

Détermination de la capacité d'une sphère devant une plaque métallique

Objectifs expérimentaux

- Electrification d'une sphère conductrice devant une plaque métallique reliée à la terre à une haute tension U .
- Mesure de la charge Q en fonction de la haute tension U .
- Mise en évidence de la proportionnalité entre la charge et la haute tension et détermination de la capacité C .
- Détermination de la capacité C en fonction de la distance s entre la sphère et la plaque métallique.

Notions de base

La différence de potentiel U d'un conducteur électrique chargé, isolé dans un espace libre est proportionnelle à la charge Q du corps par rapport à un point de référence infiniment loin. On écrit:

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

avec C pour la capacité du corps chargé. C'est ainsi par ex. que la capacité d'une sphère de rayon R dans un espace libre est donnée par

$$C = 4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R \quad (II).$$

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

Si on rapproche la sphère d'une plaque métallique reliée à la terre, des charges de signes opposés sont alors produites par influence sur la plaque métallique et la différence de potentiel U diminue. Cet effet est d'autant plus grand que la distance s entre la sphère et la plaque métallique est petite. Comme la charge Q reste inchangée, la diminution de la différence de potentiel correspond conformément à (I) à une augmentation de la capacité C .

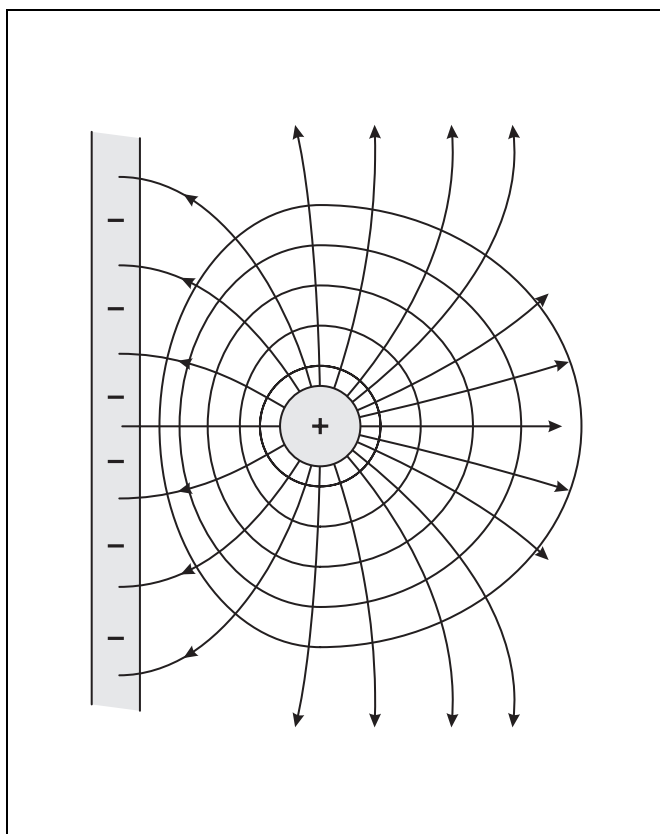
Dans l'expérience, on place une sphère conductrice de 3,5 cm de diamètre au voisinage d'une plaque métallique reliée à la terre et on l'électrise à la haute tension fixe $U = 5 \text{ KV}$ pour différentes distances s . L'augmentation de la capacité se caractérise par une augmentation de la charge Q sur la sphère. Dans une seconde série de mesures, on étudie l'influence de la haute tension U sur la charge Q alors que la distance s est fixe et on effectue la comparaison avec (I).

