

Détermination de la capacité d'un condensateur à plaques

Mesure de la charge avec l'amplificateur électromètre

Objectifs expérimentaux

- Mesure de la charge Q absorbée par un condensateur à plaques en fonction de la tension U appliquée.
- Détermination de la capacité C en fonction de la surface des plaques A .
- Détermination de la capacité C pour différents diélectriques.
- Détermination de la capacité C en fonction de la distance d entre les plaques.

Notions de base

Le condensateur à plaques est le type de condensateur le plus simple. Sa capacité

$$C = \frac{Q}{U} \quad (I)$$

Q : charge absorbée, U : tension appliquée

dépend de la surface des plaques A , de la distance d qui sépare les plaques et du matériau – électriquement non conducteur – entre les plaques. On a pour la capacité du condensateur à plaques

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \quad (II),$$

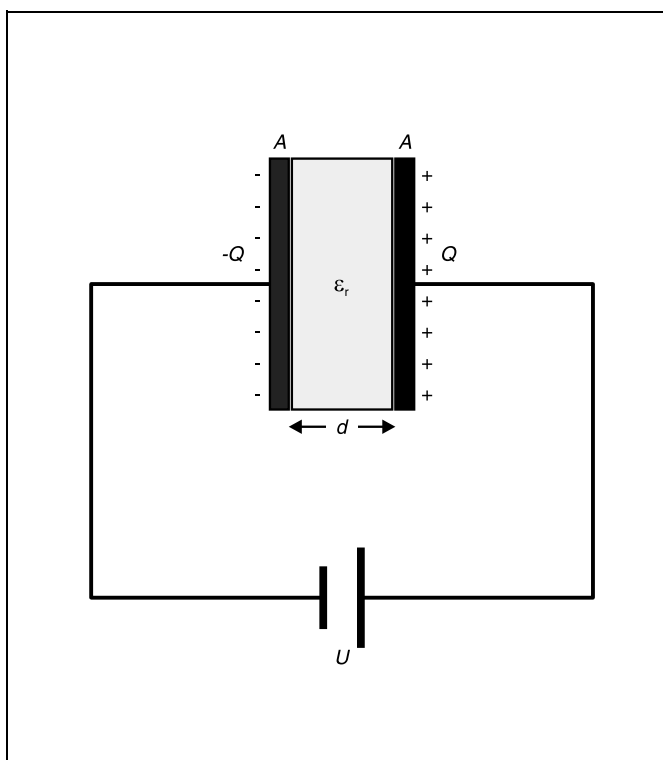
$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$: constante de champ électrique

tant que la distance entre les plaques est nettement moins grande que les dimensions des plaques et que le champ électrique E entre les plaques peut être considéré comme homogène. La constante diélectrique ϵ_r décrit l'augmentation de la capacité par rapport à la valeur du vide qui est occasionnée par la mise en place du matériau.

Cette relation est étudiée dans l'expérience avec un condensateur démontable à géométrie variable. On dispose de plaques de condensateur de surface $A = 400 \text{ cm}^2$ et $A = 800 \text{ cm}^2$. La distance d qui sépare les plaques peut être augmentée de millimètre en millimètre par des entretoises. On commence par mesurer la charge Q absorbée en fonction de la tension U puis on détermine la capacité C caractérisée par la pente de la droite passant par l'origine et par les points de mesure. Pour vérifier la proportionnalité

$$C \sim A \quad (III)$$

déduite de l'équation (II), la mesure est réalisée pour une distance d fixe, pour différentes surfaces A des plaques.



