

Capacités de conducteurs isolés et condensateurs

Version papier téléchargeable



Table des matières

I - Objectifs du TP	3
II - Théorie	4
III - Matériel	6
IV - Capacité de sphères isolées	14
1. Principe	14
2. Calculs préliminaires	14
3. Fonctionnement de l'amplificateur	15
4. Mesures	16
V - Capacité d'un condensateur plan	17
1. Principe	17
2. Calculs préliminaires	18
3. Mesures	19
VI - Manipulations virtuelles	21
1. Capacité de la grande sphère	21
2. Capacité de la sphère moyenne	21
3. Capacité de la petite sphère	21
4. Capacité du condensateur plan en fonction de la haute tension appliquée	21
5. Capacité du condensateur plan en fonction de l'écartement de ses plaques	21
6. Capacité du condensateur plan pour un écartement de 9,8 mm en fonction de la haute tension appliquée	21
7. Capacité du condensateur plan avec plaque en fonction de la haute tension appliquée	21
VII - Bibliographie	22
VIII - Crédits	23

Objectifs du TP



[cf. Objectifs du TP et précautions à prendre]

Il s'agit de comprendre le principe de l'accumulation de charges sur des conducteurs. Seront étudiés dans ce TP :

- la capacité de conducteurs sphériques isolés
- la capacité d'un condensateur plan.

 *Remarque*



Vous allez manipuler des tensions élevées (quelques kV).

Veillez donc à ne pas toucher le condensateur et les sphères lorsqu'elles sont sous tension.

 *Remarque*



L'amplificateur est un appareil très fragile.

Ne jamais lui appliquer directement la haute tension.

La tension de sortie ne doit en aucun cas dépasser 10 V.

 *Remarque*



Toujours appeler l'enseignant avant de mettre la source haute tension en fonctionnement.

Théorie



Conducteur isolé

Un conducteur en équilibre ne possède pas de charge en volume.

Les charges libres se localisent donc en surface selon une répartition $\sigma(M)$ qui dépend de la géométrie de ce dernier.

Un conducteur chargé à un potentiel donné V possède une quantité de charge totale Q qui n'est fonction que de V .

La capacité d'un conducteur isolé est définie par le rapport de la quantité de charges Q divisé par le potentiel du conducteur V :

$$C_{iso} = \frac{Q}{V}$$

Dans le cas d'un conducteur sphérique de rayon R , et possédant une charge Q , le potentiel que celui-ci crée pour $r \geq R$ est :

$$V(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

La capacité C_{iso} d'un conducteur sphérique vaut donc :

$$C_{iso} = 4\pi\epsilon_0 R$$

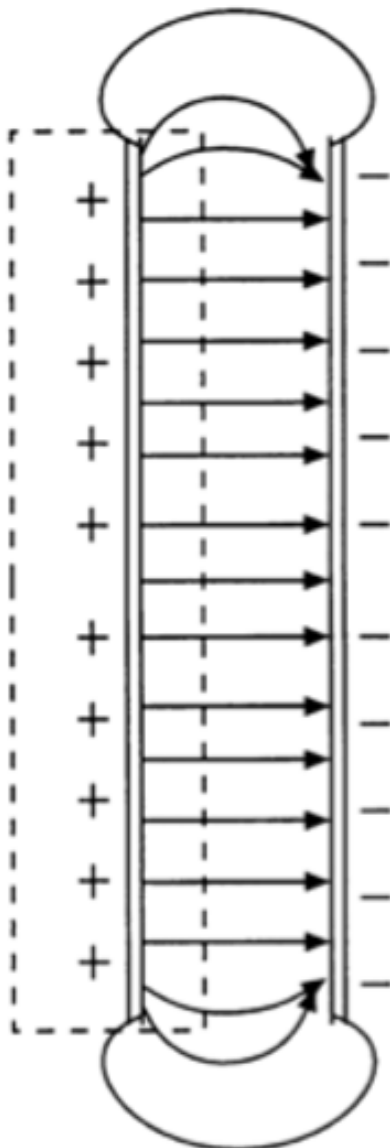
C_{iso} ne dépend donc que du rayon R de la sphère.

