

Saé 13 – BUT1 R/T

ROMMES

Thibault

Groupe : 1A

1 – Caractéristiques

1.1 – Historique

Le câble coaxial a été inventé en 1880 par Oliver Heaviside, un mathématicien et ingénieur anglais autodidacte. Il était opérateur télégraphiste, après une étude sur l'effet de peau des conducteurs dans les lignes de télégraphe Heaviside dépose un brevet pour le câble coaxial.

Cependant c'est en 1929 que l'ingénieur américain Lloyd Espenschied, et Herman Affel, vont utiliser un câble coaxial pour transmettre des signaux à haute fréquence. Cette utilisation du câble a permis une grande avancée en communications téléphoniques et radiophoniques car elle va permettre de diffuser des signaux clairs sur de longues distances, en limitant les pertes de signal et les interférences.

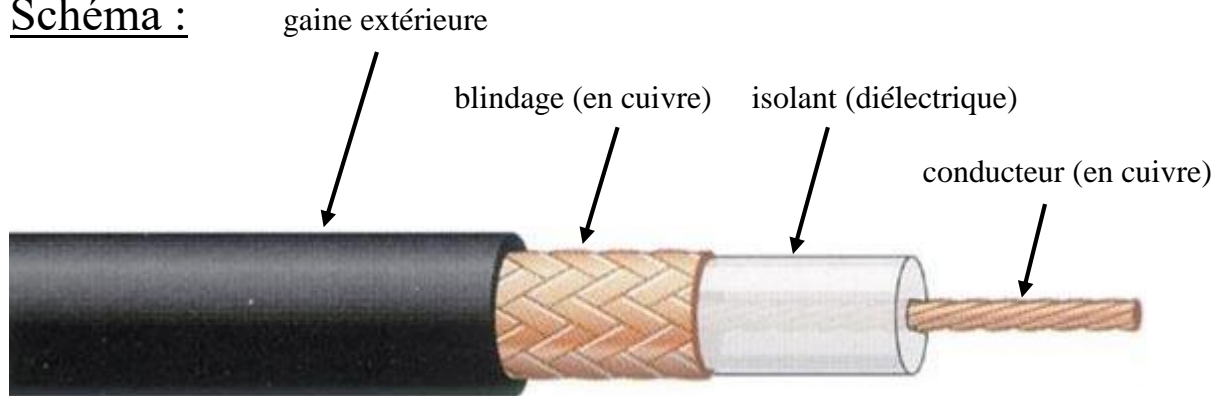
Dans les années 80 le câble coaxial a aussi servi au développement de l'Internet à haut débit et des réseaux locaux jusqu'à ce qu'il soit remplacé progressivement à la fin du XXe siècle par la fibre optique.

Néanmoins il est encore utilisé de nos jours dans divers domaines, c'est le câble standard utilisé pour la télévision par câble et pour l'installation de caméras de sécurité CCTV.

Le premier câble coaxial commercial a été installé en 1936, reliant les villes de New York et Philadelphie aux États-Unis. À cette époque, il s'agissait surtout de transmettre des signaux téléphoniques longue distance.

1.2 – Principe

Schéma :



Sur ce schéma on peut voir plusieurs couches, d'abord la gaine extérieure qui va protéger le câble des dommages physiques, elle a aussi un rôle d'isolant. Ensuite il y a un blindage (en tresses) protégeant le câble des interférences électromagnétiques, à l'intérieur l'isolant entoure le conducteur central pour empêcher le passage du courant électrique entre ces deux portions conductrices, le conducteur et le blindage.

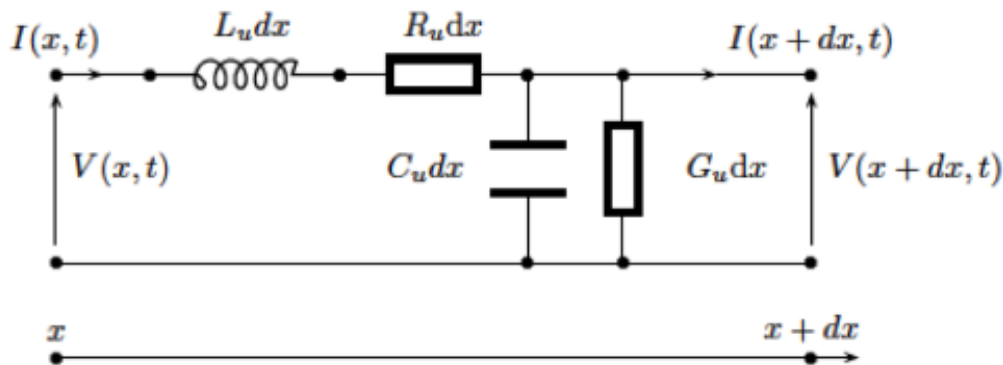
Principe de base :

