

TD5 : antennes adaptatives

Tiré du DS 2001-02

INSA
Département Télécommunications, Services & Usages
-2002

1. Principe des antennes adaptatives

On propose de remplacer un site équipé d'une antenne omnidirectionnelle, par un groupement adaptatif d'antennes omnidirectionnelles. On appelle antennes adaptatives, ou intelligentes, des antennes capables de modifier dynamiquement leur diagramme de rayonnement.

On considère un cas simple constitué de 4 antennes doubles, verticales, omnidirectionnelles (de type $\lambda/2$), réparties comme l'indique la figure 1. Pour permettre l'adaptation dynamique du diagramme de rayonnement, le même signal sinusoïdal alimente simultanément les 4 antennes, avec un déphasage relatif variable (on prend le courant de l'antenne 1 comme référence) :

$$I_1=I_0 \quad ; \quad I_2=I_0 e^{j\phi_2} \quad ; \quad I_3=I_0 e^{j\phi_3} \quad ; \quad I_4=I_0 e^{j\phi_4}$$

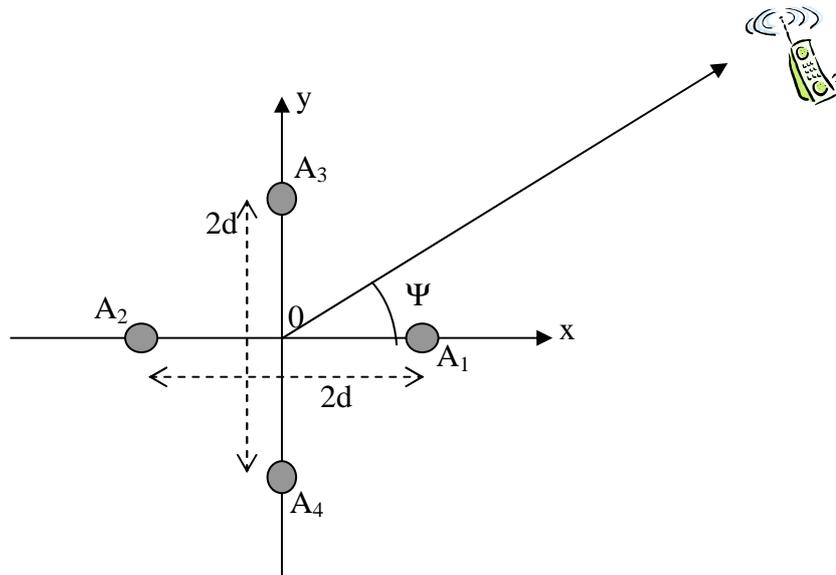


figure 1 : visualisation du groupement d'antennes dans le plan horizontal.

2. Etude générale de la fonction caractéristique

- 1) Calculez la fonction caractéristique $F(\psi)$ dans le plan xOy , de ce groupement d'antennes, en fonction de $\beta \cdot d$ et des phases des courants. Rappelez l'expression du gain d'antenne en fonction de $F(\psi)$.

Rem : utilisez comme repère le point central. Ne cherchez pas à simplifier cette expression.

- 2) Déterminez les conditions à imposer aux phases des courants (en fonction de β et de d) permettant d'avoir une puissance maximale dans une direction particulière ψ_0 .

Rem : on rappelle le résultat suivant :

$$\max \left(\left| e^{j\theta_1} + e^{j\theta_2} + \dots + e^{j\theta_n} \right| \right) = n \quad ; \text{ obtenu pour } \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_n .$$

3. Etude dans la direction $\Psi=0$.

Etudions le cas particulier de la direction $\psi_0=0$. (par exemple pour communiquer avec un mobile situé dans la direction $\psi=0$).

- 1) Déduisez de la question 2 les contraintes à appliquer aux déphasages de courants dans ce cas particulier.
- 2) Exprimez la fonction caractéristique correspondante sous la forme :
 $F(\psi) = |2 \cdot \cos(A) + 2 \cos(B)|$; où vous explicitez A et B.
- 3) Déterminez alors la distance d minimale, telle que la puissance émise dans les 3 directions (π ; $\pi/2$; $3\pi/2$) soit nulle.

4. Etude pour $d=\lambda/4$.

On fixe dorénavant la valeur de d à $\lambda/4$ pour réaliser cette antenne composite. Il est en effet difficile de jouer dynamiquement sur le positionnement relatif des antennes. Par contre, on va jouer sur les phases des 4 éléments.

- 1) Recherchez à partir du résultat de la question 2, les valeurs de déphasage permettant d'optimiser le lien radio successivement pour des mobiles situés dans une direction $\psi_0=\pi/3$ puis $\psi_0=\pi/4$.
- 2) Tracez approximativement (zéros, lobes, maxima) les diagrammes de rayonnement correspondant au groupement d'antennes lorsque l'on vise un mobile placé en $\psi_0=0$; $\psi_0=\pi/4$; $\psi_0=\pi/3$; $\psi_0=\pi/2$.
- 3) Expliquez pourquoi et comment ce concept peut permettre l'amélioration des réseaux cellulaires du type GSM. Détaillez comment l'exploiter en émission, puis en réception. Dans quel cas (émission ou réception ou les 2) la localisation du mobile est-elle nécessaire ?