

TP OnB. Étude des ondes électriques dans un câble coaxial

Objectifs

- Visualisation d'une onde électrique dans un câble coaxial : propagation et réflexion en bout de ligne
- Détermination des propriétés du câble coaxial

1. Le câble coaxial

a) Spécifications d'un modèle de câble

On dispose de câbles coaxiaux de longueur $L = 100$ m, du modèle RG 58 C/U, avec connecteurs BNC mâles aux deux extrémités.

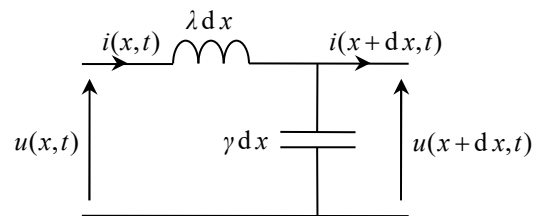
On se propose de faire du contrôle de qualité, en mesurant les différentes grandeurs spécifiées par le constructeur pour ce câble (voir feuille de spécifications en annexe) : la vitesse de propagation des ondes v , l'impédance caractéristique Z_c , la capacité par unité de longueur γ , et le coefficient d'atténuation α .



b) Rappel des résultats théoriques

On adopte pour le câble coaxial le modèle à constantes réparties, avec une capacité par unité de longueur γ et une inductance par unité de longueur λ , en négligeant la résistance le long du câble et la conductance du diélectrique entre les deux fils.

Le calcul donne $v = \frac{1}{\sqrt{\lambda\gamma}}$ et $Z_c = \sqrt{\frac{\lambda}{\gamma}}$.



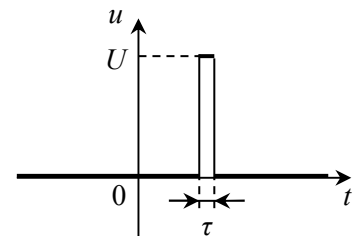
Si on branche une impédance $\underline{Z}$ en bout de ligne, le coefficient de réflexion en tension est $r = \frac{\underline{Z} - Z_c}{\underline{Z} + Z_c}$.

2. Mesure des propriétés du câble coaxial

a) Mesure de la vitesse de propagation des ondes dans le câble

➤ Protocole 1

- Placer un T coaxial sur la sortie du GBF, et connecter celui-ci à l'oscilloscope avec un câble coaxial habituel (câble court de 1 m).
- Régler le générateur pour obtenir des impulsions périodiques (forme de signal *Pulse* sur le GBF Rigol), de grande amplitude U , de fréquence $f = 100$ kHz, et de faible largeur τ (régler pour cela l'option *Duty* à 2 % par exemple).
- Connecter le câble RG 58 C/U à étudier au GBF. Régler l'oscilloscope pour bien faire apparaître une impulsion incidente et une impulsion réfléchie.
- Déterminer, à partir des observations à l'oscilloscope, la vitesse de propagation v des ondes électriques dans le câble. Comparer à la valeur donnée par le constructeur.



➤ Question 1

Quels phénomènes peuvent expliquer pourquoi l'impulsion réfléchie n'a pas exactement la même forme que l'impulsion incidente ?

b) Mesure de l'impédance caractéristique

➤ **Protocole 2**

- Placer à l'autre extrémité du câble RG 58 C/U une terminaison BNC/banane, permettant de connecter une boîte à décades de résistances : celle-ci constitue alors une impédance terminale $\underline{Z} = R$ réglable. Relier ses bornes à la voie 2 de l'oscilloscope.
- Dans les deux cas extrêmes, R infinie et R nulle, déterminer le coefficient de réflexion r , et comparer à sa valeur théorique (vue en exercice).

- Proposer et mettre en œuvre un protocole pour déterminer l'impédance caractéristique Z_c . Comparer à la valeur donnée par le constructeur.

➤ **Question 2**

- À partir des résultats précédents, calculer l'inductance par unité de longueur λ ainsi que la capacité par unité de longueur γ . Comparer celle-ci à la valeur donnée par le constructeur.

c) Mesure du coefficient d'atténuation

➤ **Question 3**

Quels paramètres, non pris en compte dans notre modèle, permettraient d'expliquer l'atténuation de l'onde au cours de sa propagation ?

➤ **Protocole 3**

Proposer et mettre en œuvre un protocole pour déterminer le coefficient d'atténuation α , exprimé en décibels pour 100 mètres (dB/hm). Vérifier la compatibilité avec les valeurs données dans le tableau du constructeur.

Annexe
Spécifications fournies par le constructeur

RG - STANDARD SERIES

Massive copper

**RoHS / REACH
KONFORM**

**In the style of
MIL-C-17**



	RG 174 A/U	RG 58 C/U	RG 8/U	RG 213/U
Construction	Mini		Similar to RG 213 UBX	
Inner conductor	7x0.16mm copperwel.	19x0.18mm copper ti.	7x0.70mm copper bar	7x0.75mm copper bar
Insulation	1.54 mm PE	2.95 mm PE	6.40 mm PE	7.30 mm PE
Outer Conductor				
a)	copper braid tinned	copper braid tinned	copper braid bare	copper braid bare
b)				
c)				
Jacket +/- 0,2 mm	2.8 mm PVC	4.95 mm PVC	9.5 mm PVC	10.3 mm PVC
Electrical properties				
Characteristic impedance (Ω)	50 +/-3	50 +/-3	50 +/- 3	50 +/-3
Capacity (pF/m)	103	103	103	103
Velocity (v/c)	0,66	0,66	0,66	0,66
Attenuation at 20°C (dB 100m)				
1 MHz				
5 MHz				
10 MHz	9,6	4,7	2,0	1,8
20 MHz	13,7	7,2	3,0	2,8
50 MHz	21,8	10,7	4,8	4,4
100 MHz	31,1	15,3	7,8	6,8
200 MHz	44,5	22,8	10,6	9,7
300 MHz	50,3	28,3	13,4	12,3
500 MHz	72,7	37,0	17,2	16,2
800 MHz	91,3	48,8	24,0	21,5
1000 MHz	106,1	55,5	27,5	24,5
1500 MHz				
2250 MHz				
3000 MHz				
Shield dampening (dB)	➤	➤	➤	➤
DC resistance (Ohm/km)				
Inner conductor	306	36,0	6,0	5,5
Outer conductor	54	17,0	6,0	4,5
Operating voltage (max. V)				
In the style of:	MIL-C-17	MIL-C-17	MIL-C-17	MIL-C-17