

## CONDENSATEURS ET CAPACITÉ

### 1 But

Un condensateur est un appareil constitué de deux conducteurs proches l'un de l'autre mais sans contact direct. Une application utilise des condensateurs est qu'on peut emmagasiner des charges électriques et, par le fait même, de l'énergie électrique.

La présente expérience<sup>1</sup> contient deux parties:

1. Condensateur plan et vérification de la relation (2);
2. Les combinaisons de condensateurs en série et en parallèle, à l'aide des équations (3) et (4).

Les sections *Théorie* et *Manipulations* sont séparées en ces deux parties.

### 2 Théorie

Si une différence de potentiel  $V$  est établie entre deux conducteurs semblables, ils acquièrent une charge égale et opposée de  $+Q$  et  $-Q$ , respectivement. Pour un condensateur donné, la quantité de charge  $Q$  sur chaque conducteur est proportionnelle à la différence de potentiel entre les conducteurs,

$$Q = CV. \quad (1)$$

La constante de proportionnalité  $C$  est appelée la *capacité* du condensateur. L'unité SI de la capacité est le *farad* (F), qui vaut un coulomb par volt (C/V).

#### 2.1 Partie I. Condensateur plan

Un condensateur plan est constitué de deux armatures (c.-à-d. des plaques parallèles) ayant une même surface  $A$ , et séparées d'une distance  $d$  (voir Figure 1). La capacité du condensateur plan est donnée par

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}, \quad (2)$$

où  $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N}\cdot\text{m}^2)$  est la *permittivité du vide*. Dans l'équation (2), on suppose que la valeur de  $d$  est petite par rapport à l'aire du condensateur.

---

<sup>1</sup>Adaptation et traduction de: Experiment 15 - Capacitance, *Physics Laboratory Manual- Phys 124/126, Department of Physics, University of Alberta.*

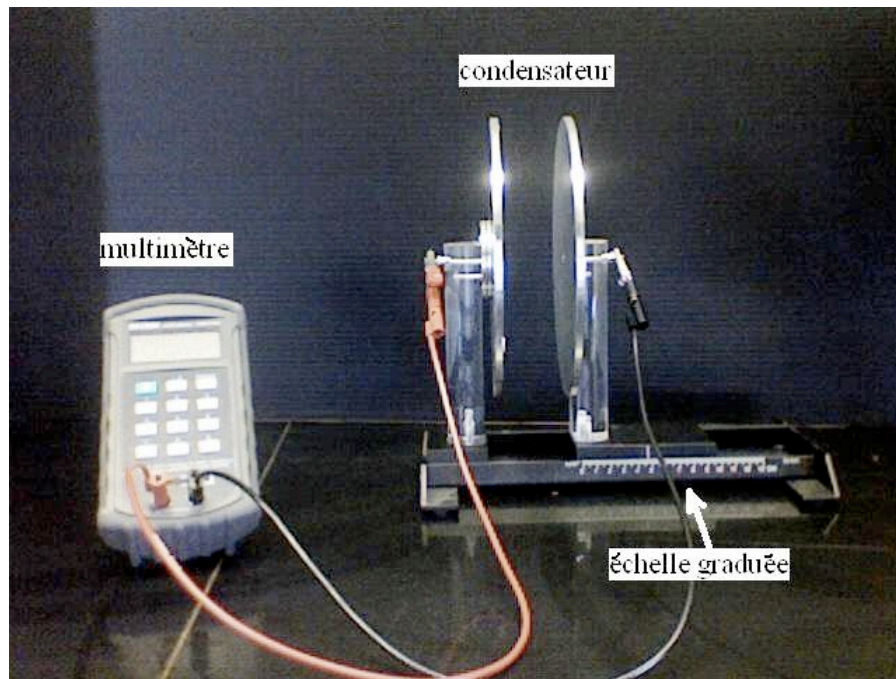


Figure 1: Condensateur plan

## 2.2 Partie II. Condensateurs en série et en parallèle

Si trois condensateurs sont connectés en *série* comme à la Figure 2, chacun d'entre eux accumule une charge égale à  $Q$ . Un circuit en série possède une capacité équivalente,  $C_s$ , donnée par la relation

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}. \quad (3)$$

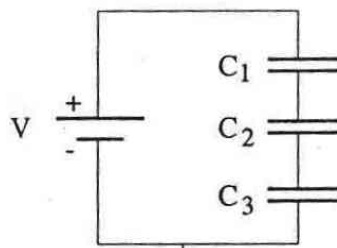


Figure 2: Condensateurs en série.

Par contre, si les trois condensateurs sont branchés en *parallèle*, comme à la Figure 3, la différence de potentiel aux bornes de chaque condensateur est égale à la fém,  $\mathcal{E}$ , produite

par la source de courant. Le circuit en parallèle possède une capacité équivalente  $C_p$  donnée par

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3. \quad (4)$$

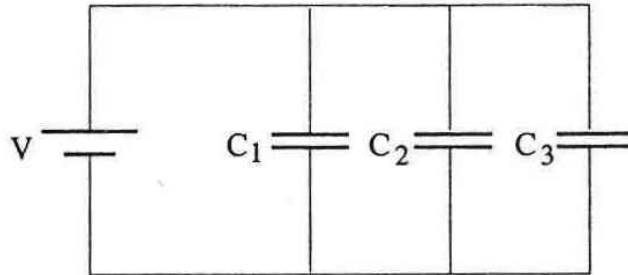


Figure 3: Condensateurs en parallèle.

