

TP N°15 (Simulation avec ISIS)

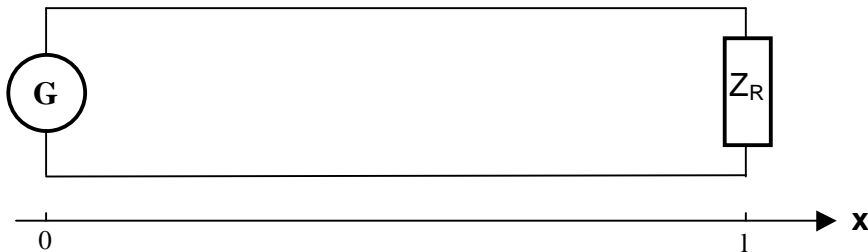
LIGNE DE TRANSMISSION (Câble coaxial de télévision)

OBJECTIFS

- 1- Présentation rapide des caractéristiques d'une ligne de transmission.
- 2- Mesure de la vitesse de propagation et de l'impédance caractéristique (ligne adaptée).
- 3- Etude des défauts de la ligne non adaptée.

I- GÉNÉRALITÉS SUR LA LIGNE DE TRANSMISSION

1- Modélisation de la ligne

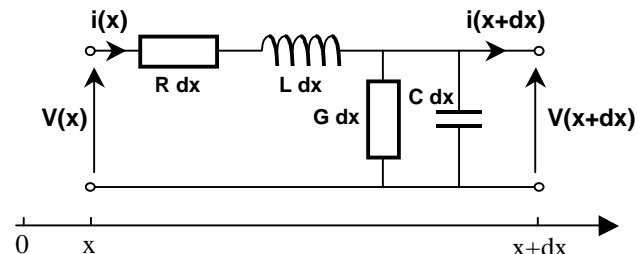


Une ligne de transmission de longueur l est constituée de deux conducteurs. La ligne est alimentée à une extrémité par un générateur HF (hautes fréquences) et fermée à l'autre extrémité sur une impédance Z_R (récepteur).

Remarque importante : La longueur l de la ligne est grande devant la longueur d'onde λ du signal, la tension et le courant seront donc variables le long de la ligne.

Pour faire l'étude de la propagation le long de la ligne, il faut modéliser la ligne en la décomposant en une suite de quadripôles mis en cascade.

Une très petite longueur dx de ligne sera équivalente au schéma ci-dessous :



- Les grandeurs R et L représentent la résistance et l'inductance du conducteur par unité de longueur (R en Ω/m et L en H/m).
- Les grandeurs G et C représentent la conductance et la "capacité" de l'isolant par unité de longueur (G en S/m et C en F/m).

2- Impédance caractéristique

Lorsque le fil est infini (pas de réflexion en bout de ligne), on définit l'impédance

caractéristique Z_C de la ligne :
$$Z_C = \sqrt{\frac{R + jL\omega}{G + jC\omega}}$$

Exemple : $Z_C = 50 \Omega$ pour les câbles coaxiaux BNC de laboratoire (ancien réseau informatique).

3- Vitesse de propagation

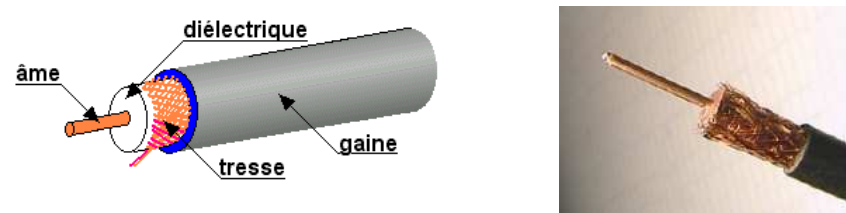
Considérons ici que la ligne est à faibles pertes ($R \approx 0 \Omega/m$ et $G \approx 0 S/m$), on démontre alors

que la vitesse de propagation v_P du signal dans la ligne est :
$$v_P = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Exemple : pour un câble coaxial BNC on a mesuré $L = 257 \text{ nH/m}$ et $C = 97,5 \text{ pF/m}$.
Ce qui donne $Z_C \approx 51 \Omega$ et $v_P \approx 2.10^8 \text{ m/s}$.

4- Le câble coaxial

Un câble coaxial est une ligne dont la masse est constituée d'une tresse de forme cylindrique entourant le conducteur central (âme). L'isolant entre la tresse de masse et le conducteur central est appelé *diélectrique*.



