

Travail sur les antennes WiFi

1 Vocabulaire détaillé

Bande de fréquence ISM ou Radio 433 Mhz : (bande étroite)

Historiquement la Bande ISM est dédiée aux applications Industrielles Scientifiques et Médicales. Economique et simple d'utilisation, autorise des transferts de données à des débits de l'ordre de 40 kbits seconde. Deux puissances coexistent en matière de transmission de données : 10 milliwatts libre de droit d'utilisation dans toute l'Europe continentale et 1W soumise à déclaration et redevance. Bien qu'elle soit souvent multicanaux, la bande étroite utilise une seule fréquence pour transmettre les données.

Avantage : dispose d'un meilleur pouvoir de pénétration à puissance égale que la bande 2,4 Ghz et est plus économique.

Source : <http://www.mobelec.com/technologies/technologies.htm>

1.1 Bande de fréquence UNII1 :

Outre une vitesse plus élevée, cette bande des 5 GHz fait partie des fréquences connues sous le nom de UNII (Unlicensed National Information Infrastructure), dont l'usage est libre, à l'inverse des produits basés sur les 2,4 GHz. C'est d'ailleurs l'un des principaux problèmes rencontrés par la norme 802.11b en France, car son fonctionnement empiète sur des fréquences normalement réservées à l'armée. Un point sûrement capital pour son adoption.

Source : <http://vnunet.fr/actu/article.htm?numero=5832>

1.2 Diffraction

Quand un obstacle se trouve entre l'émetteur et le récepteur, une partie de l'énergie arrivera toujours à passer. Ceci grâce au phénomène de diffraction sur le sommet de l'obstacle. Plus la fréquence est haute plus la perte d'énergie va être grande.

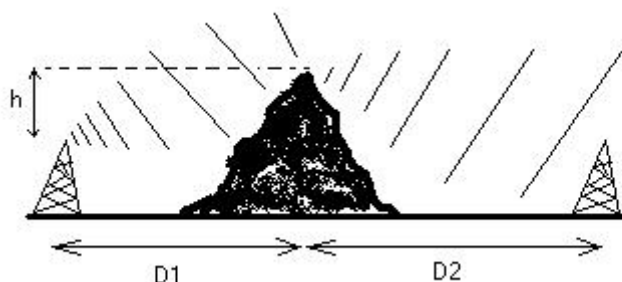


FIG. 1 – Schéma sur la diffraction

1.3 Diffusion :

Un verre dépoli (m), une nappe de brouillard, dispersent le rayon lumineux en une infinité de rayons partant dans toutes les directions, y compris vers l'arrière (rétrodiffusion).

Cas des ondes radio, le phénomène de diffusion se rencontre dans de nombreuses circonstances mais surtout sur THF, au dessus de 30 MHz :

- diffusion ionosphérique due à l'ionisation brève causée par la chute de météorites.
- diffusion troposphérique et sur la pluie (rain-scatter)
- diffusion sur les zones ionisées des aurores polaires

Une réflexion s'accompagne souvent de diffusion quand la surface réfléchissante n'est pas parfaitement plane et lisse. Sur la figure, le signal émis par E est diffusé par une région ionisée située à très haute altitude.

Source : <http://perso.wanadoo.fr/f5zv/RADIO/RM/RM10/RM10B04.html>

1.4 Gain :

Le gain permet de mesurer la capacité d'une antenne à concentrer les ondes radio dans une direction donnée. Pour une antenne au sol, les ondes radio émises sont dirigées vers une position dans l'espace (le satellite). Pour une antenne embarquée, les ondes radio sont envoyées vers la zone géographique qu'elles doivent couvrir (un groupe de pays par exemple).

Le gain dépend de trois paramètres :

- la taille de l'antenne
- la fréquence radio utilisée
- la capacité du réflecteur à focaliser les ondes radio.

Il est exprimé par rapport aux performances théoriques d'une antenne isotrope rayonnant dans toutes les directions de manière égale. Par définition, le gain d'une antenne isotrope de référence est de 1.