### 3 Manipulations

#### 3.1 Partie I. Condensateur plan

##### Observations préliminaires.

1. La capacité peut être mesurée directement en utilisant un multimètre digital.
2. Le multimètre affiche les lectures de la capacité en pF, nF,  $\mu$ F ou mF, selon l'échelle sélectionnée. Si la lecture de la capacité affichée sur l'appareil montre seulement un ou deux chiffres significatifs, sélectionnez une échelle plus sensible (ayant des unités plus petites). Si la capacité est plus grande que la valeur maximale de l'échelle, l'appareil affichera un "1", et vous devrez sélectionner une échelle ayant des unités plus grandes.
3. Lorsque vous mesurez la capacité en utilisant l'échelle de 200 pF (picoFarad), la capacité des fils de connexion affecte les mesures.
  - (a) Allumez l'appareil à mesurer la capacité en utilisant le bouton situé sur le côté gauche et sélectionnez le mode "LRC" à l'aide du petit bouton à droite sous l'afficheur. Sélectionnez ensuite l'échelle de 200 pF.
  - (b) Premièrement, faites le zéro de l'appareil. Pour ce faire, assurez-vous qu'aucun fil de connexion ne soit branché à l'appareil et utilisez le petit bouton jaune en bas à gauche jusqu'à ce que l'afficheur indique "0". Branchez ensuite les fils de connexion à l'appareil et observez la valeur de la capacité. Les fils de connexion branchés à l'appareil possèdent une capacité mesurable d'environ 10 pF. Déplacez les fils et observez le changement de la capacité des fils. Même la présence de vos mains autour des fils produit un changement mesurable de la capacité.

- (c) Ceci démontre que la capacité varie selon la géométrie entre deux conducteurs.  
 (d) Vous devez alors être méticuleux lorsque vous utilisez l'échelle de 200 pF.

**Condensateur plan.** La capacité d'un condensateur plan idéal est donnée par l'équation (2). Pour vérifier cette équation, la capacité sera mesurée en variant la distance  $d$  entre les deux plaques de 2.0 mm à 12.0 mm.

La capacité qui sera mesurée pour ces distances  $d$  devrait être dans un intervalle de mesure d'environ 150 pF à 30 pF. Puisque vous devez utiliser l'échelle de 200 pF pour effectuer ces mesures, vous devez tenir compte de la capacité des fils de connexion.

1. Pour la première lecture, ajustez la séparation entre les plaques  $d$  à 2.0 mm et attachez les fils de connexion du multimètre aux poteaux isolants du condensateur plan, tel qu'illustré à la Figure 1. Ajustez l'appareil à zéro (aussi près que possible), avec de petits tubes de caoutchouc sur les vis latérales<sup>2</sup>. Attachez ensuite les fils au poteaux conducteurs en bougeant le moins possible les fils et en les gardant dans la même position. Éloignez-vous du montage et notez la valeur de la capacité  $C$ .
2. Prenez note de la capacité lorsque vous augmentez la séparation entre les plaques  $d$  de 1.0 mm, et ce jusqu'à la valeur maximum de 12.0 mm. Écrivez vos valeurs dans le Tableau 1.
3. Répétez les lectures, mais en diminuant maintenant la distance de séparation des plaques  $d$  de 12.0 à 2.0 mm, en variant de 1.0 mm à la fois.
4. Mesurez directement le diamètre,  $D \pm \Delta D$ , des plaques en utilisant une règle.
5. Calculez la capacité moyenne  $C_{\text{moy}}$  et son erreur  $\Delta C_{\text{moy}}$  pour chaque distance de séparation  $d$ .

séparation $d \pm \delta d$	$C_1$	$C_2$	$C_{\text{moy}} \pm \delta C_{\text{moy}}$	séparation $d \pm \delta d$	$1/C \pm \delta(1/C)$

Tableau 1: Capacité  $C$  d'un condensateur plan en fonction de la distance  $d$ .

6. Complétez le Tableau 2, ci-dessous.

$C$ donnée par le manufacturier ( $\mu\text{F}$ )	$C$ mesurée ( $\mu\text{F}$ )	différence ( $\mu\text{F}$ )
$0.100 \pm 0.010$		
$0.220 \pm 0.022$		
$0.470 \pm 0.047$		

Tableau 2: Mesure de la capacité de chaque condensateur en utilisant un multimètre.

<sup>2</sup>Un instructeur de laboratoire devrait vous aider à faire ceci correctement.

### 3.2 Partie II. Condensateurs en série et en parallèle

**Capacité de trois condensateurs.** On vous fournit trois condensateurs de capacités  $C_1 \approx 0.10 \mu\text{F}$ ,  $C_2 \approx 0.22 \mu\text{F}$  et  $C_3 \approx 0.47 \mu\text{F}$ .

