

Saé 13 - Découvrir un dispositif de transmission Le câble coaxial

UCA/IUT/BUT 1

Compte-rendu



Figure 1 – Transmission filaire d'un signal numérique.

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)

1.1 Historique

L'invention en est attribuée à Oliver Heaviside (breveté en 1880). Cependant, l'Américain Herman Affel dont le brevet a été accepté en 1931, a développé le câble coaxial moderne et a permis sa mise en pratique.

Le câble coaxial a été initialement conçu pour transporter des signaux électriques à haute fréquence. Sa première utilisation notable a été dans les systèmes de télévision pour relier les antennes aux téléviseurs.

Le câble coaxial est devenu un élément essentiel dans les réseaux de télévision et de communication jusqu'à ce que la fibre optique commence à le remplacer pour les liaisons à longue distance.

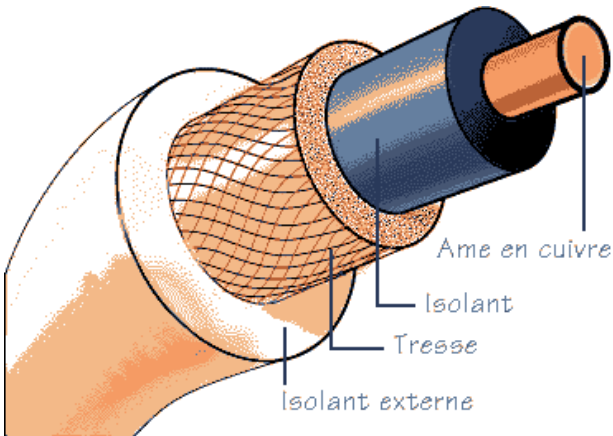
Télévision : Le câble coaxial a été utilisé pour la première fois dans les systèmes de télévision, permettant de relier les antennes de réception aux téléviseurs de manière plus efficace.

Télécommunications : AT&T a utilisé le câble coaxial pour les premières lignes de transmission téléphonique à longue distance. Cela a permis d'améliorer la qualité des appels et d'augmenter la capacité des lignes de communication.

Avec l'apparition de la fibre optique, le câble coaxial a progressivement été remplacé pour les liaisons à longue distance en raison des capacités supérieures de la fibre optique en termes de bande passante et de distance de transmission.

1.2 Principe

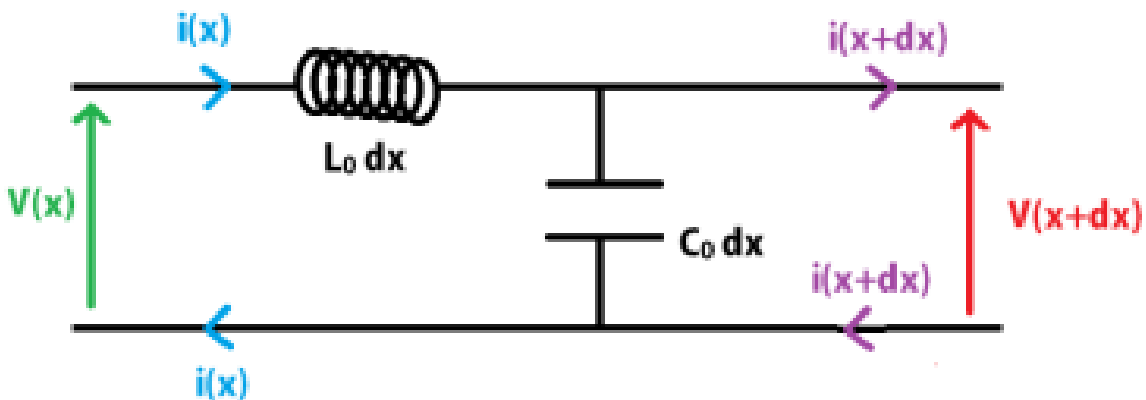
Schéma :



Principes Physique :

Quand le fil de cuivre (Ame en cuivre) reçoit un signal électrique, il crée un champ électromagnétique autour du cuivre. Cela a pour de transformer l'information sous forme d'onde électromagnétique. L'isolant en plastique, permet grâce à sa capacité à ne pas conduire l'électricité, de confiner le champ électromagnétique. La tresse métallique (tresse) joue le rôle de barrière contre les interférences extérieure mais elle empêche aussi de potentiels fuite du champ électromagnétique.

