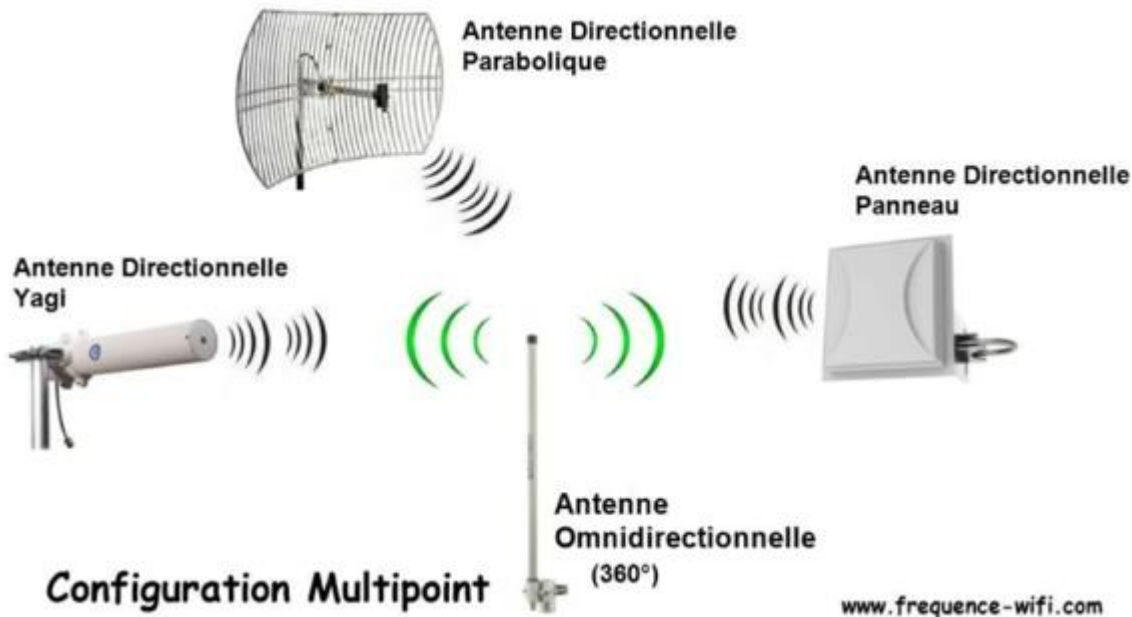
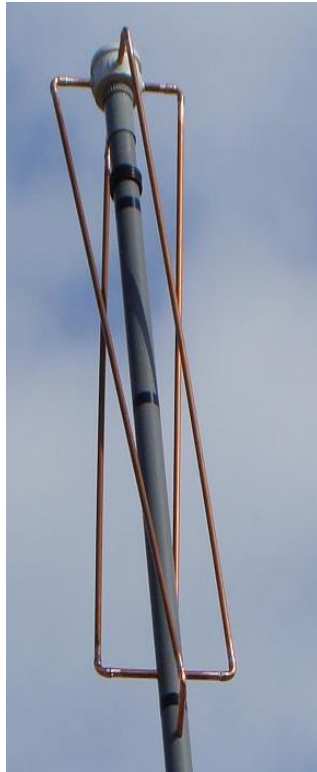


