

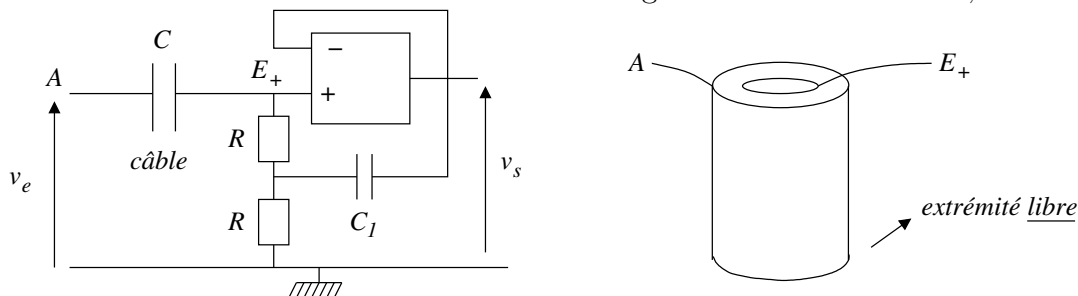
TP 07

Étude d'un câble coaxial (longueur 100 m)

1 Caractéristiques du câble coaxial

1.1 Mesure de la capacité du câble coaxial

La capacité C du câble coaxial est mesurée à l'aide du montage ci-dessous avec $R = 1,0 \text{ k}\Omega$ et $C_1 = 1,0 \text{ }\mu\text{F}$.



1. Montrer que le branchement du câble est compatible avec la mesure de sa capacité.
2. On montre théoriquement que ce filtre admet une fréquence de résonance pour :

$$f_0 = \frac{\sqrt{2} \sqrt{C \sqrt{C_1} (\sqrt{C_1} + \sqrt{C_1 + 8C})}}{4\pi RC_1 C}$$

Simplifier cette expression pour $C_1 \gg C$.

3. Expérimentalement, on obtient $f_{res} \simeq 1,61 \times 10^3 \text{ Hz}$, en déduire la capacité C du câble et sa capacité linéique C_u sachant que le câble mesure 100 m.

1.2 Mesure de l'inductance du câble coaxial

On mesure l'inductance L du câble à l'aide d'un multimètre selon le schéma ci-dessous :



1. Montrer que le branchement du câble est compatible avec la mesure de son inductance.
2. On obtient $L = 12 \times 10^{-6} \text{ H}$. En déduire L_u l'inductance linéique du câble.

1.3 Comparaison aux données constructeur

Dans le cas d'un câble coaxial cylindrique de longueur infinie, on montre que la capacité linéique et l'inductance linéique sont données par :

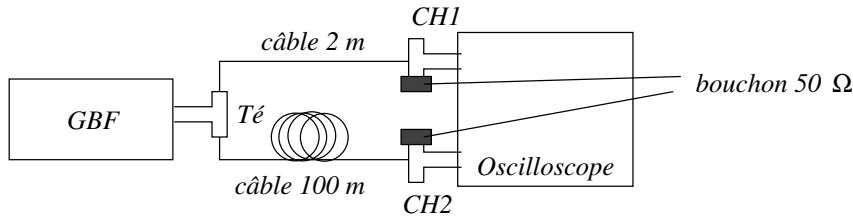
$$C_u = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)} \quad \text{et} \quad L_u = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

Avec $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$, $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$, $\epsilon_r = 2,25$ la permittivité relative du polyéthylène et $b/a = 3,6$; a et b étant les rayons des deux cylindres de cuivre constituant le câble.

