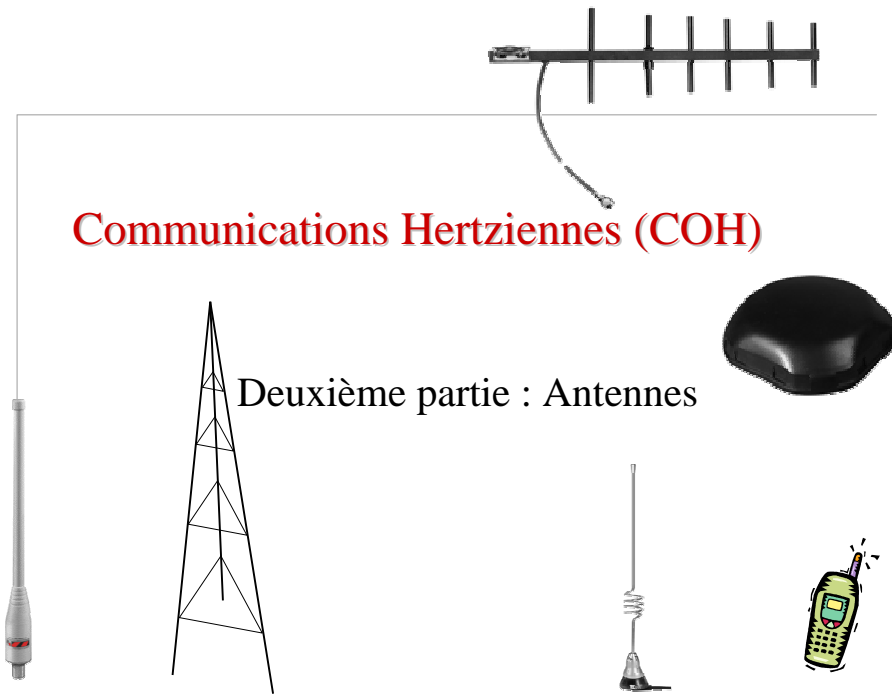


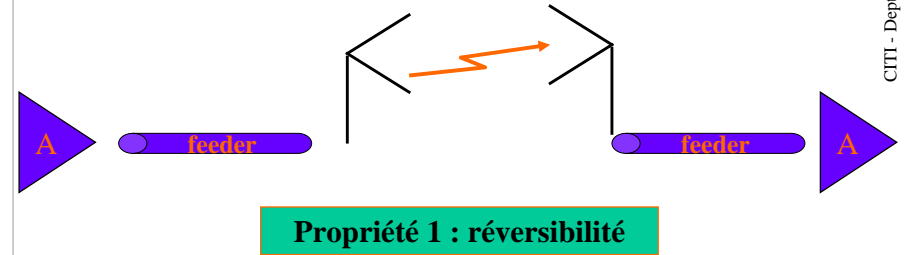
Communications Hertziennes (COH)

Deuxième partie : Antennes



Introduction

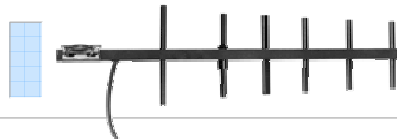
- 1 antenne =
 - élément initial ou final d'une chaîne d'émission ou de réception.



Propriété 1 : réversibilité

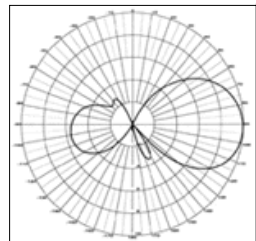
ASP-998

Antenne Yagi (boucle locale)

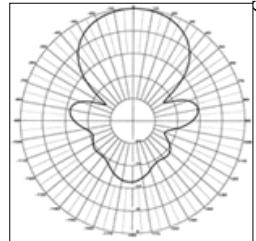


Specifications	
Electrical	
Power Rating	125 watts
Gain	8 dBd (10 dBi) typical
Frequency Range	ASP-998, 806-894 MHz ASPG998, 890-960 MHz
VSWR	1.5:1
Impedance	50 ohms
Polarization	Vertical
Front to Back Ratio	ASP-998, >11dB ASPG998, >10 dB
E-plane Beamwidth	ASP-998, 42-51° ASPG998, 44-50°
H-plane Beamwidth	ASP-998, 53-68° ASPG998, 55-64°
Mechanical	
Rated Wind Velocity	120 mph (193 km/h)
Length	23.2 inches (58.9 cm)
Radiator Material	DURA-COAT aluminum
Reflector Material	DURA-COAT aluminum
Mounting Material	Zinc-plated steel bracket, U-Bolt
Mounting Length	1.5 inches (3.81 cm)
Mounting Diameter	1 inch (2.54 cm)
Weight	1.2 lb (0.55 kg)
Shipping Weight	2 lb (0.91 kg)
Shipping Dim	26.5 x 8 x 1.5 inches (67.3 x 20.3 x 3.8 cm)
Cable	2.25 ft (0.68 m) PRO-FLEX™

E-Plane



H-Plane

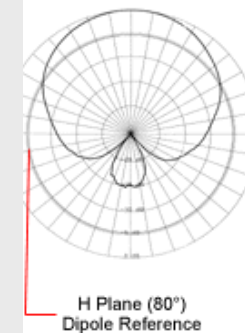


Antenne à ouverture rayonnante

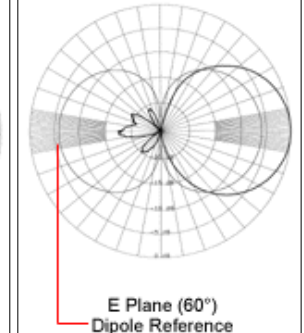


Specifications

Electrical	
Gain	8.0 dBi
Frequency Range	2300-2500 MHz
VSWR	1.5:1
Power	10 watts
Impedance	50 ohms
Polarization	Vertical
Front to Back Ratio	>25dB
E-plane Beamwidth	60°+5°
H-plane Beamwidth	80°+5°
Mechanical	
Depth	1.6 inches (4.1 cm)
Radiator Material	Brass
Reflector Material	Brass
Mounting	Integrated
Windload(fatal)	208kph
Weight	0.145 kg
Cable	not supplied
Connector	SMAfemale



H Plane (80°)
Dipole Reference



E Plane (60°)
Dipole Reference

Introduction

- Chap 4 : Caractéristiques de rayonnement
 - Fonction caractéristique
 - Intensité de rayonnement
 - Directivité
 - Diagramme de rayonnement
 - Bilan de liaison
- Chap 5 : Caractéristiques électriques
 - Impédance équivalente
 - F.e.m. : conversion libre/guidé
 - Surface équivalente, hauteur équivalente
 - Gain
 - Bilan de liaison

Introduction

- Chap 6 : Les antennes filaires
 - Principe de calcul à partir du rayonnement du d.e.e
 - L'antenne ½ onde symétrique
 - Antenne asymétrique plan de masse
- Chap 7 : Autres types d'antennes
 - Ouvertures rayonnantes, fentes, antennes à réflecteurs, ...
- Chap 8 : Antennes en réseau / traitement d'antennes
 - Couplage des antennes : relations mutuelles
 - Formation de faisceau
 - Antennes intelligentes

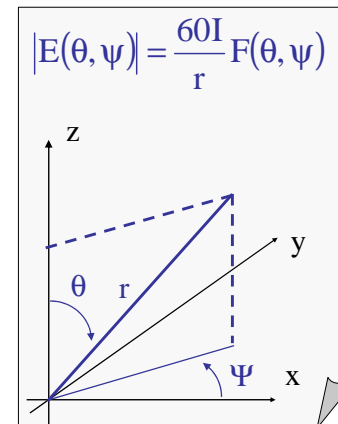
Chap 4 : Caractéristiques de rayonnement

- Fonction caractéristique
- Intensité de rayonnement
- Directivité
- Diagramme de rayonnement
- Bilan de liaison

1- Fonction caractéristique

Chapitre 4

- $F(\theta, \psi)$: caractérise la directivité de l'antenne



Pour le d.e.e

$$\underline{E}_\theta(r, t) = \frac{-j60\pi}{\lambda r} \cdot I \cdot dl \cdot \sin \theta \cdot e^{j(\omega t - \beta r)}$$

$$|E_\theta(\theta)| = \frac{60I}{r} \cdot \underbrace{\frac{\pi dl}{\lambda} |\sin \theta|}_{|F(\theta)|}$$

fonction caractéristique du doublet

2- Puissance rayonnée

Chapitre 4

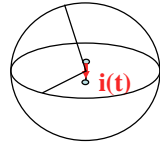
- La densité de puissance

– par unité de surface
sur un front d'onde :

$$\bar{P}(\vec{r}) = \frac{E_{\text{eff}}^2(\vec{r})}{Z_0} = \frac{30I_{\text{eff}}^2}{\pi r^2} F^2(\theta, \psi)$$

- La puissance totale rayonnée est :

