

TD régime transitoire

REGIMES TRANSITOIRES

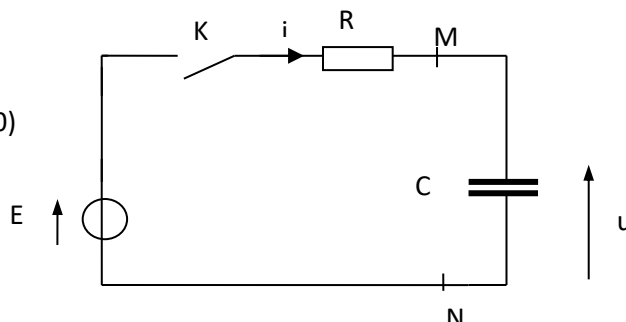
Exercice n°1 : Circuit R.C. alimenté par un générateur de tension constante *

Conditions initiales :

A $t=0$, on ferme K Tension initiale : $u = U_0 (\neq 0)$

Déterminer les expressions complètes

- 1) De la tension $u(t)$
- 2) Du courant $i(t)$
- 3) Tracer les courbes de variation de $u(t)$ et $i(t)$ dans les 3 cas suivants de tension initiale U_0 .
 - 3 -1) à $t = 0$ $U_0 > E$
 - 3 -2) à $t = 0$ $U_0 = E$
 - 3 -3) à $t = 0$ $U_0 < E$



Exercice n°2 : Rupture du courant dans un circuit inductif **

De nombreux composants électriques sont des composants inductifs (ex moteurs, contacteurs ...). Nous allons voir ici pour quelle raison la courant brusque du circuit avec ce type de charge est dangereux pour le matériel.

A) Phase 1 :

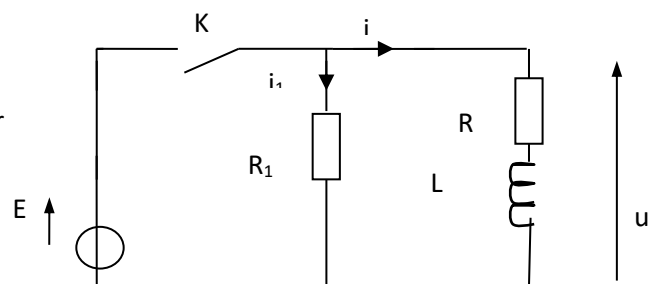
A $t=0$, on ouvre K. (K initialement fermé)

Courant initial : $i = E/R$

- 1 – Déterminer les expressions de $i(t)$, $i_1(t)$, et $u(t)$.
- 2 – Tracer les courbes de variation de $i(t)$, $i_1(t)$, et $u(t)$. (on prendra $R=40\Omega$, $R_1=400\Omega$, $L=1\text{mH}$ et $E=12\text{ V}$)
- 3 – Quel est le rôle de R_1 ? Comment évolue la surtension aux bornes de R_1 , ainsi que la puissance dissipée dans R_1 ?
- 4 - On remplace l'interrupteur K par un transistor ; quelle est l'incidence de cette surtension sur le fonctionnement général ?
- 5 – Que se passe-t-il si on remplace R_1 par une diode ?

B) Phase 2 : On est resté longtemps en phase1 puis à $t'=0$, nouvel origine des temps, on ferme K

- 6 - Donner les conditions initiales de cette phase pour $i(t')$, $i_1(t')$, et $u(t')$.
- 7 – Déterminer les expressions de $i(t)$, $i_1(t)$, et $u(t)$.
- 8 - Tracer les courbes de variation de $i(t)$, $i_1(t)$, et $u(t)$.



