



# Rapport Bibliographie

## Antennes

Kimberley Jacquemot & Mame Faly Niang Ndiaye





## I - Contexte

Les antennes ont été inventées afin de permettre aux appareils électroniques de recevoir et d'émettre des ondes radio. L'idée d'utiliser des antennes pour transmettre des ondes radio remonte à la fin du 19ème siècle, lorsque les scientifiques ont commencé à comprendre comment les ondes électromagnétiques se comportaient et comment elles pouvaient être utilisées pour transmettre des informations à distance. La première fois que le système des antennes a été mis en place, c'était par **Heinrich Hertz** en 1888. M. Hertz utilisait des antennes doublet pour l'émission et la réception des ondes électromagnétiques afin de prouver la théorie de Maxwell. Les travaux et les dessins de l'installation furent publiés dans les *Annalen der Physik und Chemie* (vol. 36, 1889). En fait, l'idée d'utiliser des antennes pour transmettre des ondes radio a été développée par plusieurs scientifiques au fil du temps. Sa découverte des ondes électromagnétiques a également permis à d'autres scientifiques de développer les antennes telles que nous les connaissons aujourd'hui.

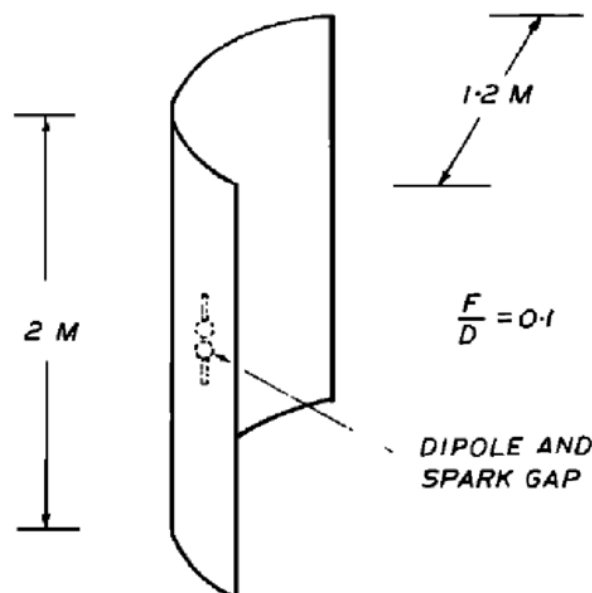


Figure 1 - Modèle des Antennes à réflecteur utilisées par Heinrich Hertz

Les antennes ont beaucoup évolué depuis leur invention au XIXe siècle. Au début, les antennes étaient des structures relativement simples, comme des fils ou des tiges métalliques que l'on pouvait placer sur les appareils électroniques pour leur permettre de recevoir et d'émettre des ondes radio. Cependant, avec le temps, les scientifiques ont compris comment optimiser la forme et la taille des antennes pour améliorer leur efficacité et leur portée. Aujourd'hui, les antennes sont des structures très sophistiquées, conçues avec des matériaux avancés et des formes spécifiques pour maximiser leur capacité à transmettre et recevoir des ondes radio. Les antennes modernes sont également beaucoup plus petites et plus pratiques que les antennes d'antan, ce qui les rend adaptées à une grande variété d'applications.

On peut trouver des antennes dans les téléphones portables, les ordinateurs, les radios, les télévisions, les satellites, les radars, les avions, les bateaux, les voitures, etc. Les antennes sont également utilisées dans les centres de communication, les stations de radio et de télévision, les aéroports, les ports, etc. En somme, les antennes sont partout où il est nécessaire de transmettre des données à distance grâce aux ondes radio.



