

Compte-rendu MP : 33 Régimes transitoires

Cédric **BLAIZE** et Yann **MONCEAUX**

Table des matières

Objectifs du montage	1
Introduction	1
1 Réponse à une consigne : circuit RLC	1
2 Frottements fluide d'une mélange eau-glycérol	1
3 Mesure du coefficient de diffusion d'un mélange eau-glycérol	3
4 Ouverture, prolongement et conclusion	5
Expériences alternatives	5
Questions	5
Remarques	6
Bibliographie	6

Objectifs du montage

Dans ce montage je souhaitais mettre en évidence la présence de régimes transitoires dans différents domaines de la physique et montrer que si dans de nombreux cas on cherche à réduire ces régimes transitoires c'est bien en les étudiant qu'on peut obtenir des informations sur les propriétés physiques d'un système.

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 met 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 par la suite étudier différents systèmes présentant un régime transitoire et mettre en évidence l'intérêt que présente son étude.

1 Réponse à une consigne : circuit RLC

MANIP À NE PAS FAIRE!!!

L'idée était de montrer qu'à partir de l'étude du régime transitoire de la réponse à un échelon de tension observée aux bornes du condensateur, on pouvait remonter à la pulsation de coupure et au facteur de qualité du circuit RLC.

La manip marche bien mais est beaucoup trop longue et ne montre pas beaucoup de capacités expérimentales. Elle est assez bien vendue dans certains compte-rendu des années précédentes, je sais pas si c'est par esprit concours ou pour une autre raison qui m'échappe mais il ne faut pas la faire, donc je ne vais pas plus la détailler.

En revanche, je pense que le circuit RLC peut être un bon montage pour illustrer qualitativement les différents types de régimes transitoires selon la valeur du facteur de qualité.

2 Frottements fluide d'une mélange eau-glycérol

PAS BESOIN DE GLYCÉROL!!!

La manip marche très bien avec de l'eau seulement, dans certains compte-rendus des années précédentes il est dit d'utiliser du glycérol mais encore une fois c'est n'importe quoi.

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 i.e. que l'action du fluide sur la masse sera modélisé par la force : $\vec{F}_{frott} = -\alpha\vec{v}$.

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

$$J\ddot{\theta} = -mgl\sin\theta - \alpha l^2\dot{\theta}$$

avec J le moment d'inertie total (pendule et masse comprise), m la masse de la masse mise en bout de pendule, l la distance entre l'axe de rotation du pendule et le centre de gravité de la masse, et θ l'angle que fait le pendule avec la verticale.

On a alors dans l'approximation des petits angles :

$$\ddot{\theta} + \frac{\omega_0}{Q}\dot{\theta} + \omega_0^2\theta = 0$$

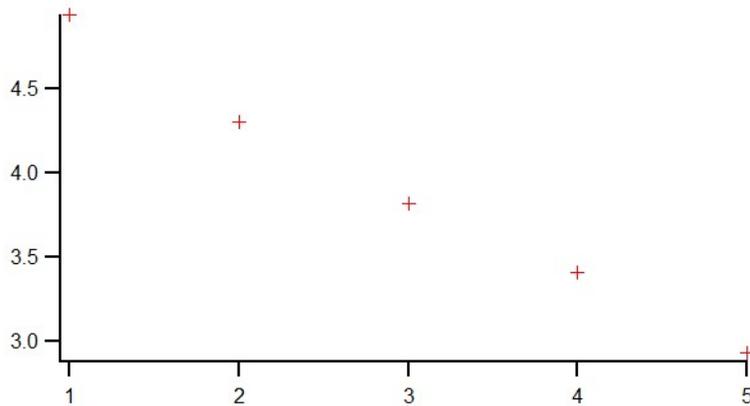
avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{mgl}{J}}$ et $Q = \frac{\sqrt{mgJ}}{\alpha l^{3/2}}$

D'où :

$$\theta = \theta_0 e^{-\frac{\omega_0}{2Q}t} \cos(\omega'_0 t + \phi)$$

avec $\omega'_0 = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}$ et ϕ une constante.

Pour différentes masses on mesure la valeur du dépassement D_k défini comme la différence entre k-ième maximum visible et la valeur finale de la tension image de la position angulaire du pendule. Cette valeur finale peut être non nul selon le réglage du capteur. On trace alors la valeur de $\ln(D_k)$ en fonction de k et on obtient une droite de pente p de valeur $-\pi/\sqrt{Q^2 - 1/4}$.