Pour mesurer la charge, on utilise un amplificateur électromètre branché en coulombmètre. Un voltmètre quelconque sert d'instrument d'affichage pour la tension de sortie U_A . D'après la capacité de référence C_A , on calcule:

$$Q = C_A \cdot U_A \quad (III).$$

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

Lignes de champ électriques (avec pointes en flèche) et lignes de potentiel constant entre une sphère électrisée et une plaque métallique



Matériel

1 jeu de 3 sphères conductrices	543 00
1 plaque réfléchissante	587 66
1 alimentation haute tension 10 kV	521 70
1 câble haute tension	501 05
1 amplificateur électromètre	532 14
1 adaptateur secteur enfichable 230 V/12 V~/20 W	562 791
1 cage de Faraday	546 12
1 fiche de fixation	590 011
1 condensateur STE 1 nF, 630 V	578 25
1 condensateur STE 10 nF, 100 V	578 10
1 tige de connexion	532 16
1 voltmètre, CC, jusqu'à $U = \pm 8 \text{ V}$. . . p.ex.	531 100
1 tige perforée, isolée, 25 cm	590 13
1 tige, 47 cm	300 42
3 socles	300 11
1 mètre à ruban métallique, 2 m	311 77
1 jeu de 6 pinces crocodiles	501 861
Câbles d'expérience	

Remarque préliminaire

L'expérience doit être réalisée avec grand soin car les pertes de charge consécutives aux « courants de fuite » par l'intermédiaire des isolateurs risquent d'occasionner des erreurs de mesure considérables. Par ailleurs, des phénomènes d'influence indésirables peuvent influencer sur le résultat.

L'expérience doit être réalisée dans une pièce fermée, sèche pour éviter autant que possible les pertes de charge consécutives à une forte humidité de l'air.

Il est recommandé de nettoyer la tige isolante des sphères avec de l'eau distillée, puisque l'eau distillée est le meilleur solvant qui soit pour les sels conducteurs sur les isolateurs. Du reste, pour décharger la tige isolante avant de commencer l'expérience, on devrait la faire passer plusieurs fois rapidement à travers une flamme non fuligineuse, par ex. d'un bec à butagaz.

L'alimentation haute tension et le bout du câble haute tension doivent être suffisamment distants du reste du montage expérimental pour éviter d'occasionner des phénomènes d'influence.

Pour la même raison, – notamment pour la mesure de la charge – l'opérateur doit tenir la tige de connexion de l'amplificateur électromètre dans la main afin d'assurer sa propre mise à la terre.

Conseils de sécurité

L'alimentation haute tension 10 kV répond aux consignes de sécurité pour les appareils électriques de mesure, de commande, de régulation et de laboratoire. Elle fournit une haute tension inoffensive en cas de contacts fortuits. Les mesures de sécurité suivantes sont à observer :

- Suivre les instructions du mode d'emploi de l'alimentation haute tension.
- N'intervenir dans le montage expérimental (connexions et modifications) que lorsque l'alimentation haute tension est hors service.
- Réaliser le montage expérimental de manière à ce qu'il soit impossible d'entrer inopinément en contact avec les pièces non isolées, les câbles et les prises.
- Avant de mettre l'alimentation haute tension en marche, régler la tension de sortie sur zéro (amener le potentiomètre tournant sur la butée gauche).
- Pour éviter les claquages, disposer le câble haute tension de manière à ce qu'aucun objet électriquement conducteur ne soit à proximité de celui-ci.

Montage

Le montage expérimental se compose de deux parties. La fig. 1 illustre le dispositif pour l'électrisation de la sphère devant la plaque métallique. La fig. 2 montre le câblage de l'amplificateur électromètre pour la mesure des charges.

Electrisation de la sphère devant la plaque métallique reliée à la terre:

- Brancher le câble haute tension au pôle plus de l'alimentation haute tension et relier le pôle moins à la terre.
- Monter la tige perforée dans le socle et enficher le bout libre du câble haute tension (**a**) dans le trou supérieur de la tige perforée.
- Mettre la plaque réfléchissante en place et la relier elle aussi à la terre.
- Installer la tige isolante avec la grande sphère conductrice devant la plaque réfléchissante de manière à ce que la sphère touche la plaque.
- Fixer le mètre ruban sur la table d'expérimentation et déterminer un zéro approprié pour le bord « droit » du socle.