Le principe de base du câble coaxial se résume à :

- Son effet de peau : À haute fréquence, le courant a tendance à se concentrer près de la surface des conducteurs. Le câble coaxial utilise cet effet pour minimiser les pertes de signal.
- Son impédance caractéristique : La distance entre le conducteur central et le blindage, ainsi que la nature de l'isolant diélectrique, déterminent l'impédance du câble. Elle peut être de 50 ou 75 Ohms.
- Son effet de blindage : Le blindage métallique isole le conducteur central des interférences électromagnétiques,

réduisant ainsi les bruits et les perturbations dans le signal transmis.

Schéma électronique :



Dans ce schéma, « R » est la résistance, « G » est la conductance, « L » est l'inductance, « C » est la capacité, « V » est la tension et « I » est l'intensité du courant.

1.3 – Utilisation

Le câble coaxial est très largement utilisé dans les télécommunications.

Il est utilisé pour la télévision par câble, historiquement le câble coaxial a été le principal support pour la transmission des signaux de télévision. Il a permis la distribution de la télévision par câble dans les foyers à partir des années 1940. Aujourd'hui encore il reste largement utilisé pour transmettre les signaux de télévision pour les abonnements au câble.

Les connexions internet, dans les années 1980 les fournisseurs d'accès à Internet ont utilisé les réseaux de câbles coaxiaux existants pour offrir un accès Internet par le biais des modems câble. Bien qu'ils aient été rapidement remplacés par la fibre optique, les câbles coaxiaux sont maintenant utilisés pour la connexion finale aux maisons pour améliorer les débits, avec des technologies telles que le DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification).

Il a aussi servi pour les réseaux locaux (LAN) avant d'être remplacés par le câble Ethernet.

Ce câble est aussi utilisé dans les systèmes de vidéosurveillance pour transmettre les images des caméras de surveillance aux systèmes d'enregistrement.

On peut constater que dans beaucoup de domaine le câble coaxial a été remplacé par des câbles plus performants, même si il est encore utilisé pour divers télécommunication.

1.4 – Principales données constructeur

Lors de la sélection d'un câble coaxial, les caractéristiques techniques permettent de déterminer directement la performance et la fiabilité de la transmission du signal.

Voici les principaux paramètres d'intérêt des données constructeur :

L'impédance caractéristique (en Ohms) :

C'est ce à quoi une onde électromagnétique est soumise lorsqu'elle traverse le câble. Elle est normalisée à 50 ohms ou 75 ohms pour les câbles coaxiaux.

L'impédance caractéristique est cruciale pour assurer une transmission efficace, sans perte ni distorsion. En garantissant une adaptation entre le câble et le reste du système, on maximise la puissance transmise et on maintient l'intégrité du signal.

L'atténuation (en dB/m) :

L'atténuation mesure la perte de puissance subie par le signal lors de son déplacement dans le câble. Elle est essentielle pour évaluer la portée et la qualité du signal.

La capacité (en pF/m) :

Décrit la capacité de deux conducteurs, séparés par un matériau d'isolation, à emmagasiner une charge. Plus la capacité est basse, meilleures sont les performances du câble.

La vitesse de propagation (ratio en %) :

Directement lié au retard de propagation, une vitesse de propagation élevée garantit une transmission efficace avec un retard minimal, ce qui est obligatoire dans la TV par câble ou d'autres domaines pour assurer la synchronisation de la transmission.

Fréquence d'utilisation (en Hz) :

La fréquence d'utilisation d'un câble coaxial représente la gamme de fréquences pour laquelle le câble est conçu pour fonctionner de manière optimale, sans introduire de distorsions ou de pertes excessives. Chaque câble a une fréquence maximale recommandée au-delà de laquelle les performances se dégradent significativement.