La valeur du gain est généralement très élevée. Dans le cas d'une antenne d'un mètre, le gain est de 16 000 à sa fréquence normale de fonctionnement (14GHz). Pour une antenne de deux mètres, ce chiffre est multiplié par quatre, soit 64 000. C'est une conséquence directe de la plus grande surface du réflecteur qui peut donc focaliser les ondes radio dans un faisceau plus étroit.

Quand il reçoit des signaux, le réflecteur de plus grande taille capte une partie plus importante de la puissance du signal et augmente ainsi la force du signal reçu. Le gain élevé d'une antenne parabolique compense, du moins en partie, la perte de la puissance du signal occasionnée sur les longs trajets des ondes radio entre le satellite et la Terre (et vice-versa).

Source : http://www.eutelsat.com/fr/tools/3_2_5_2.html

1.5 Line Of Sight :

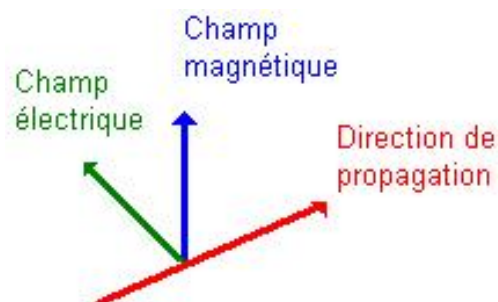
Il s'agit de la ligne de visée entre 2 antennes. Il est nécessaire qu'elle soit dégagée. Du bon matériel bien configuré permet de transporter des paquets IP sur 40 km à vue. Cette ligne de visée doit être exempte de tout obstacle physique (comme des arbres, des branches, des bâtiments, des murs, des toits de construction, des forêts).

Source : <http://reseaucitoyen.be/index.php?TopoLogies>

1.6 Polarisation :

Un critère important dans les transmissions radio est la polarisation de l'onde électromagnétique. Il est souhaitable que les antennes des deux correspondants soient polarisées identiquement, ce qui ne nous met pas à l'abri d'une rotation de polarisation sur un parcours donné.

Quand on parle de polarisation, on parle de l'orientation du champ électrique de l'onde électromagnétique. Les deux vecteurs représentatifs des champs magnétique et électrique sont orthogonaux (perpendiculaires entre eux). Le sens du déplacement est donné par la flèche rouge. L'onde électromagnétique se déplace à la vitesse de la lumière dans le vide (300 000 km/s).



La polarisation de l'onde correspond à l'orientation de son champ électrique : si celui-ci est vertical, la polarisation est verticale. Un dipôle dont le conducteur est horizontal rayonne une onde polarisée horizontalement. Certaines antennes (antenne hélice, par exemple) ont une polarisation circulaire, cas particulier de la polarisation elliptique. Lorsque le champ E varie toujours dans le même plan la polarisation est linéaire.

Source : <http://perso.wanadoo.fr/f6crp/elec/lt/polant.htm>

Source : <http://perso.wanadoo.fr/f5zv/RADIO/RM/RM10/RM10B01.html>

1.7 Polarization Loss factor

On désigne par PLF (Polarization Loss Factor) la perte de signal en dB due au non alignement de polarisation. Voyons quelques valeurs chiffrées :

α	Perte en dB	α	Perte en dB
0°	0	50°	3,8
5°	0,03	60°	6
10°	0,13	70°	9,3
20°	0,54	80°	15,2
30°	1,25	85°	21,1
40°	3	90°	∞

Ce tableau très instructif laisse apparaître clairement qu'un désalignement de polarisation jusqu'à 20° n'est guère pénalisant (0,5 dB) par contre l'orthogonalité des polarisations amène une atténuation qui est théoriquement infinie. L'adverbe théoriquement est employé à bon escient car en pratique il est difficile sinon impossible d'obtenir ces conditions (sauf malchance inouïe) et on n'atteint jamais les exigences de la théorie. Ceci explique que vous receviez certes très atténué, le signal d'une station émettant en polarisation verticale avec une antenne polarisée horizontalement. A titre indicatif, un écart angulaire de 89,5° produit seulement 41 dB d'atténuation.

