

EXERCICE 2 - MESURE DU NIVEAU D'UN LIQUIDE (6 points)

Les capteurs capacitifs ont de nombreuses applications. Ils sont mis à profit entre autres pour contrôler le niveau de remplissage de cuves opaques.

L'objectif de cet exercice est l'étude du fonctionnement d'un capteur capacitif de niveau.

Un capteur de niveau capacitif est constitué d'un condensateur creux immergé dans une cuve. Le condensateur est constitué de deux armatures métalliques A et B séparées par un isolant qui peut être l'air ou le liquide (**Figure 1**). L'armature B entoure l'armature A.

Le liquide et l'air n'ayant pas les mêmes propriétés isolantes, la capacité du condensateur dépend du niveau de liquide présent dans la cuve.

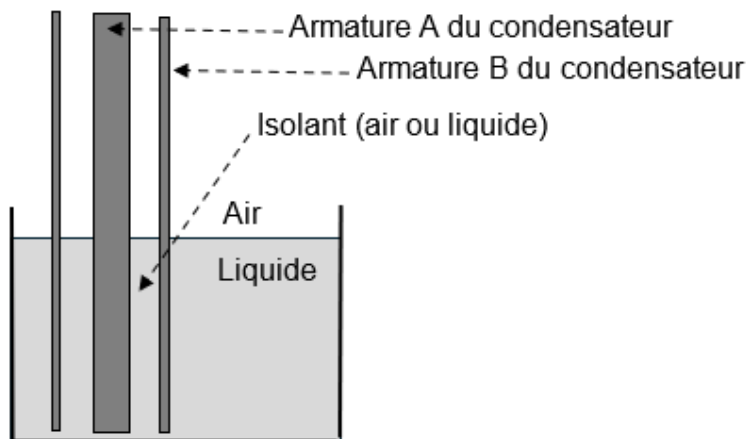


Figure 1. Schéma simplifié du capteur de niveau capacitif.

Partie A : Étude de l'influence de la capacité lors de la charge d'un condensateur.

Un capteur de niveau capacitif peut être assimilé à un condensateur de capacité C dont la valeur peut varier en fonction du niveau de liquide.

On effectue la charge du condensateur de capacité C , initialement déchargé, dans un circuit contenant un conducteur ohmique de résistance $R = 330 \text{ k}\Omega$ et un générateur délivrant une tension $E = 5,0 \text{ V}$ aux bornes du dipôle RC.

La **Figure 2** précise les conventions d'orientation utilisées pour représenter la tension E aux bornes du générateur, la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique, la tension u_C aux bornes du condensateur ainsi que l'intensité i du courant circulant dans le circuit.

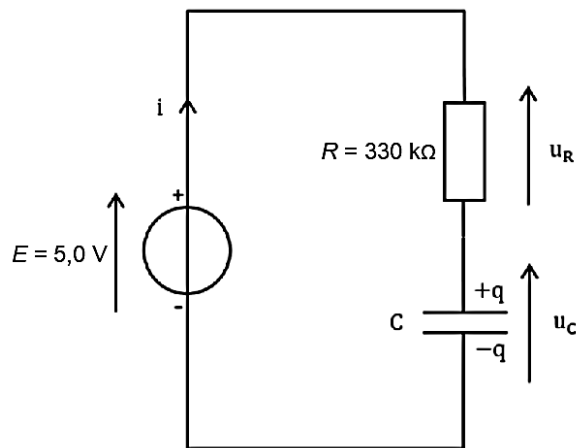


Figure 2. Conventions d'orientation utilisées pour l'intensité du courant et les tensions.

Q1. Justifier que l'intensité i du courant peut s'exprimer en fonction de la tension u_C aux bornes du condensateur et de la capacité C du condensateur par la relation :

$$i = C \times \frac{du_C}{dt}.$$

Q2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur lors de la charge sous une tension E .

La solution de cette équation différentielle est de la forme suivante : $u_C = E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$, où $\tau = R.C$ est la constante de temps du circuit étudié.

Q3. Vérifier par un calcul que la tension $u_C(\tau)$ aux bornes du condensateur a atteint, à l'instant $t = \tau$, 63 % de sa valeur maximale et déterminer la valeur de la tension $u_C(\tau)$.

Q4. Préciser l'influence de la capacité C sur la durée de charge complète du condensateur.

Partie B : Détermination du volume d'huile contenu dans un fût métallique.

