

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 SAE 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 ...

Tout d'abord, il ne serait pas exagéré de dire que le câble coaxial occupe une place prépondérante dans l'histoire des communications.

Son invention est le fruit d'une collaboration entre plusieurs chercheurs talentueux tels qu'Oliver Heaviside, George Campbell et Herman Affel, qui ont contribué à son développement au début du 20e siècle.

Par ailleurs, la première utilisation du câble coaxial remonte aux années 1920, principalement dans le cadre des communications téléphoniques à longue distance. À cette époque, les ingénieurs étaient à la recherche de solutions qui permettraient d'améliorer la transmission des signaux téléphoniques sur de grandes distances et ce tout en préservant la qualité du signal.

Le câble coaxial s'est révélé être une avancée significative dans ce domaine. En effet, sa capacité de transmission supérieure aux autres technologies de l'époque et son atténuation du signal considérablement réduite par rapport aux câbles en cuivre traditionnels ont permis de transporter les signaux téléphoniques sur de plus grandes distances avec moins de pertes.

Cette avancée a été essentielle pour étendre les réseaux téléphoniques à l'échelle mondiale.

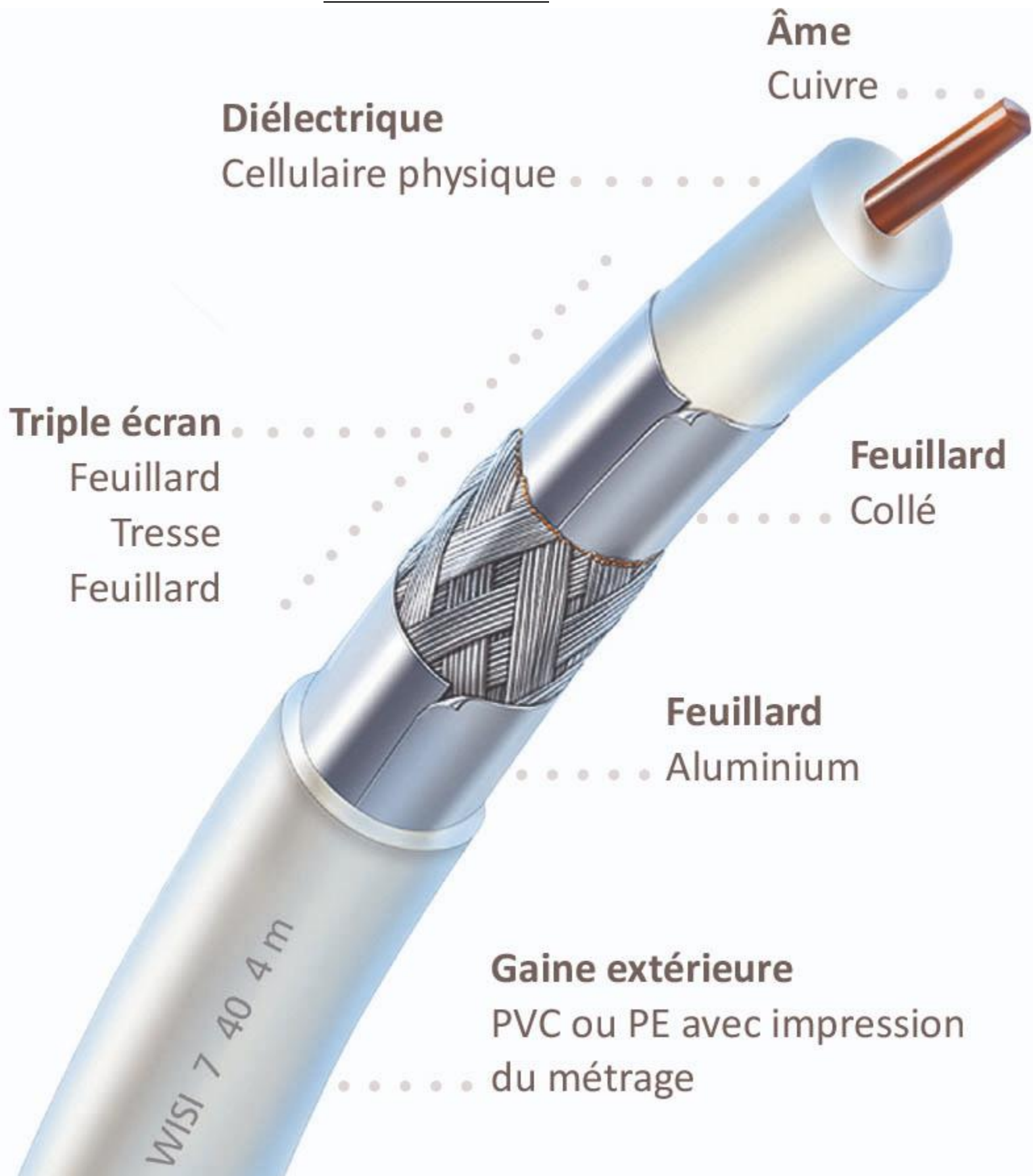
De plus, le câble coaxial a trouvé de nombreuses autres applications au fil des années, par exemple dans le domaine de la télévision par câble, de l'Internet haut débit ou encore des réseaux locaux (LAN). Son aptitude à transporter des signaux à large bande passante en a fait un choix populaire pour de nombreuses applications de transmission de données.

Enfin, il convient de noter que même aujourd'hui, malgré l'émergence d'autres technologies telles que les fibres optiques, le câble coaxial continue d'être fréquemment utilisé dans divers domaines. Son évolution constante et son adaptation aux nouvelles normes montrent son importance continue dans le domaine des communications modernes.

1.2 Principe

Schéma, principe physique, schéma électronique

Schéma du câble coaxial :



Principe physique du câble coaxial :

Le principe physique de base du câble coaxial repose sur la transmission de signaux électriques ou électromagnétiques.