Montage pour la mesure de la charge:

- Alimenter l'amplificateur électromètre en tension via l'adaptateur secteur enfichable.
- Monter la cage de Faraday (**b**) avec la fiche de fixation.
- Enficher le condensateur STE 10 nF (**c**).
- Mettre la tige de connexion (**d**) à la masse à l'aide du câble d'expérience et connecter la masse à la terre de l'alimentation haute tension en utilisant de préférence un long câble d'expérience.
- Brancher le voltmètre à la sortie.

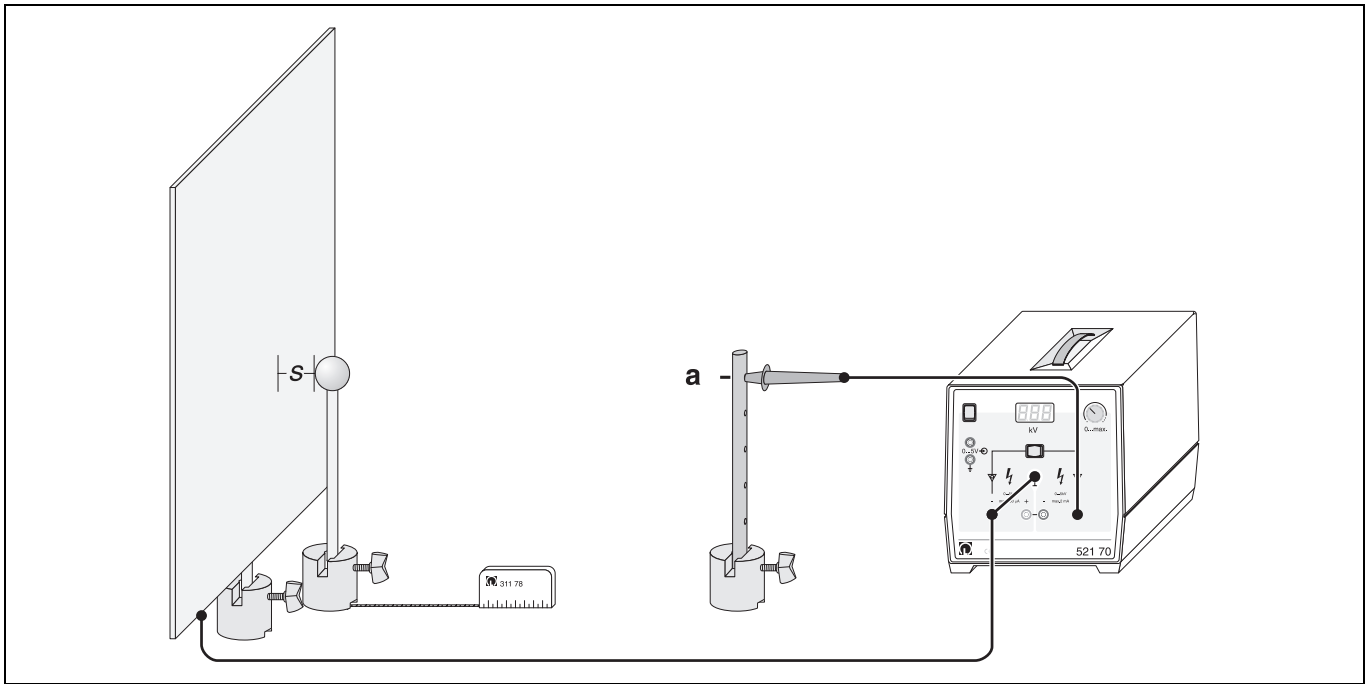


Fig. 1 Montage expérimental pour l'électrisation d'une sphère devant une plaque métallique reliée à la terre.

