

## TP : Ligne de Transmission

### But du TP

L'objectif du TP est de caractériser une ligne de transmission de type câble Ethernet à paires torsadées. Vous effectuerez les mesures suivantes :

- Test de continuité,
- Mesure des paramètres primaires,
- Mesures en réflectométrie,
- Mesures en transmission
- Détection de panne.

### Organisation du TP

Le TP se déroulera sur 2 séances de 3h.

Vous déposerez sur le moodle un compte-rendu pour la première séance (parties 1/, 2/, 3/ et 4/) puis un nouveau compte-rendu pour la deuxième séance (parties 5/, 6/, 7/ et 8/).

### Première Partie

#### 1/ Test de continuité

Il existe 2 types de câble Ethernet : les câbles droits et les câbles croisés. L'objectif de cette partie est de savoir quelle est la nature (croisé ou droit) du câble jaune disponible sur les maquettes et de vérifier que les contacts électriques au niveau de la prise RJ45 sont corrects.

1.1/ Pourquoi existe-t-il 2 types de câbles ? Donner des applications concrètes d'utilisation de ces deux types de câble.

1.2/ Donner le câblage associé à ces 2 types de câble.

1.3/ Quelle indication permet de reconnaître, sans faire de mesure, un câble droit d'un câble croisé ?

1.4/ Rappeler comment on lit la numérotation des fils sur une prise RJ45 « mâle ».

1.5/ A l'aide d'un adaptateur RJ45 vers 8 broches à vis et d'un multimètre en position testeur de continuité, tester la continuité électrique de chaque paire torsadée du câble jaune.

**Appeler le professeur pour vérification du câblage**

S'agit-il d'un câble droit ou d'un câble croisé ?



#### 2/ Mesure des paramètres du câble

Il s'agit ici de mesurer les paramètres primaires ( $r$ ,  $l$ ,  $c$ ) du câble jaune et d'en déduire les paramètres secondaires (vitesse de propagation, résistance caractéristique, affaiblissement).

##### 2.1/ Paramètres primaires

Deux infos importantes :

- Le câble jaune mesure 50 cm,
- La mesure se fait à l'aide du pont RLC BK878B et d'un adaptateur RJ45 sur lequel ont été vissés des bouts de fils pour faire des court-circuits (« adaptateur court-circuit »).

2.1.1/ Connecter « l'adaptateur court-circuit » en bout de ligne. A l'aide des pages 11/12/13 et 28/29 de la documentation « BK878B » fournie sur le moodle, mesurer, pour chaque paire, la résistance  $R$ [en  $\Omega$ ] et l'inductance  $L$ [en H].

2.1.2/ Déconnecter le court-circuit et mesurer, pour chaque paire « en circuit-ouvert », la capacité  $C$ [F].

2.1.3/ Dessiner un schéma électrique équivalent de votre câble de longueur 50 cm. Pour votre compte-rendu, une photo d'un dessin fait sur feuille peut suffire.

2.1.4/ Présenter, dans un tableau, les résultats de vos mesures des paramètres primaires (valeurs linéiques de  $r$  [ $\Omega/m$ ],  $I$  [H/m] et  $c$  [F/m]) pour les 4 paires torsadées.

## 2.2/ Paramètres secondaires

2.2.1/ Rappeler les formules vues en cours permettant de calculer les paramètres secondaires à partir des paramètres primaires.

2.2.2/ Présenter, dans un tableau, les résultats de vos calculs pour les 4 paires torsadées.

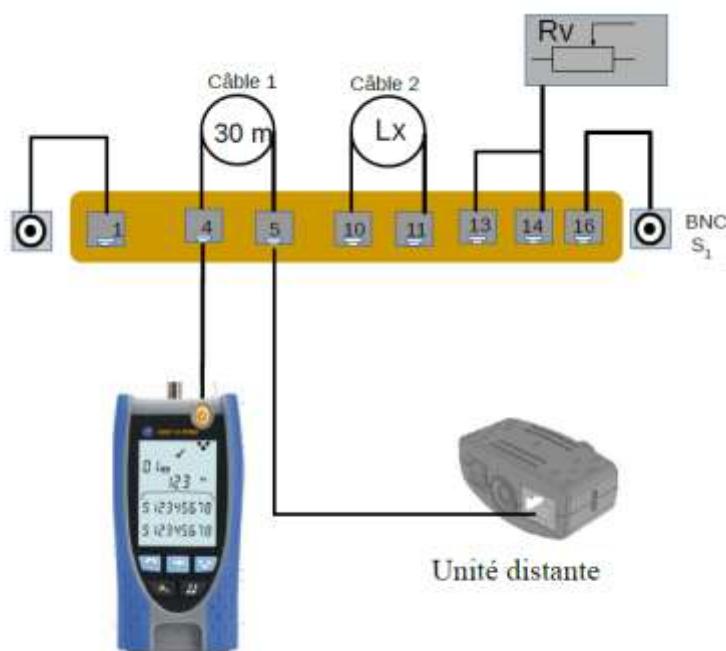
2.2.3/ Calculer le NVP moyen [en %] et l'affaiblissement moyen [en dB/m] pour le câble jaune.

## 3/ Testeur de câble

« Sur le terrain » vous pourriez être amenés à utiliser un testeur de câble pour vérifier la continuité électrique, le câblage (droit ou croisé) et la longueur d'un câble ethernet. C'est ce que permet de faire le VDVII pro (appareil coûtant environ 600 euros) que vous allez tester pour terminer cette première partie du TP.

3.1/ La documentation « commerciale » sur l'appareil est fournie sur le moodle. L'appareil permet de tester des câbles destinés au transport d'informations de type « voix », « vidéo » et « données ». A l'aide de la documentation, de vos connaissances et d'une recherche internet, donner les différences « techniques » et spécificités de ces informations ? La question est « assez vague » je le reconnais, j'attends une réponse comportant des informations numériques et « matérielles » permettant de différencier les trois types de messages à transmettre (« voix », « vidéo » et « données »).

