

L3 : Canaux de transmission

Année 2009-2010

TP 2 : Dipôles, transmission en espace libre

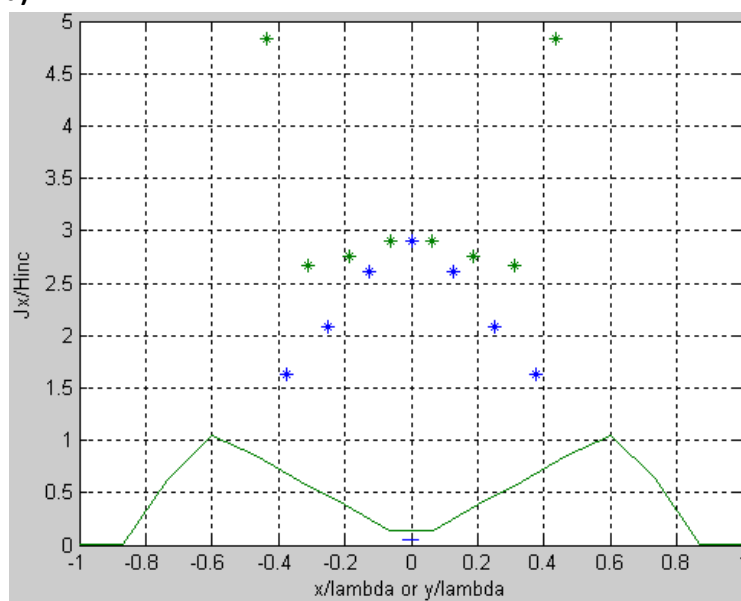
Question 5 du TP 1 :

Condition de champ lointain. En analysant cette figure, on remarque qu'à partir de 5 m, l'antenne de reçoit quasiment plus de courant

E en y donc H en z donc poyting en x.

5.1)

a)



On remarque que comme prévu plus on s'éloigne de l'antenne, plus la densité du courant diminue. On estime une limite de réception à 5m ,distance à laquelle on ne ressent plus qu'une très faible intensité du courant.

b)

La condition de champ lointain s'exprime par la formule

$$R_f = 2D^2/\lambda$$

$$\lambda = 2$$

$D = 2$ (car même si c'est un dipôle l'antenne possède tout de même une épaisseur non négligeable)

R_f est donc égale à 4.

Or nous sommes à 5m de l'antenne. Nous ne sommes donc pas dans la condition de champ lointain.

```
EField =

-0.0000 + 0.0000i
-0.1328 + 0.1149i
 0.0000 - 0.0000i
```

```
HField =

1.0e-003 *

 0.3595 - 0.3112i
-0.0001 + 0.0001i
-0.0000 + 0.0000i
```

```
Poynting =

1.0e-004 *

 0.0000
 0.0000
 0.4176
```

```
W =

4.1760e-005
```

```
U =

 0.0010
```

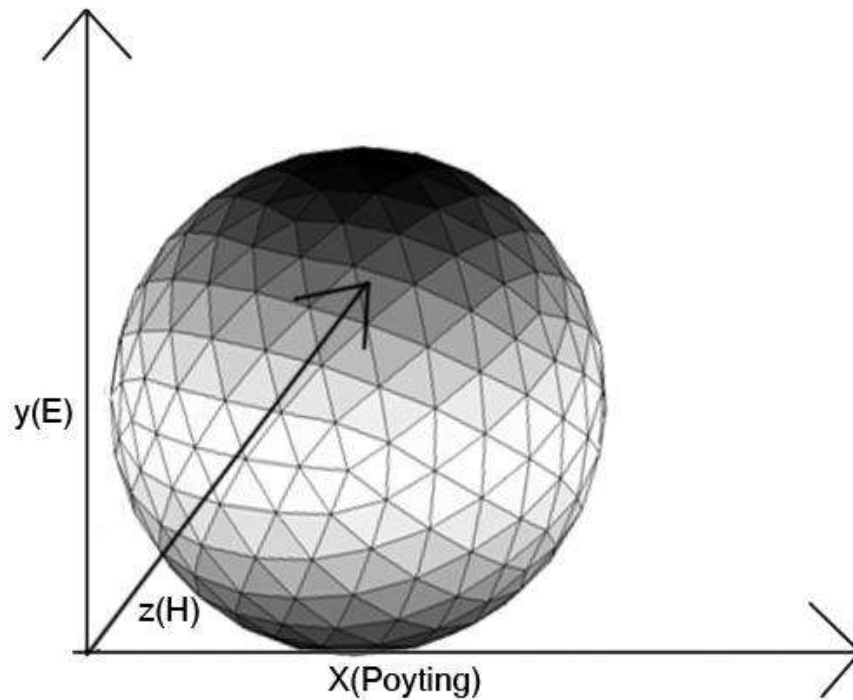
```
>> |
```

W est la densité de rayonnement

U est l'intensité de rayonnement

5.2)

a)



b)

```
TotalPower =
    0.0082

GainLogarithmic =
    2.1466

GainLinear =
    1.6393
```

La puissance totale rayonnée est 0.0082. Le gain est de 1.6393.

