Physique - Devoir Maison 02

13/10/2025

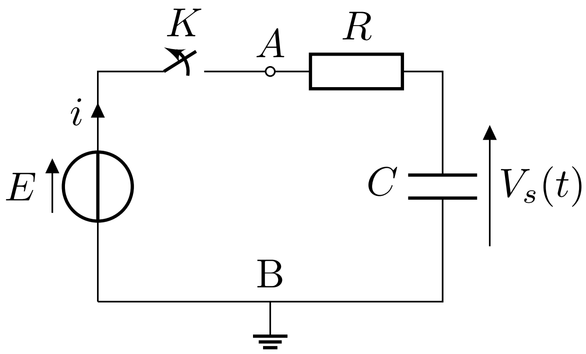
Ce sujet comporte 4 pages et doit être traité en intégralité. Comme pour tous DMs, vous pouvez vous entraider pour les questions les plus difficiles. Cependant, **la rédaction doit rester personnelle**.
Si vous avez des questions, n'hésitez pas à les poser par mail.

I Charge d'un condensateur

I.A Charge en une étape

Un dipôle comporte entre deux bornes A et B une résistance R et un condensateur de capacité C placés en série. On place aux bornes A et B du dipôle un générateur de tension idéal de force électromotrice constante E et un interrupteur K.

Initialement le circuit est ouvert et le condensateur déchargé. Soit v_s la tension aux bornes du condensateur. On ferme l'interrupteur K.

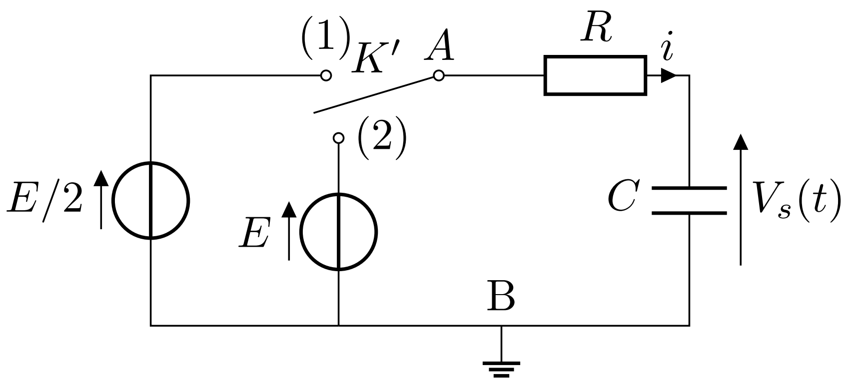


Dans cette première partie, on ne cherchera pas à établir l'équation différentielle dont $v_s : t \to v_s(t)$ est solution.

1. Quel est le comportement du condensateur au bout d'un temps très long (infini) après la fermeture de l'interrupteur ? En déduire la valeur de v_s en régime permanent.
2. On pose $\tau = RC$. Quelle est l'unité de τ dans le système international ? Démontrer le résultat. Quel est le nom donné à cette constante ?
3. Exprimer l'énergie E_c emmagasinée par le condensateur lors de sa charge en fonction de C et de E.
4. Montrer, que l'énergie E_g fournie par le générateur au cours de la charge s'écrit $E_g = CE(v_s(+\infty) - v_s(0^+))$. En déduire sa valeur en fonction de C et E.
5. A l'aide d'un bilan d'énergie, en déduire l'énergie E_j dissipée par effet Joule dans la résistance au cours de la charge. On exprimera E_j en fonction de C et de E.
6. On définit le rendement énergétique η de la charge par $\frac{E_c}{E_g}$. Exprimer ce rendement η.

I.B Amélioration du rendement : charge séquentielle

Afin d'améliorer le rendement de la charge du condensateur, on effectue celle-ci en deux étapes. On considère pour cela le montage suivant :



A la date $t = 0$, le condensateur étant déchargé, on ferme l'interrupteur K' dans la position (1) (phase 1). Lorsque la charge sous la tension $\frac{E}{2}$ est terminée, on bascule K' dans la position (2) (phase 2) et on procède à la charge du condensateur sous la tension finale E.

