

Extraits du programme :**Partie 2 - Formation expérimentale**

Ondes Mesure d'une célérité.	Mesurer la célérité d'une onde par diverses méthodes : étude d'ondes progressives en propagation libre, étude d'ondes stationnaires.
--	--

Partie 3 - Formation disciplinaire : PHYSIQUE DES ONDES

Ondes de tension et de courant dans un câble coaxial sans pertes Réflexion en amplitude sur une impédance terminale.	Étudier la réflexion en amplitude de tension pour une impédance terminale nulle, infinie ou résistive.
---	---

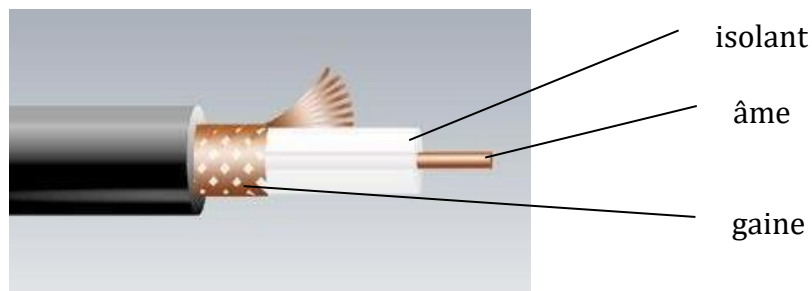
PROPAGATION D'ONDES DANS UNE LIGNE COAXIALE

Le but de ce TP est de déterminer la célérité et d'étudier la réflexion d'une onde électromagnétique dans un câble coaxial. On justifiera les caractéristiques d'absorption et de dispersion de ce milieu.

1. Présentation

Le câble est composé de deux conducteurs cylindriques coaxiaux séparés par un isolant.

Le conducteur central, cylindre de rayon a , constitue « l'âme » du câble, le conducteur extérieur, de rayon b , constitue la « gaine ».



1. ARQS

On rappelle que l'Approximation des Régimes QuasiStationnaires, ARQS, consiste à supposer que la valeur d'une grandeur instantanée $i(t)$ ou $u(t)$ est la même en tout point du circuit à un instant donné, ce qui revient à négliger la taille du circuit devant longueur d'onde électromagnétique λ .

2. Phénomène de propagation

Une onde se propage dans un milieu à la célérité c si $s(x,t) = s(0, t - \Delta t)$ où $\Delta t = x / c$ est la durée mise par l'onde pour aller de O à M d'abscisse x . Δt est aussi appelé le retard de l'onde en M par rapport à l'onde en O .

Un milieu est dit dispersif si la célérité de l'onde dépend de la fréquence.

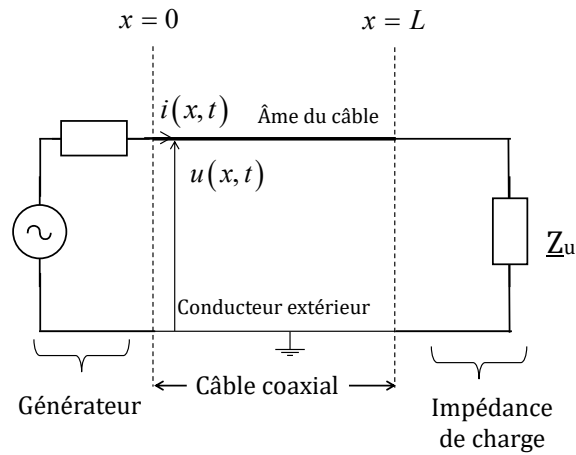
Un milieu est dit absorbant si l'amplitude de l'onde diminue au cours de la propagation.

3. Montage

Le câble est connecté, en $x=0$, à un générateur (de résistance interne R_g) par l'intermédiaire d'une fiche BNC ; le conducteur extérieur est alors relié à la masse du générateur et l'intérieur à la borne qui délivre le signal.

L'extrémité située en $x=L$ est fermée sur une impédance de charge que l'on note de façon générale Z_u .

Le système est alors équivalent au schéma électrique ci-dessous.



4. Phénomène de réflexion

En fonction de la valeur de l'impédance de charge, il peut ou non se produire un phénomène de réflexion de l'onde électromagnétique dans le câble.