Les antennes

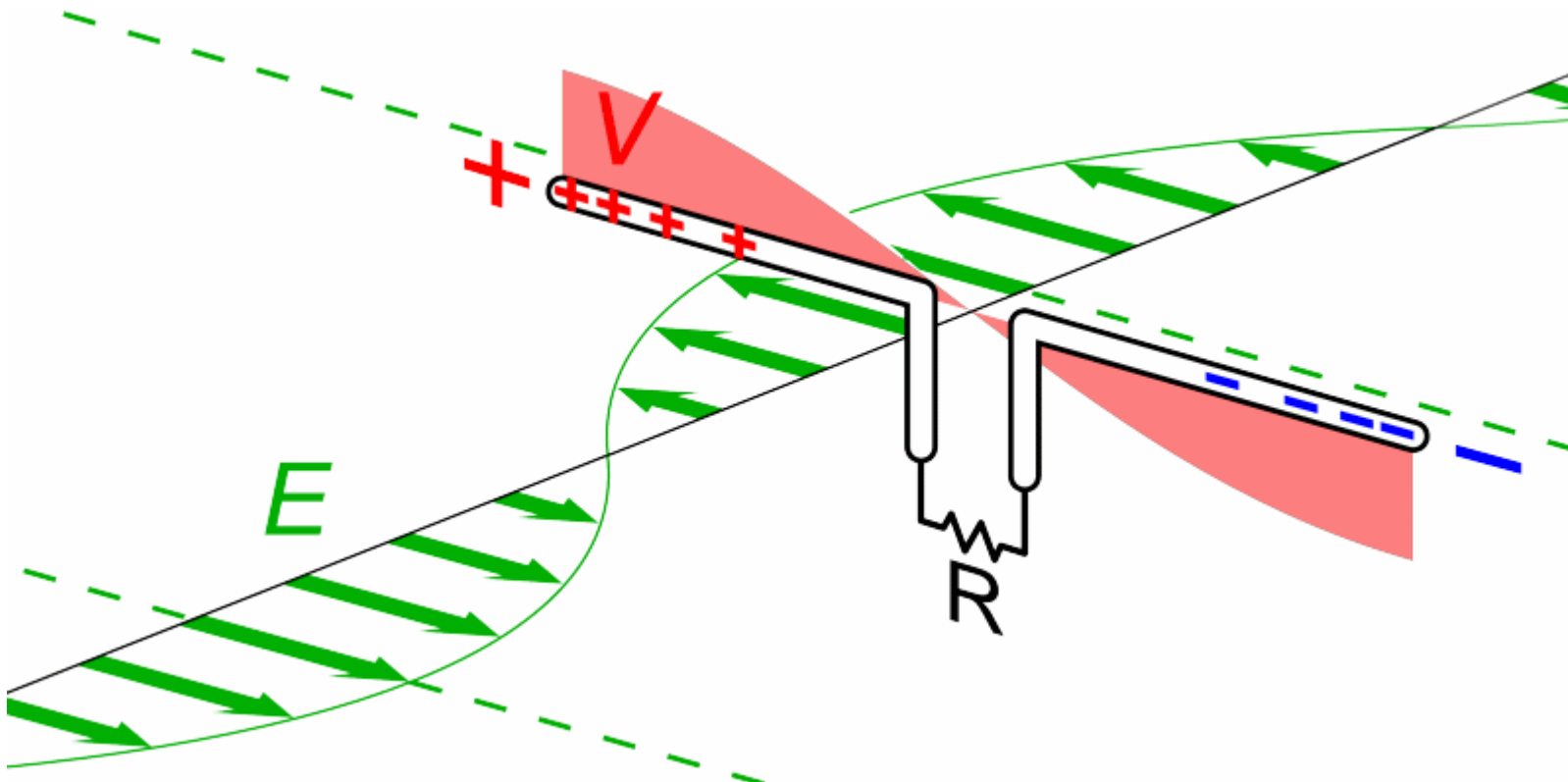


Notions et contenus	Capacités exigibles
Principes	Décrire le principe de fonctionnement d'une antenne
Caractéristiques	Définir l'impédance d'entrée, le diagramme de rayonnement, le gain, le coefficient PIRE, la polarisation d'une antenne.
Les différents types d'antennes	Présenter quelques types d'antenne et leurs applications. Effectuer un bilan de liaison.

Type d'antennes

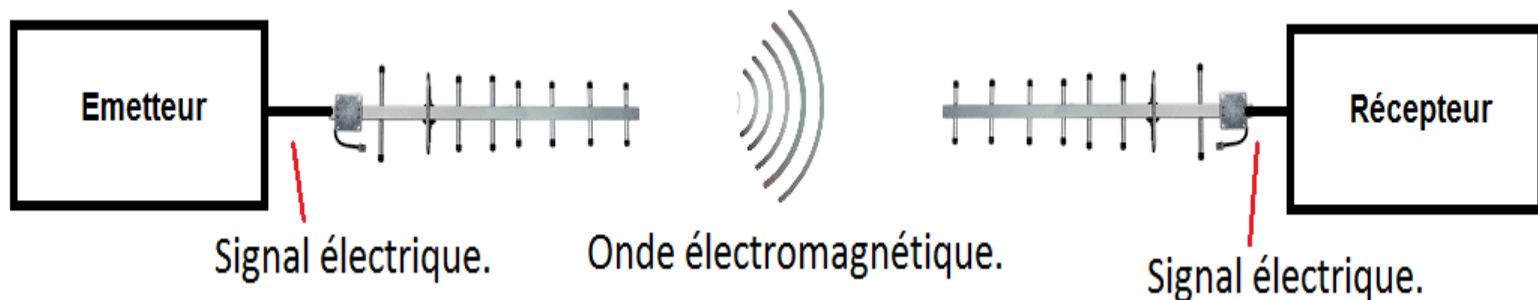


Mécanisme de rayonnement



Généralités

- Une antenne permet d'établir une liaison radio depuis un émetteur vers un récepteur.
- En émission, elle permet de transformer le signal électrique en une onde électromagnétique.
- En réception, c'est l'inverse.



Désignation internationale	Désignation francophone	Fréquence	Longueur d'onde	Autres appellations	Exemples d'utilisation
ELF (<i>extremely low frequency</i>)	EBF (extrêmement basse fréquence)	3 Hz à 30 Hz	100 000 km à 10 000 km		Détection de phénomènes naturels
SLF (<i>super low frequency</i>)	SBF (super basse fréquence)	30 Hz à 300 Hz	10 000 km à 1 000 km		Communication avec les sous-marins
ULF (<i>ultra low frequency</i>)	UBF (ultra basse fréquence)	300 Hz à 3 000 Hz	1 000 km à 100 km		Détection de phénomènes naturels
VLF (<i>very low frequency</i>)	TBF (très basse fréquence)	3 kHz à 30 kHz	100 km à 10 km	ondes myriamétriques	Communication avec les sous-marins, Implants médicaux, Recherches scientifiques...
LF (<i>low frequency</i>)	BF (basse fréquence)	30 kHz à 300 kHz	10 km à 1 km	grandes ondes ou ondes longues ou kilométriques	Radioamateur, Radionavigation, Radiodiffusion GO, Radio-identification
MF (<i>medium frequency</i>)	MF (moyenne fréquence)	300 kHz à 3 MHz	1 km à 100 m	petites ondes ou ondes moyennes ou hectométriques	Radioamateur, Radio AM, Service maritime, Appareil de recherche de victimes d'avalanche
HF (<i>high frequency</i>)	HF (haute fréquence)	3 MHz à 30 MHz	100 m à 10 m	ondes courtes ou décamétriques	Organisations diverses, Militaire, Radiodiffusion, Maritime, Aéronautique, Radioamateur, Météo, Radio de catastrophe, etc.
VHF (<i>very high frequency</i>)	THF (très haute fréquence)	30 MHz à 300 MHz	10 m à 1 m	ondes ultra-courtes ou métriques	Radio FM, Aéronautique, Maritime, Radioamateur, Gendarmerie nationale française, Pompiers, SAMU, Réseaux privés, taxis, militaire, Météo, etc.
UHF (<i>ultra high frequency</i>)	UHF (ultra haute fréquence)	300 MHz à 3 GHz	1 m à 10 cm	ondes décimétriques	Réseaux privés, militaire, GSM, GPS, Wi-Fi, Télévision, Radioamateur, etc.
SHF (<i>super high frequency</i>)	SHF (super haute fréquence)	3 GHz à 30 GHz	10 cm à 1 cm	ondes centimétriques	Réseaux privés, Wi-Fi, Micro-onde, Radiodiffusion par satellite (TV), Faisceau hertzien, Radar météorologique, Radioamateur, etc.
EHF (<i>extremely high frequency</i>)	EHF (extrêmement haute fréquence)	30 GHz à 300 GHz	1 cm à 1 mm	ondes millimétriques	Réseaux privés, Radars anticollision pour automobiles, Liaisons vidéo transportables, Radioamateur, etc.
Téraherzt	Téraherzt	300 GHz à 3 000 GHz	1 mm à 100 µm	ondes submillimétriques	