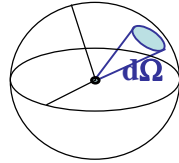
$$P_r = \iint_S \bar{P}(\vec{r}) \cdot d\mathbf{S}$$



- L'intensité de rayonnement

– Par unité d'angle solide

$$P_r = \frac{30}{\pi} I_{\text{eff}}^2 \cdot \iint_{\Omega} F^2(\theta, \Psi) \cdot d\Omega$$

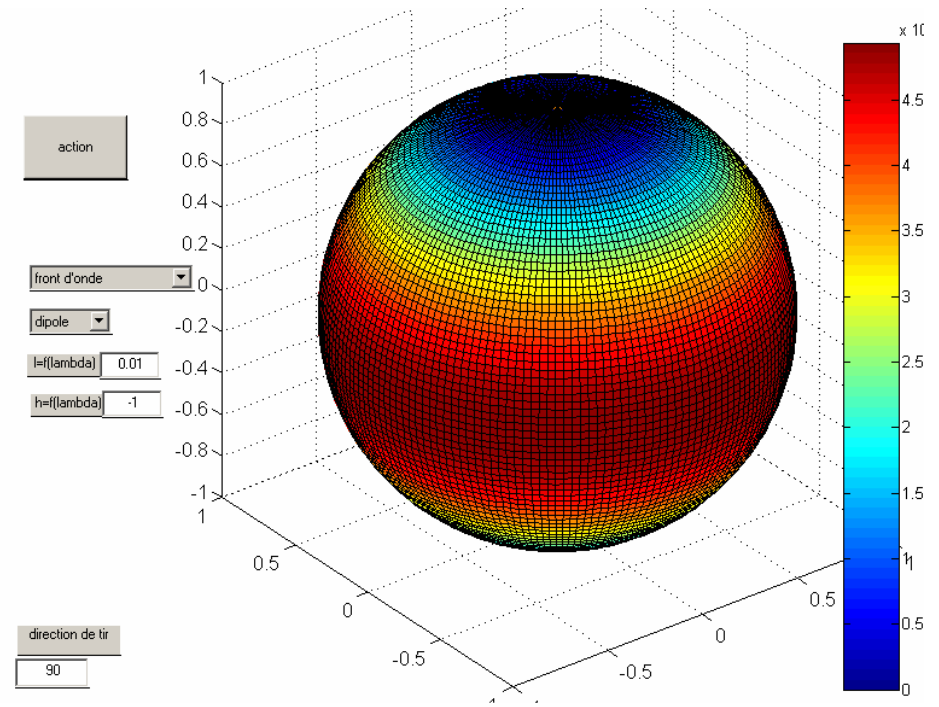


$$d\Omega = \frac{1}{r^2} dS = \sin \theta d\theta d\psi$$

$$P_r = \iint_{\Omega} U(\theta, \Psi) \cdot d\Omega \longrightarrow U(\theta, \Psi) = \frac{30I_{\text{eff}}^2}{\pi} F^2(\theta, \Psi) \quad \text{Watt / stéradian}$$

II-9

CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

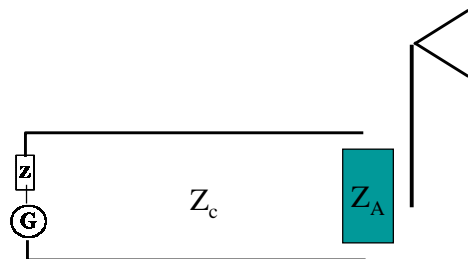


3- Résistance de rayonnement

Chapitre 4

La partie résistive est celle qui consomme. C'est aussi celle qui est productive

$$R_r = \frac{P_r}{I_{\text{eff}}^2} = \frac{30}{\pi} \cdot \iint_{\Omega} F^2(\theta, \Psi) d\Omega$$



II-11

CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

4- Directivité

Chapitre 4

- La directivité est un rapport de puissance
- C'est le rapport entre l'intensité de rayonnement dans une direction donnée, et l'intensité moyenne:

$$D(\theta_0, \psi_0) = \frac{U^2(\theta_0, \psi_0)}{\frac{1}{4\pi} \int_{\Omega} U^2(\theta, \psi) d\Omega}$$

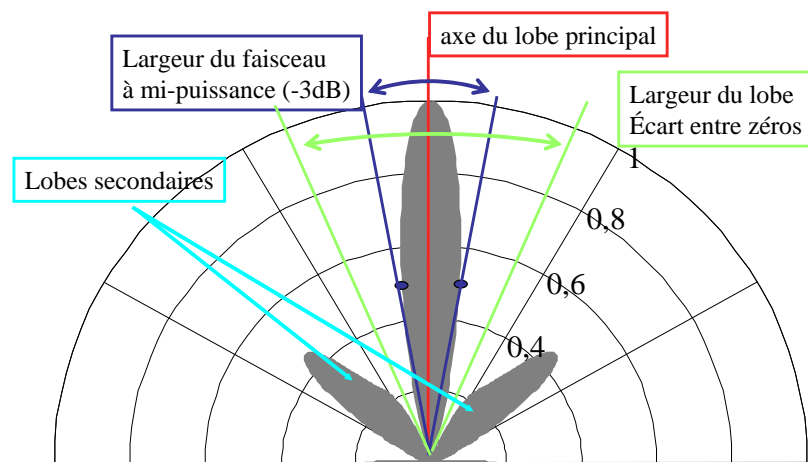
- Ce qui s'écrit aussi: $D(\theta_0, \psi_0) = \frac{F^2(\theta_0, \psi_0)}{\frac{1}{4\pi} \int_{\Omega} F^2(\theta, \psi) d\Omega}$

- Pour l'antenne isotrope ??

C'est un rapport, exprimé souvent en dBi.

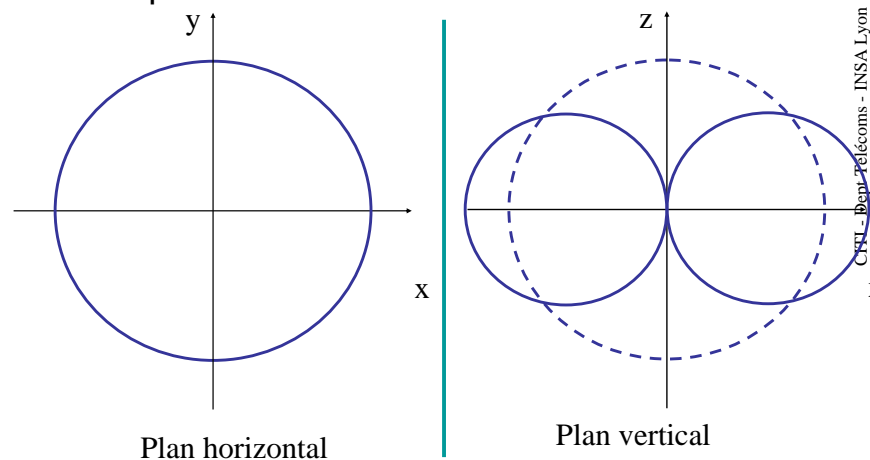
II-12

CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon



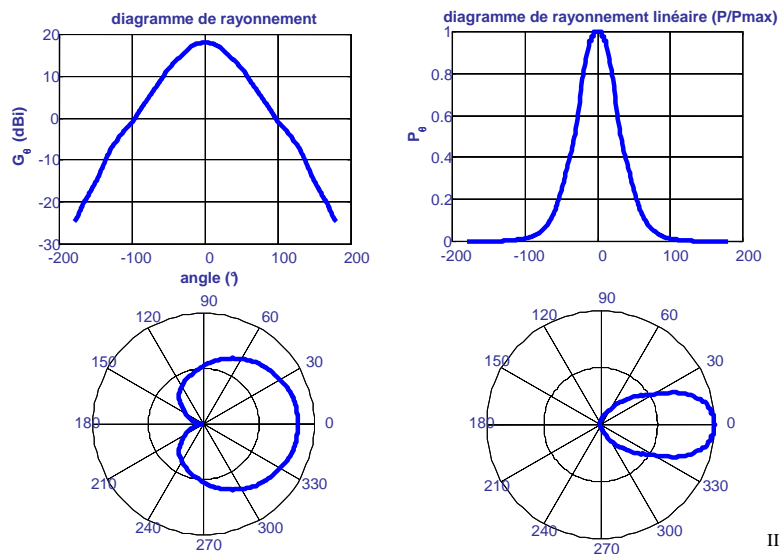
CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

