USTO - MB - ORAN
FGE - Département ELN
2 ème Année - TELECOMMUNICATIONS **Année 2019-2020**

<u>Fiche de TD N° 2</u> - TELECOMMUNICATIONS FONDAMENTALES

<u>Exercice 1.</u> A l'extrémité d'une ligne de transmission d'impédance caractéristique $R_c = 50\Omega$; on a placé une résistance de charge R. Le coefficient de réflexion sur la charge est $\bar{\rho} = \rho e^{j\varphi}$ avec un module $\rho = 0.8$ et un argument $\varphi = \pi$.
1. Donner la définition du coefficient de réflexion.
2. Calculer la valeur de la résistance R.

<u>solution</u>

1. On a $\bar{\rho} = 0.8e^{j\pi}$ qui peut étre écrit sous la forme $\bar{\rho} = \frac{R-R_C}{R+R_C}$
2. Dans ce cas on a $\bar{\rho} = -0.8$.
A partir de l'équation précédente on peut obtenir R : $R = R_C\frac{1+\bar{\rho}}{1-\bar{\rho}} = 50\ \frac{0.2}{1.8} = 5.56\ \Omega$

<u>Exercice 2.</u> la constante de propagation d'une ligne de transmission est $\bar{\gamma} = 0.1 + j12.5$ (en unité international).
1. Donnez la constante d'affaiblissement α en Np/m.
2. Calculer l'affaiblissement α en dB/m.
3. Calculer la longueur d'onde λ sur cette ligne.

<u>solution</u>
1. Sachant que $\bar{\gamma} = \alpha + j\beta$. on a $\alpha = 0.1\ Np/m$.
2. En utilisant le facteur de convertion de Np à dB. On a $a = 8.686\alpha = 0.8686\ dB/m$.
3. Sachant $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$, on a $\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{12.5} = 0.5m$

Exercice 3. Une ligne de transmission de longueur $L = 3.125m$, caractérisée par son impédance d'entrée $Z_c = 52.7 + j90\Omega$ et son impédance caractéristique $Z_c = 75\Omega$, est excitée à la fréquence $300MHz$.
Déterminer par la théorie en polaire et en rectangulaire, les valeurs numériques de la charge réduite z_u et non réduite Z_u. En déduire le coefficient de réflexion ρ et le tos S.

<u>Solution :</u>

λ=c/f=1m; $z_e = \frac{52.7+j90}{75} = 0.7+j1.2 = \frac{z_u + j\tan\beta L}{1+jz_u\tan\beta L}$

$$z_e = \frac{z_u + j\tan 2\pi x3.125}{1+jz_u\tan 2\pi x3.125} = \frac{z_u + j\tan(6\pi+\pi/4)}{1+jz_u\tan(6\pi+\pi/4)} = \frac{z_u+j}{1+jz_u} \Rightarrow z_u = \frac{z_e - j}{1-jz_e} = \frac{0.7+j0.2}{2.2-j0.7} = 0.316e^{j33.59}$$

$$\boxed{z_u = 0.315e^{j33.55} = 0.2625 + j0.1741}\ ;\ \boxed{Z_u = 23.625e^{j33.55} = 19.687 + j13.05\Omega}$$

$$\boxed{\rho = \frac{z_u - 1}{z_u + 1} = \frac{-0.7375 + j0.1741}{1.2625 + j0.1741} = 0.5945e^{j159} = -0.555 + j0.213}\ ;\ \boxed{S = \frac{1+|\rho|}{1-|\rho|} = 3.932}$$

Exercice 4. Une ligne de transmission ayant les caractéristiques suivantes est alimentée par un signal de fréquence $f = 3.10^3 Hz$:

$$R = 5.10^{-3}\,\Omega/m\ ;\ L = 4.10^{-6}\,\mathrm{H}/m\ ;\ G = 2.10^{-9}\,\mathrm{S}/m\ ;\ C = 5.10^{-12}\,\mathrm{F}/m\ .$$

1. Calculer : $R + jLw$ sous forme $\rho_1 e^{j\emptyset_1}$ et $G + jCw$ sous forme $\rho_2 e^{j\emptyset_2}$.
2. en déduire $\Re[\overline{Z_c}]$, $\Im[\overline{Z_c}]$, $\Re[\bar{\gamma}]$ et $\Im[\bar{\gamma}]$,
3. Calculer la constante d'affaiblissement et la constante de phase.
4. Calculer la longueur d'onde et la vitesse de propagation sur la ligne.
5. Si on néglige les pertes, calculer la vitesse de propagation et la constante de phase β.

