

ELE3500 Ondes Électromagnétiques

Laboratoire #1: Transitoires sur les lignes de transmission

Salle L-5904

Objectifs :

Le but du TP est de vérifier expérimentalement les phénomènes de délai, d'atténuation, de réflexion et de transmission sur les lignes de transmission. Trois câbles coaxiaux d'une longueur de 20 m chacun seront placés en série afin de construire une ligne de transmission d'une longueur totale de 60 m. Une impulsion sera injectée en entrée de la ligne de transmission et le signal en différents endroits de cette ligne sera mesuré, et ce pour différentes valeurs d'impédance de charge. Des coefficients de réflexion, de transmission seront mesurés et l'analyse de réflexions multiples sur la ligne sera étudiée.

Matériel :

Le matériel utilisé est cité ci-dessous :

- 1 générateur de signaux Agilent 33210A;
- 1 oscilloscope Tektronix TDS2022;
- 2 sondes d'oscilloscope à haute impédance;
- 3 sections de câble coaxial de 20 mètres de longueur et une section d'un mètre;



- 4 té coaxiaux BNC F-F-F et un té M-F-F (M : mâle, F : femelle)



Té BNC F-F-F



Té BNC M-F-F

- une charge adaptée, une charge inconnue de couleur rouge, jaune ou vert.



Charge adaptée



Charges inconnues de couleur

Rapport :

L'équipe de travail doit remettre un rapport au chargé de laboratoire en quittant la séance. Le rapport doit être rédigé proprement et doit contenir les tracés des signaux demandés, le détail des calculs si nécessaire, les résultats numériques demandés ainsi que l'analyse des différents résultats.

1. Réglage du générateur de signaux et de l'oscilloscope

Branchez une sonde d'oscilloscope (haute impédance) à la sortie du générateur de signaux et observez le signal au canal 1 de l'oscilloscope.

- Notez que vous disposez d'un adaptateur qui vous permet d'insérer directement l'extrémité de la sonde dans un connecteur coaxial de type BNC femelle. La pince de masse de la sonde n'a donc pas besoin d'être connectée.



La sonde peut être connectée directement à un té ou à la sortie du générateur de signaux

Oscilloscope :

- Si vos sondes permettent un réglage 10X utilisez le, et dans ce cas prenez soin de spécifier que vous utilisez des sondes 10X dans les réglages des canaux 1 et 2 de

l'oscilloscope. Si vos sondes ne fonctionnent qu'en échelle 1X, assurez vous de faire le réglage approprié des canaux 1 et 2.

- Pensez à régler le couplage des entrées de l'oscilloscope en mode courant continu (DC).
- Ajustez le déclenchement (trigger) de l'oscilloscope sur le front montant.

Générateur de signaux :

- Appuyez sur **Utility**, puis sélectionnez *Output setting* et *high Z*; avec ce réglage, la tension affichée à l'écran du générateur correspond à la tension aux bornes du générateur lorsqu'il est en circuit ouvert (i.e. tension de Thévenin).
- Ajuster précisément les paramètres du signal d'entrée pour faire apparaître une impulsion dont les caractéristiques sont les suivantes (pour une bonne visualisation du signal, régler la base de temps de l'oscilloscope autour de 100 ns/division).
 - Forme du signal : pulse rectangulaire
 - Fréquence : 1 kilohertz
 - Amplitude aux bornes du générateur en circuit ouvert : *Low level* : 0 volt, *High level* : 2 volts
 - Largeur du pulse : 80 nanosecondes
 - Temps de montée et de descente : 20 nanosecondes

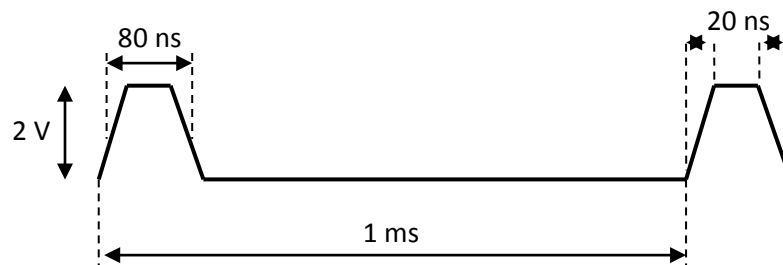


Figure 1

Ces réglages seront utilisés pour le reste de la séance. Seule la largeur de l'impulsion sera à modifier dans la dernière partie du TP.

