

Montage en parallèle et en série de condensateurs

Mesure de la charge avec l'amplificateur électromètre

Objectifs expérimentaux

- Détermination de la capacité totale de deux condensateurs à plaques montés en parallèle et comparaison avec les capacités individuelles.
- Détermination de la capacité totale de deux condensateurs à plaques montés en série et comparaison avec les capacités individuelles.

Notions de base

La capacité C d'un condensateur est le facteur de proportionnalité entre la charge Q absorbée par le condensateur et la tension U appliquée:

$$Q = C \cdot U \quad (I)$$

Si deux condensateurs avec les capacités C_1 et C_2 sont montés en parallèle, ils absorbent au total la charge

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (II)$$

Q_1, Q_2 : charges individuelles

étant donné que la même tension U est appliquée aux deux condensateurs (voir fig. 1). Du fait de l'équation (I), on a pour la capacité du montage en parallèle

$$C = C_1 + C_2 \quad (III)$$

Dans un montage en série, les deux condensateurs absorbent la même charge Q . La tension U appliquée est la somme des tensions individuelles U_1 et U_2 :

$$U = U_1 + U_2 \quad (IV)$$

On a donc pour la capacité du montage en série

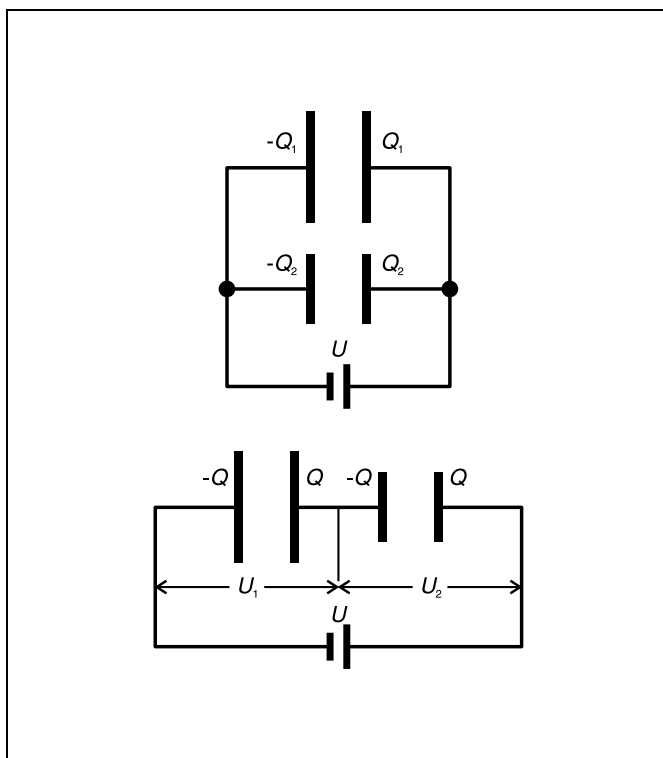
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (V)$$

Pour étudier cet état des choses, l'expérience consiste en le montage côté à côté de deux condensateurs à plaques avec des capacités C_1 et C_2 différentes que l'on branchera au choix en parallèle ou en série. Une plaque isolante entre les deux condensateurs garantit que les charges absorbées ne puissent être modifiées par influence. Pour mesurer 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

$$Q = C_A \cdot U_A \quad (VI)$$

Pour $C_A = 10$ nF, $U_A = 1$ V correspond ainsi, par exemple, à la charge $Q = 10$ nAs. La capacité à mesurer du condensateur à plaques vaut alors $C = 200$ pF si une tension $U = 50$ V a été appliquée.

Fig. 1 Montage en parallèle (en haut) et en série (en bas) de condensateurs



Matériel

1 condensateur démontable	544 23
1 alimentation 450 V –	522 27
1 commutateur inverseur	504 48
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 amplificateur électromètre	532 14
1 condensateur STE 10 nF	578 10
1 condensateur STE 100 nF	578 31
1 tige de connexion	532 16

Câbles d'expérience

Réalisation

N.B.: Il faut tenir la tige de connexion dans la main pour mesurer la charge avec l'amplificateur électromètre.

a) Condensateur à grandes plaques:

- Régler la tension de sortie de l'alimentation sur $U = 50\text{ V}$.
- Relier la plaque «intérieure» du condensateur à grandes plaques à la douille A du commutateur inverseur, conformément à la fig. 3 a, et la plaque « extérieure » à la masse.
- Etablir avec le commutateur inverseur la liaison AC et décharger le condensateur à grandes plaques avec la tige de connexion.
- Tenir la tige de connexion et faire passer le commutateur inverseur sur la liaison AB pour charger le condensateur à plaques.
- Revenir à la liaison AC, mesurer la charge Q absorbée avec l'amplificateur électromètre et d'après cette charge, calculer la capacité C .

