

Laboratoire IES Plateforme HERMES

Hyperfréquences: Expertises,
Recherche et Mesures

Philippe Nouvel



- **15 ans**
- Fortes demandes d'expertise et d'aide dans les domaines de : RFID, Antennes, Radar
- Conception et étude de systèmes hautes fréquences
 - **RFID** : Conception et réalisation de tag mono et multi-fréquences
 - **Radars** : Conception de radar de type pulse et pulse doppler, FMCW, mono et bistatique et réalisation de prototype sous forme éléments connectés et sous forme tout intégré à base de composants MMIC
 - **Champ rayonné** : Mesure de champ proche rayonné localement et réalisation de cartographie 3D pour aide au design de tout circuit électronique ou pré-qualification CEM)
 - **de communication sans fil**
 - **Systemes Antennes** : Etude modélisation et conception d'antennes

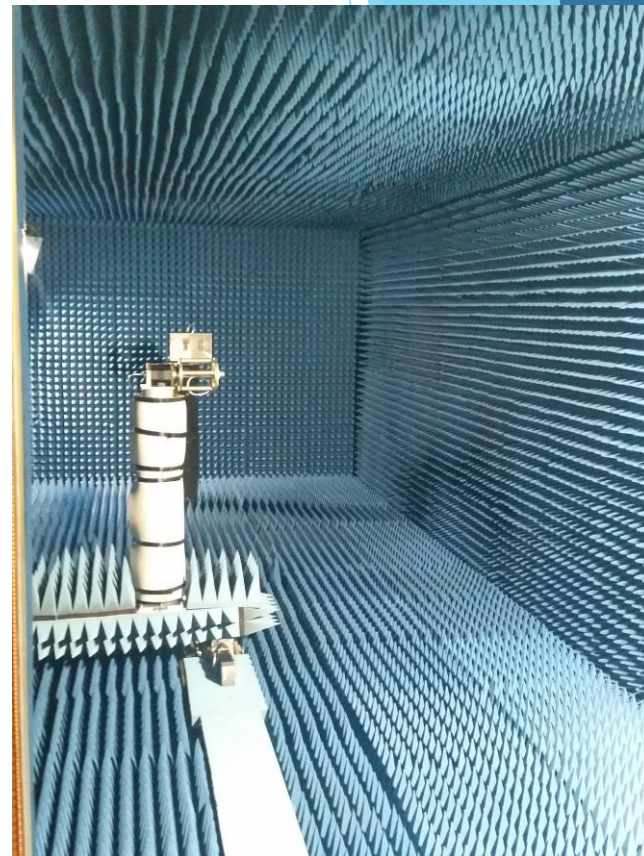
Matériel à disposition

- Analyseur de **réseaux** → 100 KHz - 65 GHz
- Analyse **spectrale** → 1 Hz - 1,1 THz
- **Sources de fréquence** → 100kHz - 1,1THz
- Logiciels de simulation **hyper** :
→ **systèmes, circuits, EM 2,5D et 3D**



Matériel à disposition

- Chambre anéchoïde 8x4x3m
→ à partir de 400 MHz
- Banc de mesure de rayonnement d'antennes
- Banc de mesure de champ rayonné CEM
→ 10 MHz - 110 GHz
- Imprimante 3D
- Réalisation mécanique
 - Machine à commande numérique 5 axes
 - Machine LPKF de réalisation de circuits hyperfréquence et de gravure



Principe de fonctionnement des antennes

- Antenne d'émission

Générer une onde rayonné

Rôle : transformer la puissance électromagnétique guidé en une puissance rayonnée

- Antenne de réception

Capter une onde rayonné

Rôle : transformer la puissance rayonnée en une puissance électromagnétique guidé

- Réciprocité

Réception ou émission
Mêmes propriétés rayonnantes
Fonctionnement réciproque

► Antenne :

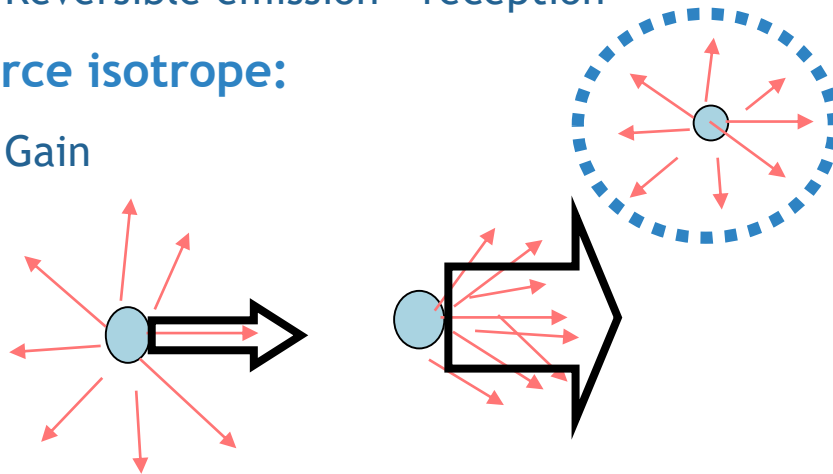
- ❑ Rôle : transformation courant alternatif → ondes EM
- ❑ et inversement



- ❑ Réversible émission - réception

► Source isotrope:

- ❑ Gain

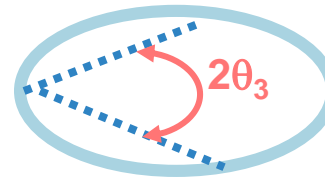
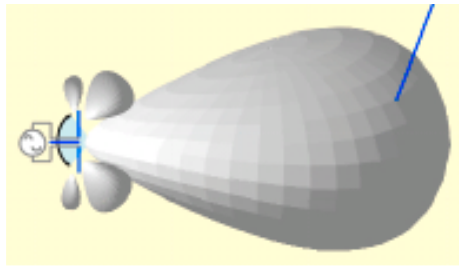


- ❑ PIRE: Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente:

- puissance d'entrée x gain

► Caractéristiques

- Directivité : Diagramme de rayonnement :