Exemple du doublet élémentaire



II-14

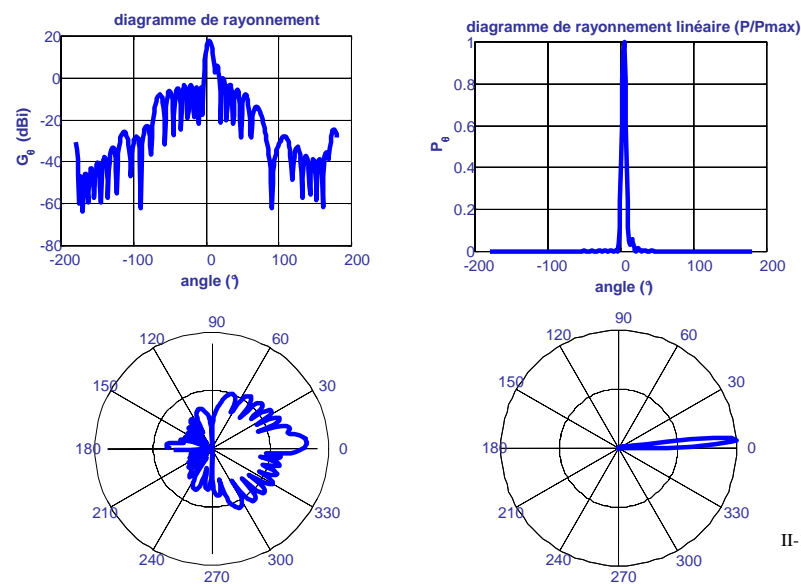
Exemple d'une antenne GSM sectorielle, dans le plan horizontal



CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

II-15

Exemple d'une antenne pour faisceaux hertziens

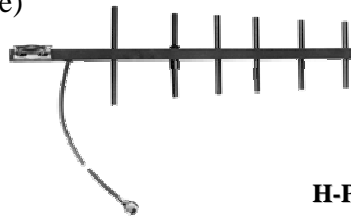


CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

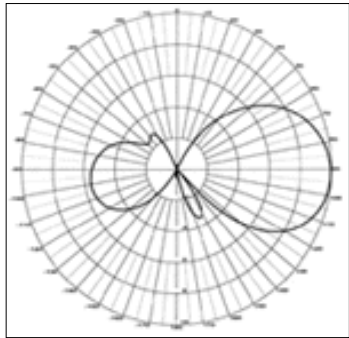
II-16

Exemple d'une antenne Yagui (à polarisation verticale)

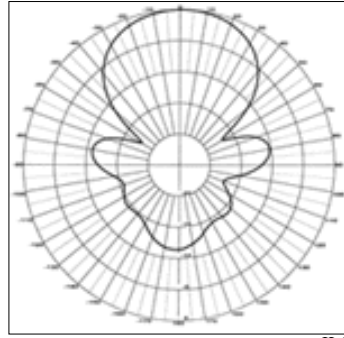
Chapitre 4
Directivité



E-Plane



H-Plane



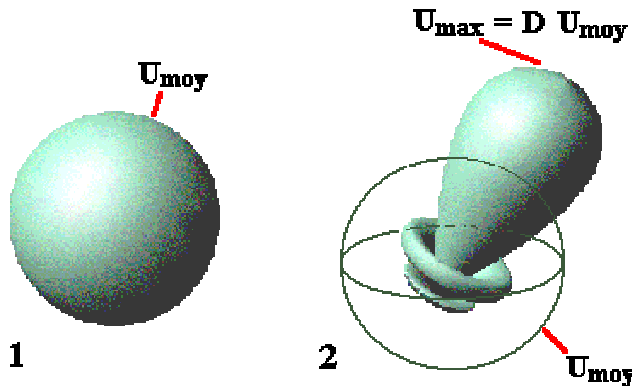
II-17

CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

Surface caractéristique de rayonnement

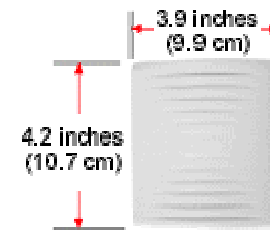
Chapitre 4
Directivité

- on appelle "Surface Caractéristique de Rayonnement" la surface fermée obtenue en portant, à partir d'un point pris comme origine, un vecteur dont la longueur est une fonction simple du champ créé à une distance constante de l'antenne, dans la direction du vecteur
- **NE PAS CONFONDRE AVEC SURFACE d'ONDE !!!!**



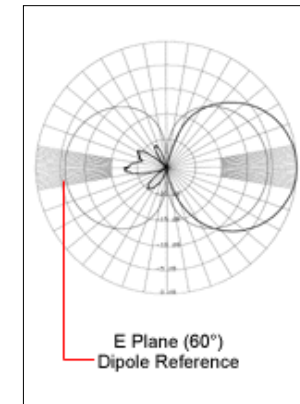
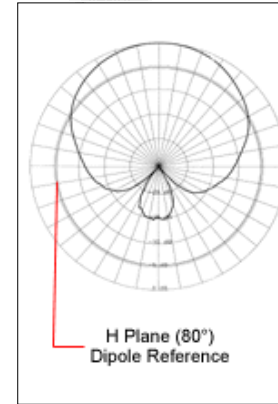
II-19

CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon



Exemple d'1 antenne patch (WiFi)

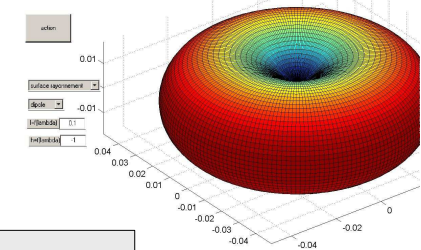
Chapitre 4
Directivité



II-18

CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

- Exemple du doublet + autres exemples => démo en TDs
- Exos sous logiciel



Exercices

- ☞ Calcul de la puissance rayonnée par le doublet électrique
- ☞ Calcul de l'intensité de rayonnement
- ☞ Calcul de la résistance de rayonnement

II-20

CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

5-Gain absolu

- 1 antenne de référence : isotrope

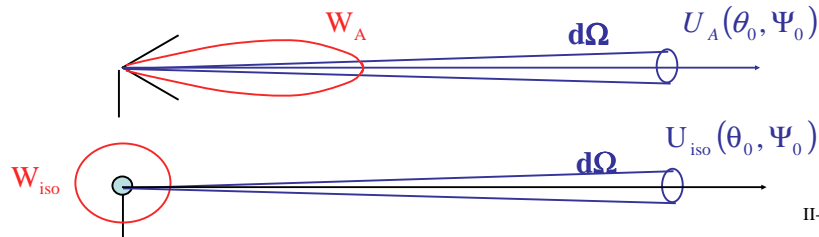
Le gain absolu d'une antenne, est défini comme le rapport entre les intensités de rayonnement dans une direction donnée, correspondant respectivement à l'antenne étudiée et à l'antenne isotrope, à puissance consommée équivalente :

$$G(\theta_0, \Psi_0) = \rho \cdot D(\theta_0, \Psi_0)$$

$$F(\theta, \Psi) = 1$$

$$E_{\text{eff}}(r) = \frac{60 \cdot I_{\text{eff}}}{r}$$

$$P_r = 120 \cdot I_{\text{eff}}^2$$



II-21

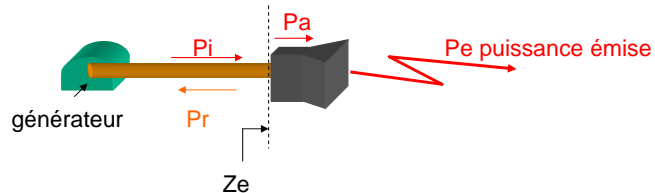
Exercices

- Calculez le gain absolu (en linéaire et en dB) pour le d.e.e.
- Donnez la PIRE du d.e.e. en W, en dBW, en dBm et en dBi, pour 1 puissance émise de 10W.
- Vérifiez la définition suivante :
 - le gain absolu d'1 antenne est égal au rapport des puissances fournies resp. par cette antenne et par l'antenne iso, pour fournir un même champ E à 1 distance r en champ lointain.
- Expliquez pourquoi les normes définissent la puissance max autorisée à partir de la PIRE.