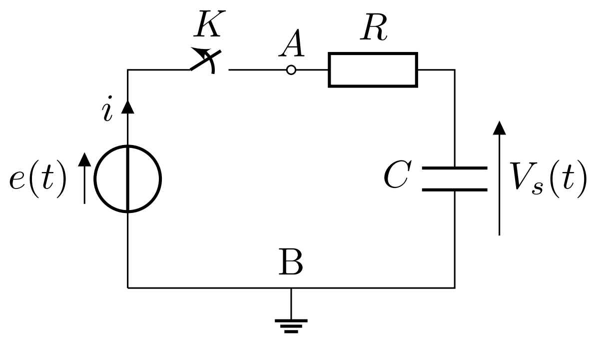
7. Quelle est la valeur de v_{s1} à la fin de la première phase de charge ?
8. Quelle est l'énergie E_{g1} fournie par le générateur au cours de la première phase de charge ? Quelle est l'énergie E_{c1} emmagasinée par le condensateur au cours de la première phase de charge ? **Ces résultats pourront être déduits directement des questions précédentes, sans refaire de calculs**.
9. Quelle est l'équation différentielle vérifiée par la tension v_s au cours de la deuxième phase de charge ?
10. En prenant pour nouvelle origine des temps ($t = 0$) la date à laquelle on bascule l'interrupteur de la position (1) dans la position (2), déterminer l'expression de $v_s(t)$ au cours de la deuxième phase de charge.
11. Donner l'allure de la courbe représentative de la fonction $v_s(t)$ en précisant son asymptote.
12. Déterminer enfin l'expression de l'énergie E_{g2} fournie par le générateur, ainsi que l'expression de l'énergie E_{c2} emmagasinée par le condensateur, au cours de la deuxième phase de charge, en fonction de C et E.
13. Calculer le rendement η' de la charge du condensateur lorsque cette dernière est effectuée en deux étapes. On a alors $E_c = E_{c1} + E_{C2}$ et $E_g = E_{g1} + E_{g2}$. Commenter.
14. Compte tenu des rendements obtenus lors de la charge du condensateur avec les deux méthodes précédentes, indiquer comment il faudrait procéder pour faire tendre le rendement de la charge du condensateur vers 1. Aucun calcul n'est demandé dans cette question.

I.C Amélioration du rendement : charge progressive

On considère maintenant que la charge du condensateur s'effectue grâce à une générateur de f.e.m. variable pendant une durée T :

$$e(t) = E\frac{t}{T}$$

On cherche à déterminer le rendement de la charge en fonction de sa durée T. Comme pour les parties précédentes, on rappelle que le condensateur est initialement déchargé.



15. Établir l'équation différentielle dont v_s est solution.
16. On cherche maintenant à résoudre cette équation en exprimant $v_s(t) = v_h(t) + v_p(t)$ où v_h est la solution de l'équation homogène et v_p, une solution particulière de type affine. Déterminer $v_s(t)$.
17. Tracer l'allure de $v_s(t)$ pour $t \in [0, T]$ dans les trois cas suivants $T = 10\tau$, $T = 3\tau$ et $T = \tau$ *Vous pouvez vous aider de votre calculette*
18. Quelle est l'énergie emmagasinée par le condensateur entre $t = 0$ et $t = T$?

On admet que l'énergie fournie par le générateur pendant cette même durée vaut :

$$E_{gen} = CE^2\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{x}e^{-x} + \frac{1}{x^2}(e^{-x} - 1)\right) \text{ avec } x = \frac{T}{\tau}$$

19. Que vaut le rendement η_c pour une charge lente ($T \gg \tau$ soit $x \gg 1$). Expliquer physiquement cette situation.
20. Que vaut ce rendement pour $T = \tau$ soit $x = 1$

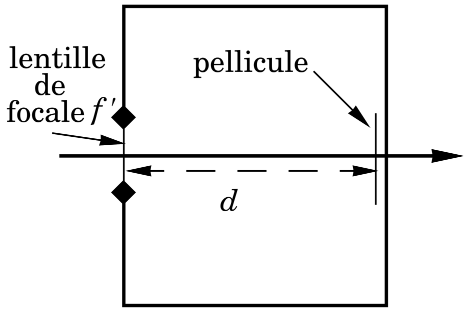
II Étude d'un appareil photographique jetable

II.A Photographie d'un objet lointain

Les appareils photographiques jetables sont conçus pour ne servir qu'une seule fois (voir figure II.1). Ils sont donc de conception très simple afin que le prix de revient soit le plus bas possible. Les photographies doivent être développées.

