TITRE : Information - Câble coaxial - régime harmonique

Étudiants : Annabelle PEYRONNET - Lucie MARPAUX

LP associées : LP8 = Transmission de l'information.

Bibliographie :

Objectifs de la manipulation :

Mesurer la vitesse de propagation d'un signal dans un câble coaxial et caractériser les effets dispersif et dissipatif d'un câble réel.

Matériel & sécurité :

- câble coaxial de 100 m environ
- oscillateur
- GBF
- résistance variable.

Spécificités du matériel, trucs et astuces :

Se placer à f élevée ~ 1 MHz.

⚠ selon ce qu'on veut voir
f élevée → comportement étrange (cf autre groupe)

Consignes pour la prise de mesure :

Commentaires, questions, remarques :

1) Mesure de la vitesse de propagation dans un câble coaxial :

on mesure Δt ← retarde de l'onde passant par le cable coaxial % à celle n'y passant pas.

en mode burst de l'oscillo on a :

$$v = \frac{L}{\Delta t}$$ ← longueur cable

$= 1{,}88 . 10^8$ m/s.

on veut une ~~vitesse~~ c'est une vitesse de groupe

=> prendre impulsion la plus fine possible l'étalement du à la dispersion intervient dans l'incertitude

incertitude :

sur $L = \frac{4 \text{ cm}}{\sqrt{3}}$

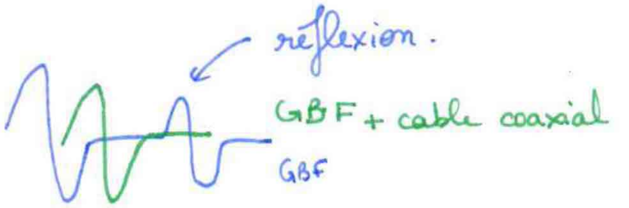
sur $\Delta t = \frac{\pm 8}{\sqrt{3}} \times 2$ ns → 2 curseurs.

$$u_v = v \sqrt{\left(\frac{u_L}{L}\right)^2 + \left(\frac{u_{\Delta t}}{\Delta t}\right)} = 8 . 10^5 \text{ m/s}$$

D'où $v = (1{,}88 \pm 0{,}02)$ m/s (95%)

2) Adaptation d'impédance.

On commence par mettre en évidence la réflexion



On rajoute une résistance variable au bout du câble coaxial. Lorsque $R = Z_{cable}$ on n'a plus de réflexion.

VOC Adaptation d'impédance

(puisque $r = \frac{|Z_R - Z_{cable}|}{Z_R + Z_{cable}}$)

On mesure ensuite R avec un ohmètre :

$R = (62 \pm 1)\ \Omega$

⚠ incertitude molette de la résistance

Protocole, résultats et exploitation :

3) Mise en évidence de la dispersion.

On remarque qu'en régime harmonique, la vitesse de phase dépend de ω.

On mesure donc les differents retard (pour avoir v_φ) en f^o de la fréquence. En traçant $\omega^2 = (2\pi f)^2$ $k^2 = \left(\frac{\omega}{v_\varphi}\right)^2$ en fonction

Pourquoi tracer $k^2 = f(\omega^2)$ au lieu de $k = f(\omega)$?

on a une droite aux fréquences élevées (cohérent avec la relation de dispersion)

et on trouve $\sqrt{\frac{1}{\text{pente}}} = v_\varphi = 1,9.10^8 \, m/s$.

⚠ $v_g = \frac{d\omega}{dk}$ dans la gamme observée $v_g = v_\varphi = 1,9.10^8 m/s \longrightarrow \phi$ effets dispersifs
$v_\varphi = \frac{\omega}{k}$

$k' = \omega\left(a_1 + \frac{a_2}{\omega^2}\right) \xrightarrow[\omega \gg 1]{} \omega a_1$

$\xrightarrow[\omega \ll 1]{} \frac{a_2}{\omega} \Rightarrow$ dispersion

4) Bonus : quantifier l'atténuation :

$k = k' + jk''$

atténuation en $e^{-k'' x}$

Donc la mesure de $\frac{u_{\text{sans cable}}}{u_{\text{cable}}}$ donne $e^{-k'' L}$

on a $k'' = -\frac{\ln(250.10^{-3})}{193} = 6,65 \, m^{-1}$

cable coaxial 100 m + un autre cable le reliant au GBF

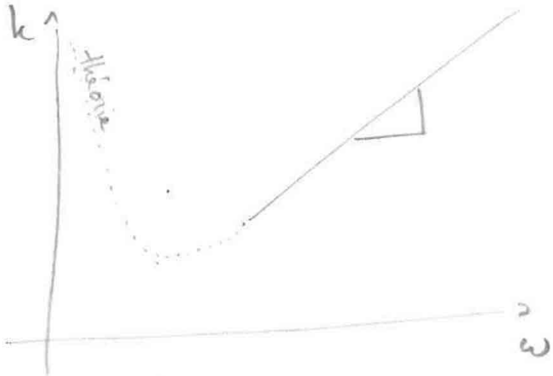
⚠ Cf autre groupe, choix de fréquence importante. Atténuation constante, indépendante de ω d'après la théorie
Si à basse f difficile à voir, augmenter amplitude (peut-être ?)

Commentaires, questions, remarques :

Mise en évidence simple des effets dispersifs

* Faire l'expérience décrite en 3) et tracer $\omega = f(k)$ ou $k = f(\omega)$ en démarrant à très basse fréquence ($\sim 1 Hz$)

* Allure de courbe



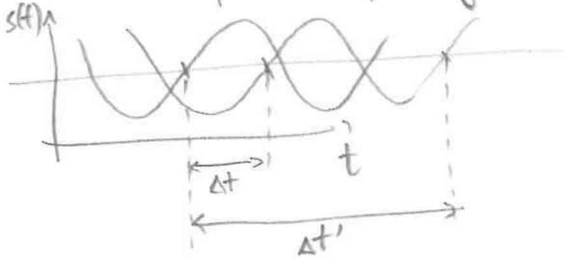
* En pratique, tant que $k = f(\omega)$ n'est pas une droite → dispersion

Voir avec autre groupe, observations à "basses fréquences" d'un déphasage nul ce qui n'est pas normal hors ARQS

⇒ dispersion

Questions possibles

- Comment être sûr que le déphasage n'est pas plus grand ?



- Est-ce que v_φ / v_g peuvent être > à la vitesse de lumière ? Quelle signification alors ?

- Pour aller plus loin : qu'est-ce que la condition d'Heaviside pour les câbles coax ?