

ITRAINONLINE MMTK

LA PHYSIQUE RADIO DE BASE

Préparé par : Sebastian Buettrich, wire.less.dk

ITRAINONLINE MMTK.....	1
LA PHYSIQUE RADIO DE BASE.....	1
Au sujet de ce document.....	1
Renseignements sur le droit d'auteur.....	1
Ondes et champs électromagnétiques.....	1
Le spectre électromagnétique.....	4
Les fréquences des réseaux sans fil.....	4
La propagation des ondes électromagnétiques.....	7
Absorption.....	7
Réflexion.....	8
Diffraction.....	9
Interférence.....	9
La dépendance des fréquences sur les effets.....	10
La propagation radio dans l'espace libre.....	10
Free space loss (FSL).....	10
Zones de Fresnel.....	10
Ligne visuelle.....	11
Effets par trajets multiples.....	11
Calculs avec les dBs.....	12
La sensibilité de réception (Rx).....	13
Lorsque la physique devient importante.....	13

Au sujet de ce document

Ces documents font partie du ItrainOnline MMTK. Le MMTK est un ensemble intégré de documents et de ressources de formation multimédia destiné à aider les médias communautaires, les centres multimédia communautaires, les télécentres et autres initiatives qui utilisent les technologies de l'information et des communications (TIC) à renforcer les communautés et soutenir le travail de développement.

Renseignements sur le droit d'auteur

Cette unité est présentée sous licence Creative Commons Paternité - Partage des Conditions Initiales à l'Identique 2.5. Pour savoir comment utiliser ces documents, veuillez lire la déclaration sur le droit d'auteur accompagnant cette unité ou consulter

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/deed.fr>

Ondes et champs électromagnétiques

Les forces électromagnétiques interagissent entre les charges électriques et les courants électriques.

Pour chaque point dans l'espace, un champ électromagnétique, c'est à dire la force ressentie par la charge ou le courant, peut être défini et mesuré.

Le champ électrique **E** définit la force entre les charges.

Le champ magnétique **H** définit les forces entre les courants.

Les ondes de pression d'air, le son, peuvent se déplacer, tout comme un champ électromagnétique peut se déplacer comme une onde électromagnétique, connu aussi sous le nom de rayonnement électromagnétique.

Des exemples d'ondes électromagnétiques: rayons-X, micro-ondes, ondes radios.

Une propriété très importante des ondes électromagnétiques est qu'elles n'ont pas besoin d'une porteuse. Par exemple, le son a besoin de l'air pour se déplacer.

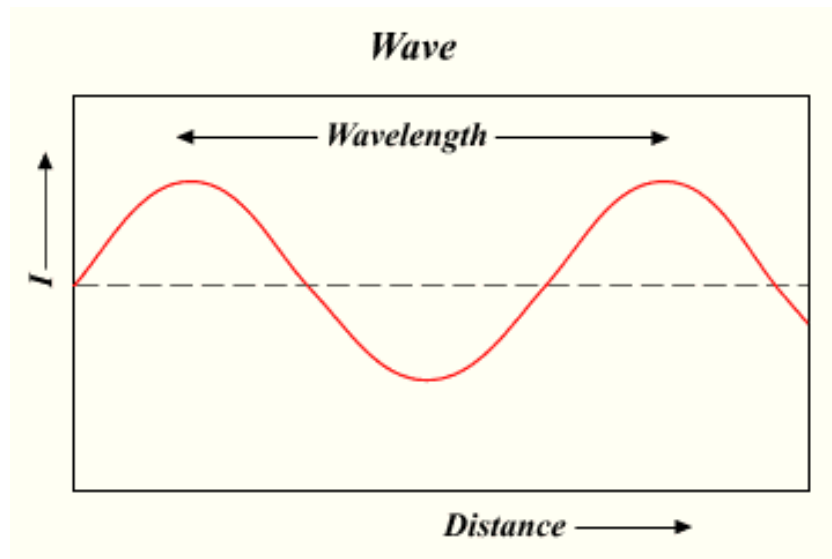


Image de Wikipedia.org

$$c = \lambda * f$$

c est la vitesse de la lumière: 3×10^8 m/s = 300,000 km/s)

λ Lambda est la longueur d'onde [en m]

f est la fréquence [1/s = Hz], aussi appelée ν (Nu)

La lumière (ou un signal radio) a besoin de 1.3 secondes pour se déplacer de la lune à la Terre, 8 minutes du soleil à la Terre et 300 microsecondes (0.3 millièmes de secondes) pour 100km.