Conducteurs en interaction

La quantité de charges que peut emmagasiner un conducteur A est influencée par la présence d'un autre conducteur à proximité.

En particulier, si le conducteur A est porté à un potentiel V_A , et le conducteur B au potentiel V_B , alors les quantités de charges Q_A et Q_B que les deux conducteurs A et B peuvent emmagasiner ne dépendent uniquement que des valeurs des potentiels V_A et V_B .

Si ces deux conducteurs sont en influence totale (toutes les lignes de champ de l'un vont vers l'autre (voir figure suivante), ils forment alors un condensateur.



Les relations suivantes sont alors vérifiées :

$$Q_A = -Q_B$$

$$Q_A = C(V_A - V_B)$$

C représente la capacité du condensateur.

A l'instar d'un conducteur isolé, la capacité d'un condensateur dépend de sa géométrie.

Dans le cas d'un condensateur plan, on peut montrer que la capacité C vaut :

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

où S est la surface des armatures, et d leur séparation.

Si un milieu matériel est inséré entre les armatures du condensateur, sa capacité est multipliée par un facteur ϵ_r qui représente sa permittivité relative.

Matériel



Présentation du matériel

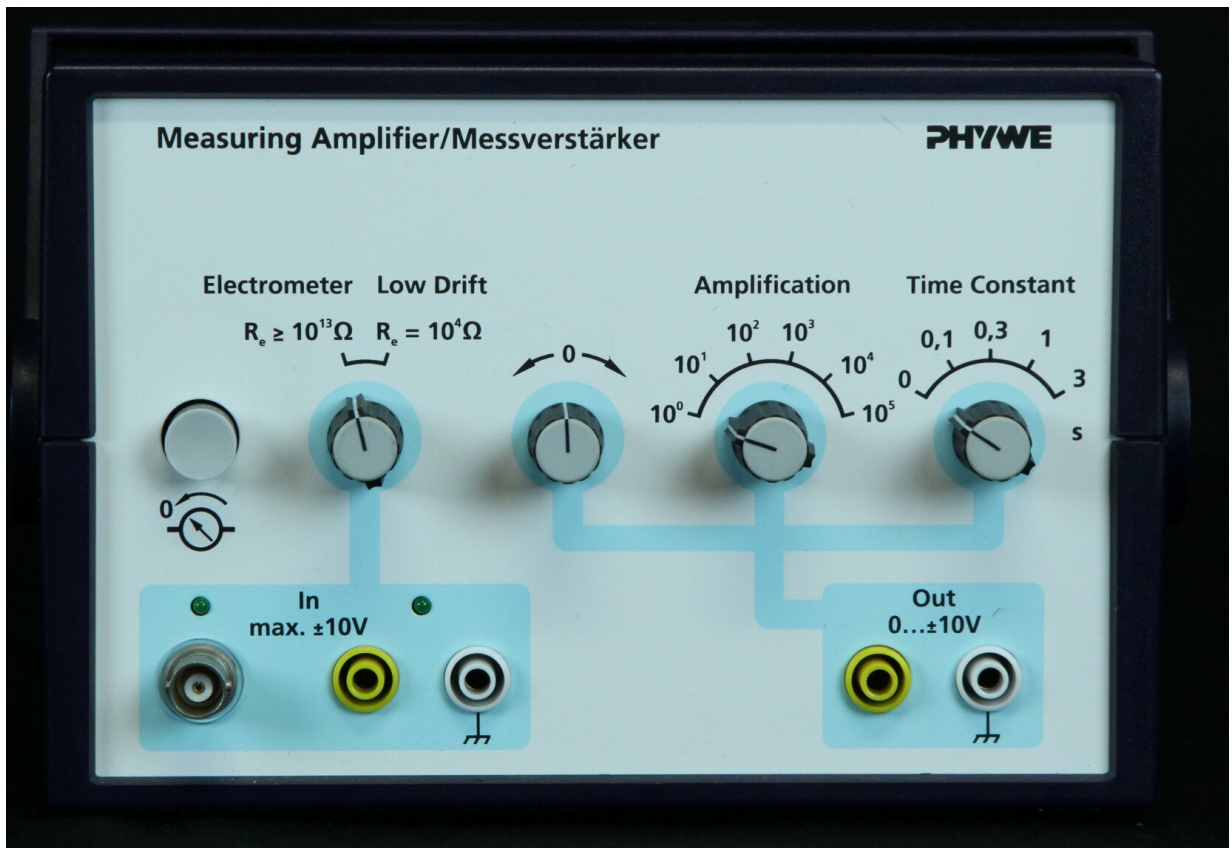
[cf. Présentation du matériel]