Schéma électromagnétique du câble coaxial :



1.3 Usage

Quels sont les utilisations du câble coaxial ? :

Ces câbles sont les porteurs silencieux des signaux audio, vidéo et de données, tissant des connexions qui alimentent nos systèmes de divertissement, nos services Internet et nos réseaux de sécurité.

Diffusion télévisée : les câbles coaxiaux sont largement utilisés pour transmettre les signaux de télévision des fournisseurs de câble ou de satellite aux foyers. Les câbles coaxiaux RG6, en particulier, sont populaires pour cette application.

Connectivité Internet : les câbles coaxiaux jouent un rôle crucial dans la fourniture d'une connectivité Internet à haut débit. Les fournisseurs d'accès Internet par câble utilisent des câbles coaxiaux pour fournir des services Internet haut débit aux particuliers et aux entreprises.

Réseaux téléphoniques : certains réseaux téléphoniques utilisent des câbles coaxiaux pour transmettre les signaux vocaux. Bien que la fibre optique et d'autres technologies soient de plus en plus répandues, les câbles coaxiaux sont toujours utilisés dans certains systèmes téléphoniques.

Applications militaires et aérospatiales : ils sont utilisés dans les applications militaires et aérospatiales pour les systèmes de communication, les systèmes radar et d'autres équipements électroniques. Leur durabilité et leur capacité à transmettre des signaux sur de longues distances les rendent adaptés à ces applications critiques.

Réseaux Ethernet dans les installations plus anciennes : dans certaines installations réseau plus anciennes, des câbles coaxiaux étaient utilisés pour les connexions Ethernet avant l'adoption généralisée des câbles à paires torsadées. Bien que moins courants aujourd'hui, on les retrouve encore dans certains systèmes hérités.

Mise en réseau des données : les câbles coaxiaux, en particulier ceux aux spécifications élevées comme RG58 et RG8, sont utilisés dans les applications de réseau de données. Ils peuvent transmettre des données à grande vitesse et conviennent à certaines connexions Ethernet.

1.4 Principales données constructeur :

Quels sont les principaux paramètres d'intérêt (retard de propagation, impédance d'adaptation, atténuation etc ...) du câble coaxial ? :

Le câble coaxial a plusieurs paramètres techniques essentiels qui déterminent ses performances et ses applications.

Son **retard de propagation** est défini par le temps que met le signal pour parcourir une certaine distance dans le câble, ce qui est critique pour les applications où la synchronisation des signaux est essentielle, comme dans les systèmes de communication numérique.

L'**impédance d'adaptation** du câble est mesurée en ohms (Ω), couramment de 50 ou 75 ohms. Une impédance adéquate est essentielle pour minimiser les réflexions de signal et les pertes d'énergie.

L'**atténuation** correspond à la diminution de la puissance du signal à mesure qu'il se propage dans le câble. Elle est exprimée en décibels (dB). Moins l'atténuation est élevée, mieux le câble maintient l'intégrité du signal sur de longues distances.

La **bande passante** représente la gamme de fréquences que le câble peut transmettre efficacement. Plus la bande passante est large, plus le câble peut transporter de données à haute vitesse.

Sa **capacité** électrique par unité de longueur, mesurée en picofarads par mètre (pF/m). Ça influence la qualité de la transmission des signaux haute fréquence.

Son **taux de vitesse** correspond au rapport de la vitesse de propagation du signal dans le câble à la vitesse de la lumière dans le vide. On peut donc se faire une idée de l'efficacité du câble à transmettre des signaux rapidement.

