

# M33 : Régimes transitoires

Rapport du jury 2017 : Il existe des régimes transitoires dans plusieurs domaines de la physique et pas uniquement en électricité ; de même, l'établissement de régimes forcés peut conduire à une physique bien plus variée que le retour à une situation d'équilibre. Par ailleurs, bien que le régime transitoire des systèmes linéaires, évoluant en régime de réponse indicielle, puisse parfois se ramener à l'étude d'un circuit RC, la simple mesure du temps de réponse d'un tel circuit ne caractérise pas l'ensemble des propriétés des régimes transitoires. Enfin, varier les échelles de temps dans la présentation serait appréciable.

## Introduction:

Les régimes transitoires correspondent au comportement d'un système quand il passe d'un permanent à un autre. On va s'intéresser à différents types de régimes transitoires en étudiant le temps de réponse d'un composant, au phénomène de relaxation ainsi qu'au changement d'équilibre par le phénomène de diffusion. Étude dans différents domaines de la physique.

## I - Régime transitoire en électronique

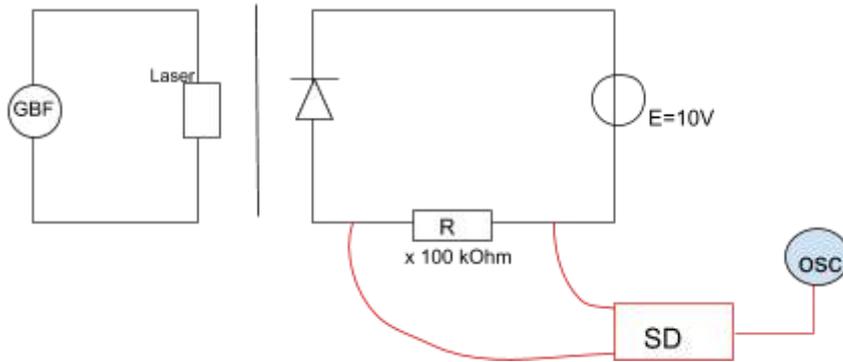
→ voir schéma poly M12 Photorécepteurs I-6 + partie I.6.1

Le processus de diffusion des charges P et N à l'interface entre les 2 milieux crée une zone dépourvue de charge libre (zone de déplétion) → on a donc une structure de type capacitif (2 milieux conducteurs séparés par un isolant) qui limite les performances dynamiques du circuit de mesure via la constante  $\tau = RC_{ph}$ . Le circuit de détection est rapide, il faut donc limiter les capacités parasites pour éviter qu'elles augmentent le temps de réponse du circuit, afin d'obtenir au plus proche le temps de réponse de la photodiode.

- Moduler une diode (relié à une résistance 1 kOhm) ou diode laser par un signal numérique sortie d'un GBF (sortie SYNC – environ 10V : **prendre une tension (V) au préalable tabulée pour C**).

- Utilisation d'une sonde différentielle (voir notice pour sa résistance interne élevée - qui permet de moins perturber le système - et permet de s'affranchir de la résistance d'entrée de l'oscilloscope (*cf schéma*), intéressant car effet capacitif moindre lorsqu'on voudra déterminer au plus près la capacité de la photodiode.)

- Éviter les résistances dans les boîtiers métalliques (boîte à décades, boîte AOIP..) qui augmentent le temps de réponse, et préférer celles dans une plaque de PVC.



-Détecter à l'aide d'une photodiode polarisée en inverse (alimentation côté bloquant : 0V côté Anode, 12V coté cathode ) en série avec une résistance ( $R=100 \text{ k}\Omega$  assez grand car  $\tau=RC_{ph}$  pour la photodiode et C qql pF , et on veut négliger le temps de réponse de la diode/laser qui est non nulle mais très faible, on augmente ainsi le temps de réponse de la photodiode pour qu'il soit plus grand que celui du laser).

-On étudie le temps de réponse (or  $t_{\text{descente}} = t_{90} - t_{10} = \tau \cdot \ln(9) = R_{\text{vraie}} \cdot C_{\text{vraie}}$ , bien avoir sur l'oscillo la descente totale) du dispositif en fonction de la résistance  $R_{\text{vraie}}$  (on fait varier R, ce qui modifie  $R_{\text{vraie}}$ ).

On montre que le temps n'est pas influencé par le temps de basculement de la diode (allumé/éteint), le temps de réponse (régime transitoire) est alors bien lié au capteur (la photodiode) et non à l'émetteur si on obtient une droite.