II-22

Chap 5 : Caractéristiques électriques

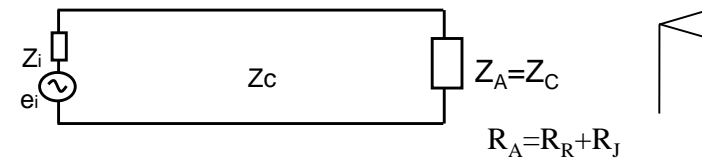
- Impédance équivalente
- F.e.m. : conversion libre/guidé
- Surface équivalente, hauteur équivalente
- Gain
- Bilan de liaison



II-23

1- Impédance d'entrée

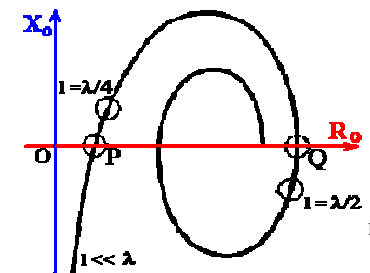
- Impédance d'antenne : $Z_A = R_A + j \cdot X_A$



Antenne accordée : $X_A = 0$

Techniques d'adaptation

Puissance rayonnée $P_r = P_E - P_J$



II-24

2- Coefficient de réflexion

Une antenne est définie :
soit en donnant son impédance caractéristique (souvent 50 ohms)
soit en donnant son niveau de coefficient de réflexion sur 50 ohms.

coefficient de réflexion en puissance : $|S_{11}|^2 = \frac{P_r}{P_i}$

$|S_{11}|$ est le coefficient de réflexion en tension

Impédance déduite d'une mesure de réflexion : $Z_e = Z_c \cdot \frac{1 + S_{11}}{1 - S_{11}}$

Expression en dB: $|S_{11}|_{dB} = 20 \log |S_{11}|$ return loss

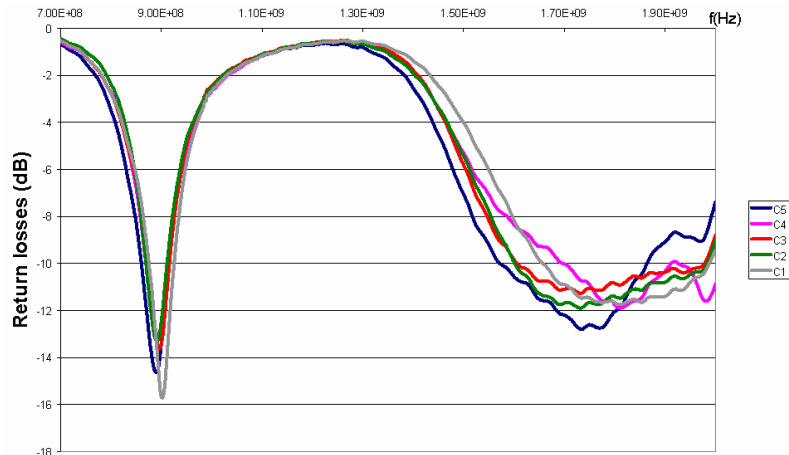
On parle aussi beaucoup en terme de VSWR : $VSWR = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|}$

souvent exprimé sous la forme n:1

3- Bande passante

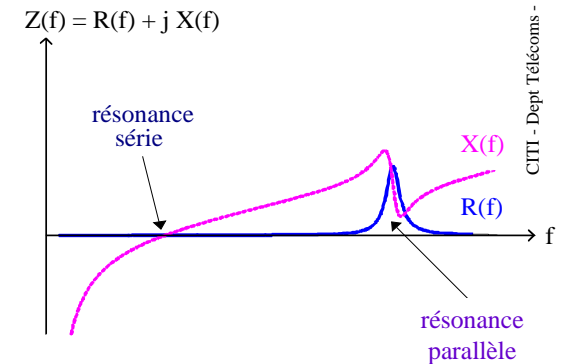
- Une antenne ne fonctionne pas à toutes les fréquences. La BP est limitée par :
 - le TOS maximal admissible, par exemple TOS < 2.
 - la variation du gain de l'antenne
 - la déformation du diagramme de rayonnement
- Antennes à faible BP :
 - éléments rayonnants résonants (dipôles, microstrip)
 - largeur de bande: % par rapport à la fréquence centrale
B% = 100*(Fs-Fi)/Fc (typiquement B% = 10 à 20%)
- Antennes à grande largeur de bande :
 - Antennes à ouverture, (bde limitée par les dispositifs associés)
 - largeur de bande: Boct=Fs/Fi, exprimée en octave.
En général, une antenne avec une largeur de bande supérieure ou égale à un octave est considérée comme étant à large bande.

Il existe de nombreuses définitions de bandes passantes. La plus commune est la bande passante en adaptation où le coefficient de réflexion de l'antenne respecte un certain niveau.



L'impédance complexe d'une antenne varie en fonction de la fréquence. Cela correspond aux variations de répartition des courants à sa surface.

On cherche à faire correspondre la fréquence de fonctionnement avec un point d'impédance purement réel proche de celle du système (50 ohms en général).

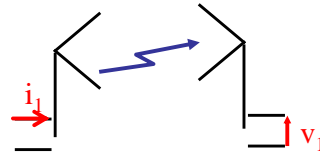


4- Antenne en réception

- Théorème de réciprocité

$$i_2 = i_1 \quad \longleftrightarrow \quad v_2 = v_1$$

$$Z_{12} = Z_{21}$$



- F.e.m. en réception :

- application de la réciprocité avec une antenne quelconque et un doublet bien orienté

$$e_A = \frac{\lambda}{\pi} \cdot F_A(\theta, \psi) \cdot E$$

- Puissance utile en réception :

- adaptation et accord de l'antenne

- Si oui :

$$P_U = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_A(\theta, \psi) \cdot \bar{P}(r)$$

II-29

5- Surface de réception

- Surface de captation (aperture area)

- rapport entre puissance max. disponible aux bornes de l'antenne et densité surfacique moyenne de puissance de l'OEM au point de réflexion

$$S(\theta, \psi) = \frac{P_U}{\bar{P}(r)} = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_A(\theta, \psi)$$

- Hauteur effective

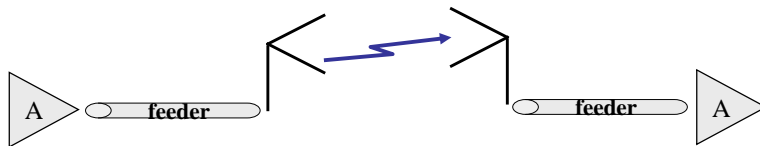
- hauteur qu'aurait un doublet électrique élémentaire, bien orienté et parcouru par un courant identique, pour produire un même champ électrique que celui produit par l'antenne étudiée dans la direction de « tir ».

$$h_E = \frac{\lambda}{\pi} \cdot F(\theta_0, \psi_0)$$

II-30

6- Bilan de liaison

- Le bilan de liaison inclus l'ensemble des pertes de transmission :



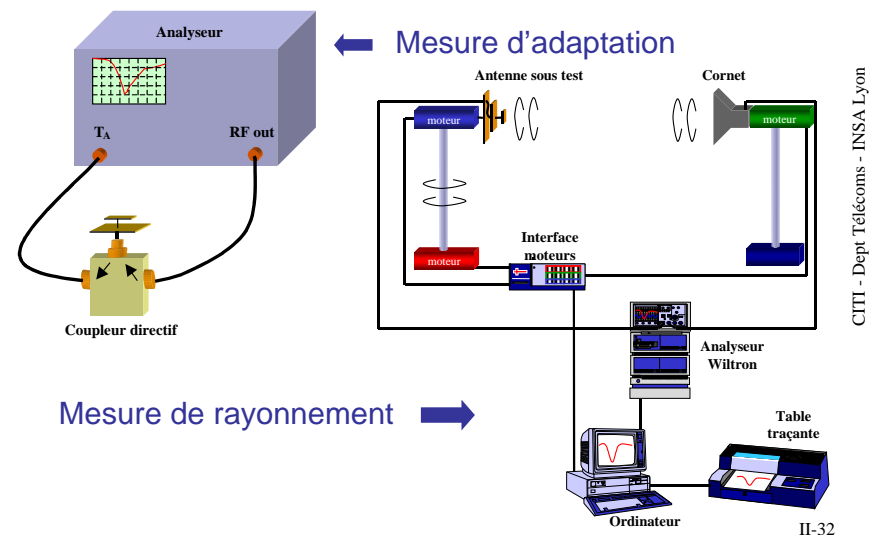
$$P_U = \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \cdot F_A \cdot G_A(\theta_A, \psi_A) \cdot F_B \cdot G_B(\theta_B, \psi_B) \cdot L \cdot P_E$$

Facteur de pertes par dépolarisation

$$L = \frac{P_r}{P_{alignés}} = \frac{|\langle \vec{p}_A, \vec{p}_B \rangle|^2}{|\vec{p}_A| \cdot |\vec{p}_B|}$$

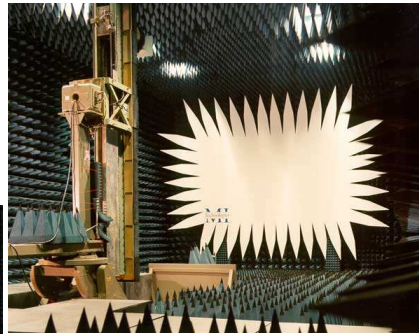
II-31

7- Mesures



Mesure de rayonnement

II-32



CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

II-33

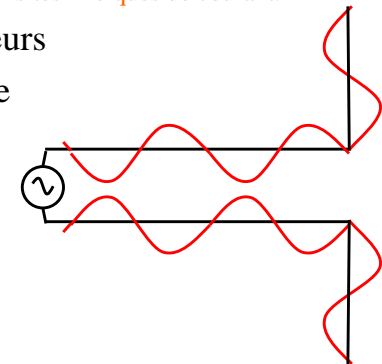
■ Caractérisation et propriétés

Par définition, la catégorie des antennes filaires regroupe l'ensemble des antennes formées d'une structure de câble conducteur de diamètre faible où l'on considérera des densités linéiques de courant.

