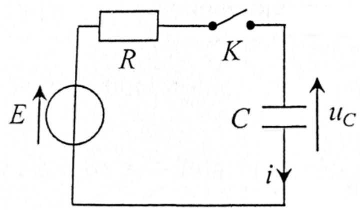
TD Physique 08 **BCPST 1C**

- *Dynamique d'un circuit électrique du 1er ordre : le circuit RC série* -

♣ Exercice 01 : Conditions aux limites

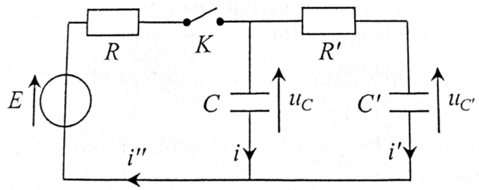
A l'instant t = 0*, on ferme l'interrupteur* K *du circuit ci-contre, le condensateur étant préalablement déchargé.*



1- En utilisant éventuellement les lois dans les circuits électriques, déterminer la valeur de :

a) u_C et i à t = 0^+ (c'est-à-dire juste après la fermeture de K) ;
b) u_C et i en régime stationnaire ;
c) l'énergie maximale emmagasinée dans le condensateur.

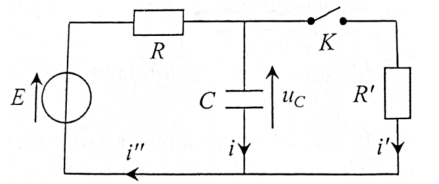
A l'instant t = 0*, on ferme l'interrupteur* K *du circuit ci-contre, les deux condensateurs étant initialement déchargés.*



2- De même qu'à la question **1-**, déterminer la valeur de :

a) u_C, u_C', i, i' et i'' à t = 0^+ ;
b) u_C, u_C', i, i' et i'' en régime stationnaire ;
c) l'énergie maximale emmagasinée dans les condensateurs.

Le circuit ci-contre a été laissé tel quel pendant une longue durée. A l'instant t = 0*, on ferme l'interrupteur* K*, aucune indication n'étant donnée sur le condensateur …*