Voici comment cela fonctionne :

Pour commencer, au cœur du câble coaxial se trouve **un conducteur central** métallique (cuivre ou aluminium). Ce conducteur est utilisé pour transporter le signal électrique. Lorsqu'un signal électrique est appliqué à ce conducteur central, un champ électromagnétique est créé autour de lui.

Ensuite, autour du conducteur central se trouve **une couche isolante en plastique**.

Cet isolant diélectrique est très important ; En effet, il empêche le courant de s'échapper du conducteur et assure en même temps une séparation électrique entre le conducteur central et le blindage extérieur.

Il y a donc en effet **un blindage** qui est une couche métallique qui entoure l'isolant diélectrique.

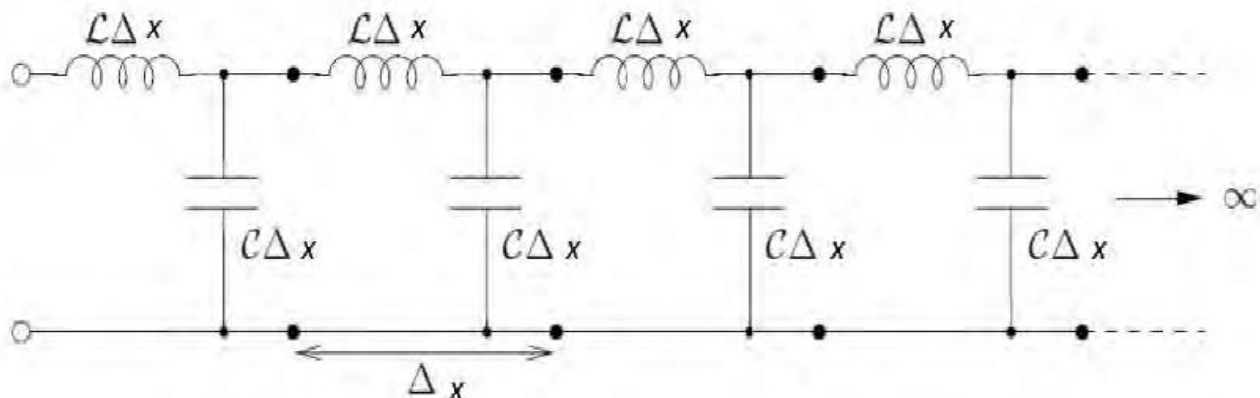
Il sert à deux fins principales :

-Tout d'abord, il protège le signal électromagnétique transporté dans le conducteur central des interférences extérieures en agissant comme une barrière électromagnétique.

-D'autre part, il permet au câble coaxial de transporter des signaux à haute fréquence avec moins de pertes, car il limite la fuite du champ électromagnétique.

Enfin, il y a **la gaine extérieure du câble**, généralement en plastique ou en caoutchouc, qui protège le câble des dommages environnementaux tel que l'humidité. Le principe physique clé est que le signal électrique est transporté le long du conducteur central tout en étant isolé électriquement et protégé par le blindage contre les interférences extérieures.

Schéma électronique du câble coaxial :



1.3 Usage

Quelles sont les utilisations du câble coaxial ?

Le câble coaxial a maintenant de nombreuses applications plus ou moins utiles voici une liste de la plupart de ses utilisations :

Tout d'abord, le câble coaxial est largement utilisé pour **la distribution de signaux de télévision par câble**, permettant aux foyers de recevoir une large gamme de chaînes télévisées. De plus, il est utilisé pour fournir une connectivité Internet haut débit, offrant une connexion rapide et stable pour les utilisateurs.

Ensuite, le câble coaxial est utilisé dans **les réseaux de téléphonie par câble**, permettant la transmission des appels vocaux. Il est également fréquemment employé dans **les réseaux locaux (LAN)** et **à des fins militaires**, où il est utilisé pour la communication radio et la transmission de données dans les systèmes radar.

Le câble coaxial trouve également son utilité dans **le domaine de la communication aérospatiale**, où il est utilisé pour assurer la transmission de signaux critiques. De plus, il est utilisé pour connecter des caméras à des enregistreurs vidéo numériques, permettant **l'enregistrement et la surveillance vidéo** dans divers contextes.

Dans **le domaine maritime**, le câble coaxial est utilisé pour les communications radio marines et la navigation, assurant une communication fiable dans les environnements maritimes. Il est également utilisé dans **des oscilloscopes et d'autres équipements de mesure électronique de laboratoire**, garantissant une transmission précise des données de mesure.

Le câble coaxial est également utilisé pour **connecter des antennes à des récepteurs radio et de télévision**, permettant la réception de signaux radio et télévisuels. Il est utilisé dans **les installations de sonorisation** pour la distribution de signaux audio de haute qualité. De plus, il est utilisé pour la transmission de signaux de télécommande, permettant le contrôle à distance de divers appareils.

Dans **le domaine de l'aéronautique**, le câble coaxial est utilisé pour la communication et la navigation, garantissant des transmissions fiables dans les avions et les systèmes de navigation aérienne. Il est également utilisé pour **les liaisons montantes et descendantes de communication par satellite**, permettant la transmission de signaux entre les satellites et les stations terrestres.

En conclusion, le câble coaxial est utilisé dans une multitude de systèmes et d'applications, allant de **la distribution de signaux de télévision à la connectivité Internet**, en passant par **les communications militaires, l'aérospatiale, la vidéo, l'audio, la télécommande** et bien d'autres. Sa fiabilité et sa polyvalence en font un choix privilégié pour de nombreuses utilisations.

1.4 Principales données constructeur

Quels sont les principaux paramètres d'intérêt (retard de propagation, impédance d'adaptation, atténuation etc ...)

Pour commencer, le câble coaxial présente plusieurs paramètres d'intérêt qui jouent un rôle crucial dans sa performance et son utilisation.

Le premier de ces paramètres est le **retard de propagation**, qui mesure le temps nécessaire pour que le signal se propage à travers le câble. Un retard de propagation faible est essentiel pour les applications nécessitant une transmission rapide des signaux.