La puissance totale rayonnée est un double intégral de la densité de puissance :

$$P = \int_{\Sigma} p \, dS$$

Σ étant une surface fermée (de forme et de taille quelconque) entourant complètement l'antenne d'émission

dS étant l'élément de surface exprimé en coordonnées sphériques

le gain est le rapport de la densité de puissance dans la direction où elle est maximale sur la densité de puissance si l'antenne était isotrope, à la même distance :

$$\text{gain} = p_{\text{max}} / p_{\text{iso.}}$$

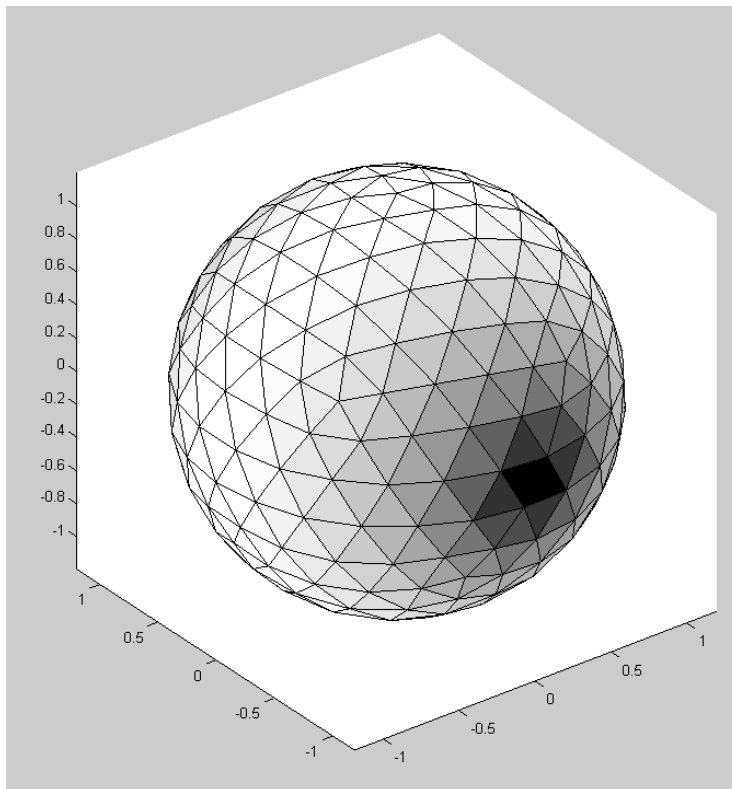
Ce qui est équivalent de :

$$\text{gain} = \frac{\text{puissance que devrait avoir l'émetteur muni d'une antenne isotrope}}{2 \times \text{puissance de l'émetteur muni de son antenne directive}}$$

ici, comme on est dans le cas de $\frac{\lambda}{2}$, alors le gain est égale à 1.64 avec une puissance totale rayonnée de 0.0082, ce qui correspondent bien aux résultats qu'on a trouvé en cours.

c)

rayon : 1,2 m



TotalPower =

0.0084

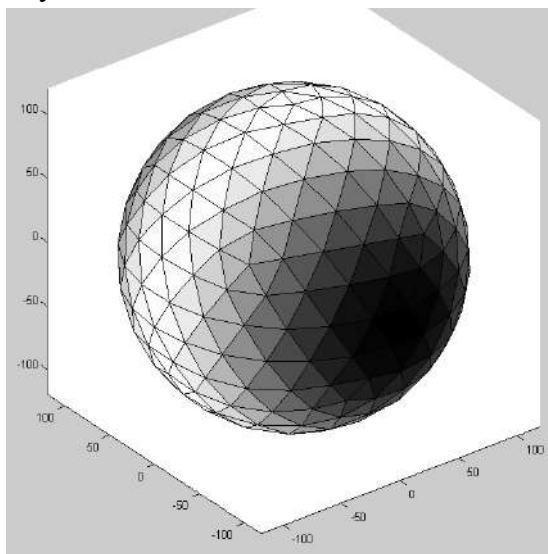
GainLogarithmic =

0.7946

GainLinear =

1.2008

Rayon 120



TotalPower =

0.0082

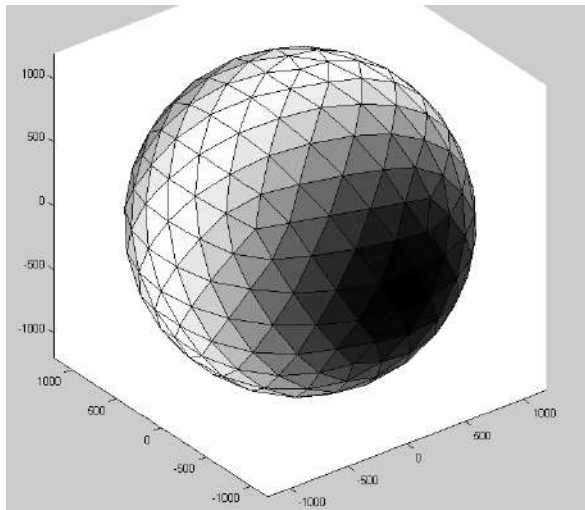
GainLogarithmic =

2.1467

GainLinear =

1.6393

Rayon 1 200



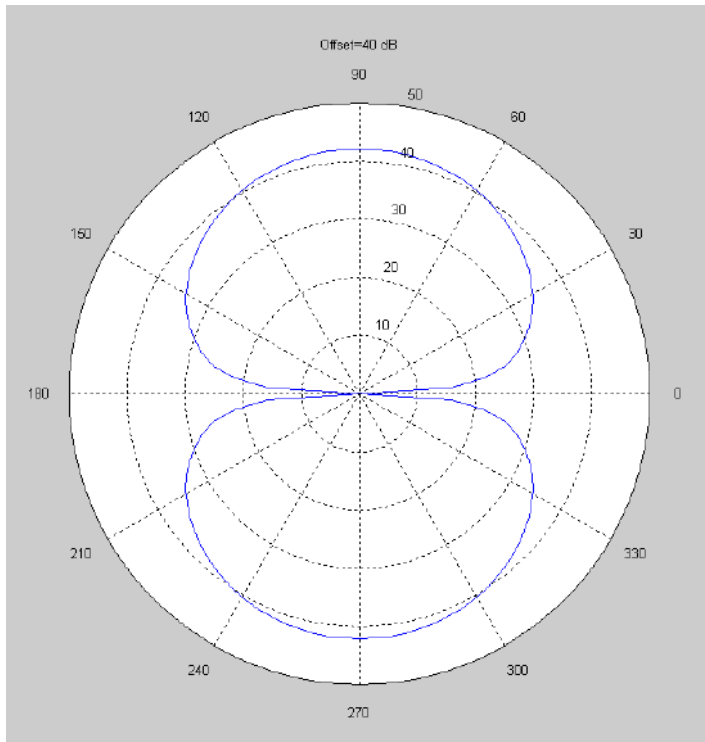
```
TotalPower =  
  
    0.0082  
  
GainLogarithmic =  
  
    2.1468  
  
GainLinear =  
  
    1.6394
```