Un rappel des puissances de dix, qui peuvent être utilisés pour toutes sortes d'unités (micromètres, kilohertz, Megaoctects)

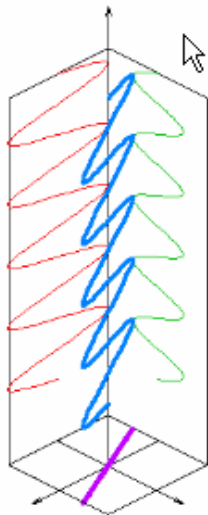
Micro-	10^{-6}	1/1,000,000	μ
Milli-	10^{-3}	1/1000	m
Centi-	10^{-2}	1/100	c
Kilo-	10^3	1,000	k
Mega-	10^6	1,000,000	M

Giga- 10^9 1,000,000,000 G

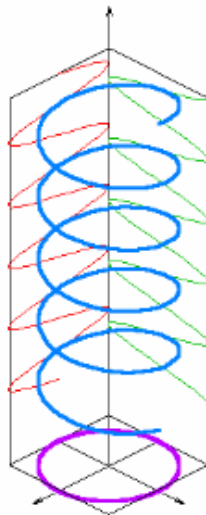
La Polarisation est la direction du vecteur du champ électrique :

λ Lambda est la longueur d'onde [en m]

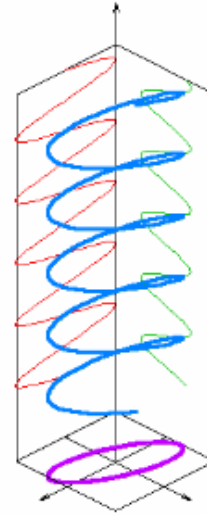
Il y a différentes sortes de polarisation : linéaire, elliptique et circulaire