Présentation des éléments :

alimentation haute-tension 0/10 kV :



amplificateur de mesure universel utilisé en mode électromètre :



condensateur de mesure de capacité connue () :

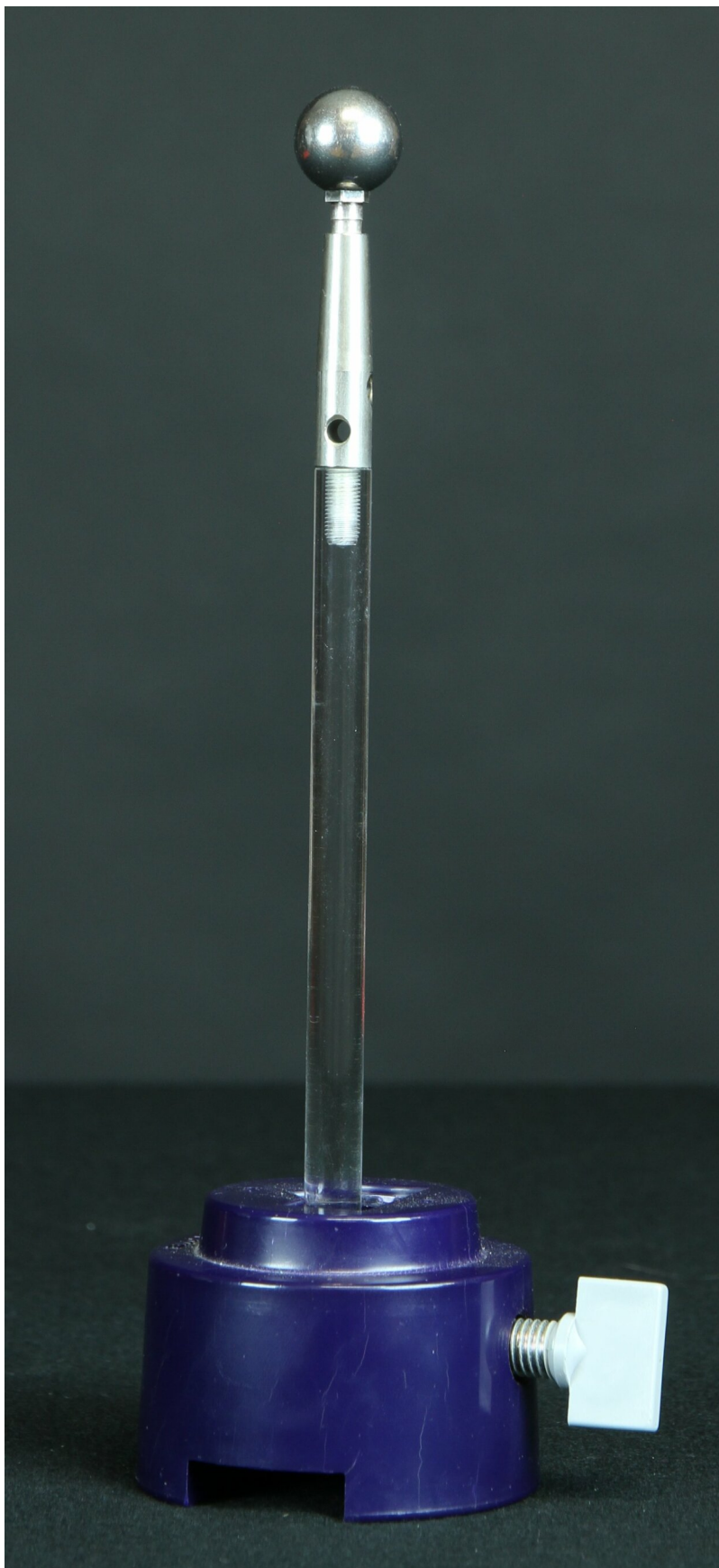
\micro :



