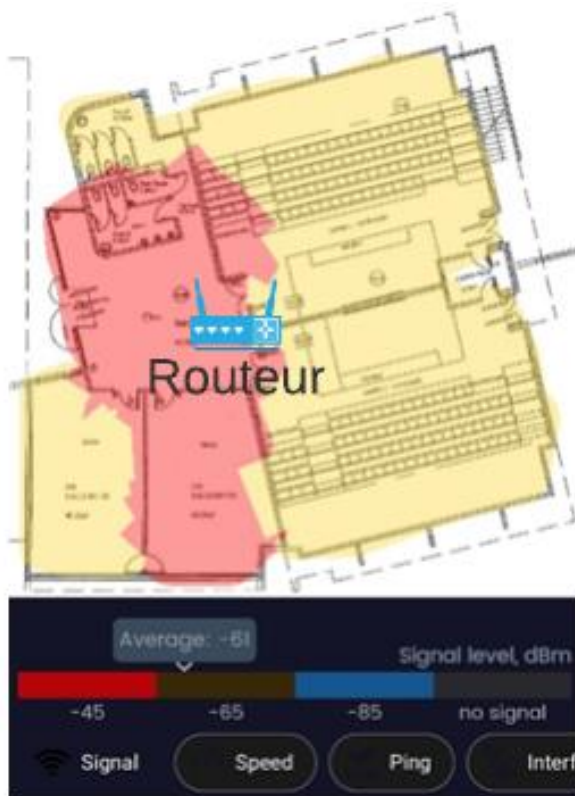


Antennes directionnelle

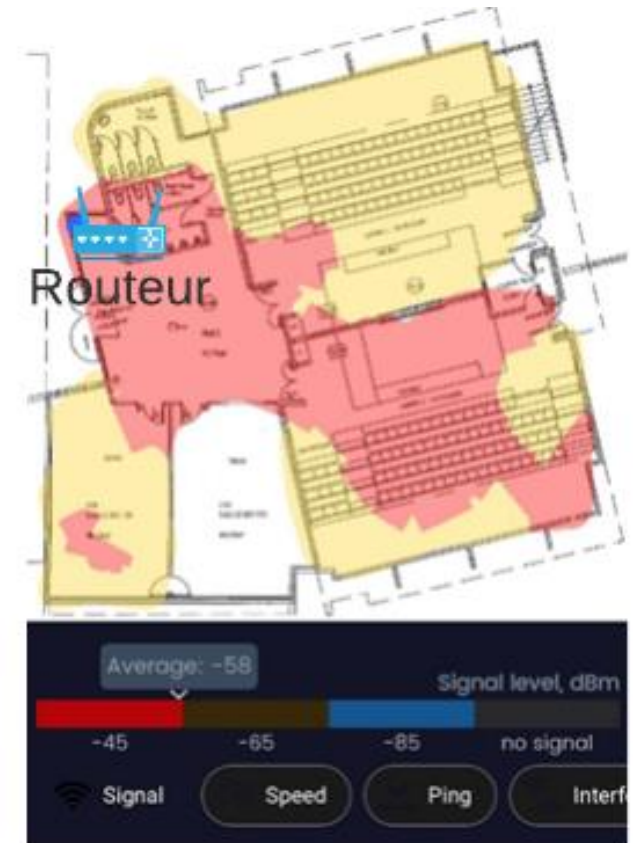
# Cartographie wifi

## Cartographie de la borne avec l'antenne monodirectionnelle :

### Pratique :



Antennes omnidirectionnelle

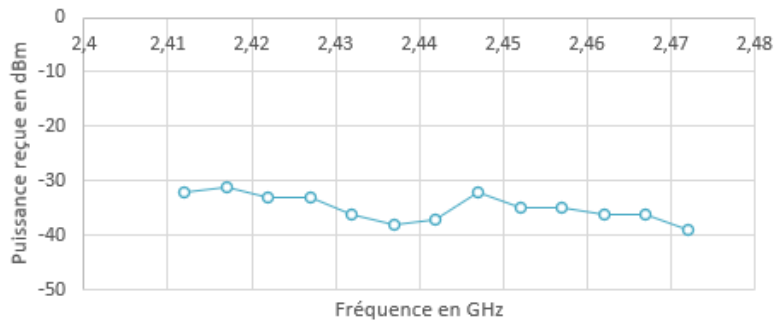


Antennes directionnelle

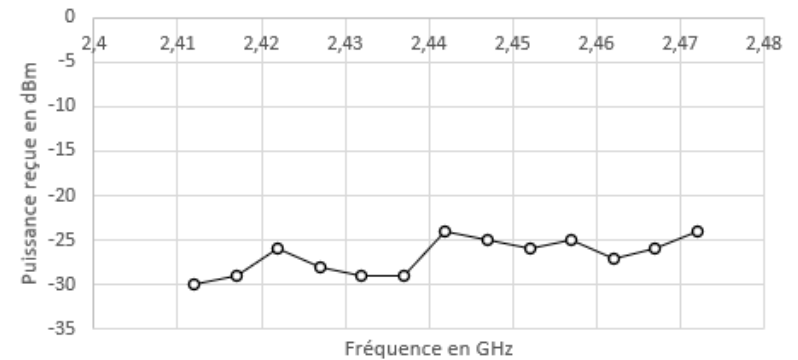


# Puissance en fonction de la fréquence

Puissances reçues de l'antenne omnidirectionnelle en dBm en fonction de la fréquence en GHz

