N.B, je tenais à te dire que tu auras ensoleillé mon année d'agreg... tendres baisers B.

HP 38
Régimes transitoires

Hélas c'est dans l'ombre de B. que j'aurai rêvé cette année !... Tendres pensées sur les étoiles.

Le régime transitoire est le régime observé lors d'un changement de contraintes sur le système. On en observe tous les jours : ds la cuisine lorsqu'on allume son four ou encore quand on ouvre son robinet d'eau (consigne : fermé → ouvert). C.

Il est légitime de se demander pendant combien de tps un tel régime dure, quelle forme prend la grandeur physique, comment agir sur ce régime.

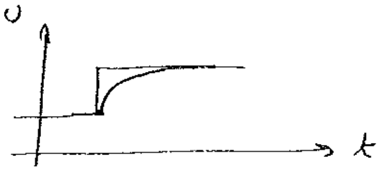
∃ des régimes transitoires ds tous les domaines de la physique. Ici j'ai choisi d'illustrer certaines propriétés des régimes transitoires au travers de l'exemple du circuit RLC et d'une diffus° thermique.

I Illustration de ≠ propriétés des régimes transitoires sur le circuit RLC

1) ≠ formes de régimes transitoires

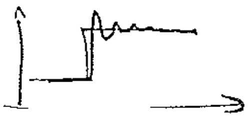
TLD PCSI p.168 - 170

On peut tout d'abord voir sur l'exemple du circuit RLC qu'il existe différentes formes de régimes transitoires. Soit la tension aux bornes de C atteint la valeur de consignes sans osciller : cas des régimes apériodiques et critiques.



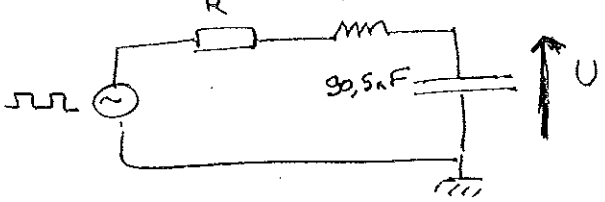
$Q < \frac{1}{2}$

Soit on a des oscillations.
(Si on ↗ R)



$Q > \frac{1}{2}$

Selon le facteur de qualité du circuit, le régime transitoire n'a pas la m forme.



(Rappel : $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$Q = \frac{L\omega_0}{R} = \sqrt{\frac{L}{C}}\,\frac{1}{R}$

Rq : on ne peut pas trouver quantitativement la limite, la distinction entre pseudopériodique et critique est vraiment faible à la limite.

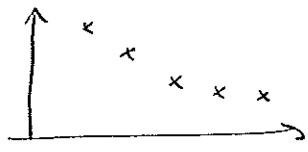
Résultat : ici on vérifie juste que ça marche pr $Q \ll \frac{1}{2}$ (ex : R = 800 Ω) et $Q \gg \frac{1}{2}$ (ex : R = 80 Ω)

($R_c \simeq 710\ \Omega$)

2) Propriétés de chaque régime

a) apériodique

J'ai tracé Rise time (ds Quick measure) en fonction de $\frac{1}{R}$ (dc de Q)



($R = R_{boîte} + R_{géné} + R_{bobine}$)

Ici pas de loi à vérifier, juste un constat : + Q est grand + monte rapidement (chaleur ...)

b) régime pseudopériodique

× mesure de la pseudopériode

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}} \Rightarrow \frac{1}{T^2} = \frac{1}{T_0^2} - \frac{R^2}{16\pi^2 L^2}$$

j'ai tracé $\frac{1}{T^2} = f(R^2)$

je trouve $\frac{1}{T^2} = aR^2 + b$

$a = -46,9$ $s^{-2}\Omega^{-2}$ (avec la valeur de la bobine mesurée au LCmètre $a_{attendu} = 49$)

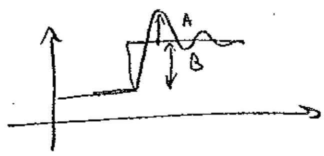
$b = 24,2 \cdot 10^6$ s^{-2}

$\Rightarrow$ $T_0 = \frac{1}{\sqrt{b}} = 203\ \mu s$ ($T_{0\,attendu} = 201\ \mu s$) incertitude sur b
—— sur L et C
→ ça rentre

