

# Saé 13 - Découvrir un dispositif de transmission

## Le câble coaxial

UCA/IUT/BUT 1

### Compte-rendu

Le but de cette saé est d'étudier théoriquement puis en pratique les caractéristiques du câble coaxial, support de propagation de signaux numériques. Ce document est donc à compléter au fur et à mesure.

#### 1 Caractéristiques (étude sur documents via internet, bibliothèque) (temps estimé : 6h)

##### 1.1 Historique (Replacer le câble coaxial dans l'histoire, inventeur, première utilisation, etc ...)

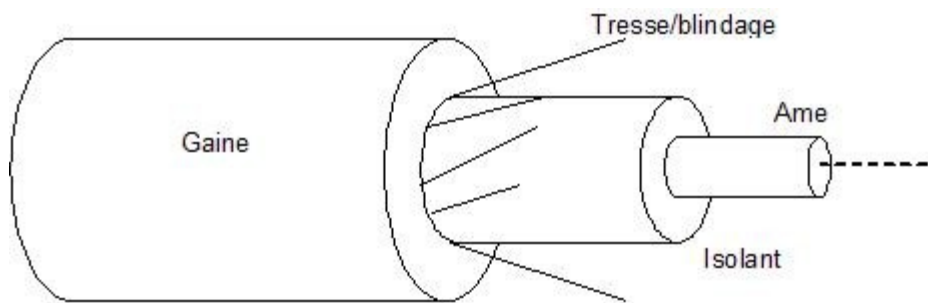


En 1880 Olivier Heaviside déposa un brevet pour le câble coaxiale, mais le brevet a été accepté en 1931 par l'Américain Herman Affel qui développa le câble coaxial moderne. Le câble coaxial ou ligne coaxiale est une ligne de transmission, utilisée en basses ou hautes fréquences, composée d'un câble à deux conducteurs (central et extérieur), dont le conducteur externe assure le plus souvent le blindage. Ce câble est utilisé dans de nombreux cas tels que la télécommunications, la télévision et aussi le militaire. Pour ce qui est de télécommunication, en 1936 New York et Philadelphie ont été relié par un câble coaxial. Ensuite les premières applications pratiques sont apparues au début du 20eme siècle, avec la fibre optique par exemple. Pour la télévision en revanche c'est dans les années 1940 que le câble coaxial a commencé à être utilisé pour transmettre des signaux de télévision. Le but été d'avoir une connexions sur une plus longue distance, et aussi plus particulièrement pour la diffusion en direct. Pendant la Seconde Guerre

mondial, le câble coaxial a été utilisé pour transmettre des données sécurisées sur de longues distances.

## 1.2 Principe (Schéma, principe physique, schéma électronique)

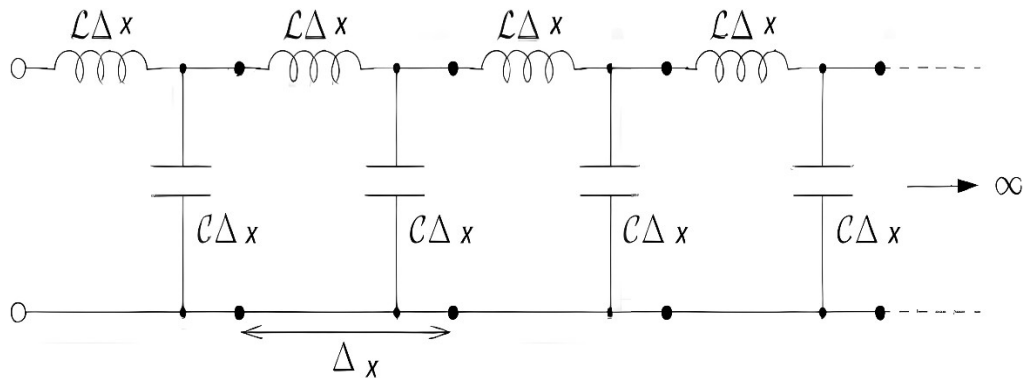
Schéma d'un câble coaxial:



Un câble coaxial est constitué de plusieurs couches. Tout d'abord il y a le conducteur central qui est le fil métallique qui transporte le signal. Ensuite l'isolant interne qui lui entoure le conducteur central pour l'isoler électriquement. La tresse métallique aussi appelé le blindage, une couche de fils métalliques ou de feuille métallique qui protège le signal des interférences. Finalement la gaine externe, le revêtement protecteur en plastique.