Les paramètres d'une antenne :

- Ses caractéristiques mécaniques (dimensions, poids, charge au vent...)
- Sa polarisation (verticale, horizontale...)
- Sa ou ses fréquences de fonctionnement (MHz, GHz...)
- Sa bande passante (MHz...)
- Son impédance (50, 75, 300 Ohms...)
- Sa directivité (ou son diagramme de rayonnement)
- Son gain (en dBi ou en dBd)
- Sa puissance maximale d'utilisation (en W)

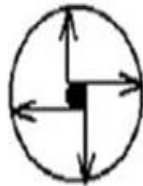
Les Catégories d'antennes

Antennes sans gain

Rayonnement
vertical
(vu de côté)



Rayonnement
horizontal
(vu de dessus)



Antenne
isotrope

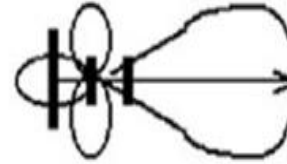
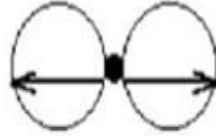
Quart
d'onde

Théorique
(calculs)

Verticale



Antennes à gain



Douplet

Beam Yagi

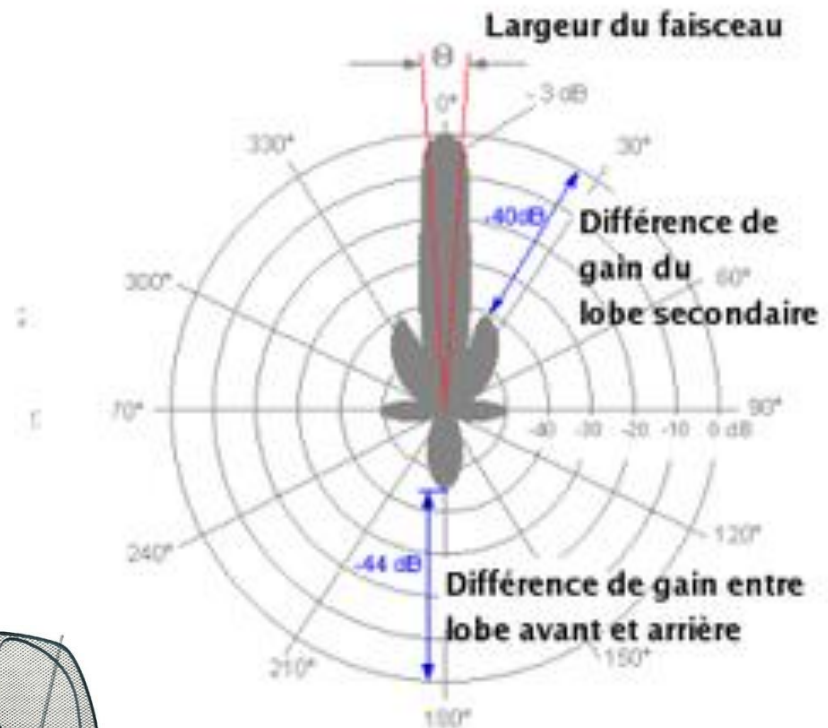
Dipole



L'antenne parabolique

C'est le modèle que la plupart des particuliers abonnés aux chaînes télé connaissent. **L'antenne parabolique** a la forme d'une cuvette avec au centre de sa face concave une antenne rudimentaire.

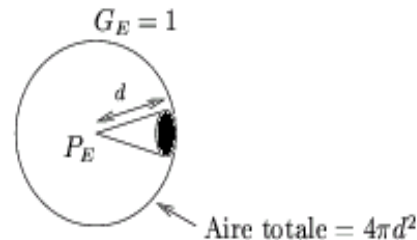
Patron d'émission d'une antenne parabolique



PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente PAR (Puissance Apparente Rayonnée)

- C'est la puissance qu'il faudrait appliquer à une [antenne isotrope](#) pour obtenir le même champ dans cette direction.
- Une antenne isotrope n'a pas de gain, donc $\rightarrow 0$ dB.
(C'est une antenne imaginaire qui rayonne uniformément dans toutes les directions).
- PAR dBd = PIRE dBi - 2,15dB

Antenne Isotrope

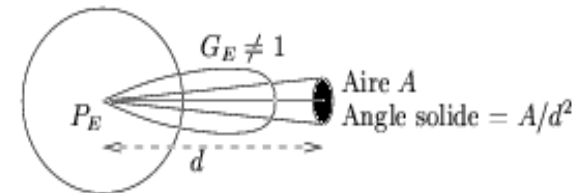


idéal < 100 mV/ m
Correct < 1 V/ m (volts par mètre)
risque < 5 V/ m
danger 50 V/ m

$$\mathbf{p} = \frac{P_E}{4\pi d^2}$$

W/m²

Antenne réelle



$$E = \frac{\sqrt{30 P_E}}{d}$$

mV/m **Santé**

Exemple : Calcul de la puissance rayonnée

- *Exemple théorique d'une antenne d'un gain de 3 dBd connectée à un émetteur de 12 W*
- *Quelle est la PAR ?*
- *Quelle est la PIRE ?*

$$\text{Gain dbd} = 10 \times \log \left(\frac{\text{PAR}}{\text{Puissance emetteur}} \right)$$