linéaire



circulaire

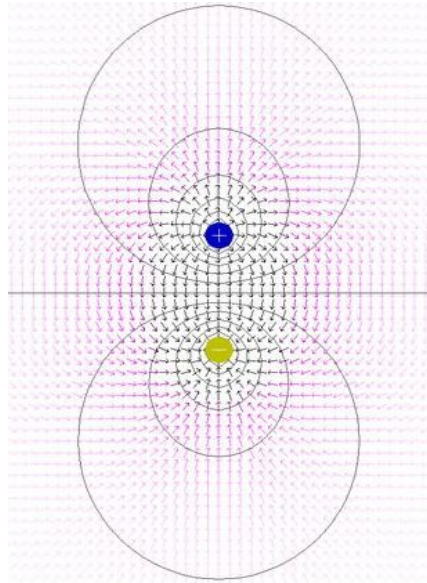


polarisation elliptique

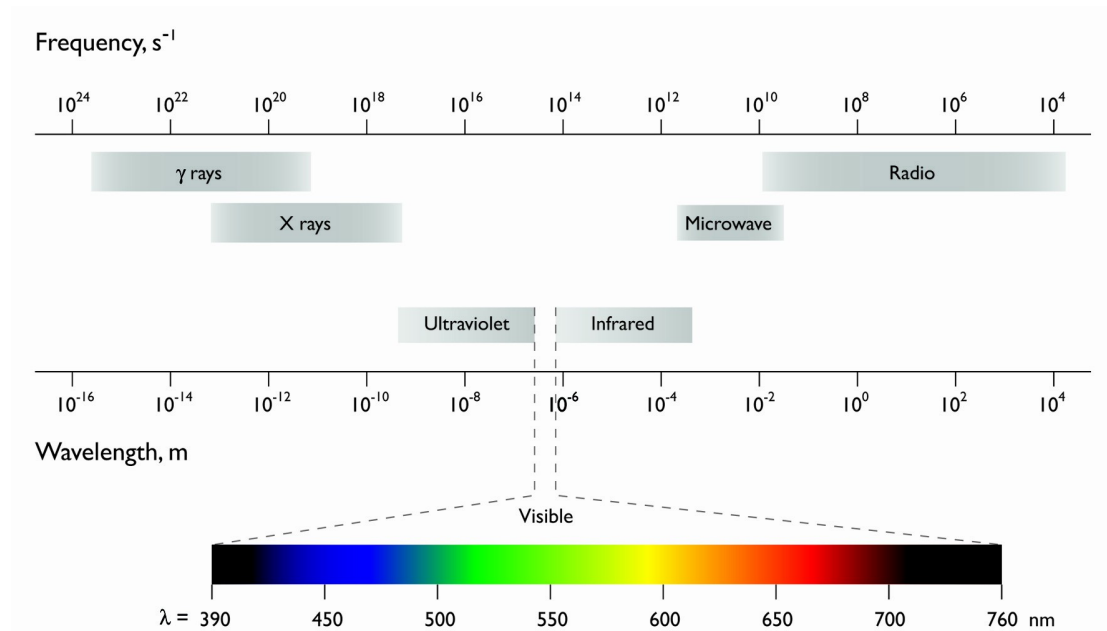
Exemple : Rayonnement de doublet

Le rayonnement de doublet est un champ électromagnétique qui quitte le système d'électrons d'un conducteur linéaire, par exemple un fil droit

Un type d'antenne simple serait une antenne doublet.



Le spectre électromagnétique



Les fréquences des réseaux sans fil

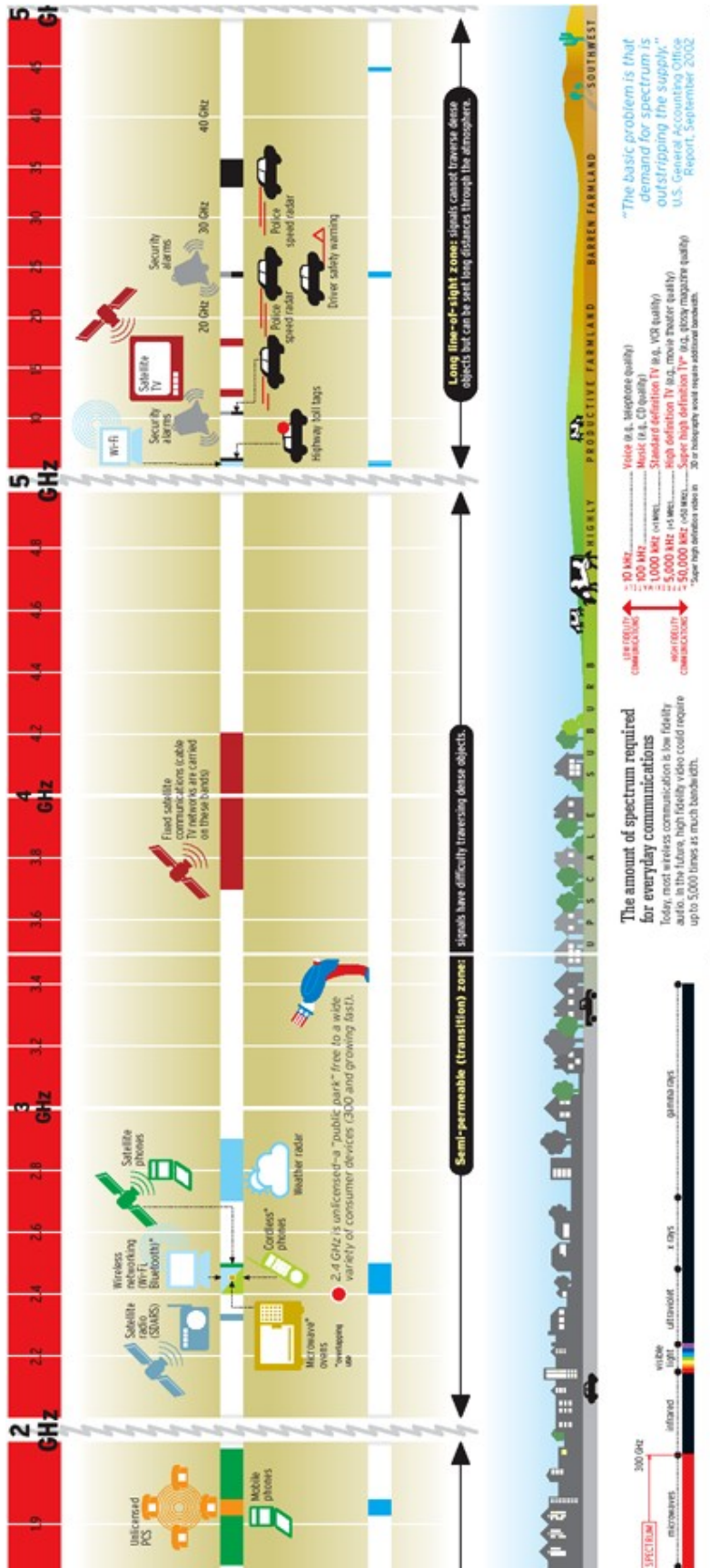
Dans le domaine des réseaux sans fil, il faut surtout regarder les bandes ISM (Industrielle, Scientifique et Médicale) :

