

Détermination de l'épaisseur d'un film alimentaire

Note sur les critères d'évaluation : la qualité de l'expérimentation et de la réflexion seront fortement valorisées ; terminer le sujet n'est pas déterminant dans la notation. Aucune connaissance préalable n'est attendue sur le fonctionnement spécifique des appareils ou des logiciels utilisés. Des notices explicatives sont disponibles. Ne pas hésiter à faire appel à l'examineur en cas de doute. Le matériel d'usage courant non mentionné dans la liste peut être demandé à l'examineur.

Un compte-rendu succinct sera rédigé par le candidat, qui fera figurer schémas, résultats et commentaires sur les mesures réalisées. Aucun développement extensif n'est attendu puisqu'on rappelle qu'il s'agit d'une épreuve orale.

Objectif

Vous disposez sur votre paillasse d'un rouleau de film étirable en PVC utilisé pour la protection des denrées alimentaires. L'objectif de cette séance est de déterminer l'épaisseur de ce film.

Matériel

- un rouleau de film alimentaire, du papier aluminium,
- un livre + un transformateur d'isolement (objets lourds)
- sources de tensions : générateur de tension continu, générateur basse fréquence (GBF), un interrupteur
- appareils de mesures : oscilloscope, multimètres
- une résistance variable
- un ordinateur muni de tableurs (Regressi, Excel).

Détermination de l'épaisseur du film

Condensateur plan

Un condensateur plan est constitué de deux armatures métalliques planes séparées par un milieu non conducteur appelé milieu diélectrique.

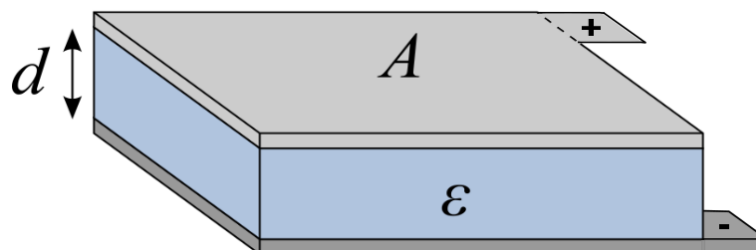


FIGURE 1: Condensateur plan

La capacité du condensateur entre les deux armatures est donnée par la relation :

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

où :

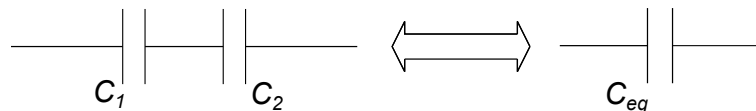
- d est la distance entre les deux armatures métalliques,
- A est la surface en regard des deux armatures liées aux deux bornes du condensateur,
- ϵ_0 est la permittivité du vide valant : $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} 10^{-9}$ S.I,
- ϵ_r est la permittivité relative du milieu diélectrique situé entre les deux armatures. Pour le PVC, on a : $\epsilon_r = 2,2$.

Questions

1. Proposer et mettre en oeuvre un premier protocole permettant de déterminer le plus précisément possible l'épaisseur du film alimentaire. On pourra se référer à la note d'utilisation du capacimètre située en fin de sujet. On utilisera l'objet lourd comme poids dans le protocole et commenter son influence sur les résultats.
2. En vous servant de la résistance et/ou de la bobine, proposer et mettre en oeuvre une méthode alternative pour mesurer cette épaisseur.
3. Comparer votre valeur à une mesure directe effectuée à l'aide d'un micromètre Palmer. Commenter.

Loi d'association en série des condensateurs

Lorsqu'on associe deux condensateurs en série, on obtient un condensateur de capacité équivalente C_{eq} tel que :



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

FIGURE 2: Association série de deux condensateurs

4. Proposer et mettre en oeuvre un protocole permettant de vérifier la loi d'association série des condensateurs. En déduire une seconde estimation de l'épaisseur du film.

Loi d'association en parallèle des condensateurs

Lorsqu'on associe deux condensateurs en parallèle, on obtient un condensateur de capacité équivalente C_{eq} tel que :

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

5. Proposer et mettre en oeuvre un protocole permettant de vérifier la loi d'association parallèle des condensateurs. En déduire une troisième estimation de l'épaisseur du film.

Résistance de fuite du condensateur

Il est connu qu'un condensateur chargé puis isolé finit généralement par se décharger. Ceci est dû au fait que le milieu diélectrique situé entre les deux armatures n'est pas parfaitement isolant. On modélise cette auto-décharge par une résistance de fuite R_f disposée en parallèle sur la capacité C .

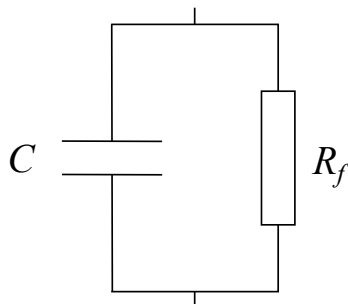


FIGURE 3: Modélisation électrique du condensateur plan en tenant compte de la résistance de fuite.

