– 2 sujets ! –

| ERII 3 | **Examen d'ONDES** (durée 1H30) | (juin 2011) |
|---|---|---|
| **Nom :** AUGEREAU | **Prénom :** Franck | |

**EXERCICE 1:** ⇨ <u>A ne pas faire pour les étudiants ERAMUS ou disposant d'un tiers temps !</u>

**QCM** **cochez pour chaque question la ou les bonnes réponses.**

voir cours
1) La particularité d'une onde de type TEM (transverse électrique magnétique) est qu'elle :
p17 ☐ se propage sans perte ☒ existe dans tous les guides d'ondes. ☐ elle n'existe pas à f = 0Hz.
p12 2) La puissance en micro-ondes est donnée par: P= ☒ ExH ☐ E/H ☐ E/2H.
p36 3) Pour une ligne sans pertes, la vitesse est par rapport à la fréquence :
☐ proportionnelle ☒ indépendante ☐ inversement proportionnelle. $v = 1/\sqrt{L_1 . C_1}$
p44 4) Le coefficient de réflexion est nul pour ρ (ROS) ☐ = 0 ☒ = 1 ☐ = ∞. $1 \leq \rho \leq \infty$ $\rho = \frac{1+\Gamma_L}{1-\Gamma_L}$
5) Si les <u>conducteurs</u> sont <u>parfaits</u>, les ondes électromagnétiques se propagent :
p18 ☐ uniquement dans les conducteurs ☒ uniquement dans l'espace libre
☐ à travers une épaisseur faible sous la surface du conducteur.
p18 6) Pour une transmission par câble à haute fréquence, il est préférable d'utiliser un conducteur :
☐ fin et monobrin ☐ épais et monobrin ☒ multibrins ☒ recouvert en surface d'un matériau très bon conducteur.
p22 7) Par rapport aux lignes coaxiales et aux guides d'ondes, les lignes microrubans sont caractérisées par une atténuation plutôt : ☐ faible ☒ forte ☐ indépendante de la fréquence.
p40 8) Un coefficient de réflexion de 1 correspond à un régime d'ondes :
☐ progressives ☒ stationnaires ☐ semi stationnaires.
p41 9) On rappelle que l'impédance d'entrée $Z_0$ d'une ligne sans pertes (d'impédance caractéristique $Z_C$) chargée par une impédance $Z_L$ est donnée par:

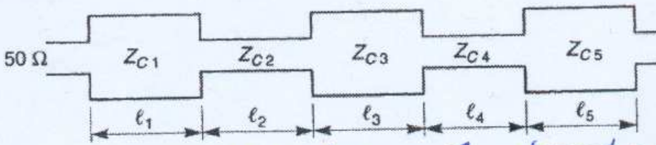
$$\boxed{Z_0 = Z_C \frac{Z_L + j.Z_C.tg(\beta.L)}{Z_C + j.Z_L.tg(\beta.L)}}$$

à supprimer ~~On supposera $Z_L \neq 0$, $Z_C$ ou ∞~~. Pour quelles valeurs de L, a-t-on qu' une ligne en <u>circuit ouvert</u> se comporte comme une self pure si :

donc $Z_L = \infty \Rightarrow Z_0 \xrightarrow{\lim Z_L \to \infty} \frac{Z_c . Z_L}{j Z_L tg \beta L}$

☐ 0 < L < λ/4 ☐ L = λ/4 ☒ λ/4 < L < λ/2 ☐ L = λ/2. donc $= \frac{Z_c}{j . tg(\frac{2\pi}{\lambda}.L)}$ et $tg \frac{2\pi}{\lambda} L < 0$ si $\frac{\pi}{2} < \frac{2\pi}{\lambda} L <$ (modulo $\pi$)

