Signaux et phénomènes de transports – Chapitre 4 : Régimes transitoires du premier ordre

Exercices d'application

1 Relation entre i et u pour un condensateur

Donner la relation entre q et u puis entre i et u dans les situations suivantes.

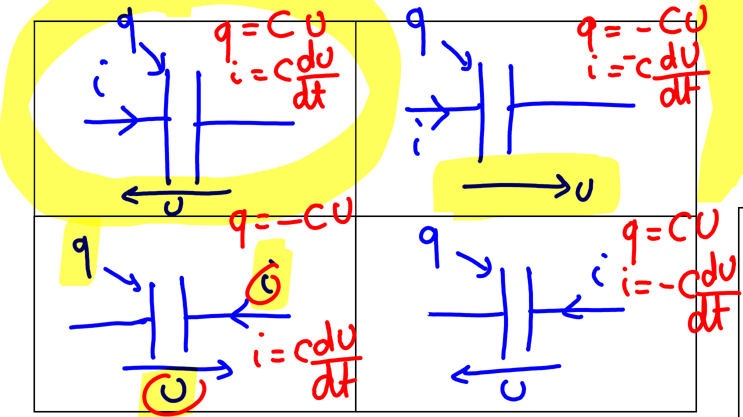

Figure 1

2 Conditions initiales et valeurs en régime stationnaire

On analyse le fonctionnement du circuit de la figure 1. À l'instant $t = 0$ on ferme l'interrupteur K, le condensateur étant déchargé.

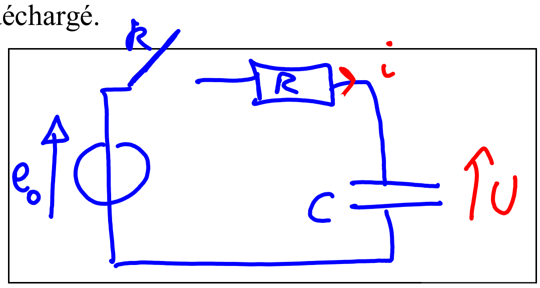

Figure 2 : Circuit étudié

1. Déterminer la valeur de $u(t = 0^+)$ et $i(t = 0^+)$.

Au bout d'un certain temps après avoir fermé l'interrupteur, le régime stationnaire est atteint.

2. En dessinant le circuit équivalent en régime stationnaire, déterminer la valeur limite de u et de i.

3 Types de régimes

Dans les exemples suivants, distinguer les différentes phases du signal.

1. Haut-parleur

Un haut-parleur, posé horizontalement, est relié à un oscilloscope. On laisse tomber une bille sur la membrane du haut-parleur et on enregistre la tension que provoque la percussion au niveau de la membrane.

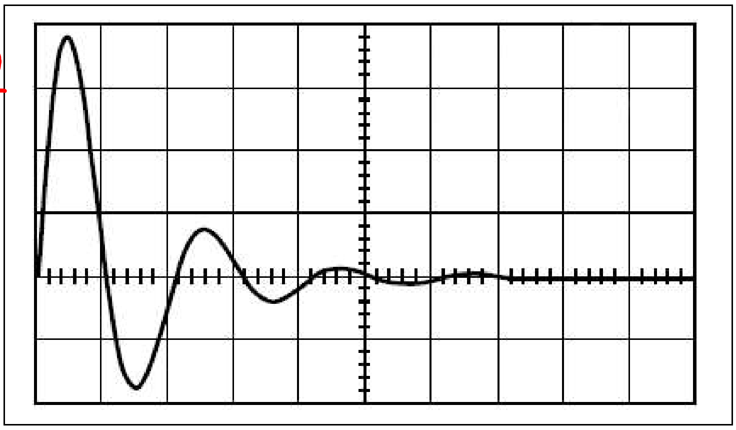

Figure 3 : Oscillogramme

2. Masse oscillante

Une masse initialement à l'équilibre est mise en mouvement d'oscillation grâce à un système motorisé. Sa position est mesurée grâce à un système d'acquisition.

