

MPSI – CSI

Devoir de Physique n°1

Durée : 2 heures

Calculatrice autorisée

Ce sujet comporte 3 exercices totalement indépendants qui peuvent être traités dans l'ordre souhaité.

L'énoncé est constitué de 5 pages.

Consignes générales

- Lire la totalité de l'énoncé et commencer par les exercices les plus abordables.
- Un résultat d'une question précédente peut être admis pour poursuivre l'exercice.

Présentation de la copie :

- **Encadrer** les expressions littérales et souligner les résultats numériques.
- **Numéroter les pages** sous la forme x/nombre total de pages.

Rédaction :

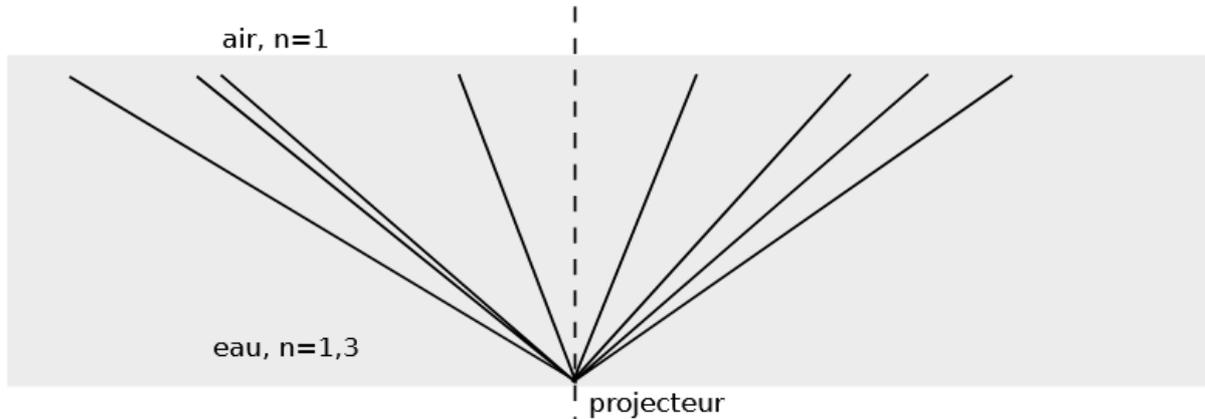
- Faire des **schémas** grands, beaux, complets, lisibles.
- **Justifier toutes vos réponses.**
- Les **relations** doivent être **homogènes**.
- Applications numériques : nombre de chiffres significatifs adapté et avec **une unité**.
Les résultats sans la bonne unité ne seront pas pris en compte.

Si au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Exercice 1 : Applications de cours

A. Projecteur de piscine

Un bassin de profondeur $d = 1,5$ m est rempli d'eau. Un projecteur se trouve au fond du bassin. On considère que cette source de lumière est un point et émet de la lumière dans toutes les directions.



- Q1.** Quel phénomène fait que tous les rayons émis ne sortent pas dans l'air ?
- Q2.** Donner l'expression puis la valeur de l'angle limite à partir duquel il y a réflexion totale (faire un schéma pour noter cet angle).
- Q3.** Quel est le rayon de la tache lumineuse formée à la surface de l'eau ?

B. Guirlande de Noël

Vous devez réaliser une guirlande de Noël avec le cahier des charges suivant :

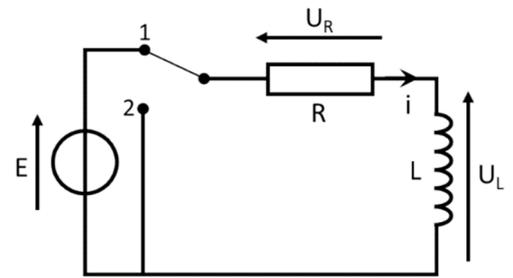
- Le nombre d'ampoules doit être le plus élevé possible.
- Si une ampoule est détériorée (assimilable à un interrupteur ouvert), les autres ampoules doivent continuer à s'allumer.
- Vous devez utiliser une pile de fem $E = 9,0$ V et de résistance interne $r = 5 \Omega$.
- Vous devez utiliser des ampoules assimilables à des résistances $R = 400 \Omega$ et qui s'allument tant que la tension à leur borne est supérieure ou égale à 2 V.

- Q4.** Quel type d'associations allez-vous choisir pour les ampoules ?
- Q5.** Montrer qu'avec une seule ampoule celle-ci s'éclaire.
- Q6.** Montrer qu'il en est de même avec deux ampoules.
- Q7.** Déterminer le nombre maximum d'ampoules pour votre guirlande.

C. Décharge d'une bobine (régime libre)

On considère le circuit ci-contre.

- A $t < 0$, l'interrupteur est en position 1 depuis un temps suffisamment long.
- A $t = 0$, l'interrupteur bascule en position 2.

