

# Régimes transitoires

## Matériel

- résistance variable
- inductance variable
- capacité variable
- GBF
- oscilloscope
- pendule pesant + masses + cuve
- petite cuve transparente (1 cm d'épaisseur
- glycérol
- laser
- éclateur de faisceaux
- écran

## Introduction

Les régimes transitoires correspondent aux régimes d'évolution d'un système qui n'a pas encore atteint un état stable ou un régime établi. On peut observer un régime transitoire à chaque fois qu'on impose une consigne à un système, qu'on le perturbe ou bien qu'on le mette en contact avec un autre système. Derrière l'idée de régime transitoire il n'y a aucune notion de temps, un régime transitoire peut être très court, de l'ordre de la milliseconde pour un circuit électrique par exemple, de l'ordre de la seconde pour un système mécanique ou bien encore de l'ordre de l'heure. Nous allons étudier différents systèmes présentant un régime transitoire et mettre en évidence l'intérêt que présente son étude.

## I Circuit RLC

Circuit RLC série, résistance, GBF et oscilloscope reliés en série. Igor → oscilloscope, générateur d'impulsions : amplitude de 5V, durée de l'impulsion : 20  $\mu$ s, période de l'impulsion : 100 ms, durée acquisition : 10 ms. On mesure le décroissement logarithmique : pour cela on mesure l'amplitude des maxima successifs, avec pour référence le premier maximum (utiliser un suiveur éventuellement). On trace  $\ln(\delta)$  en fonction de n (nième maximum), on obtient une droite.

$$\ln(\delta) = -\frac{n\pi}{\sqrt{Q^2 - \frac{1}{4}}}, Q = \sqrt{\left(\frac{\pi}{a}\right)^2 + \frac{1}{4}} \text{ avec } a \text{ la pente de la droite}$$

## II Frottements fluides

Le système utilisé est constitué d'un pendule pesant préalablement équilibré auquel on vient ajouter des masses. L'équilibrage permet de s'affranchir de l'action de la pesanteur sur le pendule pesant et de réduire les actions de pesanteur uniquement à celle qui s'exerce sur la masse. On observe alors les oscillations du pendule lorsque l'extrémité portant la masse baigne dans une cuve contenant le fluide. On considère ici un modèle de frottements fluides c'est-à-dire que l'action du fluide sur la masse sera modélisée par la force :  $\vec{f} = -\alpha \vec{v}$

Le théorème du moment cinétique appliqué au niveau de l'axe de rotation du pendule donne :

$J\ddot{\theta} = -mgl \sin(\theta) - \alpha l^2 \dot{\theta}$ , J est le moment d'inertie total (masse + pendule), l est la distance entre l'axe de rotation du pendule et le centre de gravité de la masse,  $\theta$  est l'angle que fait le pendule avec la verticale. Dans le cadre de l'approximation des petits angles, on peut écrire :

$$J\ddot{\theta} + \alpha l^2 \dot{\theta} + mgl\theta = 0, \text{ ou encore } \ddot{\theta} + \frac{\omega_0}{Q} \dot{\theta} + \omega_0^2 \theta = 0, \text{ avec } \omega_0 = \sqrt{\frac{mgl}{J}} \text{ et } Q = \frac{\sqrt{mgl}}{\alpha l^2}$$

$$\text{On a donc } \theta(t) = \theta_0 e^{-\frac{\omega_0}{2Q}t} \cos(\omega_0' t + \varphi), \omega_0' = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}$$

On récupère le signal à l'oscilloscope et on mesure le décrément logarithmique : pour différentes masses, on mesure la différence  $\delta$  entre le  $n$ ème maximum visible et la valeur finale de la tension image de la position angulaire du pendule.

$$\ln(\delta) = -\frac{n\pi}{\sqrt{Q^2 - \frac{1}{4}}}, Q = \sqrt{\left(\frac{\pi}{a}\right)^2 + \frac{1}{4}} \text{ avec } a \text{ la pente de la droite}$$

On mesure également la pseudo-période pour remonter à la pseudo-pulsation  $\omega_0'$  puis à la pulsation  $\omega_0$ . On a  $Q\omega_0 = \frac{mg}{\alpha l}$ , on trace  $Q\omega_0$  en fonction de m et on en déduit  $\alpha$ .

Remarque : On peut observer des écarts au modèle pour des masses importantes, cela peut provenir du fait que les effets de bord ne sont plus négligeables ou qu'il y a du frottement sec non négligeable.