p43 10) Sur une ligne caractérisée par une vitesse de propagation des ondes électromagnétiques "c", non adaptée par rapport à sa charge et excitée en entrée par un signal sinusoïdal de fréquence "f", la tension varie le long de la ligne périodiquement avec une période = ☐ λ/4 ☒ λ/2 ☐ λ.
p64 11) Si une ligne est avec pertes, le signal est transmis avec :
☐ une distorsion de fréquence ☒ une distorsion de phase ☒ une distorsion d'amplitude.
p64 12) le phénomène de distorsion de phase est liée : ☐ à l'atténuation linéique (Np/m)
☒ à la variation de la vitesse de propagation en fonction de la fréquence.
p69 et aussi en utilisant la formule de $Z_0$ ci-dessus
13) une ligne chargée, de longueur très inférieure à λ se comporte comme une self si : $L$ ou $x \ll 1 \Rightarrow tg\,\theta \# \theta$
☐ $Z_L > Z_C.\beta.x$ ☐ $Z_L = 0$ ☒ $Z_L < Z_C.\beta.x$ ☐ $Z_L = \infty$. $\| Z_0 = Z_c (Z_L + j Z_c \beta x) / Z_c + j Z_L \beta$ $\Downarrow$ $Z_0 \# j Z_c^2 \beta$
p69, 74 et 78
14) En vous aidant de la question 13, et en se rappelant quand technologie micro-ruban, $Z_C$ de ce type de ligne augmente quand h/w augmente (h = épaisseur de la plaque isolante; w = largeur de la piste), réprésentez le schéma électrique équivalent du montage correspondant au motif ci-dessous:




} h = cte car motif sur la même plaque d'isolant en général

pour ce tronçon

$l_4 = l_5$ mais $W_4 < W_5$

donc $Z_{c_4} > \underbrace{Z_{c_5}}_{= Z_L}$

donc on est dans le cas $Z_{c_4} \beta x > L Z_L \Rightarrow$ self

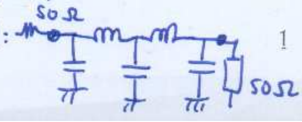
question 14 : la + difficile

$W >$ à la ligne qui suit

donc $\frac{W}{h} \nearrow \Rightarrow Z_{c_5} \searrow < 50\,\Omega = Z_L \Rightarrow Z_c \beta \overset{l_5}{x} < Z_L$

d'où $Z_0 \# \frac{Z_c Z_L}{j Z_L \beta x}$ = capacité

DONC au final :



**EXERCICE 2** : Soit une ligne sans pertes qui, associée à une charge, présente un coefficient de réflexion en bout de ligne $\underline{\Gamma}_L = 0{,}57.\exp(-j.144°)$. On utilisera l'abaque ci-contre pour répondre aux questions suivantes.

1) Déterminez la valeur de l'impédance réduite de cette charge et le ROS correspondant. ($= \rho$)

$z_L = 0{,}3 - j0{,}3$

ROS par l'échelle # 3,7 — ou par le pt de concours du cercle à droite # 3,6

2) On souhaite améliorer le transfert de puissance de la ligne vers cette charge en plaçant un composant discret (self ou capacité) en série sur la ligne.

a) Pour une longueur d'onde donnée λ, à quelle distance le plus près de la charge, faut-il placer ce dispositif ? *Repérez par un ① sur l'abaque le point correspondant de l'impédance de la ligne.*

il était possible aussi d'aller en $1-j1{,}4$ mais ce n'était pas le "plus près de la charge"...

- en se déplaçant sur la ligne, $z(x)$ se déplace sur le cercle de rayon $|\Gamma_L| = 0{,}57$ vers le générateur.
- en tournant de $[(180-144°)+(180°-54°)] = 162°$, on obtient le point ① où $z(x_0) = 1+j1{,}4$

$360° \Leftrightarrow \lambda/2$ d'où à 162° correspond un déplacement depuis la charge de $0{,}225.\lambda$

b) En déduire la valeur que devrait avoir le composant d'adaptation placé à la distance précédemment déterminée pour obtenir une adaptation parfaite (impédance caractéristique $Z_C$ de ligne = 50Ω et fréquence d'utilisation fixée à 1 GHz).

il faut donc compenser la partie imaginaire de cette impédance réduite par un composant série d'impédance réduite opposée. $z_{compensation} = -j\,1{,}4 = \left(\frac{1}{jC\omega}\right) \times \frac{1}{Z_c}$

on choisit donc une capacité telle que $Z_{compensation} = 1{,}4 \times Z_c = \frac{1}{C\omega} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f . 1{,}4 . Z_c}$ soit $2{,}27$ pF

question permutée suivant les sujets...

