

Physique d'une ligne de transmission

Objectifs :

- Mettre en évidence le phénomène des ondes stationnaires
- Mesurer les paramètres primaires d'une ligne de transmission

Préparation : Obligatoire.

Compte rendu : À remettre à la fin de la séance de TP.

Avant propos

Ce TP comprend 13 questions sur un total de 20 points.

1 Préparation (4 points)

1.1 Ondes stationnaires

On envisage une situation où on délivre un signal monochromatique à une ligne de transmission fermée sur une impédance Z_L .

1. (a) (1 point) Dans un premier temps, rappeler l'expression de la tension $u(x, t)$ lorsque on étudie la situation où l'extrémité du câble est en circuit-ouvert ($Z_L = \infty$).

On étudie l'amplitude de la tension, en considérant U_i fixée, à l'abscisse $x=0$.

- (b) (1 point) Montrer qu'on observe des ventres (u_{max}) et des nœuds (u_{min}) de tension en $x=0$ pour des fréquences spécifiques.
2. (a) (1 point) Dans un second temps, rappeler l'expression de la tension $u(x, t)$ lorsque on étudie la situation où l'extrémité du câble est en court-circuit ($Z_L = 0$).

On retrouve à nouveau une situation d'ondes stationnaires.

- (b) (1 point) Comparer les positions fréquentielles des nœuds et des ventres par rapport à la situation précédente.

2 Manipulations (14 points)

Vérifiez la référence du câble (ici, ligne de transmission) qui vous est fourni. On donne la longueur du câble $\ell = 100$ m.

2.1 Mesure de la vitesse de propagation c

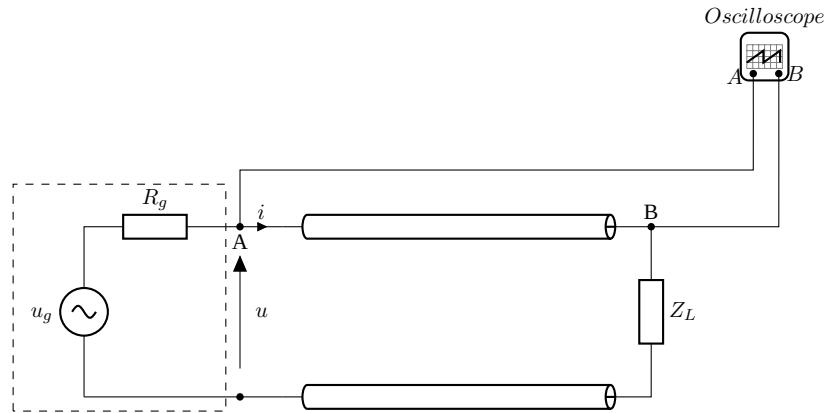


Figure 1 – Montage d'étude pour la mesure de c .

On se propose de visualiser la propagation du signal fourni par le générateur en entrée de la ligne vers la sortie de la ligne. Le générateur délivre maintenant une tension sinusoïdale d'amplitude 1 V et de fréquence 1 MHz, avec $R_g = 50 \Omega$.

1. Dans un premier temps, avec $Z_L = \infty$:
 - (a) (1 point) Mesurer le retard de phase (τ) entre le signal en sortie (voie B) et le signal en entrée (voie A).
 - (b) (1 point) Calculer la vitesse de phase c . Est-elle cohérente avec les ordres de grandeur vus en cours ? Si ce n'est pas le cas alors répéter la procédure avec $Z_L = 50 \Omega$.

2.2 Mesure de l'atténuation k''

2. (2 points) Afin de mesurer les pertes de la ligne à $f = 1$ MHz, la ligne doit être adaptée en sortie. En utilisant le montage précédent, on branche $Z_L = 50 \Omega$. Mesurer le rapport de tension RMS entre la sortie (voie B) et l'entrée (voie A), puis donner la valeur de ce rapport en dB/m.

2.3 Mise en évidence des ondes stationnaires

Le phénomène d'ondes stationnaires résulte de la superposition d'ondes incidente et réfléchie. On cherchera donc à favoriser le phénomène de réflexion en bout de câble. On mesure sur la voie A.