2.4 GHz 802.11b/g $\lambda = 12$ cm
5.x GHz 802.11a $\lambda = 5...6$ cm

D'autres gammes de fréquence pertinentes :

915 MHz
3.5 GHz
et d'autres.

Les images ci-dessus nous donnent un profil du spectre électromagnétique, son usage et sa valeur :
[Images tirées du *The Citizens Guide to the Airwaves*, New America Foundation. <http://newamerica.net>]

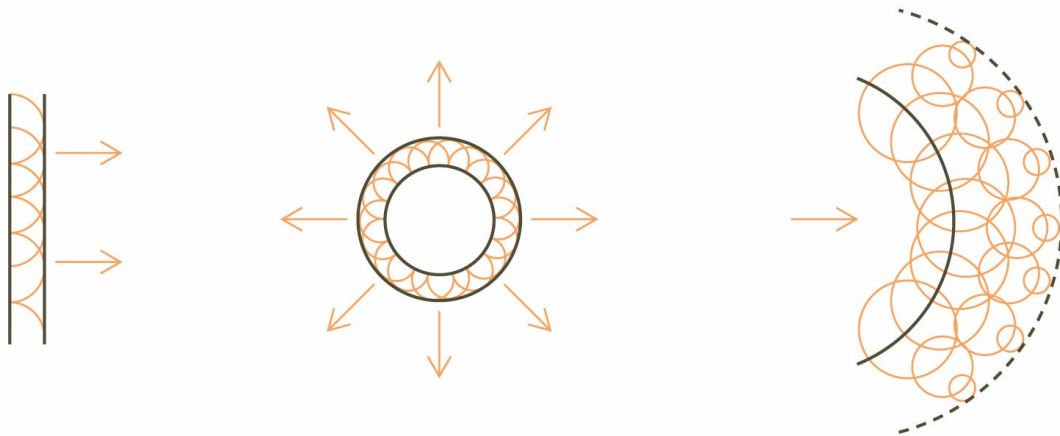


La propagation des ondes électromagnétiques

Un des principes les plus importants pour faciliter la compréhension des ondes électromagnétique et, par conséquent, les ondes radio, est le principe de Huygens. En sommes, le principe de Huygens cite que des nouvelles ondes sphériques peuvent se développer sur n'importe quel point d'une onde.

En additionnant ces ondes sphériques le long d'un front non interrompu d'ondes, on peut comprendre comment un front non interrompu d'ondes peut se déplacer en tant qu'un seul.

Le principe de Huygens nous explique aussi pourquoi la lumière (ou les ondes radio ou toute onde électromagnétique) ne se déplace pas toujours en suivant une ligne droite.



Les ondes électromagnétiques sont assujetties à plusieurs effets :

- Absorption
- Réflexion
- Diffraction
- Interférence

Absorption

Les ondes radios qui se déplacent dans la matière (peu importe le type de matière) sont absorbées ou affaiblies, puisqu'elles transfèrent de l'énergie à la matière dans laquelle elles se déplacent.

Dans le médium de déplacement, la puissance de l'onde décroît de façon exponentielle, par rapport à un décroissement linéaire en dB (voir ci-dessus pour plus de détails sur les dBs)

Souvent, on utilise un coefficient d'absorption (en dB/m) pour décrire l'impact du médium sur le rayonnement.