Un autre paramètre important est l'**impédance d'adaptation**, qui est la correspondance d'impédance entre le câble coaxial et les dispositifs connectés. Une impédance d'adaptation correcte garantit une transmission optimale du signal sans réflexions indésirables, ce qui permet d'obtenir une meilleure qualité de signal. Les valeurs courantes d'impédance sont 50 ohms, utilisées dans de nombreuses applications radio et télécommunications, et 75 ohms, utilisées dans les systèmes de télévision par câble et de diffusion de signaux audio/vidéo.

Il y a aussi l'**impédance de dispersion** qui elle se réfère à la dispersion des différentes fréquences d'un signal le long du câble coaxial, ce qui peut entraîner une distorsion du signal. Minimiser la dispersion est crucial pour la transmission de signaux à large bande.

L'**atténuation** est également un paramètre crucial à prendre en compte. Elle mesure la diminution de l'intensité du signal lorsqu'il se propage à travers le câble. Une atténuation faible est préférable afin de minimiser les pertes de signal sur de longues distances et assurer une transmission fiable

Ensuite, il y a aussi la **capacité de transmission (bande passante)** du câble coaxial qui est un autre paramètre important. Il détermine la quantité maximale de données ou de fréquences que le câble peut transporter. Une capacité de transmission élevée est essentielle pour les applications qui nécessitent une bande passante élevée, telles que la télévision haute définition ou les réseaux haut débit.

Puis, il y a la **capacité de charge de puissance** (qu'on peut considérer comme la **résistance du câble**) qui indique la quantité de puissance électrique que le câble coaxial peut gérer sans dommages thermiques, ce qui est important dans les applications haute puissance.

Le **coût** est aussi un facteur à prendre en compte, en particulier dans les applications nécessitant de grandes longueurs de câble. Le choix d'un câble coaxial doit être équilibré en fonction des performances requises et du budget disponible.

Enfin, l'**isolation du câble** aussi appelée le **blindage** est essentielle pour prévenir les interférences électromagnétiques. Une bonne isolation permet de protéger le signal des perturbations externes et d'assurer une transmission fiable et de haute qualité.

Pour conclure, une compréhension approfondie de ces paramètres est essentielle pour choisir le câble coaxial adapté à une application spécifique et garantir une transmission de signal optimale.

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

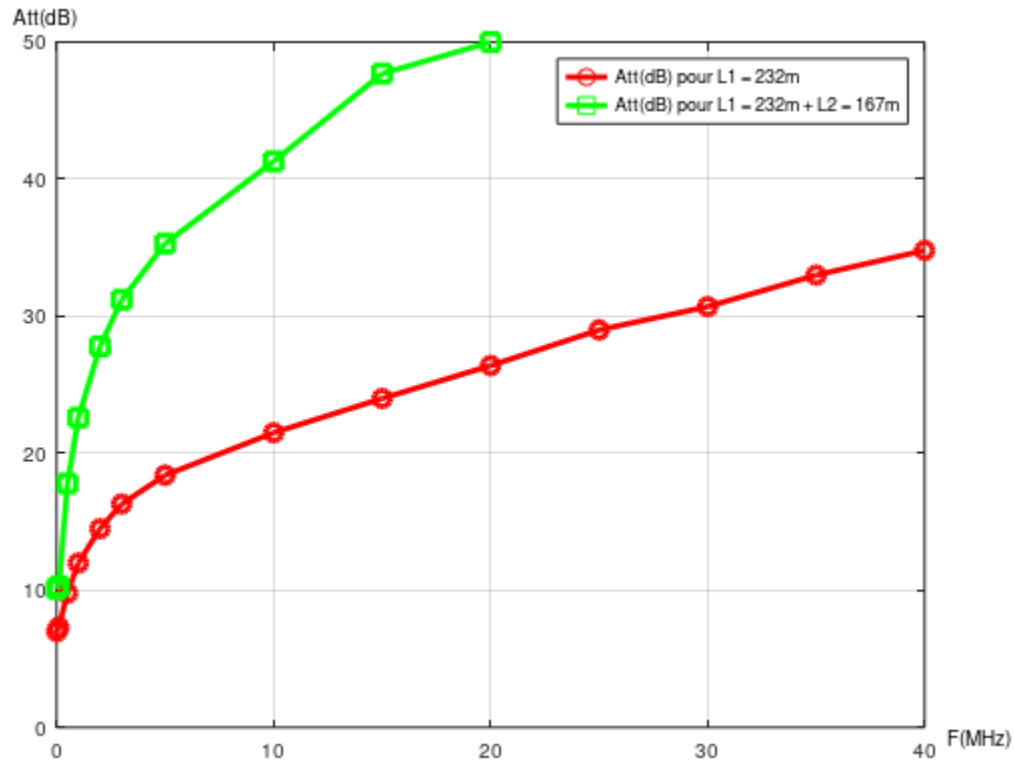
F(MHz)	Att(dB) pour $L_1 = 232m$	Att(dB) pour $L_1 = 232m + L_2 = 167m$
0.01	7	10.1
0.1	7.3	10.3
0.5	9.8	17.8
1	12	22.6
2	14.5	27.8
3	16.3	31.2
5	18.4	35.3
10	21.5	41.3
15	24	47.7
20	26.4	50
25	29	
30	30.7	
35	33	
40	34.8	

On peut approximer l'atténuation par la formule théorique :