L'intensité rayonnée à travers la sphère est très importante pour un rayon de 1,2 m (il y a beaucoup de blanc). Elle est plus faible pour des rayons plus grands.
Lorsque le rayon augmente, le gain diminue et la puissance totale rayonnée baisse légèrement.

5.3)

a)

Diagramme de rayonnement ($r=100\text{m}$):



On observe bien une antenne omnidirectionnelle. Il n'y a pas de émission aux extrémités de l'antenne.

La valeur du rayon est 100m et la puissance totale rayonnée est de 0,0084.

D'après la formule : $r = P / P_{\text{max}}$ → $P_{\text{max}} = P/r = 0,0084/100 = 0,000\ 084$

b)

La surface du dipôle est ($\lambda * \text{épaisseur}$) = $2 * 0.05 = 0.1\ \text{m}^2$

La surface équivalente de l'antenne est :

$$S = \lambda^2 * \text{gain} / 4\pi = 2^2 * 1.6394 / 4\pi = 0.5218\ \text{m}^2.$$

On remarque que la surface équivalente de l'antenne d'émission est environ 5 fois plus grande que la surface du dipôle.

c)

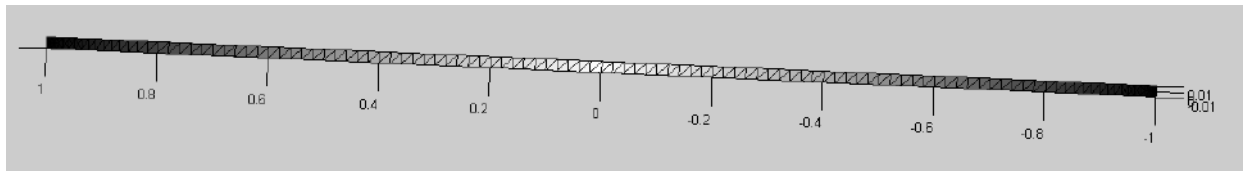
Plus on se place près de l'antenne (rayon de la sphère de 1,2m), meilleure est l'intensité. On peut remarquer sur la sphère que les extrémités n'émettent pas. Sur le diagramme de rayonnement, on peut aussi voir ce phénomène et on remarque que l'antenne est omnidirectionnelle.

_____ FIN DE LA QUESTION 5 _____

Question 1 :

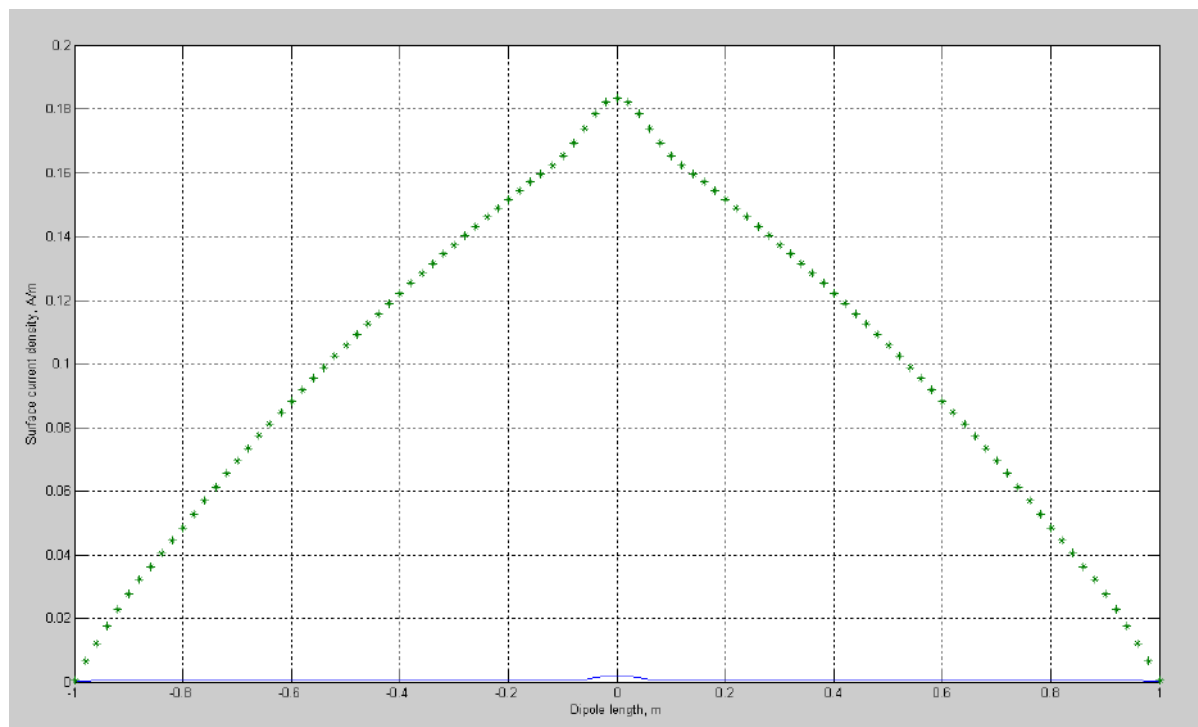
1.1) et 1.2)

Pour $f = 50\text{MHz}$



On obtient une épaisseur de 0,02m et une longueur de 2m, donc la surface du dipôle est de 0,04m².