Réalisation

a) Subordination à la haute tension U :

- Choisir la distance $s = 5$ cm et mettre l'alimentation haute tension en service.
- Régler $U = 1$ kV, électriser la sphère conductrice par contact avec la pointe du câble haute tension et ramener la haute tension à zéro.

Pour mesurer la charge, décharger la cage de Faraday en la touchant avec la tige de connexion (d), ensuite, prendre la tige

de connexion dans la main et amener la sphère conductrice avec tige isolante à l'intérieur de la cage de Faraday (voir fig. 3).

- Augmenter la haute tension U jusqu'à 10 kV par pas de 1 kV, électriser la sphère à chaque fois et mesurer la charge (pour ce faire, ramener la haute tension à zéro).

b) Subordination à la distance s :

- Approcher la sphère conductrice de la plaque métallique pour la décharger.
- Contrôler le zéro et régler la distance $s = 2$ cm.
- Electriser la sphère à $U = 5$ kV et mesurer la charge Q .
- Recommencer la mesure pour des distances plus grandes.

Fig. 2 Câblage de l'amplificateur électromètre pour la mesure des charges.

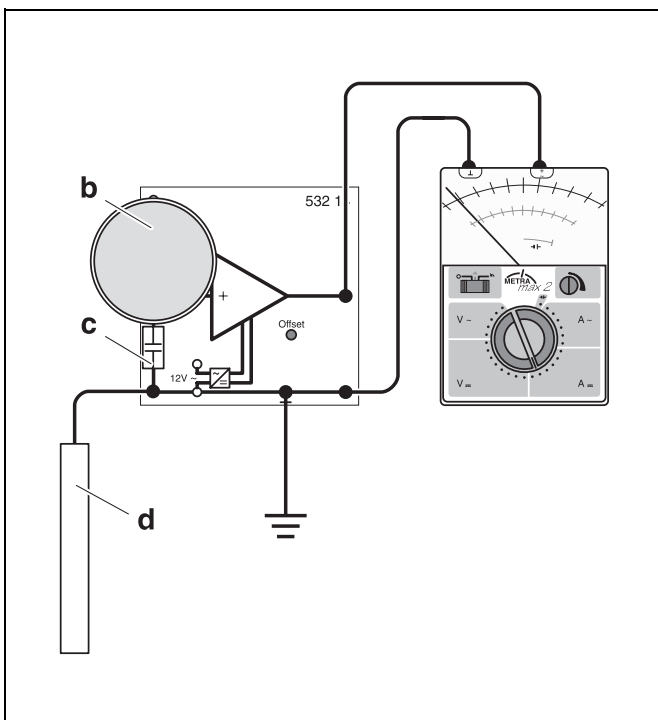
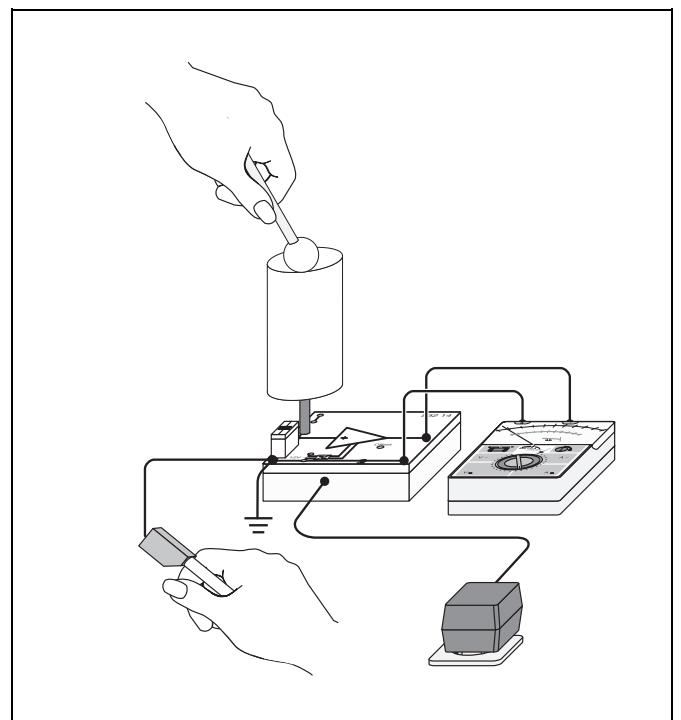


Fig. 3 Mesure de la charge sur la sphère conductrice.



