

? Lundi 9 octobre 2023

Devoir Surveillé n°2 (1) – Durée : 2 heures

La calculatrice est INTERDITE.

 **Consignes à respecter**

- Lire la **totalité** de l'énoncé et commencer par les exercices les plus abordables.
- Présentation de la copie :
 - Prendre une **nouvelle copie double pour chaque exercice**.
 - Tirer un **trait horizontal** à travers toute la copie **entre chaque question**.
 - 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.
 - Applications numériques : nombre de **chiffres significatifs adapté** et avec une **unité**.

Ce sujet comporte 2 exercices totalement indépendants (+ un bonus) qui peuvent être traités dans l'ordre souhaité. L'énoncé est constitué de 4 pages.

Le document réponse (page 5) est à détacher du sujet et à rendre avec votre copie.

Données

- $\ln(100) \approx 5$

Exercice n°0 Prix Nobel

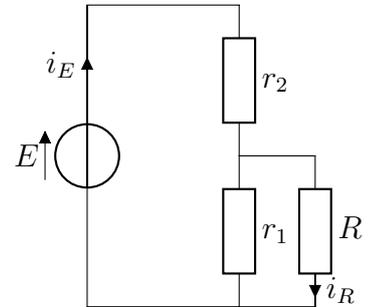
Citer les noms des récipiendaires du Prix Nobel de physique de cette année. Pourquoi l'ont-ils eu ?

Exercice n°1 Étude d'un circuit électrique (MAX 30 min)

Q1. Compléter les deux tableaux sur **document réponse à rendre**. (C'est du cours : prenez grand MAXIMUM 10 min)

Montage potentiométrique

On étudie le circuit ci-contre, alimenté par la source idéale de tension de force électromotrice E .



- Q2. Déterminer la résistance totale équivalente à l'ensemble des trois résistances du circuit.
- Q3. Exprimer i_E en fonction de r_1 , r_2 , R et E .
- Q4. Exprimer i_R , sans calcul, en fonction de i_E , r_1 et R , puis en fonction uniquement de r_1 , r_2 , R et E .
- Q5. Déterminer les expressions de la puissance \mathcal{P}_R , reçue par la résistance de charge R , et la puissance \mathcal{P}_E fournie par la source de tension E en fonction de r_1 , r_2 , R et E .

Exercice n°2 Stratégie de charge d'un condensateur (~ 1h30)

Un condensateur peut servir de batterie, c'est le cas par exemple des "supercondensateurs" qui équipent certains bateaux ou bus. Il se pose alors la question de la recharge du condensateur. L'énergie est prélevée sur le réseau électrique, et dans l'idéal on souhaite que 100% de cette énergie soit transférée au condensateur. Or ce n'est pas possible, comme nous allons le voir.

On raisonne sur le circuit ci-dessous pour envisager deux méthodes.

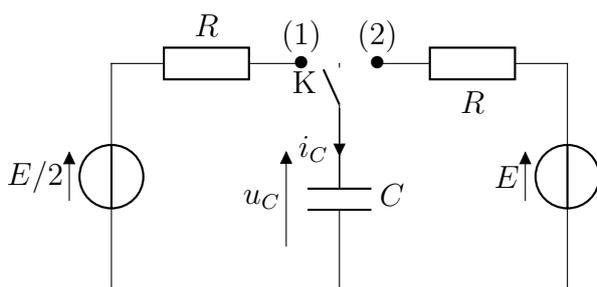


FIGURE 1 – Schéma de recharge d'un condensateur



FIGURE 2 – Bateau dont les batteries sont des super-condensateurs.

I Premier procédé de charge (~ 45 min)

L'interrupteur K est d'abord dans la position intermédiaire où il n'établit aucun contact.

Le condensateur étant initialement déchargé, on bascule l'interrupteur K dans la position (2) à $t = 0$. On peut alors ignorer la partie de gauche du circuit.

Q6. Représenter le circuit étudié dans cette partie, et introduire la tension « manquante » sur le schéma.

Q7. Établir l'équation différentielle portant sur u_C .

On la mettra sous la forme

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = \frac{E}{\tau}$$

avec τ un paramètre dont on précisera le nom, l'expression et l'unité.

- Q8. Déterminer sans utiliser l'équation différentielle la valeur de $u_C(0^+)$ (juste après le basculement de l'interrupteur).
- Q9. Résoudre complètement l'équation différentielle obtenue ci-dessus.
- Q10. Tracer l'allure de la solution.
- Q11. Donner en fonction de C et de E l'expression de l'énergie stockée par le condensateur à la fin de sa charge.
- Q12. Démontrer que le courant i_C s'écrit, pour tout $t \geq 0$:

$$i_C(t) = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

- Q13. Calculer alors l'énergie électrique fournie par le générateur sur l'ensemble de la charge.
- Q14. On appelle rendement (noté η) de la charge du condensateur le rapport entre l'énergie stockée par le condensateur à l'issue de la charge et de l'énergie fournie par le générateur au cours de cette charge :

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_{\text{stockée}}}{\mathcal{E}_{\text{fournie}}}$$

Quelle est la valeur du rendement de la charge avec la méthode envisagée ?