3.2/ Après avoir lu les pages 12,13 et 14 de la documentation complète du testeur, réaliser le montage ci-dessous (**Appeler le professeur pour vérification du câblage**) :

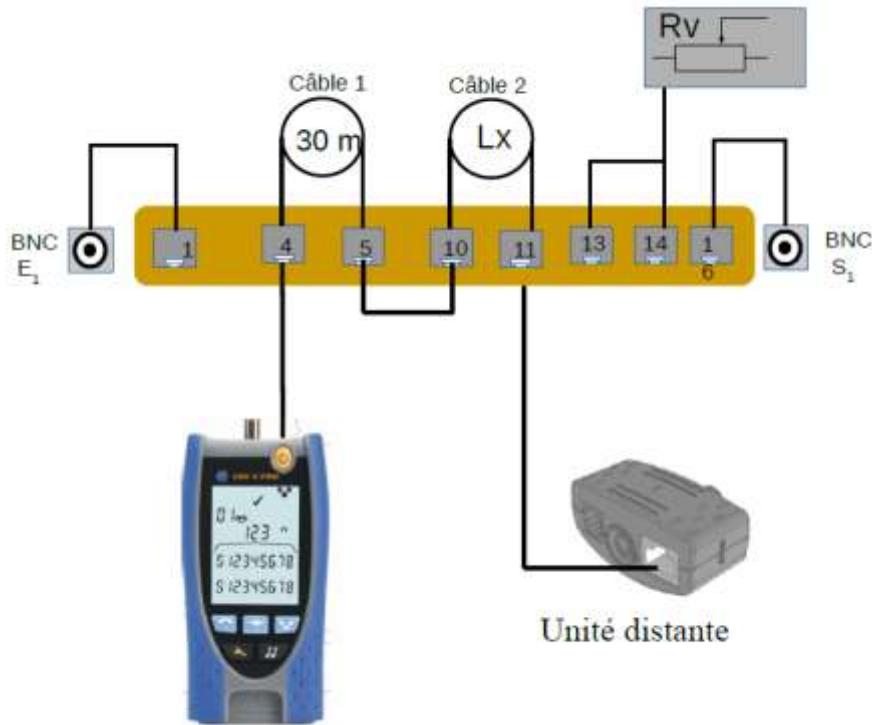


3.3/ Grâce au testeur de ligne, pour le câble de 30 mètres, donner :

- Le schéma de câblage des différentes paires et conclure sur la nature du câble (croisé ou droit),
- La longueur des différentes paires et la longueur « hors tout » du câble.

3.4/ Le câble mesure précisément 30 mètres. Votre mesure précédente est normalement erronée car le testeur de câble est mal étalonné. L'étalonnage se fait par réglage du NVP (via le bouton outils) afin d'obtenir une longueur « hors tout » de 30 mètres. Faites l'étalonnage et mettez une photo de l'écran du testeur correctement étalonné dans votre compte-rendu pour validation. Noter précisément la valeur du NVP utilisée, cette valeur vous sera utile pour la seconde partie du TP.

3.5/ Brancher en série, à l'aide d'un cordon de 50 cm, le câble 2 avec le câble 1 et déterminer la valeur de la longueur  $L_x$  du câble 2.



#### 4/ Réalisation pratique

Pour terminer cette première partie de TP vous allez sertir deux embouts RJ45 catégorie 6 sur un câble de 1 mètre et le tester ! A vos pince et cutter (à manier avec précaution pour vos mains et la table (merci de ne pas couper directement sur le plateau de la table mais sur les calendriers fournis !!!))

## Seconde Partie

La mesure de longueur du câble réalisée lors de la première partie du TP à l'aide du testeur de ligne fait appel à une mesure dite « par réflectométrie ».

Wikipedia en donne la définition suivante :

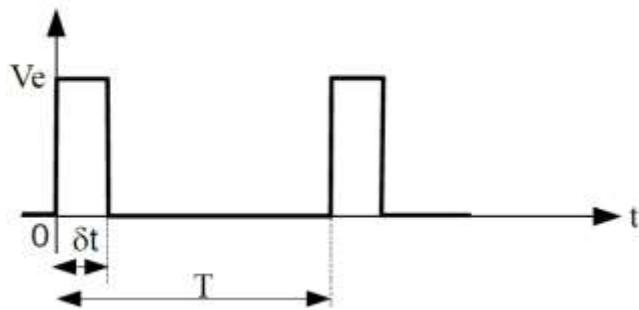
« *Un signal de sonde est envoyé dans le système ou le milieu à diagnostiquer. Ce signal se propage selon les lois de propagation du milieu étudié et lorsqu'il rencontre une discontinuité (d'impédance), une partie de son énergie est renvoyée vers le point d'injection. L'analyse du signal réfléchi permet de déduire des informations sur le système ou le milieu considéré. La réflectométrie est donc un moyen de contrôle non destructif.* »

L'objectif de la seconde partie de TP est de comprendre cette méthode de mesure et de l'appliquer pour détecter des pannes.

### 5/ Mesure en transmission

Principe de la mesure : injecter une impulsion électrique dans une paire torsadée et mesurer le temps que met cette impulsion pour arriver au bout du câble.

51/ Régler le générateur afin qu'il délivre le signal impulsional suivant :

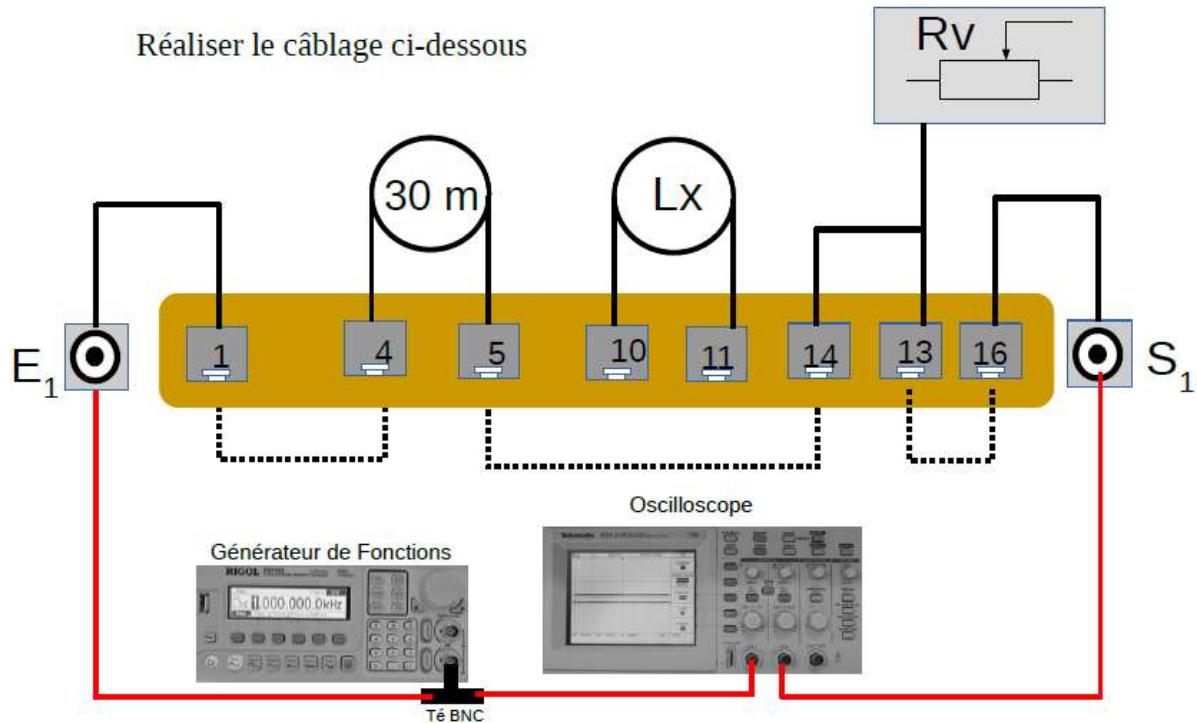


Vous préciserez dans votre compte-rendu comment vous avez réglé la fréquence, l'amplitude crête à crête, l'offset et le rapport cyclique pour obtenir  $V_e = 5$  [V],  $\delta t = 100$  [ns] et  $T = 1$  [ $\mu$ s].