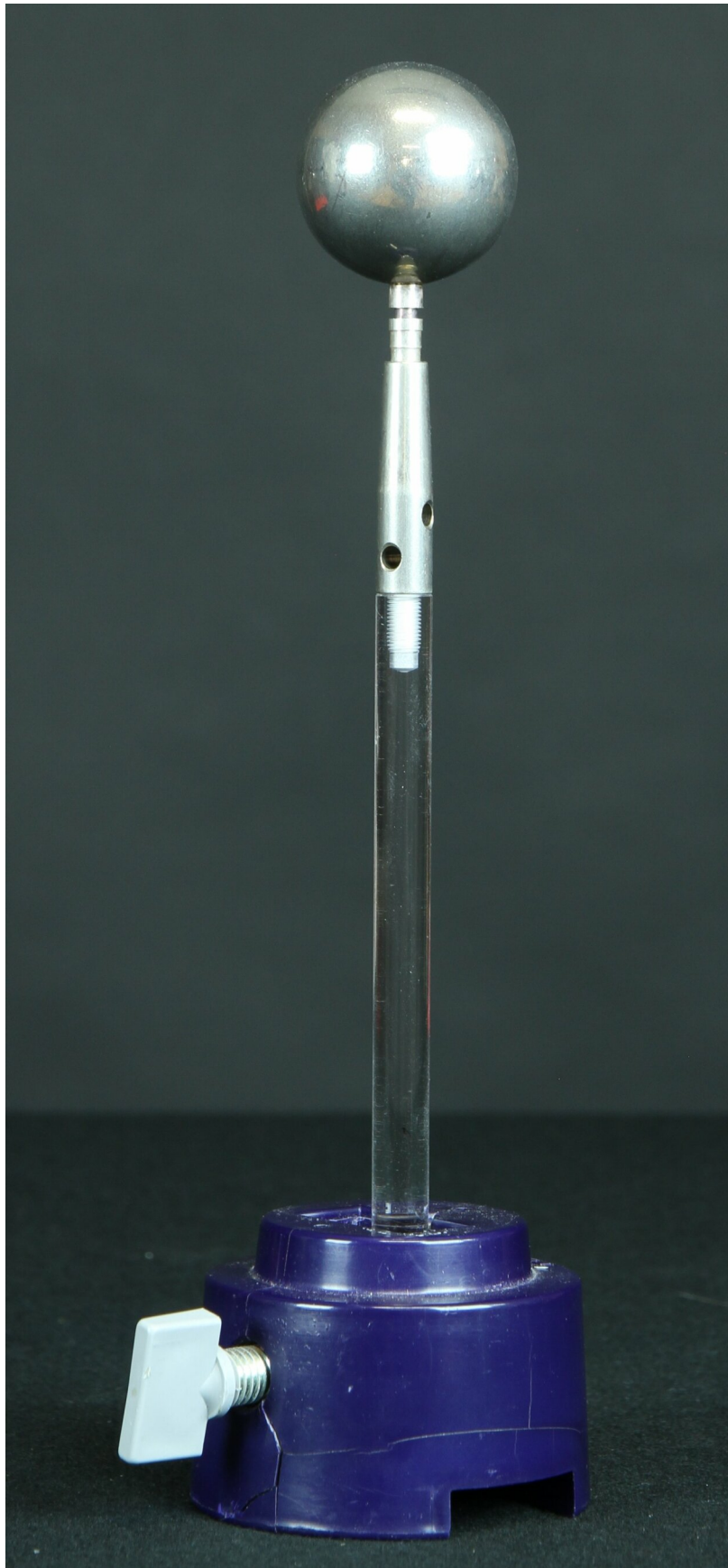
d'une résistance de $10\text{ M}\Omega$:



d'une sphère métallique de petit diamètre sur son support :



