

TP A : Ondes électriques dans un coaxial

Un câble coaxial de longueur l (précisée sur étiquette) est constitué d'une «âme» conductrice de diamètre $a=0,37$ mm et d'une «gaine» conductrice de diamètre $b=2,34$ mm séparées par un isolant en polyéthylène de permittivité relative $\epsilon_r = 2,3$. Les expressions des inductance linéique et capacité linéique sont théoriquement les suivantes :

$$\Lambda = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right) \quad \text{et} \quad \Gamma = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)}$$

On rencontre deux types de coaxiaux :

Les câbles «50 Ohms» sont appelés câbles bande de base car ils véhiculent un seul signal numérique composé de « 0 » matérialisés par une absence de tension et de « 1 » matérialisés par une présence de tension.

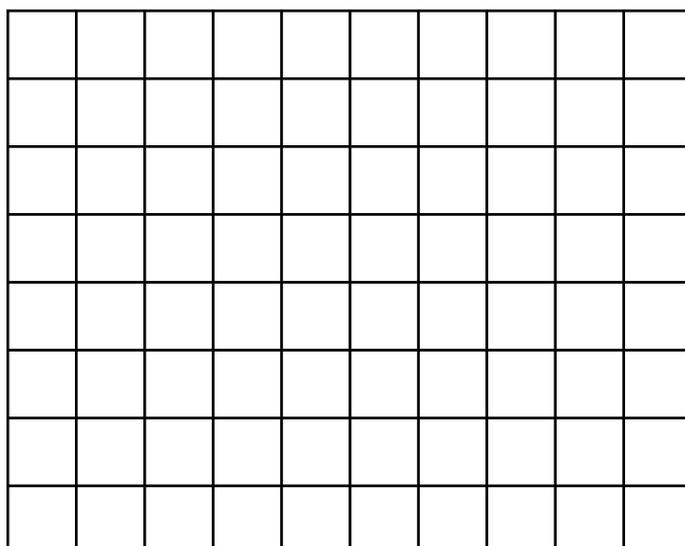
Les câbles «75 Ohms» sont appelés large bande car ils peuvent véhiculer plusieurs signaux analogiques à des fréquences différentes (plusieurs chaînes de TV dans les «câbles d'antenne»). Pour ces câbles, chaque signal peut être multiplexé dans le temps pour transporter plusieurs informations.

Lors de ce TP, on manipulera avec précaution les connecteurs BNC aux extrémité des cables.

1. Ondes progressives et ondes stationnaires dans le modèle «sans pertes»

1.1. Mesure de la célérité des ondes.

On utilise le GBF Agilent™ pour émettre périodiquement des impulsions rectangulaires les plus courtes possibles. Précisez leur forme et leur durée puis les envoyer dans le câble coaxial toujours court-circuité en sortie. On recopiera le chronogramme permettant de visualiser le signal «en entrée» du câble (câble de visualisation court), les premiers échos en entrée en sortie et en déduire la célérité des ondes dans ce câble (évaluation de l'incertitude) que l'on comparera à la valeur calculée avec la permittivité relative.



1.4. Placez-vous en sortie «ouverte». Quelle différence avec la sortie court-circuitée ? Qu'en déduisez-vous sur l'évolution du coefficient de réflexion à l'extrémité du câble ?

1.5. Rappelez la définition d'une onde stationnaire. Comment obtenir une telle onde par réflexion sur une discontinuité ? Quelle onde obtient-on si l'impédance terminale égale l'impédance caractéristique de ligne ?

1.6. On envoie alors un signal sinusoïdal en entrée (d'environ 1 MHz au départ) et on observe en régime établi une onde de potentiel (en entrée) d'une des deux formes (suivant que la sortie soit en court-circuit ou en coupe-circuit) :

$$V(x,t) = 2.V_0.\cos(\omega t - kl).\cos(k(x-l))$$

$$V(x,t) = -2.V_0.\sin(\omega t - kl).\sin(k(x-l))$$

1.6.1. En sortie ouverte, relever les noeuds (minima) et ventres (maxima) de tension en entrée du câble pour différentes fréquences supérieures à 1MHz.

fréquence									
minimum									
maximum									

1.6.2. Répéter l'opération en sortie court-circuitée

fréquence									
minimum									
maximum									

1.6.3. Utiliser l'ensemble des valeurs précédentes pour déterminer précisément la longueur du câble.
(On prendra pour c la valeur calculée avec la permittivité relative)

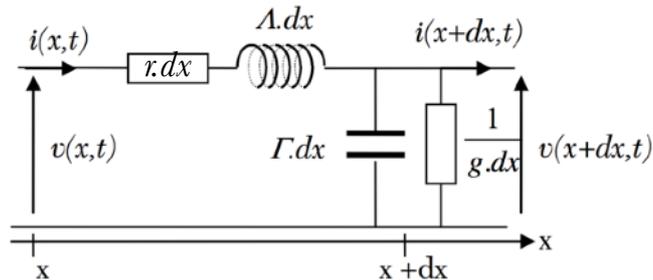
Précisez votre méthode.

Associez une impression de courbe à votre compte-rendu.

Commentez l'écart éventuel à la valeur exacte.

2. Estimation au multimètre des résistances de conduction et de fuite et de la capacité.

2.1. Le modèle équivalent à une tranche de câble de longueur dx (infinitésimale devant les longueurs d'onde) est le suivant :



Tentez la mesure à l'ohmmètre de la résistance de l'association série de la gaine et de l'âme. Cette résistance permet-elle d'estimer r ou $1/g$? Tentez une mesure de la résistance de fuite entre l'âme et la gaine. Concluez. (schématisez vos branchements)

2.2. La résistance linéique r augmente en vérité avec la fréquence à cause de l'effet de peau et il s'agit donc d'une nette sous-estimation. Expliquez.

2.3. Mesurez la capacité de votre câble et estimez l'incertitude de mesure. Comparez au calcul utilisant l'expression théorique.

3. Détermination de l'inductance linéique par une mesure d'impédance à «haute fréquence».

3.1. Nous supposons qu'à une fréquence de 100kHz, notre dipôle (constitué du câble court-circuité en sortie) peut être assimilé à une inductance pure. On place alors une boîte AOIP réglée sur 10Ω en série pour évaluer l'impédance du câble à cette fréquence. Dessinez le montage et les prises de potentiel des voies A et B de l'oscilloscope. Mesurez l'impédance $L\omega$ par des mesures de tensions puis par des mesures de phase. Incertitude ?

3.2. Comparez la valeur d'inductance L que donne l'expression théorique à la valeur évaluée par la mesure précédente. Les résistances étaient-elles vraiment négligeables à cette fréquence ? Refaites la mesure à 1 MHz. Commentez. Concluez sur l'hypothèse purement inductive.