La densité surfacique est majoritairement présente sur le milieu du dipôle. Elle ne l'est plus sur les extrémités. Il n'y a qu'un seul ventre de courant (entre -1 et 1).



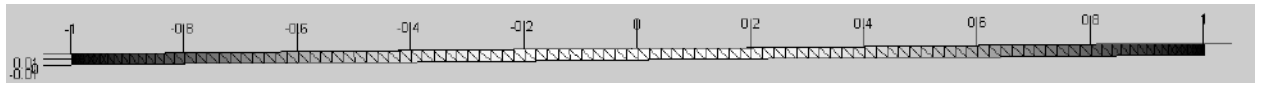
Au point d'alimentation, on a une densité surfacique de courant de 0,182 A/m. Aux nœuds, cette densité est nulle.

$$\lambda = c/f = 6 \text{ m}$$

$$D/\lambda = 2/6 = 1/3$$

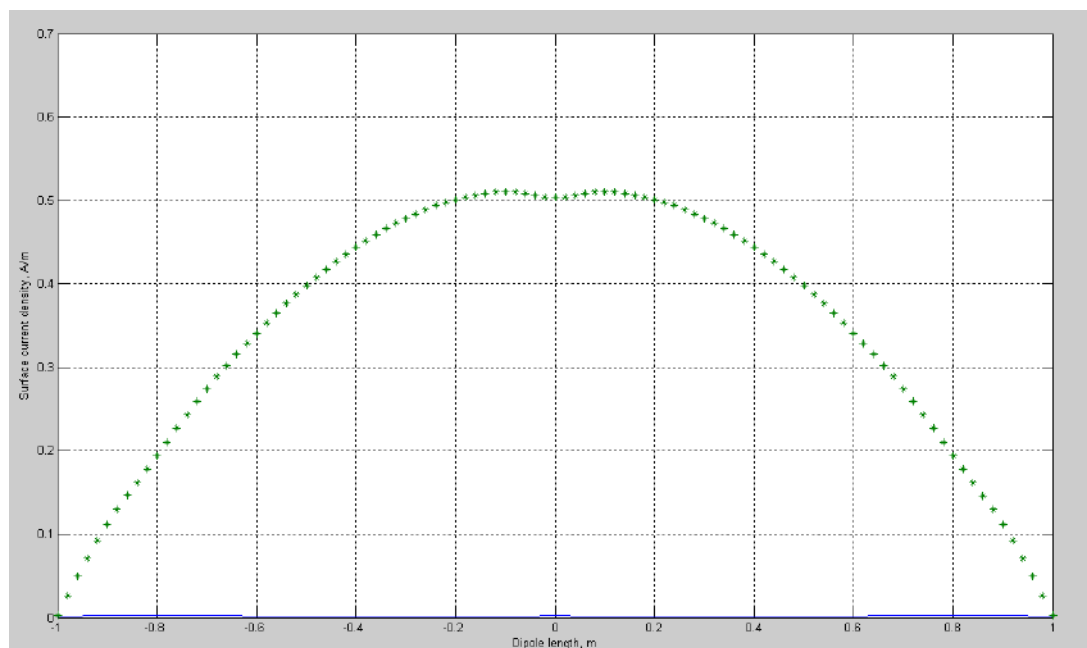
Or la longueur de l'antenne est 2m, donc on est dans le cas d'une antenne en $\lambda / 3$.

Pour $f = 75\text{MHz}$



De même que pour une fréquence de 50 MHz, on obtient un ventre et 2 nœuds. Le ventre est cependant plus grand (de -0,4 à 0,4). La fréquence est optimale, car en $\lambda/2$.

$$D / (\lambda/2) = 2 / (\lambda/2) = 2$$



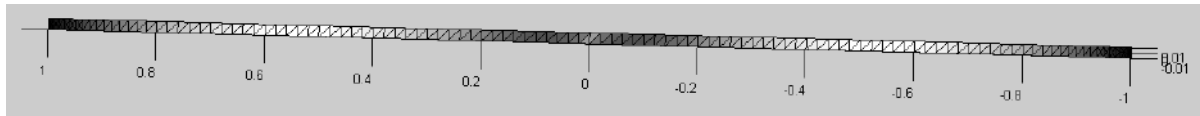
On observe que le point d'alimentation a une densité de 0.5 A/m.