d'une sphère métallique de diamètre moyen sur son support



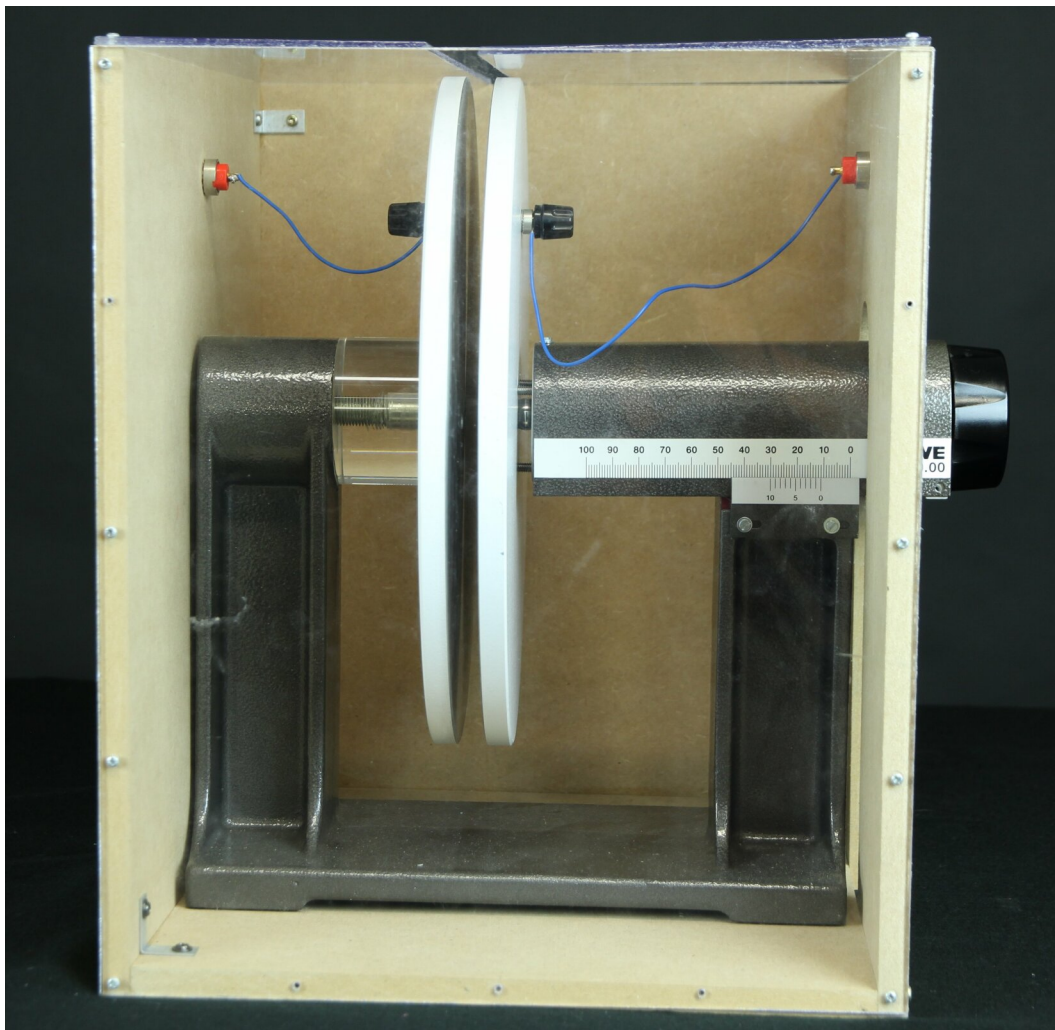
d'une sphère métallique de grand diamètre sur son support