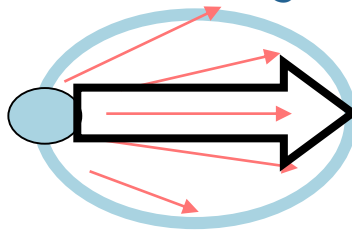


P_{max}

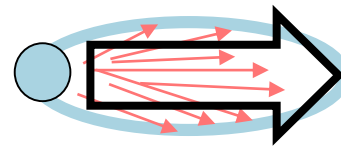
$P_{max} - 3dB$

- Angle d'ouverture : -3 dB

- Directivité $\uparrow \Rightarrow$ gain \uparrow



$G \searrow$

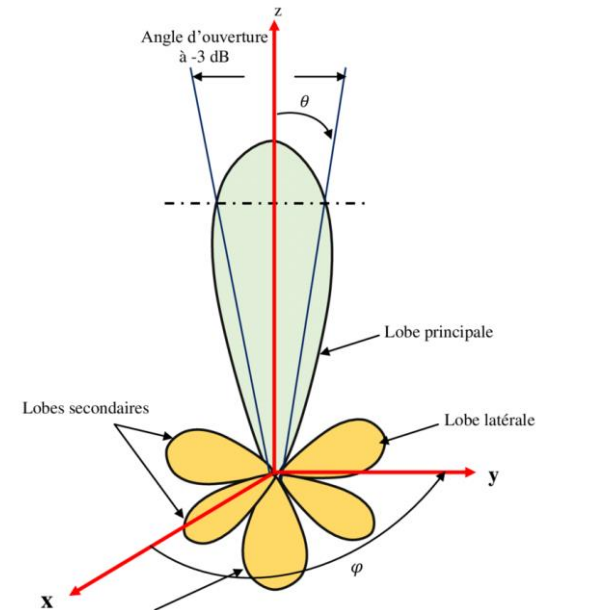
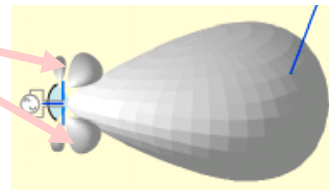