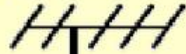
$$3 = 10 \log(\text{PAR?}/12) \rightarrow \text{PAR} = 12 \cdot 10^{3/10} = 24 \text{ W}$$

$$\text{PAR dBd} = \text{PIRE dBi} - 2,15 \text{ dB}$$

$$\text{PIRE} = 3 + 2.15 = 5,15 \text{ dBi} \Rightarrow 39 \text{ W}$$

TX=30 W

Antenne = 10 dB



Quelle est la PAR ?

- ☐ 3 W
- ☐ 300 W
- ☐ 30 W
- ☐ 40 W

Soit un émetteur délivrant 10 W à une antenne ayant un gain de 0 dB à partir d'un câble de 20 mètres ayant un affaiblissement linéique de 0,3 dB/m.

Quelle est la PAR ?

- ☐ 40 W
- ☐ 14 W
- ☐ 2,5 W
- ☐ 6 W

SI ON ALIMENTE UNE ANTENNE AVEC 20 WATTS,
ET QU'ELLE A UN GAIN DE 3 dB,
LA P.A.R. SERA DE ?

- ☐ 23 W
- ☐ 40 W
- ☐ 60 W
- ☐ 80 W

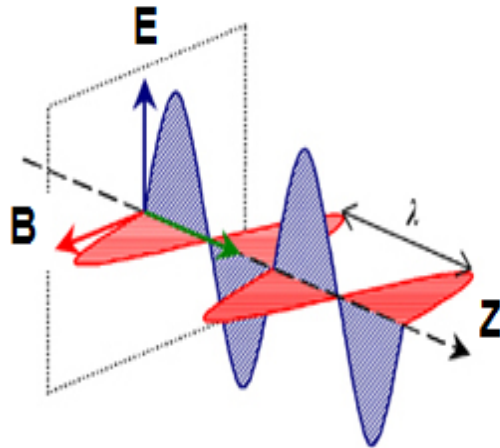
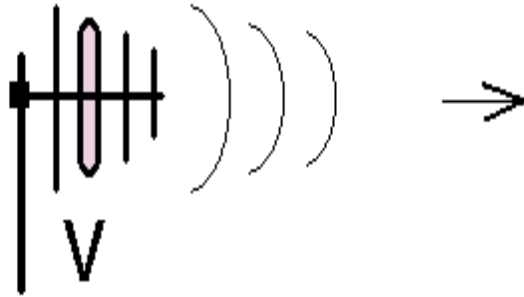
Affaiblissement linéique ?

10 W  5 W
longueur = 20 m

- ☐ 0,1 dB/m
- ☐ 0,2 dB/m
- ☐ 1,5 dB/m
- ☐ 0,15 dB/m

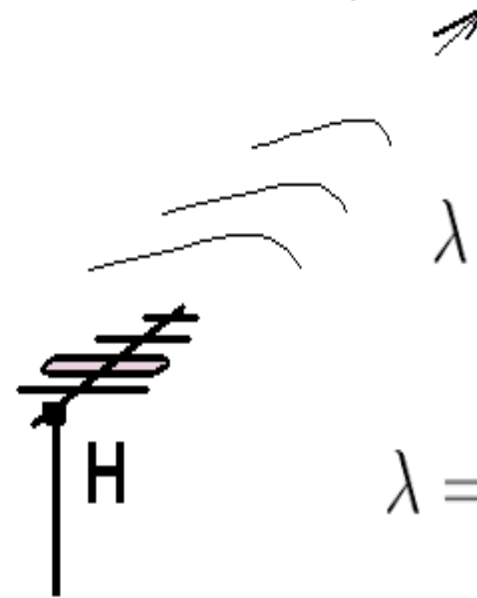
Polarisation d'une antenne et longueur d'onde

Polarisation de l'onde dans le plan vertical :



- champ électrique
- champ magnétique
- flux de puissance
- > sens de propagation

Polarisation de l'onde dans le plan horizontal :



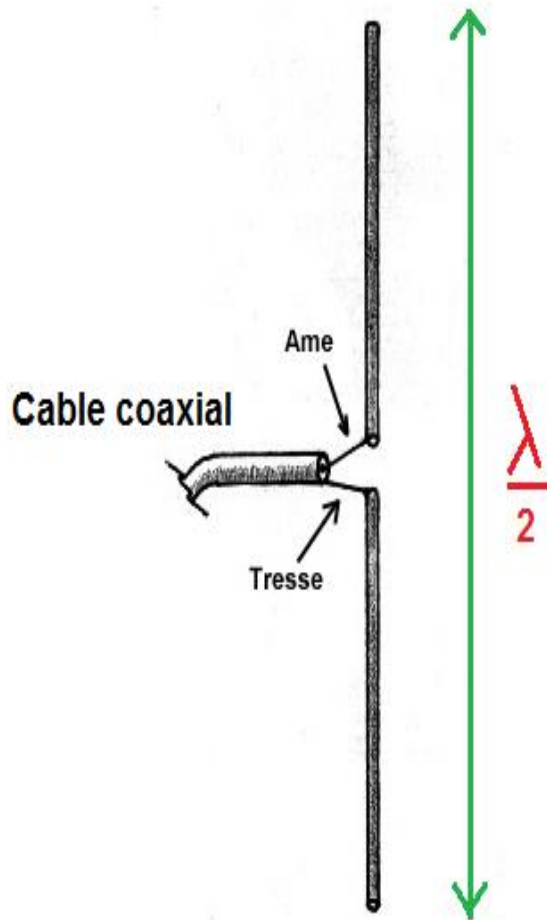
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{102,3 \cdot 10^6}$$