Le **blindage** permet de protéger le signal contre les interférences électromagnétiques extérieures.

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	

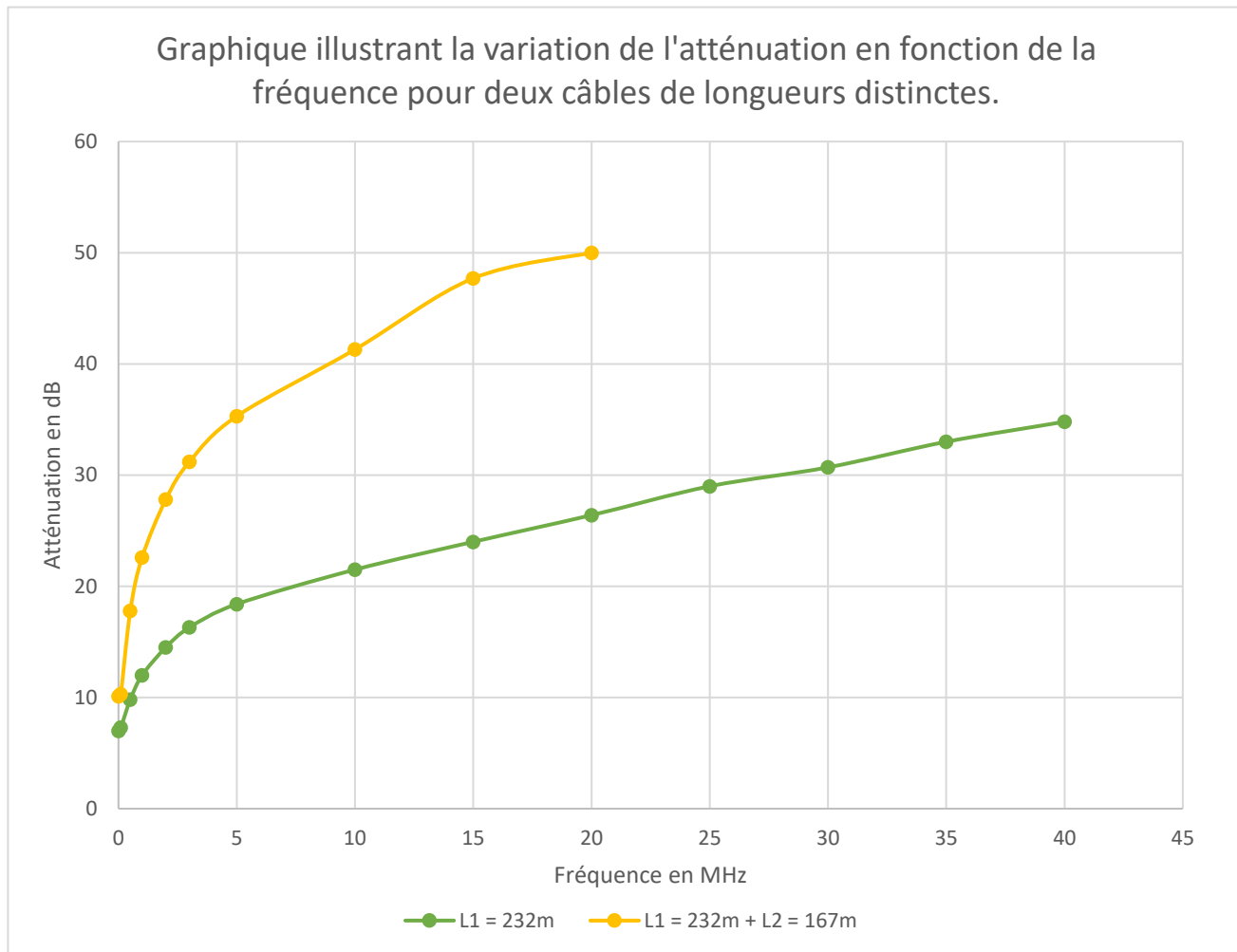
On peut approximer l'atténuation par la formule théorique :