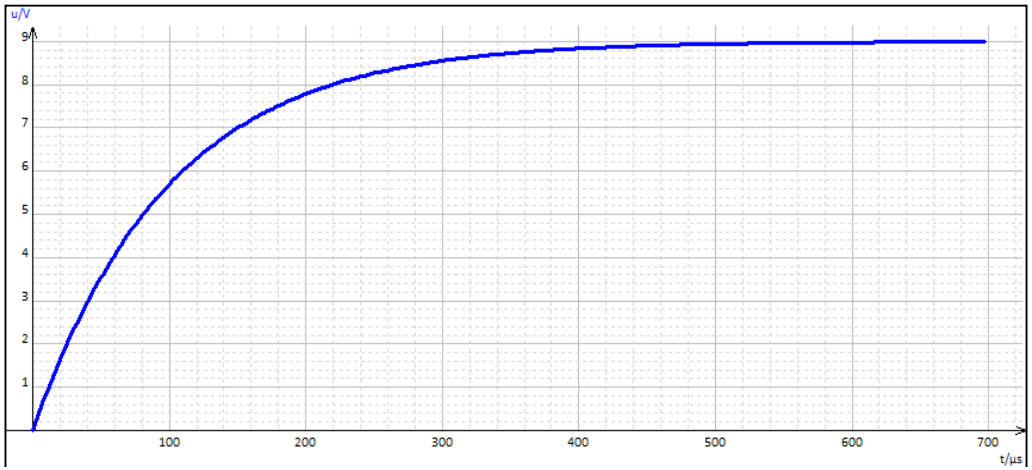


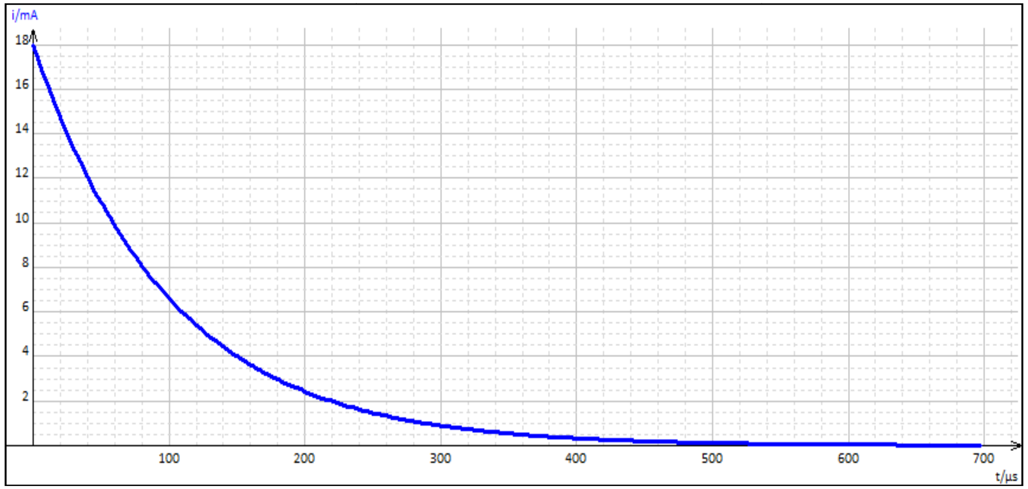
3- Déterminer la valeur de :

a) u_C, i, i' et i'' à t = 0^+ ;
b) u_C, i, i' et i'' en régime stationnaire ;
c) l'énergie maximale emmagasinée dans le condensateur.

♣ Exercice 02 : Relevés expérimentaux

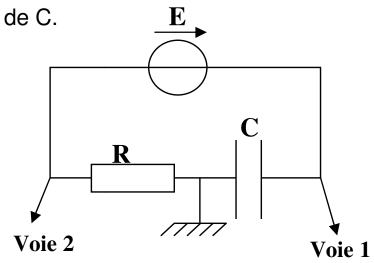
Un condensateur de capacité C *et un conducteur ohmique de résistance* R *sont associés en série avec un générateur de tension idéale* E*. On donne ci-dessous l'évolution temporelle de la tension* u *aux bornes du condensateur lors de sa charge ainsi que celle du courant* i *le traversant.*





1- Par une méthode graphique, déterminer la valeur de R et celle de C.

2- SI le générateur est à « masse flottante » (c'est-à-dire dont la masse n'est pas reliée à la terre), on peut réaliser les branchements ci-contre. Déterminer l'allure des courbes visualisées sur la voie 1 et sur la voie 2.

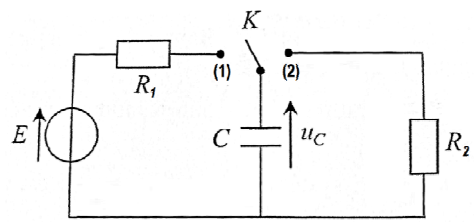


<u>Rappel</u> : *la tension visualisée par une voie d'un oscilloscope est celle représentée par une flèche de tension dont la base part de la masse et dont la pointe de la flèche est celle de la voie considérée.*

♣ Exercice 03 : Etude flash d'un appareil photographique

Un flash d'appareil photo est modélisé par le circuit suivant :

- *L'interrupteur K est placé en position* **(1)** *: le condensateur de capacité* C = 20,0 mF *est alors alimenté par une pile de f.e.m.* E = 12,0 V *et de résistance interne* R_1 = 50,0 Ω*, ce qui permet sa charge ;*
- *L'interrupteur K est ensuite placé en position* **(2)** *: le condensateur est alors relié à une lampe, assimilée à un conducteur ohmique de résistance* R_2 = 50,0 mΩ*. La décharge du condensateur dans la lampe produit le flash lumineux.*



1- <u>Estimations</u>

a) Donner une estimation de la durée Δt_1 de charge du condensateur.

b) Calculer la valeur de l'énergie stockée dans le condensateur à la fin de la charge.

c) Donner une estimation de la durée Δt_2 du flash lumineux. Comparer avec la durée Δt_1.