■ Effets du sol et réflecteurs

■ Quelques antennes type

- antenne fouet
- trombone
- antenne Yagi

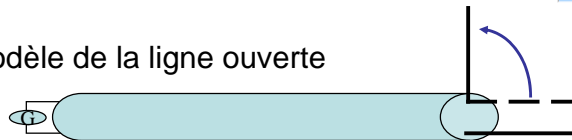


CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

II-34

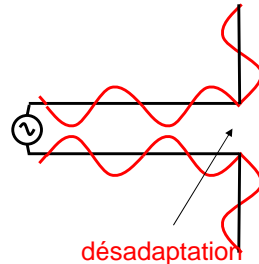
1- principes

• Modèle de la ligne ouverte



• Hypothèse de la répartition sinusoïdale

- description....
- L'antenne filaire est considérée comme un ensemble de petits éléments rayonnants de longueur dz



CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

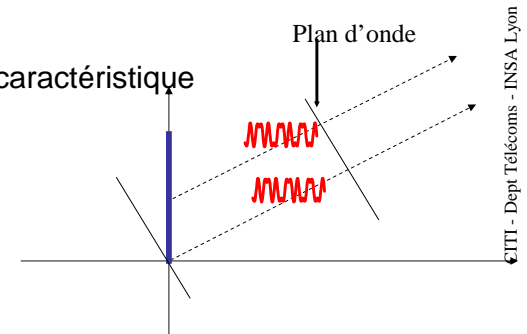
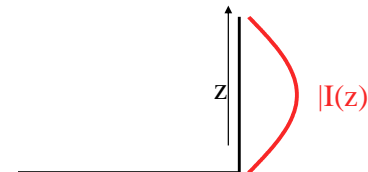
II-35

• Calcul approché en champ lointain :

$$r(z) = r - z \cdot \cos(\theta)$$

• Calcul de la fonction caractéristique

il suffit de connaître la répartition du courant



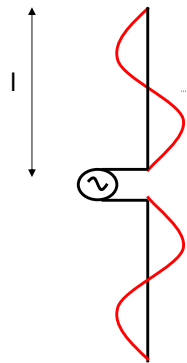
$$E(r, \theta, \psi) = -\frac{j60\pi}{\lambda r} \sin \theta \cdot e^{j(\omega t - \beta r)} \int_0^l I(z) e^{j\beta z \cos \theta} \cdot dz$$

CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

II-36

2- le dipôle rayonnant

Le dipôle est une antenne filaire composée de deux brins conducteurs écartés en directions opposés. L'alimentation est le plus souvent présentée au centre de la structure ce qui donne un système symétrique.



Répartition de courant :

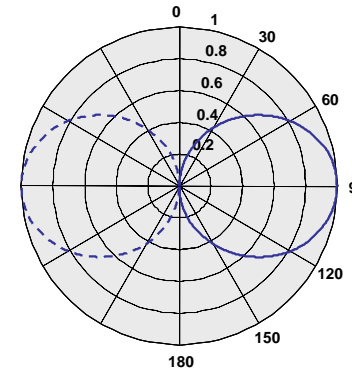
$$I(z) = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}(l-z)\right)$$

On peut calculer le champ rayonné comme la somme des contributions de doublets élémentaires parcourus par une intensité $I(z)$

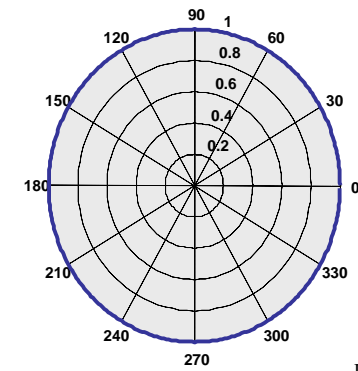
- Diagramme de rayonnement

$$F(\theta) = \frac{2\pi}{\lambda} |\sin \theta| \left| \int_0^l \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}(l-z)\right) \cos(\beta z \cos \theta) dz \right|$$

Plan E



Plan H

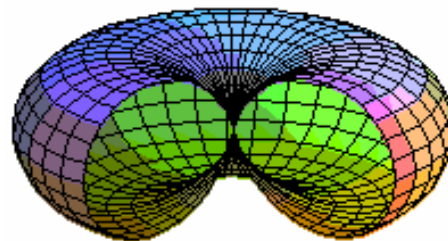
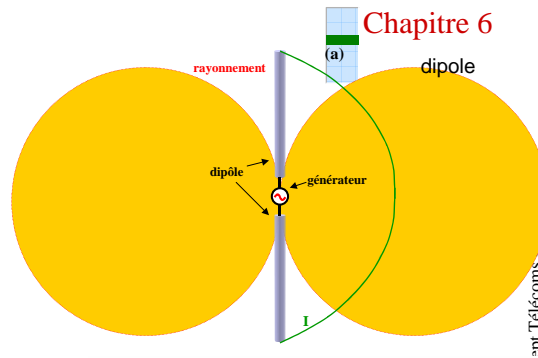


Le dipôle 1/2 onde

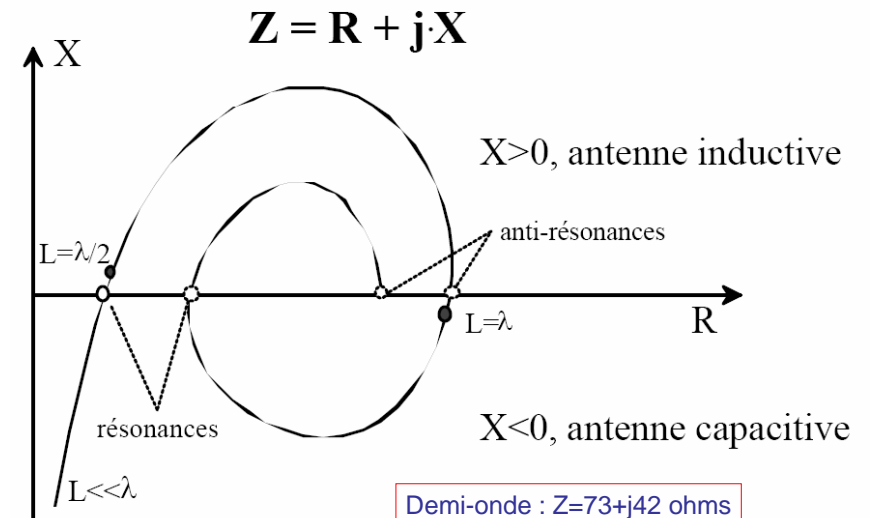
La forme la plus simple de dipôle résonant est une antenne de taille totale $\lambda/2$, autrement appelée dipôle demi-onde.

$$F(\theta) = \left| \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos \theta\right)}{\sin \theta} \right|$$

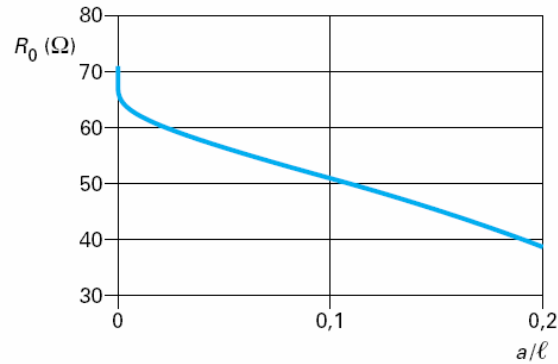
La directivité max obtenue est de 1,64 soit 2,15 dBi ou 0 dBd



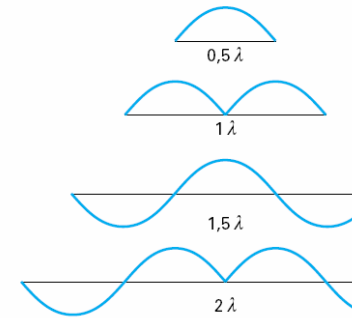
Impédance du dipôle



Pour adapter un dipôle, on joue sur le diamètre des conducteurs
(a) par rapport à la longueur des brins (l).