Vous visualiserez le signal fourni par le générateur sur la voie 1 de l'oscilloscope (**Appeler le professeur pour vérification**)



5.2/ Pour l'essai en transmission, vous allez, à l'aide d'un Té BNC envoyer le signal issu du générateur à la fois sur la voie 1 de l'oscilloscope et à l'entrée de la ligne. La voie 2 de l'oscilloscope servira à mesurer le signal transmis en bout de ligne.



En rouge : câbles coaxiaux avec connectiques BNC  
En pointillés : bretelles ethernet avec connectiques RJ45

5.3/ Régler la résistance  $R_v$  à la valeur de 100  $[\Omega]$  et tracer sur votre compte-rendu les chronogrammes des signaux en entrée et en sortie de la ligne.

5.4/ A l'aide des curseurs (CURSOR de type Temps) disponibles sur l'oscilloscope, mesurer le temps mis par l'impulsion pour parcourir le câble et compte-tenu de sa longueur, calculer la valeur de la vitesse de propagation puis celle du NVP. Comparer cette valeur à celle utilisée lors de la partie 1 lors de l'étalonnage du testeur de câble.

## **6/ Mesures en réflectométrie**

Sur le terrain il est rare que le technicien puisse accéder facilement à l'entrée de la ligne et à la sortie. Le principe d'une méthode par réflectométrie est de n'observer « que » le signal sur la voie 1 de l'oscilloscope (« au départ » de la ligne).

6.1/ A partir du montage précédent, débrancher le câble coaxial utilisé pour visualiser le signal de sortie sur la voie 2. Vous pouvez même supprimer l'affichage de la voie 2 en appuyant deux fois sur le bouton « CH2 MENU » de l'oscilloscope.

Tracer sur votre compte-rendu les 3 chronogrammes obtenus pour la tension en entrée de la ligne pour  $R_v$  égale à 100  $[\Omega]$  puis 1  $[k\Omega]$  et enfin 0  $[\Omega]$ .

6.2/ Comment pouvez-vous justifier les différences observées ? Comment s'appelle la valeur 100  $[\Omega]$ . Comparer à la valeur trouvée lors de la première partie du TP et affiner vos réglages de  $R_v$  pour justifier qu'il s'agit bien de la valeur déterminée théoriquement à la question 2.2.2/.

6.3/ Calculer, en expliquant la démarche, la valeur de la vitesse de propagation ainsi que le NVP. Comparez aux valeurs précédemment trouvées pour le NVP.

6.4/ Que se passerait-il si le câble était coupé au bout de 10 mètres ? Vérifier votre réponse en ajoutant en série au bout du câble de 30 [m] le câble de longueur inconnue Lx. Calculer Lx.

6.5/ Que deviennent vos résultats précédents si vous modifiez la valeur du NVP ?

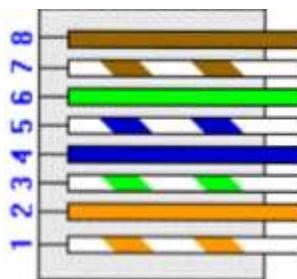
## **7/ Application au réflectomètre**

7.1/ En conclusion de ce TP, expliquez en 10 lignes maximum comment, en utilisant une mesure par réflectométrie, le testeur de ligne :

- mesure la longueur d'un câble
- arrive à détecter une panne (circuit-ouvert ou court-circuit) sur un câble

7.2/ Utiliser le VDV II pour faire le diagnostic des différents câbles fournis par l'enseignant.

A/ Câble de 10 mètres : Compléter le schéma suivant pour indiquer la longueur des paires et les défauts constatés.



B/ A voir selon les câbles disponibles.

## **8/ Mesure de l'atténuation**

La mesure de l'atténuation se fait en régime harmonique. Vous reprenez le montage de la partie 5.2/ avec Rv réglée sur la valeur de l'impédance caractéristique et en réglant le GBF afin qu'il fournisse un signal sinusoïdal d'amplitude 2 Volts.

8.1/ Pour F = 1 [kHz] :

- relever les chronogrammes des signaux d'entrée et de sortie,
- mesurer les amplitudes des signaux d'entrée et de sortie,
- calculer l'atténuation de la ligne en [dB] puis en [dB/m].

8.2/ Reprendre les mesures à 1 [MHz], 10 [MHz] et 20 [MHz].

8.3/ Conclure sur le comportement du câble en fonction de la fréquence.