2- <u>Tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur</u>

On commence à charger le flash à l'instant t_0 = 0 s *puis on prend la photo* 10 secondes *plus tard.*

a) Donner l'expression de $u_C(t)$ sur les intervalles de temps [0 s ; 10 s[puis [10 s ; 12 s].

b) Tracer la courbe $u_C(t)$ sur l'intervalle de temps [0 s ; 12 s] en déterminant les instants pour lesquels $u_C(t)$ = ½ E.

3- Intensité i(t) du courant

a) Donner l'expression de l'intensité électrique i(t) circulant dans le condensateur sur les intervalles de temps [0 s ; 10 s[puis [10 s ; 12 s].

b) Tracer la courbe i(t) sur l'intervalle de temps [0 s ; 12 s]

4- Bilan énergétique

a) Calculer l'énergie E_1 fournie par le générateur, l'énergie E_2 reçue par le condensateur et l'énergie E_3 reçue par le conducteur ohmique sur l'intervalle [0 s ; 10 s[.

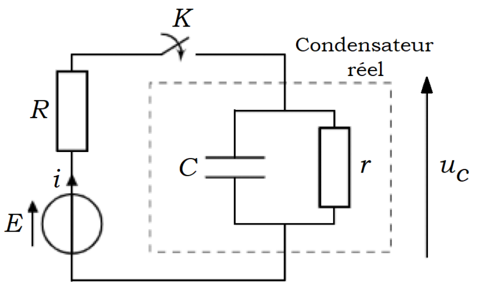
b) Calculer l'énergie E_2' fournie par le condensateur et l'énergie E_3' reçue par le conducteur ohmique sur l'intervalle [10 s ; 12 s[.

♣ Exercice 04 : Etude du condensateur réel

Un condensateur de capacité C = 100 pF *initialement chargé sous une tension* E = 10,0 V *est retiré de son circuit de charge. Au bout d'exactement deux minutes, on constate que la tension à ses bornes ne vaut plus que* 1,0 V *…*

1- Proposer une origine à cette décharge spontanée du condensateur en raisonnant sur la façon dont est constitué un condensateur.

2- Le phénomène précédent peut être modélisé en considérant que le condensateur de capacité C se décharge dans une résistance r (résistance de fuite du condensateur). Déterminer la valeur de r à l'aide des données.



On associe en série un condensateur réel (capacité C *et résistance de fuite* r*) avec un conducteur ohmique de résistance* R *et un générateur idéal de tension de fem* E.

Pour t < 0*, l'interrupteur* K *est ouvert et le condensateur est déchargé. À* t = 0*, on ferme* K.

3- Que vaut la tension u_C (t = 0^+) juste après la fermeture de l'interrupteur ?

4- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par u_C(t) s'écrit :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{R+r}{C \times r \times R} \times u_C - \frac{E}{R \times C} = 0$$

5- Identifier la constante de temps τ du circuit dans cette équation différentielle puis résoudre complètement celle-ci en prenant en compte les conditions initiales.

6- Tracer le graphe de u_C(t) en précisant la valeur u_{lim} atteinte en régime permanent.

7- Vers quelle valeur tend u_{lim} dans le cas où r >> R ?

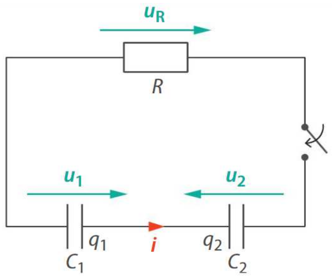
8- Exprimer en fonction de R la valeur minimale que doit avoir la résistance de fuite r du condensateur pour que la valeur de la tension finale à ses bornes soit au moins égale à 99 % de E.

9- Une fois le condensateur chargé, on ouvre l'interrupteur K. Exprimer en fonction de r la valeur de la résistance R qui permettra une décharge 10 fois plus lente que la charge.

♣ Exercice 05 : Décharge d'un condensateur dans un autre condensateur

On considère deux condensateurs associés en série avec un conducteur ohmique de résistance R = 470 Ω *et un interrupteur ouvert. Le condensateur de capacité* C_1 = 200 µF *est initialement chargé de sorte que la charge portée par son armature positive vaut* q_0 = 5,0 mC. *Le condensateur de capacité* C_2 = 300 µF *est initialement déchargé. A un instant pris comme origine des temps, on ferme l'interrupteur.*

Dans la suite, on notera q_1(t) *et* q_2(t) *la charge à l'armature positive de chaque condensateur.*



1- Par conservation de la charge électrique, quelle relation existe-t-il entre q_0, q_1 et q_2 ?