Ex n° 3 : Mesure du temps d'exposition d'une photographie à l'aide d'une LDR *

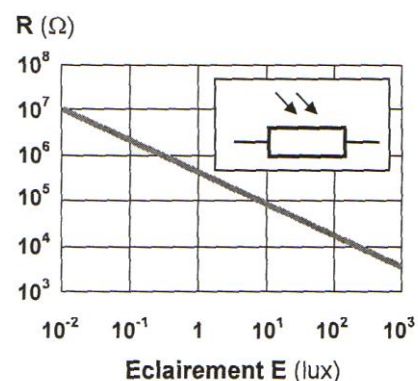
La cellule photoconductrice ou photorésistance LDR est un composant optique sensible à la lumière. La valeur de sa résistance R varie en fonction de l'éclairement E (en lux) reçu :

$$R = k \cdot E^{-\gamma} \quad \text{Les termes } k \text{ et } \gamma \text{ sont des constantes.}$$

Pour la photorésistance étudiée (cf. courbe), on a :

$$R_{(k\Omega)} = 426 \cdot E^{-0,676}$$

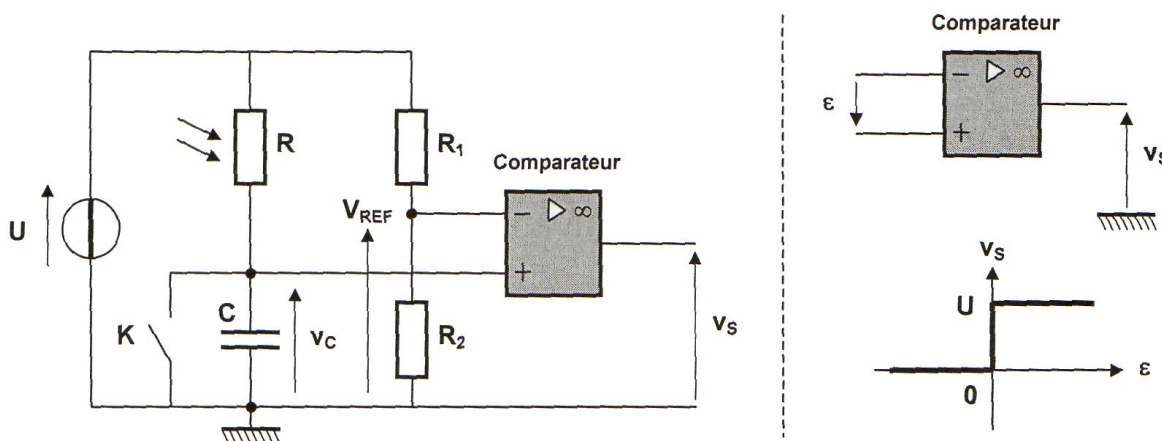
- 1) Calculer les valeurs de R pour des éclairements de 300 et 1000 lux.



Cette photorésistance est insérée dans le montage électronique page suivante, utilisé dans certains appareils photographiques pour déterminer le temps d'exposition d'une photographie.

On donne $U = 5 \text{ V}$, $C = 2 \text{ mF}$, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$.

Les courants d'entrée du comparateur sont nuls. Sa caractéristique de transfert est définie ci-dessous. (si $V_+ > V_-$ alors $V_s = U$, si $V_+ < V_-$ alors $V_s = 0$)



- 2) A l'instant $t = 0$, on ouvre l'interrupteur K . Quelle est la valeur de $v_c(0)$?
- 3) Établir l'équation différentielle satisfaite par $v_c(t)$ pour $t > 0$. En déduire l'expression de $v_c(t)$ en fonction de U , R , C et t .
- 4) Tracer l'allure de $v_c(t)$ pour des éclairements de 300 et 1000 lux. (donner une échelle en abscisse et en ordonnées)
- 5) Calculer la tension V_{REF} . Tracer, sous la courbe de $v_c(t)$, l'allure de $v_s(t)$ pour 300 et 1000 lux.

On définit le temps d'exposition t_{exp} comme la durée s'écoulant entre le moment où l'on ferme K et le moment où v_s passe au niveau haut.

- 6) Exprimer t_{exp} en fonction de U , V_{REF} , R et C . AN pour $E = 300$ et $E = 1000$ lux.