⚠

c) Cette adaptation est parfaite pour une longueur d'onde donnée λ. Replacez le point ① si cette adaptation était utilisée à une longueur d'onde 15% plus faible que celle prévue. Que vaudrait alors l'impédance réduite de la ligne pour le composant d'adaptation calculé précédemment ? *Repérez par un ② cette position sur l'abaque.*

En déduire la valeur du ROS correspondant. en utilisant un λ différent (15% de moins), la rotation sur le cercle $|\Gamma_L| = 0{,}57$ sera de 15% moindre par rapport au point ① soit $162° \times 0{,}85 \# 138°$ ; on est alors à $z = 0{,}45 + j0{,}75$. Puisqu'on garde la capacité de compensation du b), il faut calculer la nouvelle impédance de compensation de cette capa pour un λ 15% plus faible, c'est à dire pour un f 18% plus fort (1,18 GHz) $\Rightarrow z_c = \frac{-j}{C\omega} \times \frac{1}{Z_c} = \frac{-j}{2{,}27 \times 10^{-12} \times 2\pi \times 1{,}18 \times 10^{9} \times 50} = -j1{,}1$
du point (1c), on passe à ② : $z = 0{,}45 - j0{,}44$ et $\Gamma = 0{,}47 \Rightarrow \rho = 2{,}8$.

d) Que deviendrait le ROS, si le composant d'adaptation apportait une réactance réduite, 15% plus faible que la valeur nécessaire à l'adaptation parfaite à la longueur d'onde prévue initialement.

on compense par $z_{compensation} = -j.1{,}4 \times 0{,}85 = -j1{,}19$ donc on tourne sur le cercle $(r=1)$ de $x = 1{,}4$ à $x = 1{,}4 - 1{,}19 \# 0{,}2$ → point (1d) sur l'abaque d'où $\Gamma = 0{,}1$ (via l'échelle en bas de l'abaque) d'où $\rho = 1{,}22$

**EXERCICE 3** : *on utilisera le même abaque que pour l'exercice précédent !*

La désadaptation entre une ligne sans pertes et sa charge est telle qu'en bout de ligne : $\underline{\Gamma}_L = 0{,}34.\exp(+j120°)$. On souhaite réaliser une adaptation parfaite en utilisant un stub réalisé avec un tronçon de la même ligne et dont la sortie est en circuit ouvert.

a) déterminez à quelle distance de la charge doit être placée ce stub (résultat à exprimer en fraction de λ). Stub = dispositif de compensation placé en parallèle d'où résolution plus simple en passant par l'admittance par symétrie : $y_L = 1{,}15 - j0{,}75$.

En tournant vers le générateur, on rencontre la 1ère fois le cercle $(r=1)$, seulement 12° après (point ③). On pouvait aussi prendre le point de l'autre côté après une rotation depuis $y_L$ de $(180°-61°)+(180°-70°) = 229°$) – Pour la solution à 12°, cela fait une distance depuis la charge de $\frac{12° \times \lambda}{720°} = 0{,}017.\lambda$.

En ce point ③, la partie imaginaire à compenser par le stub vaut $-j.0{,}7$ en admittance réduite.