-On peut ensuite tracer  $\tau$  en fonction de  $R_{\text{vraie}}$  sur Regressi

Attention : pour avoir  $R_{\text{vraie}}$ , on a une addition  $1/R$  car en parallèle. Ici, on a  $R_{\text{vraie}} = R_{\text{mesure}} \cdot R_{\text{sonde}} / (R_{\text{mesure}} + R_{\text{sonde}})$ .

De + pour  $\tau$ , bien convertir car on a :  $t_{\text{descente}} = \tau \cdot \ln(9)$

-On retrouve  $C_{\text{vrai}}$  avec le coefficient directeur de la droite. On peut ainsi ensuite calculer la valeur de  $C_{\text{photodiode}}$  ( $C_{\text{vrai}} = C_{\text{photodiode}} + C_{\text{oscillo}} + C_{\text{autre}}$ )  $\rightarrow$  comparer avec la notice. (on peut certainement dire que  $C_{\text{vrai}} \sim C_{\text{photodiode}}$  directement)

**Remarque :** Il faut noter l'incompatibilité entre rapidité et sensibilité. Si on veut un détecteur rapide, il faut polariser fortement la photodiode en inverse pour diminuer C et prendre une résistance de mesure R minimum mais la tension à détecter est alors très faible. Si on veut des signaux plus forts, il faut augmenter R mais on perd en vitesse.

### **Attention :**

- Si on utilise une diode laser, il faut utiliser un filtre gris.

-A l'oscillo signal entrée GBF + signal sortie sur résistance R car relié à la tension (courant photo induit) et pas sur la photodiode !

-Bien prendre en compte toutes les capacités (qui s'additionnent), celle de la diode (regarder dans la notice), celle des câbles (éviter autant que faire se peut les coaxiaux qui sont capacitifs), celle de l'oscillo.

**Bilan** : On a pu ainsi observer le temps de réponse d'un composant (ici la photodiode) lorsqu'on change son état d'équilibre.

Si plus d'info : voir poly M12

## II- Régime transitoire en mécano-acoustique

**Diapason** : régime transitoire du 2eme ordre : sinusoïde décroissante de manière exponentielle..

M30 : Explication du principe du diapason avec sa caisse de résonance

M33 - II.2 → Montrer que son régime transitoire est le même que celui d'un circuit RLC faiblement amorti : exponentielle décroissante.

*Utilisation Latis Pro* : **Clic droit sur EAO et régler sur +/- 1 V.**

Mettre mêmes paramètres que ceux du poly p.4.

### Mesure de m :

-Taper en haut du diapason pour meilleur son. (mais avec une force raisonnable : sinon la modélisation décroît + vite que le signal réel !! et pour rester dans un modèle de réponse linéaire.)

-Style de la courbe : Points (mieux pour la modélisation)

-Après avoir calibré la courbe, on fait "Mesures automatiques" pour avoir la valeur de Fo.

-Dans modélisation, on rentre la bonne formule, on évalue grossièrement Ym et m (inverse du temps correspondant à 36.8%  $\approx 0.5$ )

-Pour vérifier le Fo donné, on zoome au début et à la fin du signal pour voir si c'est bien superposé et donc si valeur est bonne: à la fin si Fo mal choisi alors les signaux ne coïncident plus du fait de l'erreur engendré sur le grand nombre de période avant.

-Pour avoir vraies valeurs : Activer les paramètres Ym, m et A (on prend la formule avec (440+A) pour ne pas qu'il y ait de problèmes de convergence, en effet il y'a plus de 1000 périodes sur le signal donc compliqué pour Latis).

-On peut laisser  $\varphi$  dans la formule et montrer que la valeur est très proche de 0)

→ **Relever le m donné**

### Pour la transfo de Fourier:

On doit refaire une acquisition + longue (30 sec) voir param sur poly p7

Modélisation : Attention prendre bonne courbe (*Amplitude...*)

**Zoomer beaucoup la courbe (TF) sinon Latis n'arrive pas à converger.**

-Trouver approximativement le max d'amplitude de la TF = So (en mV)

-On rentre le Q approximatif :  $\approx \pi * 440/m$

-On prend la formule avec (440+A) pour ravoir le Fo exact (au début on met A=0)

$$S\_Amplitude = S0 / (1 + Q^2 * ((440 + A) / Fréquence - Fréquence / (440 + A))^2)^{0.5}$$

( → En rentrant d'abord les param approximativement, on aide Latis)

- On obtient une modélisation légèrement en décalage avec notre TF.
- Puis on active tous les paramètres, pour avoir valeurs exactes de A (ie Fo), So et Q.