## Séance numéro 2

Mamadou Balde  
Ayman Ettarni

# Seconde partie

### 5 - Mesure de transmission

5-1 Réglage du générateur

Fréquence :  $T = 1 \text{ [us]}$

$$F = 1/1.10^{-6}$$

$$F = 1 \text{ MHz}$$

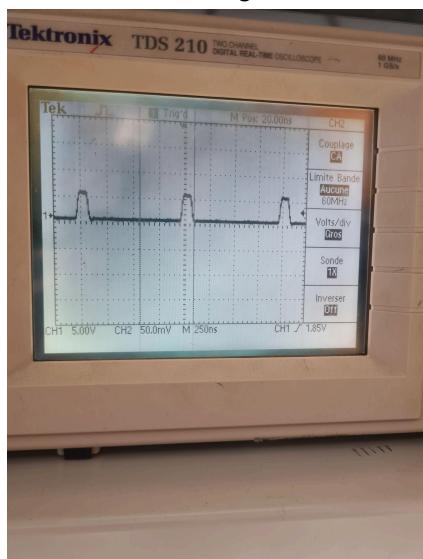
Amplitude crête à crête : Hilev = 5V

$$\text{LoLev} = 0 \text{ V}$$

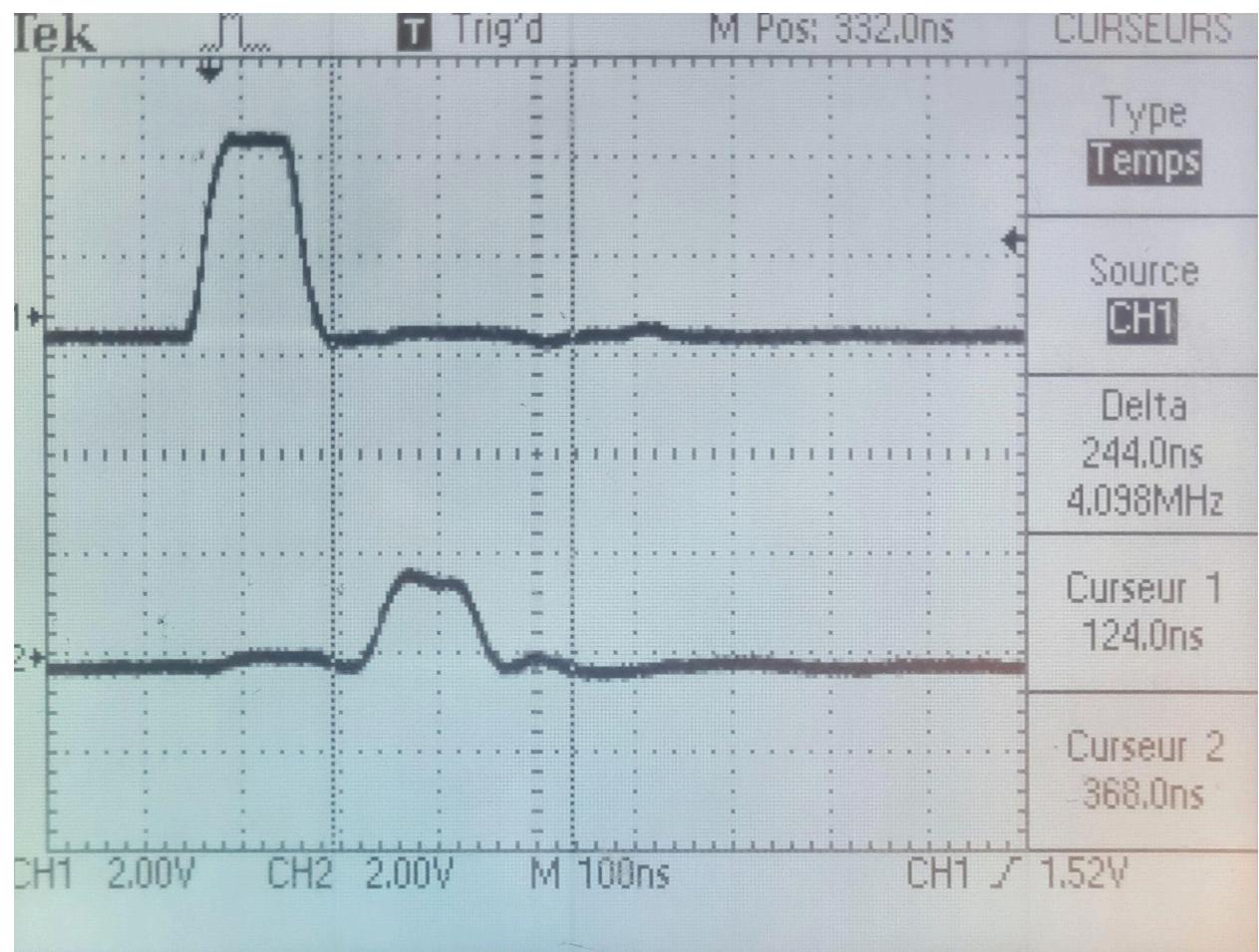
Offset = Valeur moyenne du signal = 2.5 V

Rapport cyclique = 10%

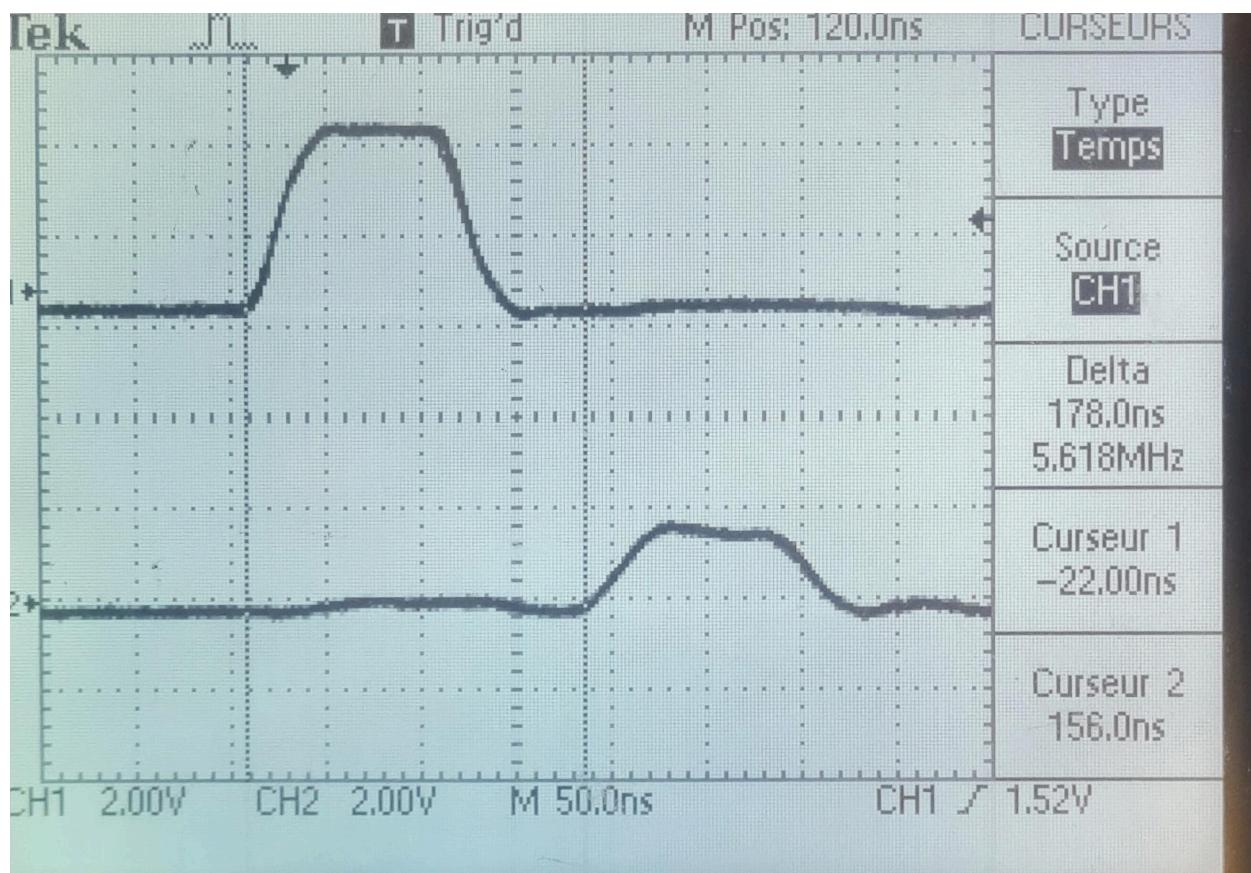
Visualisation du signal fourni :