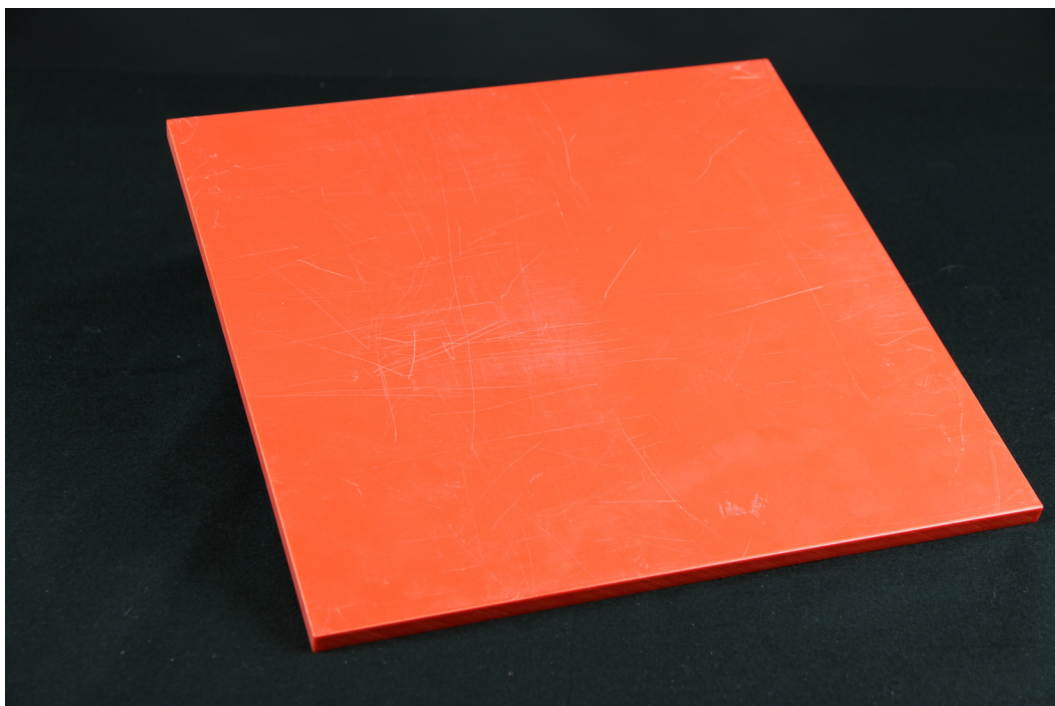
d'un multimètre utilisé en voltmètre



d'un condensateur à plateaux de diamètre 260 mm avec une plaque fixe et une plaque d'écart réglable entre 0 et 70 mm



d'une plaque de plastique de 283mm par 283 mm et d'épaisseur 10 mm servant de diélectrique au condensateur à plateau



un pied à coulisse



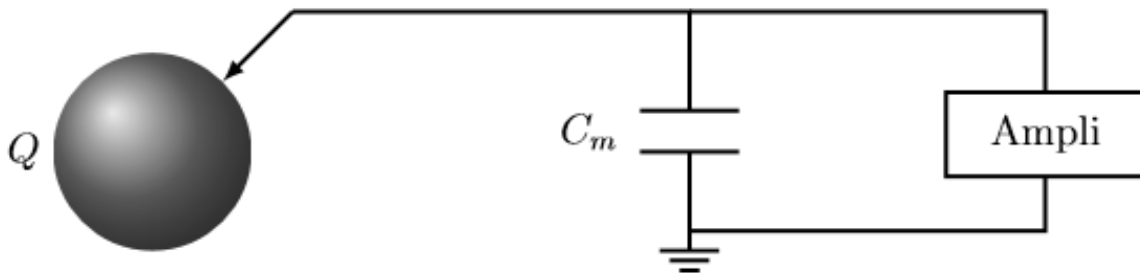
Capacité de sphères isolées

1. Principe

Vous disposez de trois sphères conductrices de rayons différents (notés R_1 , R_2 et R_3).

L'objectif consiste à mesurer la capacité de ces sphères en transférant les charges qu'elles ont accumulées sur un condensateur de capacité connue C_m relié à un amplificateur de tension : une fois la sphère chargée sous une tension V par contact avec le générateur de haute tension, celle-ci est isolée puis reliée au condensateur C_m .

La charge Q portée par la sphère se répartie alors sur le condensateur C_m et sur la sphère elle-même (condensateurs en parallèle) (voir le schéma ci-dessous).



[cf. Méthode expérimentale]

L'amplificateur délivre une tension U_m qui correspond à celle du condensateur C_m (après correction due au facteur d'amplification) possédant la charge Q_m .

2. Calculs préliminaires

1- Mesurer les rayons R_1 , R_2 et R_3 des sphères et calculer leurs capacités théoriques C_1 , C_2 et C_3 .

Rayon (cm)	Capacité C (pF)
$R_1=$	$C_1=$
$R_2=$	$C_2=$
$R_3=$	$C_3=$

2- Le condensateur de mesure possède une capacité C_m .