Généralement, le conducteur électrique a beaucoup d'impact sur l'absorption, le métal étant le matériel avec le plus haut niveau d'absorption. L'eau affecte beaucoup les ondes des réseaux sans fil, sous toutes les formes (la pluie, la bruine, les tuyaux, etc.)

Nous retrouvons de l'absorption de niveau intermédiaire avec les briques, les pierres et le béton, selon les paramètres exacts des matériels. Le niveau d'absorption du bois et des arbres dépend beaucoup de la quantité d'eau que l'on retrouve dans ces matériels.

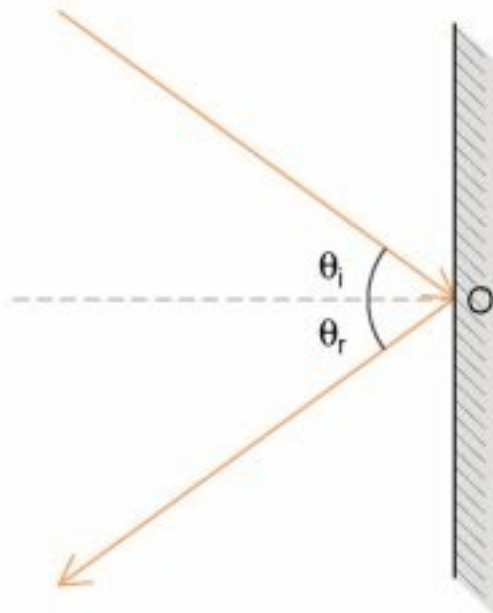
Les humains et les animaux, puisqu'ils retiennent beaucoup d'eau, ont un impact important sur l'absorption des ondes radio.

Réflexion

Nous savons que la lumière visible réfléchi sur les miroirs, les surfaces d'eau, etc.

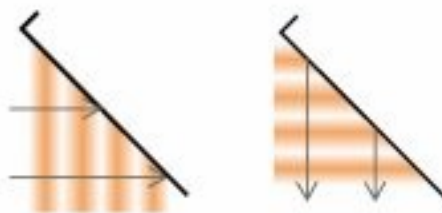
Pour les ondes radios, la réflexion se produit généralement sur le métal, mais aussi sur les surfaces d'eau et d'autres matériels appropriés.

Une onde est réfléchi selon le même angle qu'elle a atteint la surface en question.



Deux situations importantes sont:

Réflexion sur une surface plane



Réflexion sur une parabole

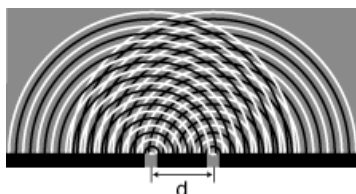
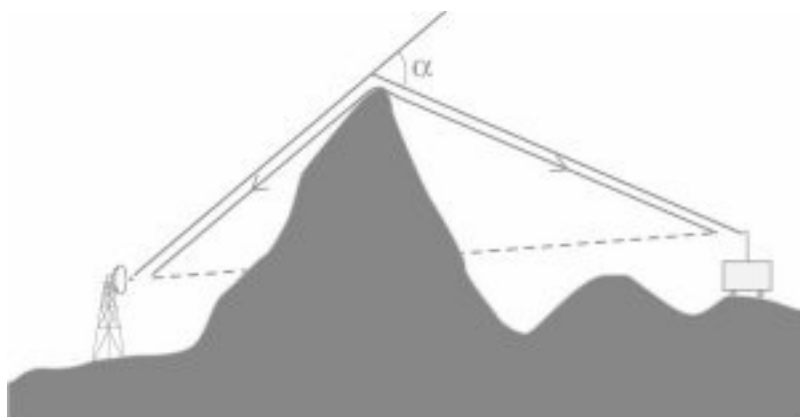


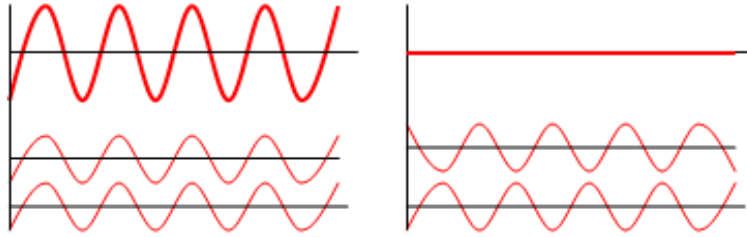
Image de Wikipedia.org

Diffraction

La diffraction est la flexion et l'éparpillement des ondes lorsqu'elles rencontrent une obstruction. Cette conséquence directe du principe de Huygens et le niveau de diffraction est en proportion avec la longueur d'onde.