On va avoir une différence entre le Q trouvé et le Q attendu du fait du manque de point au niveau de la résonance (Montrer en zoomant sur le graphe).  $Q_{attendu} = \pi F_o / m$ .

Voir Excel

Intérêt de la manip : le régime transitoire se modélise de la même manière que celui d'un circuit RLC (2nd ordre). Etude du retour à l'équilibre du diapason après perturbation ( ici même équilibre qu'il avait avant la perturbation. Dédution du coefficient d'amortissement et facteur de qualité.

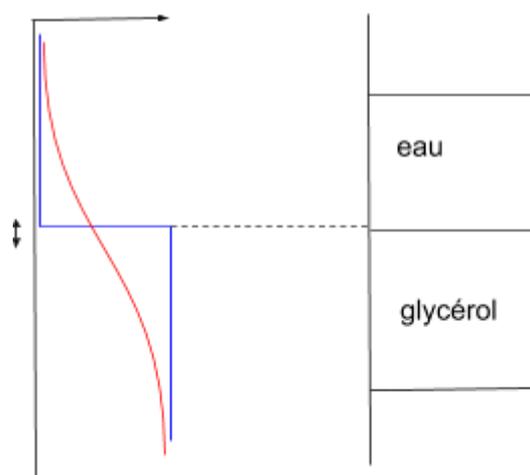
### III- Diffusion du glycérol dans l'eau

Voir poly M34 pour le protocole + Quaranta, Tome II nouvelle édition (Thermodynamique et Applications) p.468.

On étudie la déviation du faisceau lumineux par le gradient d'indice imposé par la diffusion du glycérol dans l'eau.

#### Important lors de la réalisation de l'expérience :

- Bien chronométrer le début de la manipulation pour chaque mesure.
- Il est mieux de se placer dans un endroit sombre.
- La cuve est placée en hauteur du fait de la déviation très forte et elle doit se trouver au bord du support pour pas que le pic soit coupé par le support.
- La lentille et le laser doivent être placés assez proches de la cuve. On repère le faisceau de base sur la feuille.
- On réalise un mélange 50/50 d'eau et de glycérol dans une éprouvette. On fixe la burette sur une tige lourde et grande pour plus de stabilité et une pince prise plate.
- Remplissage de la burette : On la remplit, on enlève toutes bulles d'air en la vidant rapidement, puis on la remplit jusqu'en haut. On peut utiliser un mouchoir pour essuyer l'extrémité de la burette. On remplit la cuve d'eau (mais pas trop non plus!) : Il faut que l'épaisseur d'eau soit quasi identique à celle de de glycérol/eau dans la cuve.
- On plonge l'extrémité de la burette au fond de la cuve (car le mélange est + dense que l'eau). On verse lentement le glycérol.
- On observe au départ un pic très fin qui descend bas, ce qui est normal car on a au début une importante variation d'indice sur une petite interface, puis le pic s'étale et se raccourcit au cours du temps.



On relève toutes les 15 minutes la position du minimum du pic. On a  $\tan \alpha_{max} = h_{max}/L$  (L = distance cuve/écran)

Puis, on trace  $1/\alpha_{max}^2$  en fonction du temps. On doit obtenir une droite.

Au début : non linéaire parce que l'équation de diffusion est une loi phénoménologique ; c'est une approximation valable pour des petits gradients donc non valable au départ.

On passe par un modèle :  $1/\alpha^2 = a(t + t_0)$  (car temps initial mal défini car on verse lentement le mélange). L'obtention de a permettra d'obtenir le coefficient de diffusion D (d = largeur de la cuve dans poly). **voir Excel**

(Comparer à une valeur tabulée)

On peut alors en déduire le temps que mettra la glycérine à diffuser sur une distance de l'ordre du cm.  $\tau = L^2/D$ . Il n'est pas utile d'avoir une valeur précise de L, on ne peut qu'obtenir une estimation du temps (à peu près 2 jours). Donc ne pas mettre d'incertitude car ODG.

Bilan : On est parti d'un état d'équilibre que l'on perturbe et on a un régime transitoire vers un nouvel état d'équilibre, on remarque ici que le régime transitoire est plutôt long.

### **Conclusion**

En conclusion nous dirons que nous avons dû l'existence de régimes transitoires dans différents domaines de la physique. Les régimes transitoires permettent à un système hors équilibre d'évoluer vers un équilibre (le même ou un autre). Cette transition entre les deux états est prédictible si les paramètres du système sont bien établis.