## II - Vulgarisation

Une antenne est un dispositif qui permet à un appareil électronique de recevoir et d'émettre des ondes radio. Elle est composée d'un conducteur métallique, comme un fil ou une plaque, qui est relié à l'appareil électronique. Lorsqu'une onde radio arrive à l'antenne, elle provoque des variations dans le champ électrique et magnétique autour du conducteur métallique, ce qui génère un courant électrique dans l'antenne. Ce courant électrique est ensuite transmis à l'appareil électronique, qui l'utilise pour décoder l'onde radio et obtenir les données qu'elle contient. Dans le cas d'une émission d'ondes radio, l'appareil électronique envoie un courant électrique à l'antenne, qui provoque des variations dans le champ électrique et magnétique autour du conducteur métallique, générant ainsi une onde radio qui peut être transmise à distance.

Il existe de nombreux types d'antennes, qui diffèrent les unes des autres en termes de forme, de taille, de matériau, de fréquence de fonctionnement, de directivité, etc. Certains des types d'antennes les plus courants sont les suivants (nous les détaillerons plus tard) :

- Antennes omnidirectionnelles : ces antennes émettent et reçoivent des ondes radio dans toutes les directions. Elles sont souvent utilisées dans les appareils portables, comme les téléphones portables, les radios, etc.
- Antennes dipôles : ou antennes doublet sont des antennes constituées de deux conducteurs métalliques de longueur égale, disposés en forme de V. Elles sont souvent utilisées dans les radios FM et les télévisions.
- Antennes paraboliques : ces antennes sont constituées d'un miroir parabolique concave qui concentre les ondes radio sur un point focal. Elles sont souvent utilisées dans les satellites et les radars.
- Antennes Yagi : ces antennes sont constituées de plusieurs conducteurs métalliques de longueurs différentes, disposés de manière à former une sorte d'éventail. Elles sont souvent utilisées dans les systèmes de communication sans fil.
- Antennes patch : ces antennes sont constituées d'une plaque métallique plate, généralement rectangulaire, qui est utilisée pour émettre et recevoir des ondes radio dans une direction donnée. Elles sont souvent utilisées dans les appareils de télécommunication sans fil.

La transmission d'information par antenne est basée sur l'utilisation des ondes radio pour transmettre des données à distance. Lorsqu'une antenne émet une onde radio, elle provoque des variations dans le champ électrique et magnétique autour d'elle, générant ainsi une onde radio qui peut se propager à travers l'air. Cette onde radio peut être captée par une autre antenne, qui convertit les variations du champ électrique et magnétique en courant électrique. Cela permet à l'appareil électronique associé à cette antenne de décoder l'onde radio et d'obtenir les données qu'elle contient. La transmission d'informations par antenne peut se faire sur de très longues distances, selon la puissance de l'émetteur et la sensibilité du récepteur.

Ce sont les types d'ondes porteuses qui définissent le type de transmission avec comme type le plus courant les ondes électromagnétiques (OEM) et les ondes acoustiques. Les OEM peuvent se propager dans divers milieux : l'air, la silice et les conducteurs. Pour illustrer, nous pouvons utiliser l'exemple du téléphone. Le téléphone peut être filaire (par conducteur), il peut avoir un meilleur débit, le téléphone fixe utilisera la fibre optique. Et, finalement, le téléphone peut fonctionner par satellite ou liaisons Hertzienne.