2- Donner l'expression de i en fonction de q_1 puis en fonction de q_2.

3- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par q_2(t) s'écrit :

$$\frac{dq_2}{dt} + \frac{q_2}{\tau_A} = \frac{q_0}{\tau_B}$$

(on exprimera τ_A et τ_B en fonction des données)

4- Résoudre cette équation différentielle pour déterminer l'expression de q_2(t) puis celle de q_1(t).

5- Tracer l'allure des graphiques q_1(t) et q_2(t) en précisant les valeurs q_{1F} et q_{2F} atteintes en régime permanent.

6- Que vaut l'énergie emmagasinée par l'ensemble des deux condensateurs :

a) Avant la fermeture de l'interrupteur (on notera cette énergie E_0) ?

b) Après sa fermeture, au bout d'un temps très long (on notera cette énergie E_∞) ?

7- Sous quelle forme l'énergie s'est-elle dissipée ? Déterminer cette valeur à l'aide de E_0 et de E_∞ puis à l'aide d'un calcul direct.

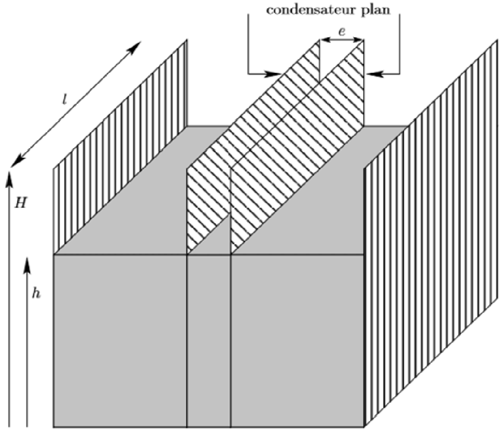
♣ Exercice 06 : Principe d'un capteur capacitif de niveau

Pour mesurer le niveau de liquide dans une cuve, on insère une sonde capacitive dans celle-ci : partiellement immergée, les deux armatures conductrices planes et parallèles de la sonde sont séparées par le liquide dans la partie basse et par l'air dans la partie haute.

L'ensemble est équivalent à un condensateur de capacité $C = C_1 + C_2$ *telle que :*

C_1 *= capacité d'un condensateur immergé sur une hauteur* h *dans le liquide de permittivité diélectrique* $\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0$ *;*

C_2 *= capacité d'un condensateur immergé sur une hauteur H – h dans l'air de permittivité diélectrique* ε_0.



On rappelle que la capacité C *d'un condensateur à conducteurs plans parallèles et de même surface* S *séparés par une épaisseur* e *d'isolant de permittivité diélectrique* ε *vaut :* $C = \varepsilon \times \frac{S}{e}$.

1- Donner l'expression de la capacité équivalente *C* de la sonde en fonction de ε_r, ε_0, h, H, e et ℓ (largeur des armatures du condensateur).

2- On note C_0 la capacité de la sonde quand le réservoir est vide (h = 0). Exprimer C en fonction de C_0, ε_r, h et H et vérifier qu'elle dépend linéairement de *h* selon la relation suivante (où α est une constante à exprimer en fonction des données) : $C(h) = C_0 \times (1 + \alpha \times h)$.

3- Calculer la valeur de la capacité du condensateur quand le réservoir est vide, quand il est plein puis quand il est aux trois-quarts vide.
Données : ℓ = 10 cm, H = 1,0 m, e = 1,0 cm, ε_r = 5 et $\varepsilon_0 \approx 1.10^{-11}$ F.m^{-1}.

4- **Pour aller plus loin** … En admettant que le condensateur de capacité C est le condensateur équivalent à l'association en parallèle de deux condensateurs de capacité C_1 et C_2, établir la relation $C_1 + C_2$. Pour cela, faîtes un schéma et inspirez-vous de la démonstration du cours de *Physique 03* pour l'association en parallèle de deux conducteurs ohmiques.