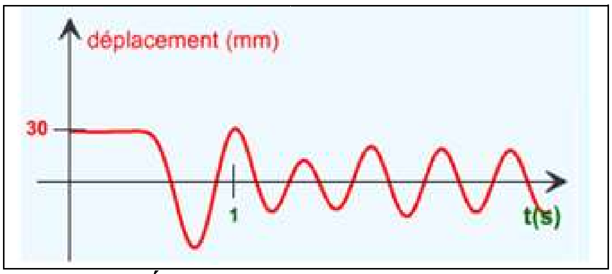

Figure 4 : Évolution de la position de la masse en fonction du temps

4 Analyse d'un oscillogramme

On analyse le fonctionnement du circuit de la figure 5. A un instant donné, on ferme l'interrupteur K, le condensateur étant déchargé.

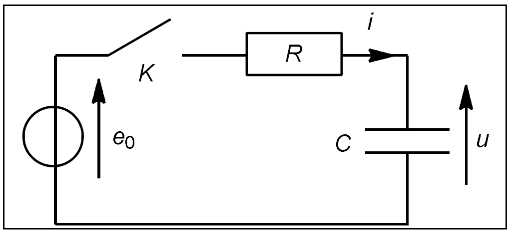

Figure 5 : Circuit étudié

On enregistre l'évolution de $u(t)$ sur un oscilloscope en mode balayage (figure 5). La base de temps est de 1ms/division et la sensibilité verticale est de 5V/division.

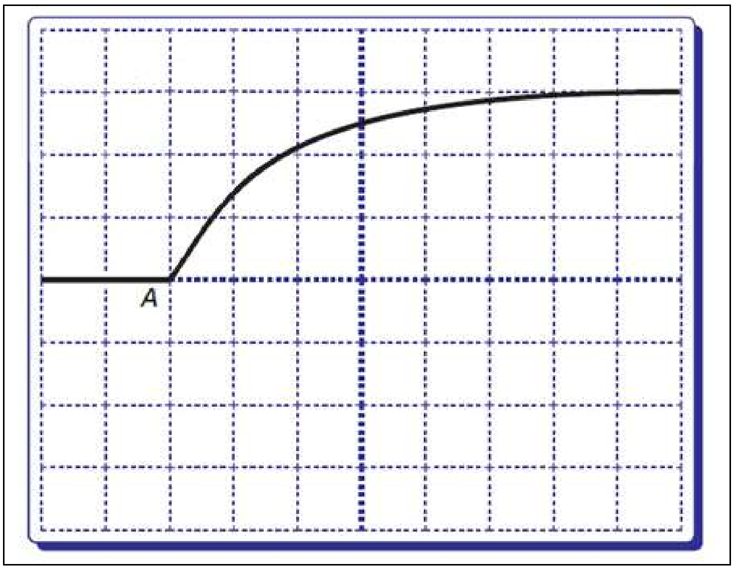

Figure 5 : Oscillogramme enregistré

1. Donner une estimation de la valeur numérique de e_0.
2. Par deux méthodes différentes, estimer la valeur numérique de RC, temps caractéristique du régime transitoire.

Exercices d'entraînement

5 Flash d'appareil photographique

Un flash d'appareil photo est modélisé par le circuit de la figure 6.

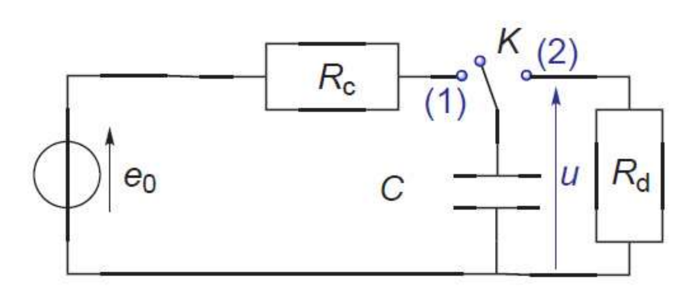

Figure 5 : Modélisation du flash

Lors de l'étape de charge, l'interrupteur K est en position (1) : le condensateur de capacité $C = 20$ mF est alimenté par une pile de fem $e_0 = 12$ V et de résistance interne $R_c = 50\,\Omega$. Lors de la décharge (flash), l'interrupteur bascule en position (2) et alimente la lampe, assimilée à un conducteur ohmique de résistance $R_d = 0{,}50\,\Omega$.