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

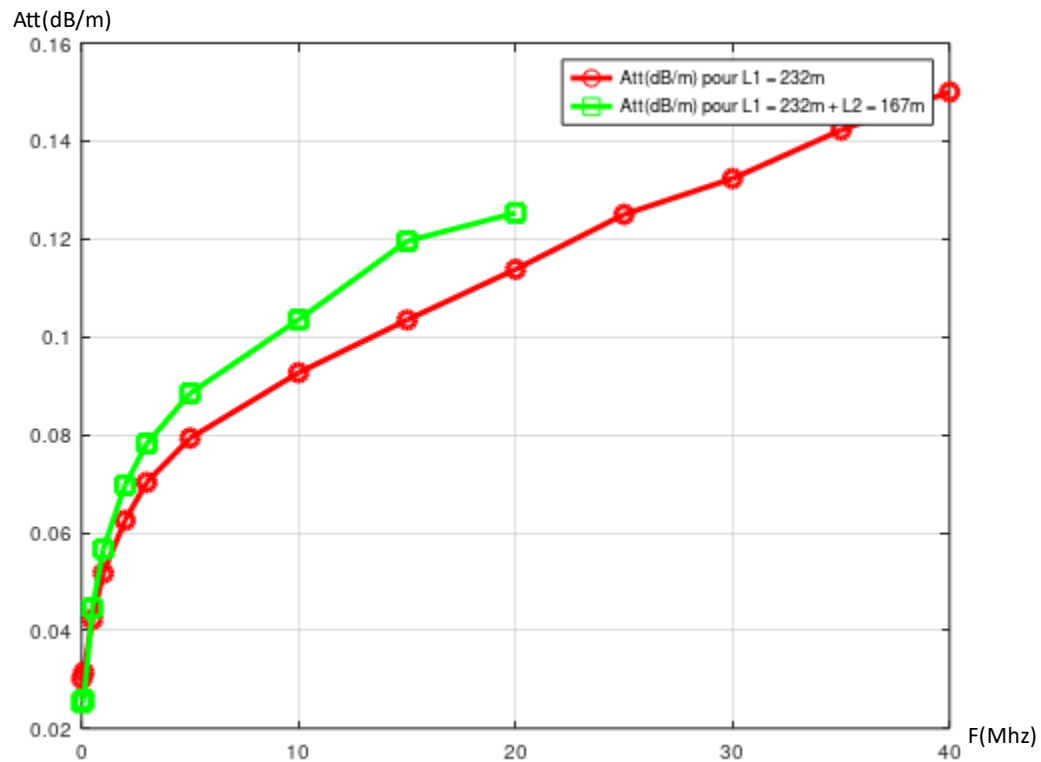
2.1 Travail sous OCTAVE ou MATLAB (temps estimé : 6h)

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.



Courbes de l'attenuation en fonction de la fréquence pour 2 longueurs de câble coaxial

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



Courbes de l'atténuation ramenée à la longueur en fonction de la fréquence

On peut observer que les courbes d'atténuation par mètre en fonction de la fréquence pour les deux longueurs de câble coaxial montrent une augmentation générale de l'atténuation en fonction de l'augmentation de la fréquence. La courbe pour $L1=232m$ montre une augmentation légèrement plus rapide à des fréquences élevées par rapport à celle pour $L1=232m+L2=167m$. Mais l'atténuation reste relativement constante sur les deux courbes à basses fréquences.

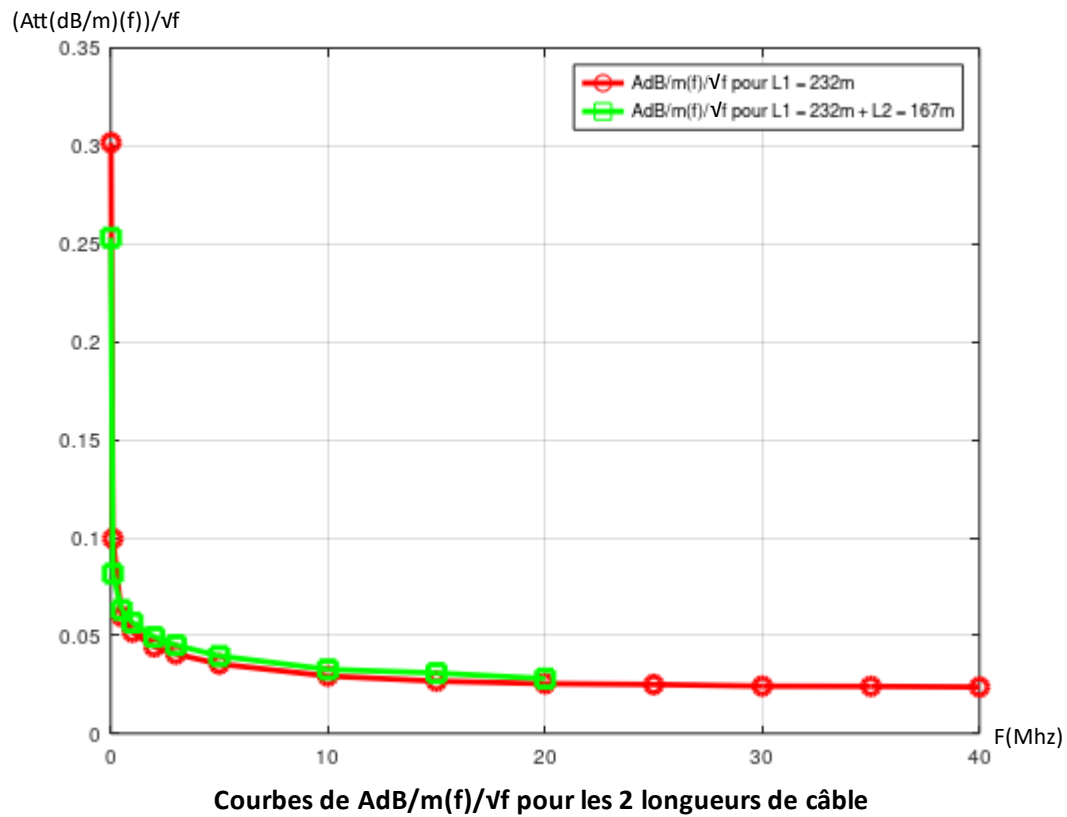
2.1.3 Trouver α

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

On sait que $\text{Att}(\text{dB/m})(f) = \alpha \sqrt{f}$

Donc $\alpha = (\text{Att}(\text{dB/m})(f)) / \sqrt{f}$

2.



