

XIX : Diffusion RC

L'objectif de ce TP consiste à étudier la réponse d'une ligne RC composée d'une vingtaine de cellules, à différentes excitations : continu, sinusoïdal, échelon et impulsion. Le but est de déterminer par plusieurs procédés le coefficient de diffusion.

Le compte-rendu doit être complet pour se suffire à lui-même : objectifs, description des expériences et conditions expérimentales non décrites dans l'énoncé, mesures brutes, observations, traitement des résultats (courbes), interprétation. Soignez sa présentation !

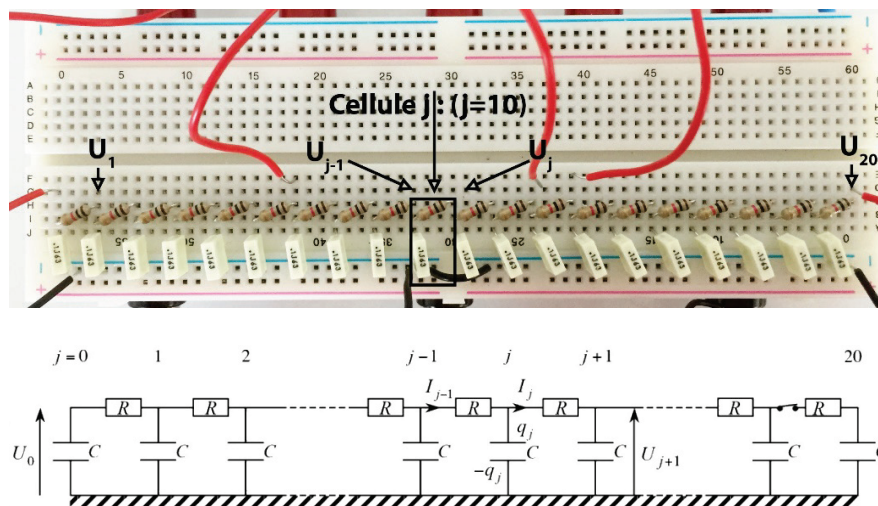
Matériel à disposition :

- 1 Oscilloscope numérique Keysight avec câbles coaxiaux, et T...
- 1 GBF FI 5505 GA
- 1 alimentation RAD 88
- 1 plaquette « Diffusion RC »
- 2 multimètres
- Les notices des différents appareils de mesure.

I – Préparation

I-1) Le dispositif

Le montage est constitué de vingt cellules RC régulièrement espacées avec $R=1,0k\Omega$ et $C=100nF$, et numérotées de $j=0$ à $j=20$. On appelle a la dimension d'une cellule : $a \approx 7$ mm.



I-2) Equation de diffusion

- Quelle est la grandeur physique dont on suit le transfert le long des différentes cellules ?
- Démontrer que la tension U_j vérifie l'équation suivante :

$$\tau \frac{dU_j}{dt} = U_{j+1} + U_{j-1} - 2U_j$$

- A l'aide de l'approximation des milieux continus, démontrez l'équation de diffusion suivante :

$$\frac{\partial q}{\partial t} = D \frac{\partial^2 q}{\partial z^2} \text{ ou } \frac{\partial U}{\partial t} = D \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \text{ où } \begin{cases} D = \frac{a^2}{\tau} \\ \tau = RC \end{cases}$$

- Calculer le coefficient $D = \frac{a^2}{RC}$ avec son incertitude $\frac{\Delta D}{D} = \sqrt{4 \left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta C}{C}}$

II - Régime stationnaire

- Appliquer une tension continue $U_0 = 10,0 \text{ V}$ (mesurée précisément avec un voltmètre) à l'extrémité $j = 0$ et court-circuiter l'autre extrémité en $j = 20$ d'où $U_{20} = 0$.
- Quelle est la situation analogue pour la diffusion thermique ?
- À l'aide d'un voltmètre, mesurer les tensions U_j (6 ou 7 mesures également réparties suffisent) puis tracer la courbe $U_j = f(j)$. Conclure.

≈ Appellez le professeur ≈

III) Régime sinusoïdal forcé

III-1) Absorption

- Appliquer une tension $U_0(t)$ sinusoïdale d'amplitude 7,5 V et de fréquence $f = 100 \text{ Hz}$. L'extrémité $j = 20$ n'est pas court-circuitée.
- Donnez un exemple de situation analogue en diffusion thermique ?
- En cherchant une solution sous la forme $U(z, t) = F(z)e^{i\omega t}$, montrer que la solution est de la forme :

$$U(z, t) = U_0 e^{-kz} \cos(\omega t - kz) \text{ où } k = \sqrt{\frac{\omega}{2D}}$$

- En déduire que :

$$U_j(z_j, t) = U_0 e^{-jka} \cos(\omega t - jka)$$

- A quel phénomène correspond la décroissance de l'amplitude ?
- Faire les mesures de U_j pour différentes valeurs de $j \leq 10$. On relèvera U_j mais aussi le retard de U_j par rapport à U_0 .
- Grâce à une représentation graphique en déduire la valeur de D avec son incertitude.

III-2) Propagation

- Exprimer le retard Δt de la tension $U_j(t)$ par rapport à la tension à l'entrée U_0 .
- Grâce à une représentation graphique en déduire une valeur de D avec son incertitude.
- En déduire une condition sur la longueur d'onde puis sur la fréquence pour que l'approximation des milieux continus soit valable.

IV - Réponse à un échelon de tension

- Appliquer maintenant une tension $U_0(t)$ de forme créneau symétrique d'amplitude 10 V (donc variant de -10 V à 10 V) et de très basse fréquence (1 Hz). L'extrémité $j = 20$ n'est pas court-circuitée.
- Quel est le phénomène analogue pour la diffusion thermique ?
- Observer les tensions $U_j(t)$ pour $j \leq 10$.

On appelle $t_{\frac{1}{2}}$ le temps correspondant à l'annulation de la tension $U_j(t)$ (milieu de -10 V à 10 V). On admet que : $t_{\frac{1}{2}} = 1,099 \tau j^2$.

- Représenter graphiquement $t_{\frac{1}{2}} = f(j^2)$. En déduire une valeur de D avec son incertitude.
- Représenter dans un tableau comparatif les 4 valeurs de D avec leur incertitude. Conclure.