3. (2 points) Sortie ouverte ($Z_L = \infty$) : théoriquement avec un câble parfait, on devrait observer un système d'ondes stationnaires avec des nœuds et des ventres. Dans le cas du câble réel, ce sera plutôt des minimums et des maximums. Faites un balayage en fréquence à partir de 100 kHz et recherchez le premier minimum (nœud) de tension (c'est-à-dire celui de plus basse fréquence). Augmentez progressivement la fréquence afin de mesurer les fréquences des nœuds et des ventres successifs. Comparer les valeurs à la théorie.
4. (2 points) Sortie en court circuit ($Z_L = 0$) : mêmes questions.

2.4 Mesure de la capacité linéique C

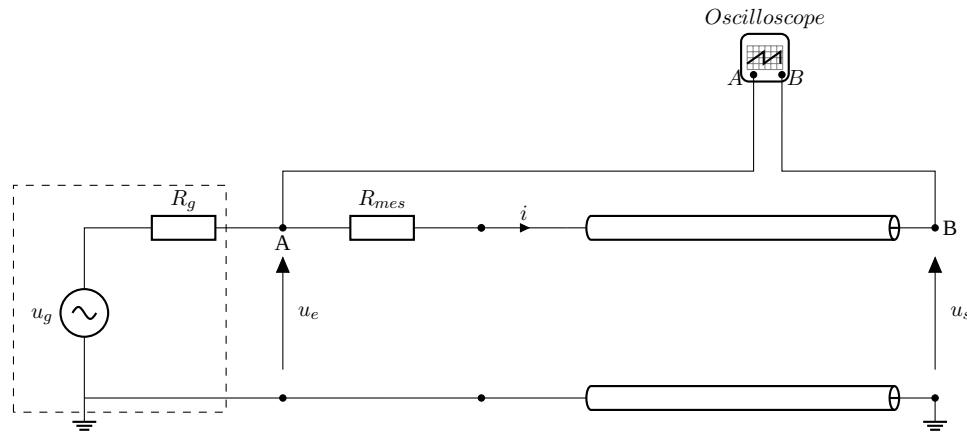


Figure 2 – Montage d'étude pour la mesure de C .

On modifie le montage précédent à afin de pouvoir mesurer la capacité linéique C de la ligne. On considère donc que pour cette expérience la ligne se comporte comme un condensateur C et que la voie B de l'oscilloscope a comme circuit équivalent un ensemble RC en parallèle, avec $R_E = 1 \text{ M}\Omega$ et $C_E \approx 20 \text{ pF}$.

5. (1 point) Dessiner le schéma équivalent du montage à partir des informations données précédemment.
6. (1 point) Montrer que si $R_E \gg R_{mes}$, la fonction de transfert $H(j\omega) = \frac{u_s}{u_e}$ peut s'écrire :

$$H(j\omega) = \frac{u_s}{u_e} = \frac{1}{1 + j\omega R_{mes}(C + C_E)}$$

7. (1 point) Par identification des paramètres de la fonction de transfert d'un système de premier ordre, que vaut la fréquence de coupure du circuit à -3 dB (f_0) ?
8. (1 point) On donne $R_{mes} = 10 \text{ k}\Omega$. Mesurer f_0 dans ces conditions et en déduire la valeur de C , puis la ramener à la valeur de capacité linéique en F/m. Est cette dernière cohérente avec les ordres de grandeur vus en cours ?

2.5 Mesure de l'inductance linéique L

9. (1 point) À partir des résultats de la section 2.1 et 2.4, en déduire la valeur de l'inductance linéique L de la ligne. Est-elle cohérente avec les ordres de grandeur vus en cours ?

2.6 Mesure de la résistance linéique R

10. (1 point) Débrancher la ligne de transmission et à l'aide d'un multimètre, mesurer la résistance du câble. Que vaut la résistance linéique R ?

3 Conclusion (2 points)

11. (2 points) Rappeler les objectifs du TP, décrire la démarche adoptée et les observations effectuées, faire une synthèse des résultats, comparer la théorie et l'expérience, conclure ce que vous avez retenu ou appris.