$L = 11,35\ mH \pm 1\%$
$C = 90,5\ nF \pm 1\%$

× mesure du dépassement (Duffait élec p. 338)

$$D_1 = e^{-\pi \frac{m}{\sqrt{1-m^2}}}$$



$D_1 = \frac{A}{B}$

et $2m = \frac{1}{Q}$ ⚠ info pas donnée dans le Duffait. on a la fct° de transfert p. 331 et ON SAIT que $\frac{\omega_0^2}{p^2 + 2m\omega_0 p + \omega_0^2} = \frac{\omega_0^2}{p^2 + \frac{\omega_0}{Q}p + \omega_0^2}$

en fait si, c'est écrit p. 138 ...

on trace $\frac{1}{(\ln D)^2} = a \frac{1}{R^2} + b$

$\frac{1}{(\ln D_1)^2} = \frac{1}{\pi^2}\left(\frac{1}{m^2} - 1\right)$

$= \frac{1}{\pi^2}\left(4Q^2 - 1\right)$

$= \frac{1}{\pi^2}\left(\frac{4L^2\omega_0^2}{R^2} - 1\right)$

$\frac{1}{\pi^2} = 0,101$

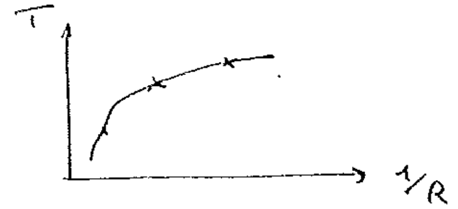
on trouve $a = 48,3.10^3\ \Omega^2$

$b = -104 \pm 86.10^{-3}$

→ c'est bien une droite.

× temps T pendant lequel le régime transitoire existe

J'ai tracé



Ici pas de loi non plus, ce serait plutôt le τ $e^{-t/\tau}$ qui est relié à Q mais pas assez de périodes ds le régime pseudopériodique pr fitter les max avec $e^{-t/\tau}$.

CCl : + Q grand, + le régime transitoire comporte d'oscillations.

On a ici vu, au travers du circuit RLC de nbreux aspects des régimes transitoires - leur durée : + Q gd, + long si $Q > \frac{1}{2}$ et le contraire si $Q < \frac{1}{2}$ (intérêt du régime critique)

- le dépassement : ds des systèmes réels, ce dépassement peut être exploité mais il peut être aussi très gênant. Ex du chirurgien que ne veut pas que le bras articulé dépasse trop de la position consigne

- la pseudopériode qui nous a permis de tirer une info : la période propre du système. Justement, on vient de voir que le régime transitoire dépendait des paramètres du système. On va maintenant voir que le régime transitoire est encore + fort : c'est un puissant outil d'investigation du système !

II Le régime transitoire : un puissant outil d'investigation

1) Le RLC : réponse indicielle

explication : Duffait p.139

La réponse $s(t)$ est reliée à l'excitation $e(t)$ par $s(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t-t')e(t')dt' = h * e$ (1)

Si $e(t) = \delta(t)$ $\quad s(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t-t')\,\delta(t')dt' = h(t)$

$\rightarrow h(t)$ = réponse impulsionnelle.

F (1) : $\quad S(j\omega) = H(j\omega)\,E(j\omega) \qquad (\ TF(f * g) = TF(f) \times TF(g)\ )$

$$\rightarrow \frac{S}{E} = H(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t')\,e^{-j\omega t'}dt'$$

→ la fct° de transfert est la TF de la réponse impulsionnelle.

Seulement voilà, pas évident de générer des impulsions. Mais ce n'est pas grave !
car si on envoit $e(t) = 0 \quad t<0$
$e(t) = 1 \quad t \geq 0$ (i.e un créneau) alors

$$s(t) = \int_0^t h(t')\,dt'$$

→ la réponse indicielle = intégrale de la réponse impulsionnelle

d'où : je dérive la réponse indicielle
ds feuille de calcul : Dérivée = DERIV (EA0, T)

- je fais sa TF : pr cela : je l'affiche sur la fenêtre 2,
puis : TRAITEMENT : Analyse de Fourier, ok.