$$\lambda = 2,93 \text{ Mètres}$$

Radio Fm 102.3Mhz

Exemple : calcul d'un dipôle 144Mhz



Formule simplifiée

$$\lambda = \frac{300}{F_{(Mhz)}}$$

$$\lambda = \frac{300}{144} = 2,08 \text{ m}$$

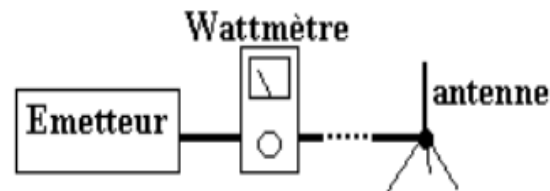
$$\frac{\lambda}{2} = \frac{2,08}{2} = 1,041 \text{ m}$$

En pratique $\rightarrow 1,041 \times 0,95 = 0,98 \text{ m}$ (voir moins)

ROS et TOS

- Le ROS (ou SWR Standing Wave Ratio) est le Rapport d'Ondes Stationnaires exprimé par un chiffre sans unité de 1 à l'infini.
- Le TOS est le Taux d'Ondes Stationnaires exprimé en %, de 0% à 100%.
- (Attention, il y a très souvent confusion entre les deux).
- Le ROS est un déséquilibre de l'impédance de la charge (antenne) par rapport à celle de la source (émetteur).
- Le TOS est la conséquence de cette désadaptation.

$$TOS = \sqrt{\frac{Pr}{Pe}} \times 100$$

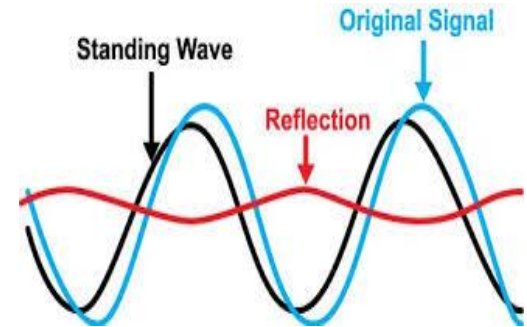
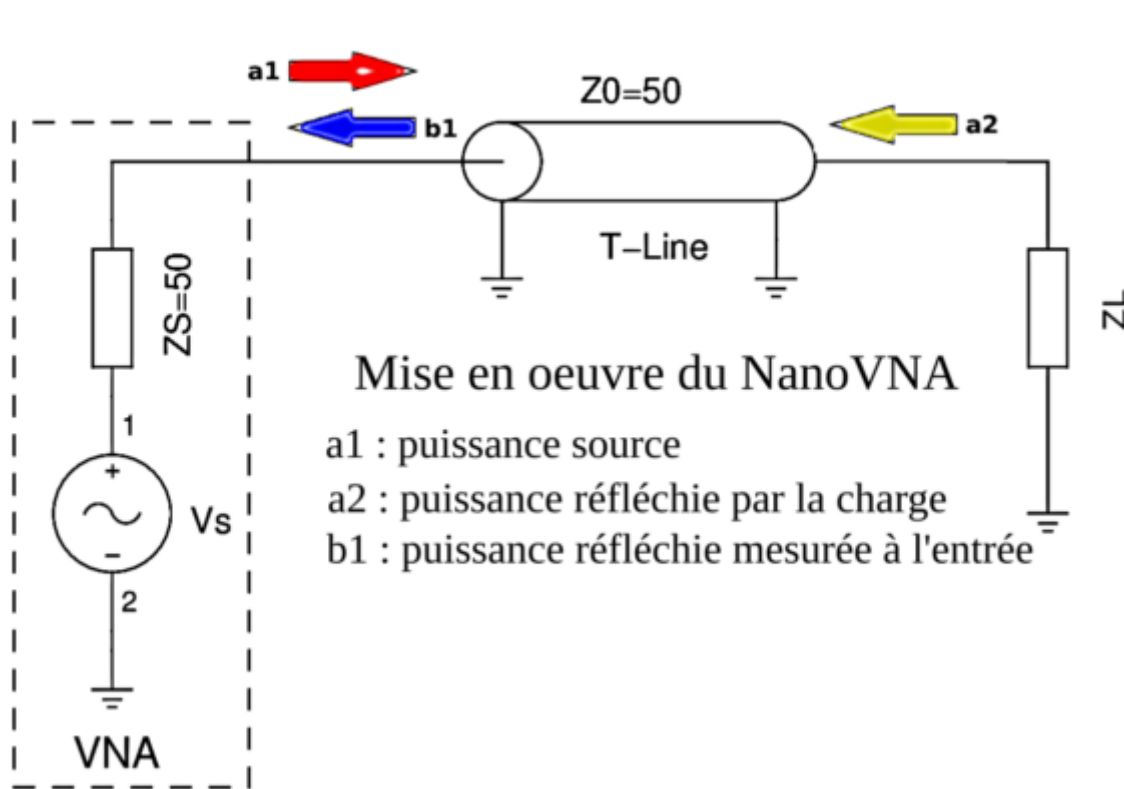


