

Devoir surveillé n°1

Durée : 2 h

La calculatrice **n'est autorisée**.

Le sujet comporte 3 pages et 3 problèmes indépendants. **Merci d'utiliser une nouvelle copie pour chaque problème.**

Le poids de chaque problème dans le barème total est indiqué en % dans son titre.

Problème 1 : Identification des composants d'une boîte noire (20 %)

Une boîte noire contient une alimentation stabilisée réglée en source de tension $E = 6,0 \text{ V}$ et deux résistances R_1 et R_2 inconnues.

Le circuit électrique contenu dans la boîte noire correspond au schéma de la figure n°1 ci-dessous. On réalise deux mesures à l'aide d'un multimètre considéré comme parfait.

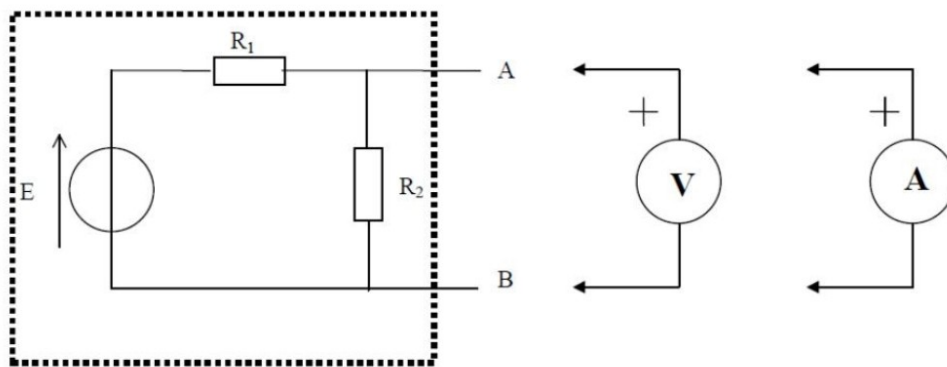


Figure n°1

- Branché directement entre les deux bornes A et B en voltmètre, on mesure d'abord une tension U_v de $4,00 \text{ V}$ (circuit 1)

- Branché directement entre les deux bornes A et B en ampèremètre, on mesure ensuite une intensité I_{cc} de $0,50 \text{ A}$ (circuit 2)

1°/ En considérant l'appareil de mesure utilisé comme idéal (voltmètre de résistance infinie, ampèremètre de résistance nulle), représenter sur la copie les circuits 1 et 2 correspondant aux deux mesures successives.

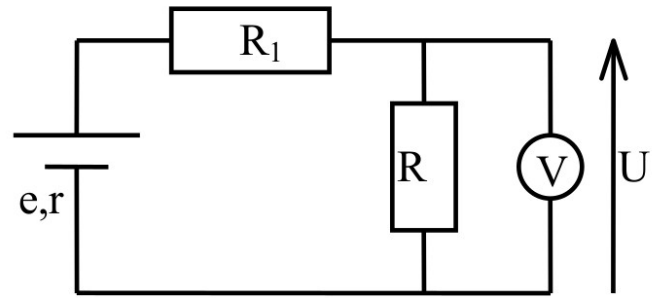
2°/ A partir de l'analyse de ces deux circuits, déterminer l'expression littérale de la tension U_v puis du courant I_{cc} en fonction de E , R_1 et R_2 .

3°/ En déduire les expressions littérales puis les valeurs des résistances R_1 et R_2 .

Problème 2 : Mesure d'une résistance (20%)

On désire mesurer la résistance R à l'aide du montage ci-contre, où le voltmètre V est équivalent à une résistance R_v avec R_v de l'ordre de $1\text{ M}\Omega$.

La pile est modélisable par une source linéaire : fém e en série avec résistance interne r (modèle équivalent de thévenin).



1) À quelle condition sur R et R_v peut-on négliger l'influence du voltmètre : $R \gg R_v$ ou $R \ll R_v$? Justifier.

2) Refaire le schéma en adoptant le modèle équivalent de thévenin de la pile, considérée comme une source linéaire.

3) a) le courant dans le voltmètre est négligeable : exprimer U en fonction e , r , R et R_1 .
b) le courant dans le voltmètre n'est pas négligeable : exprimer U en fonction e , r , R , R_1 et R_v .

4) Désormais, on suppose que le courant dans le voltmètre est négligeable (cas a de la question précédente) et que r est négligeable devant R et R_1 . Que devient l'expression de U ?