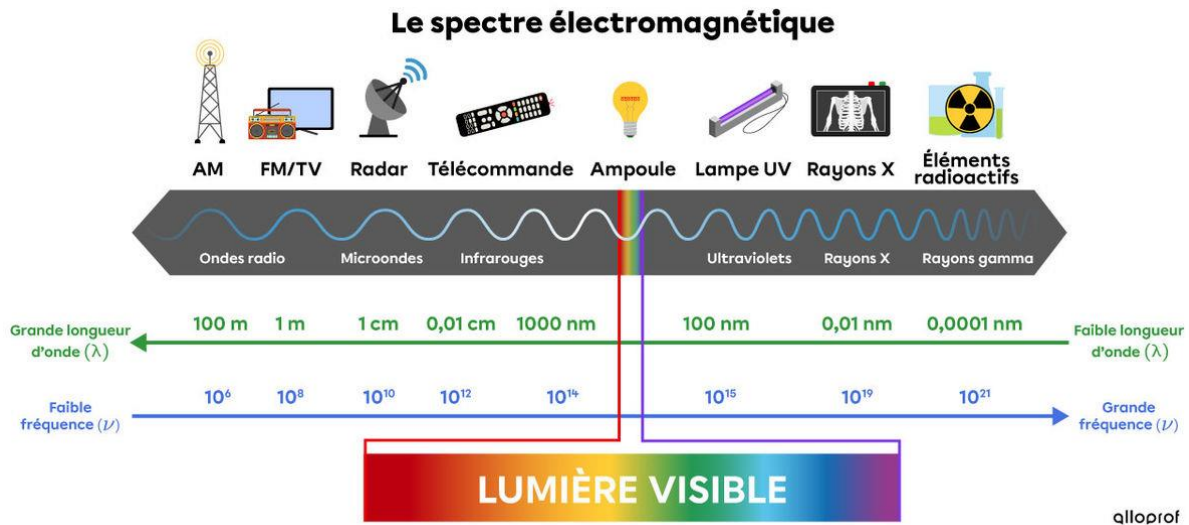


Figure 2 - Spectre électromagnétique

Pour lire cette figure, nous avons deux unités de mesure : la longueur d'onde et la fréquence. Voici une brève description des différents types d'antennes dans le spectre des ondes électromagnétiques :

- Les antennes de basse fréquence, comme les antennes de radio AM, sont utilisées pour émettre et recevoir des ondes radio dans la gamme des basses fréquences, généralement inférieures à 1 MHz.
- Les antennes de moyenne fréquence, comme les antennes de radio FM, sont utilisées pour émettre et recevoir des ondes radio dans la gamme des moyennes fréquences, généralement comprises entre 1 MHz et 30 MHz.
- Les antennes de haute fréquence, comme les antennes de télévision, sont utilisées pour émettre et recevoir des ondes radio dans la gamme des hautes fréquences, généralement comprises entre 30 MHz et 300 MHz.
- Les antennes ultra-haute fréquence, comme les antennes de téléphonie mobile, sont utilisées pour émettre et recevoir des ondes radio dans la gamme des ultra-hautes fréquences, généralement comprises entre 300 MHz et 3 GHz.
- Les antennes de très haute fréquence, comme les antennes de radar, sont utilisées pour émettre et recevoir des ondes radio dans la gamme des très hautes fréquences, généralement comprises entre 3 GHz et 30 GHz.
- Les antennes d'hyperfréquence, comme les antennes de satellites, sont utilisées pour émettre et recevoir des ondes radio dans la gamme des hyperfréquences, généralement supérieures à 30 GHz.

Une antenne est caractérisée par son gain, impédance, bandes de fréquence et polarisation. Le gain permet de mesurer la capacité de l'antenne à amplifier le signal, son impédance détermine le type d'antenne et son efficacité de transmission et de réception des signaux, les bandes de fréquence indiquent l'intervalle de fréquences auxquelles elle est sensible et sa polarisation détermine la direction des ondes radio émises/reçues. Le gain d'une antenne peut être déterminé en mesurant la puissance du signal transmis par l'antenne comparée à la puissance du signal qui aurait été transmis avec une antenne isotrope (théoriquement parfaite). Le gain est donc déterminé en utilisant des mesures de



puissance. Pour l'impédance, elle peut être mesurée en utilisant un appareil de mesure d'impédance, tel qu'un wattmètre ou un matériel de réseau analyser. Parfois, l'impédance peut également être estimée en examinant les spécifications techniques publiées par le fabricant. Les bandes de fréquences sont-elles connues directement des spécifications techniques. Enfin, la polarisation d'une antenne peut être déterminée en regardant la disposition de l'antenne et en notant la direction générale de l'émission des signaux. Les antennes peuvent avoir une polarisation verticale, horizontale ou circulaire. Les antennes à polarisation verticale émettent des ondes verticales, les antennes à polarisation horizontale émettent des ondes horizontales et les antennes à polarisation circulaire émettent des ondes circulaires.