Incertitudes : longueur l (règle), masse m (balance), lecture à l'oscilloscope (pas de tension)

$$(\text{on peut aussi mesurer } T_0 \text{ sans la cuve : } \ddot{\theta} + \frac{\omega_0}{Q} \dot{\theta} + \omega_0^2 \theta = 0 \text{ avec } \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}})$$

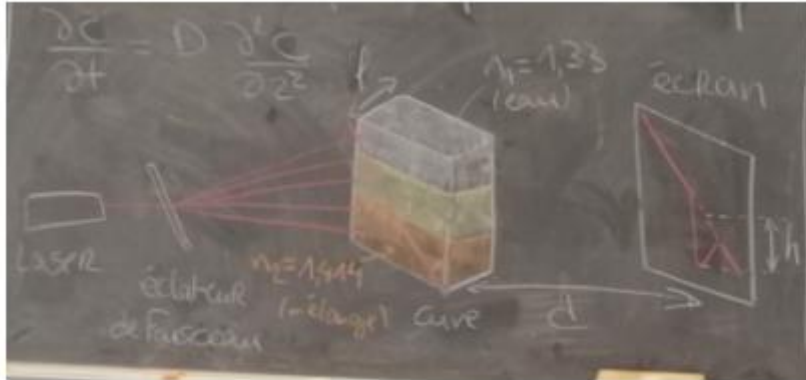
## III Coefficient de diffusion d'un mélange eau-glycérol

Attention ! Manip très longue, à faire en fin de préparation, prévoir 2h.

On remplit à moitié une petite cuve transparente (1cm d'épaisseur) avec de l'eau. On vient ensuite déposer au fond de la cuve un mélange eau-glycérol à 50/50 sur une épaisseur d'environ 1cm. On note c la densité volumique du mélange.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial z^2}, D \text{ est le coefficient de diffusion et } z \text{ est la coordonnée verticale.}$$

L'indice optique  $n$  au sein de la cuve dépend du fluide présent localement, ainsi si on envoie un faisceau laser transformé en nappe laser par un éclateur de faisceau (un petit barreau de verre fait pour ça), la nappe rectiligne incidente est déformée en sortie de la cuve du fait de la déviation inégale selon le milieu traversé par le faisceau. L'éclateur de faisceau permet de bien visualiser cette déviation puisqu'il permet de voir l'état de la lumière en sortie de la cuve pour chaque type de fluide présent dans la cuve.



La déviation est maximale quand on a  $\frac{\partial n}{\partial z} = \frac{h}{dl}$

Or, on peut montrer que  $\frac{\partial n}{\partial z} = \frac{n_1 - n_2}{2\sqrt{\pi D(t - t_0)}}$

On a alors :  $\frac{1}{h^2} = \frac{4\pi D(t - t_0)}{d^2 l^2 (n_2 - n_1)^2}$

On trace  $\frac{1}{h^2}$  en fonction du temps, la valeur de la pente permet de remonter à  $D$ .

## Conclusion

On a donc étudié ici plusieurs cas de régimes transitoires. Dans le cas d'un circuit électrique, modélisant ici un système d'ordre 2, on met en évidence l'intérêt que présente l'étude du régime transitoire pour déterminer les caractéristiques du système. La détermination de ces caractéristiques permet ensuite d'envisager un asservissement afin d'optimiser la réponse du système en réduisant la durée du régime transitoire par exemple. Dans le cas du pendule on a modélisé l'effet d'une perturbation, qui est l'écart à la position d'équilibre, et la réponse du système à cette perturbation. Encore une fois déterminer la valeur du coefficient de frottement permet d'envisager une optimisation de cette réponse. Enfin, dans le cas de la diffusion du mélange eau-glycérol, l'origine du régime transitoire est toute autre. En effet il ne résulte ni d'une consigne ni d'une perturbation mais vient juste de l'évolution naturelle du mélange lorsqu'il est mis en contact avec de l'eau. Le régime transitoire nous permet alors de déterminer une propriété physique du système étudié mais ne répond à aucune logique d'optimisation.

## Questions

- Comment marche le détecteur d'angle du pendule ?  
➔ C'est un potentiomètre angulaire
- A quoi comparer le coefficient de diffusion mesuré ?

- ➔ On peut le comparer aux coefficients de diffusion de l'eau et du glycérol pur pour avoir un ordre de grandeur
- Comment est choisie la fréquence de travail pour le circuit RLC ?
- ➔ On la choisit de manière à atteindre le régime permanent
- Nécessité du coefficient  $t_0$  ?
- ➔ la déviation maximale diverge en  $t = t_0$ , cela vient du fait que la loi de Fick n'est plus valable

[https://odpf.org/images/archives\\_docs/21eme/memoires/groupeA/memoire.pdf](https://odpf.org/images/archives_docs/21eme/memoires/groupeA/memoire.pdf) (page 7, calcul théorique permettant de déterminer le coefficient de diffusion du mélange eau-glycérol).