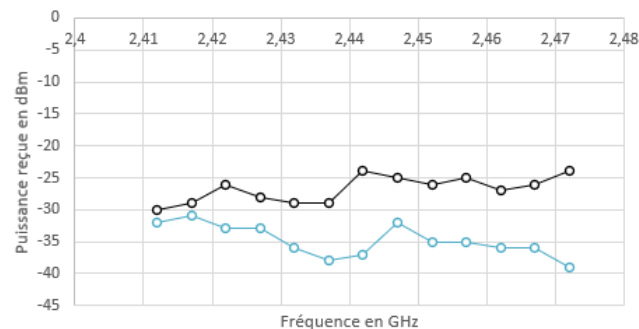


Puissances reçues de l'antenne directionnelle en dBm en fonction de la fréquence en GHz



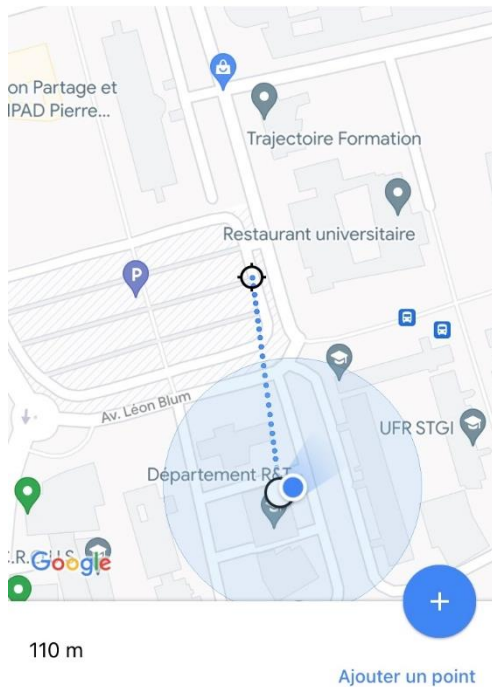
## Comparaison entre les deux courbes :

Comparaison des deux graphiques

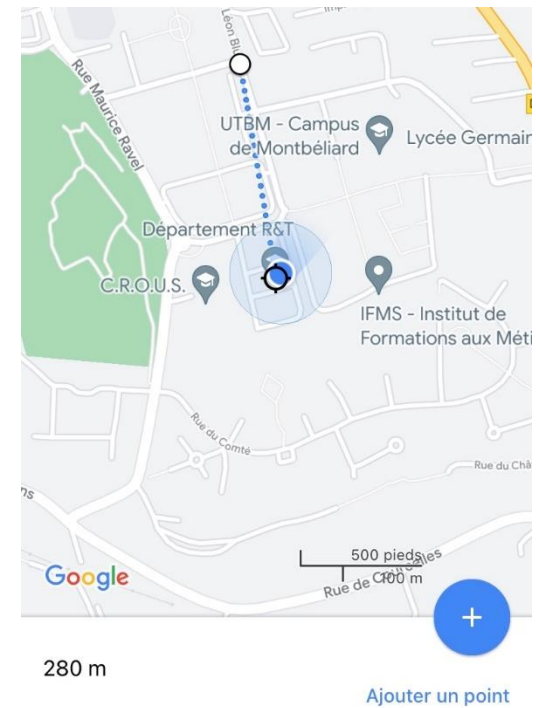


# Portée maximale pratique

Distance maximale pour l'antenne omnidirectionnelle



Distance maximale pour l'antenne directionnelle



# Portée maximale théorique

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_e * G_e * G_r}{P_r}} = d = \frac{0,125}{4\pi} * \sqrt{\frac{71 * 10^{-3} * G_e * G_r}{P_r}}$$

## Distance maximale pour l'antenne omnidirectionnelle

$P_{rmin} = -90\text{dBm}$

- La conversion dBm  $\rightarrow$  watt :

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

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

## Distance maximale pour l'antenne directionnelle

$P_{rmin} = -87\text{dBm}$

- La conversion dBm  $\rightarrow$  watt :

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

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

Nettement supérieur à la pratique

# Conclusion :

- Manipulation de routeurs et antennes
- Situations réelles
- Nos problèmes principaux
- Projet rapide dans sa totalité mais reprise de mesures vers la fin

## Compétence ciblée

- RT2: Connecter les entreprises et les usagers

## Apprentissages critiques couverts

- AC0211 | Mesurer et analyser les signaux
- AC0213 | Déployer des supports de transmission
- AC0215 | Communiquer avec un client ou un collaborateur



# AUTO-EVALUATION

Etape	Date et heure du début	Date et heure de la 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