Matériel

| | |
|---|---------|
| 1 condensateur démontable | 544 23 |
| 1 alimentation 450 V – | 522 27 |
| 1 amplificateur électromètre | 532 14 |
| 1 condensateur STE 100 nF | 578 31 |
| 1 condensateur STE 10 nF | 578 10 |
| 1 tige de connexion | 532 16 |
| 1 voltmètre, CC, jusqu'à $U = \pm 8\text{ V}$. . p.ex. | 531 100 |
| 1 voltmètre, CC, jusqu'à $U \leq 300\text{ V}$. p.ex. | 531 100 |
| 1 commutateur inverseur | 504 48 |

Câbles d'expérience

En supplément, on place différents diélectriques entre les plaques du condensateur puis on détermine leur constante diélectrique ϵ_r . Le changement de la distance d entre les plaques pour une surface A constante confirme la proportionnalité

$$C \sim \frac{1}{d} \quad (\text{IV})$$

Pour la mesure de la charge, on utilise un amplificateur électromètre câblé comme un coulombmètre. Un voltmètre quelconque sert d'indicateur pour la tension de sortie U_A . D'après la capacité de référence C_A , on calcule

$$Q = C_A \cdot U_A \quad (\text{V}).$$

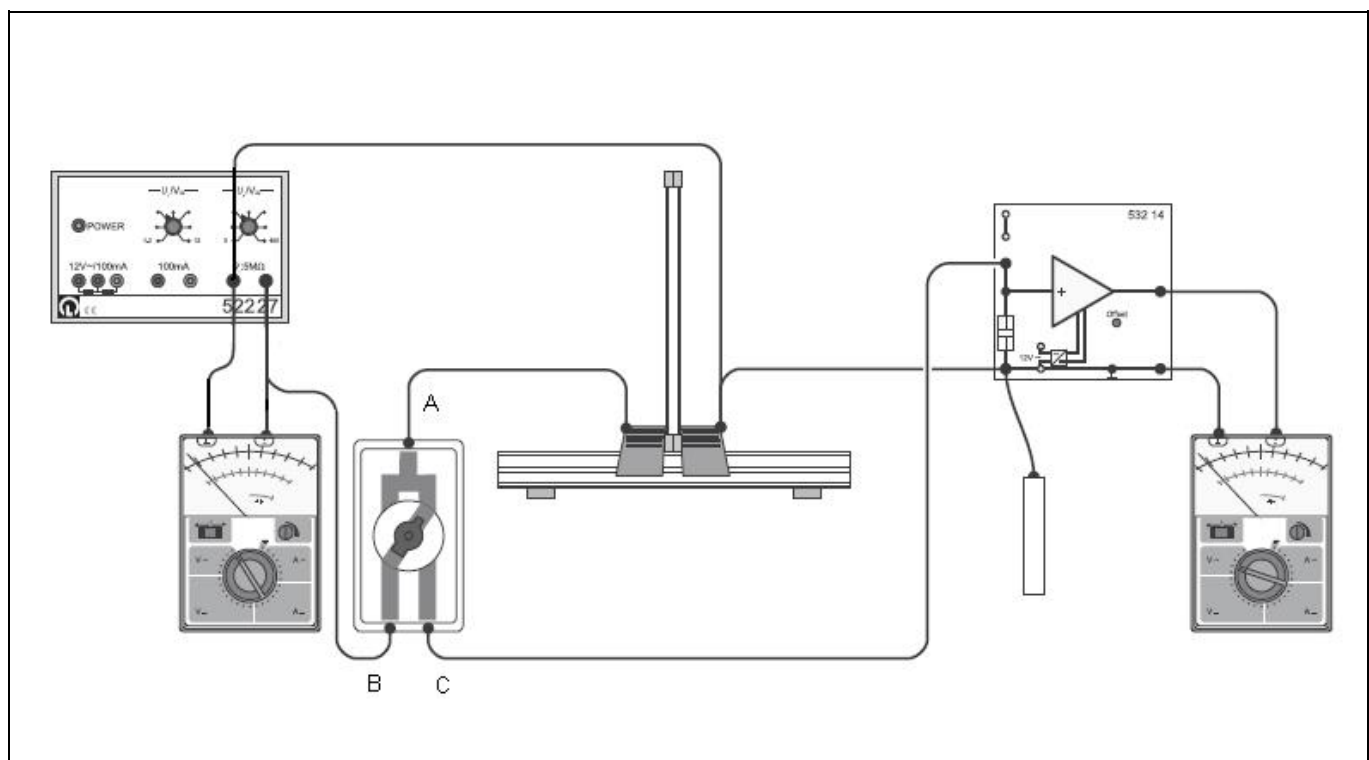
Pour $C_A = 10\text{ nF}$, $U_A = 1\text{ V}$ correspond ainsi, par exemple, à la charge $Q = 10\text{ nAs}$. On obtient d'autres gammes de mesure avec d'autres capacités.