En déduire une approximation de α :

$$\alpha \simeq 0.03 \quad (2)$$

et la loi correspondante :

$$\begin{aligned} \text{Att}(\text{dB/m})(f) &= \alpha \sqrt{f} \\ \text{Soit } \text{Att}(\text{dB/m})(f) &\simeq 0.03 \sqrt{f} \end{aligned} \quad (3)$$

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

TP1 : Relevé pratique de l'impédance caractéristique

Photo 1 :

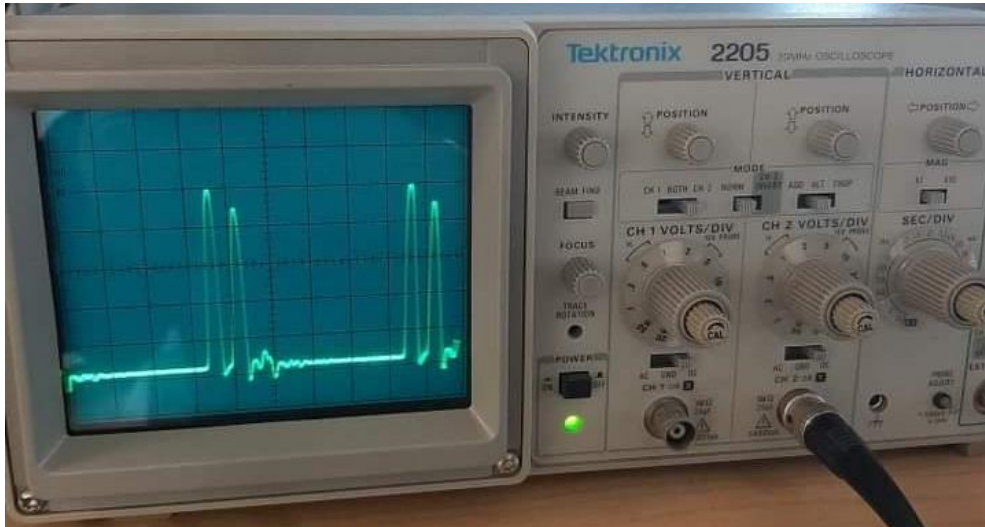


Photo 2 :

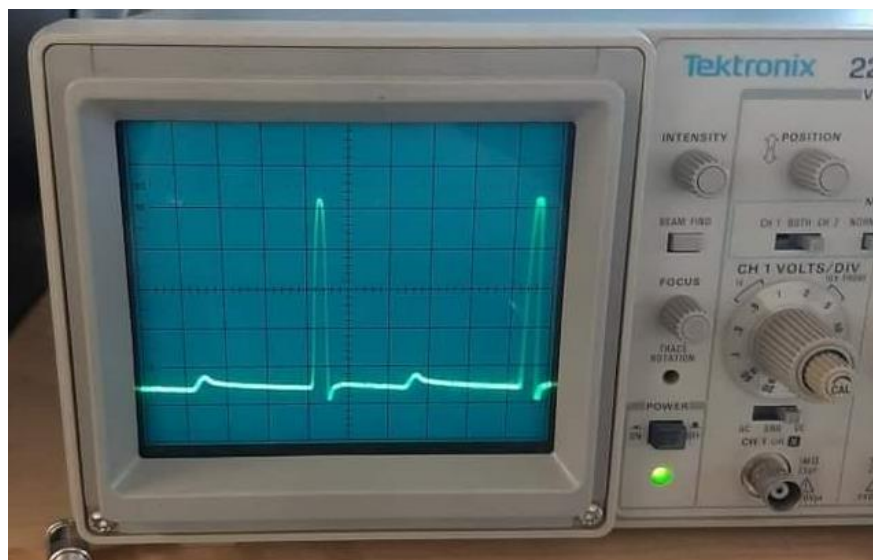
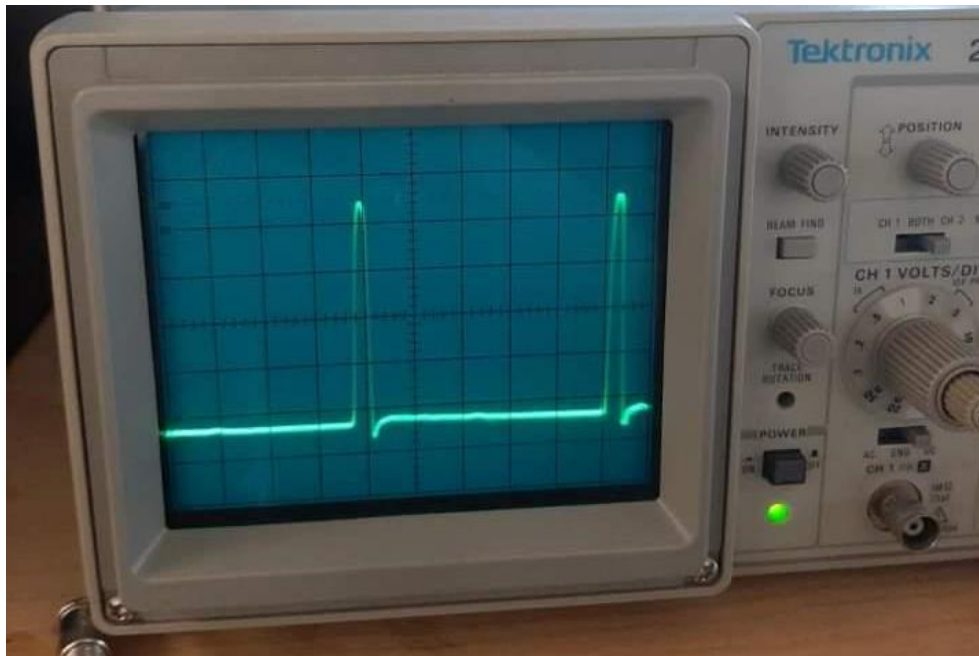


Photo 3 :



Tp2 : Relevé pratique du retard de propagation

Photo 1 :