### 5-2,5-3 - Branchements et tracé des chronogrammes



5-4 - Calcul de la valeur de la vitesse de propagation



$$\Delta = 178.0 \text{ ns}$$

Vitesse mesuré dans la 1ère partie : 67% de  $3.10^8$

$$\text{Longueur totale} : (0.5 * 3 + 1 + 30) \text{ m} = 32.5 \text{ m}$$

$$V = 32.5 \text{ m} / \Delta$$

$$V = 32.5 / 178.0 \cdot 10^{-9}$$

$$V = 1.83 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{NVP} : (V * 100) / 3.10^8$$

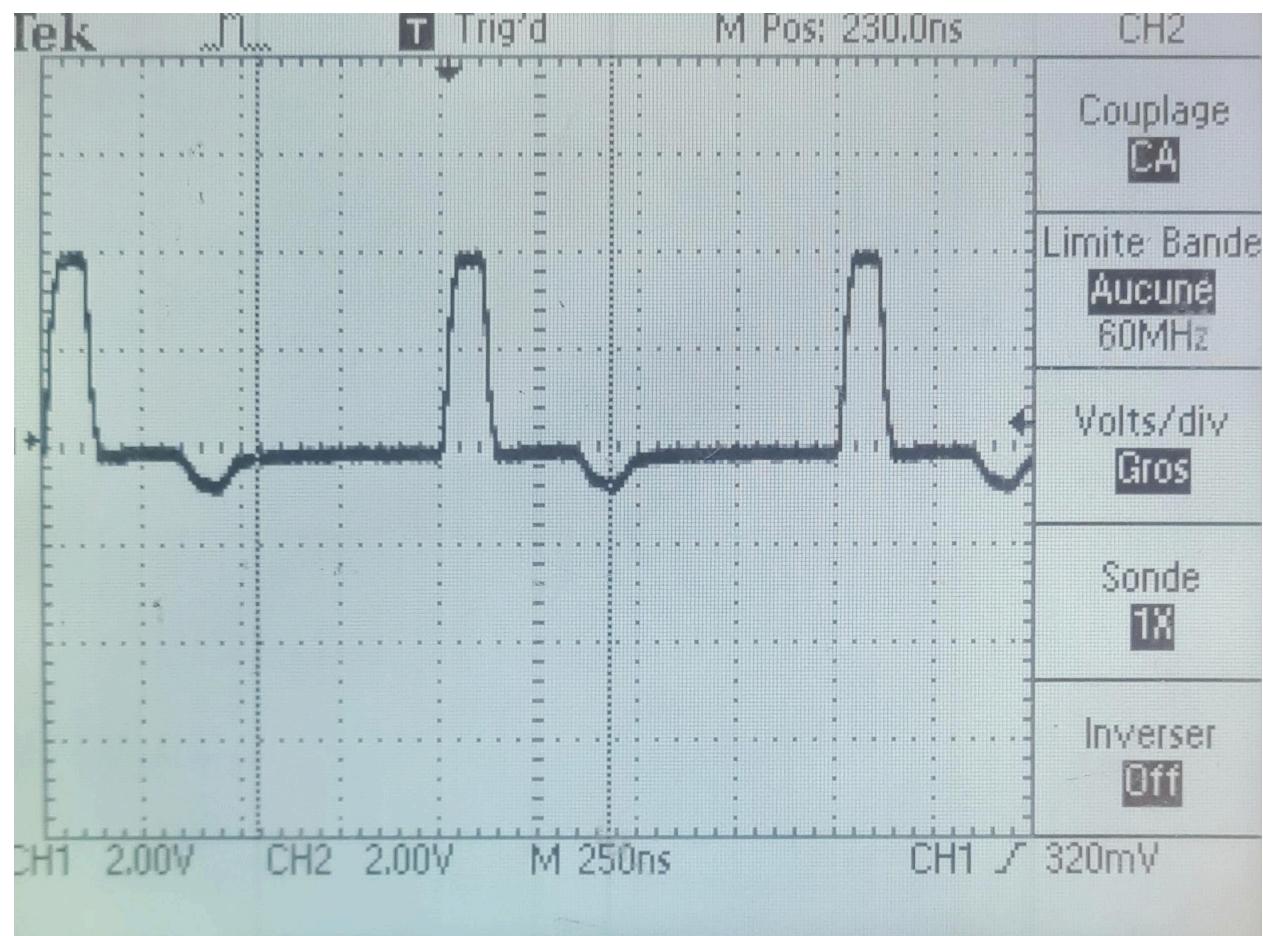
$$\text{NVP} = 60.86 \%$$

La nouvelle valeur du NVP(60.86%) est beaucoup plus petite que celle de l'étalonnage de la 1ère partie(67%).

## 6- Mesures en réflectométrie

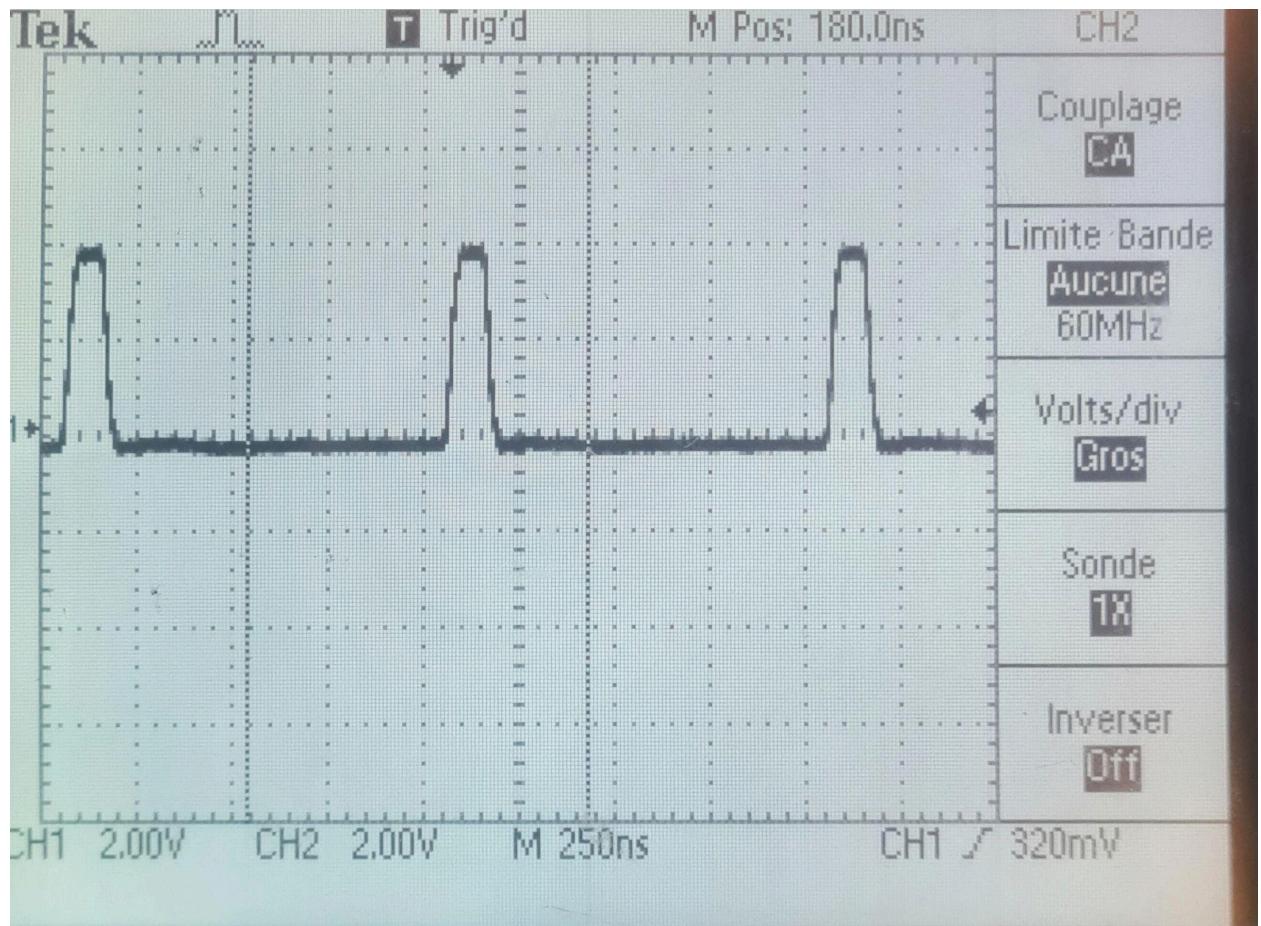
### 6-1- Chronogrammes avec changement de la résistances

