

Surveiller l'humidité d'un local d'archives

Terminale spécialité Physique-Chimie · Le dipôle RC

1. Principe de l'élément sensible

Les deux couches d'or conductrices sont deux armatures en regard ; le film polymère qui les sépare joue le rôle d'isolant. L'ensemble constitue donc un condensateur. L'absorption de vapeur d'eau modifie les propriétés de l'isolant et, par conséquent, la capacité du condensateur. La courbe d'étalonnage permet alors d'associer une humidité relative à la capacité mesurée.

2. Équation de la décharge

Avec les orientations du schéma, la loi des mailles donne

$$u_R + u_C = 0.$$

La loi d'Ohm s'écrit $u_R = Ri$. D'autre part,

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \text{et} \quad q = Cu_C,$$

d'où $i = C \frac{du_C}{dt}$. Il vient

$$RC \frac{du_C}{dt} + u_C = 0,$$

soit, sous forme canonique,

$$\boxed{\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC}u_C = 0.}$$

3. Évolution de la tension

L'équation est de la forme $y' + ay = 0$, avec $a = 1/(RC)$. Son temps caractéristique vaut $\tau = RC$ et sa solution s'écrit

$$u_C(t) = A e^{-t/\tau}.$$

Le condensateur est initialement chargé sous E , donc $u_C(0) = E$ et $A = E$. À long terme, l'expression tend bien vers la tension nulle attendue après la décharge. Ainsi,

$$\boxed{u_C(t) = E e^{-t/(RC)}.$$

4. Humidité relative mesurée

La tension initiale vaut $E = 5,00 \text{ V}$. Une lecture au niveau $0,37E \simeq 1,85 \text{ V}$ donne

$$\tau \simeq 130 \mu\text{s}.$$

La lecture par la tangente à l'origine conduirait à une valeur voisine. La capacité de l'élément vaut alors

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{130 \times 10^{-6}}{1,00 \times 10^6} = 1,30 \times 10^{-10} \text{ F} = 130 \text{ pF}.$$

Le document 1 associe cette capacité à une humidité relative voisine de

$\text{HR} \simeq 62 \text{ \%}.$

La courbe d'étalonnage se lit au picofarad près dans cette zone; une incertitude de $\pm 2 \text{ pF}$ sur C correspond à $\pm 1 \text{ \%}$ sur l'humidité. Une réponse comprise entre $61 \text{ \%}$ et $63 \text{ \%}$ est donc cohérente.

5. Seuil de commande de la ventilation

Pour $70 \text{ \%}$ d'humidité relative, le document 1 donne $C_{70} \simeq 150 \text{ pF}$. Le temps caractéristique correspondant est

$$\tau_{70} = RC_{70} = 1,00 \times 10^6 \times 150 \times 10^{-12} = 1,50 \times 10^{-4} \text{ s} = 150 \mu\text{s}.$$

À la date $t_m = 100 \mu\text{s}$, la tension seuil vaut donc

$$u_{\text{seuil}} = 5,00 e^{-100/150} = 2,57 \text{ V}.$$

Quand l'humidité augmente, la capacité augmente : la décharge est plus lente et la tension conservée à date fixe est plus élevée. La commande doit donc déclencher la ventilation si

$u_C(100 \mu\text{s}) > 2,57 \text{ V}.$

Le document 2 donne $2,30 \text{ V}$ à cette date, soit $0,27 \text{ V}$ sous le seuil : **la ventilation ne doit pas se déclencher**, ce qui est cohérent avec l'humidité d'environ $62 \text{ \%}$ déterminée précédemment.

La conclusion est robuste. Même en retenant la borne haute de la plage de lecture de la question 4, $\text{HR} = 63 \text{ \%}$, soit $C = 132 \text{ pF}$ et $\tau = 132 \mu\text{s}$, la tension à t_m vaudrait $5,00 e^{-100/132} = 2,34 \text{ V}$: elle resterait $0,23 \text{ V}$ sous le seuil. L'écart mesuré est donc largement supérieur à l'incertitude des lectures graphiques.