Interférence

Les ondes avec la même fréquence et une relation de phase fixe (selon la position relative des ondes) peuvent s'annuler, comme quoi $1 + 1 = 0$.



Pour que l'interférence se produise sous sa forme pure (annihilation complète ou amplification maximale), les ondes doivent avoir la même longueur et une relation de phase fixe.

Par rapport aux technologies sans fil, le terme *interférence* est utilisé dans un sens plus large, notamment pour décrire des perturbations d'autres sources radio (ex : canaux avoisinants).

La dépendance des fréquences sur les effets

La dépendance des fréquences sur les effets peut être très élevée et complexe (ex : avec l'absorption de la résonance). Par contre, quelques règles de base s'appliquent lorsqu'on veut comprendre les ondes radio :

- o Plus une onde est longue, plus sa distance de déplacement est élevée
- o Plus une onde est longue, meilleure est sa capacité de contourner ou d'éviter des objets
- o Plus une onde est courte, plus elle peut transporter des données

La propagation radio dans l'espace libre

Nous allons maintenant analyser 4 effets/concepts pertinents par rapport à la propagation des ondes radio :

- Free Space Loss (FSL): le fait qu'une onde radio perd de la puissance, même en ligne directe dans le vide
- Zones de Fresnel: le fait que les ondes radio se déplacent dans une zone qui prend la forme d'un cigare au lieu d'une ligne directe
- Ligne visuelle: - comment le définir pour les ondes radio
- Effets par trajets multiples – le fait qu'un signal peut trouver différentes façons pour atteindre un récepteur

En général, nous pouvons comprendre ces quatre effets en appliquant le principe de Huygens.

Free space loss (FSL)

La perte de puissance dans l'espace libre est proportionnelle au carré de la distance et est aussi proportionnelle au carré de la fréquence radio – en dB, ceci devient :

$$FSL [dB] = C + 20 * \text{Log}(D) + 20 * \text{Log}(F)$$

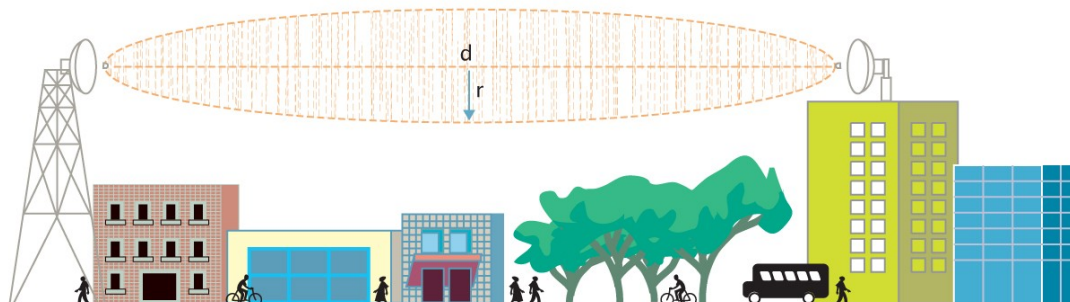
D distance et F fréquence [MHz].

La constante C est 36.6 si D est en miles et 32.5 si D est en kilomètres.