$G \nearrow$

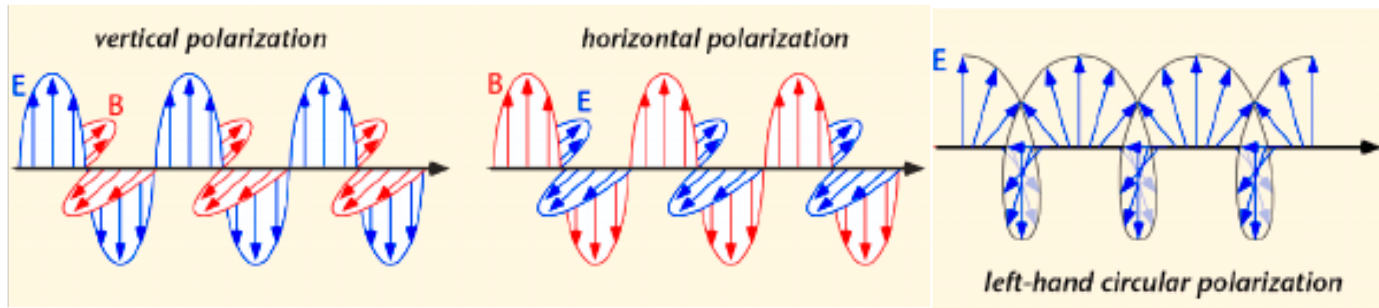
- Lobes secondaires

- Bande passante

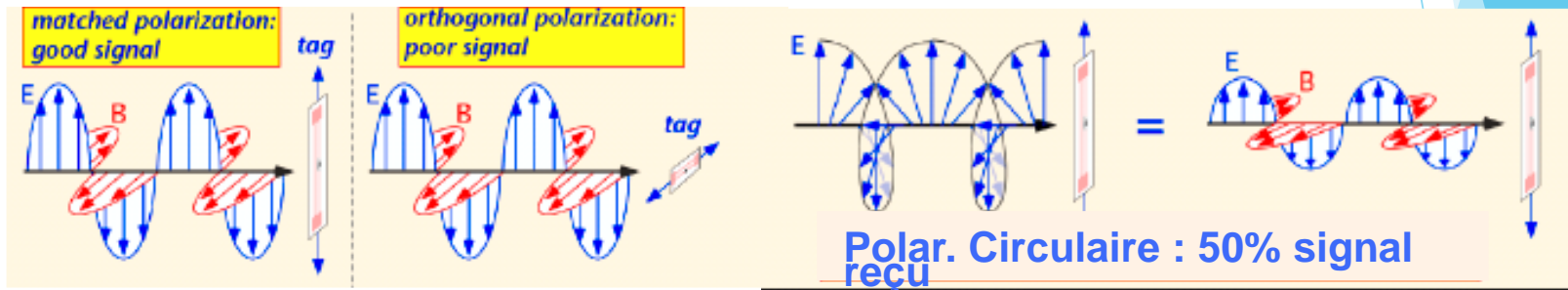
- Impédance d'entrée



- ❑ Polarisation: orientation de E lors de sa propagation dans l'espace



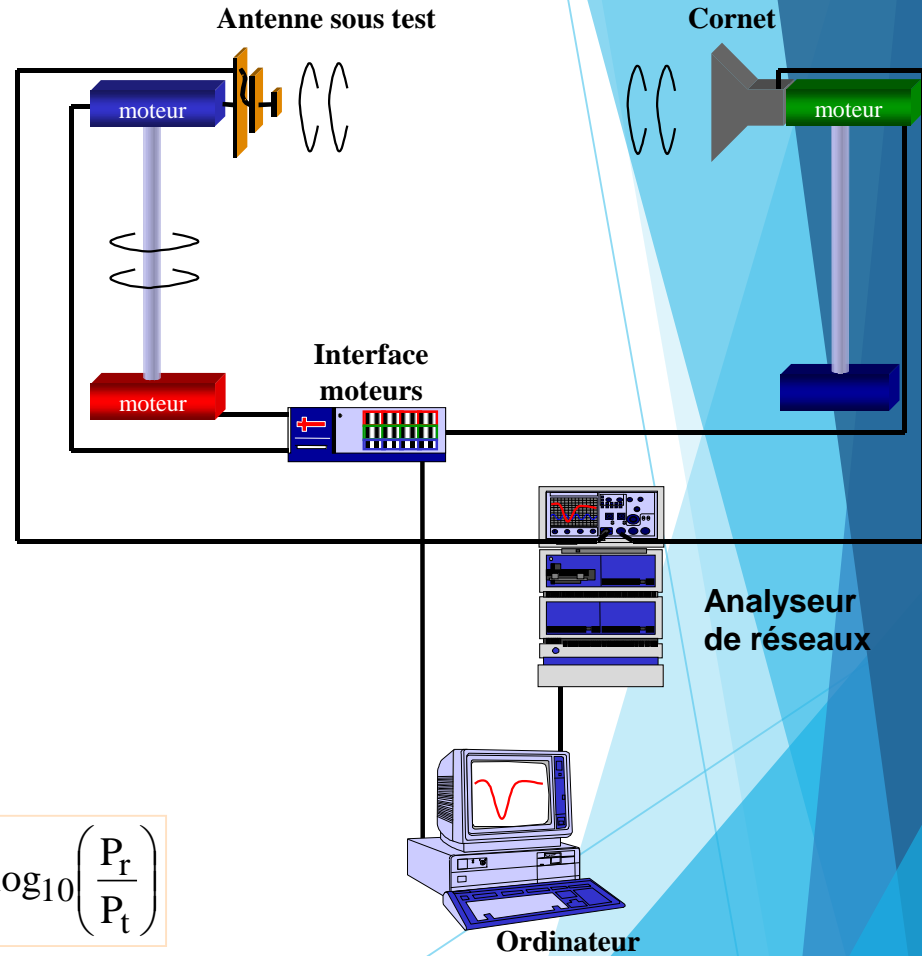
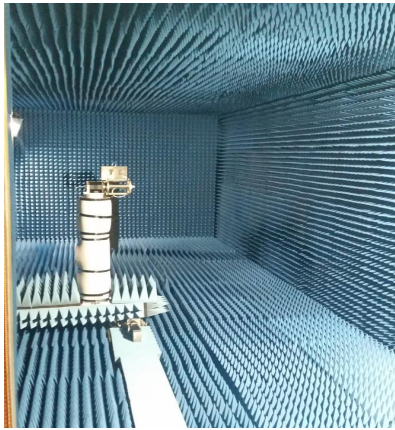
- ❑ Puiss. transmise max si polarisation identique pour chaque antenne



- ❑ circulaire: s'affranchit du problème d'orientation mais:
 - ▶ complexe! + perte de puissance si antenne de réception à polar linéaire

► Diagramme de rayonnement:

- ❑ Champ libre
- ❑ Chambre anéchoïde



► Gain:

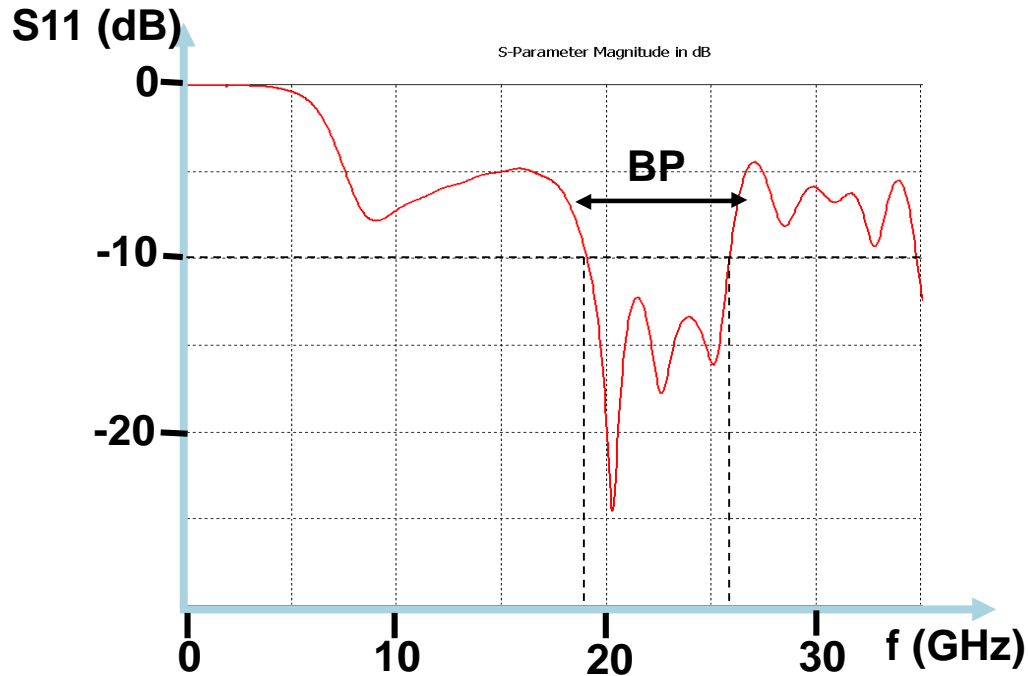
- ❑ Avec antenne de référence

$$(G_t)_{dB} + (G_r)_{dB} = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) + 10 \log_{10} \left(\frac{P_r}{P_t} \right)$$

d: distance, **Pr, Pt:** puissances reçues et transmises

► Bande passante :

- mesure du coefficient de réflexion à l'analyseur de réseaux

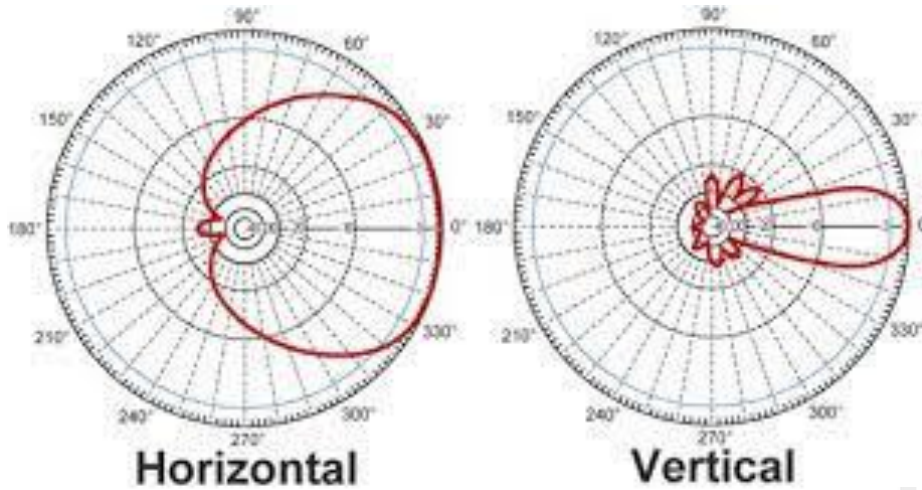


- SWR (Standing Wave Ratio) ou TOS (Taux d'ondes stationnaire)