$$\lambda = c/f = 4$$

$$D/\lambda = 2/4 = 1/2$$

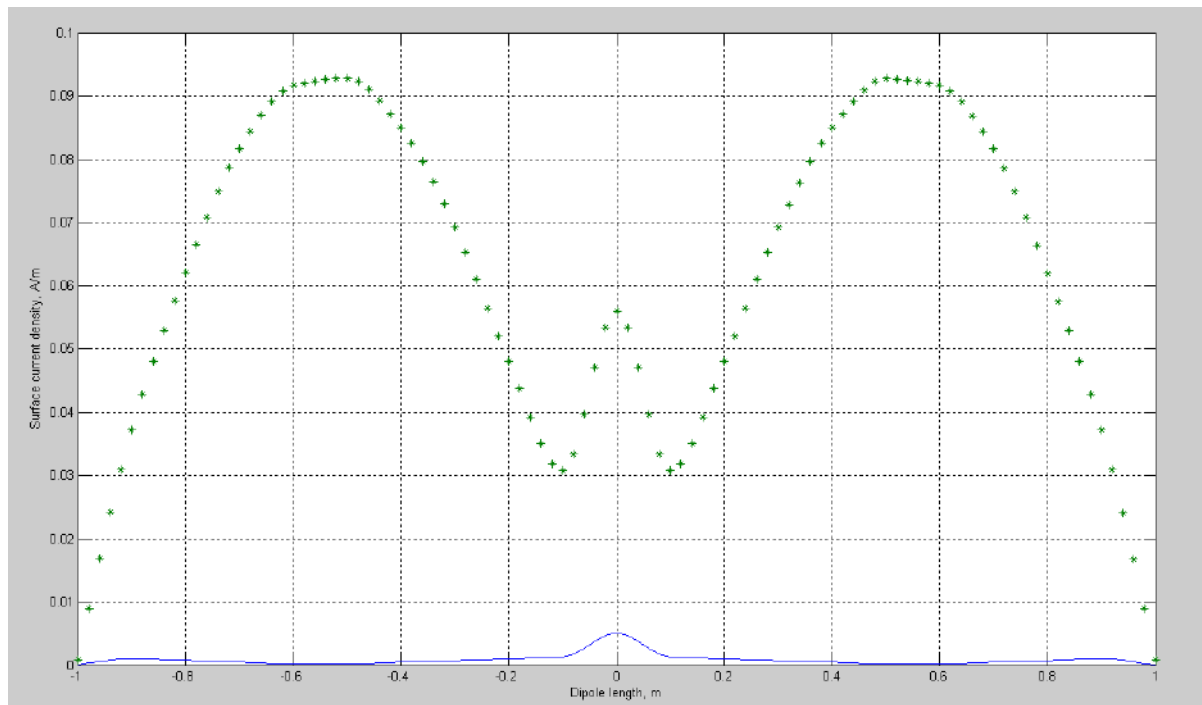
On est dans le cas d'une antenne en $\lambda/2$.

Pour $f = 150 \text{ MHz}$



On observe qu'il y a 2 ventres de courant et 3 nœuds.

Le 1^{er} ventre va de -0,75 à -0,25. Le 2nd va de 0,25 à 0,75. Les nœuds sont aux extrémités et à $x=0$.



On observe 3 ventres. Celui du milieu est dû à la collision des 2 grands ventres.

Au point d'alimentation, la densité est de 0,055. Les ventres sont à 0,092.

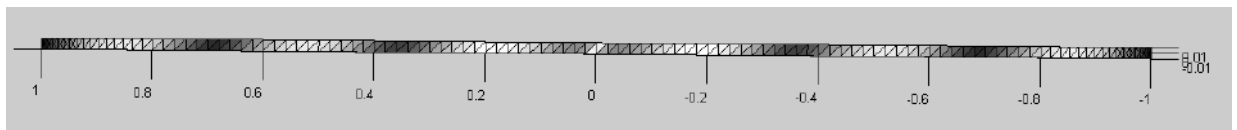
On observe 4 nœuds, qui valent 0 et 0,03.

$$\lambda = c/f = 2 \text{ m}$$

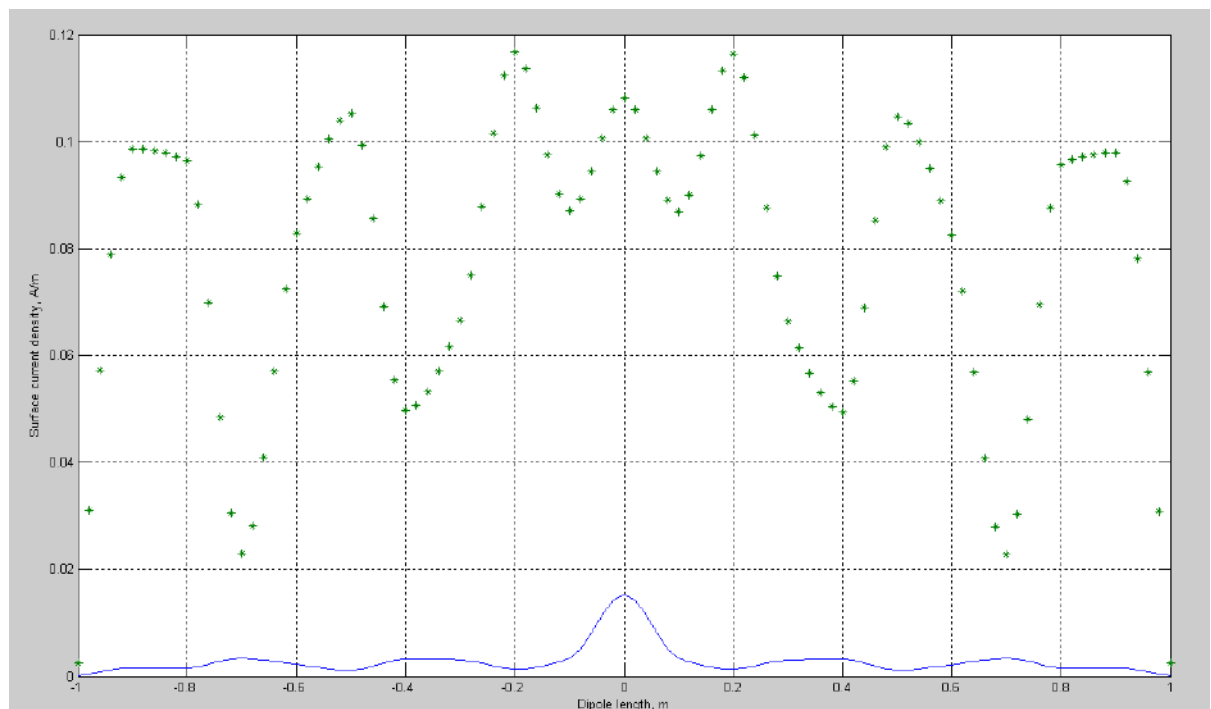
$$D/\lambda = 2/2 = 1$$

On est dans le cas d'une antenne en λ .

Pour $f = 450 \text{ MHz}$



On observe 7 ventres et 8 nœuds.