2. Mesure de la vitesse et de l'impédance caractéristique

Assemblez le circuit illustré sur la Figure 2. Les éléments T1 à T4 sont des tés BNC de type F-F-F.

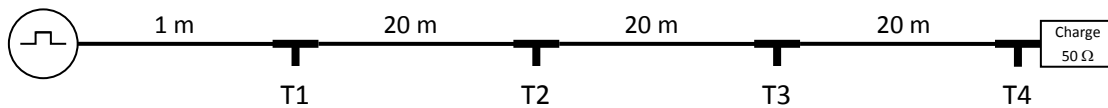


Figure 2

- Branchez la sonde #1 au té T1.
- Branchez la sonde #2 successivement aux tés T2, T3 et T4 et tracez à main levée sur un même graphique les signaux $v_1(t)$, $v_2(t)$, $v_3(t)$ et $v_4(t)$. Que constatez-vous?
- Se basant sur le signal $v_1(t)$ uniquement, vérifiez que la valeur de l'impédance caractéristique du câble spécifiée par le fabricant est bien de 50Ω . Notez que le générateur a une impédance interne de 50Ω .
- Obtenez la vitesse de propagation v des signaux sur la ligne en utilisant les signaux $v_1(t)$ et $v_4(t)$. On négligera la longueur des Tés entre les câbles.
- Estimez la constante d'atténuation α de ce type de câble en Neper/m.
- Déterminez la permittivité relative ϵ_r du matériau diélectrique qui sépare les deux conducteurs du câble. Pour une ligne coaxiale on peut utiliser $v = 1/\sqrt{\epsilon\mu}$, avec $\epsilon = \epsilon_0\epsilon_r$, $\epsilon_0 \approx 8.85 \times 10^{-12} \text{ Farad/m}$ et $\mu = \mu_0 = 4\pi/10^7 \text{ Henry/m}$.
- Retirez la charge adaptée au bout de la ligne et tracez les signaux $v_1(t)$ et $v_4(t)$ obtenus à l'oscilloscope. Que constatez-vous?
 - Fournissez une explication pour le gain de tension observé. NB : il n'y a pas d'amplificateur actif ou de transformateur dissimulé dans le câble.
 - Fournissez une explication quand à l'apparition d'une deuxième impulsion en T1.

3. Coefficients de réflexion et de transmission

- Notez dans votre rapport la couleur de la gaine sur la charge inconnue qui vous est fournie. Branchez cette charge au té T3 et rebranchez la charge adaptée au bout de la ligne, i.e. au té T4.
- Tracez les formes d'ondes $v_1(t)$, $v_2(t)$ et $v_4(t)$ puis déduisez en :
 - Le coefficient de transmission à travers le té T3 contenant la charge inconnue;
 - Le coefficient de réflexion causé par la charge branchée au té T3;

- La valeur de la résistance de la charge inconnue.

4. Réflexions multiples

- a. Branchez le 5^e té (T5) de type M-F-F sur T1. Branchez en parallèle sur T5 la sonde #1 et la charge inconnue utilisée au point précédent. Retirez la charge adaptée du té T4, laissant ainsi la fin de la ligne en circuit ouvert.
- b. Réglez l'échelle de temps de l'oscilloscope à 100 ns par division, puis observez les signaux de tension à T5 et T3 sur l'intervalle $0 \leq t \leq 1000\text{ns}$. Au besoin, décalez l'échelle de temps avec le contrôle horizontal de l'oscilloscope de façon à ce que la montée du premier pulse venant de T5 commence à environ $t = 0$ i.e. à gauche de l'écran de l'oscilloscope. Tracez les signaux venant de T5 et T3 dans votre rapport.
- c. Tout en observant l'écran de l'oscilloscope, augmentez graduellement la largeur du pulse sur le générateur jusqu'à environ 1000 nanosecondes, puis tracez de nouveau les tensions obtenues à T5 et T3 dans l'intervalle $0 \leq t \leq 1000\text{ns}$.
- d. Tracez le diagramme de rebonds correspondant au circuit testé pour les signaux mesurés en T5 et T3 lorsque la largeur d'impulsion est fixée à 1000 ns. Comparez vos résultats avec ceux observés à l'écran.