$$VSWR = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|}$$

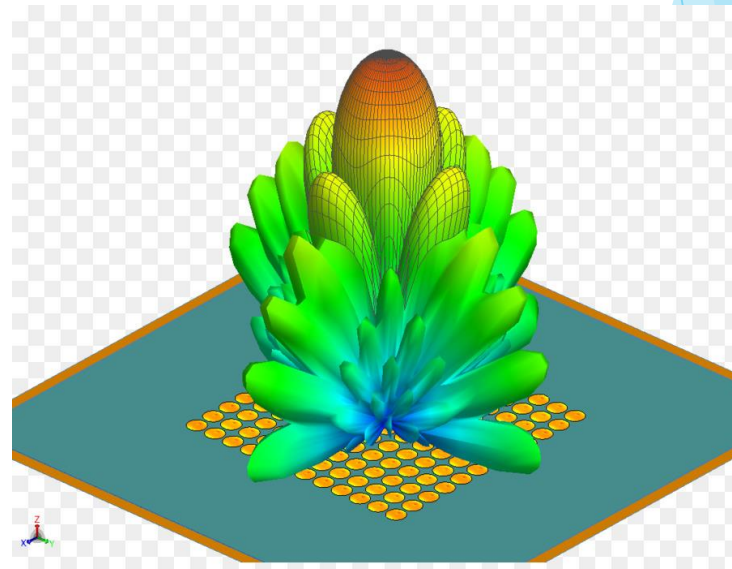
CARACTERISATIONS (3)

Diagramme de rayonnement



Polaire

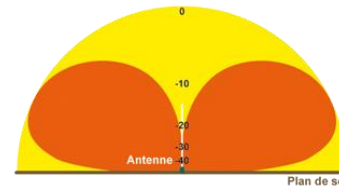
3 Dimension



Les différents types d'antennes

► Filaire

- ❑ Taille: $\lambda/4$: 433 MHz : 16 cm
- ❑ Simple
- ❑ Omnidirectionnelle
- ❑ Gain de l'ordre de 1dB



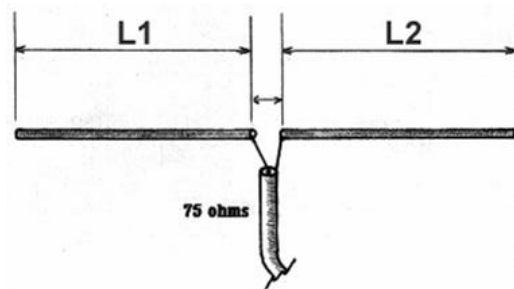
Vue dans le plan vertical



Vue du dessus

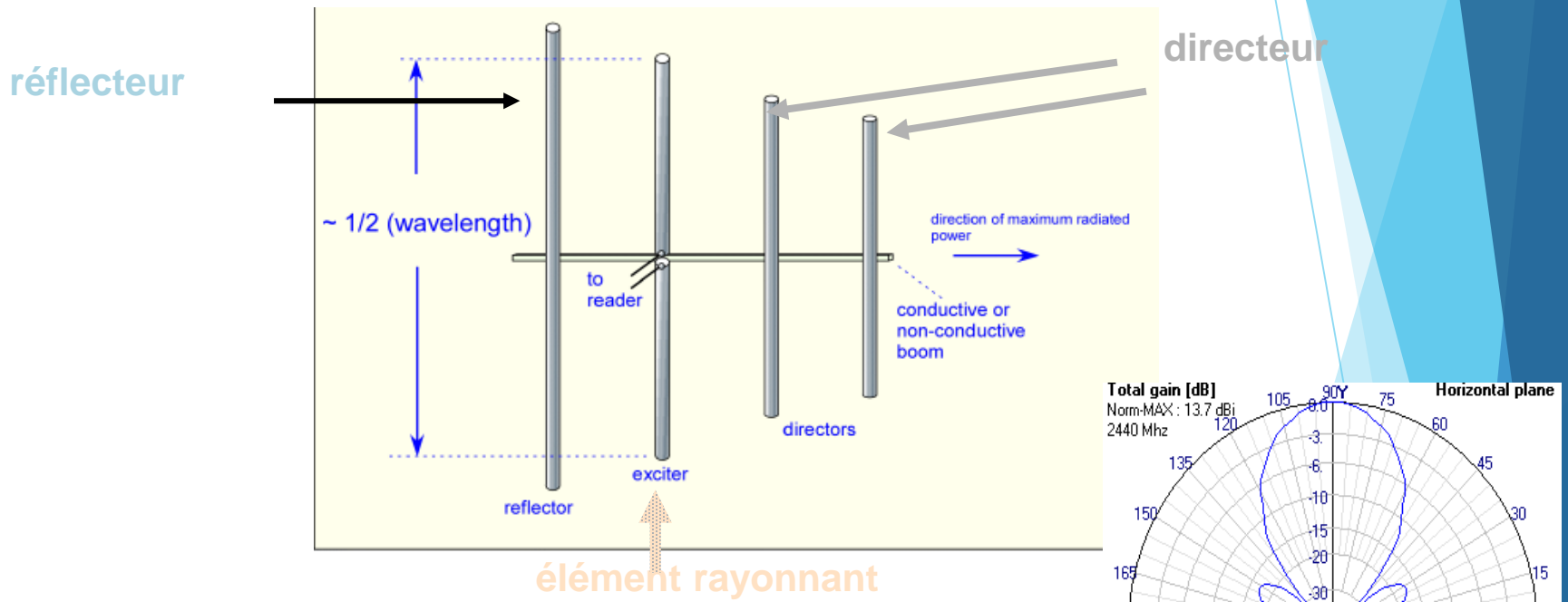
► Dipole

- ❑ Taille: $\lambda/2$: 10GHz : 1,5 cm
- ❑ Simple
- ❑ Omnidirectionnelle
- ❑ Gain de l'ordre de 3dB