- 0 Ohm



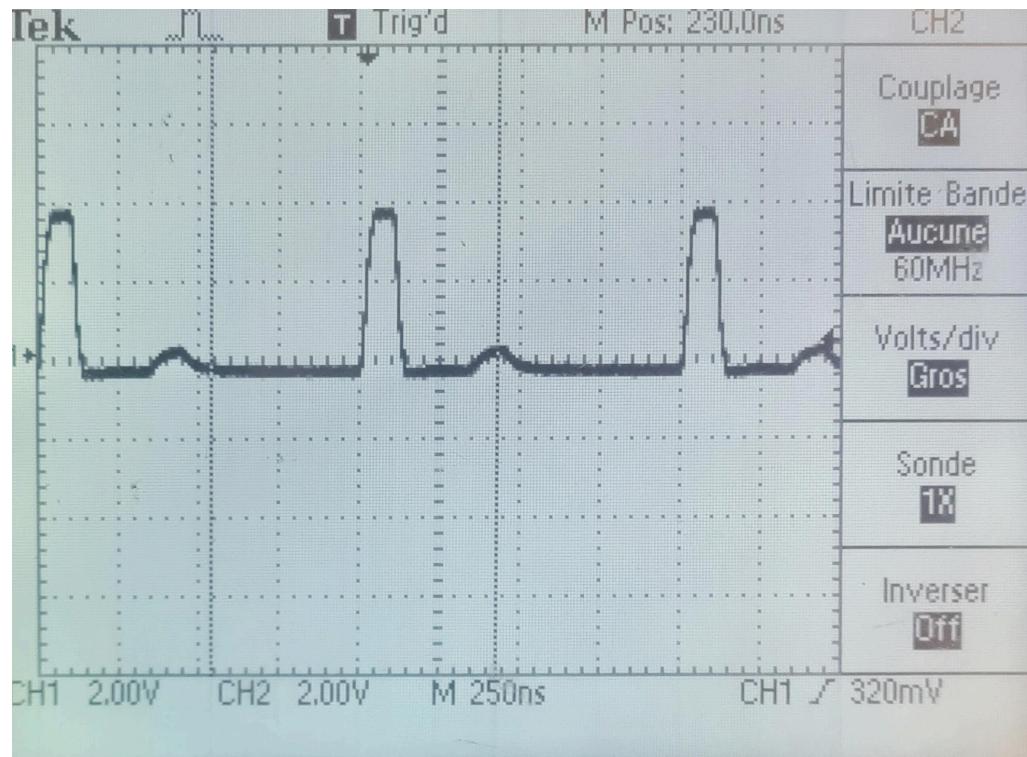
0 ohm correspond à un court-circuit donc toute l'énergie envoyée nous est retournée

- 100 ohm



100 ohm correspond à l'impédance caractéristique donc le câble est parfait câble parfait

- 1 k Ohm



Il s'agit d'un circuit ouvert si  $R = \text{kohm}$

### 6-2- Comparaison

Les 2 valeurs sont à peu près pareilles(167 ohm pour la première partie et 100 ohm pour la seconde). Cette faible différence est due à la réflexion du signal dans le câble.

Affinage de R : Après affinage la valeur parfaite de R est 120 Ohm . Avec cette valeur toute l'énergie envoyée est bien reçue et rien n'est renvoyé

### 6-3 -Calcul du NVP

On crée un court circuit puis on mesure le delta entre le signal d'entrée et de sortie et on calcule la vitesse de propagation. La distance est égale à la somme totale des câbles

$$V = \text{Distance} / \text{temps}$$

$$V = (31.5 * 2) / 344.10^{-9}$$

$$V = 1.86 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{NVP} = V * 100 / 3.10^8$$

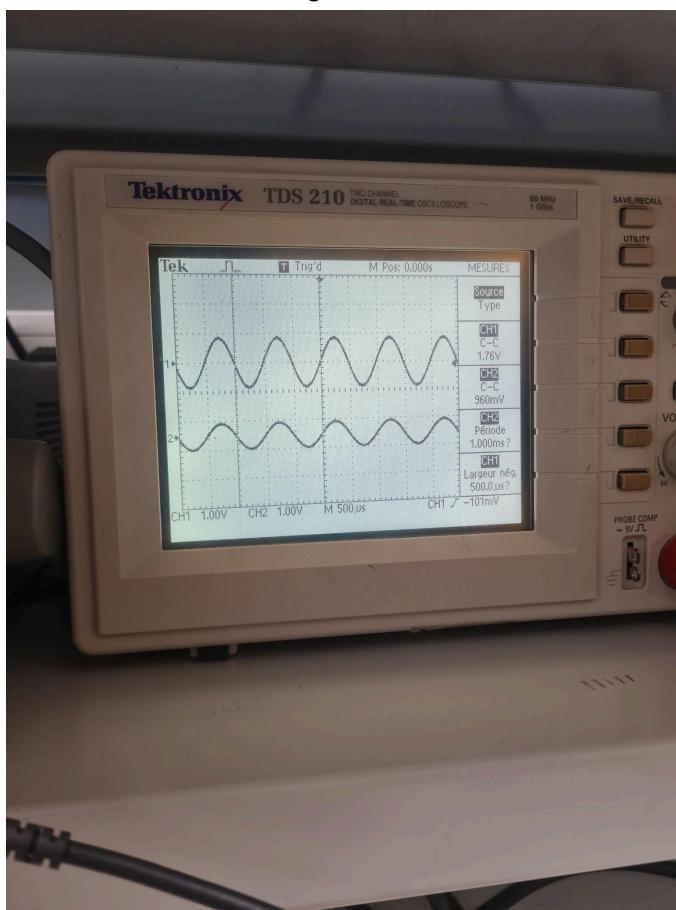
$$\text{NVP} = 62.01 \%$$

6-4 - cable coupé au bout de 10 m:

## 8-Mesure de l'atténuation

8-1 Pour F = 1KHz

- Chronogrammes: 1 -signal d'entrée
- 2 -signal de sortie



-Mesure des amplitudes (graphiquement) :

Signal d'entrée : 1.76 V

Signal de sortie : 960mV = 0.960 V

-Calcul de l'atténuation:

- En dB

$$A[\text{dB}] = 20 \cdot \log(0.960/1.76)$$

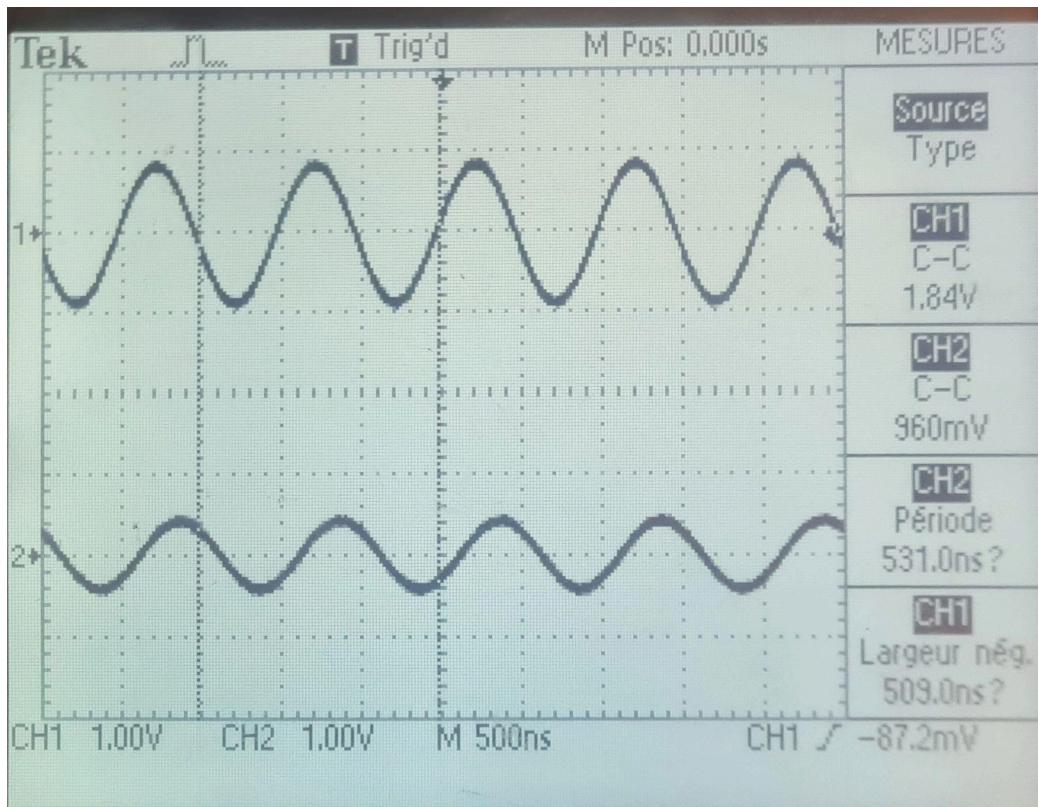
$$A[\text{dB}] = -5.27$$

- En dB/m  
 $A[\text{dB}/\text{m}] = A[\text{dB}]/L(\text{câble})$   
 $A[\text{dB}/\text{m}] = -5.27/32.5$   
 $A[\text{dB}/\text{m}] = -0.16$

## 8-2-Nouvelle mesure

- 1 MHz

-Mesure des amplitudes (graphiquement) :