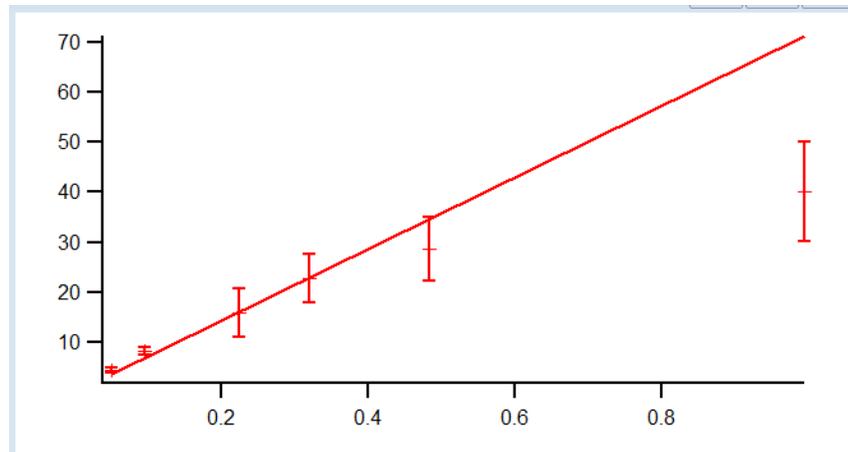


On en déduit alors la valeur de Q pour la masse choisie : $Q = \sqrt{\frac{\pi^2}{p^2} + \frac{1}{4}}$. L'ordonnée à l'origine vient du préfacteur dans l'expression de θ et dépend aussi du gain du capteur, mais ce n'est pas gênant puisqu'on ne s'intéresse pas à sa valeur.

On mesure également la pseudo-pulsation ω'_0 pour différentes masses et on en déduit la pulsation propre ω_0 par la formule $\omega_0 = \omega'_0 / \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}$.

On a $Q\omega_0 = \frac{mg}{\alpha l}$, on trace alors $Q\omega_0$ en fonction de m et on obtient une droite de pente $\frac{g}{\alpha l}$.

On peut alors à partir de la valeur de la pente remonter à la valeur du coefficient de frottements α . On remarque un écart au modèle pour des masses importantes, cela peut provenir du fait que



les grosses masses ont également un volume plus important, peut-être qu'on ne peut plus négliger les effets de bords entre la cuve et la masse. L'écart peut également provenir de frottements secs non négligeables.

Pour l'estimation des incertitudes, en ce qui concerne la longueur du pendule l'incertitude est donnée par la règle, pour la masse elle est donnée par la balance, pour la mesure du dépassement à l'oscilloscope il a été choisi de prendre comme incertitude le pas du curseur puisqu'il représente la précision maximale que l'on a sur la tension, idem pour la mesure de la pseudo-pulsation. Pour les incertitudes sur les grandeurs obtenues via IGOR il a été choisi de faire confiance aux incertitudes calculées par le logiciel à partir des incertitudes détaillées ci-dessus mais le correcteur n'avait pas l'air d'apprécier cette méthode.

3 Mesure du coefficient de diffusion d'un mélange eau-glycérol

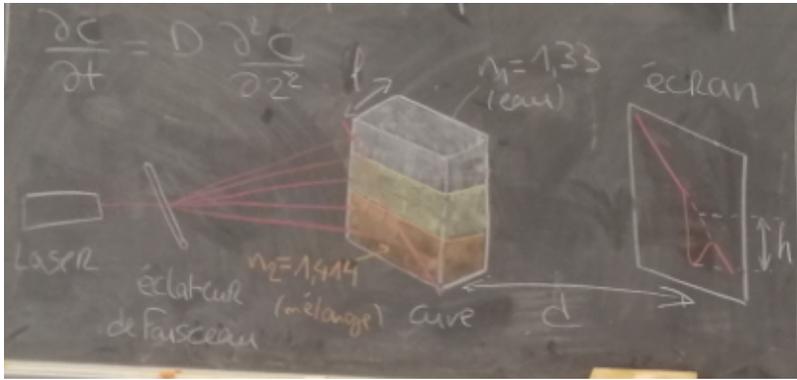
Cette manip est relativement longue, compter 2h en préparation pour la faire et la faire en fin de préparation pour éviter de trop gros changements dans les conditions expérimentales.

On remplit à moitié une petite cuve transparente (celles de 1cm d'épaisseur qu'on trouve dans les stocks) 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. Le mélange va diffuser dans l'eau située au dessus (ou inversement, on sait pas trop) et la densité c est alors régie par l'équation de diffusion :

