ENSEA

Beyond Engineering

ANTENNES – ESC

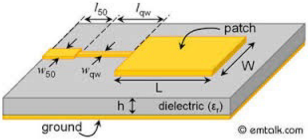
Cours 5: Antennes Patchs imprimés

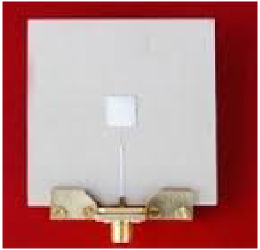
Alexis MARTIN

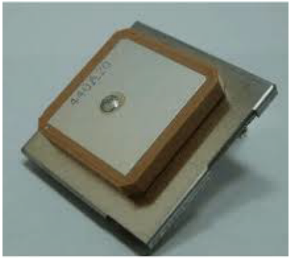
2025

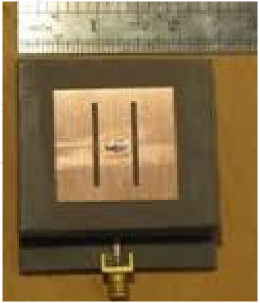
ENSEA
Beyond Engineering

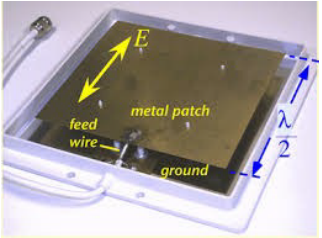
Antennes Patchs

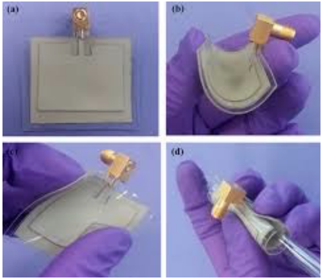






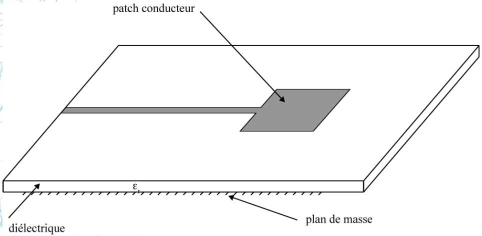


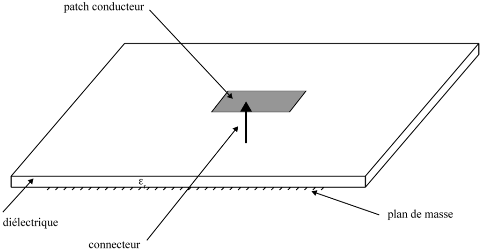




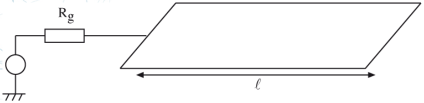
Modélisation approchée

Deux méthodes d'alimentation possibles:

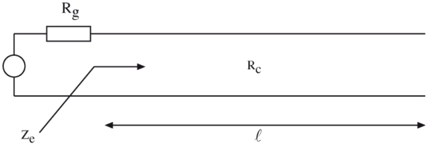




Approximation de la ligne sans pertes:



⇔



Fréquence de résonance

Ondes stationnaires d'amplitude $V_{\max}$:

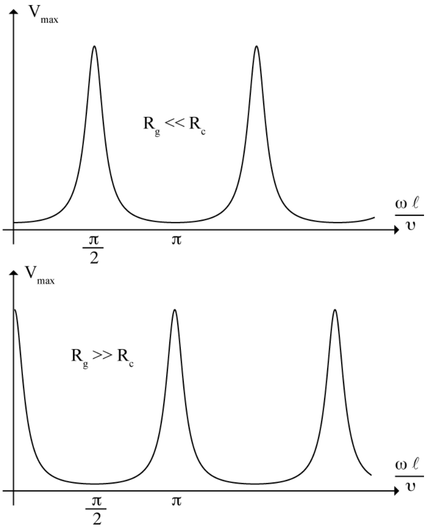
$$V_{\max} = \frac{V_g}{\sqrt{\cos^2\left(\frac{\omega.l}{v}\right) + \frac{R_g^2}{R_c^2}\sin^2\left(\frac{\omega.l}{v}\right)}}$$