$$A_{dB/m}(f) = \alpha^p f \quad (1)$$

2.1

Travail sous OCTAVE ou MATLAB

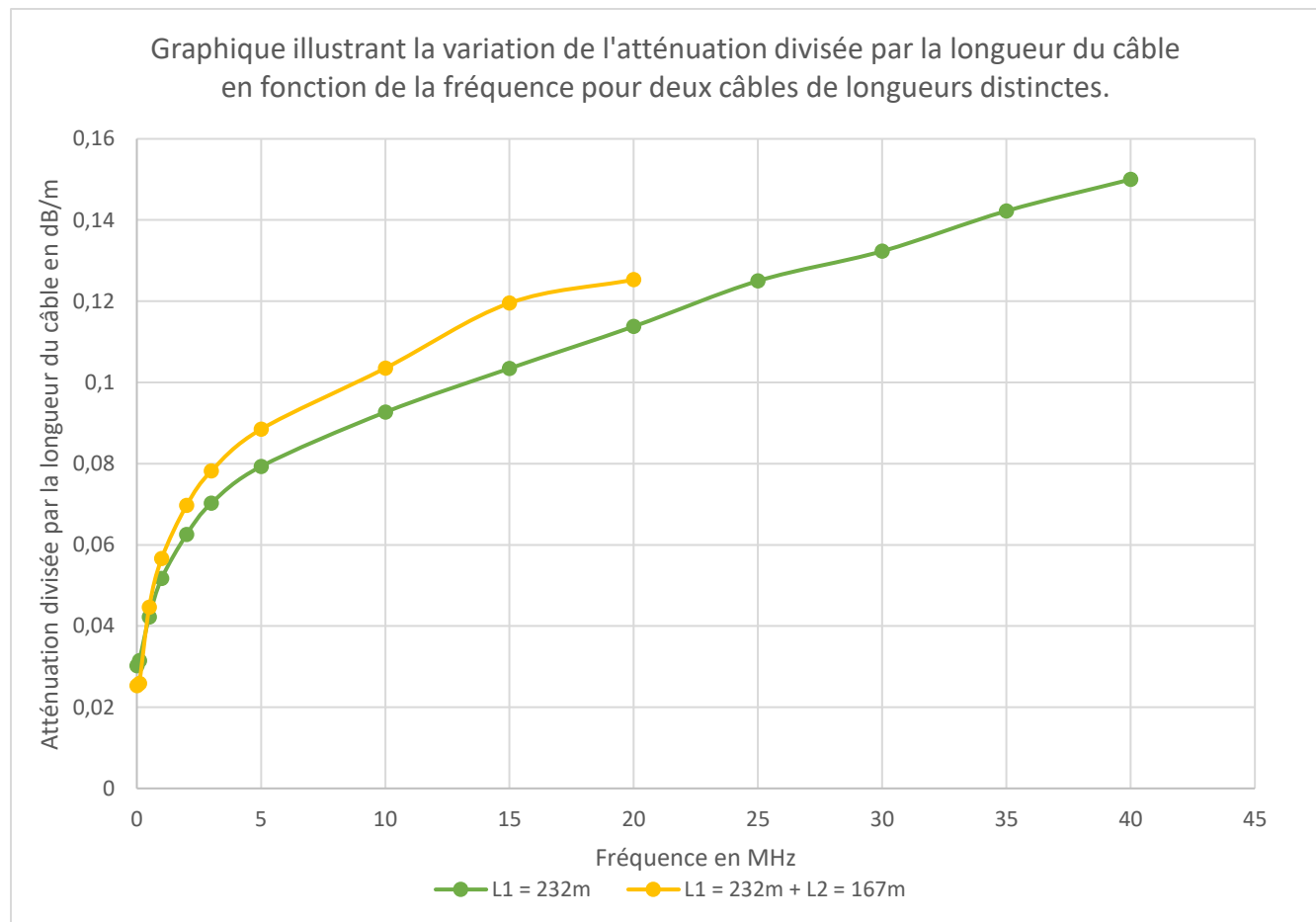
2.1.1 En utilisant le tableau 1, tracer les courbes de Att(dB) en fonction de F(MHz) pour les 2 longueurs de câble sur la même figure. Ne pas oublier les axes, le titre et la légende.