Le coefficient de réflexion en tension en un point d'abscisse x est défini comme le rapport des amplitudes de la tension réfléchie et de la tension incidente :

$$r(x) = \frac{U_{réfléchie}(x)}{U_{incidente}(x)}$$

soit en bout de ligne ($x = L$)

$$r(L) = \frac{U_{réfléchie}(L)}{U_{incidente}(L)} \text{ avec } -1 \leq r(L) \leq 1$$

On montre que ce coefficient a pour expression :

$$r(L) = \frac{Z_u - Z_c}{Z_u + Z_c}$$

- Que vaut ce coefficient de réflexion lorsque le bout de ligne est en circuit ouvert ? Lorsque le bout de ligne est en court-circuit ?
- A quelle condition n'existe-t-il aucune onde réfléchie ? On dit que l'impédance de charge est adaptée à la ligne.
- Pourquoi n'existe-t-il aucune onde réfléchie en $x = 0$?

5. Phénomène de résonance

En régime sinusoïdal forcé $U(x,t) = U_A \cdot \cos(\omega t + \varphi) \cdot \cos(kx + \psi)$ où $k = \omega / c$ où $-\pi < \psi < \pi$

On suppose que l'extrémité en $x = L$ est en circuit-ouvert ce qui impose $\cos(kL + \psi) = 1$.

En déduire la valeur la plus simple de ψ qui réalise cette condition, puis que

$$U(x,t) = U_A \cdot \cos(\omega t + \varphi) \cdot \cos(k(x-L)).$$

On suppose que le générateur en $x = 0$ impose $U(x=0,t) = U_0 \cdot \cos(\omega t)$. En déduire φ sachant que $-\pi/2 < \varphi < \pi/2$, puis exprimer U_A en fonction de U_0 , k et L .

En déduire l'expression de $U(x,t)$ en fonction de U_0 et L .

A quelle condition sur U_A , puis sur k observe-t-on un phénomène de résonance ?

Montrer que les fréquences de résonance successives s'écrivent, dans cette situation

$$f_n = \frac{c}{4L}(1+2n), \text{ on pose } f_0 = \frac{c}{4L}, \text{ fréquence du mode fondamental.}$$

2. Matériel

Vous disposez : d'un câble coaxial (type RG58) de longueur $L = 100 \text{ m}$ et d'impédance caractéristique $Z_c = 50 \Omega$, d'une résistance $R = 50 \Omega$ « bouchon », d'un bouchon soudé réalisant un court-circuit de bout de ligne d'un générateur basse fréquence d'impédance interne $R_g = 50 \Omega$, d'un multimètre et d'un oscilloscope.

3. Manipulations

1. Montage

Mettre une résistance de charge $Z_u = R = 50 \Omega$ en sortie du câble coaxial, mesurer l'impédance d'entrée du câble à l'aide d'un multimètre.

Régler le générateur pour qu'il délivre un signal sinusoïdal, d'amplitude $E = 6 \text{ V}$, de fréquence $f = 10 \text{ kHz}$.

Réaliser le montage du 1.3 avec une résistance de charge $Z_u = R = 50 \Omega$ et observer à l'oscilloscope les signaux en tête de ligne ($x=0$) et en bout de ligne ($x=L$).

Faire vérifier le montage.

Mesurer la valeur E' de l'amplitude du signal délivré par le générateur.

Interpréter la valeur de E' à l'aide d'un diviseur de tension.

2. ARQS

En observant toujours au moins une période à l'oscilloscope, évaluer visuellement la fréquence à partir de laquelle l'ARQS n'est plus vérifiée.

3. Mesure de la vitesse de phase

On appelle Δt la durée de propagation du signal entre $x = 0$ et $x = L$, E' l'amplitude du signal en $x = 0$, E'' l'amplitude du signal en $x = L$.

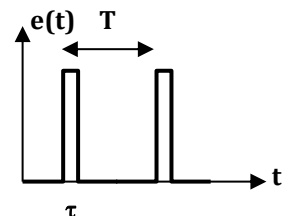
Mesurer, pour des fréquences égales à 10 kHz , 100 kHz , 1 MHz , 2 MHz et 10 MHz , Δt , E' , E'' .