La capacité C du condensateur dépend de la hauteur h d'huile dans le condensateur. Le condensateur est branché en série avec un conducteur ohmique. Le dipôle RC, ainsi constitué, est connecté à une sortie d'un microcontrôleur qui permet d'effectuer des charges et décharges successives du condensateur.

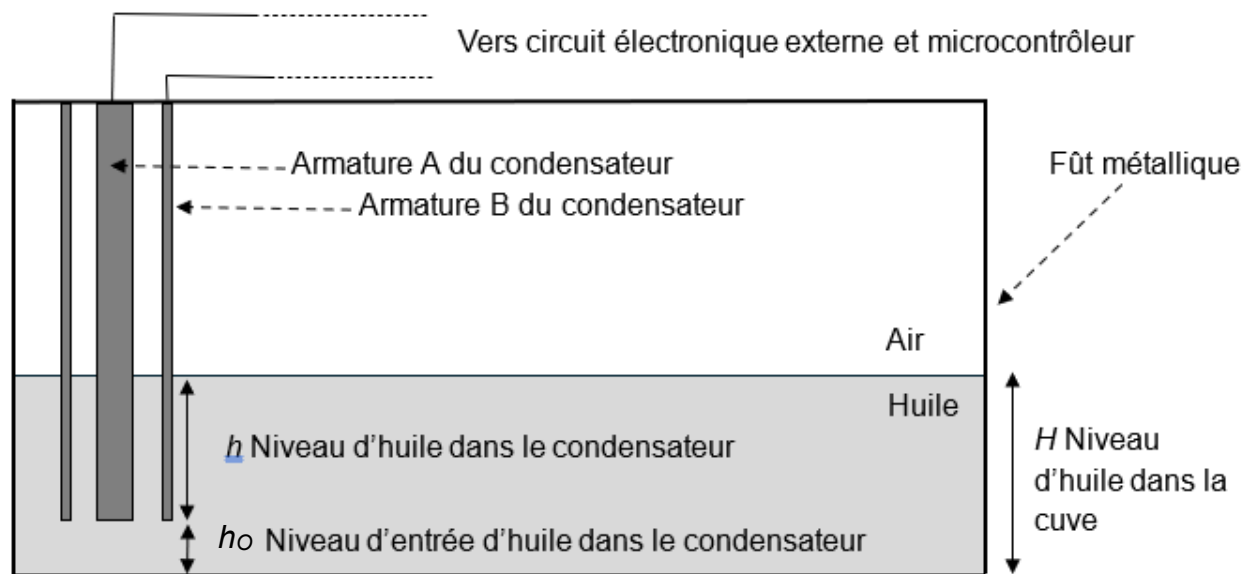


Figure 3. Schéma du dispositif de mesure dans le fût métallique.

Une deuxième entrée du microcontrôleur permet de suivre l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur au cours du temps représentée sur la **Figure 4**.