Zones de Fresnel

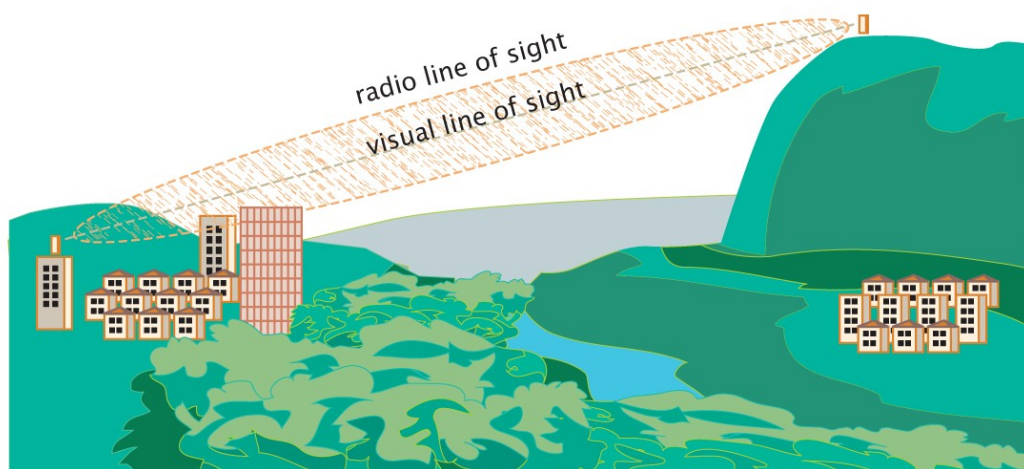
En tenant compte du principe de Huygens, nous remarquons que les points près de l'axe direct entre A et B vont rayonner de la puissance vers le point de réception B.

Une analyse détaillée devrait tenir compte de l'interférence entre les différentes ondes, mais une telle analyse dépasse la portée de ce document. Par contre, nous remarquons cette formule pour la première zone Fresnel, qui devrait être gardée libre pour s'assurer que le maximum de puissance se rend de A à B.



Ligne visuelle

Pour la lumière visible, une ligne of visuelle est plus facile à identifier et vérifier. Pour les ondes radios, les choses se compliquent davantage. En général, il faut une ligne visuelle libre (optique) pour établir un lien radio, ainsi qu'un espace qui entoure cette ligne, définie par les Zones Fresnel.



Effets par trajets multiples

Le même signal peut se rendre au récepteur selon différents chemins, par l'entremise de la réflexion par exemple.

Les délais, l'interférence et la modification partielle des signaux peuvent causer des problèmes.

Il est possible d'utiliser les effets par trajets multiples effets pour surmonter les limites de la ligne visuelle.

Des liens sans ligne visuelle sont possibles avec les technologies sans fil qui peuvent surmonter les effets par trajets multiples, voir même utiliser ces effets pour améliorer la transmission des signaux.

Calculs avec les dBs

Le decibel (dB) est une relation sans dimension définie comme suit :

$$\text{dB} = 10 * \text{Log} (P1 / P0)$$

Quelques valeurs importantes à retenir sont :

$$\begin{aligned} 3 \text{ dB} &= \text{deux fois la puissance} \\ 10 \text{ dB} &= \text{ordre de grandeur} = \times 10 \end{aligned}$$

En plus des dBs sans dimension, il y a plusieurs définitions relatives qui sont fondées sur une valeur de base établie. Les plus pertinentes sont :

$$\begin{aligned} \text{dBm} &= \text{dB relatif à } 1 \text{ mW} \\ \text{dBi} &= \text{dB relatif à une antenne isotrope idéale} \end{aligned}$$

Exemples:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mW} &= 0 \text{ dBm} \\ 100 \text{ mW} &= 20 \text{ dBm} \\ 1 \text{ W} &= 30 \text{ dBm} \end{aligned}$$

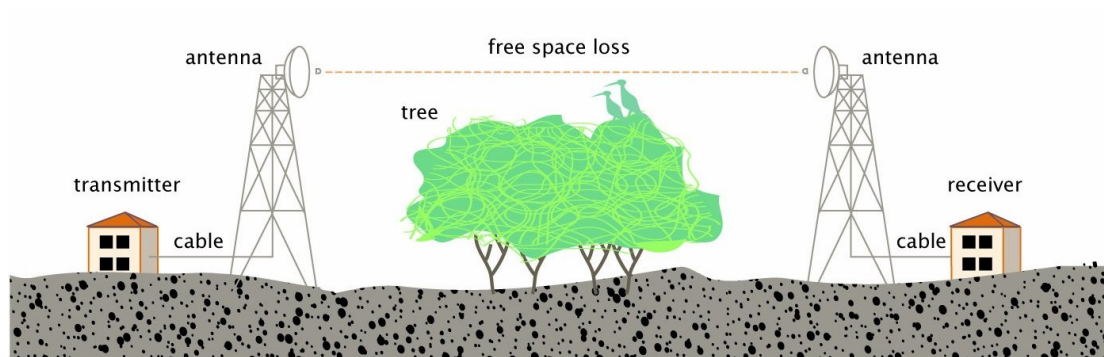
Voici certaines phrases typiques que l'on peut retrouver dans les documents de planification et les fiches de données des réseaux sans fil:

“Une antenne omni avec un gain de 6 dBi.”