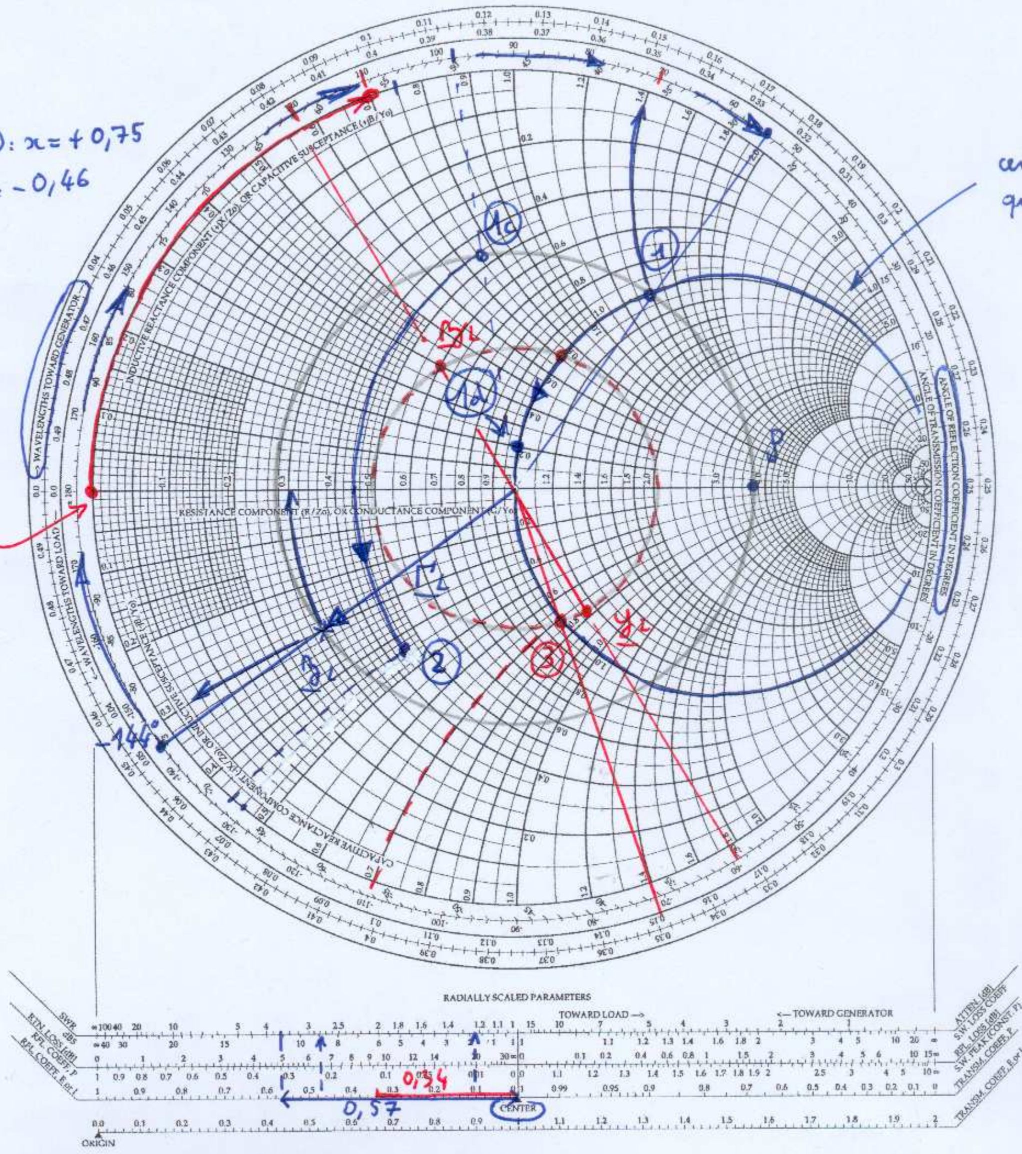
b) déterminez quelle doit être la longueur de ce stub en <u>circuit ouvert</u> (résultat à exprimer en fraction de $\lambda$). un stub de longueur nulle en C.O. a une impédance = ∞ donc une admittance = 0. l'admittance de ce stub va augmenter en tournant vers le générateur et vaudra $+j0,7$ (pour compenser la partie imaginaire de l'admittance de la ligne à l'endroit où est branché le stub) après une rotation de $180° - 110° = 70°$.
donc la longueur à donner au stub est de $\frac{70° \times \lambda/2}{360°} = 0,097\,\lambda$

**!!!!!!!!!!! A REMPLIR au crayon gris pour pouvoir effacer si nécessaire !!!!!!!!!**

(1c) → (2)
au point (1c) : $x = +0,75$
$+0,75 - 1,21 = -0,46$

cercle tel que $R_e(z) = 1$

admittance d'un stub en C.O. de longueur nulle.