On a du mal à observer les ventres et les nœuds, mais on retrouve quand même les 7 ventres et les 8 nœuds vus précédemment.

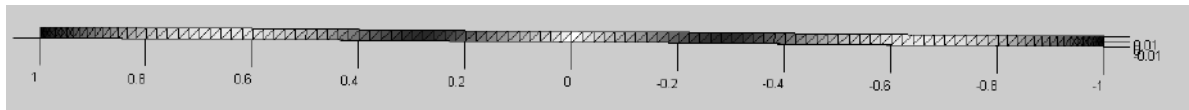
Les nœuds et ventres sont situés entre 0 et 0,09 A/m.

$$\lambda = c/f = 2/3 \text{ m}$$

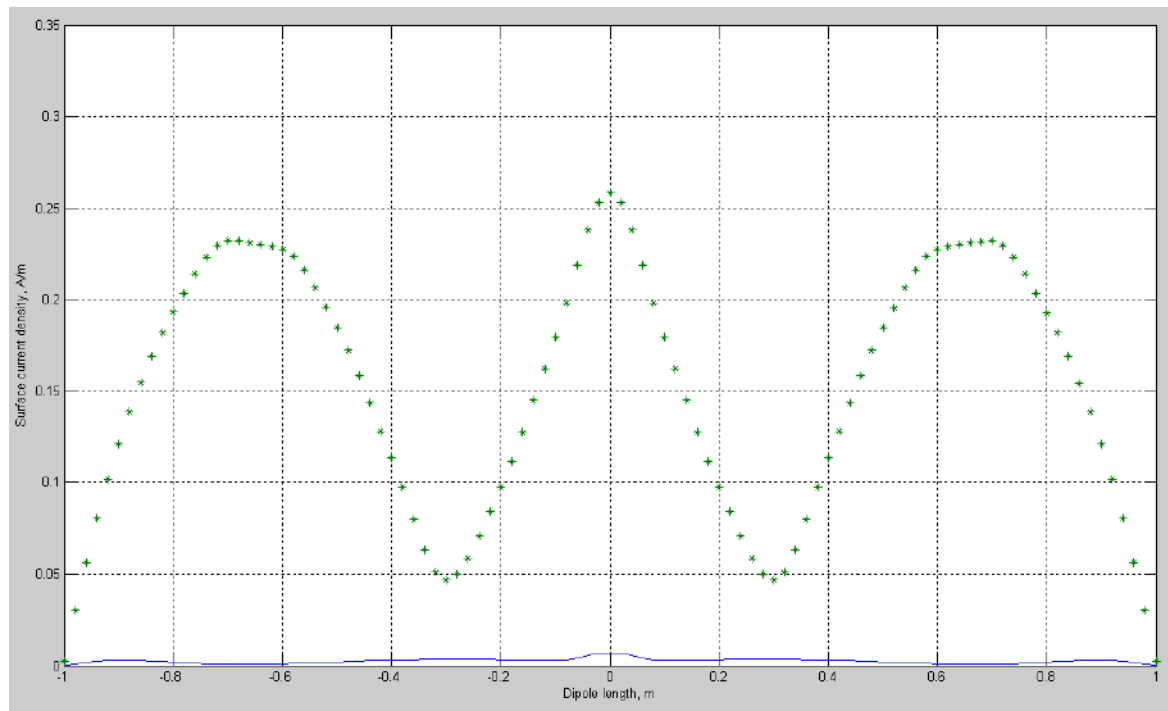
$$D/\lambda = 2/(2/3) = 4/3$$

On est dans le cas d'une antenne en 3λ .

Pour $f = 200 \text{ MHz}$



On observe 3 ventres et 4 nœuds.



On observe bien les 3 ventres (entre 0.23 et 0.26 A/m).

Plus la fréquence augmente, plus on s'éloigne du rapport $\lambda/2$. Il y a donc de plus en plus de ventres.

$$\lambda = c/f = 3/2 \text{ m}$$

$$D/\lambda = 2/(3/2) = 3$$

On est dans le cas d'une antenne en $4\lambda/3$.

1.3)

On choisit des fréquences correspondant à des multiples de $\lambda/2$ pour pouvoir visualiser la totalité des ventres, sans qu'ils ne soient coupés.

Question 2 :

2.1)