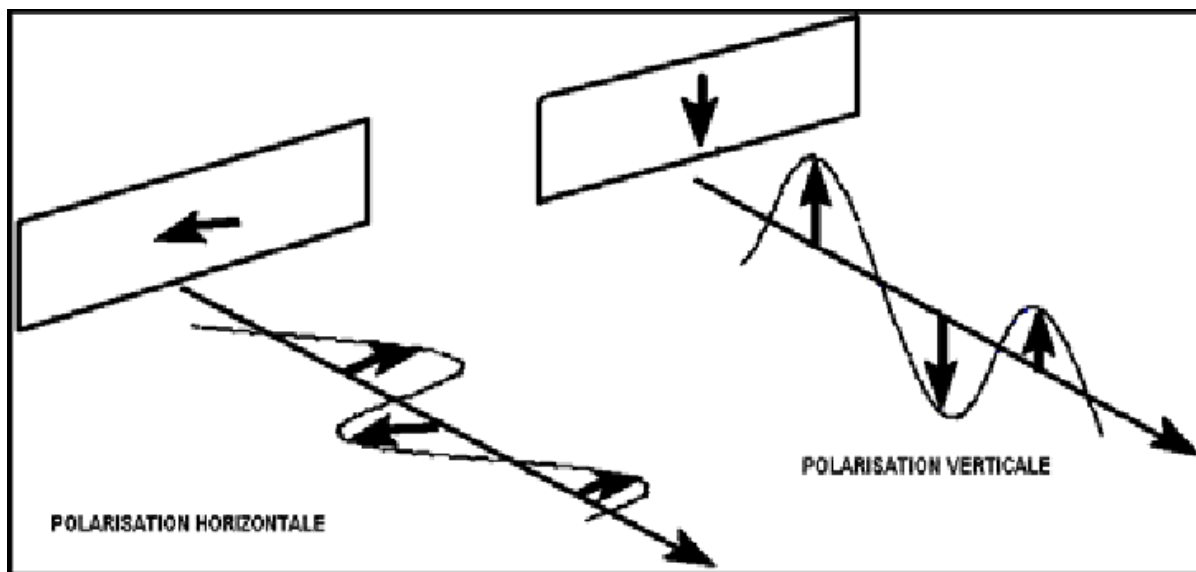


Figure 3 - Polarisation d'une Antenne

## III - Scientifique

### III.a. - Les Transmissions sans fil à l'aide d'antennes

La transmission sans fil implique l'envoi et la réception de données à travers l'air, sans utiliser de fils ou de câbles physiques. Cela est possible grâce aux ondes électromagnétiques, qui permettent de transmettre des informations à travers l'espace.

Voici comment se passe la transmission sans fil en général :

1. L'appareil émetteur envoie les données sous forme de signaux électriques à l'antenne émettrice.
2. L'antenne émettrice convertit les signaux électriques en ondes électromagnétiques et les libère dans l'atmosphère.
3. Les ondes électromagnétiques voyagent à travers l'air et peuvent être interceptées par des appareils récepteurs situés à proximité.
4. L'antenne réceptrice de l'appareil récepteur capte les ondes électromagnétiques et les convertit en signaux électriques.
5. Les signaux électriques sont envoyés au dispositif de traitement de l'appareil récepteur, qui décode les données et les affiche à l'écran ou les utilise de manière appropriée.



Il y a plusieurs facteurs qui peuvent influencer la qualité de la transmission sans fil, tels que la distance entre l'émetteur et le récepteur, les obstacles physiques (comme les murs ou les meubles) et les interférences électromagnétiques. Le choix de l'antenne et de la technologie de transmission sans fil appropriée peut aider à maximiser la performance de la transmission sans fil.

Il existe trois types de transmission sans fil : le mode WIFI, le Bluetooth et la technologie par infra-rouge.

### III.b. - Les Antennes WiFi

Il y a deux types d'antennes pour les appareils en WLAN, nous pouvons les distinguer par la direction dans laquelle les signaux radio sont émis, soit ils sont émis dans toutes les directions : les antennes omnidirectionnelles, soit ils sont émis dans une seule direction pour un signal plus précis : les antennes directionnelles.