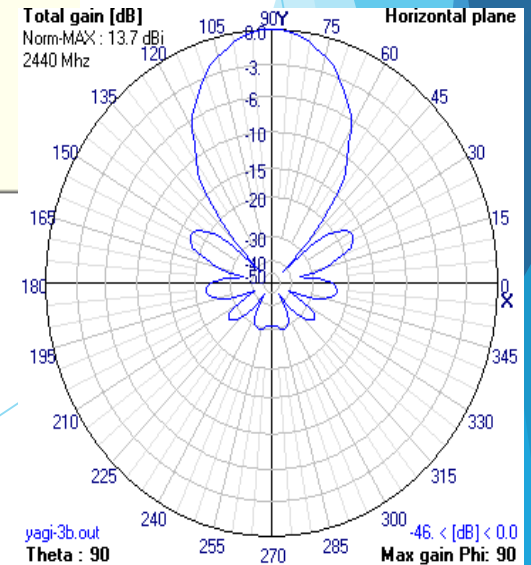


► Antenne Yagi

- ❑ Très directive
- ❑ 1 élément rayonnant + 1 réflecteur + directeurs



- ❑ Gain de 10 à 20 dB

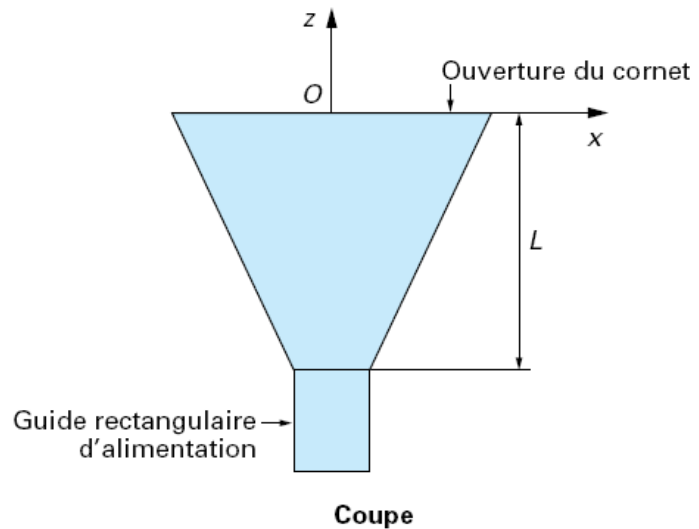


▶ Parabole

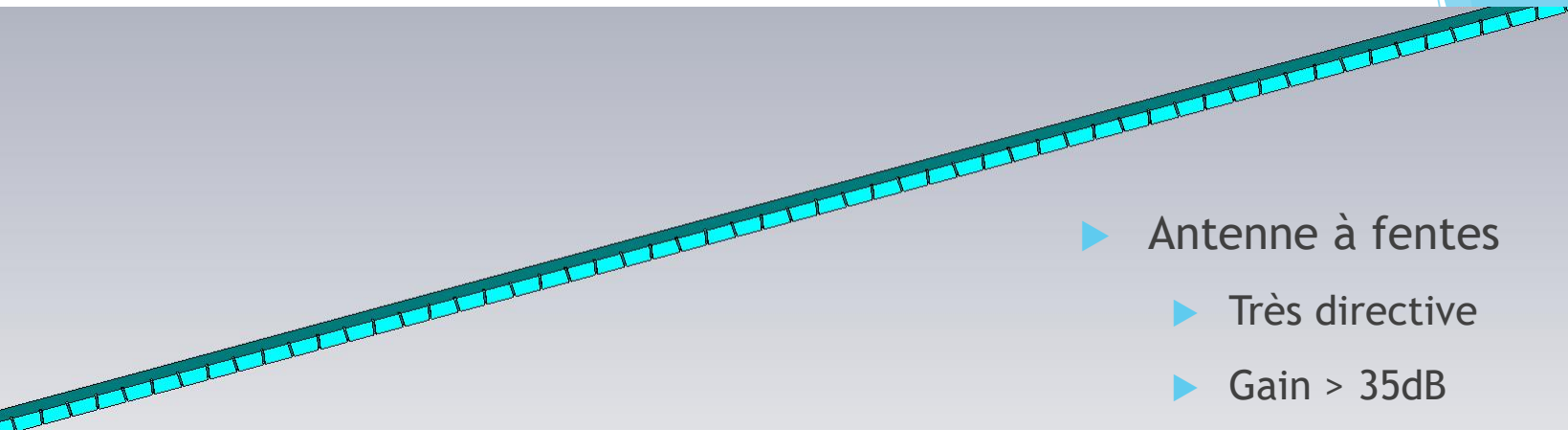
- ❑ Directive
- ❑ Entre 20 dB et 30 dB minimum

▶ Antenne cornet

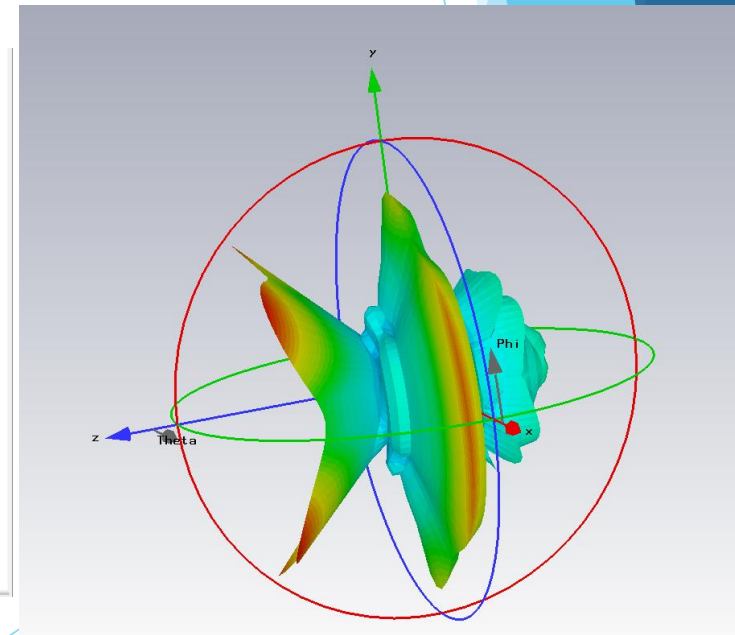
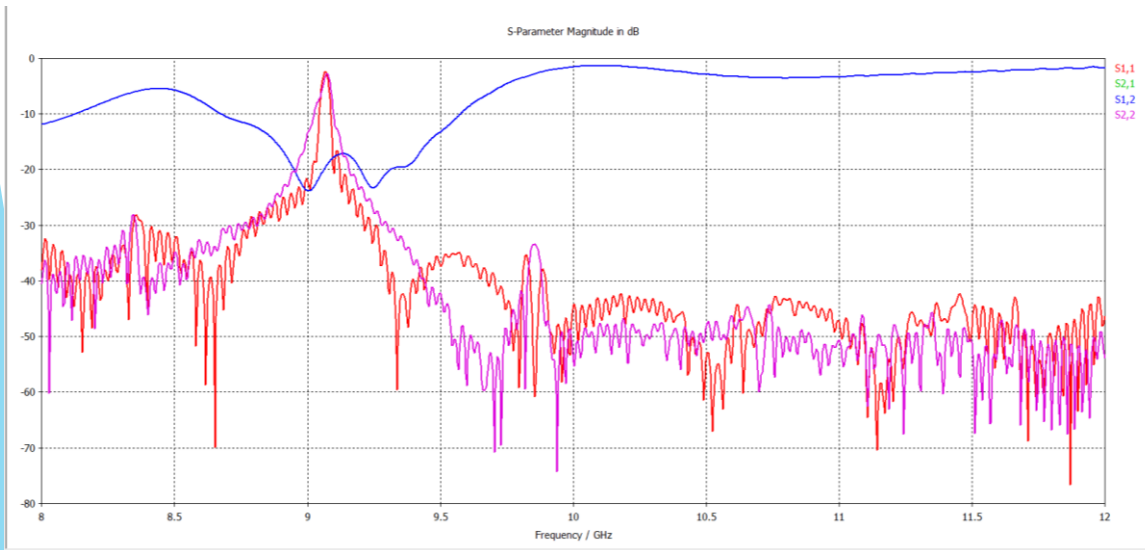
- ❑ Ouverture : moyenne 20°
- ❑ Gain : autour de 20dB