Exemple de mesure

a) Subordination à la haute tension U :

Tab. 1: Charge Q sur la sphère conductrice en fonction de la haute tension U ($s = 5$ cm)

$\frac{U}{\text{kV}}$	$\frac{Q}{\text{nAs}}$
1	1,8
2	3,9
3	5,4
4	7,2
5	8,7
6	10,7
7	12,4
8	13,7
9	15,3
10	16

b) Subordination à la distance s :

Tab. 2: Charge Q sur la sphère conductrice en fonction de la distance s qui la sépare de la plaque métallique ($U = 5$ kV).

$\frac{s}{\text{cm}}$	$\frac{Q}{\text{nAs}}$
1	12,3
2	10,6
3	9,7
4	9,3
5	8,7
10	8,0
15	7,8
20	7,5

Exploitation et résultat

a) Subordination à la haute tension U :

La fig. 4 donne une représentation graphique des valeurs mesurées du tab. 2. Les valeurs mesurées se situent dans les limites de la précision de mesure sur la droite tracée de pente C qui passe par l'origine.

On a ainsi la proportionnalité $Q \sim U$.

b) Subordination à la distance s :

Tab. 3: Capacité C de la sphère conductrice en fonction de la distance s qui la sépare de la plaque métallique.

$\frac{s}{\text{cm}}$	$\frac{C}{\text{pF}}$
1	2,5
2	2,0
3	1,8
4	1,75
5	1,7
10	1,6
15	1,55
20	1,5

Si on divise les valeurs mesurées indiquées dans le tableau 2 pour la charge Q par la haute tension $U = 5$ kV, on obtient alors conformément à l'équation (I) la capacité C du dispositif constitué de la sphère conductrice et de la plaque métallique (voir tab. 3).

La fig. 5 donne une représentation graphique du résultat selon lequel la capacité C augmente de manière non linéaire au fur et à mesure que la distance s diminue.

Fig. 4 Influence de la haute tension U sur la charge Q sur la sphère conductrice (distance entre la sphère et la plaque métallique $s = 5$ cm)

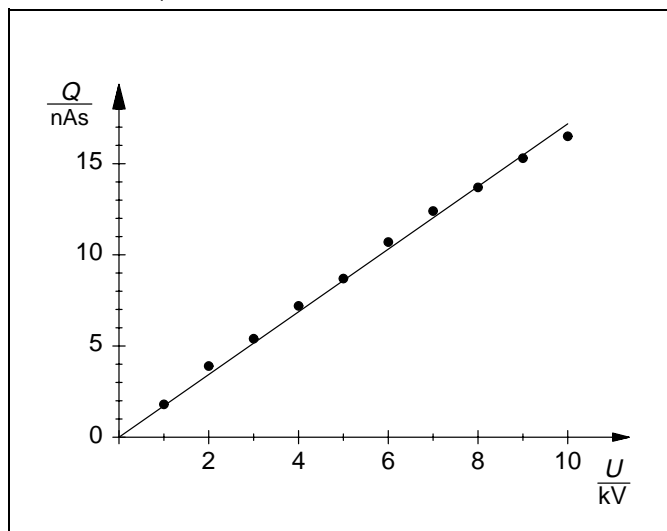


Fig. 5 Capacité C de la sphère conductrice en fonction de la distance s qui la sépare de la plaque métallique.