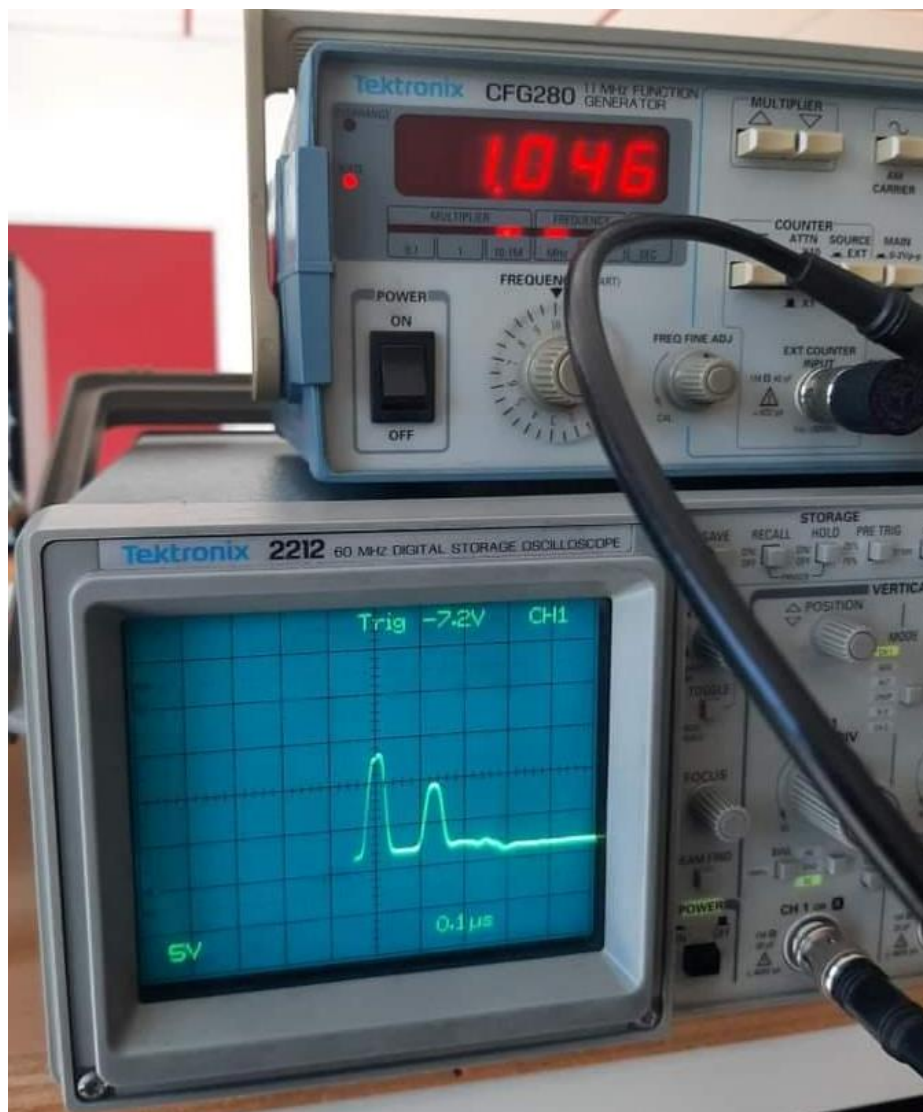
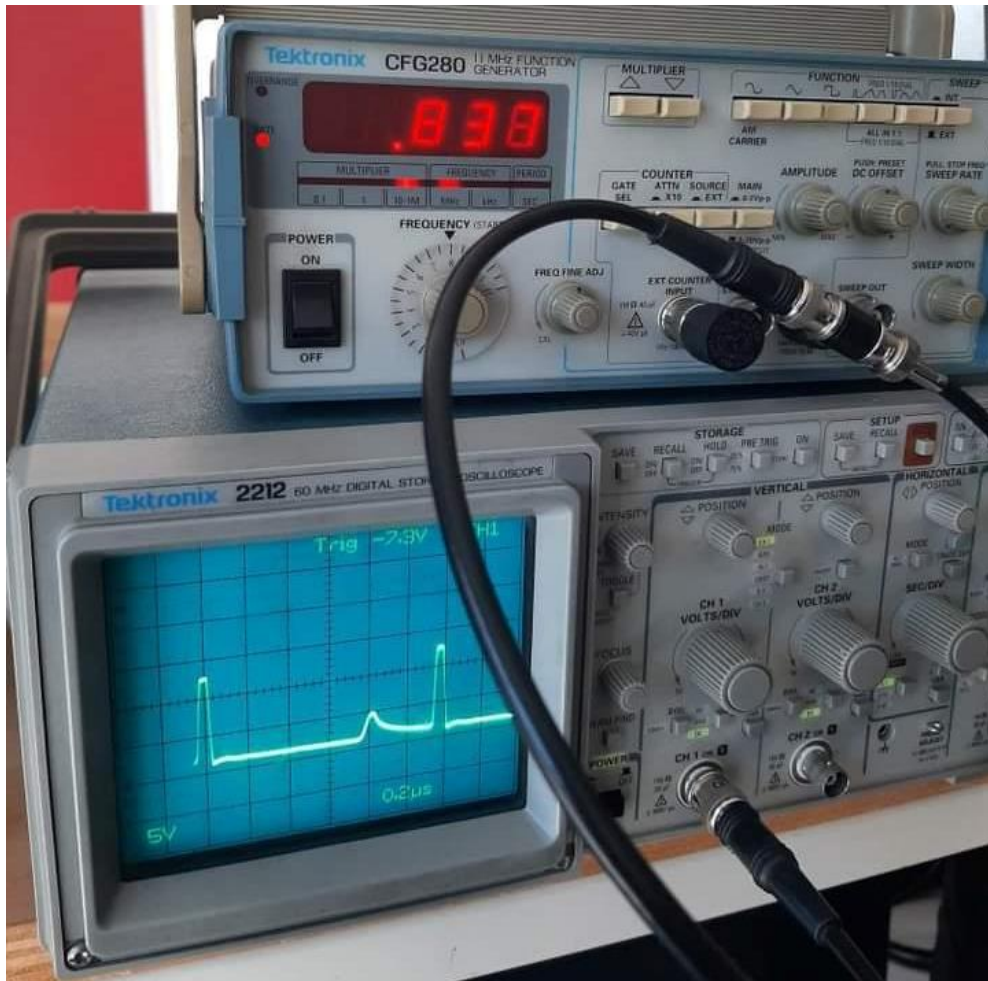