Source : <http://perso.wanadoo.fr/f6crp/elec/lt/polant.htm>

1.8 Réflexion :

Lorsqu'une onde radio rencontre un obstacle, une partie de l'onde est réfléchi, l'autre partie étant absorbée par l'obstacle. Il en résulte une perte de puissance plus ou moins grande. La réflexion est telle que l'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion. L'onde arrivant sur l'obstacle s'appelle une onde incidente, l'onde qui repart étant l'onde réfléchi.

La réflexion provoque des annulations à certaines fréquences mais aussi un décalage de temps

entre les différentes composantes reçue qui fait que le signal devient s'étale dans le temps. La conséquence sur le système est néfaste et fait décroître les performances (erreurs de transmission). Pour réduire cet effet le récepteur est généralement doté d'un égaliseur qui contrebalance ces défauts. Celui-ci a cependant une capacité limitée et les constructeurs donnent des valeurs limites d'étalement de temps pour un taux minimum d'erreur donné et en fonction du débit de données

Source : http://node1418.chez.tiscali.fr/index.php?page=calculs_radio.php

1.9 Réfraction :

Le phénomène de réfraction est très important pour la propagation à grande distance que ce soit sur décimétriques ou sur VHF. La variation d'indice de réfraction est rarement brutal comme dans l'expérience du bâton dans le seau d'eau, le trajet d'une onde radio s'incurve au fur et à mesure des variations d'indices de réfraction (entre 0 et 1) dans la troposphère ou l'ionosphère.

Source : <http://perso.wanadoo.fr/f5zv/RADIO/RM/RM10/RM10B04.html>

1.10 Zone de Fresnel

La plus grande partie de l'énergie radio transmise entre un émetteur et un récepteur se trouve dans une zone ellipsoïdale virtuelle (forme d'un ballon de rugby) reliant les deux points et dans laquelle le moins d'obstacles possibles doivent se trouver. Le calcul de cette zone de Fresnel doit tenir compte de la courbure de la surface de la terre, et permet d'obtenir la hauteur des mâts nécessaires à l'installation. On peut grossièrement noter qu'à 500m la hauteur minimale de fixation est de 2 mètres, à 1km elle est de 3 mètres et à 2km elle est de 4 mètres (hors obstacles).

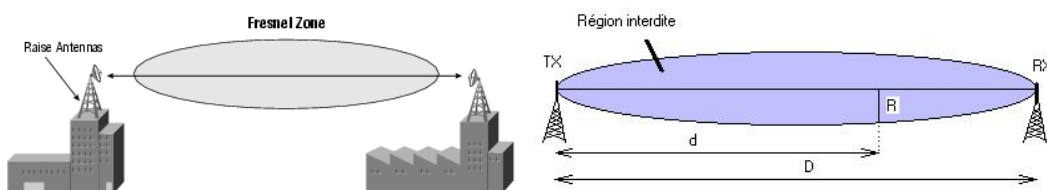


FIG. 2 – Schèmes explicatif sur la zone de Fresnel

2 Typologie des antennes : Quelle forme pour quel usage ?

Lorsqu'on désire déployer un réseau Wi-Fi entre plusieurs bâtiments, plusieurs facteurs entrent en jeu pour avoir un bon résultat. Parmi ceux-ci, le choix d'un matériel bien adapté aux besoins, et notamment les antennes, mérite qu'on se penche sur la question.

L'antenne intégrée à l'AP ou à la carte WiFi peut être remplacée par une antenne externe plus puissante. Elle est reliée par un câble d'antenne, éventuellement avec un parafoudre pour protéger l'appareil. Le choix d'une antenne est important et doit être déterminé par le rôle qu'elle devra assurer, c'est-à-dire la manière de diffuser le signal aux autres éléments Wi-Fi distants. En fonction des caractéristiques du terrain et des zones à couvrir, il pourra par exemple être décidé de réaliser des liaisons point-à-point via deux antennes directionnelles, ou d'utiliser une omnidirectionnelle en cas de clients plus dispersés et plus rapprochés.

2.1 Le principe des antennes

Les antennes ne permettent pas d'avoir plus de signal (il faut un amplificateur qui ajoute de l'énergie, or une antenne n'est pas alimentée). Elle focalise le signal disponible dans une direction particulière, un peu comme on ferait avec une loupe pour allumer du feu avec le Soleil. Il ne brille pas plus fort, c'est la loupe qui concentre l'énergie sur une zone plus petite. Plus une antenne concentre l'énergie du signal dans une direction particulière, plus son gain est élevé, plus la portée s'améliore (dans la direction selon laquelle l'antenne rayonne le mieux).