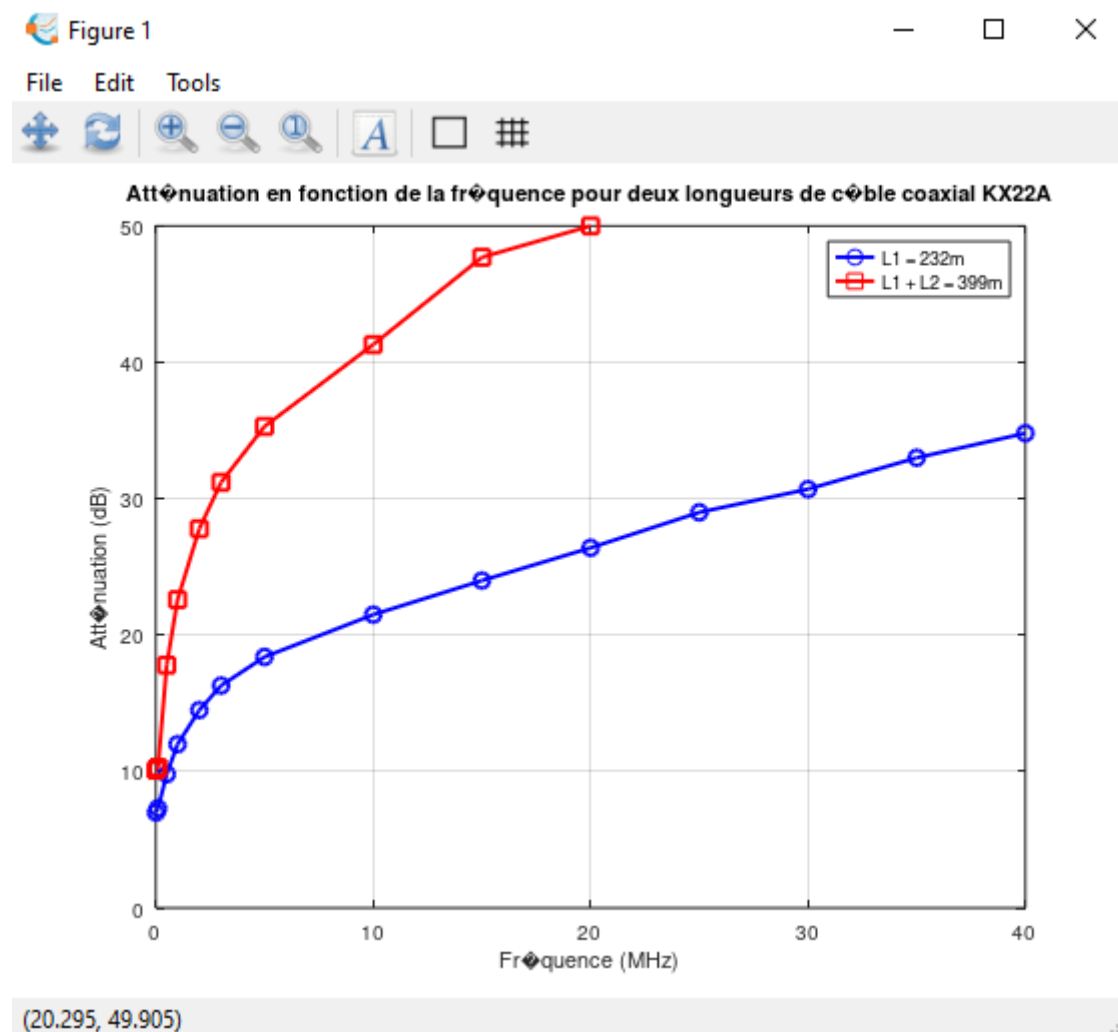
Résistance du conducteur (en Ohms) :

Plus le diamètre du conducteur est petit, plus sa résistance sera grande, et donc plus il y aura de pertes.