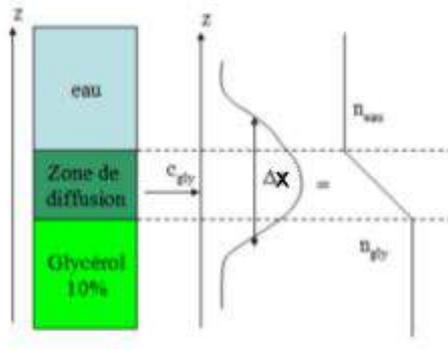
### **Questions :**

-Glycérol : Expliquer d'où vient la loi de la déviation qui relie l'angle au gradient d'indice pour la diffusion du glycérol. Comment est relié l'indice aux concentrations ?

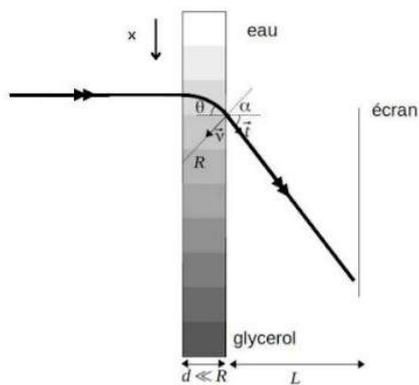
Voir poly M34 p10

[https://physique-sciences.univ-amu.fr/sites/physique-sciences.univ-amu.fr/files/ue\\_34\\_travaux\\_pratiques\\_1.pdf](https://physique-sciences.univ-amu.fr/sites/physique-sciences.univ-amu.fr/files/ue_34_travaux_pratiques_1.pdf) (p18)

En utilisant l'équation de diffusion pour la concentration (ou fraction molaire), en la résolvant en passant par l'espace de Fourier de la variable de l'espace z et en posant la condition initiale donnée par :  $c(z, 0) = 0$  si  $z > 0$  et  $c(z, 0) = 1$  si  $z < 0$  (soit une marche, qui en dérivant nous donne un pic de Dirac en 0), nous pouvons montrer après intégration que le gradient de concentration a la forme d'une gaussienne (concentration de la forme erf(x)) de largeur à mi hauteur :  $\Delta z = 2\sqrt{\pi Dt}$ .



A cause du gradient de concentration en glycérol, nous obtenons un gradient d'indice de réfraction dans la cuve (le glycérol et l'eau ayant des indices de réfraction différents). Ce gradient d'indice est donné par :  $\text{grad}n \approx \Delta n / \Delta x$ , avec  $\Delta n = n_g - n_e$  où  $n_g$  et  $n_e$  sont respectivement les indices de réfraction du glycérol et de l'eau.



Le trajet d'un rayon lumineux dans un milieu dont l'indice varie est donné par l'équation:

$$\text{grad}(n) = \frac{d(n.t)}{ds} \text{ où } s \text{ est l'abscisse curviligne le long du rayon, et } t \text{ est le vecteur unitaire tangent à la trajectoire. En projetant sur la direction normale on obtient donc : } \text{grad}(n) = \frac{dn}{dx} e_x \cdot \nu = n/R$$

$e_x \cdot \nu = \cos\theta$  (on suppose  $\theta \sim 0$ ) d'où  $\text{grad}(n) = n/R$

$$D'après la figure : \cos(\pi/2 - \theta) = d/R$$

$$d'où : \sin(\theta) = d/R \rightarrow \theta = d/R$$

$$D'où : \sin(\theta) = d/R \rightarrow \theta = d/R$$

$$d'où : \sin(\theta) = d/R \rightarrow \theta = d/R$$

$$\text{La loi de Snell Descartes nous donne : } n\theta = \alpha$$

$$d'où \alpha/n = d/R \text{ finalement on trouve que } \text{grad}(n) = \alpha/d$$

La déviation  $\alpha$  (si elle est petite) est donc :  $\alpha = d \cdot \text{grad}n$

$$D'où \alpha_{max} = \frac{(n_g - n_e) c_0 d}{2N \pi D t}$$

Plaçons un écran à une distance L fixée de la cuve. En relevant l'abscisse  $h_{max}$  du point d'impact du laser après traversée de la cuve de largeur d, on peut obtenir  $\alpha_{max}$  ( $\tan(\alpha_{max}) = h_{max}/L$ )

-Qu'est ce que le facteur de qualité? Influence sur le régime transitoire?

Le facteur de qualité permet de quantifier la qualité d'un filtre, plus Q est élevé, plus le filtre est sélectif. Par ailleurs, pour le régime transitoire : + le facteur de qualité est élevé, + les oscillations vont perdurer avant d'être en régime permanent.