Montage

Le montage expérimental est illustré sur la fig. 1.

- Monter la paire de petites plaques ($A = 400\text{ cm}^2$) et utiliser les entretoises pour régler une distance entre les plaques $d = 4\text{ mm}$.
- Relier le pôle négatif de l'alimentation 450 V à la plaque de droite et à la masse de l'amplificateur électromètre; y brancher aussi la tige de connexion.
- Relier le pôle positif de l'alimentation 450 V à la douille B du commutateur inverseur.
- Relier la douille A du commutateur inverseur à la plaque de gauche et la douille C à l'entrée de l'amplificateur électromètre.
- Enficher le condensateur de référence $C_A = 10\text{ nF}$ sur l'amplificateur électromètre et brancher le voltmètre à la sortie.
- Brancher le deuxième voltmètre pour la mesure de la tension U à la sortie de l'alimentation 450 V.

Fig. 1 Montage expérimental pour la détermination de la capacité d'un condensateur à plaques



Réalisation**a) Mesure de la charge en fonction de la tension pour différentes surfaces des plaques:**

- Etablir la liaison AC avec le commutateur inverseur, décharger le condensateur à plaques avec la tige de connexion et vérifier le zéro de la mesure de la charge.
- Tenir la tige de connexion, positionner le commutateur inverseur sur la liaison AB pour charger le condensateur à plaques puis régler une tension de sortie $U = 50$ V.
- Revenir à la liaison AC puis mesurer et noter la charge Q absorbée avec l'amplificateur électromètre.
- Recommencer la mesure avec d'autres valeurs de la tension.
- Remplacer les deux petites plaques par les deux grandes ($A = 800 \text{ cm}^2$, $d = 4 \text{ mm}$).
- Etablir la liaison AC et décharger le condensateur à plaques avec la tige de connexion.
- Tenir la tige de connexion et relever la deuxième série de mesures.

b) Mesure de la charge en fonction de la tension pour différents diélectriques:

- Placer la plaque en polystyrène entre les deux grandes plaques en veillant à ce que les plaques du condensateur soient bien en contact avec toute la surface de cette plaque en polystyrène.
- Etablir la liaison AC avec le commutateur inverseur et décharger le condensateur à plaques avec la tige de connexion.
- Tenir la tige de connexion et mesurer la charge Q en fonction de la tension U .
- Remplacer la plaque en polystyrène par la plaque en verre, établir la liaison AC et décharger le condensateur à plaques avec la tige de connexion.
- Tenir la tige de connexion et relever une autre série de mesures.

c) Détermination de la capacité en fonction de la distance entre les plaques:

- Régler la tension $U = 300$ V.
- Retirer la plaque en verre et utiliser les entretoises pour régler une distance entre les plaques $d = 6 \text{ mm}$.
- Etablir la liaison AC avec le commutateur inverseur et décharger le condensateur à plaques avec la tige de connexion.
- Tenir la tige de connexion, commuter sur la liaison AB pour charger le condensateur à plaques et finalement, revenir à la liaison AC pour la mesure de la charge.
- Relever et noter la charge Q .
- Réduire successivement la distance entre les plaques à 4, 3, 2 et 1 mm, charger le condensateur et mesurer la charge pour chaque écartement des plaques.