b) Condensateur à petites plaques:

- Brancher le condensateur à petites plaques conformément à la fig. 3 b.
- Etablir la liaison AC et décharger le condensateur à plaques avec la tige de connexion.
- Tenir la tige de connexion et charger le condensateur à petites plaques.
- Mesurer la charge Q et à partir de celle-ci, calculer la capacité C .

c) Montage en parallèle:

- Conformément à la fig. 3 c, relier les deux plaques intérieures entre elles et les brancher à la douille A du commutateur inverseur; relier les deux plaques extérieures à la masse.
- Décharger le montage en parallèle avec la tige de connexion, puis le charger, mesurer la charge Q et calculer la capacité C .

d) Montage en série:

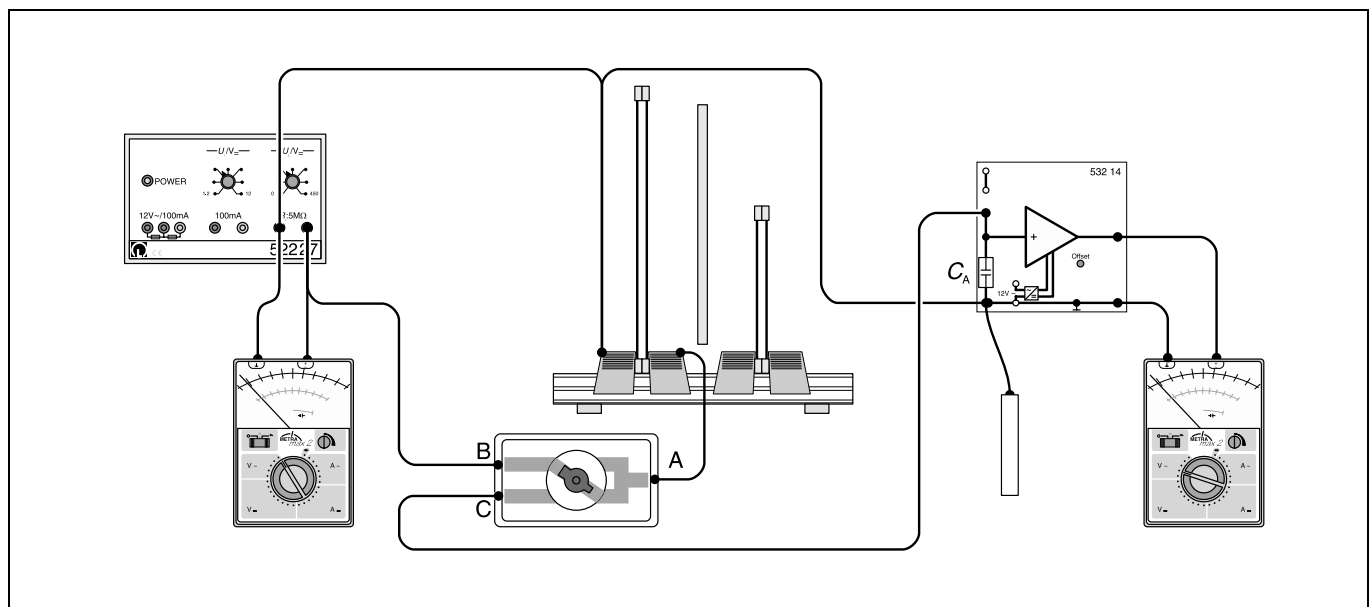
- Réaliser le montage en série conformément à la fig. 3 d.
- Décharger le montage en série avec la tige de connexion, le charger par la suite, mesurer la charge Q et calculer la capacité C .

Montage

Le montage expérimental est représenté sur la fig. 2.

- Monter la paire de grandes plaques et la paire de petites plaques (écartement des plaques: 6 mm) et intercaler la plaque en polystyrène.
- Brancher le voltmètre à la sortie de l'alimentation.
- Relier le pôle positif de l'alimentation à la douille B du commutateur inverseur.
- Brancher le pôle négatif de l'alimentation à la douille de mise à la masse de l'amplificateur électromètre.
- Brancher la tige de connexion avec câble d'expérience à la douille de mise à la masse de l'amplificateur électromètre.
- Relier la douille C du commutateur inverseur à l'entrée de l'amplificateur électromètre.
- Enfiler le condensateur de référence $C_A = 10\text{ nF}$ sur l'amplificateur électromètre.
- Alimenter l'amplificateur électromètre en tension par l'intermédiaire de l'adaptateur secteur enfichable.
- Brancher le voltmètre à la sortie de l'amplificateur électromètre.

Fig. 2 Montage expérimental pour la mesure de la capacité sur des condensateurs à plaques montés en parallèle ou en série.