II Second procédé de charge (~ 45 min)

On souhaite utiliser une méthode qui permet d'améliorer le rendement de la charge. On réalise une charge en deux temps.

Le condensateur est initialement déchargé.

L'interrupteur K est d'abord dans la position intermédiaire où il n'établit aucun contact.

Puis il est fermé en position (1) à $t = 0$: c'est la **première phase de charge**.

Lorsque le régime transitoire qui s'ensuit est achevé, l'interrupteur est basculé en position (2) : c'est la **deuxième phase de charge**.

- Q15. Représenter le circuit étudié durant la première phase.

Quelle est l'unique différence par rapport au circuit étudié dans la partie « I. Premier procédé de charge » ?

- Q16. Déterminer l'expression de $u_C(t)$ pendant la première phase de la charge. *Aucun calcul n'est nécessaire ici : il suffit d'adapter les résultats de la partie précédente.*

- Q17. Établir, en fonction de R et de C , l'expression de l'instant t_1 pour lequel la tension u_C aux bornes du condensateur atteint 99% de sa valeur finale au cours de cette première étape.

Dans la suite, on considérera que la charge est totalement achevée à cet instant t_1 (donc $u_C(t_1) \approx E/2$), et qu'on passe en phase 2 (basculement de l'interrupteur en position (2)), pour $t > t_1$.

- Q18. Représenter le circuit étudié durant cette deuxième phase ($t > t_1$).

- Q19. *Aucun calcul n'est nécessaire pour cette question.*

Comparer à la situation étudiée dans la partie « I. Premier procédé de charge » .

Donner l'équation différentielle vérifiée par u_C durant cette deuxième phase.

Donner la solution générale de cette équation différentielle.

- Q20. Déterminer la constante d'intégration en utilisant la condition initiale de cette deuxième phase.

En déduire que l'expression de $u_C(t)$ durant cette deuxième phase s'écrit : $u_C(t) = E - \frac{E}{2} e^{-\frac{t-t_1}{\tau}}$

- Q21. Tracer l'allure de $u_C(t)$ en fonction du temps au cours de l'ensemble des deux phases de charge. On placera clairement t_1 et les valeurs finales atteintes par u_C lors de chacune des deux phases.

- Q22. Que vaut l'énergie stockée par le condensateur à la fin des deux phases ? Est-elle différente avec celle stockée par le premier procédé de charge ?

- Q23. Exprimer l'intensité i_C qui traverse le condensateur pendant les deux phases de charge. On distinguera les cas en fonction de t .

Notamment en montrera que dans la deuxième phase : $i_C = \frac{E}{2R} e^{-\frac{t-t_1}{\tau}}$

Q24. Déterminer l'énergie électrique :

- \mathcal{E}_{f1} fournie par le générateur de fem $\frac{E}{2}$ durant la première phase. On pourra utiliser $e^{-5} \approx 0$.
- \mathcal{E}_{f2} fournie par le générateur de fem E durant la deuxième phase.
- \mathcal{E}_f totale fournie par les deux générateurs pendant la charge.

Q25. En déduire le rendement pour cette nouvelle façon de procéder. Conclure quant aux avantages et désavantages.

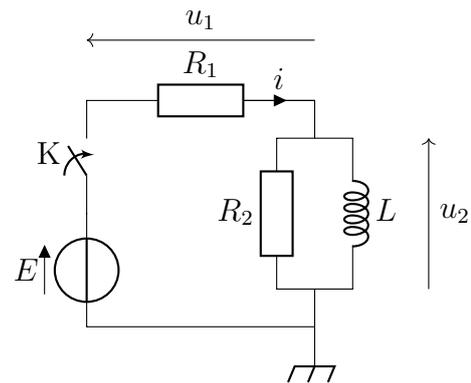
Peut-on envisager une méthode qui permette d'atteindre un rendement de 100% ? Avec quel désavantage ?

Exercice n°3 Étude d'un circuit à deux mailles (S'il vous reste du temps)

On étudie le circuit ci-contre.

La bobine est supposée idéale d'inductance L .

À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K , qui était ouvert depuis très longtemps.



Q26. Déterminer les valeurs à $t = 0^-$, puis à $t = 0^+$, des tensions u_1 et u_2 .

Q27. Déterminer les valeurs asymptotiques de u_1 et u_2 en régime permanent (un temps très long après la fermeture de l'interrupteur).

Q28. Établir l'équation différentielle vérifiée par u_2 pour $t > 0$, et la mettre sous la forme

$$\frac{du_2}{dt} + \frac{u_2}{\tau} = 0$$

On identifiera l'expression de la constante de temps τ en fonction de R_1 , R_2 et L .

Q29. Résoudre l'équation différentielle pour obtenir l'expression de $u_2(t)$, pour $t > 0$.

DOCUMENT RÉPONSE À DÉTACHER ET À RENDRE

NOM : _____ Prénom : _____

Q1

Dipôle	Conducteur ohmique	Bobine	Condensateur
Schéma électrique en convention récepteur			
Relation en convention récepteur			
Puissance électrique algébriquement reçue			
Énergie stockée	/		
Grandeur sans discontinuité	/		
Comportement en régime permanent	/		

	Série	Dérivation
Schéma		
Expression de $R_{\text{éq}}$		
Relation du pont diviseur	de tension :	de courant :