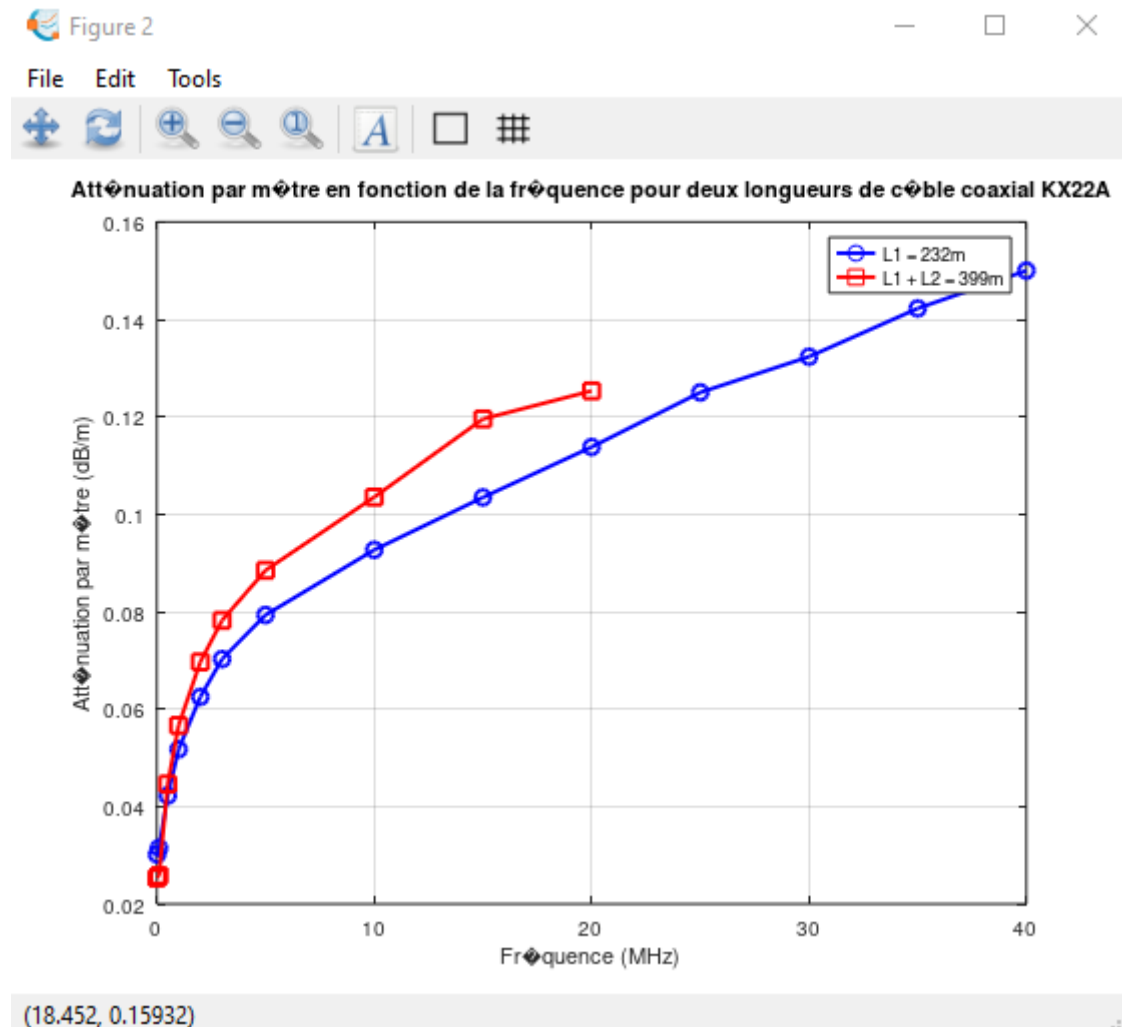
2 – Réponse en fréquence

2.1 – Travail sous OCTAVE ou MATLAB

2.1.1 – Tracé des courbes de Att(dB) en fonction de F(MHz)