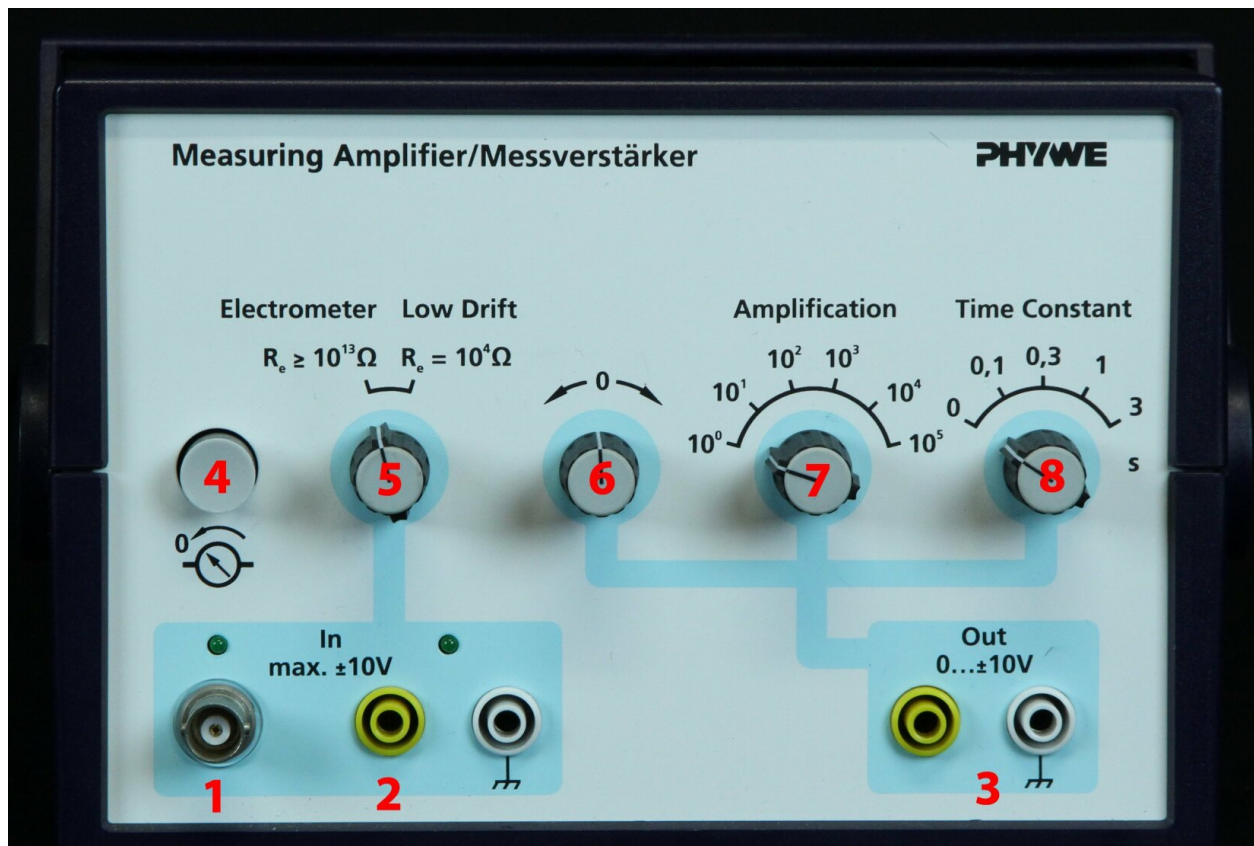
Exprimer la tension U_m que devrait délivrer l'amplificateur en fonction de V , C_m et de C .

3. Fonctionnement de l'amplificateur

L'amplificateur est présenté sur la figure suivante. Il est utilisé en mode électromètre (grande résistance interne, bouton 5).

La capacité de mesure C_m est placée aux bornes de l'entrée 1.

L'électromètre délivre ainsi une tension U aux bornes de la sortie 3 qui correspond à la tension U_m aux bornes de la capacité de mesure C_m multipliée par le facteur d'amplification choisi (7).



[cf. Amplificateur utilisé en électromètre]

La mesure doit être effectuée par contact.

