

Partie I - Rayonnement d'une antenne

I.A.1)

I.A.2) Pour l'amplitude en $1/r$ varie peu, alors que la phase en $\exp(-jkr)$ varie de 100% !

I.A.3) Il suffit de trouver les dimensions de chaque expression (en exploitant)

I.A.4) et donc comme pour une onde plane progressive.

I.B.1) En notation complexe : $\vec{i}(z,t) = I_0 \cos(\pi z/L) \exp(j\omega t)$.

I.B.2) a) Différence de marche $\delta = z \cdot \cos(\theta)$.

b)

en posant $X = \pi z/L$ et $a = (2L/\lambda) \cos \theta$.

Puisque alors

c) Tenant compte de $L = \lambda/2$, le champ électrique vaut effectivement

I.B.3) Localement l'onde est plane donc

I.B.4) Vecteur de Poynting

moyenne temporelle

I.B.5) Flux à travers une sphère de rayon r ,
soit avec la donnée de l'énoncé

I.B.6) $P =$, donc A-N : $R_r = 292,7 \, \Omega$.

Pour France Inter à Allouis le courant vaut $I_0 \approx 120A$!

Partie II - Propagation entre l'ionosphère et la terre

II.A.1) R.F.D à un électron ionosphérique $\Rightarrow$ soit en complexe

Par définition de la densité de courant :

II.A.2) Maxwell :

A partir de

Ce qui conduit à l'équation de propagation :

En notation complexe

L'équation de dispersion est donc bien de la forme

à condition de poser A-N: $f_p = \omega_p/2\pi = 8,98MHz$.

Pour $f < f_p$ le coefficient k' est imaginaire pur. L'onde transmise est évanescente. Donc pas de propagation pour les ondes émises par France Inter G.O.

II.A.3) Conditions en $z = 0$: et

et aussi pour des ondes planes :

II.A.4) Alors avec $\underline{r} = \underline{E}_{0r}/E_0$ et $\underline{t} = \underline{E}_{0t}/E_0$ on a :

en éliminant $\underline{t}$ on trouve : avec

Si $f < f_p$ le facteur de réflexion en puissance $R = |\Gamma|^2$ est le quotient de deux complexes conjugués, il est donc égal à l'unité, les ondes de France Inter G.O. sont totalement réfléchies par l'ionosphère.

II.B.1) $\Rightarrow$ Maxwell-Gauss $\Rightarrow$ donc

II.B.2) Maxwell $\Rightarrow$

on aboutit alors à

En projetant sur l'axe Oy :

La solution est exponentielle ou sinusoïdale mais seule une solution sinusoïdale permet de satisfaire la condition $E_z = 0$ sur les plans $z = 0$ et $z = h$,

Soit avec n entier.

Le champ électrique en réel est donc bien : ($n \in \mathbb{N}$).

Il s'agit d'une onde qui progresse sur Ox avec une amplitude fonction sinusoïdale de z .

II.B.3) Pour $n = 1 \Rightarrow$ soit avec $\omega_c = \pi c/h$.

A-N: $f_c = \omega_c/2\pi = c/2h = 2,5$ kHz pour $h = 300$ km et 500 Hz pour 60 km

Les ondes de France Inter, k_g est réel, peuvent donc se propager entre l'atmosphère et la terre ?

Partie III - Modulation

III.A.1) avec $m = k.v_m$ = indice de modulation

III.A.2) A gauche : balayage interne ; à droite mode XY

On peut écrire : $\text{donc} = 16/20 = 0,8$

III.A.3)

le spectre comprend les fréquences : f_p , $f_p - f_m$ et $f_p + f_m$.

La largeur en fréquence est donc $2f_m$.

III.A.4) La puissance est pour chaque composante latérale dans le rapport $(m/2)^2$ puisque c'est le carré du courant dans l'antenne qui intervient.

Donc $P = 2100(1 + m^2/2) = 2772$ kW

III.A.5) $\Delta f_{\text{mini}} = 2 f_{m2} = 9$ kHz,

III.B.1) L(admittance vaut or $\omega = \omega_p + \Delta\omega$ avec $\Delta\omega/\omega_p \ll 1$

alors car

Enfin puisque $Q = R/L\omega_p$ on trouve que soit

module $Z =$ et argument $\phi = \arg(Z)$

On remarque que Z ne diffère de R qu'au deuxième ordre et que $\phi \approx$

III.B.2) Le signal contient les pulsations :

- ω_p pour laquelle Z vaut R et le déphasage $\phi = 0$
- $(\omega_p - \omega_m)$ pour laquelle $Z \approx R$ et le déphasage $\phi =$
- $(\omega_p + \omega_m)$ pour laquelle $Z \approx R$ et le déphasage $\phi =$

le gain g étant réel on aura pour la tension $v'(t) = Zgv(t)$ en notation complexe

Ce qui est de la forme , avec

$v'(t)$ est de même structure que $v(t)$.

III.B.3) $v'(t)$ est une image non modifiée de $v(t)$ si on peut négliger ϕ' soit $2Q\omega_m \ll \omega_p$.

Partie IV - Démodulation

IV.A.1) passe-haut du 1^{er} ordre, pulsation de coupure $1/RC$

En bande passante l'amplification est $K_2 = 1$. L'A-O joue le rôle de suiveur.

Pour avoir une fréquence de coupure à $f_{m1}/10 = 30$ Hz il faut $R \approx 53$ k Ω si $C = 100$ nF.

courbes de réponse en gain et phase de F_2

IV.A.2) $u(t) = kv''(t).v_O(t) =$

Après traversée de F_1 le coefficient de $\cos(2\omega_p t)$ disparaît. il reste alors

Enfin le filtre F_2 supprime la composante continue donc :

IV.A.3) la composante continue U de $u(t)$ détecte V'' donc permet d'ajuster le CAG.

IV.B.1) $u(t) =$ avec

Après élimination de la composante HF en il reste

Et au delà de F_2 on a

L'amplitude fluctue aléatoirement (fading).

IV.B.2) $u'(t) =$

or

D'où l'équation différentielle :

IV.B.3) L'intégration donne :

Au bout d'un temps très grand vis à vis de la période T_m on obtient l'infinie au second membre, il faut donc que ϕ_0 tende vers $\pi/2$ et que donc que pulsation de l'OCT tende vers ω_p .

La boucle se verrouille.

IV.B.4) Cependant on a à ce moment

Il faut donc introduire un déphaseur de $-\pi/2$ avant d'utiliser le signal.

... FIN ...