L'efficacité de la concentration du signal radio par les antennes est mesurée par le gain dont l'unité est le dBi. Plus une antenne concentre l'énergie, plus son gain en dBi sera élevé. Lorsqu'une antenne a un bon gain, le signal radio reste "propre" et compréhensible jusqu'à une distance plus importante que pour une antenne avec un gain moins bon. En effet, il faut savoir que pour tout appareil utilisant la radio comme médium, il existe un seuil minimum en-dessous duquel l'électronique n'arrivera pas à distinguer le message du bruit. Par exemple, il faut que le niveau du bruit soit deux fois plus faible que celui du signal. On parle de seuil de sensibilité en réception.

La concentration du signal radio est vraie dans les deux sens. C'est-à-dire que l'antenne peut être comparée à un porte-voix lorsque l'appareil relié est en émission, tout comme elle peut être comparée à un amplificateur auditif en phase de réception. Une antenne permet de mieux distinguer un signal au milieu du bruit ambiant. Le gain des antennes est obtenue au détriment de la taille de la région qui reçoit le signal diffusé (et aussi la provenance du signal qui peut être reçu par cette antenne). La mesure de ces deux grandeurs est représentable pour chaque modèle par des graphes appelés abaqués. En règle générale, il faut retenir que plus une antenne a un fort gain, plus elle est directionnelle.

Bien sûr, ce n'est pas tout le temps vrai puisque, en fonction de la qualité de fabrication et du modèle, deux antennes différentes peuvent avoir le même gain (distance maximale identique), mais être plus ou moins sectorielle (on ne peut pas communiquer avec depuis les mêmes zones). Malheureusement, toutes ces informations sont rarement fournies par les constructeurs avec leur matériel.

Enfin, les antennes directionnelles ont une contrainte supplémentaire à l'utilisation par rapport aux omnidirectionnelles. Si on les utilise, c'est généralement pour atteindre un point éloigné. La directivité de l'antenne impose qu'elle soit pointée sur l'autre antenne installée sur le site distant. Et en permanence. Il faut donc procéder à leur azimuthage lors de l'installation du lien (prévoir des mâts, des talkie-walkies, etc...) dont sa bonne réalisation conditionne la qualité du lien (ou sa "vitesse"). C'est pourquoi une antenne directionnelle est souvent destinée à être fixe, alors que les antennes omni sont plus "mobiles", telles celles intégrées sur les cartes PCMCIA ou les adaptateurs PCI. On fixe aussi de plus grosses antennes omnidirectionnelles sur des mâts, pour desservir une pièce par exemple.

Les antennes peuvent être réparties en 3 grandes catégories, les omnidirectionnelles, les sectorielles et les directionnelles. Le dessin suivant montre rapidement le fonctionnement de ces 3 grandes catégories :