Pe: Puissance émise par l'émetteur en W

Pr: Puissance réfléchie retournant vers l'émetteur en W

$$ROS = \frac{1 + \sqrt{\frac{Pr}{Pe}}}{1 - \sqrt{\frac{Pr}{Pe}}}$$

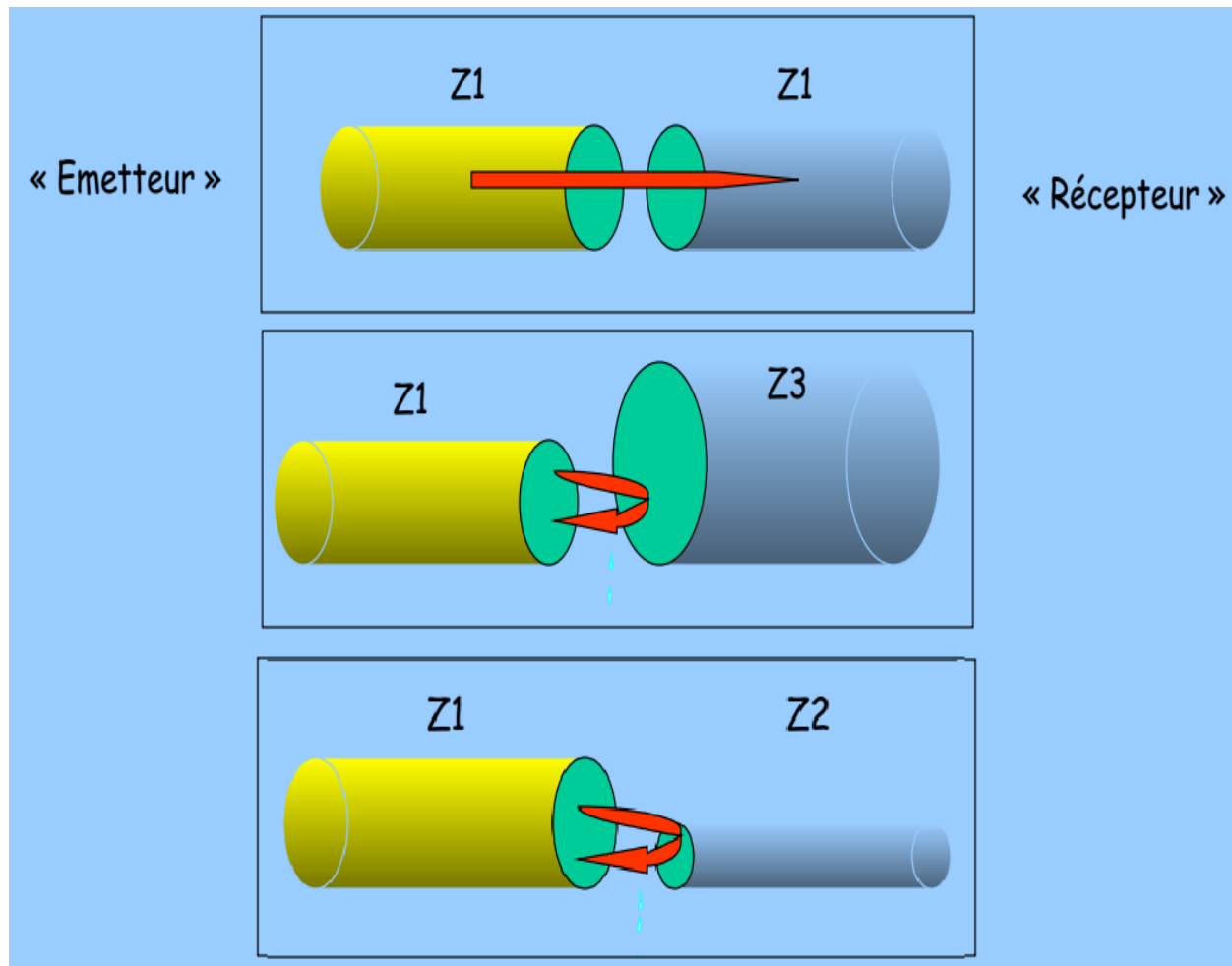
Transmission d'une tension dans une ligne



```

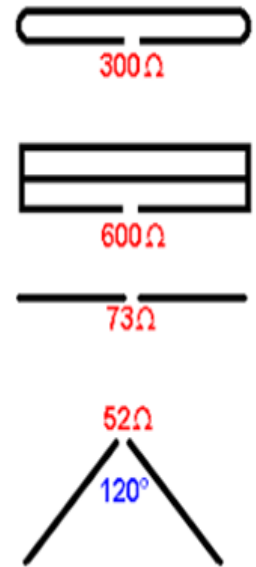
/*
//formulas
RL=-20log(Rho)
Rho=10^(RL/-20)
Z=(ZL-Z0)/(ZL+Z0) avec
Z0=50ohms
Z=a+jb avec
a=Rho*cos(phi)
b=Rho*sin(phi)
ZL=(1+Z)/(1-Z)*Z0
ZL=RS+jXS avec
RS=abs(1-a^2-b^2)/((1-a)^2+b^2)
XS=abs(2b/((1-a)^2-b^2))
|Z|=sqrt(RS^2+XS^2)
SWR=(1+Rho)/(1-Rho)
*/
    
```

Signal transmis et réfléchi



Adaptation d'une Antenne

- Chaque antenne possède sa propre impédance en fonction de sa forme, de sa position, de son nombre d'éléments...
- Cette impédance doit être exactement la même que celle de l'émetteur ou du récepteur et de la ligne de transmission.
- Exemple: La prise BNC 50 Ohms d'un récepteur doit être connectée à une antenne de 50 Ohms d'impédance par l'intermédiaire d'un câble coaxial de 50 Ohms. Le système est alors adapté.