FIGURE II.1 – Appareil photographique jetable

L'objectif de l'appareil n'est composé que d'une seule lentille mince (L), de diamètre D_L, et la pellicule se situe à une distance d fixe de la lentille.
Aucune mise au point n'est possible, c'est-à-dire que la distance d est fixée lors de la fabrication et n'est pas modifiable par l'utilisateur. Nous travaillerons dans les conditions de Gauss.



1. Rappeler en quoi consistent les conditions de Gauss. Comment peut-on se placer en pratique dans ces conditions ?
2. Rappeler la relation de conjugaison de Descartes pour une lentille mince de centre O et de distance focale image f' dans les conditions de Gauss. On notera respectivement A et A' les points objet et image conjugués.
3. En fonctionnement usuel, les objets et les images données par L sur la pellicule sont réels. En s'intéressant à la nature convergente ou divergente du faisceau incident et du faisceau émergent, déterminer la nature convergente ou divergente de la lentille L servant d'objectif. Par la suite, sa distance focale sera notée f'. Préciser le signe de f'.
4. L'objet à photographier étant situé à l'infini, déterminer la valeur de la distance d qu'il faut prévoir lors de la fabrication pour que son image soit nette sur la pellicule.
5. Quelle est alors la dimension X, sur la pellicule, de l'image de la Lune qui a un diamètre angulaire apparent α (on pourra s'aider d'une construction pour répondre).
6. Faire l'application numérique avec $f' = 3{,}0\,\text{cm}$ et $\alpha = 5{,}0 \times 10^{-1}\,°$.

II.B Photographie d'un objet proche

Un objet ponctuel A, qui n'est pas situé à l'infini, a son image en dehors du plan de la pellicule et donne sur la pellicule une tache de diamètre $D_{A'}$. Soit d_A la distance géométrique entre le point A et la lentille.

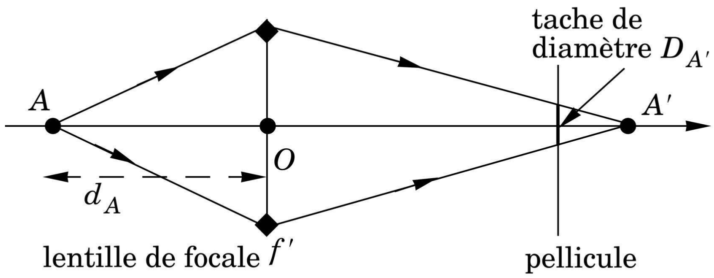


FIGURE II.2 – Tache image

7. Exprimer $\overline{OA'}$ en fonction de f' et d_A.
8. Montrer que l'expression de $D_{A'}$ en fonction de D_L (diamètre utile de la lentille), f' et d_A est :

$$D_{A'} = D_L \frac{f'}{d_A} \, .$$

La pellicule est formée de grains que l'on supposera circulaires et de même diamètre ε. Une image, après développement de la pellicule, paraît nette si un point objet n'a éclairé qu'un seul grain et a donc donné, sur la pellicule, une tache de diamètre inférieur ou égal à ε.

9. Sachant que $f' = 3,0$ cm, que $D_L = 2,0$ mm (partie utile de la lentille) et que $\varepsilon = 20$ μm, calculer numériquement d_A.

Afin de pouvoir reduire encore plus d_A, on augmente, lors de la fabrication, la distance d afin qu'un point à l'infini soit à la limite de netteté (il donne alors une tache de diamètre ε sur la pellicule). On notera d' cette nouvelle distance.

10. Faire un schéma du dispositif montrant la tache donnée par l'objet à l'infini. On fera apparaître explicitement D_L, ε, f'et d'.
11. Déterminer d' et faire l'application numérique.
12. On cherche la nouvelle distance d_A correspondant au point le plus près donnant lui aussi une tache de diamètre ε sur la pellicule. Montrer que $d_A = \dfrac{f'(D_L + \varepsilon)}{2\varepsilon}$ et faire l'application numérique.