- Antennes omnidirectionnelles : Les antennes omnidirectionnelles émettent de manière égale dans les 360 degrés des environs. On les utilise surtout dans les dispositifs cellulaires et les routeurs sans fil.
- Antennes directionnelles : Les antennes directionnelles (patches) émettent un signal plus restreint en environnement que les antennes omnidirectionnelles (une largeur de faisceau d'environ 30 degrés). On les utilise dans les installations d'Internet et de télévision par satellite. Ici, la position de l'antenne est alors très importante.

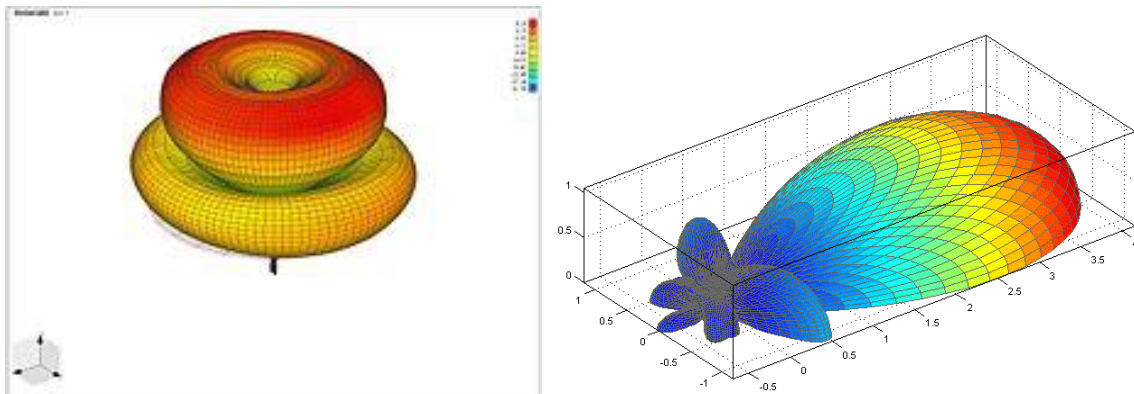


Figure 4 - Diagramme de rayonnement d'une antenne omnidirectionnelle et directionnelle

### III.c. - Les Antennes Bluetooth

Les antennes Bluetooth sont faites pour une utilisation plus personnelle notamment celle des téléphones portables, des jeux vidéo, des tablettes, et des périphériques comme les claviers d'ordinateur, mais également l'utilisation de casques stéréo, d'oreillettes, ou d'enceintes sans fil, et la connexion à la voiture. Sa fréquence dédiée se situe dans une bande de fréquence entre 2,402 GHz et 2,480 GHz. Elle utilise un rayon plus faible que le WIFI d'environ 100 m maximum. Elle est utilisée. Elle existe trois types d'antennes Bluetooth : les antennes dipôles, les antennes PIFA et les antennes en céramique.

- Antennes dipôles : cylindriques ou en forme de feuilles. Ces antennes peuvent être tournées dans n'importe quel angle ce qui facilite la transmission.



- Antennes PIFA (Planar Inverted-F Antenna) : composées d'une antenne monopôle parallèle à un plan de masse et mise à la terre à une autre extrémité. Elles sont utilisées dans les appareils mobiles grâce leur longueur courte et l'adaptation de leur impédance au circuit d'alimentation permet d'avoir un rayonnement efficace.
- Antennes en céramique : antennes miniatures adaptées aux appareils Bluetooth. Elles sont en bloc ou en multicouche.

### III.d. - Les Antennes infra-rouges

Les antennes infrarouges sont utilisées pour transmettre et recevoir des ondes infrarouges, qui sont une forme d'énergie électromagnétique invisible à l'œil humain mais qui peut être détectée par certains capteurs. Elles sont couramment utilisées dans les télécommandes, les systèmes de sécurité, les dispositifs de suivi et de suivi et dans d'autres applications où la transmission sans fil est nécessaire.

