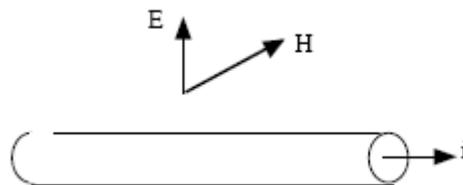


## Chapitre VI. Caractéristiques de quelques antennes usuelles

Ci-dessous sont présentés les types d'antennes les plus courantes que vous aurez peut-être à utiliser un jour ou l'autre.

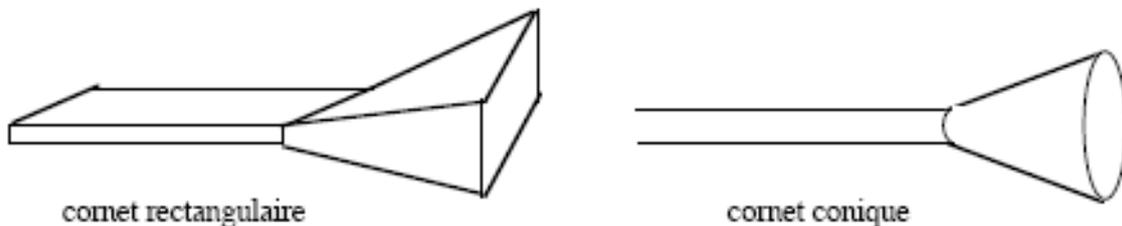
### VI.1 L'antenne filiforme

Il s'agit d'un simple fil métallique de longueur  $L$  parcouru par un courant variable. C'est le dipôle électrique pour lequel on distingue le dipôle infinitésimal lorsque  $L \ll \lambda$ , le dipôle court lorsque  $\lambda/50 < L < \lambda/10$  et le dipôle long lorsque  $L > \lambda/10$ .



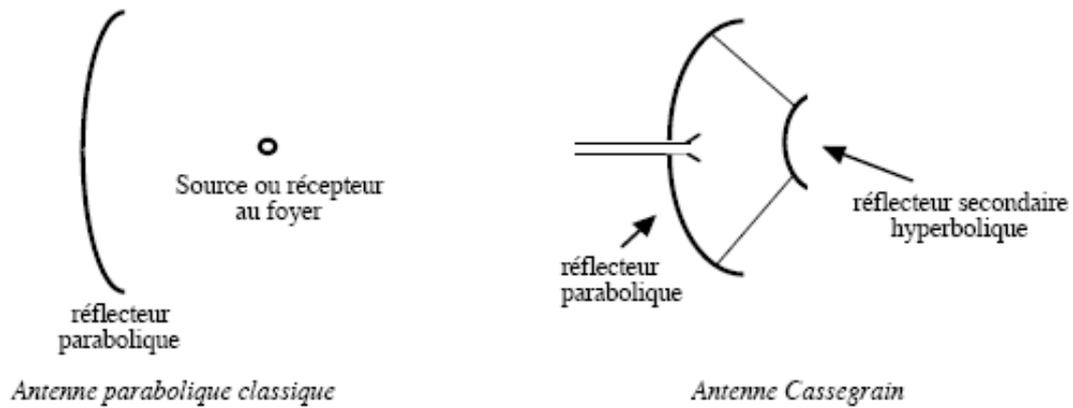
### VI.2 L'antenne à ouverture

L'exemple typique est l'antenne cornet dont la forme suit celle du guide d'onde cornet rectangulaire cornet conique



### VI.3 L'antenne à réflecteur

L'exemple le plus connu est l'antenne parabolique. En général, la source est disposée au foyer de la parabole. Ce type d'antenne est utilisé en liaisons Hertzienne (ex : antenne tambour, diamètre 30 cm et 60 cm, pour le réseau de transmission capillaire en téléphonie mobile dans les bandes 23 GHz et 38 GHz). Un autre exemple connu est l'antenne Cassegrain constituée d'un réflecteur parabolique au foyer duquel on dispose un réflecteur hyperbolique.