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial z^2}$$

avec D le coefficient de diffusion et z la coordonnée verticale. On représente la situation ci-dessous : L'indice optique au sein de la cuve dépend du fluide présent localement, ainsi si on envoie un faisceau laser transformée 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. On note n l'indice optique en un point de la cuve et on reprend les



notations du schéma ci-dessus. la déviation est maximale lorsque $\frac{\partial n}{\partial z}$ est maximal et on a

$$\left(\frac{\partial n}{\partial z}\right)_{max} = -\frac{h}{dl}$$

Or il est possible de montrer que

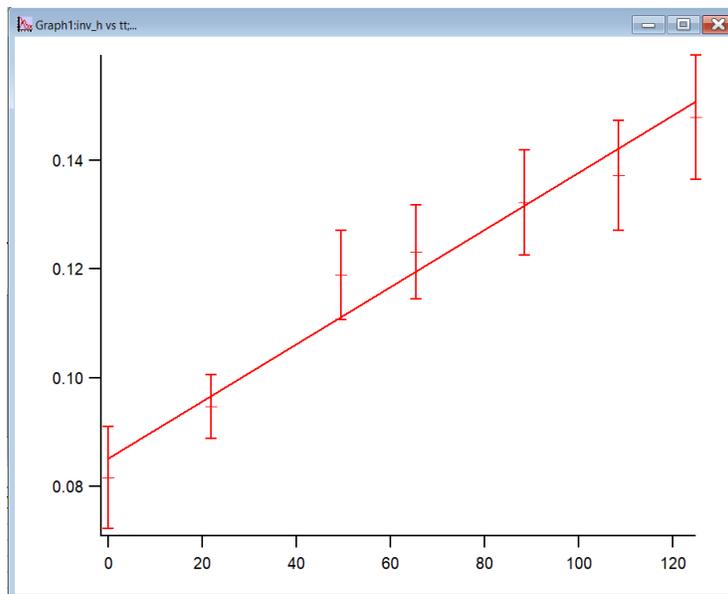
$$\left(\frac{\partial n}{\partial z}\right)_{max} = \frac{n_1 - n_2}{2\sqrt{\pi D(t - t_0)}}$$

où t_0 est une grandeur ajoutée à la main pour coller avec le modèle.

On a alors :

$$\frac{1}{h^2} = \frac{4\pi D(t - t_0)}{(dl(n_2 - n_1))^2}$$

On trace alors $\frac{1}{h^2}$ en fonction du temps et la valeur de la pente nous permet de remonter au coefficient de diffusion.



Comme dit plus haut, on ne sait pas trop si le coefficient de diffusion obtenu est celui du mélange dans l'eau où l'inverse, ce n'est pas forcément gênant mais il faut bien l'avoir en tête pour les

questions.

Pour le calcul des incertitudes la même méthode que précédemment a été utilisée c'est à dire que pour les longueurs on a pris l'incertitude donnée par la règle, pour le temps celle donnée par le chronomètre et pour la grandeur calculée par IGOR i.e. D on s'est fié au logiciel.

4 Ouverture, prolongement et 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 ici 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 ici l'effet d'une perturbation, qui est ici 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 tout autre. En effet il ne résulte ni d'une consigne ni d'une perturbation mais vient juste de l'évolution naturel 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.

Expériences alternatives

- Comme précisé plus haut il ne faut absolument pas tenter l'étude complet du RLC. Dans la même logique j'avais pensé à l'étude du régime transitoire de la MCC qui permet de déterminer le moment d'inertie ainsi que les couples de frottements au niveau de l'arbre de la machine. On peut ensuite réaliser un asservissement pour montrer qu'on arrive à optimiser le régime transitoire.
- Régime transitoire de la photodiode
- Régime transitoire du diapason
- Pont de Wien bouclé avec un ampli...

Questions

- Comment marche le détecteur d'angle du pendule ? c'est un potentiomètre angulaire
- A quoi comparer le coefficient de diffusion mesuré ? on n'a pas de valeur tabulée mais on peut le comparer aux coefficients de diffusion de l'eau et du glycérol pur pour avoir un ordre de grandeur
- Comment IGOR calcule les incertitudes ? dans le cas linéaire c'est analytique
- Comment est choisie la fréquence de travail pour le circuit RLC ? on la choisit de manière à atteindre le régime permanent
- Le régime pseudo-périodique donne L et C, peut-on utiliser un autre régime ? oui mais les résultats sont moins précis
- 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

Remarques

- Le correcteur n'est pas convaincu du fait que IGOR donne bien les incertitudes...
- Éviter de faire trop d'IGOR, il faut montrer plus de compétences expérimentales.

Bibliographie

- On n'a pas utilisé beaucoup de bibliographie mais essentiellement les compte-rendus des années précédentes, mais vu ce qu'on peut y lire parfois on aurait peut-être dû chercher des bouquins...
- Pour la calcul théorique qui permet de déterminer le coefficient de diffusion du mélange eau-glycérol voir Sommerfeld, Optics (dispo à la BU mais en anglais...), sinon il y a ce lien : https://odpf.org/images/archives_docs/21eme/memoires/groupeA/memoire.pdf
le calcul est page 7.