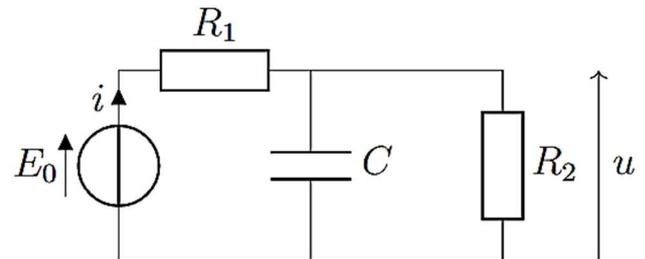


- Q8.** Déterminer les conditions initiales (pour $t = 0^+$) pour les tensions u_L et u_R ainsi que pour le courant i .
- Q9.** Quelles seront les valeurs en régime permanent ($t \rightarrow \infty$) des tensions u_L et u_R ainsi que celle du courant i ?
- Q10.** Etablir l'équation différentielle pour le courant i . La mettre sous forme canonique.
- Q11.** Résoudre l'équation différentielle pour obtenir l'expression de $i(t)$. En déduire l'expression de $u_L(t)$.
- Q12.** Tracer l'allure de l'évolution temporelle de $i(t)$ et de $u_L(t)$. Faire apparaître clairement le régime stationnaire et le régime transitoire.
- Q13.** Retrouver l'équation différentielle pour $i(t)$ en utilisant une approche énergétique.

Exercice 2 : Circuit RC à deux mailles

On considère le circuit ci-contre.

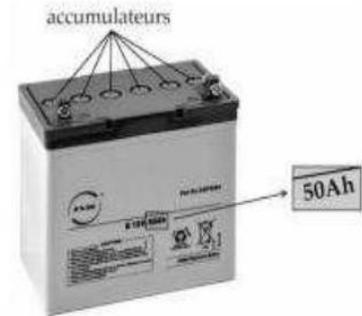
- A $t < 0$, $E_0 = 0$.
- A $t \geq 0$, $E_0 = E$ (avec $E > 0$).



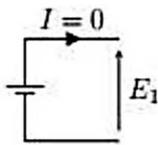
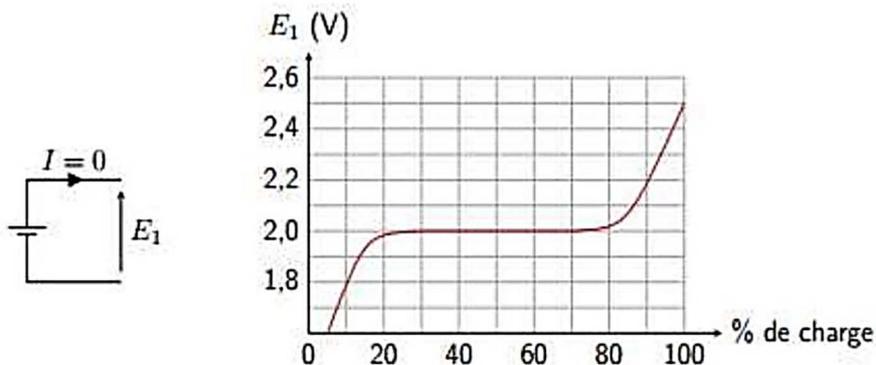
- Q1.** Établir l'expression de $u(t)$.
- Q2.** Représenter l'allure de l'évolution de $u(t)$.
- Q3.** Exprimer l'énergie reçue par le condensateur au cours du régime transitoire.

Exercice 3 : Recharge d'une batterie au plomb

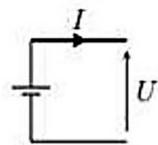
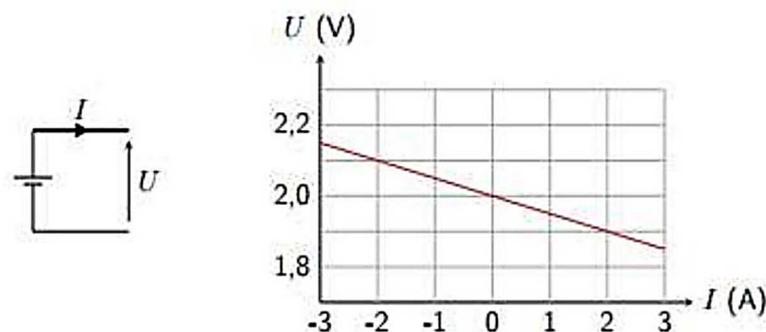
Une batterie au plomb est un ensemble de six accumulateurs identiques (cellules électrochimiques plomb-acide sulfurique) réunis dans un même boîtier. Une batterie met en œuvre une conversion entre énergie chimique et énergie électrique, processus pouvant avoir lieu dans les deux sens. Ainsi, une batterie présente un caractère générateur durant sa décharge et un caractère récepteur durant sa recharge. Ce type de batterie est largement utilisé dans l'équipement des véhicules automobiles.