Exemple de mesure**a) Mesure de la charge en fonction de la tension pour différentes surfaces des plaques:**Tab. 1: Charge Q absorbée en fonction de la tension U appliquée pour différentes surfaces des plaques A :

| $\frac{U}{V}$ | $\frac{Q}{\text{nAs}}$ ($A = 400 \text{ cm}^2$) | $\frac{Q}{\text{nAs}}$ ($A = 800 \text{ cm}^2$) |
|---------------|---|---|
| 50 | 5 | 10,5 |
| 100 | 10,5 | 20 |
| 150 | 16 | 30 |
| 200 | 21,5 | 41 |
| 250 | 26,5 | 51 |
| 300 | 33 | 59 |

b) Mesure de la charge en fonction de la tension pour différents diélectriques:Tab. 2: Charge Q absorbée en fonction de la tension U appliquée pour différents diélectriques ($A = 800 \text{ cm}^2$)

| $\frac{U}{V}$ | $\frac{Q}{\text{nAs}}$ polystyrène | $\frac{Q}{\text{nAs}}$ verre |
|---------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 50 | 15 | 40 |
| 100 | 32 | 84 |
| 150 | 46 | 126 |
| 200 | 62 | 164 |
| 250 | 78 | 208 |
| 300 | 95 | 249 |

c) Détermination de la capacité en fonction de la distance qui sépare les plaques:Tab. 3: Charge Q (pour $U = 300$ V) et capacité C en fonction de la distance d entre les plaques ($A = 400 \text{ cm}^2$)

| $\frac{d}{\text{mm}}$ | $\frac{Q}{\text{nAs}}$ | $\frac{C}{\text{pF}}$ |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | 100 | 333 |
| 2 | 52 | 173 |
| 3 | 35 | 116 |
| 4 | 26 | 86 |
| 6 | 16 | 53 |

Exploitation et résultat

a) Mesure de la charge en fonction de la tension pour différentes surfaces des plaques:

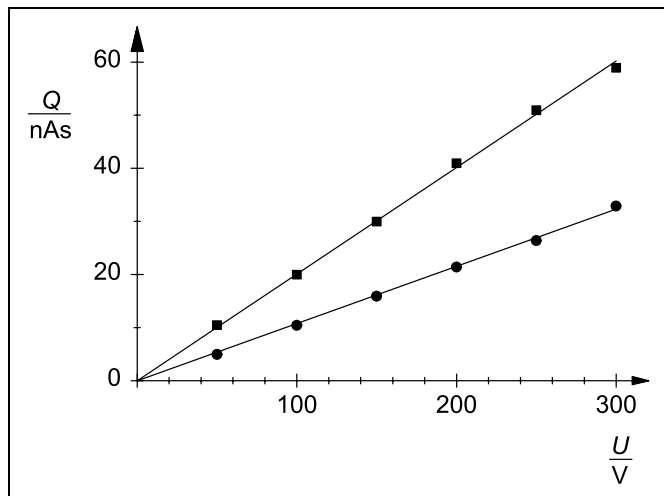


Fig. 2 Charge Q absorbée en fonction de la tension U appliquée
Surface des plaques A : 400 cm² (●), 800 cm² (■)

La fig. 2 donne une représentation graphique des valeurs mesurées du tab. 1. Les valeurs mesurées sont, dans le cadre de la précision de mesure, sur la droite passant par l'origine qui est tracée. Sa pente (voir tab. 4) correspond à la capacité C , conformément à l'équation (I).