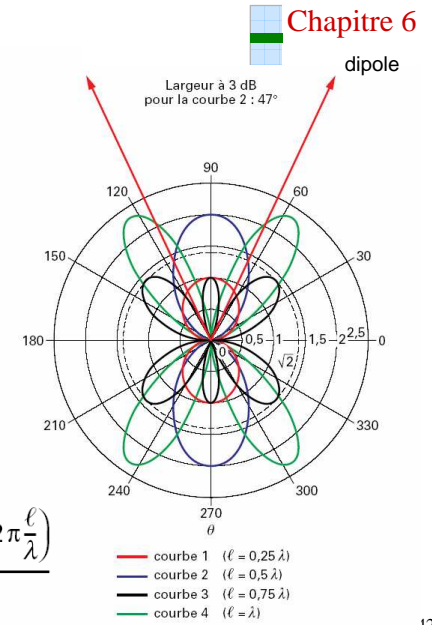


Et la taille



Fonction caractéristique générale:

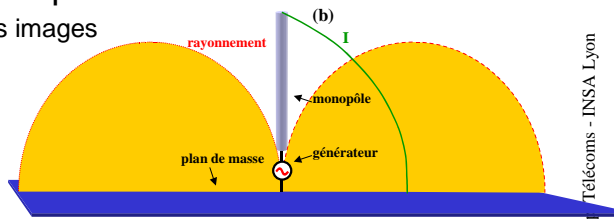
$$f\left(\theta, \frac{\ell}{\lambda}\right) = \frac{\cos\left(2\pi\frac{\ell}{\lambda}\cos\theta\right) - \cos\left(2\pi\frac{\ell}{\lambda}\right)}{\sin\theta}$$



3- le monopole

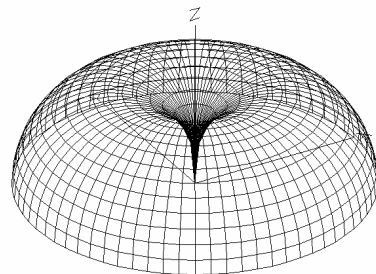
• Généré avec un plan de masse.

- Principe des images

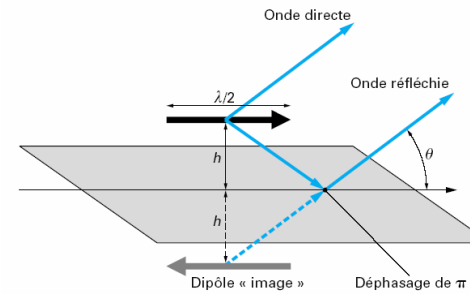


- Gain supérieur de 3dB

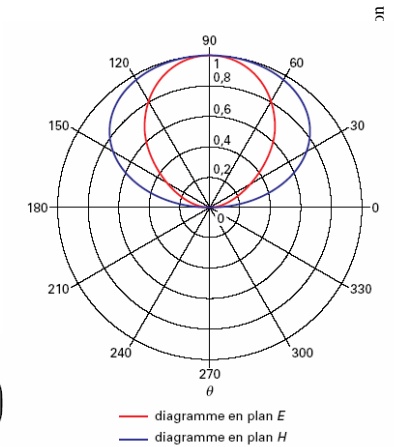
Quart d'onde : $Z=36,5+j21$ ohms



4- le plan réflecteur



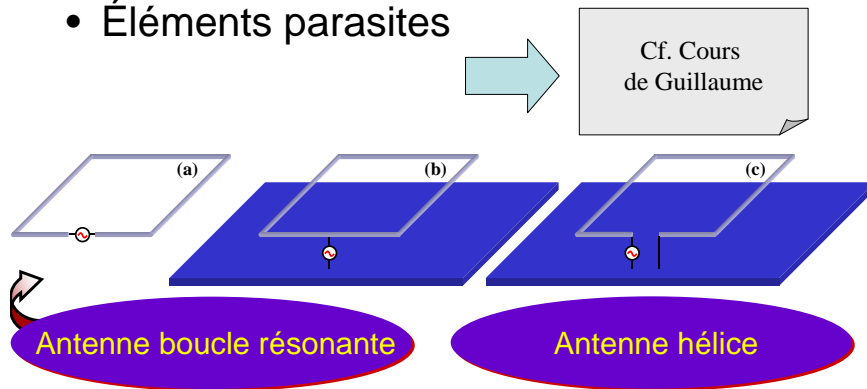
$$f(\theta) = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right)}{\sin\theta} \sin\left(2\frac{\pi}{\lambda}h\cos\theta\right)$$



5- autres antennes...

Chapitre 6

- Dipole replié
- Éléments parasites



CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

II-45

Chap 7. Autres types d'antennes

- Antennes à ouverture rayonnante
- Antennes à réflecteurs (parabole....)
- Antennes à éléments imprimés

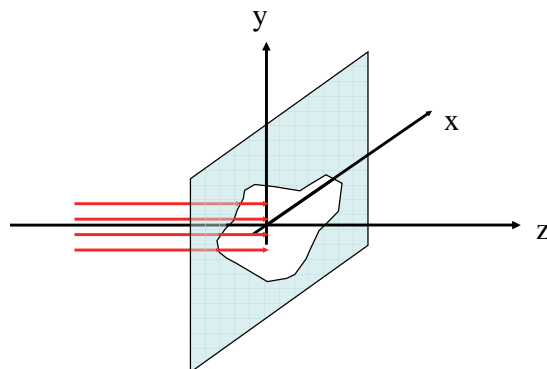
CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

II-46

1- ouvertures

Chapitre 7

- L'ouverture rayonnante est caractérisée par une ouverture dans une surface séparant 2 milieux, sur laquelle arrive une onde.



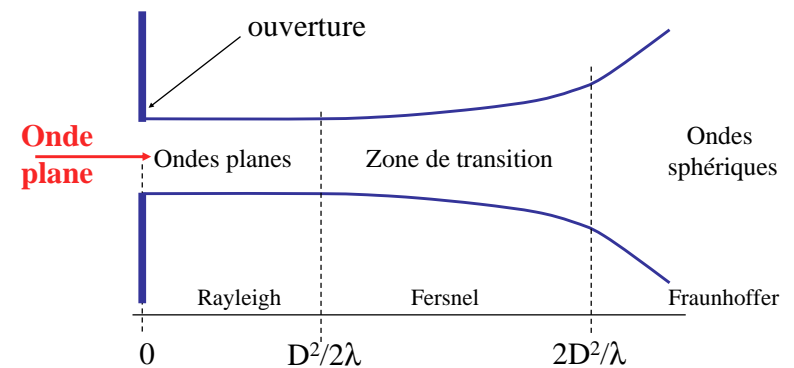
CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

II-47

Chapitre 7

ouvertures

- On distingue 3 zones de rayonnement pour une ouverture.



CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

II-48

• Rayonnement en champ lointain

- comme pour les antennes filaires, on cherche à caractériser le rayonnement en champ lointain
- le principe d'Huygens permet de calculer le rayonnement comme la somme des contributions de chaque élément de surface de l'ouverture rayonnante (approximation)

$$\underline{E}(P) = je^{-jkR} \cdot \frac{1 + \cos \theta}{2\lambda R} \iint_A \underline{E}(x, y) \cdot e^{jk \sin \theta [x \cos \varphi + y \sin \varphi]} dx dy$$

II-49

– Exemple : cas d'une ouverture équiphase et équi-amplitude (onde plane)

$$\underline{E}(P) = je^{-jkR} \cdot \frac{1 + \cos \theta}{2\lambda R} E_0 \iint_A e^{jk \sin \theta [x \cos \varphi + y \sin \varphi]} dx dy$$

$$F(\theta, \varphi) = \frac{1 + \cos \theta}{2} \cdot \text{sinc } u_1 \cdot \text{sinc } u_2$$

$$u_1 = \frac{a}{\lambda} \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi$$

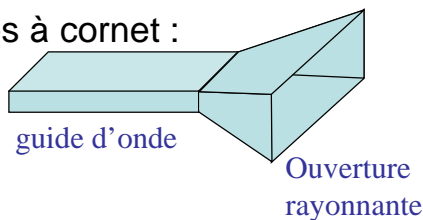
$$u_2 = \frac{b}{\lambda} \cdot \sin \theta \cdot \sin \varphi$$

II-50

• Applications

- antennes à forte focalisation (présence de lobes secondaires), à forte puissance, utilisées pour les communications spatiales.

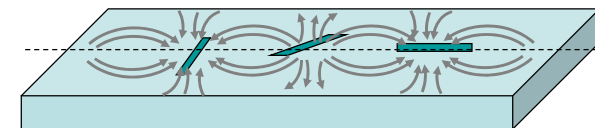
– Antennes à cornet :



II-51

2- guide d'ondes à fentes

- présence de trous ou fente sur un guide d'onde



• Principes

- chaque fente constitue une source, alimentée par les courants induits à la surface du guide d'onde.
- Le choix approprié d'un ensemble de fente permet de réaliser des antennes à polarisation circulaire, ou polarisation croisée, ou encore un rayonnement spécifique.