1. Sélectionnez l'échelle de 200 nF et faites le zéro de l'appareil.
2. Mesurez et notez la capacité de chacun des trois condensateurs en vous assurant que votre lecture possède au moins trois chiffres significatifs. Notez l'erreur de la lecture en utilisant  $\pm 1$  de la dernière décimale.

#### Condensateurs en série.

1. En utilisant le panneau de circuit électrique, branchez les trois condensateurs dans un circuit en série tel qu'illustré dans la Figure 2.
2. Mesurez et notez (au Tableau 3) la capacité équivalente observée  $C_s(\text{obs}) \pm \Delta C_s(\text{obs})$  de ce circuit.
3. Calculez la valeur théorique calculée de la capacité équivalente  $C_s(\text{calc}) \pm \Delta C_s(\text{calc})$  en utilisant la capacité des condensateurs mesurée au début de la Partie II (première ligne du Tableau 3).
4. Comparez ces deux valeurs de la capacité équivalente  $C_s$  (première ligne du Tableau 3). Sont-elles égales, à erreur près? Remarque:  $\frac{\Delta C_s(\text{calc})}{C_s^2(\text{calc})} = \frac{\Delta C_1}{C_1^2} + \frac{\Delta C_2}{C_2^2} + \frac{\Delta C_3}{C_3^2}$ .

#### Condensateurs en parallèle.

1. En utilisant le panneau de circuit électrique, branchez les trois condensateurs dans un circuit en parallèle comme à la Figure 3.
2. Mesurez et notez (Tableau 3) la capacité équivalente observée  $C_p(\text{obs}) \pm \Delta C_p(\text{obs})$  de ce circuit.
3. Calculez la valeur théorique calculée de la capacité équivalente  $C_p(\text{calc}) \pm \Delta C_p(\text{calc})$  en utilisant la capacité des condensateurs mesurée au début de la Partie II (deuxième ligne du Tableau 3).
4. Comparez ces deux valeurs de la capacité équivalente  $C_p$  (deuxième ligne du Tableau 3). Sont-elles égales, à erreur près?

**Combinaison en série et parallèle de trois condensateurs.**

1. En utilisant le panneau de circuit électrique, branchez les trois condensateurs dans une combinaison en série et parallèle comme à la Figure 4.

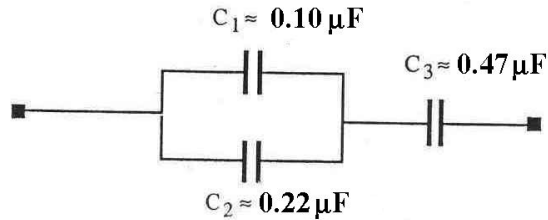


Figure 4: Combinaison mixte de condensateurs.

2. Mesurez la capacité équivalente observée  $C_{\text{comb}}(\text{obs}) \pm \Delta C_{\text{comb}}(\text{obs})$  de ce circuit (troisième ligne du Tableau 3).
3. Calculez la valeur théorique calculée de la capacité équivalente  $C_{\text{comb}}(\text{calc}) \pm \Delta C_{\text{comb}}(\text{calc})$  en utilisant la capacité des condensateurs mesurée au début de la Partie II (troisième ligne du Tableau 3).
4. Comparez ces deux valeurs de la capacité équivalente  $C_{\text{comb}}$  (troisième ligne du Tableau 3). Sont-elles égales, à erreur près?

	$C$ équivalente calculée ( $\mu\text{F}$ )	$C$ équivalente mesurée ( $\mu\text{F}$ )	différence ( $\mu\text{F}$ )
en série			
en parallèle			
mixte			

Tableau 3: Capacité équivalente de différents circuits.

**4 Résultats et analyse**

Complétez le Tableau 1. Vérifiez l'équation (2) en traçant un graphique de  $d$  (axe des  $y$ ) en fonction de  $1/C$  (axe des  $x$ ). Déterminez une valeur expérimentale de la permittivité du vide  $\varepsilon_0 \pm \Delta \varepsilon_0$  en utilisant les résultats de votre graphique et le rayon mesuré des plaques. Comparez cette valeur expérimentale avec la valeur théorique de  $\varepsilon_0$ .

## 5 Questions

(Insérez vos réponses dans la section *Analyse des résultats* de votre rapport.)

1. L'équation (2) est vérifiée en traçant un graphique de  $d$  (axe des  $y$ ) en fonction de  $1/C$  (axe des  $x$ ). Déterminez les quantités qui correspondent à la pente et à l'ordonnée à l'origine de ce graphique.
2. Montrez que les unités de la quantité théorique dans la question (1) représentant la pente sont consistantes avec les vraies unités de la pente du graphique.
3. En utilisant les énoncés de la section *Théorie* de cette expérience, obtenez les équations (3) et (4) pour le circuit de condensateurs en série et celui en parallèle.
4. Obtenez l'expression pour l'erreur de la capacité équivalente du circuit en série ( $\Delta C_s$ ), et aussi celle de la capacité équivalente du circuit en parallèle ( $\Delta C_p$ ).