2.1.2 - Tracé des courbes de l'atténuation ramenée à la longueur

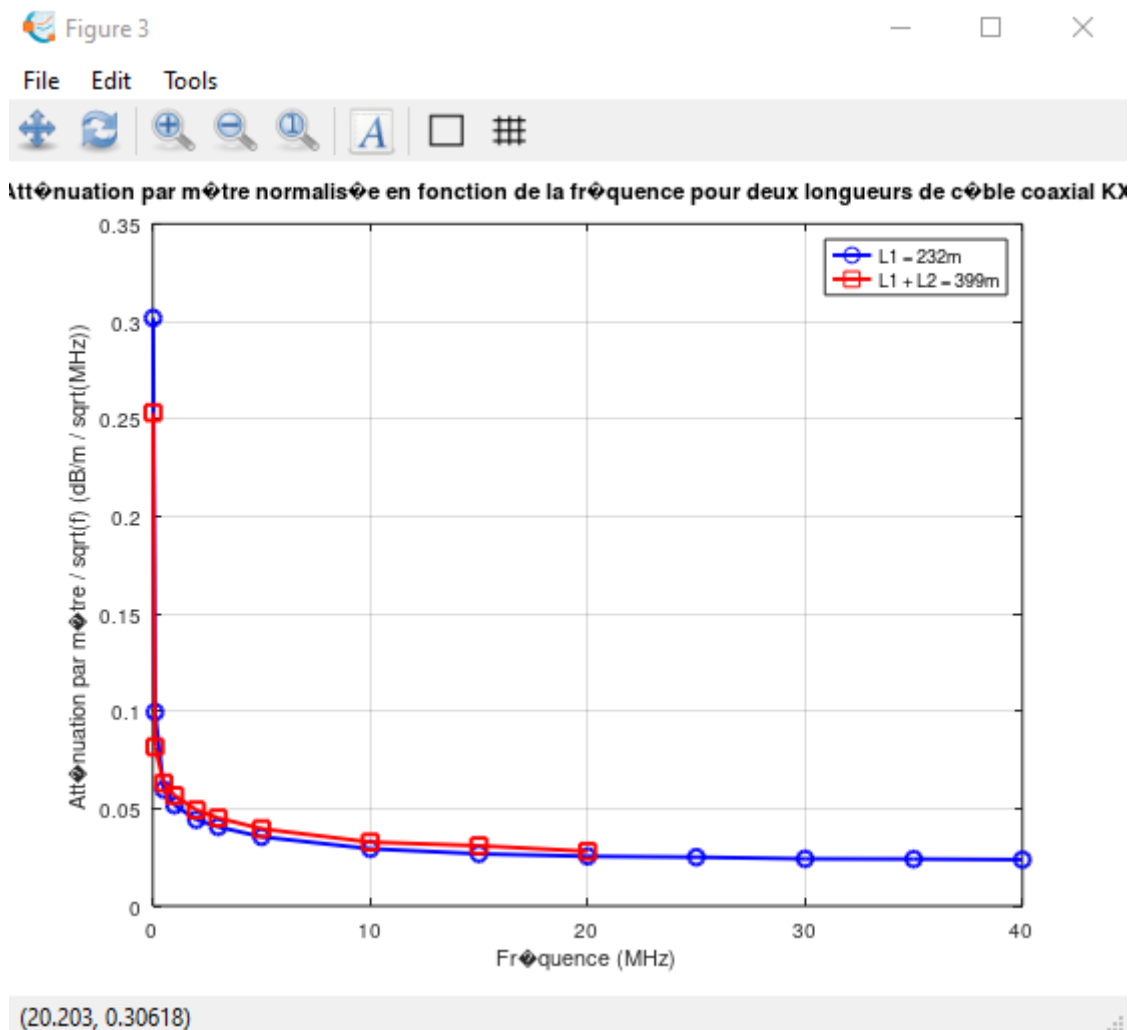


On remarque que l'atténuation augmente proportionnellement avec la longueur du câble et qu'elle croît avec la fréquence, de plus l'atténuation par mètre est quasiment identique pour les deux longueurs de câble, montrant que les pertes sont uniformes sur toute la longueur. On peut en conclure que les pertes dues à l'atténuation sont directement liées à la longueur et à la fréquence.

2.1.3 - Trouver α

$$1. \quad A_{dB/m}(f) = \alpha \sqrt{f} \quad \text{donc} \quad \alpha = \frac{A_{dB/m}(f)}{\sqrt{f}}$$

2.



3. On voit que les courbes se stabilisent à partir de 5MHz donc on déduira une valeur approximative de α pour une fréquence supérieure ou égale à 5MHz : Par lecture graphique à partir de 5MHz les points de la courbe sont en moyenne aux alentours de 0.03.

Donc $\alpha \approx 0.03$

3 – Relevé pratique de l'atténuation, de l'impédance caractéristique, du retard de propagation

Atténuation :

L'atténuation exprimée en décibels (dB) est calculée par : $A(\text{dB}) = 20\log_{10}(V \text{ entrée}/V \text{ sortie})$

Elle varie en fonction de la fréquence (f) comme nous le montre ce tableau (pour une ligne de 232m) :

F(MHz)	A	A(dB)
0,001	1,17	1,34
0,01	1,21	1,69
0,1	1,21	1,69
1	1,28	2,14
10	2,42	7,66

On constate que pour une distance fixe, plus la fréquence est élevée plus l'atténuation augmente.

Impédance caractéristique :

Pour un câble coaxial l'impédance caractéristique est de 50 Ohms ou 75 Ohms.

L'impédance joue un rôle important dans le coefficient de réflexion :

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Z_L = impédance de charge Z_0 = impédance caractéristique

Plus le coefficient est proche de 0, moins il y a de réflexions.

Retard de propagation :

Le retard de propagation est directement lié à la vitesse de propagation.

Données : $d = 24 \text{ m}$ et $t = 115 \text{ ns}$

vitesse = distance/temps

$$\Leftrightarrow v = 24/115 \times 10^{-9} \Leftrightarrow v = 2,087 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$c = \text{vitesse de la lumière} = 299\,792\,458 \text{ m/s}$

Ensuite on calcule la vitesse relative de propagation avec :

$$v/c = 2,087 \times 10^8 / 299\,792\,458 = 0,696$$

Donc la vitesse de propagation est de 70%

Comme $v=d/t$, on en conclut que le retard de propagation $t = 115 \text{ ns}$