EXERCICES au choix du candidat (5 points)
Vous indiquerez sur votre copie les **2 exercices choisis** :
exercice **A** ou exercice **B** ou exercice **C**

EXERCICE A - UN CAPTEUR CAPACITIF (5 points).

Mots-clés : capacité d'un condensateur, dipôle RC, équation différentielle

Un capteur de déplacement capacitif est une famille de capteurs utilisant l'effet capacitif pour détecter une variation de faibles distances. Il est généralement réalisé avec une électrode, en forme de disque, plane entourée d'un anneau de garde isolé de l'électrode centrale. L'électrode forme avec la pièce à mesurer conductrice un condensateur plan. https://fr.wikipedia.org
La capacité d'un condensateur dépend de sa géométrie et de l'isolant entre ses armatures. Si on modifie l'un de ces deux paramètres, la capacité du condensateur va varier. On se sert donc de cette propriété pour utiliser un condensateur comme capteur.
L'objectif de cet exercice est de faire l'étude d'un dipôle RC et d'utiliser ensuite cette étude pour expliquer le fonctionnement d'un capteur capacitif.

Étude théorique de la charge d'un dipôle RC.

On réalise un circuit électrique composé d'un générateur de tension supposé idéal, d'un interrupteur, d'un dipôle ohmique de résistance R et d'un condensateur de capacité C reliés en série. Le schéma électrique est donné figure 1.

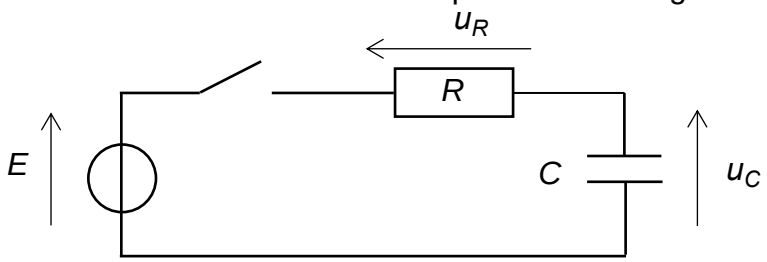


Figure 1 : Schéma électrique du circuit réalisé

L'interrupteur est initialement ouvert et le condensateur est déchargé.
À l'instant $t = 0$ s, on ferme l'interrupteur et un courant d'intensité i circule dans le circuit.

1. Établir une relation entre les trois tensions électriques à l'aide de la loi des mailles, une fois l'interrupteur fermé.

2. Écrire l'expression traduisant la loi d'Ohm pour le conducteur ohmique de résistance R.

3. Écrire l'expression reliant le courant d'intensité i, la tension u_C et la capacité C du condensateur.

4. En déduire que l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur s'écrit :

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

5. Vérifier que la solution est de la forme $u_C = E \times (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$.

Étude expérimentale de la charge d'un dipôle RC.

On réalise expérimentalement le montage précédent. On utilise un dipôle ohmique de résistance R égale à 330 Ω. À l'instant t = 0 s, on ferme l'interrupteur. On relève les valeurs de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps.
L'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur est donnée figure 2.