Le cas des antennes "patch" correspond à $R_g >> R_c$

Les fréquences de résonance sont donc données par:

$$l = n\frac{\lambda_g}{2}$$

λ_g: longueur d'onde "guidée"



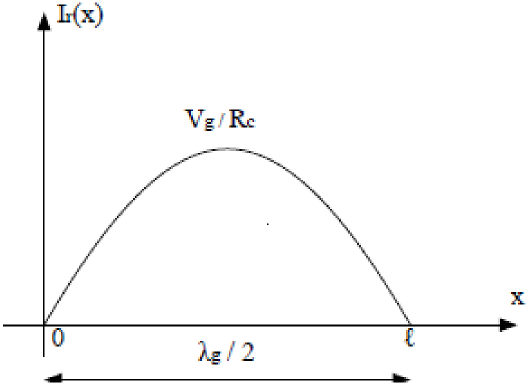
Courant à la résonance sur le patch $\lambda_g/2$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

λ_0: longueur d'onde dans le vide

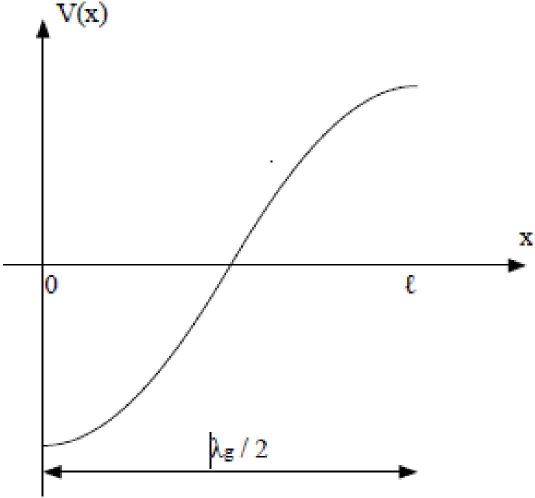
ϵ_{eff}: constante diélectrique “effective”, qui dépend de la géométrie de la ligne

Dans l'approximation de la ligne sans pertes, le courant est donné par:



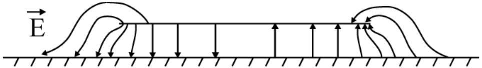
Tension à la résonance sur le patch $\lambda_g/2$

Dans l'approximation de la ligne sans pertes, la tension est donnée par:

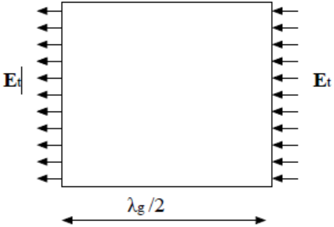


Champ électrique autour du patch

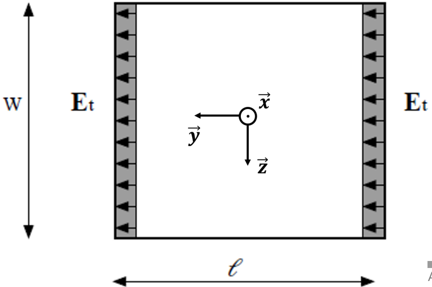
Vue de “côté” :



Vue de dessus:



Equivalence avec le rayonnement de 2 fentes:



Longeur effective du patch

En pratique, à cause du débordement des lignes de champ, la longeur effective L_e du patch est:

$$L_e = L + 2\Delta L$$

On utilise classiquement la formule empirique:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3)(\frac{W}{h} + 0.264)}{(\epsilon_{eff} - 0.258)(\frac{W}{h} + 0.8)}$$

- h la hauteur du substrat
- W la largeur du patch
- ϵ_{eff} la constante diélectrique effective
  $$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12\frac{h}{W}}}$$