Le graphique ci-dessous représente la tension à vide E_1 d'un accumulateur en fonction de son pourcentage de charge. On rappelle que la tension à vide d'un générateur, également appelée force électromotrice et souvent abrégée fem est la tension à ses bornes lorsqu'il ne débite aucun courant.



La figure ci-dessous représente la caractéristique statique d'un accumulateur chargé à 50%. On rappelle que la caractéristique d'un générateur décrit la façon dont varie la tension U à ses bornes lorsqu'il débite un courant I non nul.



Etude d'un accumulateur

Intéressons-nous pour commencer à un seul des six accumulateurs de la batterie, dont on suppose la charge comprise entre 20% et 80%.

- Q1.** Justifier que l'on peut modéliser l'accumulateur par l'association en série d'une source idéale de fem constante E_1 et d'une résistance r_1 . Donner la représentation de Thévenin équivalente à un accumulateur.
- Q2.** En déduire la tension U à ses bornes en fonction de E_1 , r_1 et I l'intensité du courant qui le traverse en convention générateur.
- Q3.** Déterminer en justifiant les valeurs numériques de E_1 et r_1 .

Caractéristique d'une batterie complète

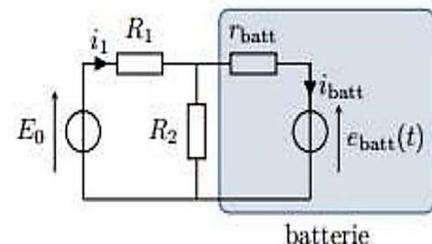
Comme indiqué dans le document, la batterie étudiée comporte un ensemble de six accumulateurs identiques à celui étudié précédemment. On les suppose tous chargés à 50%.

- Q4.** Comment doit-on associer ces six accumulateurs pour obtenir une batterie de tension à vide E_{batt} maximale ?
- Q5.** Donner la représentation de Thévenin équivalente à la batterie alors constituée ainsi que sa loi de comportement courant-tension. Indiquer en justifiant la valeur de la tension à vide E_{batt} et celle de la résistance interne de la batterie r_{batt} .
- Q6.** Tracer la caractéristique tension-courant $U = f(I)$ de la batterie considérée.
- Q7.** Le document indique qu'une batterie présente un caractère générateur durant sa décharge et un caractère récepteur durant sa recharge. Rappeler la définition des termes caractère générateur et caractère récepteur. Justifier, à partir de la loi de comportement ou de la caractéristique tension-courant, qu'une batterie chargée à 50% peut présenter les deux types de comportement.

Charge de la batterie

Etudions maintenant le processus de recharge d'une batterie. Pour simplifier, on suppose qu'elle est complètement déchargée (pourcentage de charge nul) à l'instant $t = 0$ et que sa tension à vide vaut alors $e_{\text{batt}}(t = 0) = 0$. Conformément au document présenté ci-dessus, e_{batt} augmente au fur et à mesure de la charge.

La recharge est effectuée grâce à une source électrique modélisée par un générateur de force électromotrice $E_0 = 16 \text{ V}$ constante et de résistance interne négligeable. Elle est branchée au sein du montage représenté sur la figure ci-contre, où les deux résistances $R_1 = 3,0 \Omega$ et $R_2 = 5,0 \Omega$ sont placées pour contrôler la charge de la batterie.



- Q8.** A quel dipôle la batterie est-elle équivalente au début de la charge, lorsqu'elle est complètement déchargée ? En déduire la valeur i_0 de l'intensité i_{batt} du courant qui la traverse.
- Q9.** On note i_2 l'intensité du courant dans R_2 . Appliquer les lois de Kirchhoff au circuit.
- Q10.** En déduire que :

$$i_{\text{batt}} = \frac{R_2 \cdot E_0 - (R_1 + R_2) \cdot e_{\text{batt}}}{r_{\text{batt}} \cdot R_1 + r_{\text{batt}} \cdot R_2 + R_1 \cdot R_2}$$

- Q11.** Justifier que la recharge de la batterie cesse si i_{batt} s'annule.
- Q12.** Déterminer la valeur de e_{batt} pour laquelle la recharge s'arrête.
- Q13.** Quand la charge s'arrête, peut-on considérer que la batterie est complètement chargée ?

Il est évidemment préférable que la recharge s'arrête (et donc que i_{batt} s'annule) lorsque la batterie est chargée à 100%. Quelle doit être alors la valeur de e_{batt} ?

- Q14.** On souhaite conserver $R_1 = 3,0 \Omega$. Quelle valeur faut-il donner à R_2 ?