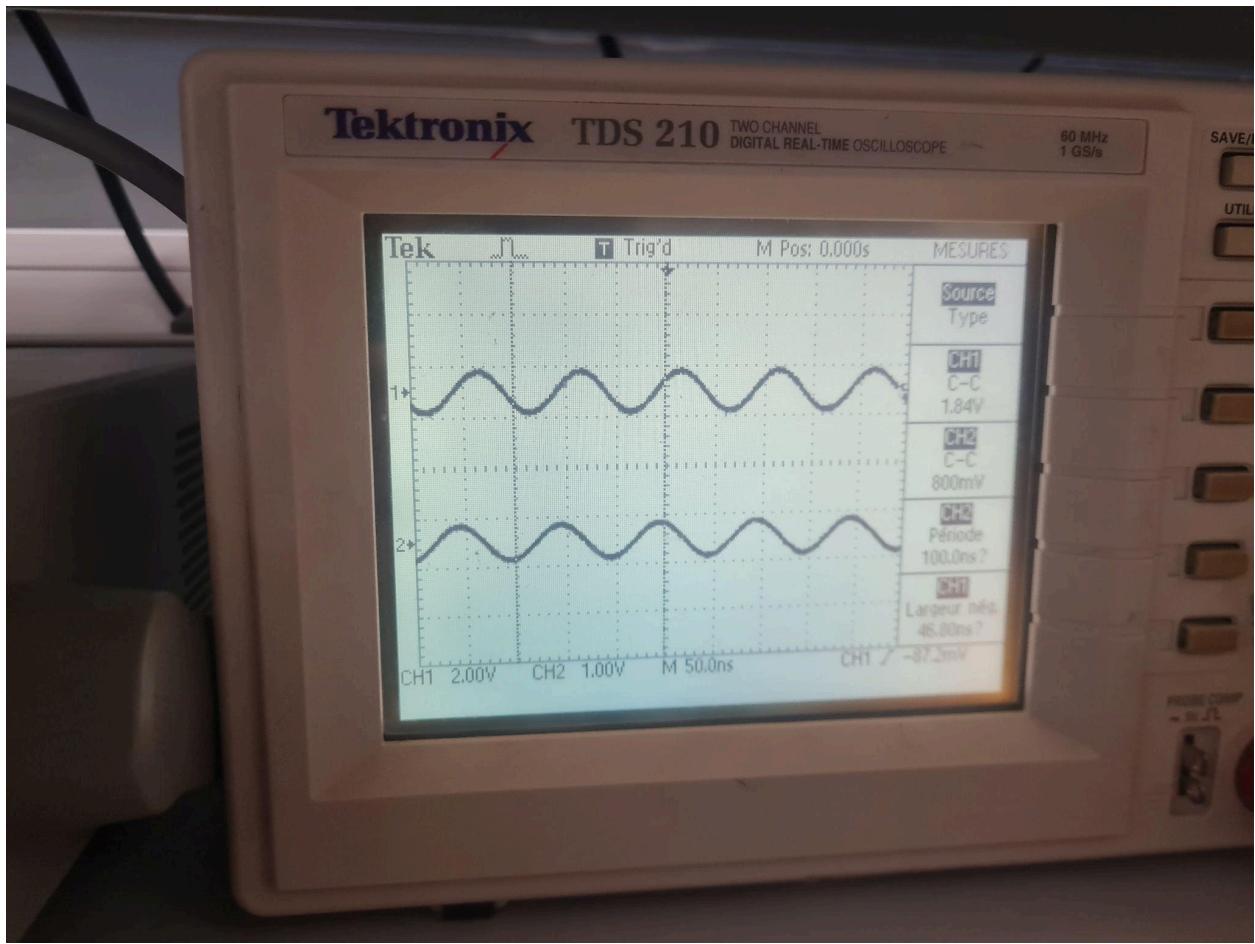
Signal d'entrée : 1.84 V

Signal de sortie : 920mV = 0.920 V (après stabilisation des courbes)

-Calcul de l'atténuation:

- En dB  
 $A[\text{dB}] = 20 * \log(0.920/1.84)$   
 $A[\text{dB}] = -6.02$
- En dB/m  
 $A[\text{dB}/\text{m}] = A[\text{dB}]/L(\text{câble})$   
 $A[\text{dB}/\text{m}] = -6.02/32.5$   
 $A[\text{dB}/\text{m}] = -0.19$
- 10 MHz

-Mesure des amplitudes (graphiquement) :



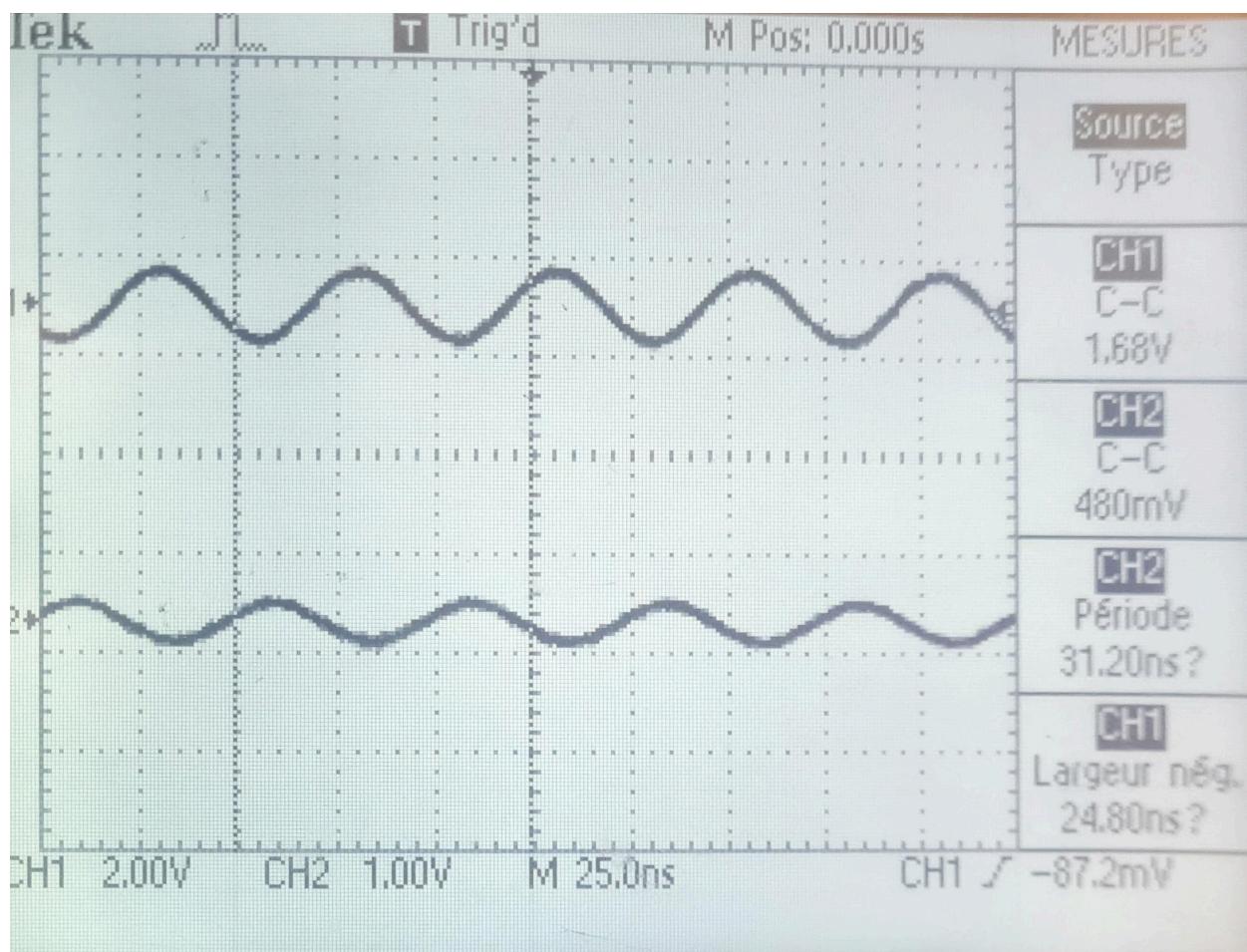
Signal d'entrée : 1.84 V

Signal de sortie : 960mV = 0.800 V

-Calcul de l'atténuation:

- En dB  
 $A[\text{dB}] = 20 \cdot \log(0.800/1.84)$   
 $A[\text{dB}] = -7.24$
- En dB/m  
 $A[\text{dB}/\text{m}] = A[\text{dB}]/L(\text{câble})$   
 $A[\text{dB}/\text{m}] = -6.02/32.5$   
 $A[\text{dB}/\text{m}] = -0.22$
- 20 MHz

-Mesure des amplitudes (graphiquement) :



Signal d'entrée : 1.60 V

Signal de sortie : 960mV = 0.480 V

-Calcul de l'atténuation:

- En dB
$$A[\text{dB}] = 20 \cdot \log(0.480/1.60)$$

$$A[\text{dB}] = -10.45$$
- En dB/m
$$A[\text{dB/m}] = A[\text{dB}] / L(\text{câble})$$

$$A[\text{dB/m}] = -6.02/32.5$$

$$A[\text{dB/m}] = -0.32$$

8-3- Il s'agit d'un filtre passe bas car plus les fréquences sont élevées plus l'atténuation est forte