Toutes ces mesures seront placées un même tableau.

Calculer pour toutes les mesures effectuées, la vitesse de phase, la longueur d'onde et le rapport E''/E' . Conclure sur la nature dispersive du câble, et sur sa nature absorbante.

4. Réflexion en bout de ligne

A l'aide de l'oscilloscope, branché simplement sur le générateur, régler ce dernier de manière à ce qu'il délivre une tension de la forme ci-contre, avec un niveau haut à $E = 8 \text{ V}$ et un niveau bas à 0 V . On règlera pour cela le rapport cyclique au minimum. (bouton DUTY). Se placer à une fréquence de 300 kHz .



Que mesure-t-on en $x = L$: l'amplitude de l'onde incidente, l'amplitude de l'onde réfléchie ou la somme des amplitudes de l'onde incidente et de l'onde réfléchie ?

Circuit ouvert :

Retirer la résistance de bout de ligne ; quelle est alors la valeur de la résistance de charge ? Observer le signal en $x = 0$ et en $x = L$, et en reproduire l'allure, en notant bien les amplitudes et les décalages temporels. Interpréter.

Diminuer progressivement la fréquence du générateur de manière à faire croître la largeur τ de l'impulsion.

Observer l'évolution des signaux des 2 voies, aussi bien en amplitude qu'en largeur, forme, décalage. On ira jusqu'à ce que τ atteigne environ $100 \mu\text{s}$.

Comprendre le phénomène et interpréter.

Court-circuit :

Recommencer en mettant un bouchon court-circuit en fin de ligne ; quelle est alors la valeur de la résistance de charge ? Observer le signal en $x = 0$ et en $x = L$, et en reproduire l'allure, en notant bien les amplitudes et les décalages temporels. Interpréter.

5. Etude en régime permanent sinusoïdal

On se remet en circuit-ouvert en bout de ligne et on alimente le câble par un signal sinusoïdal.

On montre alors que la tension peut s'écrire :

$$U(x,t) = 2.U_0.\cos(\omega t - kL).\cos(k(x-L)).$$

De quel type d'ondes s'agit-il ?

On observe en $x = 0$ des nœuds et des ventres de tension pour les fréquences $f_n = n \frac{c}{4L}$ avec n entier naturel.

Mesurer les fréquences donnant des nœuds et des ventres en entrée.

Tracer à l'aide de Latis-Pro la courbe permettant de vérifier la loi ci-dessus, en déduire la valeur de c .

Comparer à la première détermination.

3è série TP TOURNANTS DE PHYSIQUE

	séance 1	séance 2	séance 3	séance 4
Etude du hacheur série	14 - 17 - 19 24 - 25	16 - 18 27 - 28	12 - 15 22 - 23	11 - 13 21 - 26
Etude d'une photodiode Loi de Malus	11 - 13 21 - 26	14 - 17 - 19 24 - 25	16 - 18 27 - 28	12 - 15 22 - 23
Câble coaxial	12 - 15 22 - 23	11 - 13 21 - 26	14 - 17 - 19 24 - 25	16 - 18 27 - 28
Cycle d'hystérésis ferro	16 - 18 27 - 28	12 - 15 22 - 23	11 - 13 21 - 26	14 - 17 - 19 24 - 25

	n° binôme		n° binôme
Gueye Serigne	11	Atug Esmaerva	21
Ndiaye Fallou	11	Mouaouia Hajar	21
Diop Adja	12	Diatta Hamidou	22
Gassama Djariatou	12	Seck Seya	22
Bedouin-Muller Jarvis	13	Amar Madeleine	23
Jehl Henri	13	Beaufils Léa	23
HUSSER Ugo	14	BEUCHER Flora	24
Stocky Nicolas	14	Vuillemin Célia	24
Lager Loriane	15	Dott Xander	25
Rubiconi Mattéo	15	Lallement Raphael	25
Fellmann Joan	16	Muesser Florian	26
Zhang Olivier	16	Parisot Jules	26
Geiger Romain	17	Aron Alicia	27
Lopes--Feng Cassiopaix	17	Desebe-Sodoyer Julie	27
Bole Du Chomont Léa	18	Ndaw Rassoul	28
Siegfried Eva	18	Thierry Nathan	28
Agody Antoine	19		