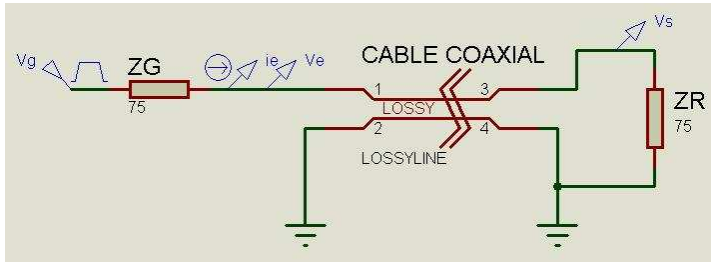
Le câble coaxial est le type de ligne le plus répandu. On l'utilise pour :

- réception : TV, TV par satellites, radio en FM, bandes amateurs
- émission : de 1,8 MHz à 3 GHz. Au delà de 5MHz on utilise des guides d'onde
- réseaux de transmission de données, appareils de mesures
- connexions à haute fréquence entre appareils ou entre modules à l'intérieur des appareils.

II- MANIPULATION

1- Préparation (ligne de type "câble télévision") → 1 point

- ✂① Démarrer le logiciel de simulation *ISIS* et réaliser le schéma ci-dessous avec les éléments suivants :
- Ligne de transmission : *LOSSYLINE*
 - Générateur : *PULSE* (0V → 1V ; Largeur 1% et Fréquence 50kHz)
 - Impédances : *RES* (résistances 75Ω pour le générateur et pour le bout de ligne).



2- Mesure de la vitesse de propagation → 4 points (1+2+1)

- ✂① Paramétrer la ligne *LOSSYLINE* avec les éléments suivants (attention aux unités):
- Résistance R et conductance G sont négligés (G est déjà négligé par défaut)
 - Inductance : $L = 260 \mu\text{H} / \text{km}$
 - Capacité : $C = 46 \text{nF} / \text{km}$
 - Longueur de la ligne : $\ell = 1\text{km}$
- ✂② Faire une simulation *ANALOGUE* de 0 à 20μs pour visualiser $\mathbf{V_e}$ et $\mathbf{V_s}$.
Mesurer le temps de propagation τ du signal sur la ligne.
- ✂③ Calculer la valeur théorique du temps de propagation τ et comparer avec la valeur mesurée au ✂②.
Indication : Utiliser la formule de la vitesse de propagation.

3- Mesure de l'impédance caractéristique → 2 points (1+1)

- ✂① Faire une simulation *ANALOGUE* de 0 à 20μs pour visualiser $\mathbf{V_e}$ et $\mathbf{i_e}$.
Mesurer l'impédance caractéristique $Z_C = \frac{V_e}{i_e}$.
- ✂② Calculer la valeur théorique de Z_C et comparer avec la valeur mesurée au ✂②.
Indication : On doit prendre $R=0$ et $G=0$.

4- Ligne ouverte : $Z_R = \infty$ → 4 points (0+2+2)

- ✂① Débrancher la résistance Z_R en bout de ligne.
Faire une simulation *ANALOGUE* de 0 à 20μs pour visualiser $\mathbf{V_e}$ et $\mathbf{V_s}$.
- ✂② Observer l'allure de la tension $\mathbf{V_e}$; commenter et essayer d'expliquer l'origine du phénomène.
- ✂③ Mesurer la hauteur de l'impulsion $\mathbf{V_s}$ et comparer avec $\mathbf{V_e}$.
Justifier cette valeur de hauteur de $\mathbf{V_s}$.

5- Ligne en court-circuit : $Z_R = 0$ → 4 points (0+2+2)

- ✂① Débrancher la résistance Z_R en bout de ligne et la remplacer par un fil.
Faire une simulation *ANALOGUE* de 0 à 20μs pour visualiser $\mathbf{V_e}$ et $\mathbf{V_s}$.
- ✂② Observer l'allure de la tension $\mathbf{V_e}$; commenter et essayer d'expliquer l'origine du phénomène.
- ✂③ Justifier la disparition de l'impulsion $\mathbf{V_s}$.

6- Ligne adaptée : $Z_R = ?$ → 5 points (0+1+2+2)

- ✂① Rebrancher la résistance Z_R en bout de ligne et régler sa valeur à 50Ω.
Faire une simulation *ANALOGUE* de 0 à 20μs pour visualiser $\mathbf{V_e}$.
- ✂② Régler, par tâtonnement, la valeur de Z_R jusqu'à disparition de l'impulsion réfléchie en bout de ligne.
- ✂③ Comparer la valeur de Z_R trouvée au ✂② avec la valeur de Z_C de la ligne.
Commenter alors l'expression utilisée par les installateurs de câbles coaxiaux : "Il faut mettre un bouchon 75Ω en bout de câble".
- ✂④ Quels peuvent être les problèmes rencontrés par une ligne non adaptée lors de la transmission de données informatiques.