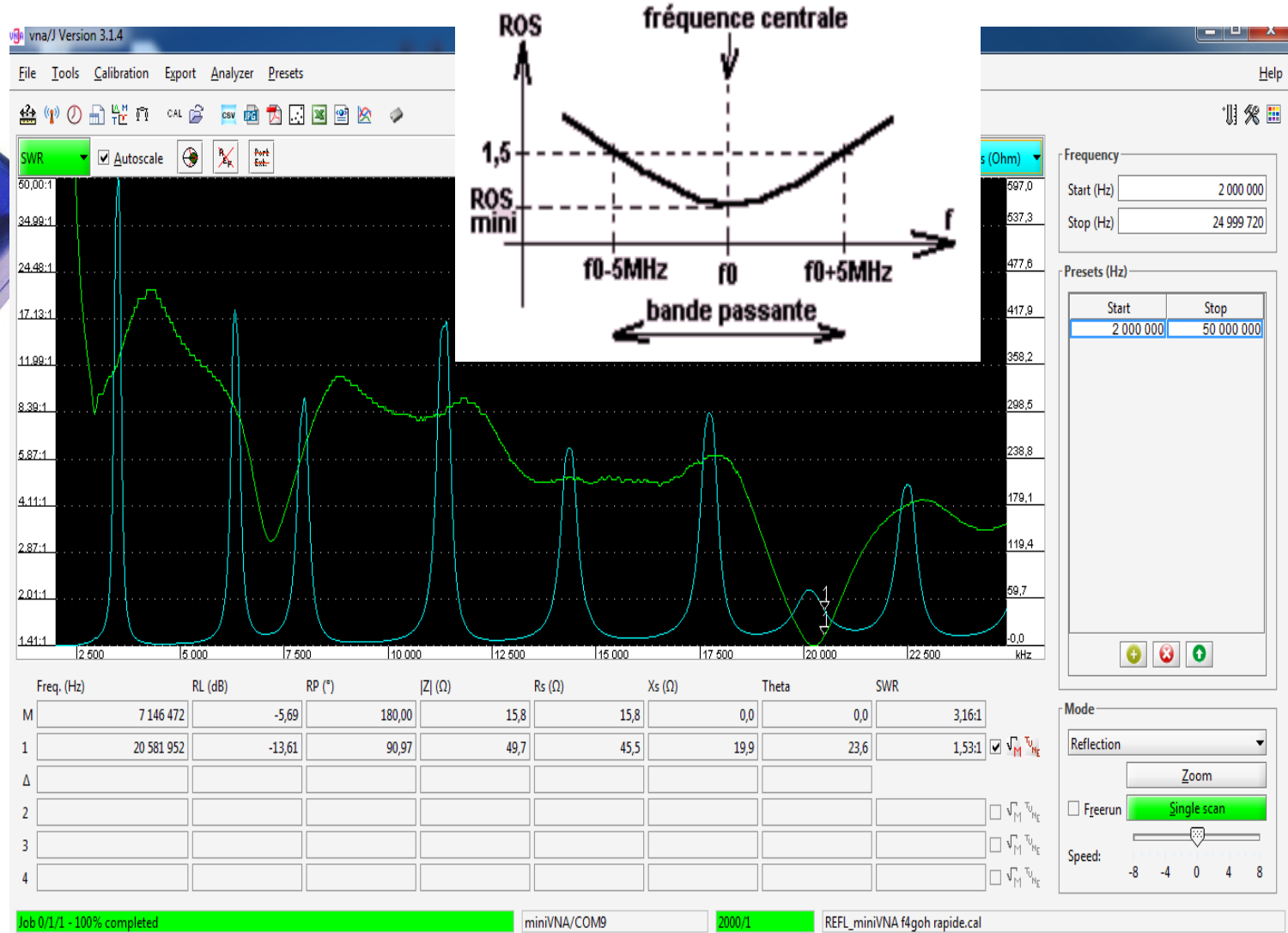


Cela fonctionne t-il ?

Application : mesure d'une antenne avec un analyseur vectoriel



$Z = R_s + j X_s$
 Cas idéal
 $X_s = 0$
 $|Z| = R_s = 50$
 ohms



Pertes en ligne d'un câble coaxial

Caractéristiques RG213



- Diamètre : 10.30 mm
- Impédance : 50 Ohm
- Diamètre âme centrale : 7 x 1.00 mm
- Capacité : 101 pF/m
- Facteur de vitesse : 0,66

Fréquence	dB/100m
10 MHz	2.00
144 MHz	8.50
432 MHz	15.80
1000 MHz	22.5
2400 MHz	50
3000 MHz	58.50

- Prix : au m : 2.40 €

Exemple :

Puissance de l'émetteur WIFI : 5W

Cable de 20m

Quelle est la puissance disponible au niveau du connecteur de l'antenne ?

$$\text{Attenuation câble} = 10 \times \log \left(\frac{\text{Puissance sortie du cable}}{\text{Puissance entrée du cable (sortie emetteur)}} \right)$$

Calcul des pertes :

100 mètres 50db

20 mètres 10db

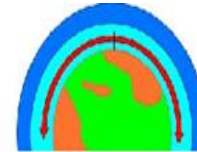
Pertes donc -10db

$-10 = 10 \log(?/5) \rightarrow ?/5 = 0,1 \rightarrow 0,5W \text{ sur l'antenne !!!}$

Propagation d'une onde électromagnétique

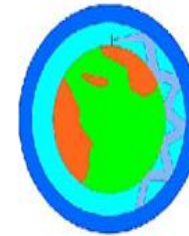
Ondes kilométriques:

Radiodiffusion sur Grandes Ondes (France-Inter, RTL...)



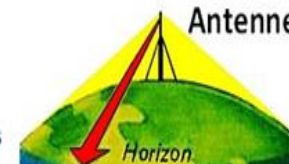
Ondes décamétriques:

La réflexion des ondes sur les couches de l'ionosphère.