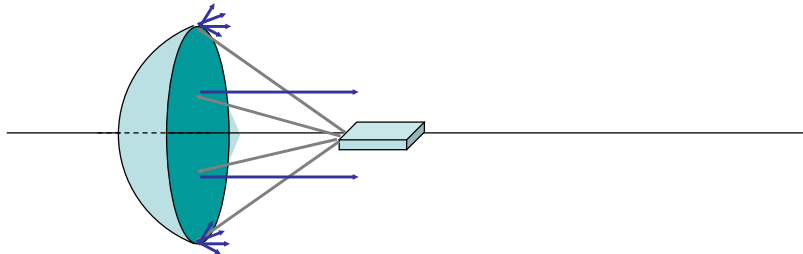
• Applications

- Très bonne intégration (éléments embarqués)
- Antennes fonctionnant à très haute fréquences (>GHz)
- Très intéressant pour la mise en œuvre d'antennes réseau (ou groupement)

II-52

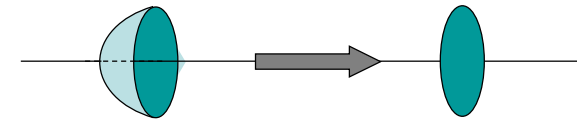
3- antenne à réflecteurs

- C'est l'antenne parabolique, utilisée en télécommunications :
 - faisceaux hertziens (4 à 12 GHz)
 - stations terrestres pour les télécommunications spatiales
 - antennes de satellites
- Caractéristiques
 - angle d'ouverture à 3dB $< 1^\circ$
 - très bon gain : 40 à 50 dB



II-53

- Ouverture équivalente



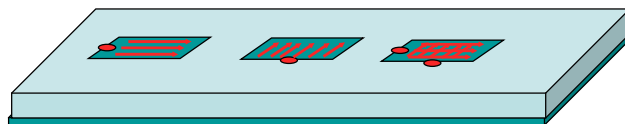
Attention, la loi d'éclairage dépend de la loi d'éclairage de la source

- Evolutions
 - antenne périscopique pour faisceau hertzien
 - antenne Cassegrain (doubles réflecteurs)
 - antennes multi-bandes
 - antennes multi-faisceaux
 - rayonnement par faisceaux multiples (sources incohérentes)
 - rayonnement par faisceau conformé (sources cohérentes)

II-54

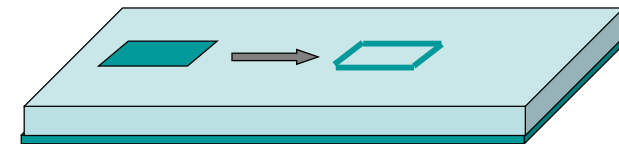
4- éléments imprimés

- Antenne constituée d'un plan de masse et d'un substrat diélectrique, portant un ou plusieurs patch (élément conducteur)
- Principe :
 - On détermine la polarisation et le rayonnement en fonction de la forme du patch et de son alimentation



II-55

- Principe de calcul
 - un patch rayonne comme les 4 fentes qui le délimitent :



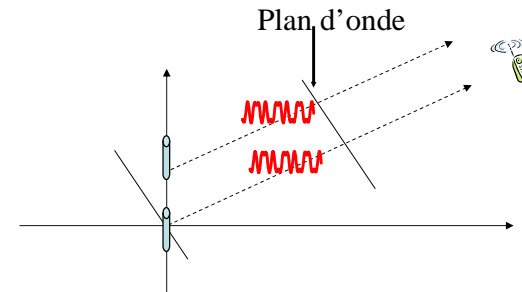
- Applications
 - antennes à faible encombrement et faible masse
 - structure planeaire (intégration)
 - peuvent être plaquées sur des véhicules ou missiles
 - mise en réseau facile

II-56

Chap-8. Groupements d'antennes

- Groupement d'antennes
 - superposition des champs
 - facteur de regroupement
- Interactions entre antennes
 - impédances mutuelles
- Antennes intelligentes
 - principes

1- groupement d'antennes



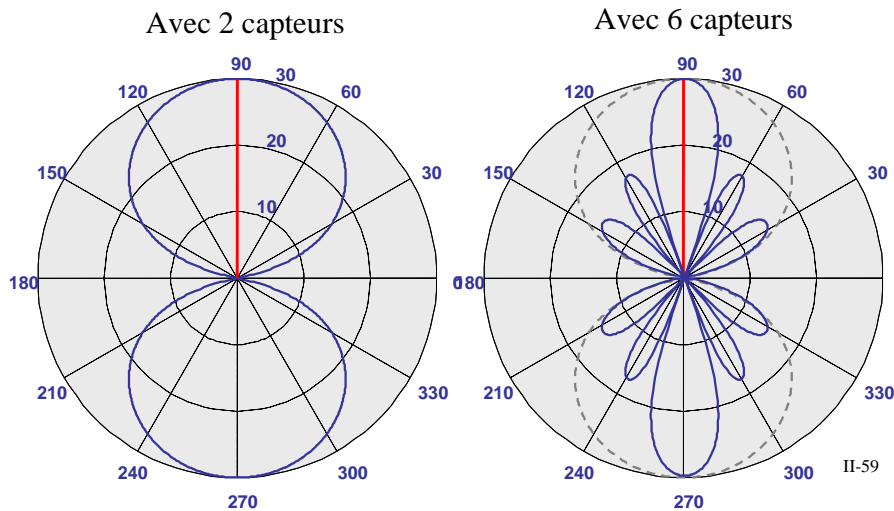
Facteur de regroupement

Pour un alignement d'antennes identiques, on peut déterminer le facteur de regroupement :

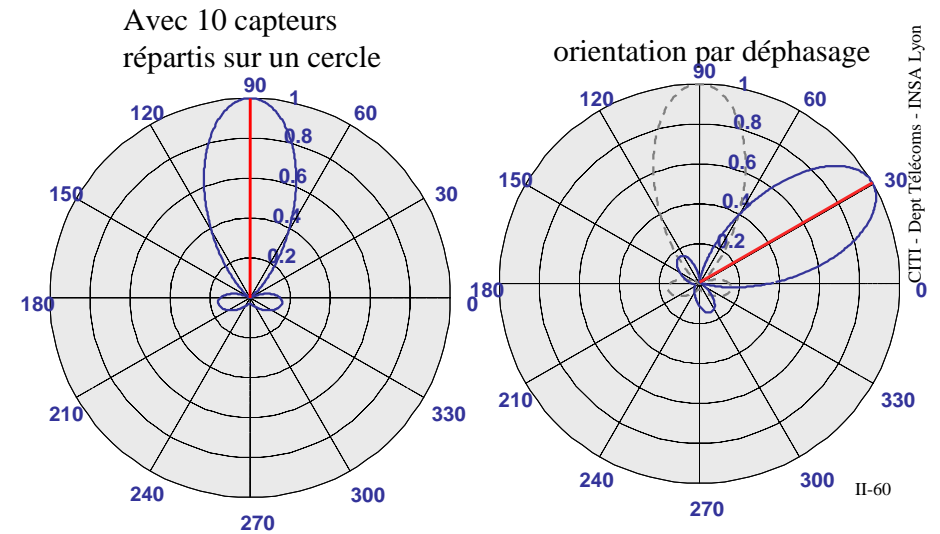
$$F_G(\theta, \psi) = F(\theta, \psi) \cdot R(\theta, \psi)$$

Démonstration ...

- Focalisation par réseau d'antennes

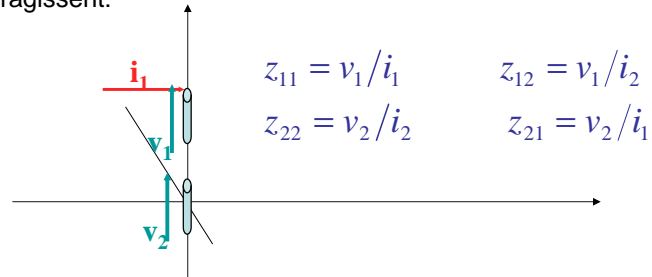


- Focalisation par réseau d'antennes



2- couplage mutuel

- Dans un groupement d'antennes, les éléments interagissent:



- Pour faire le bilan de puissance, il faut calculer l'impédance d'entrée équivalente de chaque antenne :

$$U_1 = z_{11} \cdot I_1 + z_{12} \cdot I_2; \quad I_2 = \alpha \cdot I_1 e^{j\phi}$$

$$Z_1 = z_{11} + z_{12} \cdot \alpha \cdot e^{j\phi}$$

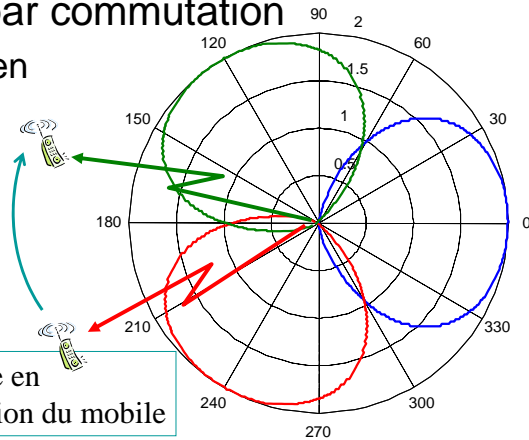
II-61

2- smart antennas

- Diversité par commutation ou par combinaison
- Principe de focalisation dynamique
 - antennes adaptatives à la réception
 - antennes adaptatives à l'émission
- Traitement de signal adapté
 - traitement d'antennes