Photo 2 :



Tp3 : Relevé pratique de l'atténuation

Photo 1 :

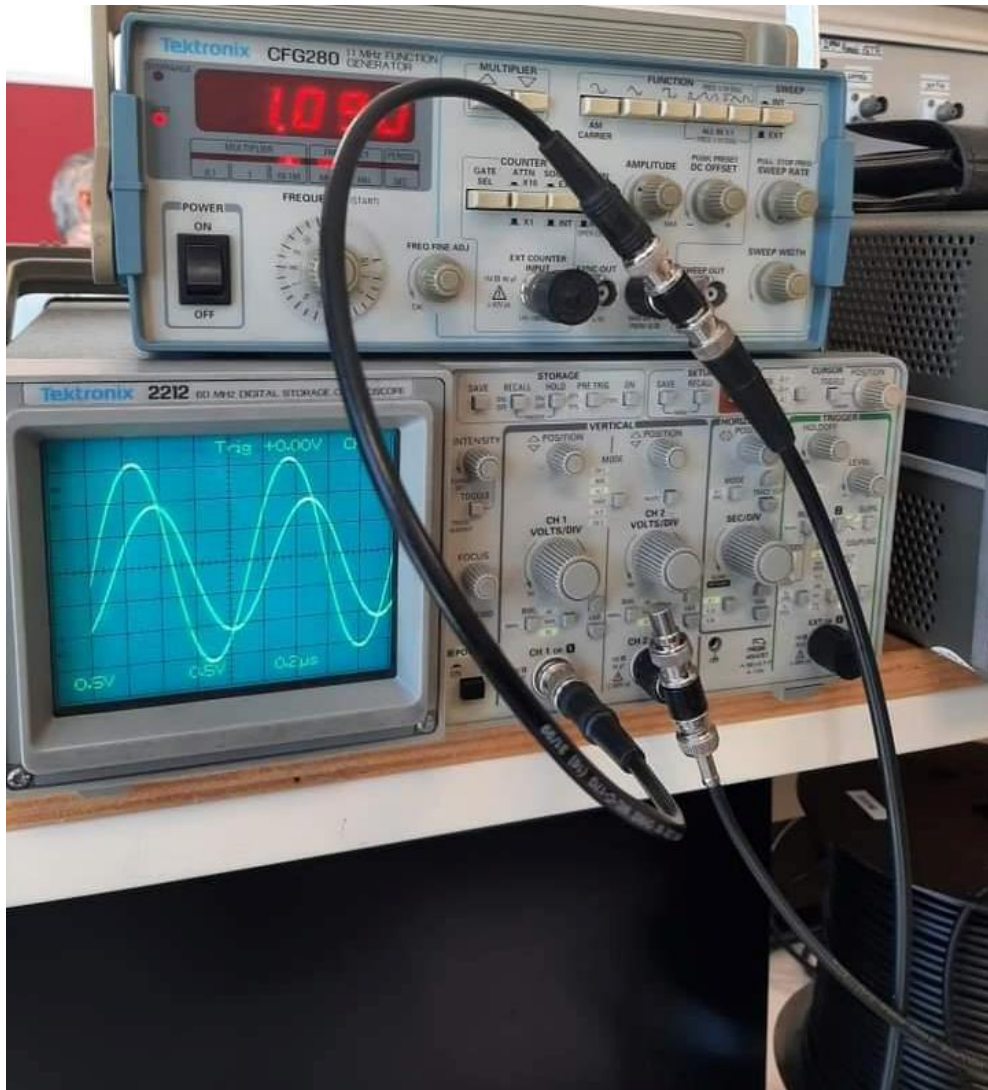


Photo 2 :