Il existe plusieurs types d'antennes infrarouges différentes qui sont utilisées dans diverses applications. Voici quelques exemples :

1. Antennes infrarouges à faisceau étroit : Ces antennes sont conçues pour transmettre et recevoir des ondes infrarouges sur une distance relativement courte, généralement moins de 10 mètres. Elles sont souvent utilisées dans les télécommandes et les dispositifs de commande à distance, car elles permettent une transmission précise et fiable sur de courtes distances.
2. Antennes infrarouges à faisceau large : Ces antennes sont conçues pour transmettre et recevoir des ondes infrarouges sur de plus longues distances, généralement de 10 à 100 mètres ou plus. Elles sont souvent utilisées dans les systèmes de sécurité et les dispositifs de suivi et de suivi, car elles permettent une transmission fiable sur de plus grandes distances.
3. Antennes infrarouges à focale variable : Ces antennes sont conçues pour permettre à l'utilisateur de régler la focale de l'antenne, ce qui permet de régler la distance à laquelle elle peut transmettre et recevoir des ondes infrarouges. Elles sont souvent utilisées dans les systèmes de sécurité et les dispositifs de suivi et de suivi, car elles permettent une flexibilité dans la gestion de la portée de la transmission.
4. Antennes infrarouges omnidirectionnelles : Ces antennes sont conçues pour transmettre et recevoir des ondes infrarouges dans toutes les directions. Elles sont souvent utilisées dans les systèmes de sécurité et les dispositifs de suivi et de suivi, car elles permettent une couverture complète de l'environnement.
5. Antennes infrarouges à polarisation verticale ou horizontale : Ces antennes sont conçues pour transmettre et recevoir des ondes infrarouges dans une direction spécifique en fonction de la polarisation de l'antenne. Elles sont souvent utilisées dans les systèmes de sécurité et les dispositifs de suivi et de suivi, car elles permettent une meilleure discrimination entre les signaux infrarouges souhaités et indésirables.





## IV - Les mesures de paramètres et optimisation du signal

### IV.a. - Sensibilité de l'Antenne

La sensibilité d'une antenne est une mesure de sa capacité à détecter des signaux faibles. Elle peut être déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Sensibilité (dBm)} = P_{\min} + 10 \log(BW)$$

$P_{\min}$  est le niveau de puissance minimal que l'antenne peut détecter

$BW$  est la largeur de bande de l'antenne, c'est-à-dire la plage de fréquences sur laquelle elle peut fonctionner

### IV.b. - Diagramme de Rayonnement

Il existe plusieurs manières de déterminer le diagramme de rayonnement d'une antenne par expérience, notamment :

- Utilisation d'un appareil de mesure de champ électrique : il est possible de mesurer directement l'intensité du champ électrique autour de l'antenne à l'aide d'un appareil de mesure approprié, tel qu'un analyseur de champ ou un analyseur de réseau. Ces appareils permettent de mesurer l'intensité du champ électrique à différents angles de phase et de tracer un diagramme de rayonnement en fonction de ces mesures.
- Utilisation d'un récepteur et d'une antenne émettrice : il est possible de déterminer le diagramme de rayonnement d'une antenne en utilisant un récepteur et une antenne émettrice. L'antenne émettrice est utilisée pour émettre des ondes électromagnétiques à des fréquences précises, tandis que le récepteur est utilisé pour mesurer la puissance reçue par l'antenne à différents angles de phase. Le diagramme de rayonnement peut être tracé en fonction de ces mesures.
- Utilisation de simulations informatiques : il est également possible de déterminer le diagramme de rayonnement d'une antenne en utilisant des simulations informatiques. Ces simulations permettent de modéliser le comportement de l'antenne dans l'espace et de tracer un diagramme de rayonnement en fonction des résultats obtenus.

Il est important de noter que ces méthodes nécessitent l'utilisation d'équipements de mesure précis et de techniques de mesure appropriées pour obtenir des résultats précis. De plus, il est recommandé de réaliser plusieurs mesures et de moyenner les résultats pour obtenir une précision maximale.