1. Estimations

Les réponses sont attendues sans longues démonstrations, mais avec les connaissances acquises sur le circuit RC série.

1.1. Donner une estimation du temps de charge du flash

1.2. Quelle est la ddp u aux bornes du condensateur chargé juste avant que l'interrupteur ne bascule de la position (1) à la position (2).

1.3. Donner une estimation de la durée de l'éclair lumineux.

2. Flash : évolution du condensateur

Le photographe commence à charger le flash à l'instant $t = 0$ puis prend la photo $t' = 10$ s plus tard. Donner l'évolution de $u(t)$ tout au long du processus. Tracer la courbe $u(t)$.

3. Intensité

Donner l'expression de l'intensité circulant dans le condensateur et tracer son évolution temporelle.

6 Circuit à deux positions

On étudie le circuit suivant.

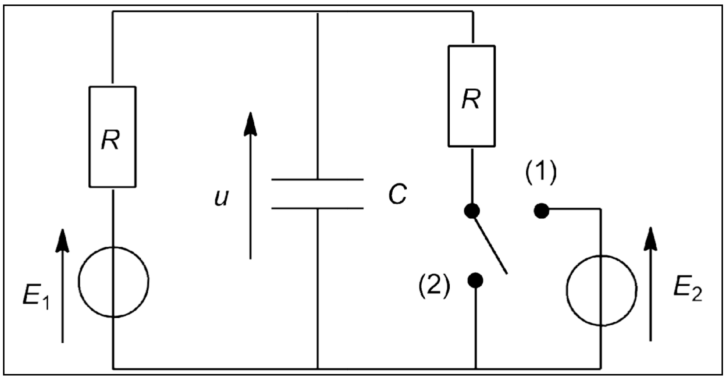

Figure 6 : Circuit d'étude

Pour $t < 0$ l'interrupteur est en position (1), on attend que le régime stationnaire soit établi avant de basculer l'interrupteur en position (2) à $t = 0$.

1. Déterminer la tension u juste avant de basculer l'interrupteur en position (2).
2. A l'aide d'un système d'équations, déterminer l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$ pour $t > 0$. Donner l'expression de la constante de temps
3. Résoudre l'équation différentielle pour déterminer l'expression de u en fonction du temps.
4. Représenter l'allure de u en fonction du temps. On prendra les valeurs numériques suivantes :
   $E_1 = 5{,}0$ V , $E_2 = 10{,}0$ V, $R = 1{,}0$ kΩ, $C = 10$ nF

7 Modélisation de l'oscilloscope

On souhaite étudier la charge d'un condensateur à l'oscilloscope. Voici le circuit d'étude :

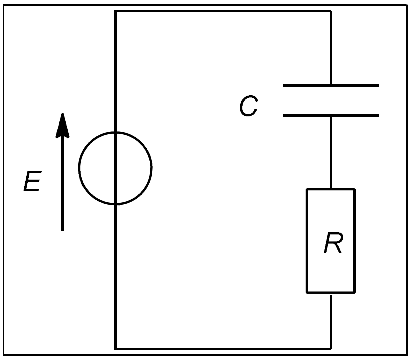

Figure 7 : circuit étudié

1. Représentez le circuit tel que vous allez le construire et les branchements de l'oscilloscope permettant de visualiser en voie 1 la tension aux bornes du condensateur.
2. Donner l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur de ce circuit. Donner l'expression de la constante de temps de ce circuit.