Attention : valeur de 2,7 pour le 2ème sujet d'exam

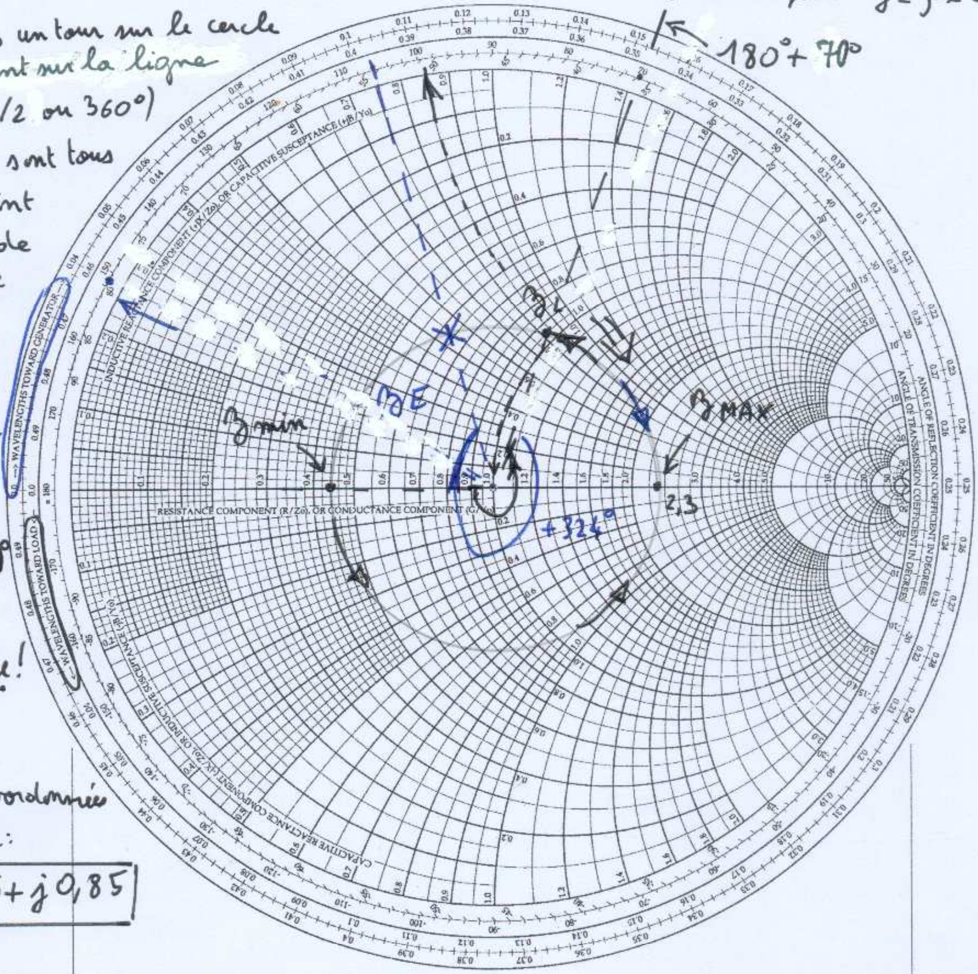
**EXERCICE 4** : soit une ligne sans pertes de longueur 145 cm et terminée par une charge inconnue $z_L$.
La longueur d'onde utilisée est de 100 cm. Au niveau de la charge, on mesure un ROS de valeur 2,3 et la position du 1[er] minimum de l'impédance se trouve à 34,8 cm de la charge.

a) déterminez la valeur de l'impédance réduite de la charge $z_L$.

– Rappel : sur ligne sans pertes, le cercle à $|\Gamma_L| = cte$ coupe à droite l'axe des réels purs et en ce point $z = \rho = 2,3$

- $\lambda = 100$ cm ⇒ un tour sur le cercle en se déplaçant sur la ligne de 50 cm ($\lambda/2$ ou 360°)
- les minima sont tous localisés au point d'intersection de gauche entre le cercle et l'axe des réels.

Donc la charge se trouve en tournant de $\frac{34,8 \times 360°}{50} = 250$ depuis $z_{min}$ vers la charge!




d'où par la lecture des coordonnées sur l'abaque:

$\boxed{z_L \# 0,95 + j\,0,85}$

b) en déduire la valeur de l'impédance d'entrée réduite $z_E$. On passe de $z_L$ à $z_E$ (entrée de ligne) en remontant de 145 cm vers le générateur, soit $2 \times 50$ cm (2 tours) + 45 cm ($\frac{45 \times 360}{50} = 324°$) en ce point, on lit : $z_E = 0,64 + j\,0,55$

**EXERCICE 5** : soit la fonction mathématique suivante: f(x) = A.exp (-α.x).

a) Soient x1 et x2 avec x1 < x2 et leurs valeurs correspondantes respectivement f1 et f2, démontrez la relation permettant de déterminer α exprimée en Np/m en fonction de f1, f2, x1 et x2.

$f_1 = f(x_1) = A e^{-\alpha x_1}$ et $f_2 = f(x_2) = A e^{-\alpha x_2}$

$$\frac{f_1}{f_2} = e^{-\alpha(x_1 - x_2)} \Rightarrow \alpha = \frac{\ln(f_1/f_2)}{x_2 - x_1}$$

en Np/m et $\alpha > 0$ car $x_2 > x_1$ et $f_1/f_2 < 1$.

b) Démontrez la relation permettant de passer de Np/m en dB/m.

$$\frac{20 \times \frac{\ln(f_1/f_2)}{\ln 10}}{x_2 - x_1} \text{ en dB/m}$$

car $\log_a x = \frac{\ln x}{\ln a}$

donc on passe de Np/m en dB/m en multipliant par 8,68 ⇒ $\boxed{1\,Np = 8,68\,dB}$

et on passe de dB/m en Np/m en divisant par 8,68 ⇒ $\boxed{1\,dB = 0,115\,Np}$