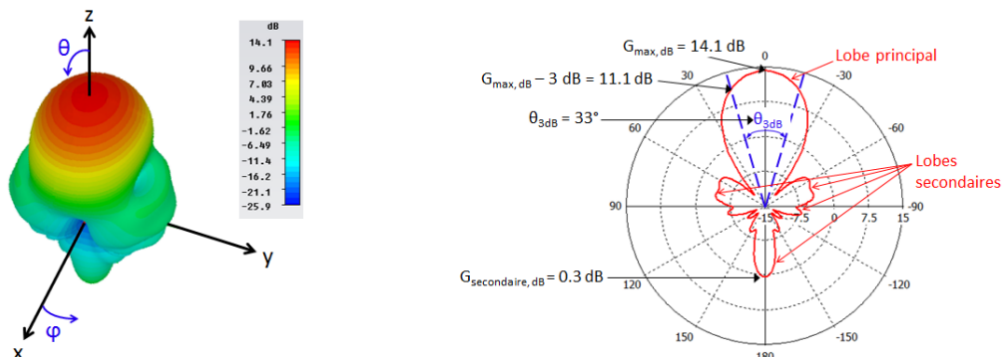


Figure 5 - Diagramme de rayonnement 3D et diagramme dans le plan yOz





### IV.c. - Gain de l'Antenne

Le gain est la capacité d'une antenne à transmettre dans son lobe principal par rapport à une antenne de référence : isotrope(dBi) ou dipôle(dBd). Il est déterminé en faisant le rapport entre la puissance rayonnée dans le lobe principal et celle de l'antenne de référence.

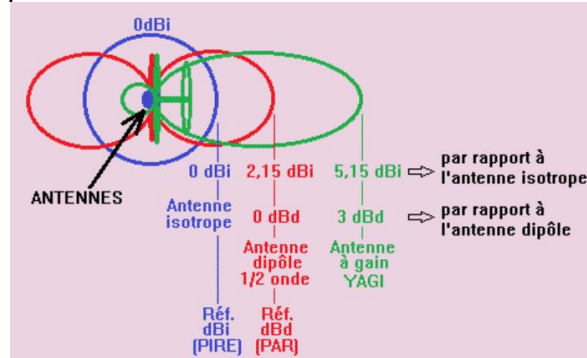


Figure 6 - Gain d'une antenne Yagi par rapport à une antenne isotrope et une antenne dipôle

### IV.d. - Largeur de Bande

Elle correspond à la différence entre la fréquence maximale et la fréquence minimale. Ces dernières sont déterminées en faisant un affaiblissement de 3 dB par rapport à la fréquence de résonance.

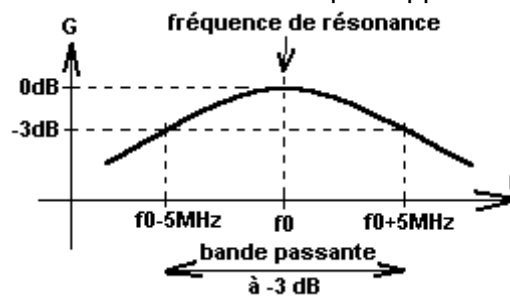


Figure 7 - Fréquence de résonance

### IV.e. - Bruit

Le bruit d'un signal d'antenne est une mesure de l'interférence qui affecte le signal transmis par l'antenne. Il peut être déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Bruit (dBm)} = P_n + 10 \log(BW)$$

$P_n$  est le niveau de puissance du bruit

$BW$  est la largeur de bande de l'antenne, c'est-à-dire la plage de fréquences sur laquelle elle peut fonctionner



## V - Conclusion

Les antennes ont joué un rôle crucial dans le développement des technologies de communication depuis leur invention il y a plusieurs siècles. Au fil des années, elles ont connu de nombreuses évolutions et améliorations qui ont permis d'améliorer la qualité et la portée des communications.