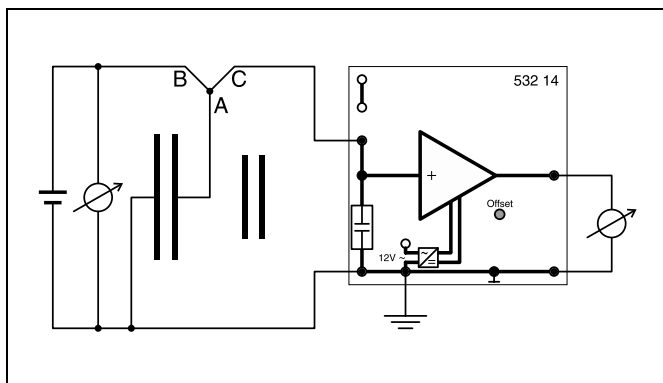


Fig. 3a Circuit pour la détermination de la capacité sur le condensateur à grandes plaques

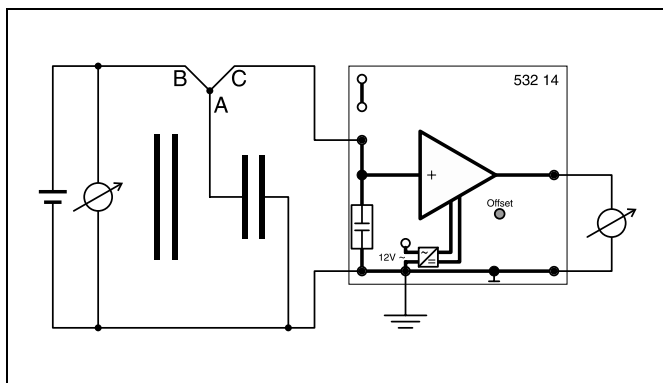


Fig. 3b Circuit pour la détermination de la capacité sur le condensateur à petites plaques

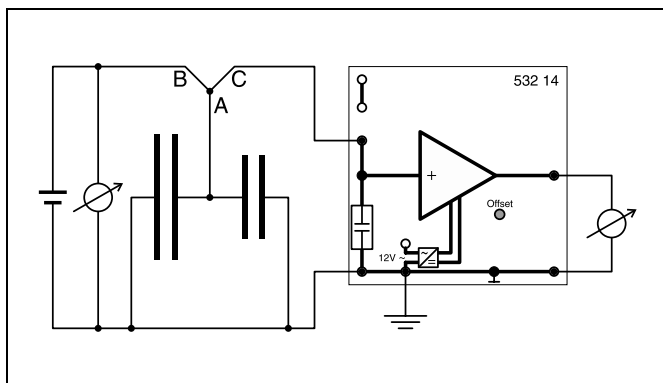


Fig. 3c Circuit pour la détermination de la capacité dans le cas du montage en parallèle

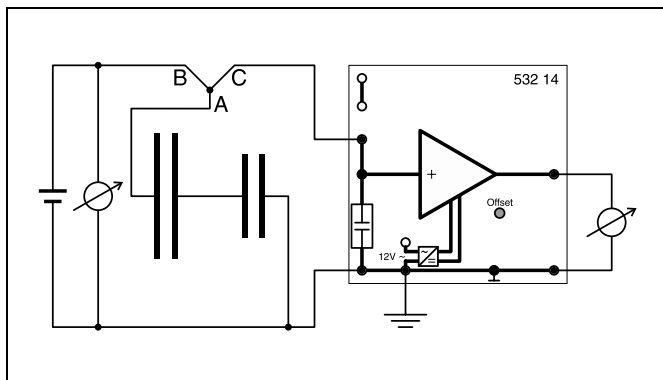


Fig. 3d Circuit pour la détermination de la capacité dans le cas du montage en série.

Exemple de mesure

$U = 50 \text{ V}$, $d = 6 \text{ mm}$:

Montage	$\frac{Q}{\text{nAs}}$	$\frac{C}{\text{pF}}$
Individuel, grande surface	12	240
Individuel, petite surface	6,5	130
Montage en parallèle	18	360
Montage en série	4,4	88

Exploitation

Montage en parallèle:

L'application de l'équation (II) donne
 $C = 130 \text{ pF} + 240 \text{ pF} = 370 \text{ pF}$

Résultat de mesure: $C = 360 \text{ pF}$

Montage en série:

L'application de l'équation (IV) donne

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{240 \text{ pF}} + \frac{1}{130 \text{ pF}} = 0,01186 \frac{1}{\text{pF}}$$

D'où $C = 84,3 \text{ pF}$

Résultat de mesure: $C = 88 \text{ pF}$

Résultat

Dans le cas du montage en parallèle des condensateurs, les capacités s'additionnent.

Dans le cas du montage en série, les valeurs inverses des capacités s'additionnent.