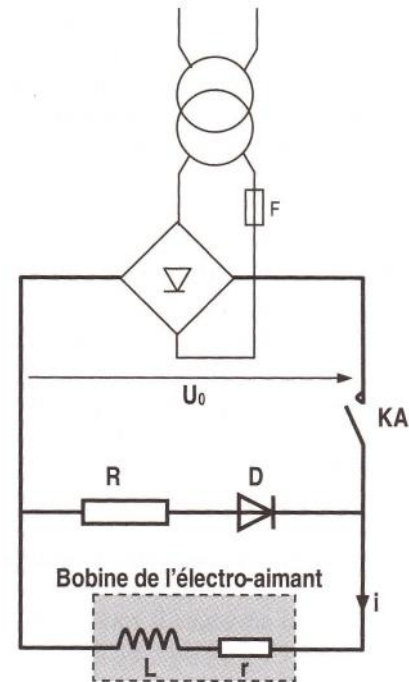
Exercice n° 4 : Dispositif embrayage-frein *

On étudie un motoréducteur muni d'un dispositif d'embrayage-frein.

La partie électrique de l'embrayage-frein (schéma ci-contre) comprend un électro-aimant commandant l'embrayage et un circuit de décharge monté en parallèle sur la bobine de l'électro-aimant.

La bobine de l'électro-aimant possède une inductance $L = 1 \text{ H}$ et une résistance interne $r = 10 \ \Omega$. Le circuit de décharge est constitué d'une diode D et d'une résistance $R = 50 \ \Omega$. L'embrayage est alimenté en énergie par l'intermédiaire d'un transformateur et d'un pont de Graëtz à travers un contacteur KA. La tension

moyenne délivrée par le pont redresseur vaut $U_0 = \frac{24\sqrt{2}}{\pi}$ volts.

**1. Étude de l'embrayage**

Pour commander l'embrayage, on ferme le contacteur KA à l'instant $t = 0$.

Le système embraye, après fermeture de KA, quand l'intensité du courant i traversant l'électro-aimant atteint 95 % de sa valeur nominale, qui sera notée I_0 . On peut montrer que dans cette phase, la diode de roue libre D est bloquée et donc équivalente à un interrupteur ouvert.

- Refaire le schéma électrique simplifié du circuit correspondant.
- Donner l'expression de l'intensité I_0 du courant circulant dans la bobine de l'électro-aimant en régime permanent. Calculer sa valeur numérique.
- Donner l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$.
- Représenter l'allure des variations de i en fonction du temps. En déduire la durée d'embrayage du système notée t_E .

2. Étude du débrayage (frein)

Le système débraye, après ouverture du contacteur KA, quand l'intensité du courant i atteint 15 % de sa valeur nominale I_0 . L'instant d'ouverture de contacteur KA sera pris comme nouvelle origine des temps ($t = 0$).

- La diode de roue libre D devient passante et sera assimilée à un fil conducteur (on néglige la tension de seuil de la diode). Représenter le schéma équivalent du circuit.
- Donner l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$.
- Exprimer puis calculer la valeur numérique de la constante de temps τ du système.
- Quelle est la valeur initiale du courant, juste avant l'ouverture de KA ? Vers quelle valeur finale tend-il ensuite ?
- Représenter l'allure des variations de i en fonction du temps. On placera précisément sur ce graphique les valeurs que prend le courant pour $t = 0$, pour $t = \tau$ et $t = 3\tau$.
- Déterminer le temps t_1 nécessaire pour que l'intensité du courant atteigne 15 % de sa valeur nominale I_0 .
- Quelle serait la valeur de t_1 s'il n'y avait pas la résistance R ? En conclure sur le rôle de cette résistance.

