TP n°11 - Propriétés d'un câble coaxial

PSI 2022/2023

Compétences expérimentales

- Mesurer la célérité d'une onde par diverses méthodes : étude d'ondes progressives en propagation libre, étude d'ondes stationnaires.
- Étudier la réflexion en amplitude de tension pour une impédance terminale nulle, infinie ou résistive.

Matériel

- câble coaxial,
- G.B.F pouvant délivrer un signal sinusoïdal permanent ou des "salves",
- oscilloscope,
- une résistance variable R.

Travail à faire

Proposer et mettre en oeuvre plusieurs expériences permettant de déterminer l'inductance linéique et la capacité linéique d'un câble coaxial. On évaluera les incertitudes sur ces mesures.

Etude théorique

Commencer par répondre aux questions suivantes, qui constituent des indications au sujet des différentes expériences qu'il est possible de mettre en oeuvre.

Equation de propagation sans pertes

On s'intéresse tout d'abord au câble sans perte qu'on modélise par le schéma de la figure 1, avec ℓ l'inductance propre par unité de longueur et c la capacité par unité de longueur.

1. Rappeler l'expression de la vitesse de propagation v des ondes dans le câble.
2. Un GBF délivre à l'entrée du câble des impulsions de durée τ avec une période T. Sachant que le câble a une longueur $L = 30$ m et que la célérité de propagation est de l'ordre de $c = 2.10^8$ m.s^{-1} déterminer :
   — La période minimale $T_{\min}$ pour qu'il n'y ait jamais plus d'une impulsion à la fois dans le câble.
   — La durée maximale $\tau_{\max}$ pour que la fin de l'impulsion aller ait quitté le GBF avant que le début de l'impulsion retour n'atteigne l'oscilloscope.

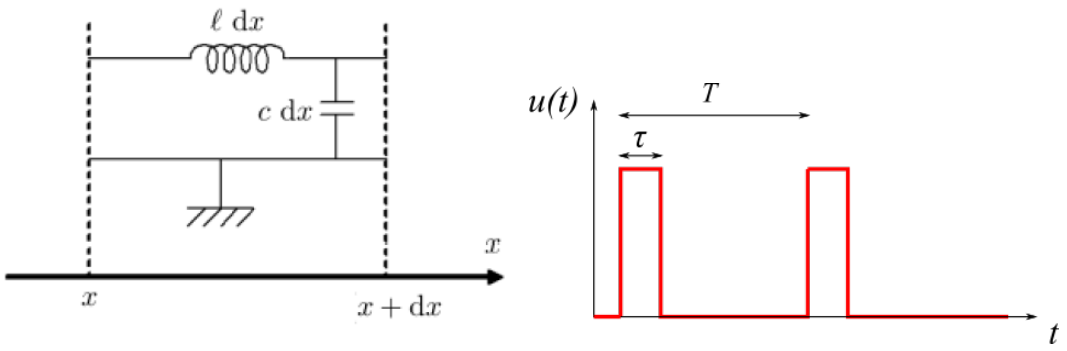

Figure 1 – *Gauche : modèle sans perte du câble. Droite : Une salve générée par un G.B.F*

Réflexion au bout d'une ligne

On pose $Z_c = \sqrt{\frac{l}{c}}$, l'impédance caractéristique du câble. On suppose que le câble coaxial est relié en $x = L$ à une résistance R. Dans le câble se superposent :

- Une onde incidente qui se propage vers les x croissants : $v_+ = Z_c i_+$,
- Une onde réfléchie qui se propage vers les x décroissants : $v_- = -Z_c i_-$.

3. Vérifier que Z_c est homogène à une résistance.

On définit le coefficient de réflexion en tension :

$$r_V = \frac{v_-(L,t)}{v_+(L,t)}$$

4. Ona montré hier que $r_V = \frac{R-Z_c}{R+Z_c}$. Que vaut r_V pour une ligne ouverte ? Pour une ligne en court-circuit ? Pour une ligne fermée sur une résistance égale à l'impédance caractéristique du câble ?

Ondes stationnaires

On branche en entrée du câble coaxial un GBF délivrant une onde sinusoïdale de fréquence f et on cherche à observer des ondes stationnaires au sein du câble pour des valeurs bien choisies de la fréquence du GBF.

5. On considère premièrement que la ligne est en court-circuit. Pour quelles fréquences f observera-t-on un noeud de tension à l'entrée du câble ? On exprimera ces fréquences en fonction de L, v et d'un entier n.
6. On considère que la ligne est en ligne ouverte. Pour quelles fréquences f observera-t-on un noeud de tension à l'entrée du câble ?