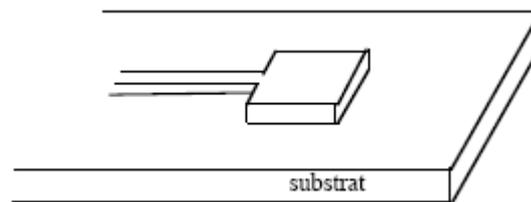
#### VI.4 l'antenne boucle

Il s'agit d'antenne filiforme de forme circulaire, elliptique, carrée, rectangulaire ou plus généralement présentant une courbe fermée.



#### VI.5 L'antenne microstrip (antenne microbande)

C'est une antenne de petite dimension (quelques mm à quelques cm), constituée de plaquettes métalliques montées sur un substrat diélectrique.

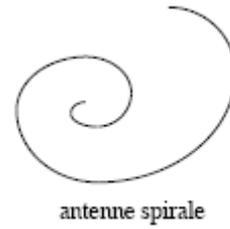
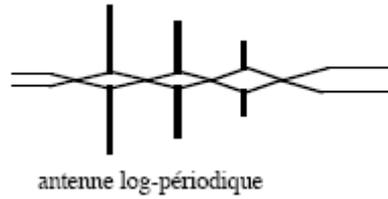


#### VI.6 L'antenne indépendante de la fréquence

Il s'agit d'une famille d'antennes large bande abusivement appelées antennes "indépendantes de la fréquence".

Leurs structures géométriques se répètent périodiquement avec un pas logarithmique. Les deux classes principales de cette famille sont

- 1) les antennes log-périodiques dont la géométrie en coordonnées polaires est  $\theta = f \log(\rho)$  avec  $f$  fonction périodique.
- 2) les antennes en spirale logarithmique dont la géométrie suit la loi  $\rho = e^{a\theta}$ .

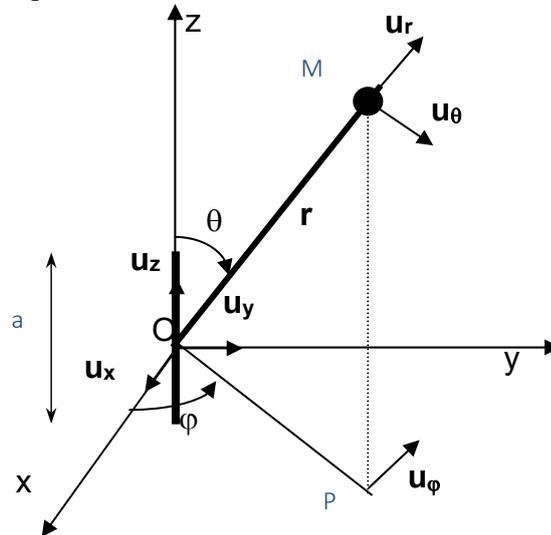


### VI.7 L'antenne réseau

Il s'agit d'un ensemble d'antennes montées en réseau, c'est-à-dire habilement combinées et disposées dans l'espace en fonction des performances souhaitées comme par exemple une augmentation de la directivité.

## Travaux dirigés

**Exercice 1 :** Le doublet de Hertz est un fil de longueur  $a$  très faible devant la longueur d'onde  $\lambda$  ( $a \leq \frac{\lambda}{50}$ ). Le doublet orienté suivant l'axe  $Oz$  est parcouru par un courant  $I$ . On se place en coordonnées sphériques. On donne la valeur de l'impédance de l'air  $\eta = 120\pi$ .



Le champ électrique rayonné à grande distance par le doublet de Hertz est donné par les relations suivantes :

$$\vec{E}(r, \theta, \varphi) = E_\theta \vec{u}_\theta = F_\theta(\theta, \varphi) \frac{\exp(-jkr)}{r} \vec{u}_\theta$$

$$F_\theta(\theta, \varphi) = \frac{j\eta}{2} I \frac{a}{\lambda} \sin \theta$$

- 1) Déterminer les expressions du vecteur excitation magnétique  $\vec{H}(r, \theta, \varphi)$  et de la caractéristique magnétique  $\vec{G}(\theta, \varphi)$ . Commentaires sur la nature de l'onde et de la dépendance angulaire.
- 2) Déterminer l'expression des vecteurs réels  $\vec{E}(r, \theta, \varphi, t)$  et  $\vec{H}(r, \theta, \varphi, t)$ .
- 3) Démontrer que la puissance rayonnée par un doublet par unité de surface est de la forme :

$$p(r, \theta) = \frac{K}{r^2} \sin^2 \theta, \text{ donner la valeur de } K. \text{ En déduire la puissance rayonnée par unité d'angle solide } P(\theta).$$

- 4) Calculer la puissance total  $P_t$  rayonnée par le doublet, sachant que :  $P_t = \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} P(\theta) \sin \theta d\theta d\varphi$ .