II-62

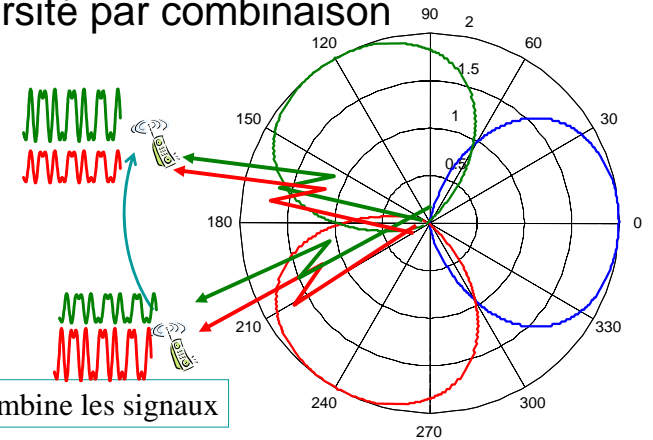
- Diversité par commutation
 - tout ou rien



On choisi 1 antenne en fonction de la position du mobile

II-63

- Diversité par combinaison



On combine les signaux

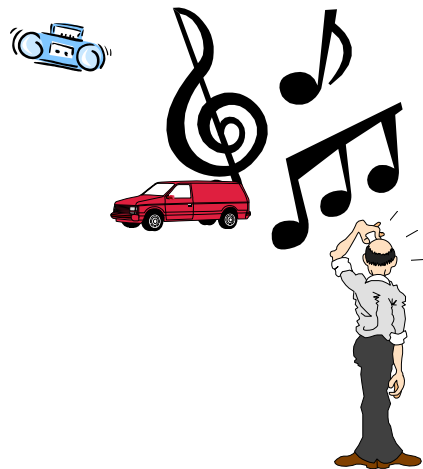
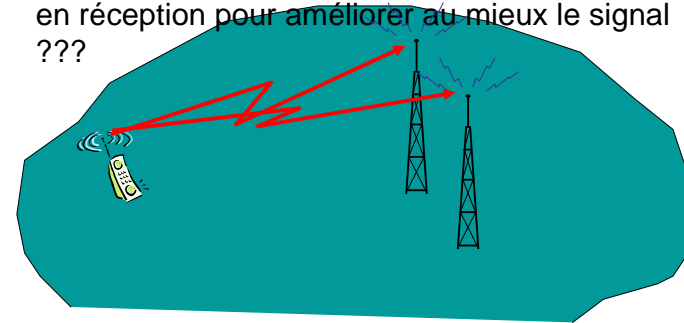
II-64

– Intérêt :

- Eviter le problème des zones latérales
 - optimisation de la puissance émise dans les zones latérales.
- Réduction des interférences
 - diminution du niveau d'interférences inter-cellules
 - diminution des interférences entre utilisateurs de la même cellule (augmente la décorrélation des voix multiplexées par codes).

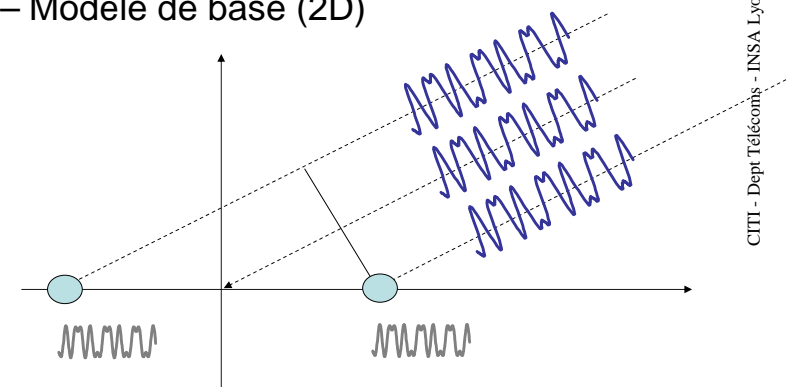
• Problématique des antennes adaptatives

- Comment peut-on combiner plusieurs antennes en réception pour améliorer au mieux le signal ???



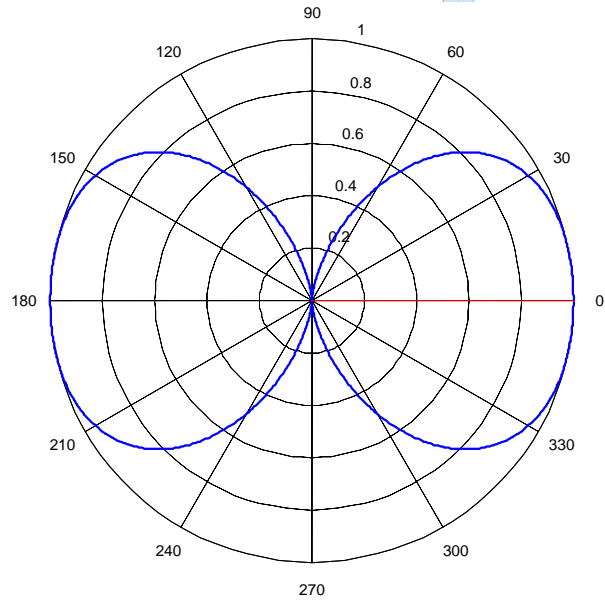
Analogie

– Modèle de base (2D)



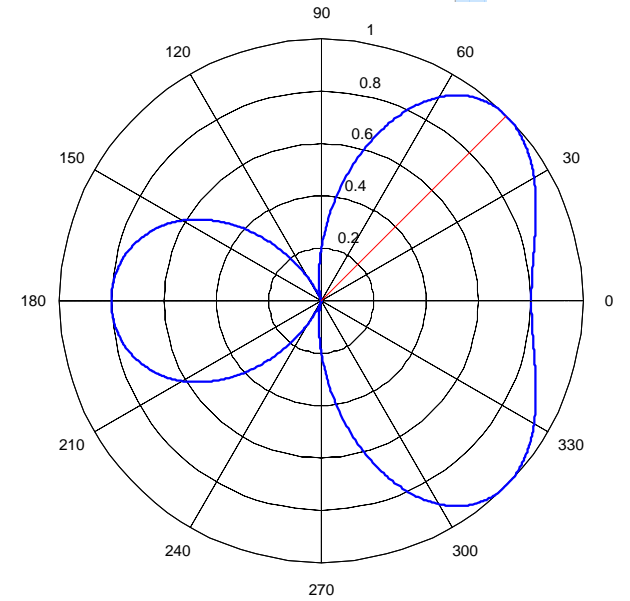
Deux signaux reçus, décalés (déphasés)

$\Psi_0=0$



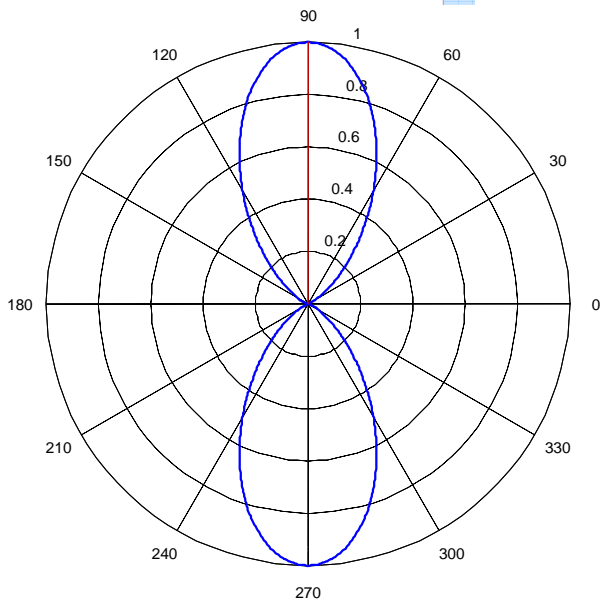
CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

$\Psi_0=\pi/4$



CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

$\Psi_0=\pi/2$



CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon

Résumé de la 2ième partie (à savoir 😊)

■ Chap 4-5 : Antennes

L'antenne est caractérisée par :

- impédance (Ω)
- directivité (diagramme)
 - gain, aire équivalente, ...
 - attention au champ proche
- Puissance, PIRE (dB, dBm, dBi)
- fréquence, bande passante

CITI - Dept Télécoms - INSA Lyon



Résumé de la 2ième partie (à savoir 😊)

- **Chap 6 : Antennes filaires**

- À partir du doublet, on peut calculer les propriétés de toutes les antennes filaires

- Principe de calcul , Simulations

- **Chap 7 : les différents types d'antennes**

- Antennes à réflecteurs, ouvertures synthétiques, ...

- **Chap 8 : Antennes en réseau**

- Couplage mutuel

- Calcul de rayonnement combiné : attention au repère ... et à la polarisation