Le principe physique du câble coaxial repose sur la propagation d'un signal électrique le long du conducteur central. Le blindage métallique sert de retour pour le courant et de protection contre les interférences électromagnétiques. De plus elle a une atténuation faible avec des pertes de signal limitées. Mais aussi une protection contre les interférences, grâce au blindage qui empêche les perturbations extérieures (effet de cage de Faraday). Finalement l'impédance constante qui elle est généralement de  $50\ \Omega$  ou  $75\ \Omega$ , selon les applications.

Schéma électronique d'un câble coaxial:



Les composants dans ce schéma sont :  $L\Delta x$  (inductance série), comme on peut le voir chaque segment de la ligne possède une inductance proportionnelle à la longueur  $\Delta x$ . Elle modélise la propriété du câble à résister aux variations rapides du courant. Plus le courant varie vite (hautes fréquences), plus la réactance inductive est élevée. Ensuite il y a  $C\Delta x$  (capacité parallèle), où à chaque section il y a une capacité entre le conducteur central et le blindage (la tresse métallique). Cette capacité est proportionnelle à  $\Delta x$ . Elle traduit la capacité du câble à stocker de l'énergie électrique entre le conducteur central et le blindage, comme dans un condensateur classique.

Le câble coaxial agit comme une ligne de transmission, lorsqu'un signal est injecté à l'entrée, il se propage avec une vitesse définie par les propriétés  $L$  et  $C$ . En revanche l'impédance caractéristique du câble est donnée par,  $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$  ce rapport doit être constant pour éviter les réflexions du signal.

### 1.3 Usage (Quelles sont les utilisations du câble coaxial ?)

Le câble coaxial est un outil indispensable dans de nombreux domaines grâce à sa capacité à transporter des signaux haute fréquence tout en réduisant les interférences. On le retrouve notamment dans les télécommunications, où il permet la diffusion des chaînes de télévision et l'accès à Internet via les réseaux câblés. Il est aussi très utilisé pour connecter les antennes TV et les paraboles satellites. Dans les systèmes de vidéosurveillance, il assure la transmission des

images des caméras analogiques vers les enregistreurs. Côté radiofréquences, il sert à relier les émetteurs et les récepteurs aux antennes, notamment dans les stations de base et les communications sans fil. Le câble coaxial est également présent dans les équipements audio professionnels, permettant de transmettre des signaux numériques de haute qualité. On le retrouve aussi dans les appareils médicaux et les systèmes industriels, où il garantit la précision des signaux dans les machines d'imagerie ou les instruments de mesure. Enfin, bien qu'il ait été remplacé par d'autres technologies, il a joué un rôle clé dans les premiers réseaux informatiques. Sa robustesse, sa capacité à limiter les pertes de signal et à offrir une transmission stable en font un choix fiable dans de nombreuses applications.