La résonnance se produit donc pour:

$$L_e = \frac{\lambda_g}{2}$$

Diagramme de rayonnement

Selon l'approximation de ligne sans pertes (**attention au repère utilisé**, Cf slide 8):

$$E_\varphi \approx K \sin\theta \frac{\sin\left(\frac{k.h\sin\theta\cos\varphi}{2}\right)}{\frac{k.h\sin\theta\cos\varphi}{2}} \frac{\sin\left(\frac{k.W\cos\theta}{2}\right)}{\frac{k.W\cos\theta}{2}} \cos\left(\frac{k.L_e}{2}\sin\theta\sin\varphi\right)$$

avec:

- h la hauteur du substrat
- W la largeur du patch
- L_e la longueur effective du patch

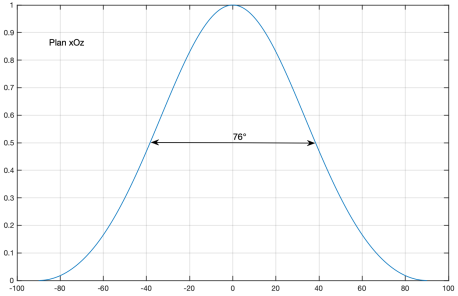
Pour des substrats de faible épaisseur ($kh << 1$), on a:

$$E_\varphi \approx E_0 \sin\theta \frac{\sin\left(\frac{k.W\cos\theta}{2}\right)}{\cos\theta} \cos\left(\frac{k.L_e}{2}\sin\theta\sin\varphi\right)$$

ENSEA
Beyond Engineering

Diagramme de rayonnement

Tracé avec $W = L_e = 0,4\lambda_0$:



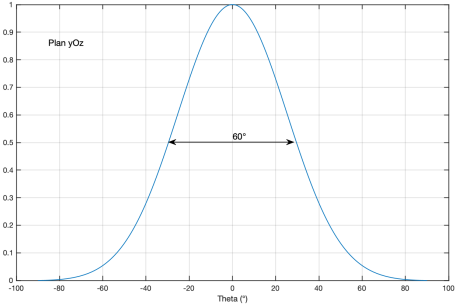


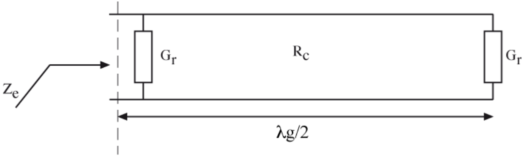
Diagramme de rayonnement

La formule $D \approx \dfrac{36400}{\theta_E^\circ \theta_H^\circ}$ donne dans ce cas $D = 9\ dB$

Sachant que la conductance d'une fente est donnée par:

$$G_r = \frac{4\pi w^2}{3\eta\lambda^2}$$

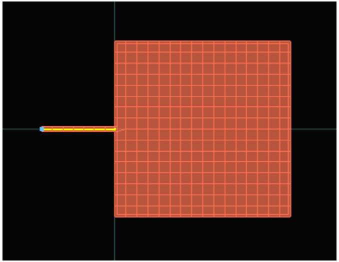
Le modèle de la ligne sans pertes équivalente donne:



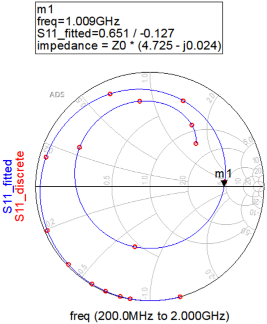
$$Z_e = \frac{1}{2.G_r} = 281\ \Omega \qquad \text{(pour } w = 0.4\lambda\text{)}$$

Simulations 2,5D d'un patch $0.4\lambda_0 \times 0.4\lambda_0$

Patch $12cm \times 12cm$
Substrat air, épaisseur 25 mm



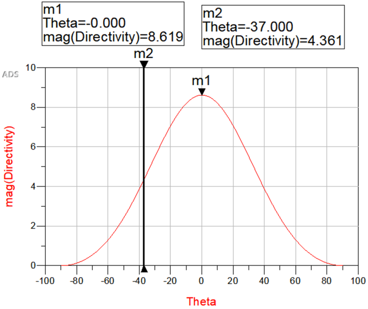
Impédance $=$ 250 Ω à la fréquence de résonance (1 Ghz)