- là je retourne ds feuille de calcul et je mets
gdb = 20 * log (S_Module)

Puis je représente gdb = f (F) ← fréquence et enfin je clique sur F
pour le mettre en échelle logarithmique et là :

J'ai la diag de Bode en gain du système que
j'étudie.

On voit ici à quel point le régime transitoire est Puissant.
Il me permet de savoir l'ordre du système, son Q, sa fréquence
propre, c'est un véritable outil d'investigation.

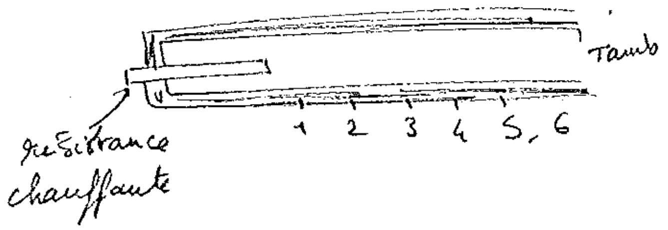
Avec le véhicule, on va voir $\omega_0 =$ $\pm$

et on le compare au T_0 trouvé au départ.

On va maintenant voir régime transitoire d'un tout autre système :

2) Conduction thermique Notice

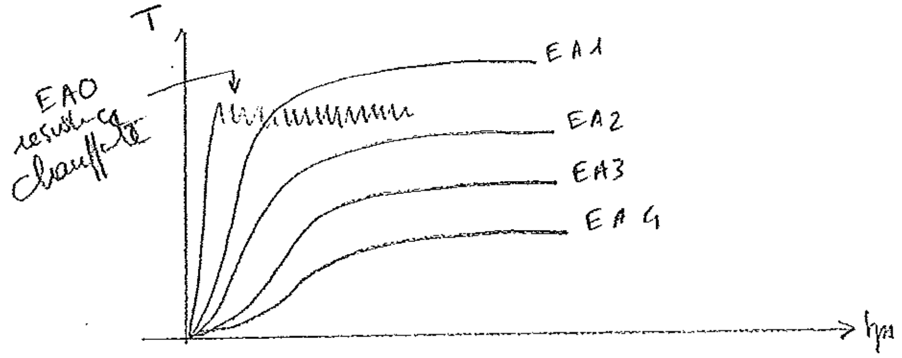
On effectue un choc thermique à une extrémité d'une barre en cuivre calorifugée sur sa surface latérale et en contact avec l'atmosphère à son autre extrémité.



On voit voir ici grâce au régime transitoire, qu'on peut remonter au coeff de diffusion D du cuivre.

précision notice : $10\,mV.°C^{-1}$
$\pm 0,5°C$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$



1h30 d'aquisit°
2048 pts

Je lisse les courbes (Traitement, lissage, méthode de Bezier, fort)

Je les dérive :

EA1dérivee = DERIV (EA1.lisse, T)

Je lisse les dérivées

Toujours du bruit sur les dérivées, pas super exploitable

alors je me place en leur max (⊖ d'incertitude) et je calcule

en ce point $D = \dfrac{\left.\dfrac{\partial T_n}{\partial t}\right)_{t = t_{max}}}{\dfrac{T_{n+1} - 2T_n + T_{n-1}}{\Delta x^2}}$ n = numéro du capteur.

Δx^2 ← distance entre les capteurs (10 cm)

Je trouve alors : ~~pour~~ EA2 $D \simeq 0{,}94$ cm^2.s^{-1}

pour EA3 $D \simeq 0{,}97$ cm^2.s^{-1} Dtab = 1,1 cm^2.s^{-1}

pour EA4 $D \simeq 1{,}2$ cm^2.s^{-1}

pour EA5 $D \simeq 0{,}79$ ← ms là, dérivée super pas précise.

Rq : écart entre courbe EA1 et EA2 > EA2 et EA3 > EA3 et EA4 < EA4 et EA5 !!!