Ondes métriques:

Propagation principalement en ligne droite mais réflexion sur les murs, rochers etc...et exceptionnellement sur des couches ionisées situées vers 110 km d'altitude ce qui permet des liaisons à plus de 1 000 km



Ondes décimétriques et hyperfréquences:

le comportement d'une onde ressemble à celui d'un rayon lumineux. Liaisons à vue.

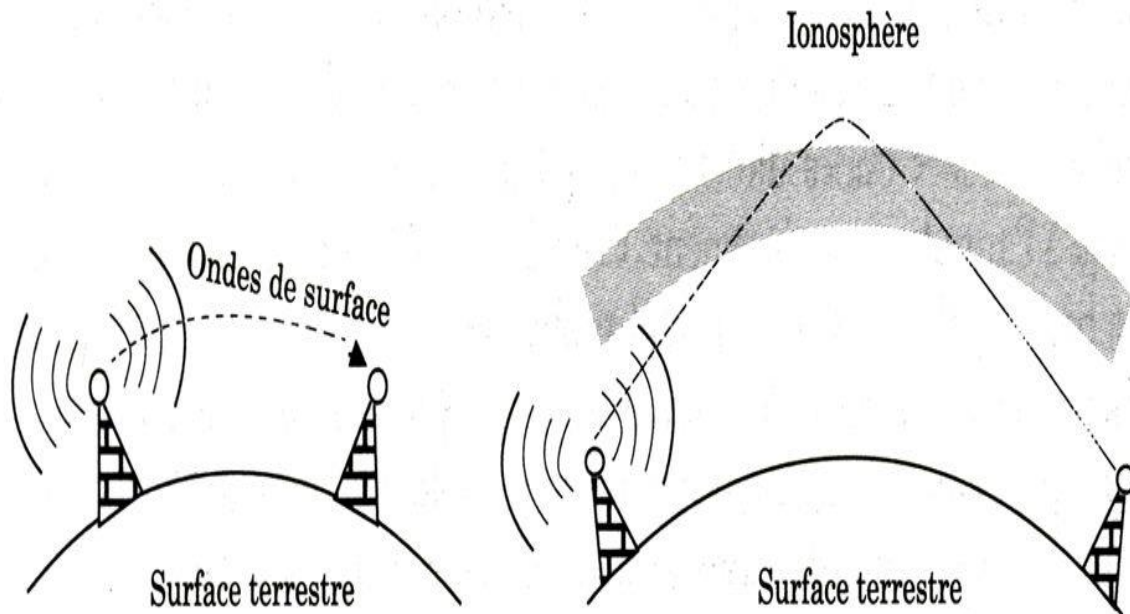


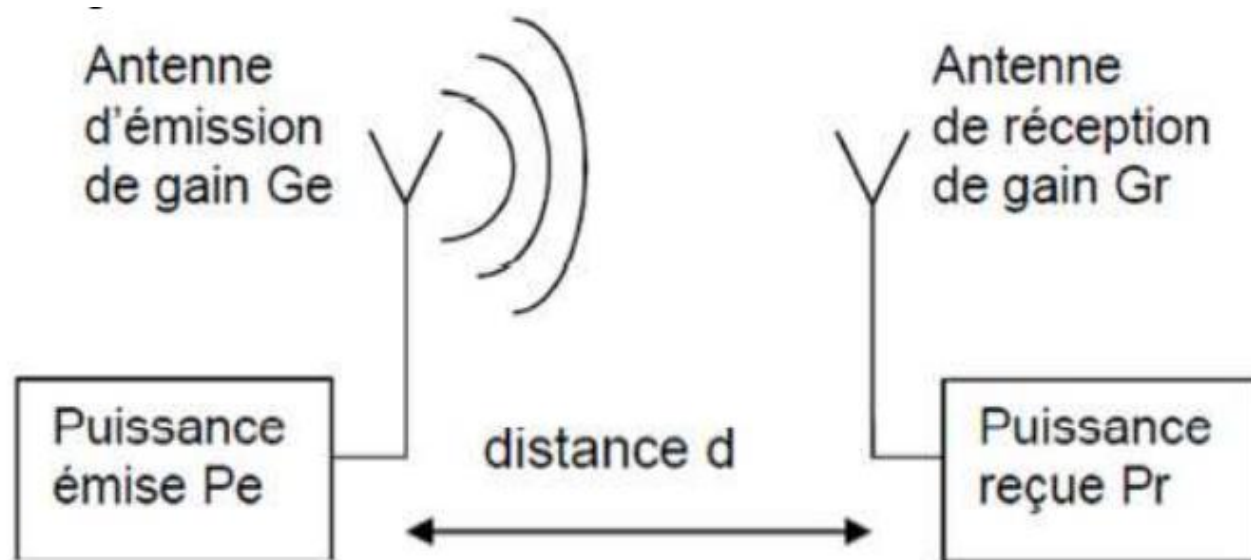
Sans support physique:

Radio, Signaux lumineux

Transmission terrestre: liaison directe ou par réflexion sur la couche

d'ionosphère. Portée de 50 à 1000km





$$P_r = P_e + G_r + G_e + 20 \cdot \log \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right) - 20 \cdot \log(d) \text{ avec :}$$

RSSI en dBm : puissance du signal reçu par rapport à Pref.

Pref en dBm : puissance de référence pour le RSSI

Pr en dBm : le niveau de puissance reçue par l'antenne réceptrice.

Pe en dBm : le niveau de puissance du signal émis par l'antenne émettrice.

Gr en dBi : gain de l'antenne réceptrice.

Ge en dBi : gain de l'antenne émettrice.

λ en m : longueur d'onde des ondes électromagnétiques.

d en m : distance entre l'antenne émettrice et l'antenne réceptrice.