Antenne à fentes de grande dimension

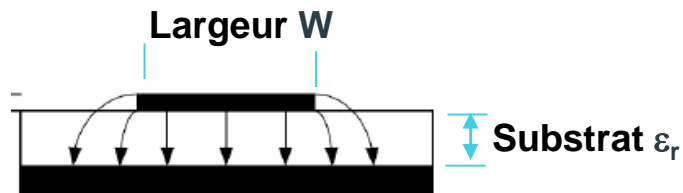


- ▶ Antenne à fentes
 - ▶ Très directive
 - ▶ Gain > 35dB



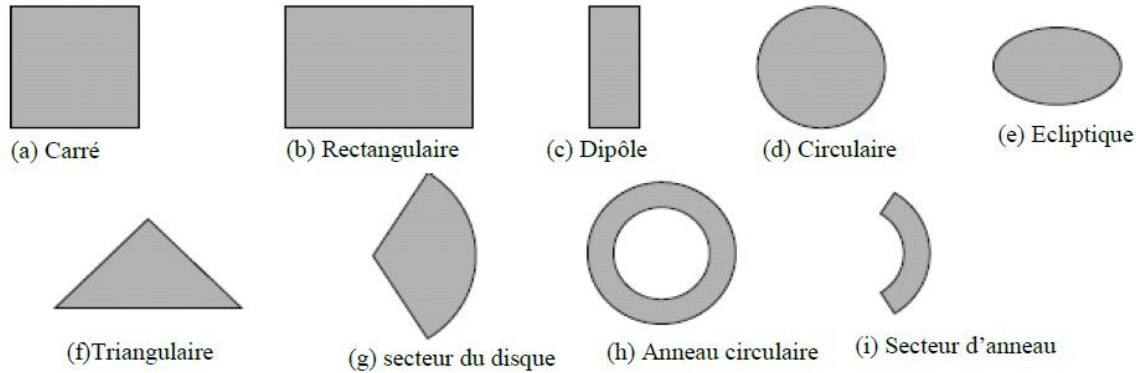
► Antenne imprimée

- ❑ Plat, léger, bas coût
- ❑ Possibilité Polarisation Circulaire
- ❑ Ouverture 90° à 360°
- ❑ Gain faible, BP faible, pertes par ondes de surface

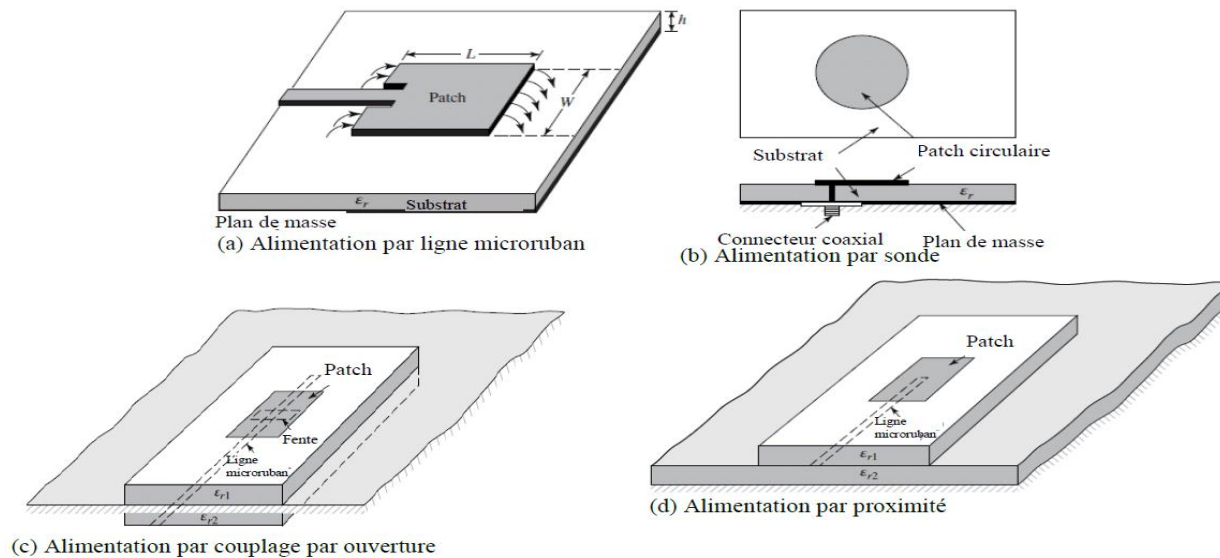


- ❑ Peu sensible aux aléas de fabrication
- ❑ Grand si f faible ($f=900$ MHz : 20-30 cm de côté)
- ❑ Dispersion d'un substrat à un autre
- ❑ Substrat : + commun: FR4 → $\tan d$ grand
- ❑ Diagramme de rayonnement:

Multiples formes



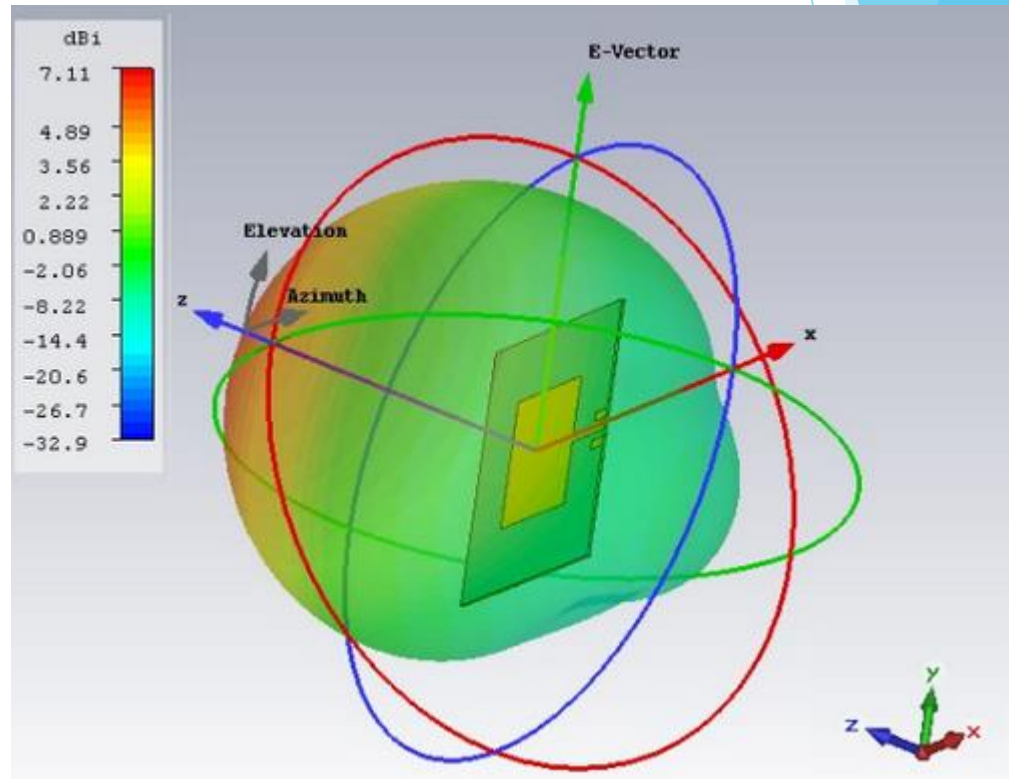
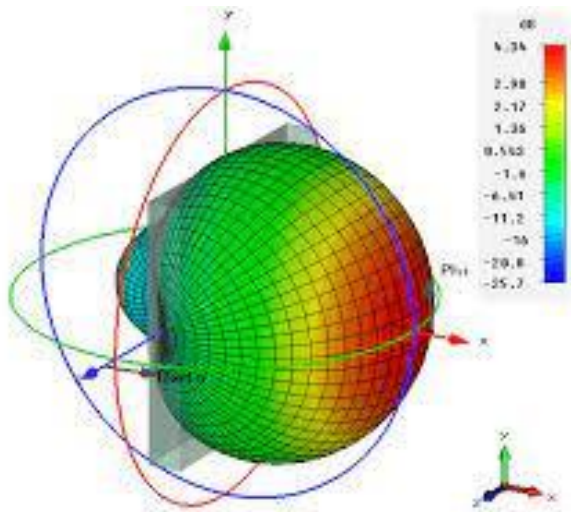
différent types d'alimentation



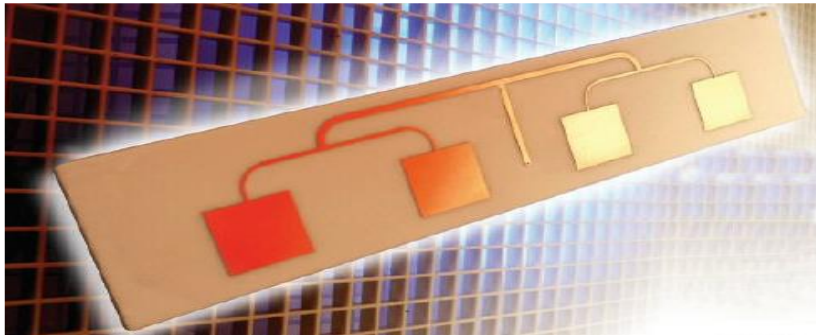
Patch simple : Carré

Ouverture : 90°

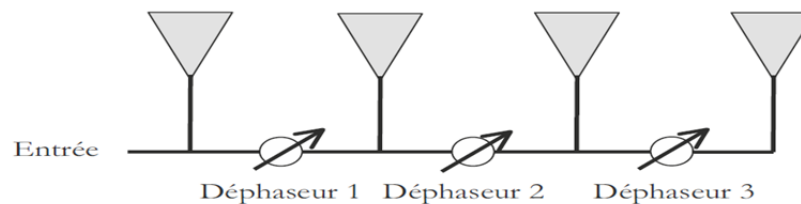
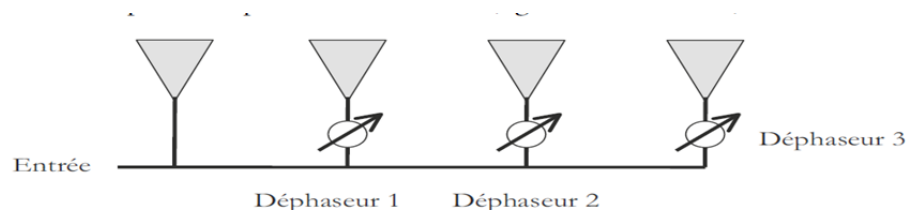
Gain : 6 – 7 dBi



- Possibilité de mise en réseau: directivité ↑ , gain↑

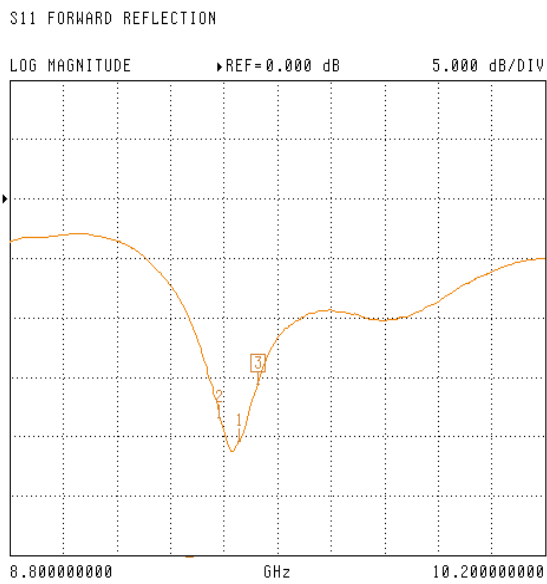
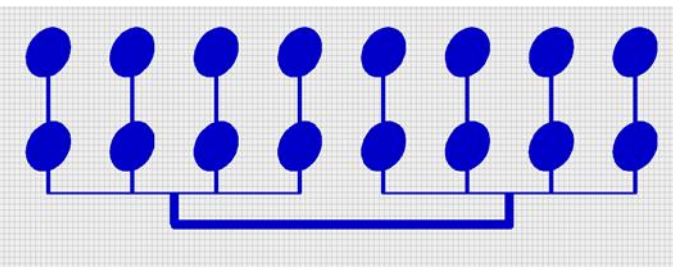