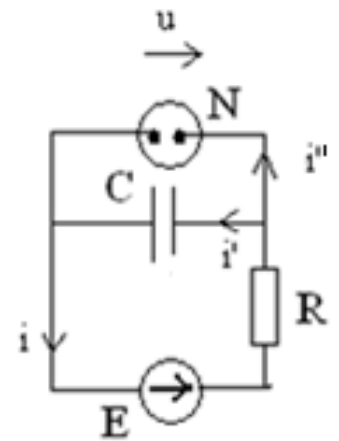
Exercice n° 5 : fonctionnement simplifié d'une ampoule néon **

Une ampoule au néon N ne s'allume que si la tension à ses bornes atteint la valeur V_a dite tension d'allumage. Elle reste alors allumée tant que la tension entre ses bornes reste supérieure à la valeur V_e dite tension d'extinction ($V_e < V_a$).

Lorsque la lampe est éteinte, sa résistance est pratiquement infinie ; elle prend la valeur r lorsque celle-ci est allumée.

On réalise le circuit électrique schématisé ci-contre.

$V_a = 90 \text{ V}$, $V_e = 75 \text{ V}$, $r = 5 \cdot 10^3 \Omega$, $C = 1 \mu\text{F}$, $R = 2 \cdot 10^4 \Omega$, $E = 125 \text{ V}$



1) A l'instant initial $u(0) = 0$.

- Donner alors le schéma équivalent du montage à $t = 0^+$.
- Donner l'expression de $u(t)$ aux bornes de N dans cette configuration.
- En déduire à quel instant t_1 , l'ampoule s'allume.

- Donner le schéma équivalent du montage lorsque la lampe est allumée.
 - Puis donner l'expression de $u(t)$ dans ce cas.

Rq : Pour les 2 questions précédentes, on posera : $\tau = RC$ et $\frac{r}{r+R} = \alpha$

c) Calculer l'instant t_2 où l'ampoule s'éteint.

- Tracer le graphe de la tension $u(t)$
 - calculer la période T des oscillations.
 - Pourquoi la lumière du néon nous apparaît-elle continue et non pulsée comme l'est la tension ?

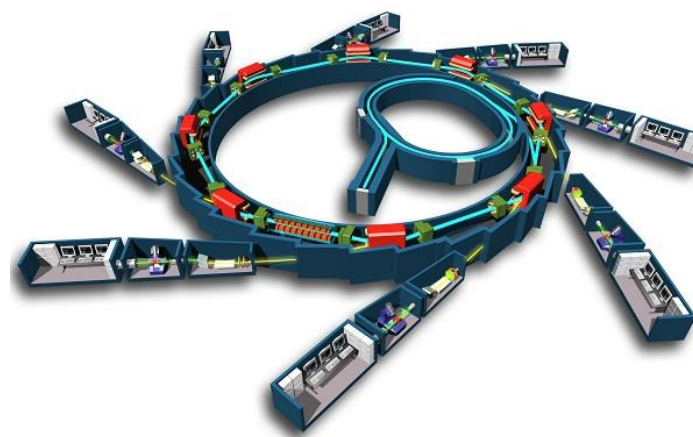
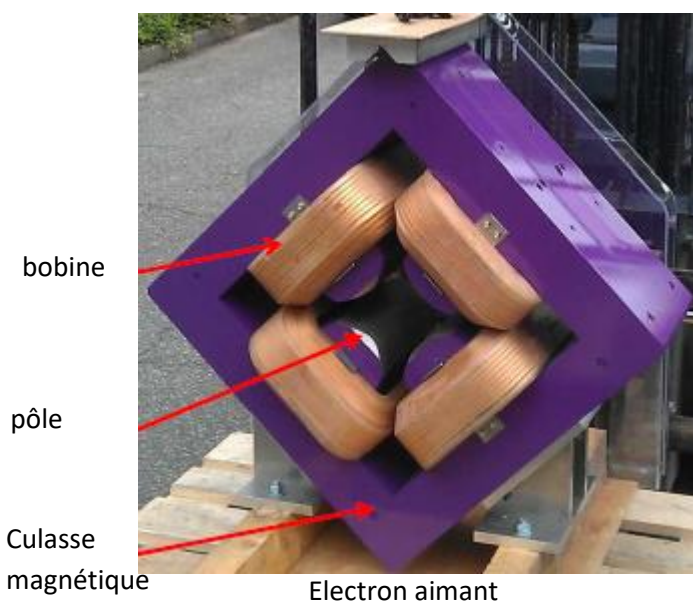
Exercice n°6 : accélérateur de particule ***