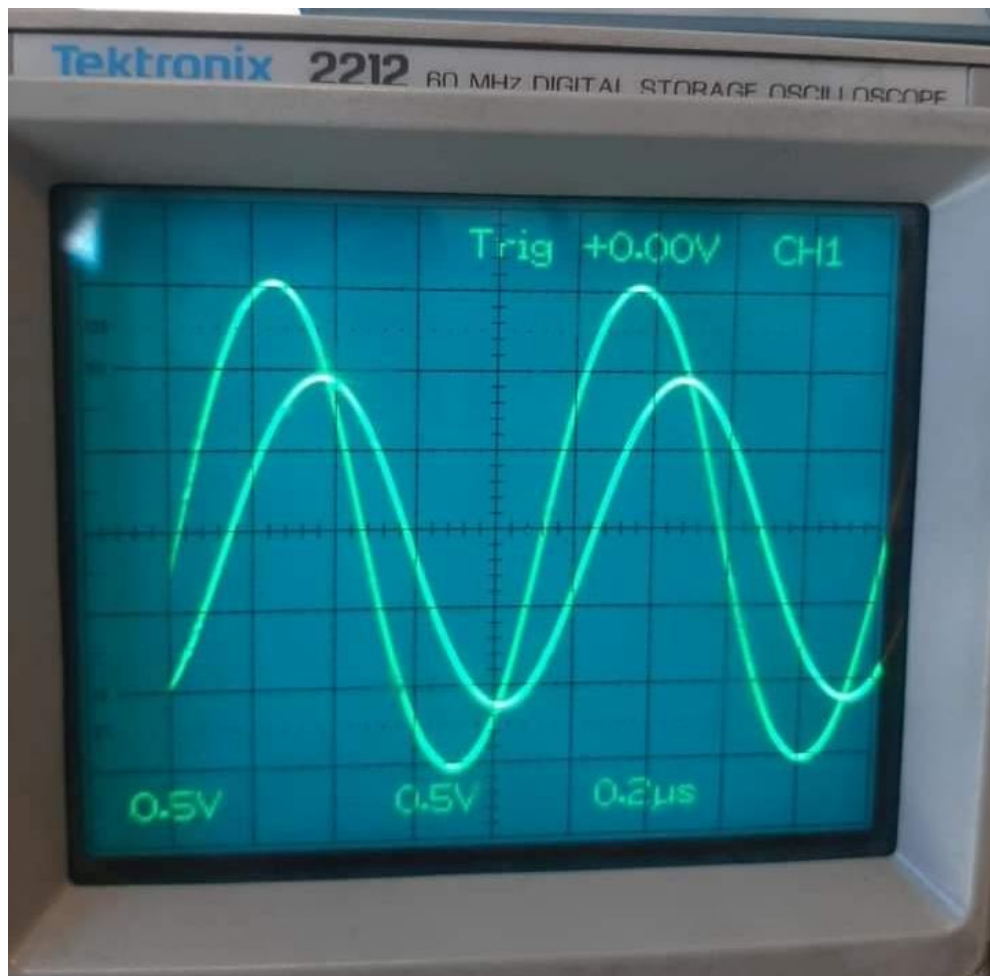


Photo 3 :

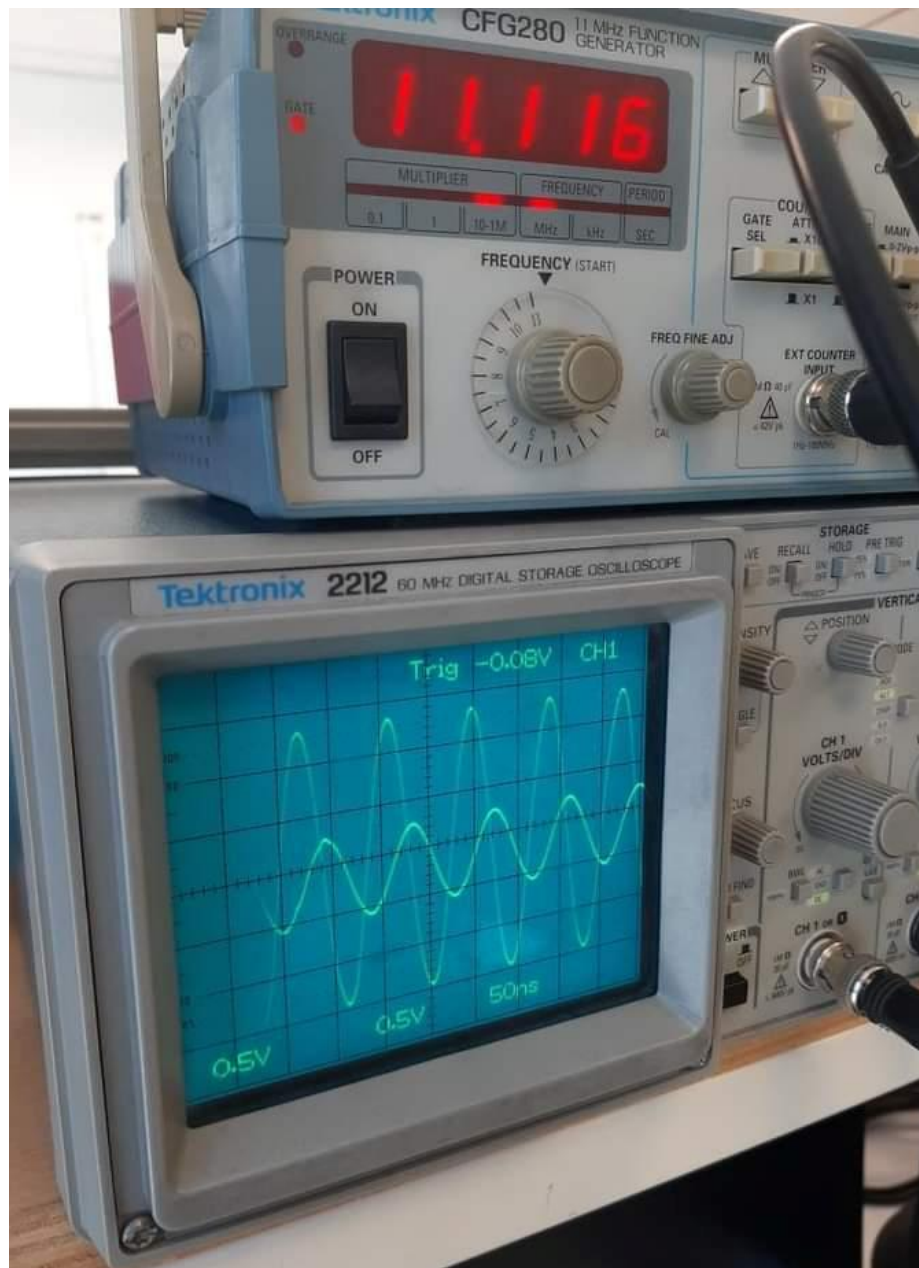


Tableau de l'atténuation réelle en fonction de la fréquence pour $L_1 = 232 \text{ m}$

Table 1: Atténuation réelle en fonction de la fréquence
pour $L_1 = 232 \text{ m}$

F	1Mhz	2,6Mhz	3,4Mhz	5,3Mhz	6,6Mhz	8Mhz	9,5Mhz	11Mhz
V_{ecc}	8,24V	8,16V	8V	7,84V	7,52V	7,44V	7,04V	6,40V
V_{acc}	6,24V	5,04V	4,72V	3,92V	3,52V	3,12V	2,76V	2,32V
A	1,32	1,62	1,70	2,00	2,14	2,38	2,55	2,76
A_{dB}	2,41dB	4,19dB	4,60dB	6,02dB	6,61dB	7,53dB	8,13dB	8,82dB