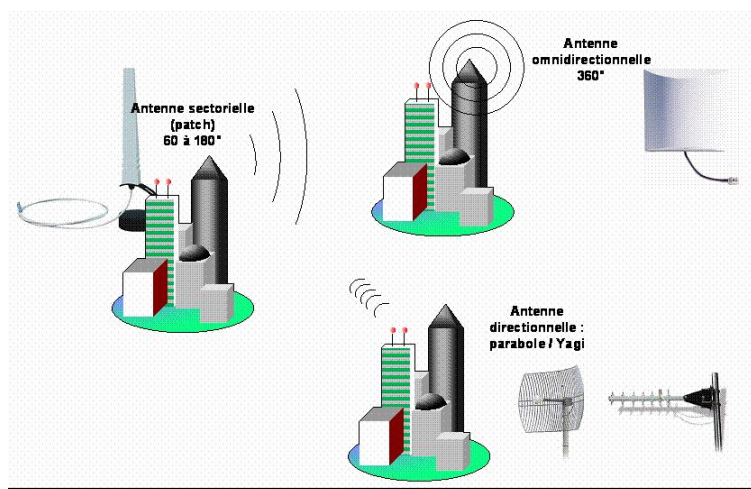


FIG. 3 – Les 3 grandes catégories d'antennes

2.2 Les omnidirectionnelles

Les antennes omnidirectionnelles diffusent le signal sur 360° horizontalement. Elles sont utilisées pour couvrir une zone dont on ne sait pas de quel côté les clients vont s'associer. En revanche, la distance maximale reste limitée en comparaison des autres antennes. Elles se présentent sous la forme de simples tiges de quelques centimètres (comme les antennes des APs) jusqu'à pratiquement 1 mètre. Elles favorisent le rayonnement du signal dans la dimension horizontale au dépend de la dimension verticale. Etre directement au-dessous (ou au-dessus) de l'antenne est le plus mauvais endroit pour communiquer par son intermédiaire.

De plus, ce sont les antennes les plus chères car elles nécessitent beaucoup de pièces assemblées avec précision. Elles ne sont donc pas adaptées pour les liaisons point-à-point.

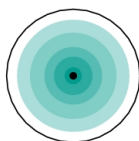


FIG. 4 – Zone d'émission d'une antenne omnidirectionnelle



FIG. 5 – Antenne Omnidirectionnelle D-Link



FIG. 6 – Antenne Omnidirectionnelle D-Link



FIG. 7 – Antenne Omnidirectionnelle 3 Com

2.3 Les sectorielles (ou patches)

Les antennes sectorielles sont un compromis entre les omni et les directionnelles. Elles diffusent le signal sur un grand angle (de 60 à 180°) mais sont capables d'atteindre de fort gain (jusqu'à 15 dBi). Elles sont idéales pour couvrir une zone bien définie comme une pièce (en les fixant sur un mur ou au plafond), une place, un groupe de maison situées dans un cône plus ou moins restreint, etc... On peut les mettre en place pour faire des liaisons point-à-multi-point, en mettant plusieurs antennes directionnelles (ou non) en face. Leur prix varie avec l'angle de couverture et le gain mais reste modeste.

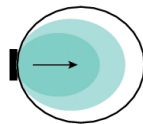


FIG. 8 – Zone d'émission d'une antenne sectorielle



FIG. 9 – Antenne Sectorielle Doradus



FIG. 10 – Antenne Sectorielle D-Link



FIG. 11 – Antenne Sectorielle D-Link

2.4 Les directionnelles (yagis et paraboles)

Ce sont les plus simples à fabriquer et, en principe, les moins chères. Elles sont tellement simples qu'on peut facilement en construire soi-même pour un coût ridiculement bas. On trouve facilement de la documentation pour construire sa propre antenne. Elles n'ont pas forcément des gains plus élevés que les sectorielles (de 12 à plus de 20 dBi) mais on les utilise pour avoir atteint un point distant sans "arroser" toute une zone pour rien (afin de ne pas gêner d'autres utilisateurs ou d'autres APs par l'augmentation des interférences).

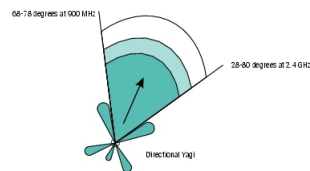


FIG. 12 – Zone d'émission d'une antenne directionnelle



FIG. 13 – Antenne Sectorielle Doradus



FIG. 14 – Antenne Sectorielle D-Link

2.5 Connectique

Un autre problème est la profusion des types de connecteurs et de câbles différents qu'on doit utiliser pour relier l'antenne avec l'AP (ou la carte wi-fi directement). Il faut donc être vigilant et s'assurer qu'on possède bien les bons câbles et bonnes prises pour relier les différents appareils. De manière générale, les câbles et les prises induisent des pertes que l'on quantifie en dB en qu'on peut directement soustraire au gain de l'antenne en dBi. On voit donc qu'il faut minimiser la longueur des

câbles d'antennes, le nombre de connecteurs et on compensera par un long câble réseau (RJ45) : le cas typique est d'avoir une antenne sur le toit, mettre l'AP dans les combles (donc à l'abri de l'eau et pas trop loin d'une prise de courant), et on relie l'AP au reste du réseau par un RJ45 aussi long que nécessaire.