5) Pour mesurer R , le protocole expérimental est le suivant :

- utiliser pour R_1 une boîte à décade : elle permet de régler R_1 à la valeur souhaitée
- faire varier R_1 jusqu'à obtenir $U = e/2$
- on a alors $R = R_1$

Justifier ce protocole.



Boîte à décades de résistances

Problème 3 : Flash d'un appareil photo (60 %)

Le fonctionnement d'un flash électronique repose sur la génération d'un éclair dans un tube à décharge.

Il s'agit d'un tube de quartz dans lequel on a placé un gaz raréfié, le xénon, entre deux électrodes E_1 et E_2 . Ces deux électrodes sont reliées à un condensateur de capacité C chargé sous quelques centaines de volts.

Autour du tube est enroulé un fil constituant une électrode E_3 (non représentée sur le schéma ci-dessous). On peut appliquer entre E_1 et E_3 une impulsion de tension de plusieurs milliers de volts qui ionise le xénon. Il devient alors conducteur et le condensateur peut se décharger dans le gaz, créant ainsi un éclair lumineux très intense d'une durée très brève.

Le gaz du tube à décharge n'est a priori pas conducteur. On le modélise par un interrupteur ouvert K en série avec une résistance R_T .

Cependant, lorsqu'une très haute tension est appliquée entre les électrodes E_1 et E_3 , l'ionisation des atomes de xénon qui en résulte abaisse la résistance du tube qui devient alors équivalent à un conducteur de résistance R_T dans lequel le condensateur C peut se décharger. Ceci revient à fermer l'interrupteur K .

1. Expliquer pourquoi l'ionisation des atomes de xénon rend ce gaz conducteur.

On utilise le circuit équivalent de la figure 3 pour expliquer la formation d'un éclair dans le tube.

v_2 est une tension continue de 0,30 kV.
Les résistances R et R_T sont connues.

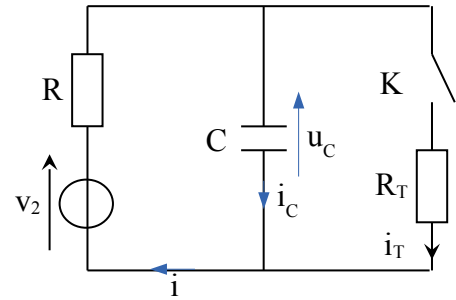


Figure 3

On cherchera à étudier l'évolution temporelle du courant traversant le gaz $i_T(t)$.

Valeurs initiale et finale de i_T

2. Pour $t = 0^-$, l'interrupteur K est ouvert et un régime permanent est établi depuis longtemps. À quoi le condensateur est-il équivalent ? Schématiser le circuit à cet instant. Déterminer, en justifiant, les expressions de $u_C(0^-)$ et $i_T(0^-)$ en fonction des grandeurs connues (v_2 , R , R_T).
3. On ferme l'interrupteur K à l'instant $t = 0$. Déterminer les expressions de $u_C(0^+)$ et $i_T(0^+)$ en fonction des grandeurs connues. Justifier.
4. Pour $t \rightarrow \infty$, schématiser le circuit et déterminer $i_T(\infty)$ en fonction des grandeurs connues.

Évolution temporelle de i_T

5. À partir de la loi des nœuds liant i , i_C et i_T , déterminer l'équation différentielle vérifiée par $i_T(t)$ pour $t > 0$. La mettre sous forme canonique en faisant apparaître la constante de temps $\tau = \frac{R R_T C}{R + R_T}$.
6. Établir la solution complète $i_T(t)$ de cette équation pour $t > 0$ en fonction de v_2 , R , R_T , t et τ .
7. Tracer l'allure de $i_T(t)$ pour $t < 0$ et $t > 0$ et expliquer la génération d'un éclair lors de la fermeture de l'interrupteur K .

Étude énergétique

8. Donner l'expression de l'énergie électrostatique E accumulée par le condensateur avant la fermeture de l'interrupteur.
9. On souhaite générer un flash d'une puissance moyenne de $P = 4,5$ W et d'une durée de $\Delta t = 0,10$ s. Calculer l'énergie E devant être stockée dans le condensateur.
10. Déterminer un ordre de grandeur de la valeur de la capacité C nécessaire. Commenter ce résultat.