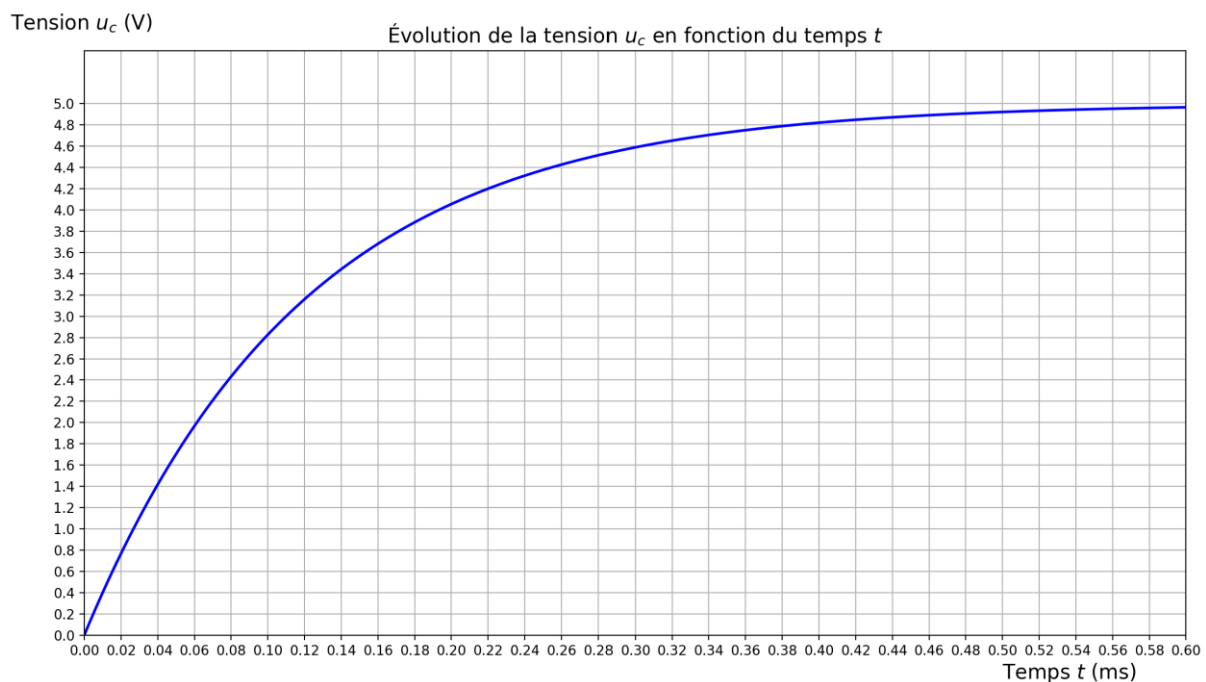


Figure 4. Courbe d'acquisition de la tension u_C en fonction du temps t .

Q5. En utilisant la **Figure 4**, montrer que la valeur de la constante de temps τ correspondant à la charge du capteur capacitif est voisine de $1,2 \times 10^{-4}$ s. Expliquer la méthode utilisée en s'appuyant sur un schéma.

On a préalablement mesuré à l'aide d'un capacimètre, la capacité C du capteur pour différentes hauteurs h d'huile dans le capteur.

On obtient alors la courbe d'étalonnage de la capacité C en fonction de la hauteur h dans le condensateur (**Figure 5**).

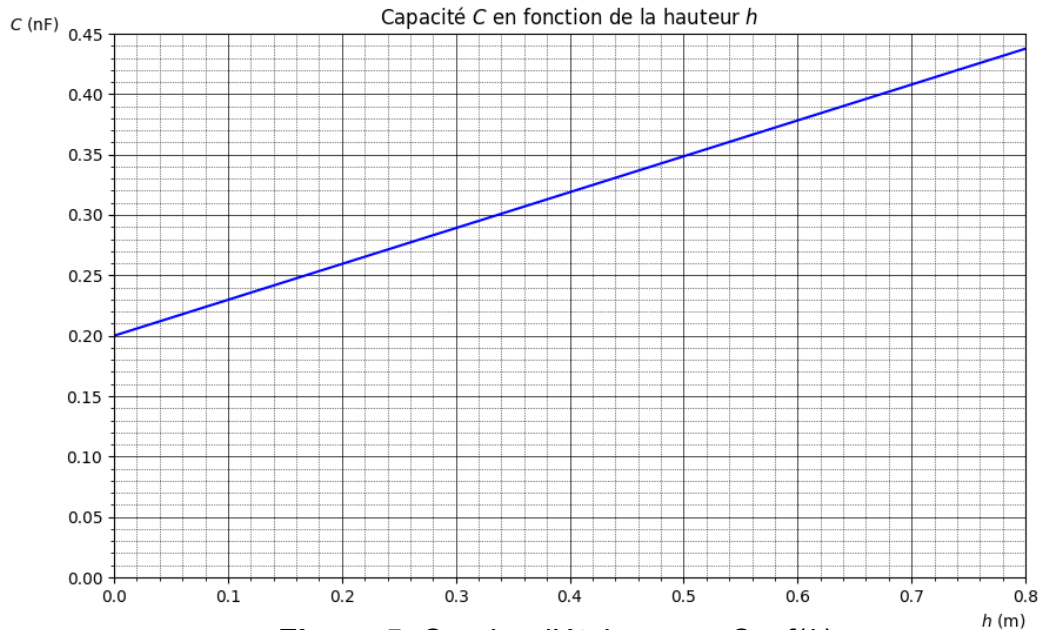


Figure 5. Courbe d'étalonnage $C = f(h)$

Données :

- Le fût métallique est considéré comme un cylindre de diamètre $D = 0,610$ m ;
- Volume d'un cylindre V (en m^3) de diamètre D (en m) et de hauteur H (en m) :

$$V = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H ;$$
- Niveau d'entrée d'huile dans le capteur : $h_0 = 4,4$ cm ;
- Résistance du circuit RC : $R = 330$ k Ω .

Dans la question suivante, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

Q6. À l'aide des **Figures 4 et 5** et des données précédentes, calculer la valeur du volume d'huile V_H contenu dans le fût métallique, lors de l'enregistrement représenté en **Figure 4**.