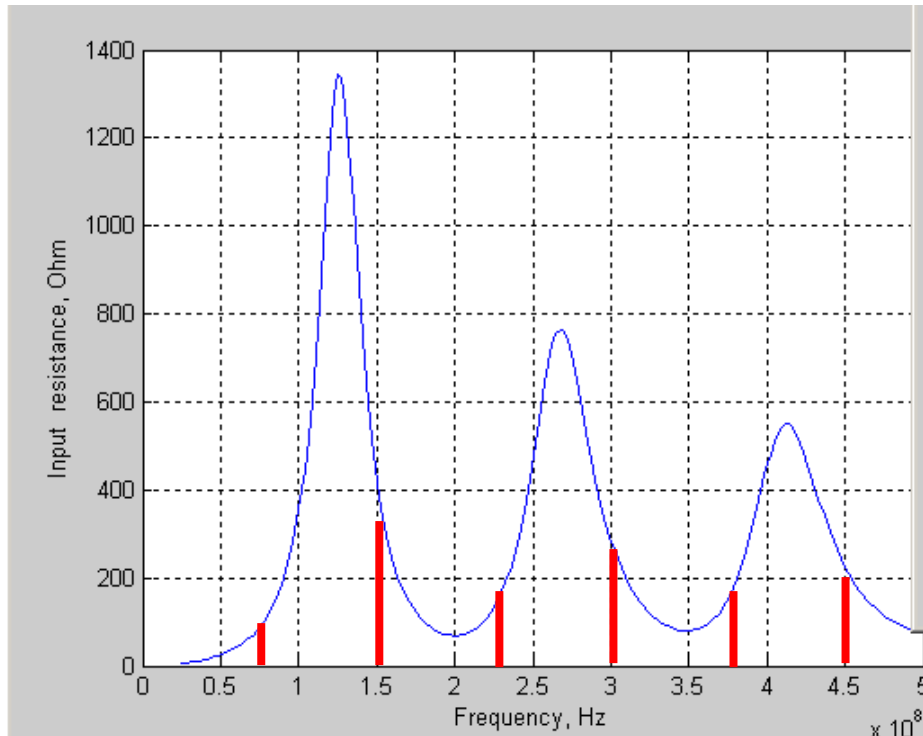


Figure 1 : Partie réelle de l'impédance d'entrée

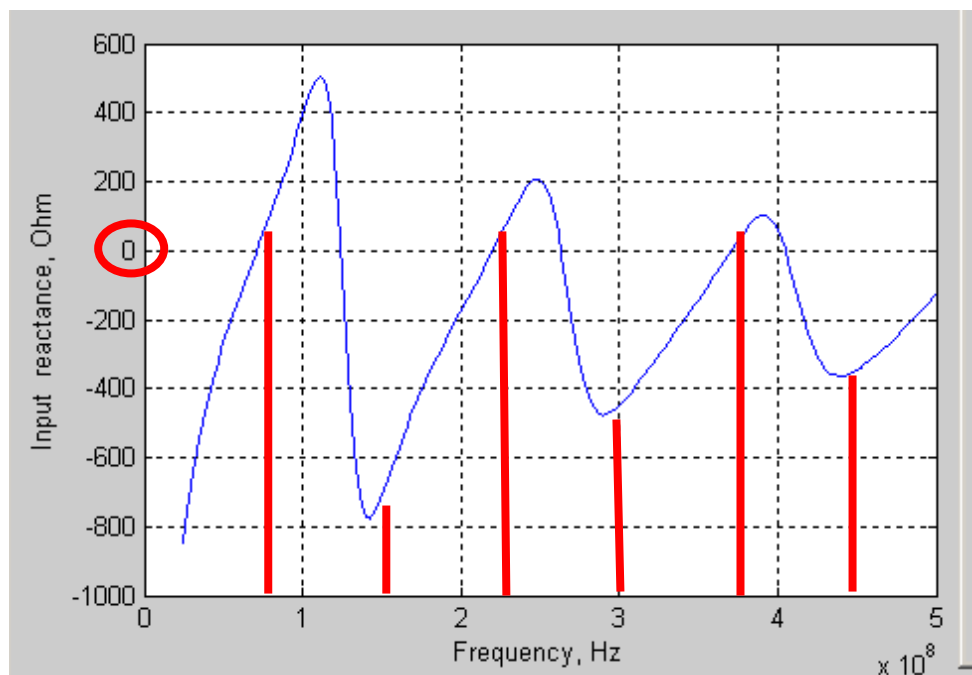


Figure 2 : Partie imaginaire de l'impédance d'entrée

Sur le graphique, on peut voir qu'à la fréquence $f = 75$ MHz, la partie imaginaire est nulle et la partie réelle est faible, comparée aux autres. Pour cette fréquence, on a une résistance réelle faible.

2.2)

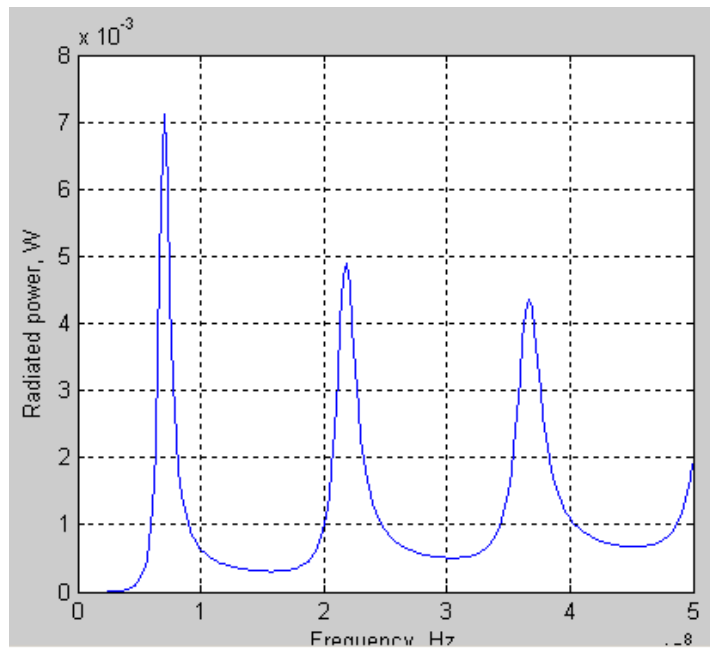


Figure 3 : Puissance rayonnée

Plus l'impédance est élevée, plus la puissance rayonnée est faible. On récupère donc moins de puissance à la réception.

2.3)