#### 1.4 Principales données constructeur (Quels sont les principaux paramètres d'intérêt (retard de propagation, impédance d'adaptation, atténuation etc ...) )

Les principales données techniques des câbles coaxiaux, fournies par les constructeurs, sont essentielles pour garantir des performances optimales en fonction des applications. L'impédance caractéristique, exprimée en ohms (généralement  $50\ \Omega$  ou  $75\ \Omega$ ), est l'un des paramètres clés pour assurer une bonne adaptation des signaux et éviter les pertes dues aux réflexions. L'atténuation, mesurée en dB/m ou dB/100 m, représente la perte de puissance du signal le long du câble, particulièrement importante à haute fréquence et sur de longues distances. Le retard de propagation, souvent exprimé en nanosecondes par mètre, indique le temps nécessaire au signal pour parcourir le câble et dépend de la vitesse de propagation, qui est un pourcentage de la vitesse de la lumière. D'autres paramètres comme la capacité et l'inductance linéiques influencent les caractéristiques électriques du câble, tout comme la résistance linéique qui doit être faible pour limiter les pertes. La puissance maximale admissible détermine la quantité d'énergie que le câble peut supporter sans surchauffe, tandis que la fréquence de coupure fixe la limite supérieure de transmission sans distorsion. Enfin, des aspects pratiques tels que le diamètre du câble, la qualité du blindage, la résistance d'isolement et la plage de température d'utilisation jouent un rôle

crucial dans le choix d'un câble adapté aux conditions spécifiques d'installation et d'utilisation.

## 2 Réponse en fréquence (Les données constructeur donnent ce tableau pour l'atténuation d'un câble coaxial KX22A en fonction de la longueur)

TABLE 1 – Atténuation en fonction de la fréquence pour 2 longueurs de câble coaxial

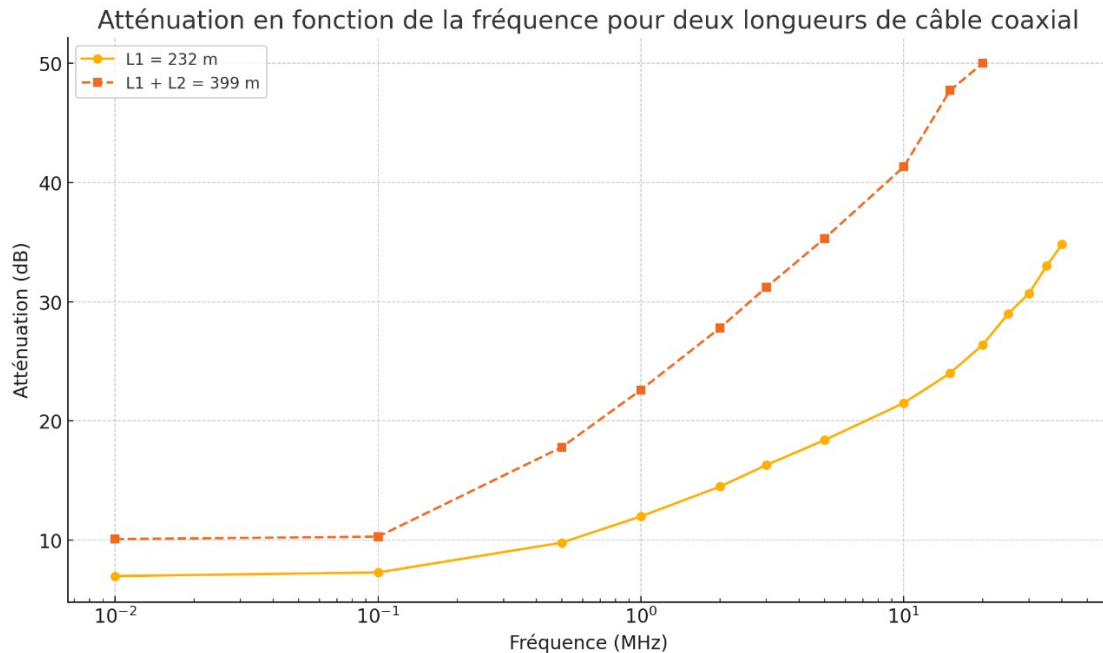
F(MHz)	Att(dB) pour $L_1 = 232m$	Att(dB) pour $L_1 = 232m + L_2 = 167m$
0.01	7	10.1
0.1	7.3	10.3
0.5	9.8	17.8
1	12	22.6
2	14.5	27.8
3	16.3	31.2
5	18.4	35.3
10	21.5	41.3
15	24	47.7
20	26.4	50
25	29	
30	30.7	
35	33	
40	34.8	