- 2 patches : Gain (1 patch) + 3dB
- Formation de faisceau



Antenne imprimée fort gain

► G=15dB, 12° d'ouverture en site et 40° en gisement



CH 1 - S11
 0.0000 mm REF
 0.000 dB OFFSET
 0.00° OFFSET

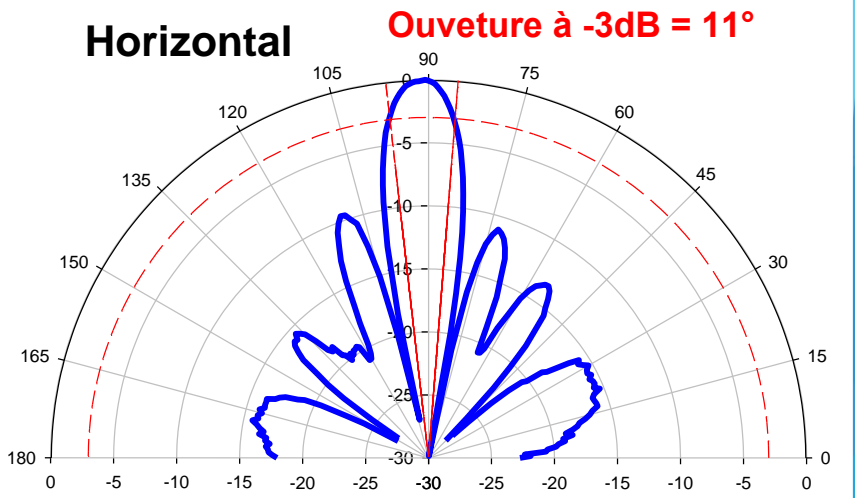
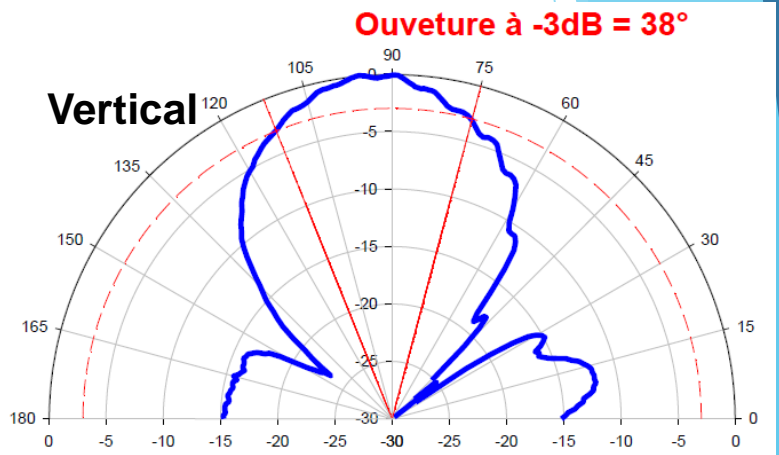
► MARKER 3
 9.450000000 GHz
 -15.564 dB

MARKER TO MAX
 MARKER TO MIN

1 9.400000000 GHz
 -20.404 dB

2 9.350000000 GHz
 -18.425 dB

MARKER READOUT
 FUNCTIONS



Différents types d'antennes intégrables

Filaire 433 MHz



**Dipole GPS
1.575 GHz**



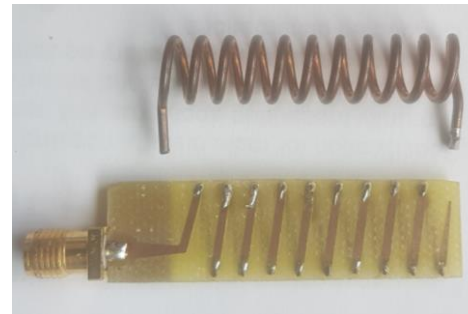
Yagi 868 MHz



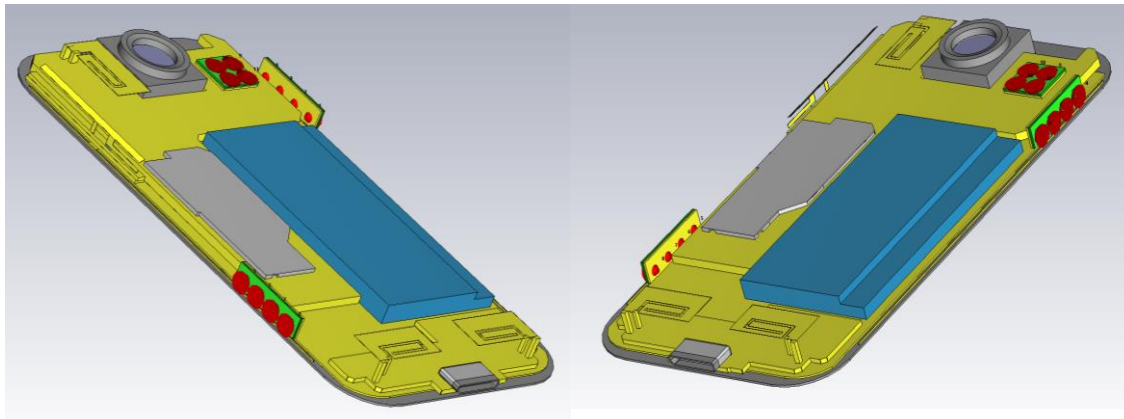
Antenne GPRS 4G



Ressort 433 MHz






Exemple d'intégration d'antenne



Recommandation



- **L'antenne n'ai pas un élément à négliger**

- **Prise en compte dès le début de l'étude de son système communicant**
 -  **Intégration**
 -  **Efficacité**
 -  **Coût**