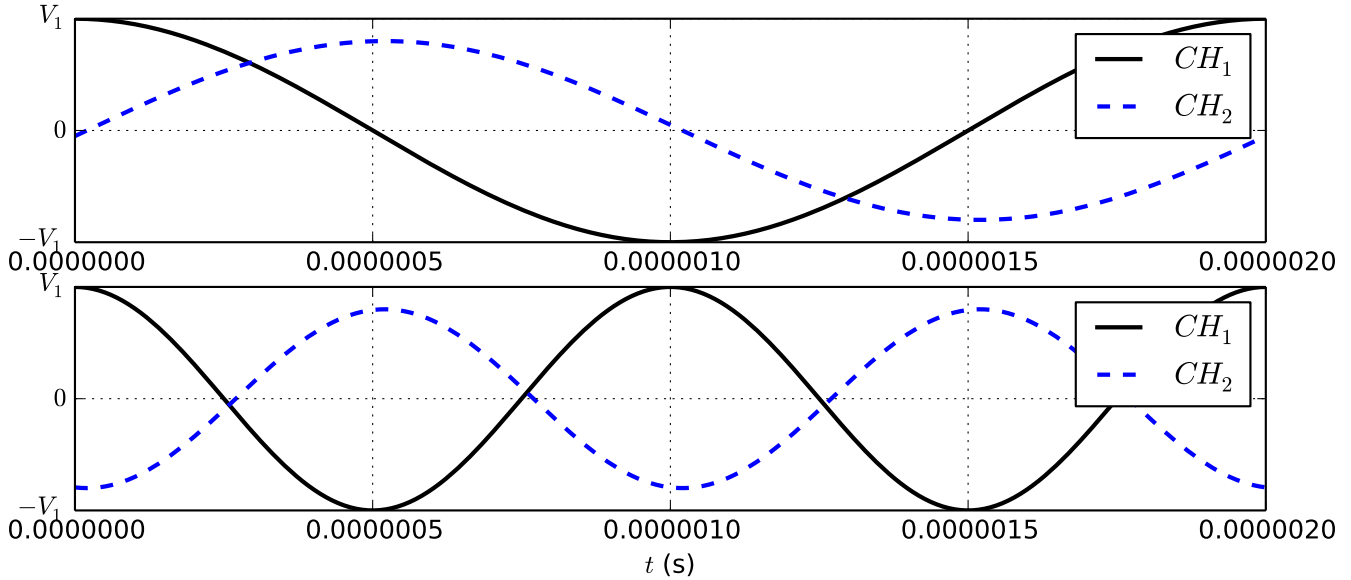
Déterminer les valeurs théoriques de C_u et L_u et comparer aux mesures.

2 Vitesse de propagation dans le câble

Le GBF fournit un signal sinusoïdal. On recueille sur l'oscilloscope le signal délivré par le GBF (câble de 2 m) et le signal après propagation dans le câble coaxial de 100 m. Chaque câble coaxial est branché à l'oscilloscope par l'intermédiaire d'un Té muni d'un bouchon 50Ω .



Les résultats des enregistrements sont reproduits ci-dessous pour une fréquence de 500 kHz puis 1 MHz :



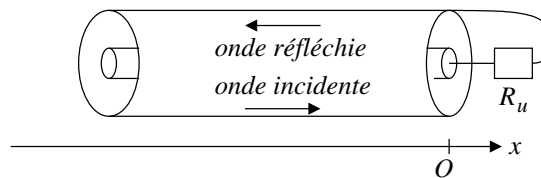
1. Déterminer v_{exp} la célérité des ondes électromagnétiques dans le câble.
2. La célérité dépend-elle de la fréquence ? Conclusion.
3. Déterminer la longueur d'onde des ondes dans le câble. Conclusion.

4. Théoriquement, on montre que l'onde se propage à la célérité $v_{th} = \frac{1}{\sqrt{L_u C_u}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$.

Comparer les valeurs théorique et expérimentale.