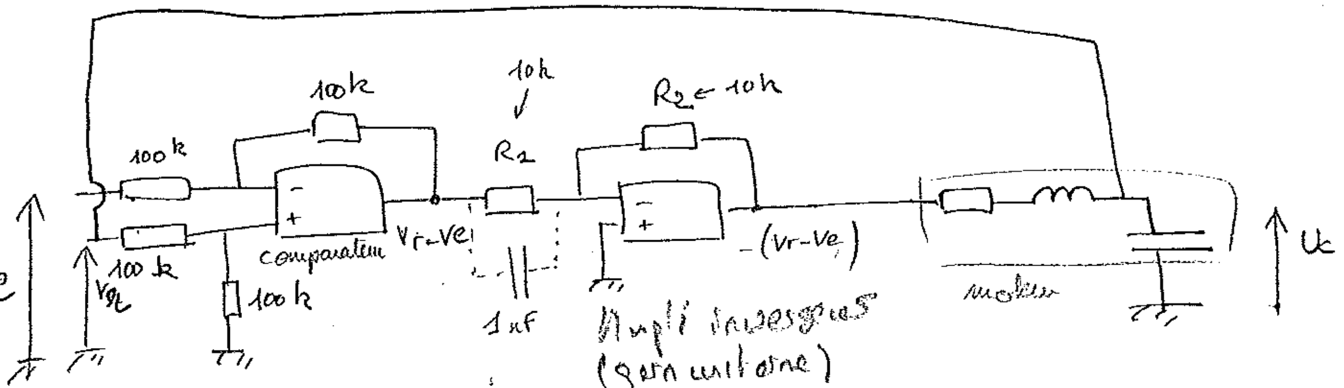
→ peut être capteur 4 pas au bon endroit, bizarre de trouver valeur si élevée sinon. Mauvais étalonnage des thermomètres.

Sinon pour l'écart à la valeur tabulée, j'invoque le bruit, et le calorifugeage pas si parfait.

Un des grands aspects du régime transitoire c'est que c'est le système qui impose sa forme, cmt le corriger sans agir sur le système en lui même. Comment améliorer sa réponse à une consigne : modifier la mesure dont on lui donne l'ordre ! exemple du four.

III Exemple de correction du régime transitoire

On reprend le RLC de tout à l'heure et on dit que c'est un modèle d'un moteur.

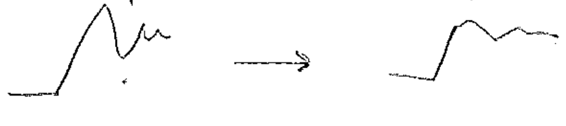


Duffait élec p. 333 ↗ ⚠ j'ai simplifié l'expérience, normalement il y a un ampli de puissance puis le moteur asservi en posit°.

Sur l'oscillo

Duffait p. 341.

on voudrait diminuer le dépassement. On rajoute la capa en pointillé et on voit



→ moins d'oscillat°
moins longtps (on a ↓ Q)
et dépassement ↓ !

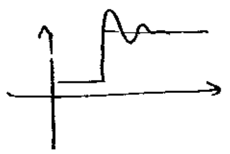
($D < 1$ $\ln D < 0$ $\ln D$ ↓ ms $(\ln D)^2$ ↗ : cohérent avec le I 2))

Petit commentaire sur la valeur de la capacité :
Dans la nouvelle fonction de transfert apparaissent un $jR_2C\omega$ au numérateur et au dénominateur.

(J'ai trouvé après calcul, mais j'ai pu faire une erreur de calcul :

$$\left(1 + \frac{R + jL\omega}{100k} + \frac{R_2}{R_1} + jR_2C\omega\right) U_c = \left(\frac{R_2}{R_1} + jR_2C\omega + \frac{1}{2}\right) v_e$$)

→ tps $R_2C = 10^4 \times 10^{-9} = 10\,\mu s$



ODG du tps des oscillat°

On a fait un espèce de dérivateur = passe haut
↗C revient à ↓ sa fréquence de coupure
ce qui n'est pas forcément logique avec le fait que le signal est lissé. C'est en fait grâce à son act° sur v_e que ça marche.

(ok c'est fumeux mais je n'ai rien trouvé de mieux et puis c'est M. ZAYGEL qui me l'a dit)