En déduire la résistance de rayonnement d'un doublet.

**Solution :**

1) A grande distance de la source,  $\vec{E}(r, \theta, \varphi)$ ,  $\vec{H}(r, \theta, \varphi)$  et  $\vec{u}_r$  forment un trièdre direct.

$$\vec{H}(r, \theta, \varphi) = \frac{\vec{u}_r}{\eta} \wedge \vec{E}(r, \theta, \varphi) ; \quad \vec{H}(r, \theta, \varphi) = \frac{j}{2} I \frac{a}{\lambda} \sin \theta \frac{\exp(-jkr)}{r} \vec{u}_\varphi$$

On en déduit l'expression de la caractéristique magnétique  $\vec{G}(\theta, \varphi)$  :

$$\vec{G}(\theta, \varphi) = \frac{j}{2} I \frac{a}{\lambda} \sin \theta \vec{u}_\varphi$$

L'onde émise à grande distance au point M est une onde localement plane (orthogonalité de  $\vec{E}(r, \theta, \varphi)$ ,  $\vec{H}(r, \theta, \varphi)$  et  $\vec{u}_r$ ). La composante du champ électrique est orientée suivant  $\vec{u}_\theta$  (composante en site) et l'excitation magnétique ne présente qu'une composante en azimut (orienté suivant  $\vec{u}_\varphi$ ). Les composantes électriques et magnétiques ne dépendent pas de l'angle de site  $\theta$  du fait de la symétrie cylindrique du problème.

$$2) \vec{E}(r, \theta, \varphi, t) = \text{reel} \left( \vec{E}(r, \theta, \varphi) \exp(-j\omega t) \right) = \frac{\eta}{2} \frac{I a}{\lambda r} \sin \theta \cos \left( \omega t - kr + \frac{\pi}{2} \right) \vec{u}_\theta$$

$$\vec{H}(r, \theta, \varphi, t) = \text{reel} \left( \vec{H}(r, \theta, \varphi) \exp(-j\omega t) \right) = \frac{1}{2} \frac{I a}{\lambda r} \sin \theta \cos \left( \omega t - kr + \frac{\pi}{2} \right) \vec{u}_\varphi$$

Les surfaces équiphases sont des sphères centrées sur l'origine :  $r = ct$

3) La puissance par unité de surface est donnée par le vecteur de Poynting complexe :

$$p = \frac{1}{2} E_\theta H_\varphi^* = \frac{1}{2} E_\theta \frac{1}{120\pi} E_\theta^* = \frac{|E_\theta|^2}{240\pi}$$

D'où, la relation :

$$p = \frac{1}{240\pi} \left( \frac{60\pi}{\lambda r} \right)^2 a^2 I^2 \sin^2 \theta$$

$$\text{Donc : } p(r, \theta) = \frac{K}{r^2} \sin^2 \theta \quad \text{avec : } K = 15\pi \left( \frac{a}{\lambda} \right)^2 I^2$$

La puissance rayonnée par unité d'angle solide :  $P(\theta) = p(r, \theta) \cdot r^2 = K \sin^2 \theta$

$$4) P_t = K \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} \sin^2 \theta \sin \theta d\theta d\varphi = 2\pi K \int_{\theta=0}^{\pi} \sin^2 \theta \sin \theta d\theta = 2\pi K \frac{4}{3}$$

$$\text{Donc : } P_t = 40\pi^2 \left( \frac{a}{\lambda} \right)^2 I^2$$

La résistance de rayonnement est définie d'après :  $P_t = \frac{1}{2} R_r I^2 \rightarrow R_r = \frac{2P_t}{I^2} = 80 \left( \frac{\pi a}{\lambda} \right)^2 \Omega$