Pour mesurer cette résistance de fuite, on se propose de réaliser le montage ci-dessous avec le condensateur au PVC, un générateur de tension continu, un interrupteur et un oscilloscope.

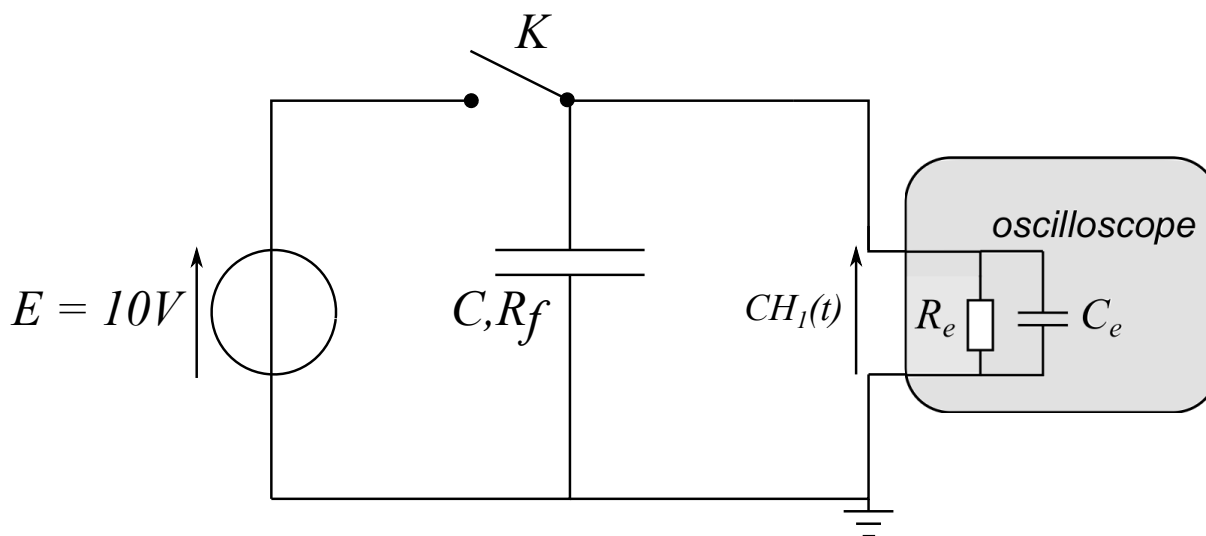


FIGURE 4: Montage de mesure de R_f . On rappelle que l'oscilloscope en mode DC est assimilable à l'association parallèle d'une résistance $R_e = 1 \text{ M}\Omega$ et d'une capacité $C_e \approx 16 \text{ pF}$.

Lorsque l'interrupteur K est fermé, le condensateur est chargé sous une tension de 10V. Lorsque l'interrupteur K est ouvert, le condensateur se décharge dans l'oscilloscope.

6. En utilisant l'oscilloscope en mode **séquence unique** (voir indications en annexe), mesurer le temps de décharge du condensateur artisanal dans l'oscilloscope.
7. D'après votre mesure du temps de décharge, que pouvez-vous conclure sur la valeur de la résistance de fuite R_f ?

Propagation des incertitudes (cas simples)

$$\begin{array}{ll}
 c = a + b \text{ ou } c = a - b & \Delta c = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2} \\
 c = ab \text{ ou } c = \frac{a}{b} & \frac{\Delta c}{c} = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2} \\
 c = ka \text{ (} k \text{ constante)} & \Delta c = k\Delta a \\
 c = a^p b^q \text{ ou } c = \frac{a^p}{b^q} & \frac{\Delta c}{c} = \sqrt{\left(p\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(q\frac{\Delta b}{b}\right)^2}
 \end{array}$$

Pour les calculs d'incertitude plus complexes, on pourra utiliser les logiciels GUM, Excel ou Regressi.

Annexe : utilisation d'un capacimètre

- Brancher une borne du condensateur sur la voie notée **COM** et la seconde borne sur la voie notée **-||-**.
- Afficher la valeur de la capacité en appuyant sur le bouton **-||-**.

Annexe : utilisation du mode séquence unique

- Tourner la molette verticale **VOLT/DIV** et ma molette horizontale **SEC/DIV** selon les plages appropriées correspondant au signal que vous souhaitez observer.
- Appuyez sur le bouton **ACQUISITION** pour afficher le menu correspondant.
- Appuyer sur le bouton d'option **Détecteur de Crête**
- Appuyer sur le bouton **TRIG MENU** pour afficher le menu Déclenchement.
- Sélectionner la pente (montante ou descendante)
- Tourner la molette **NIVEAU** pour régler le niveau de déclenchement sur la médiane d'une tension entre les tensions ouvertes et les tensions fermées de l'interrupteur.
- Appuyer sur **SEQ UNIQUE** pour lancer l'acquisition.
- Pour recommencer, appuyer sur **RUN/STOP**