“Un câble (RG213) avec une perte de 0.5 dB/m.”

Le calcul des dBs est encore plus important lorsque nous tentons de calculer les budgets des liens.

Le chemin complet de transmission



Définition: $10 * \text{Log} (P1 / P0)$

3 dB = deux fois la puissance

10 dB = ordre de grandeur = x 10

La puissance de transmission est exprimée par Tx

Voici un exemple d'une fiche de données d'une carte 802.11 a/b :

Puissance de rendement :

802.11b: 18 dBm (65 mW) puissance maximale

802.11a: 20 dBm (100 mW) puissance maximale

La sensibilité de reception (Rx)

Ceci nous indique le niveau de puissance nécessaire pour s'assurer que la carte radio fonctionne correctement.

Voici un exemple d'une fiche de données d'une carte 802.11b :

Sensibilité de réception:

1 Mbps: -95 dBm

2 Mbps: -93 dBm

5.5 Mbps: -91 dBm

11 Mbps: -89 dBm

Lorsque la physique devient importante

Si on veut tirer des conclusions des chapitres précédents, on peut se poser la question suivante :

Quand est-ce que la physique est importante pour les réseaux sans fil?

La réponse est simple :

Toujours!...mais surtout....

- o Quand le point d'accès est placé sous un bureau
- o Quand l'hiver termine et le printemps commence
- o Durant l'heure de pointe dans une ville
- o Lorsqu'on tente d'établir des liens de très longue distance (vitesse de la lumière)
- o Lorsqu'on doit distinguer entre la vérité et les promesses du marketing

Les bureaux produisent des effets par trajets multiples très importants puisqu'ils comportent plusieurs objets problématiques : des personnes, des objets de métal (ordinateurs, radiateurs, bureaux, même les CDs). Ainsi, le choix de l'emplacement des antennes est très important.

Peu importe votre zone climatique, des facteurs comme la végétation, l'humidité et la pluie changent avec les saisons!

Les arbres secs peuvent être transparents, mais les arbres verts ne sont pas!

Dans **les environnements urbains**, les conditions changent à chaque heure (les personnes, les camions, les autos, l'interférence électromagnétique). Il faut prendre des mesures des ondes radio autant les dimanches tranquilles que les lundis quand tout le monde travaille et se déplace.

Liens de longue distance

Les variantes connues du standard 802.11 établissent des délais d'attente : PCF, DIFS, SIFS. Ces délais indiquent le temps qu'un dispositif radio devrait attendre pour un accusé de réception avant de conclure qu'un paquet a été perdu.

Pour les liens de longue distance, le temps élevé nécessaire au déplacement des signaux peut causer des pertes de performance et d'importants délais d'attente.

Selon le matériel en question, ceci peut rentrer en ligne de compte avec des distances de 1-2 kilomètres et pour 100km, c'est certain que ceci devient un problème à considérer.

Un exemple typique de problèmes avec les délais d'attente serait la prépondérance de pertes des paquets malgré un bon signal radio.

Finalement, en tenant compte de la physique, il est important d'analyser le discours utilisé pour le « marketing » des réseaux sans fil :

Une antenne ou dispositif radio ne peut pas avoir une portée ou une distance à lui seul...c'est comme une seule main qui applaudit!

Ce qu'il est important à retenir ce sont les valeurs pertinentes, par exemple, le gain d'une antenne ou la puissance Tx d'une carte radio.

Même si WIMAX promet la capacité de transmettre les ondes dans des conditions de NLOS, les ondes micro ne peuvent pas traverser du matériel absorbant.

Les techniques de modulation permettent une performance plus élevée dans des conditions avec effets par trajets multiples et des environnements avec beaucoup de réflexion, permettant ainsi le contournement des obstacles. Par contre, les ondes comme telles ne peuvent pas traverser les obstacles, seulement les contourner : un mur qui bloque les ondes demeure toujours un mur qui bloque les ondes.