La courbe en vert correspond à F(MHz) en fonction de Att(dB) pour $L_1 = 232m$

La courbe en jaune correspond à F(MHz) en fonction de Att(dB) pour $L_1 = 232m + L_2 = 167m$

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?



La courbe en vert correspond à F(MHz) en fonction de Att(dB)/Longueur pour L1 = 232m

La courbe en jaune correspond à F(MHz) en fonction de Att(dB)/Longueur pour L1 = 232m + L2 = 167m

Après l'observation des deux graphiques, on remarque que la fréquence augmente en même temps que l'atténuation, on peut en déduire que plus il y a de fréquence plus il y a d'atténuation.

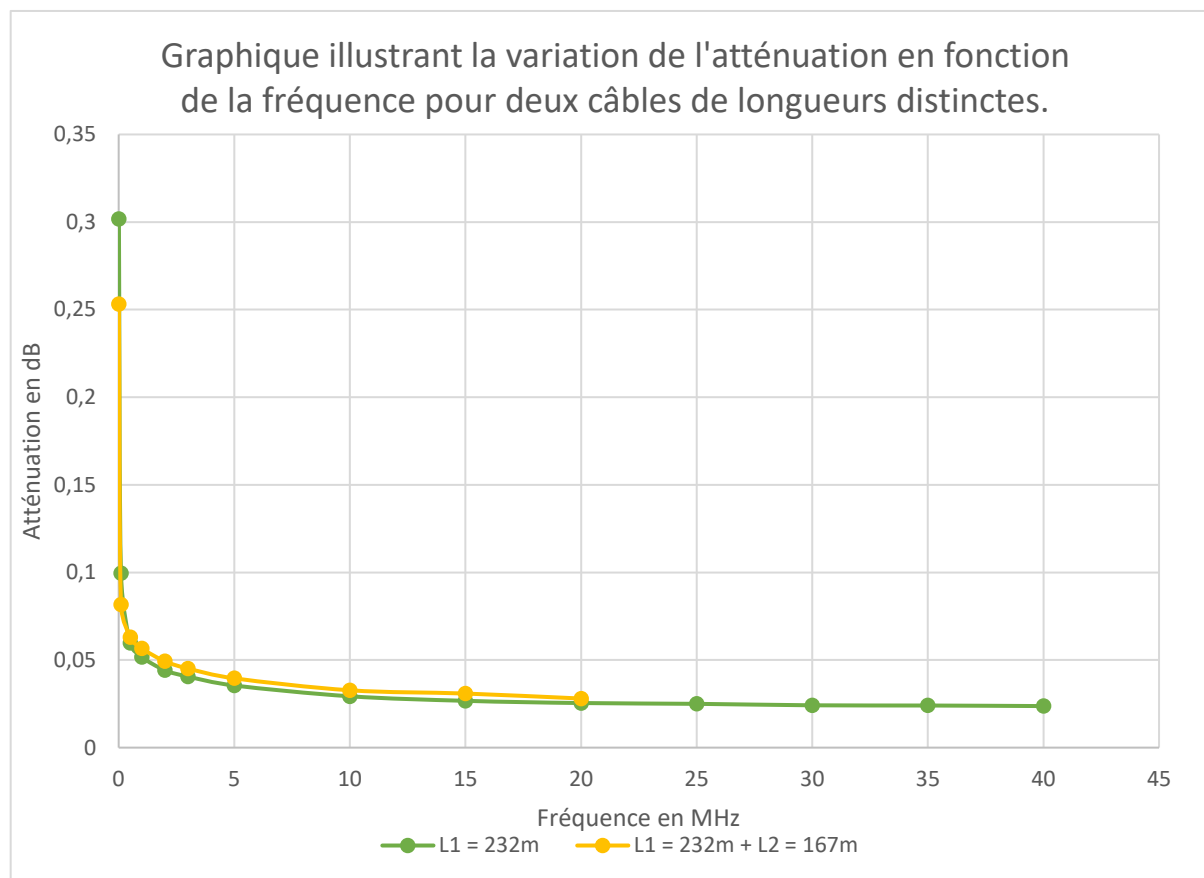
2.1.3 Trouver α

1. A partir de l'équation (3), comment peut-t-on obtenir α ?

Afin de trouver α , il suffit de reprendre la formule donnée en bas du tableau 1 : $A_{dB/m}(f) = \alpha^p f$

On résout l'équation en isolant α , ce qui nous donne : $\frac{A_{dB/m}(f)}{\sqrt{f}} = \alpha$

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



La courbe en vert correspond à $F(\text{MHz})$ en fonction de $\text{Att}(\text{dB})/\text{Longueur}$ pour $L1 = 232\text{m}$

La courbe en jaune correspond à $F(\text{MHz})$ en fonction de $\text{Att}(\text{dB})/\text{Longueur}$ pour $L1 = 232\text{m} + L2 = 167\text{m}$

3. En déduire une approximation de α :