3 Réflexion sur une impédance

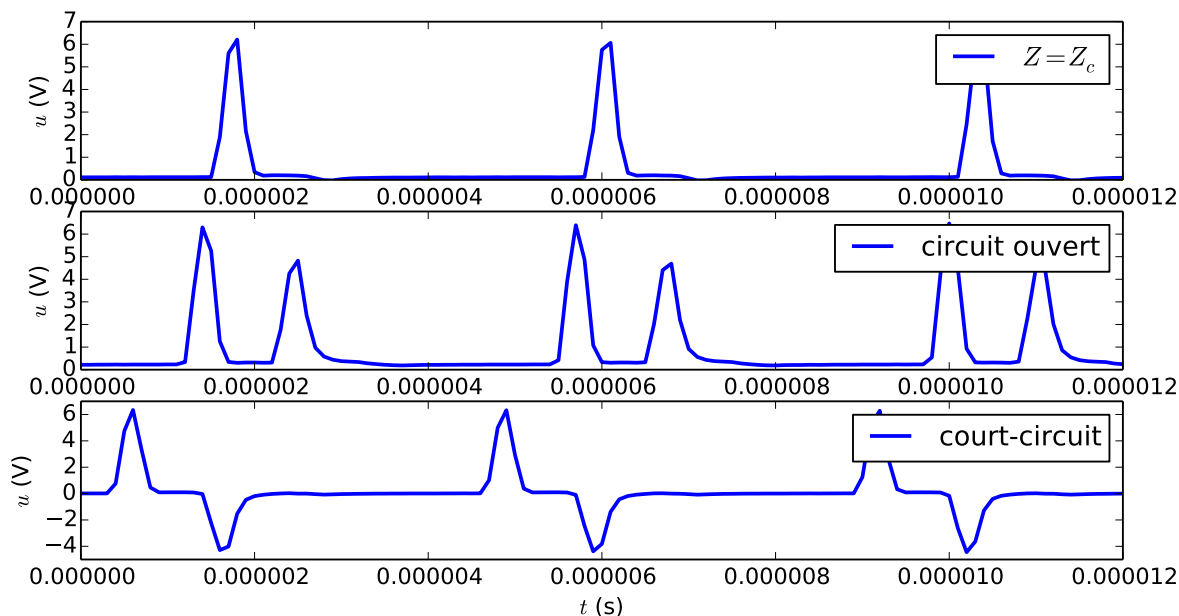
Dans le montage précédent, on remplace le bouchon 50Ω à l'extrémité du câble de 100 m par une résistance variable R_u .



On rappelle que l'impédance caractéristique du câble coaxial vaut $Z_c = \sqrt{\frac{L_u}{C_u}}$ et que le coefficient de réflexion en tension vaut :

$$\rho_u = \frac{R_u - Z_c}{R_u + Z_c}$$

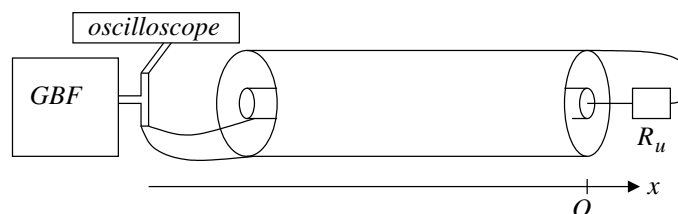
La figure ci-après représente la tension en entrée d'un câble de 100 m de long soumis à des impulsions pour différentes valeurs de l'impédance terminale.



Interpréter.

4 Ondes stationnaires

Dans cette partie, à l'aide d'un Té, on branche le GBF au câble et à l'oscilloscope et on cherche à observer des ondes stationnaires au sein du câble pour des valeurs bien choisies de la fréquence du GBF.



4.1 Extrémité libre, $R_u \rightarrow +\infty$

Expérimentalement, au niveau du GBF, on observe :

fréquence (MHz)	0,5	1	1,5	2
état	nœud	ventre	nœud	ventre

1. La théorie donne :

$$f_{p,\text{nœud}} = (2p + 1) \frac{v}{4L} \quad \text{avec } p \in \mathbb{N} \quad \text{et} \quad f_{p,\text{ventre}} = p \frac{v}{2L} \quad \text{avec } p \in \mathbb{N}^*$$

Comparer aux valeurs expérimentales.

2. Retrouver par le raisonnement les valeurs théoriques.

4.2 Extrémité en court-circuit, $R_u = 0 \Omega$

Expérimentalement, au niveau du GBF, on observe :

fréquence (MHz)	0,5	1	1,5	2
état	ventre	nœud	ventre	nœud

Interpréter.