Systèmes de pointe, les accélérateurs sont employés dans plusieurs domaines :

l'archéologie (datation), la sécurité alimentaire, l'électronique (gravure de circuits), la médecine (radiothérapie, imagerie) et la recherche en Physique.

L'utilisation la plus connue se trouve au CERN, il s'agit du synchrotron soleil.

Afin de canaliser le flux de particules, on utilise des électro aimants qui maintiennent les particules "au centre du parcours".



Synchrotron soleil

Vous allez étudier ici le principe simplifié d'alimentation des 110 électroaimants du synchrotron.

Afin de pouvoir moduler le courant et donc le champ magnétique créé par l'électro aimant, l'alimentation se fait par un montage hacheur.

Un hacheur est un convertisseur d'énergie réalisé à l'aide d'éléments du domaine de l'électronique de puissance. Sa fonction est de délivrer une tension de valeur moyenne variable.

L'ensemble des électro aimant peut être modélisé par une inductance en série avec une résistance (Figure 1) avec $R=0,32 \text{ Ohm}$ et $L=0,8 \text{ H}$.

La tension E d'entrée du hacheur est de 9kV . Le hacheur fonctionne à une fréquence de découpage de 500 Hz . ($T=2\text{ms}$)

Le hacheur est modélisé à la Figure 2. Les commutateurs T1 et T2 fonctionnent conformément aux chronogrammes de la Figure 3. Chaque transistor T_i est fermé lorsque sa commande C_i est à 1.

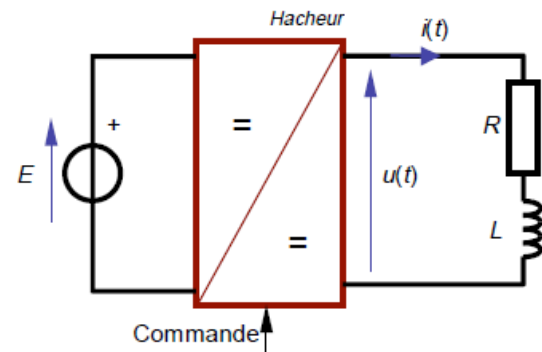


Figure 1

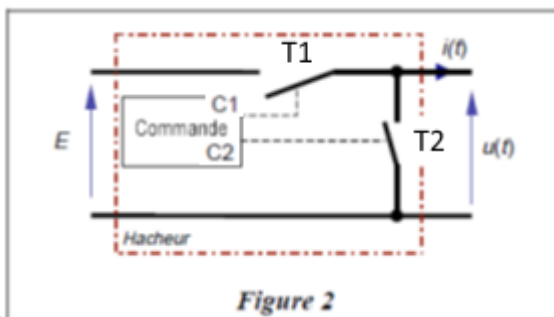


Figure 2

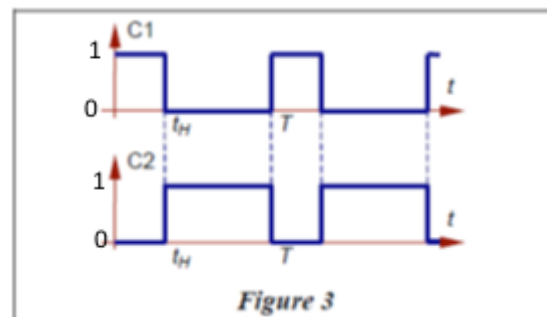
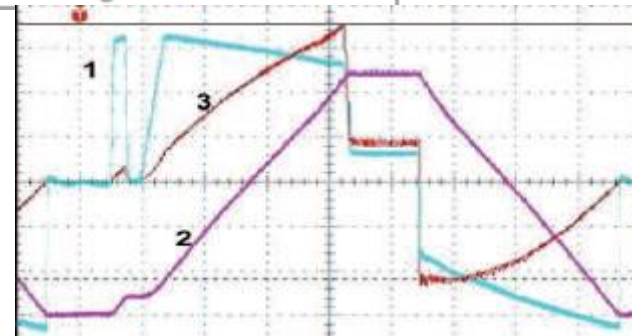