En faisant la moyenne de α dans les deux courbes, on trouve environ 0,06 pour la courbe verte et environ 0,07 pour la jaune. L'objectif est d'avoir une seule valeur pour α , donc on refait une moyenne. Ce qui donne : $\alpha = 0,065$

et la loi correspondante :

En remplaçant on obtient :

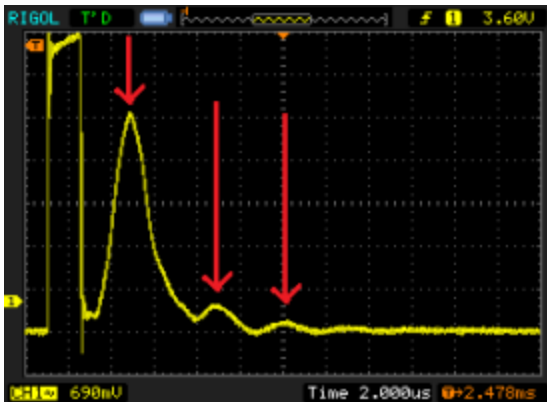
$$A_{dB/m}(f) = 0,065pf$$

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

TP 1 Impédance caractéristique :

Le TP 1, nous a permis d'apprendre que le phénomène d'échos du câble coaxial se passe en sortie de ligne car le signal parcourt tout le câble pour ensuite être renvoyé lorsqu'il atteint la sortie. De plus lorsque qu'on place un bouchon en sortie, le signal est consommé et l'écho disparaît. On a aussi vu que l'impédance de charge du bouchon est égale à 50Ω et doit être environ égale à l'impédance caractéristique de la ligne pour que les deux s'annulent, ce qui supprime le phénomène de réflexion. Mais d'après nos mesures l'impédance de charge du « bouchon » est environ égale à 50Ω . Ce qui veut dire que l'impédance caractéristique Z_c de la ligne est environ égal à 50Ω .

TP 2 Mesure du retard de propagation et de v/c :



Retard de propagation vu à l'oscilloscope au cours du TP, qui permet de mesurer le retard de propagation.

TP 3 Mesure de l'atténuation A en fonction de la fréquence :

f	1	3	5	7	9	11
V_{ec-c}	3	2,7	2,78	2,72	2,84	2,71
V_{sc-c}	2	1,64	1,46	1,17	0,95	0,7
A	1,5	1,68	1,96	2,45	2,95	3,6
A_{db}	3,7	4,6	5,7	7,8	9,3	11