Solution :

1. Calculons les termes $R + jLw$ et $G + jCw$ en coordonnées polaires.

$$\rho_1 = |R + jLw| = \sqrt{R^2 + (LW)^2} = 0.25$$

$$\emptyset_1 = arctg\frac{Lw}{R} = 88.86° = 1.55rad$$

$$\rho_1 = |G + jCw\ | = \sqrt{G^2 + (CW)^2} = 3.14\ 10^{-7}$$

$$\emptyset_1 = arctg\frac{Cw}{G} = 89.63° = 1.56rad$$

2. L'impédance caractéristique se calcule à partir de l'expression suivante :

$$\bar{Z}_C = \sqrt{\frac{R+jLw}{G+jCw}} = \sqrt{\frac{\rho_1 e^{j\emptyset_1}}{\rho_2 e^{j\emptyset_2}}} = \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}}\ e^{\frac{\emptyset_1-\emptyset_2}{2}} = 892.29\ e^{-j0.77°}$$

d'ou

$$\Re[\overline{Z_c}] = 982.29\ cos(-0.77) = 892\ \Omega$$
$$\Im[\overline{Z_c}] = 982.29\ sin(-0.77) = -12\ \Omega$$

La constante de propagation se calcule en utilisant la relation suivante :

$$\bar{\gamma} = \sqrt{(G + jCw)(R + jLw)} = \sqrt{\rho_1 e^{j\emptyset_1 \rho_2 e^{j\emptyset_2}}} = \sqrt{\rho_1\rho_2}\ e^{\frac{\emptyset_1+\emptyset_2}{2}} = 2.80\ 10^{-4}\ e^{j89.24°}\ m^{-1}.$$

d'ou

$$\Re[\bar{\gamma}] = 2.80\ 10^{-4} cos(89.24°) = 3.7\ 10^{-6}\ Np/m.$$
$$\Im[\bar{\gamma}] = 2.80\ 10^{-4} sin(89.24°) = 2.8\ 10^{-4}\ rad/m.$$

3. $\Re[\bar{\gamma}] = \alpha$ est la constante d'affaiblissement et $\Im[\bar{\gamma}] = \beta$ est la constante de phase.

4. La longueur d'onde se calcule en utilisant la relation :

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$$

d'ou

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{\Im[\bar{\gamma}]} = 2.24\ 10^4\ m\ = 22.4km$$

la vitesse de propagation est calculée de la façon suivante :$v = \frac{\omega}{\beta}$
d'ou

$$v = \frac{2\pi f}{\Im[\bar{\gamma}]} = 2.244\ 10^8\ m/s$$

5. Si on néglige les pertes, la vitesse de propagation se calcule par l'expression suivante

$$v = \sqrt{\frac{1}{LC}} = 2.236\ 10^8\ m/s$$

on peut calculer β
$\beta = \frac{\omega}{v}$=2.80 10^{-4} rad/m.

En négligeant les pertes, on voit que l'on fait une erreur sur v et β de l'ordre de 1%.

Exercice 5. on considère une onde de tension se propageant dans un câble coaxial dans la direction $z > 0$.

$$\bar{V}(z,t) = V_0 e^{-az} e^{-jbz} e^{-jct}$$

avec (en unités du système international S.I) : $V_0 = 4$, $a = 0.01, b = 4.056$ et $c = 7.854. 10^8$.
1. Préciser quelles sont les unités habituelles (S.I) de V_0, a, b et c.
2. Donner la valeur numérique de la constante d'affaiblissement α.
3. Calculer la longueur d'onde λ.
4. Calculer la fréquence f du signal.
5. Calculer la vitesse de propagation v.
6. Calculer la constante diélectrique relative ε_r de la ligne.

Solution
1. V_0 représente l'amplitude de la tension en volts, a la constante d'affaiblissement en Nepers par mètre, b la constante de phase en radians par mètre et c la pulsation en radiants par seconde.
2. On a $\alpha = a = 0.01\ Np/m$.
3. On a $\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{b} = \frac{2\pi}{4.056} = 1.549\ m$.
4. On a $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{c}{2\pi} = \frac{7.854\ 10^8}{2\pi} = 1.25\ 10^8\ Hz$.
5. On a $v = \lambda f = 1.549 . 1.25\ 10^8\ = 1.936\ 10^8\ m/s$
6. On a $v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}}$, d'ou $\varepsilon_r = \frac{c^2}{v^2}$=2.4.