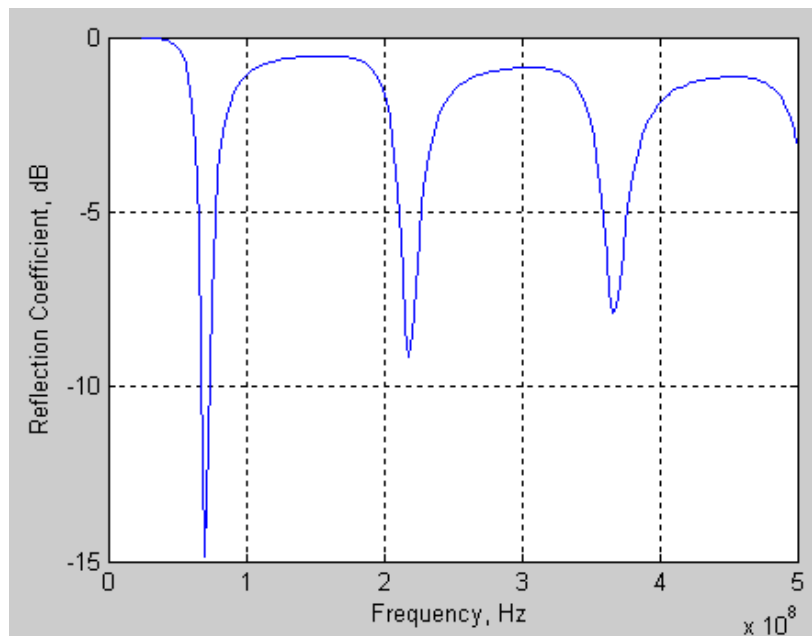


Figure 4 : Coefficient de réflexion en dB

Les courbes du coefficient de réflexion et de la puissance rayonnée sont inverses. Lorsque la réflexion est faible, c'est que la puissance rayonnée a bien été reçue. S'il y a beaucoup de réflexion, la puissance rayonnée est faible.

2.4)

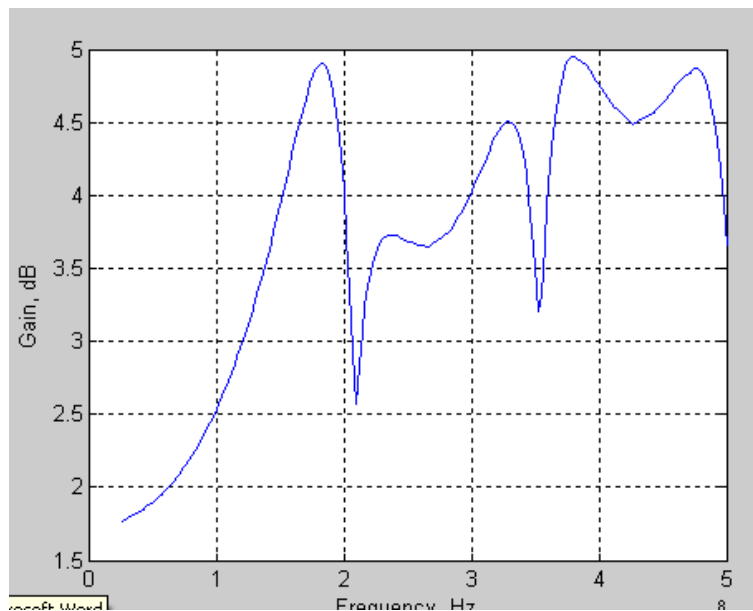


Figure 5 : gain

Pour la fréquence optimale $f = 75$ MHz, on obtient un gain de 2.15, ce qui correspond bien à un dipôle de type $\lambda/2$.

La tendance de la courbe augmente. Ce qui signifie que la puissance rayonnée effective s'éloigne de la puissance rayonnée si l'antenne était isotrope.

On peut confirmer que la fréquence $f = 75$ MHz, qui correspond à un dipôle de type $\lambda/2$, est idéale.

Question 3 :

Pour `rwg3` :

`Imp =`

`8.2913e+001 -1.2258e+002i`

`T =`

`98.6875`

`Efield2 :`

```
FF =
    200

ans =
    0.0019
```

Donc la puissance rayonnée est de 0.0019, et l'impédance est de $82.913 - 122.58i$.

Donc la partie réelle de l'impédance Z_a est : $\text{Re}(Z_a) = 82.913$

On sait que $Z_a = U/I$, donc $I = U / Z_a$, or on connaît les valeurs de Z_a et U (1 volt),

$$\text{donc : } I = \frac{1}{83 - 123i} = \frac{83 + 123i}{(83 - 123i)(83 + 123i)} = \frac{83 + 123i}{(83)^2 - (123i)^2} = \frac{83 + 123i}{22018}$$

$$I = 0.0038 + 0.0056i$$

On a aussi la formule $P_{\text{ray}} = \frac{1}{2} * R_{\text{ray}} * |I|^2$

$$R_{\text{ray}} = \frac{2 * P}{|I|^2}$$

$$R_{\text{ray}} = \frac{2 * 0.0019}{0.0052^2 + 0.0078^2}$$

$$R_{\text{ray}} = 43.26 \text{ ohm}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{alim}} &= \frac{1}{2} * \text{Re}(Z_a) * |I|^2 \\ &= \frac{1}{2} * 83 * 0.00008784 \\ &= 0.0036 \end{aligned}$$

Question 4

4.1)

Pour un dipôle de longueur d'onde $\lambda/2$ avec une fréquence du signal de 75MHz, et pour un point d'observation placé à 100m sur l'axe des z, pour le champ électrique on a bien :

```
EField =
-0.0000 - 0.0000i
-0.0044 - 0.0049i
0.0000 + 0.0000i
```

Grâce au programme rwg4 dans le répertoire « receivingantenna », on a bien :

```
Pol =
0          -0.0044 - 0.0049i      0
```

On calcule $U = I * Z_a = (0.000090 - 0.000023i) * (83 - 123i)$
 $= 0.071871 - 0.012979i$

L'amplitude est : $(0.07187^2 + 0.012979^2)^{1/2} = 0.073$

On calcule la phase par : $\cos(\text{phase}) = 0.07187 / 0.073 = 0.98$

$\sin(\text{phase}) = 0.012979 / 0.073 = 0.178$

(on n'a pas pu calculer la valeur exacte de phase, à cause de manque de temps)

4.2)

La puissance reçue par cette antenne est :

$P_{\text{reçue}} = P_{\text{émise}} * G_{\text{émise}} * G_{\text{reçue}} * C^2 / (16 \pi^2 d^2 f^2)$

$I = V_a / (Z_a + Z_L)$