Au cours des dernières décennies, l'utilisation de matériaux de haute qualité, tels que le cuivre et le titane, a permis d'augmenter la performance des antennes. De plus, l'utilisation de technologies de traitement du signal, telles que la modulation d'amplitude et de fréquence, a permis de rendre les communications plus efficaces et plus fiables.

Dans les années à venir, on s'attend à ce que les antennes continuent à évoluer pour répondre aux besoins en constante évolution des utilisateurs. Par exemple, les antennes à haute performance pourraient être utilisées dans les communications à haute vitesse, telles que celles utilisées dans les réseaux 5G. De plus, les antennes pourraient être utilisées pour la transmission d'énergie sans fil, ce qui pourrait être utile dans les situations où il est difficile de connecter des appareils à une source d'alimentation.

En résumé, les antennes ont connu de nombreuses améliorations au fil des ans et continueront à évoluer pour répondre aux besoins de communication en constante évolution de l'humanité.

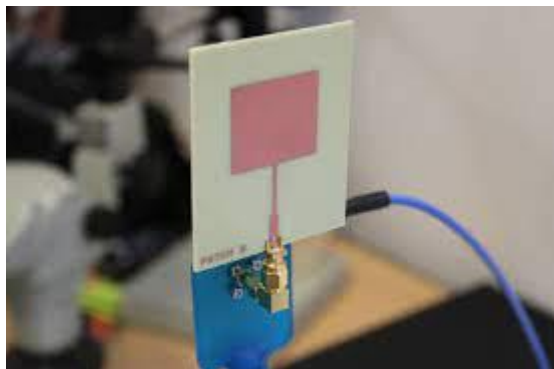
## VI - Bibliographie

- **Les antennes théorie conception et application** d'Odile Picon [consulté le mercredi 30 novembre 2022 et plusieurs fois en décembre 2022]
- **Antenne : cours - exercices et examens corrigés.** In F2School Votre bibliothèque [en ligne]. Disponible sur: <https://f2school.com/antenne-cours-exercices-et-examens-corriges/>
- **Antenne WIFI: tout ce qu'il faut savoir.** 31 mars 2021 [consulté le 5 décembre 2022]. Disponible sur: <https://www.sphinxfrance.com/actualites/ressources/antenne-wifi-tout-ce-qui-faut-savoir>
- **DES ANTENNES** de Christophe BOURRIER. [consulté le 28 novembre 2022]. Disponible sur: <https://radio.pagesperso-orange.fr/Ant.htm>
- **Inverted-F antenna.** In Wikipédia[en ligne]. 6 novembre 2022 [consulté le 17 décembre 2022]. Disponible sur: [https://en.wikipedia.org/wiki/Inverted-F\\_antenna](https://en.wikipedia.org/wiki/Inverted-F_antenna)
- **Fiches Antennes.** In FUN MOOC de Anne Claire LEPAGE. [en ligne]. [consulté le 28 novembre 2022]. Disponible sur: [https://lms.fun-mooc.fr/c4x/MinesTelecom/04009/asset/MOOC\\_fiche\\_antenne\\_v4.pdf](https://lms.fun-mooc.fr/c4x/MinesTelecom/04009/asset/MOOC_fiche_antenne_v4.pdf)
- **Bankai. Quoi savoir sur le bluetooth.** In Site de Bankai[en ligne]. 23 novembre 2021[consulté le 17 décembre 2022]. Disponible sur: <https://www.site-de-bankai.fr/?s=Quoi+savoir+sur+les+antennes+bluetooth+%3F>
- **Télécommunications sans fil.** In Techniques de l'ingénieur[en ligne]. [consulté le 28 novembre 2022]. Disponible sur: <https://www.techniques-ingenieur-fr.bases-doc.univ-lorraine.fr/lexique/telecommunication-sans-fil-100264.html>
- **Conception d'une antenne réceptrice omnidirectionnelle et multipolarisations dédiée aux récepteurs portables de radiomessagerie** de Abdelkrim Tahani [consulté le 12 novembre 2022]



## VII - Annexes

### Types d'antennes



*Patch*



*Yagi*



*Parabolique*



*Dipôle*



*Omnidirectionnelle*