Le fonctionnement interne de l'oscilloscope peut se modéliser de la façon suivante. Il possède une résistance interne notée R_i et une capacité interne notée C_i qui peuvent donc entraîner des perturbations dans le circuit d'étude

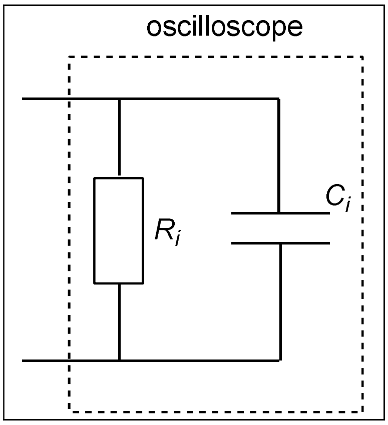

Figure 8 : modélisation de l'oscilloscope

3. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur de ce circuit en tenant compte des perturbations apportées par l'oscilloscope. Il faudra construire un système d'équations en introduisant les intensités de chaque branche du circuit pour ensuite n'obtenir qu'une équation différentielle de U_C, la tension aux bornes du condensateur étudié. Donner l'expression de la nouvelle constante de temps de ce circuit.
4. Quelles conditions doivent vérifier R_i et C_i pour que la perturbation engendrée par l'oscilloscope soit négligeable ?

8 Le refroidissement d'un steak

Après une dure journée de chasse, un inuit rentre dans son igloo pour se restaurer ; il décide de se faire cuire un steak.

Le steak est assimilé à un pavé de dimension $e = 1\text{ cm}$ (épaisseur), $\ell = 5\text{ cm}$ (largeur) et $L = 8\text{ cm}$ (longueur). En fin de cuisson il atteint une température $T_0 = 100\text{ °C}$. Il est alors sorti de la poêle et posé sur une plaque à découper en bois. On suppose que cette plaque de bois est un bon isolant thermique. La température de l'air à l'intérieur de l'igloo est $T_\text{a} = -20\text{ °C}$. La capacité thermique massique du steak vaut $c = 3{,}5\text{ kJ.K}^{-1}\text{.kg}^{-1}$ et sa masse volumique vaut $\rho = 1090\text{ k.m}^{-3}$.

La convection naturelle entraîne un flux thermique conducto-convectif positif qui suit la loi de Newton :

$$\phi_\text{CV} = hS(T - T_\text{a})$$

avec h, appelé coefficient d'échange, valant $25\text{ W.K}^{-1}\text{.m}^{-2}$

On suppose que la température dans le steak reste uniforme et ne dépend que du temps : $T(t)$

1. Grâce au premier principe de la thermodynamique déterminer l'équation différentielle vérifiée par $T(t)$.
2. Quelle est la constante de temps τ caractéristique du refroidissement de ce système ? Application numérique.
3. Exprimer l'expression de la température en fonction du temps et des données du problème. Tracer le graphe T en fonction de t
4. Au bout de combien le steak est-il à 37 °C ?

9 Chauffage d'une pièce avec pertes thermiques

On considère une pièce d'habitation et on nomme « parois » l'ensemble des murs (avec porte(s) et fenêtre(s)), sol et plafond qui la délimite. La température extérieure T_0 est constante, et on admet que l'ensemble {air intérieur + parois} de capacité thermique C_th constante, est à chaque instant à une température uniforme T.

On note R la résistance thermique des parois qui séparent la pièce de l'extérieur.

La pièce est chauffée par un radiateur de puissance thermique libérée $\mathcal{P}$ mis en route à l'instant $t = 0$, instant auquel la température intérieure T initiale vaut T_0.

1. Établir, en précisant le système considéré, une équation différentielle vérifiée par T.
2. En déduire l'expression de T en fonction du temps en introduisant un temps caractéristique τ. Tracer le graphe T en fonction de t. Calculer τ et la valeur T_M atteinte par T si le radiateur fonctionne pendant un temps très long.

Données : $T_0 = 5\text{ °C}$, $\mathcal{P} = 2\text{ kW}$, $C = 2{,}4.10^5\text{ J.K}^{-1}$ et $R = 1.10^{-2}\text{ K.W}^{-1}$