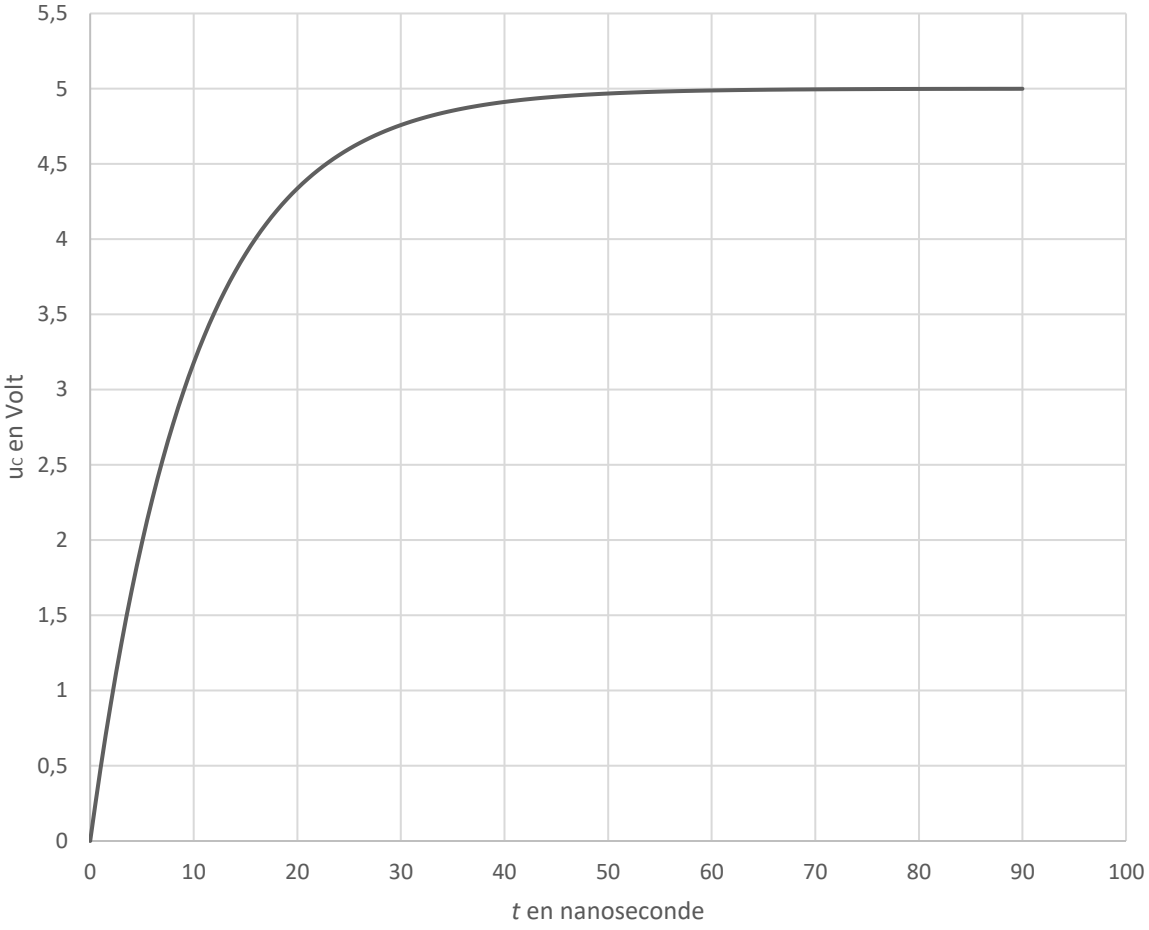


Figure 2 : Évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps

Le temps caractéristique, τ, correspond à la durée nécessaire pour atteindre 63 % de la tension finale aux bornes du condensateur.

6. Déterminer graphiquement la valeur du temps caractéristique τ.

7. Écrire l'expression reliant le temps caractéristique τ, la résistance R du conducteur ohmique et la capacité C du condensateur.

Donnée : Une nanoseconde est égale à 10^{-9} s

8. En déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

Étude d'un condensateur à capacité variable.

Un condensateur à capacité variable peut être réalisé avec un condensateur plan qui comporte une armature fixe et une armature mobile. Les armatures sont des plaques métalliques séparées par un isolant.

Données :

- La capacité C d'un condensateur plan est donnée par la relation : $C = \frac{\varepsilon \times S}{d}$ avec ε la permittivité de l'isolant, S la surface des armatures et d la distance entre les armatures.

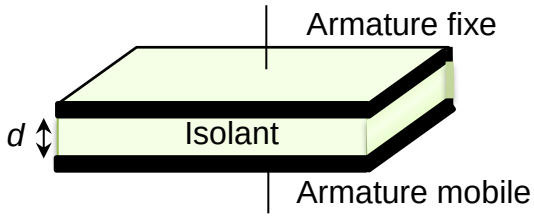


Figure 3 : Schéma d'un condensateur à capacité variable.

9. Sachant que la capacité C d'un condensateur s'exprime en farad (F), déterminer l'unité légale de la permittivité ε grâce à la relation précédente.

Dans ce condensateur à capacité variable, les surfaces S des armatures sont constantes et la permittivité de l'isolant ε reste la même. Seule la distance d entre les armatures peut être modifiée puisqu'une armature est mobile.

10. On rapproche l'armature mobile de l'armature fixe. Décrire l'évolution de la capacité C du condensateur.

Réalisation d'un capteur de position.

On souhaite coller deux plaques métalliques et contrôler l'épaisseur de colle entre les deux plaques pour éviter qu'il y en ait trop ou pas assez. Les deux plaques peuvent constituer des armatures et la colle est un isolant dont la permittivité ε est supposée constante et connue.
On utilise le circuit capacitif de la figure 4 pour contrôler cette épaisseur.

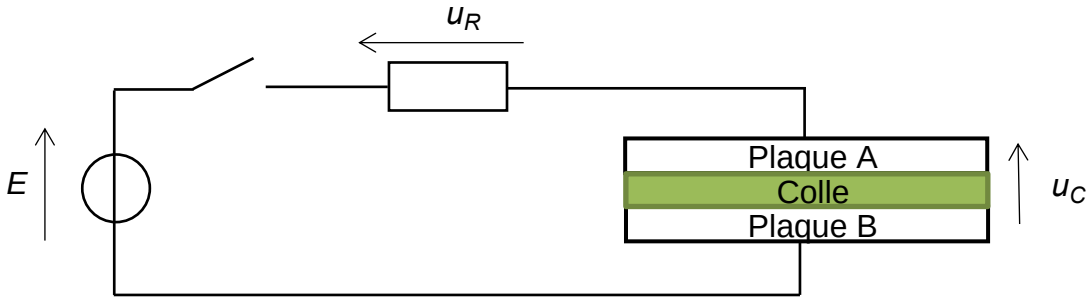


Figure 4 : Schéma du circuit de contrôle de l'épaisseur

11. Expliquer comment utiliser ce montage pour contrôler l'épaisseur de colle.