Le rapport des capacités dans l'air dans le tab. 4 coïncide en bonne approximation avec le rapport des surfaces. La proportionnalité $C \sim A$ est ainsi vérifiée.

b) Mesure de la charge en fonction de la tension pour différents diélectriques:

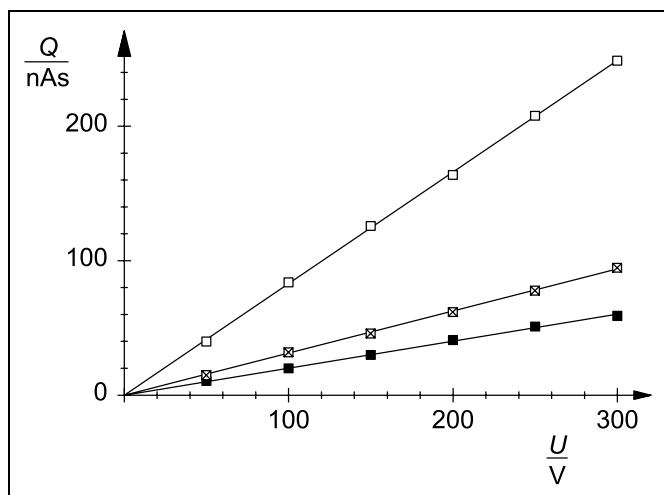


Fig. 3 Charge Q absorbée en fonction de la tension U appliquée
Diélectrique: air (■), polystyrène (●), verre (⊗)

La fig. 3 donne une représentation graphique des valeurs mesurées du tab. 2. A titre de comparaison, on a aussi tracé les valeurs du tab. 1 mesurées pour les grandes plaques, avec l'air comme diélectrique. Les valeurs mesurées sont, dans le cadre de la précision, sur les droites passant par l'origine qui sont tracées. Leur pente (voir tab. 4) correspond à la capacité C , conformément à l'équation (I).

La capacité du condensateur augmente lorsqu'il y a un diélectrique entre les plaques. D'après les valeurs mesurées, il est désormais possible de déterminer la constante diélectrique pour le polystyrène et le verre.

On obtient $\epsilon_r = 1,6$ pour le polystyrène et $\epsilon_r = 4,2$ pour le verre

Tab. 4: Exploitation des fig. 4 et 5

| Diélectrique | $\frac{A}{\text{cm}^2}$ | $\frac{C}{\text{pF}}$ |
|--------------|-------------------------|-----------------------|
| air | 400 | 108 |
| air | 800 | 201 |
| polystyrène | 800 | 313 |
| verre | 800 | 830 |

c) Détermination de la capacité en fonction de la distance qui sépare les plaques:

Les fig. 4 et 5 donnent une représentation graphique des valeurs mesurées du tab. 4. On voit que la capacité du condensateur avec la distance d entre les plaques ne diminue pas linéairement. Sur la fig. 5, les valeurs mesurées sont sur la droite passant par l'origine, la proportionnalité

$C \sim \frac{1}{d}$ étant ainsi vérifiée.

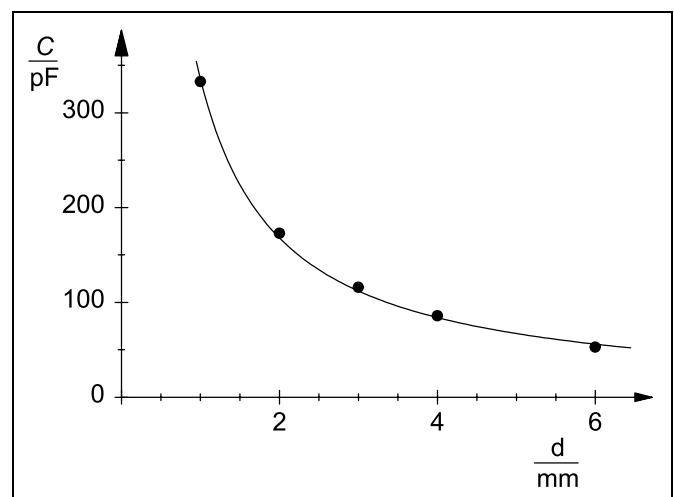


Fig. 4 Capacité C du condensateur à plaques en fonction de la distance d entre les plaques.

Fig. 5 Capacité C du condensateur à plaques en fonction de $1/d$