Figure 3

L'alimentation des électro aimants doit se faire de manière à respecter un cycle de courant spécifique (courbe 2 des chronogrammes ci-contre)

Vous allez étudier le fonctionnement du montage lorsque le courant moyen est stabilisé à une valeur de 5500 A (phase stable de la courbe 2).



A) Tension moyenne

1. Etablir le graphe de $u(t)$ en correspondance avec $C1$ et $C2$. Puis, déterminer l'expression de la tension moyenne aux bornes de la charge notée $\langle u \rangle$:

$$\langle u \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot dt = \frac{1}{T} \times \text{aire sous courbe de } u(t) \text{ sur une période}$$
 On introduira (dans tout cet exercice) la notion de rapport cyclique $\alpha = \frac{t_H}{T}$ ou $t_H = \alpha \cdot T$
2. Lors du régime stabilisé, l'électro aimant se comporte comme s'il était en régime permanent, mais alimenté par un générateur de tension constante égale à la valeur moyenne de la tension de sortie du hacheur $\langle u \rangle$. Calculer la valeur du rapport cyclique permettant d'avoir un courant moyen de 5500 A .

B) Etude de l'intervalle $[0; t_H]$

3. Lorsque le transistor T1 est fermé, établir l'équation différentielle permettant trouver l'évolution de $i(t)$.

4. La résoudre afin de trouver l'expression de $i(t)$. A $t=0$, le courant vaut $I_{\min} (\neq 0)$.
5. A $t=t_H$, le courant atteint la valeur I_{\max} . Donner l'expression de I_{\max} .

C) Etude de l'intervalle $[t_H; T]$

6. Lorsque le transistor T2 est fermé, établir l'équation différentielle permettant trouver l'évolution de $i(t)$.
7. Que vaut le courant au début de cette phase ? Résoudre l'équation différentielle.
8. A $t=T$, le courant retrouve sa valeur initiale, donner la relation entre I_{\max} et I_{\min} ainsi obtenue.

D) Conclusion de l'étude

9. Tracer l'allure du courant $i(t)$ sur deux périodes de fonctionnement au moins.
10. En exploitant les relations établies en Q7 et Q4, montrer que :

$$I_{\max} = \frac{E}{R} \frac{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}}{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}} \text{ et } I_{\min} = I_{\max} e^{-\frac{(1-\alpha)T}{\tau}}$$

11. Calculer les valeurs numériques de I_{\max} et I_{\min} pour $\alpha=0,2$. En déduire l'ondulation de courant $\Delta I = I_{\max} - I_{\min}$ dans ce cas ($\alpha=0,2$).
L'électroaimant nécessite un courant bien lissé. Cela est-il le cas ? Aurait pu t-on s'en douter sans faire le calcul de ΔI ?
12. Pour un bon fonctionnement de l'ensemble, il faut avoir une tension stabilisée. Or on a ici une tension hachée. Quel composant rajouter et où, de manière à avoir une tension stabilisée sur l'électro-aimant ?

Dans le système réel, on n'a pas un seul circuit hacheur mais 6 structure hacheur en série comme sur le schéma ci contre.

Et pour pouvoir débiter l'énorme courant demandé (5500 A), chaque structure hacheur est en fait constitué de plusieurs hacheurs en parallèle.

13. Quel est l'intérêt de placer 6 structures hacheur en série plutôt qu'un seul ?