On peut approximer l'atténuation par la formule théorique :

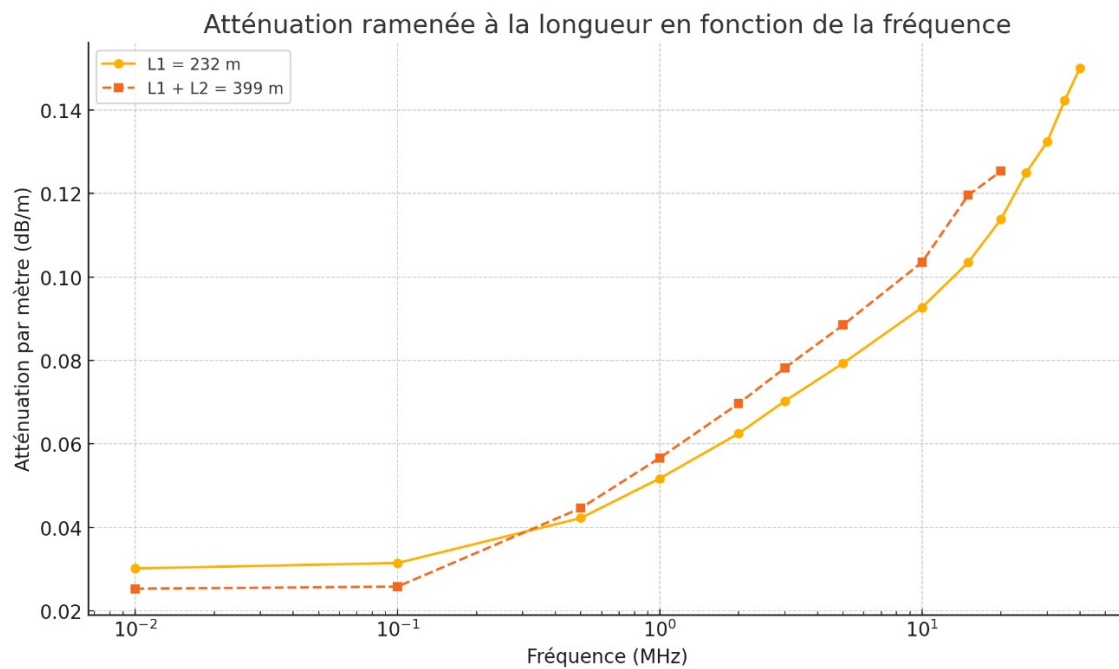
$$A_{dB/m}(f) = \alpha \sqrt{f}$$

### 2.1 Travail sous OCTAVE ou MATLAB (temps estimé : 6h)

2.1.1 En utilisant le tableau 1, tracer les courbes de Att(dB) en fonction de F(MHz) pour les 2 longueurs de câble sur la même figure. Ne pas oublier les axes, le titre et la légende.



2.1.2 Tracé des courbes de l'atténuation ramenée à la longueur : Att(dB/m) en fonction de F(MHz) pour les 2 longueurs de câble sur la même figure. Ne pas oublier les axes, le titre et la légende. Quelles sont les remarques que vous pouvez faire ?