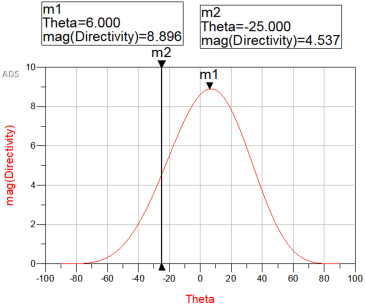


ENSEA
Beyond Engineering

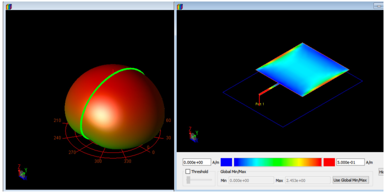
Simulations 2,5D d'un patch $0.4\lambda_0 \times 0.4\lambda_0$

Diagramme rayonnement 2D:





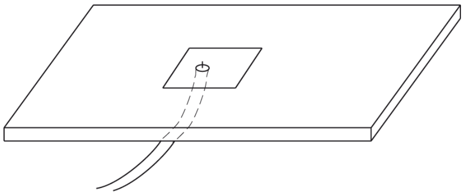
Courants + diagramme rayonnement 3D:



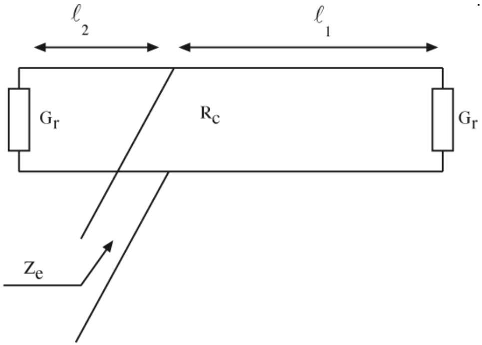
ENSEA
Beyond Engineering

Alimentation du patch en un point quelconque

Alimentation au travers du plan de masse:



L'impédance d'entrée peut être calculée à l'aide du modèle de la ligne sans pertes équivalente:



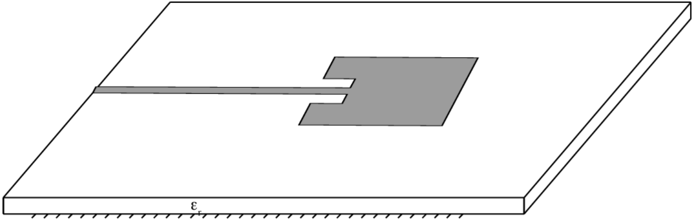
Alimentation du patch en un point quelconque

On trouve que la fréquence de résonance est inchangée, elle est telle que:

$$l_1 + l_2 = \frac{\lambda_g}{2} - 2\Delta L$$

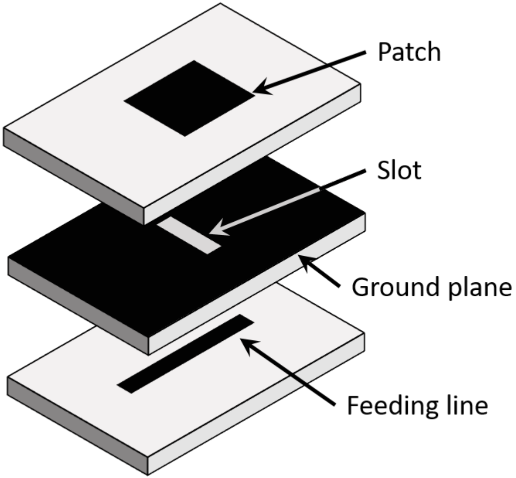
Par contre, le choix de la position du point d'alimentation permet de "régler" la valeur de l'impédance à la résonance: en se rapprochant du centre, l'impédance tend vers 0 (mais l'antenne devient plus sélective).

Variante:



ENSEA
Beyond Engineering

Alimentation du patch par couplage



Cette méthode permet de séparer l'alimentation de l'élément rayonnant.
Inconvénient: augmentation du rayonnement arrière dû au rayonnement de la fente.