

TSpé	Devoir surveillé N°6	Mercredi 14/02/24
------	----------------------	-------------------

Nom et Prénom :

EXERCICE 1 : CAPTEUR D'ARROSAGE CAPACITIF (5,5 points)

Afin de faciliter la gestion de l'arrosage de ses plantes, un botaniste amateur investit dans une série de microcontrôleurs, de capteurs d'humidité et de pompes afin d'automatiser l'apport en eaux de ses plantes (**figure 1**). Son idée est la suivante : le capteur remonte au microcontrôleur une mesure de l'humidité relative du milieu et, dès que celle-ci est inférieure à un seuil qu'il a préalablement décidé, cela déclenche une action, par exemple une alarme ou bien encore l'arrosage de la plante.



Figure 1 : Photographie libre de droit d'un capteur d'humidité

Cet exercice ne s'intéresse qu'à l'étude de la mesure par le capteur de l'humidité réalisé à l'aide d'un condensateur. Tous les autres aspects de gestion de l'arrosage sont volontairement ignorés.

Partie A - Étude de la capacité du capteur en fonction de l'humidité

Le capteur d'humidité comprend un condensateur plan pouvant être schématisé de la manière suivante :



Figure 2 : Représentation schématique d'un condensateur plan

La capacité d'un tel condensateur est exprimée par la relation suivante :

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{\ell}$$

Les grandeurs physiques apparaissant dans cette équation sont respectivement :

- C la capacité du condensateur en farads (F) ;
- ϵ_0 la permittivité du vide, l'une des constantes fondamentales de la physique ;
- ϵ_r la permittivité relative du milieu, caractéristique variable d'un environnement à un autre (grandeur sans unité) ;
- S la surface des armatures du condensateur plan qui se font face ;
- ℓ la distance entre les deux armatures.

Le principe du capteur réside dans le fait que la capacité du condensateur change en fonction de la proportion d'eau présente dans le sol.

- A.1.** La permittivité de l'air est $\epsilon_{r,air} = 1,0$ alors que celle de l'eau est $\epsilon_{r,eau} = 80$. En déduire, parmi l'air et l'eau, le milieu pour lequel la capacité du condensateur sera la plus grande.
- A.2.** Justifier alors que, pour une même charge électrique q portée par une armature du condensateur, la tension électrique aux bornes de celui-ci est plus faible quand il est plongé dans l'eau que quand il est laissé à l'air libre.

0,5
1

Partie B - Étude de la charge d'un condensateur

Le capteur est connecté à un microcontrôleur. Dès que le microcontrôleur est mis en route, cela déclenche la charge du condensateur qui compose le capteur alors que ce dernier est encore dans l'air.

Le système est modélisé par le circuit représenté ci-après (**figure 3**) comportant un condensateur de capacité C_{air} en série avec un générateur idéal de tension, ayant pour tension à ses bornes E , et une résistance de valeur R .

On considère que le condensateur est initialement déchargé.

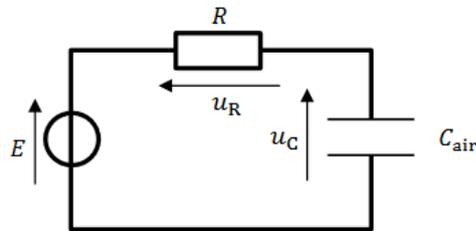


Figure 3 : Circuit en série comprenant un générateur, une résistance R et un condensateur C_{air}

B.1. Établir, pour le circuit de la **figure 3**, la relation entre E , $u_R(t)$ et $u_C(t)$.

0,5

B.2. Montrer alors que l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur est :

1,5

$$\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{R \times C_{\text{air}}} u_C(t) = \frac{E}{R \times C_{\text{air}}}$$

B.3.1. Montrer que $u_C(t) = E \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de l'équation différentielle à condition que $\tau = R \times C_{\text{air}}$

1

B.3.2. Nommer le produit des grandeurs R et C_{air} .

0,5

B.4. Montrer qu'une fois avoir attendu un temps suffisamment long, la charge du condensateur vaut :

0,5

$$Q_{\text{chargé}} = C_{\text{air}} \times E.$$

EXERCICE 2 : BICYCLE MOTO CROSS (4,5 points)

Après la course, la technique dite du bain froid, est utilisée par des pilotes de BMX pour favoriser la récupération physique. Elle consiste à immerger le pilote de BMX dans un bain d'eau froide à 10 °C, pendant quelques minutes.

On cherche à déterminer la température du corps du pilote au bout de la durée d'immersion. Pour cela, on s'intéresse à l'évolution de la température T du système {pilote de BMX} placé au contact de l'eau froide du bain dont la température T_{eau} demeure constante et égale à 10 °C.

On note Q l'énergie thermique échangée entre le pilote et l'eau pendant une durée Δt . On note Φ le flux thermique correspondant.

On assimile le pilote à un système incompressible possédant une capacité thermique, C , constante. On négligera, dans ce modèle, la thermogénèse du pilote (production interne d'énergie thermique).

Données :

- température initiale du pilote avant son immersion : $\theta_0 = 37 \text{ °C}$;
- $T \text{ (K)} = \theta \text{ (°C)} + 273$;
- capacité thermique du système {pilote de BMX} : $C = 347 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}$.

Q.1. Citer trois modes de transfert thermique.

0,5

Q.2. En appliquant le premier principe de la thermodynamique, relier la variation d'énergie interne ΔU du système {pilote de BMX} à l'énergie thermique Q .

0,5

Q.3. Exprimer le flux thermique Φ en fonction de Q et de Δt . Indiquer les unités du système international des grandeurs intervenant dans cette expression.

0,5

Q.4. Exprimer le flux thermique Φ en fonction de la capacité thermique C , de la variation de température ΔT et de la durée Δt .

1

La valeur du flux thermique moyen échangé entre le système {pilote de BMX} et l'eau froide est estimée à $-4,6 \times 10^3 \text{ W}$.

Q.5. Justifier le signe du flux thermique.

0,5

Q.6. Calculer à l'aide du modèle la température du pilote au bout de 10 min d'immersion dans l'eau froide.

1

Q.7. Indiquer une des raisons expliquant pourquoi ce modèle n'est pas pertinent.

0,5