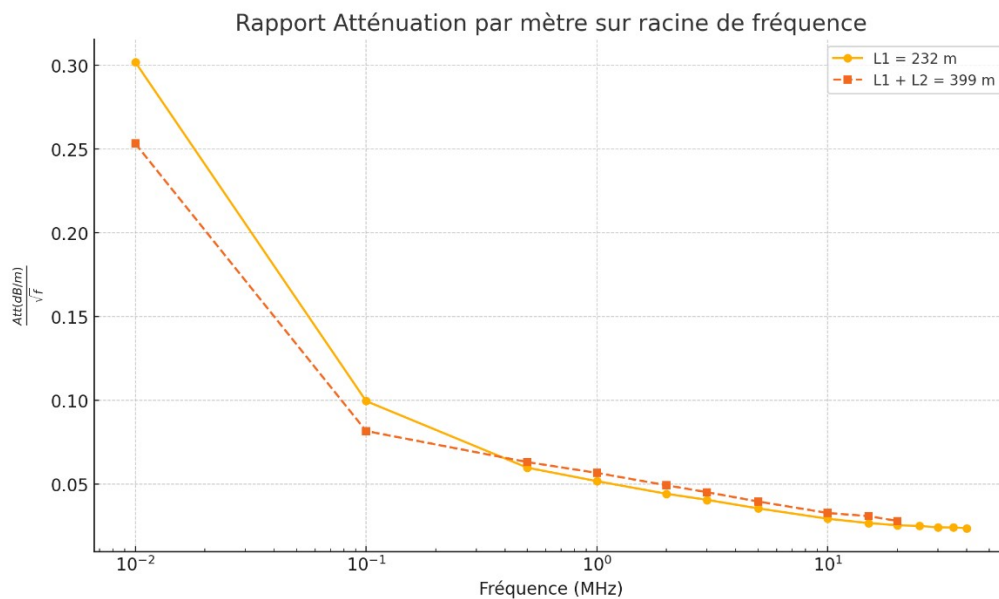
Ce que l'on peut observer c'est que l'atténuation par mètre augmente avec la fréquence pour les deux longueurs. Mais aussi que les valeurs pour L1 et L1 + L2

sont proches, indiquant que l'atténuation par mètre reste relativement constante, quel que soit l'ajout de longueur.

### 2.1.3 Trouver $\alpha$

1. A partir de l'équation (3), comment peut-t-on obtenir  $\alpha$  ?  $\alpha = \frac{AdB/m(f)}{\sqrt{f}}$

2. Tracé des courbes de  $AdB/m(f)/\sqrt{f}$  pour les 2 longueurs de câble sur la même figure.



3. En déduire une approximation de  $\alpha$  :  $\alpha = 1$

et la loi correspondante :  $AdB/m(f) = \alpha \times \sqrt{f}$

3 Relevé pratique de l'atténuation, de l'impédance caractéristique, du retard de propagation temps estimé : 4.5 h de TP

Pour l'atténuation :

- Les matériels nécessaires sont un générateur de signaux, un analyseur de spectre ou oscilloscope, et un câble coaxial à mesurer.
- La procédure est d'injecter un signal sinusoïdal à une fréquence donnée dans le câble coaxial. Ensuite mesurez l'amplitude du signal à l'entrée et à la sortie du câble. Finalement calculez l'atténuation en dB à l'aide de la formule.

$$Att = 20 \times \log \times \left( \frac{V_{\text{entrée}}}{V_{\text{sortie}}} \right)$$

#### Pour l'impédance caractéristique :

- Les matériels nécessaires sont un pont de mesure d'impédance, et une terminaison adaptée (50  $\Omega$  ou 75  $\Omega$ , selon le câble).
- La procédure est de connecter le câble coaxial à un pont de mesure d'impédance. Puis de régler la fréquence du signal pour des valeurs pertinentes (par exemple, 1 MHz à 40 MHz). Pour finir mesurez l'impédance caractéristique ( $Z_0$ ) du câble

#### Pour le retard de propagation :

- Les matériels nécessaires sont un oscilloscope à deux canaux, un générateur d'impulsions, et un câble coaxial à mesurer.
- La procédure est d'injecter une impulsion à une extrémité du câble. Puis d'utiliser l'oscilloscope pour mesurer le temps entre l'entrée de l'impulsion et sa sortie. Finalement calculez le retard de propagation.

$$T_p = \frac{\text{temps mesuré}}{\text{longueur du câble}}$$