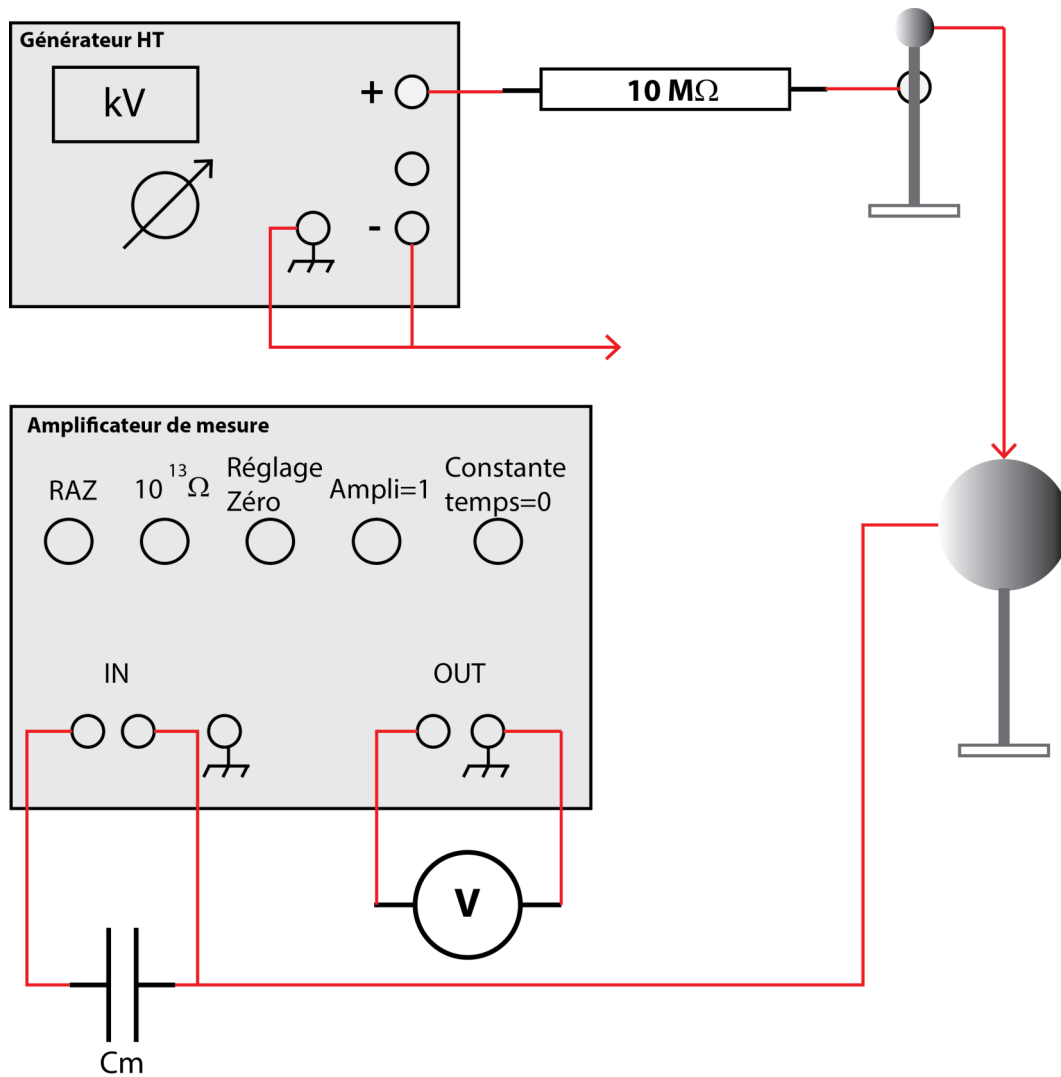
Avant chaque mesure, un zéro doit être effectué en appuyant sur le bouton 4, et en ajustant éventuellement le potentiomètre 6.

NE JAMAIS BRANCHER L'AMPLIFICATEUR DIRECTEMENT A LA SOURCE DE TENSION.

4. Mesures

1- Réaliser le montage de la figure suivante.

Ne pas oublier de mettre la résistance de protection de $10\text{ M}\Omega$ sur la borne + de la source HT.



[cf. Capacité d'une sphère isolée]

Capacité d'un condensateur plan

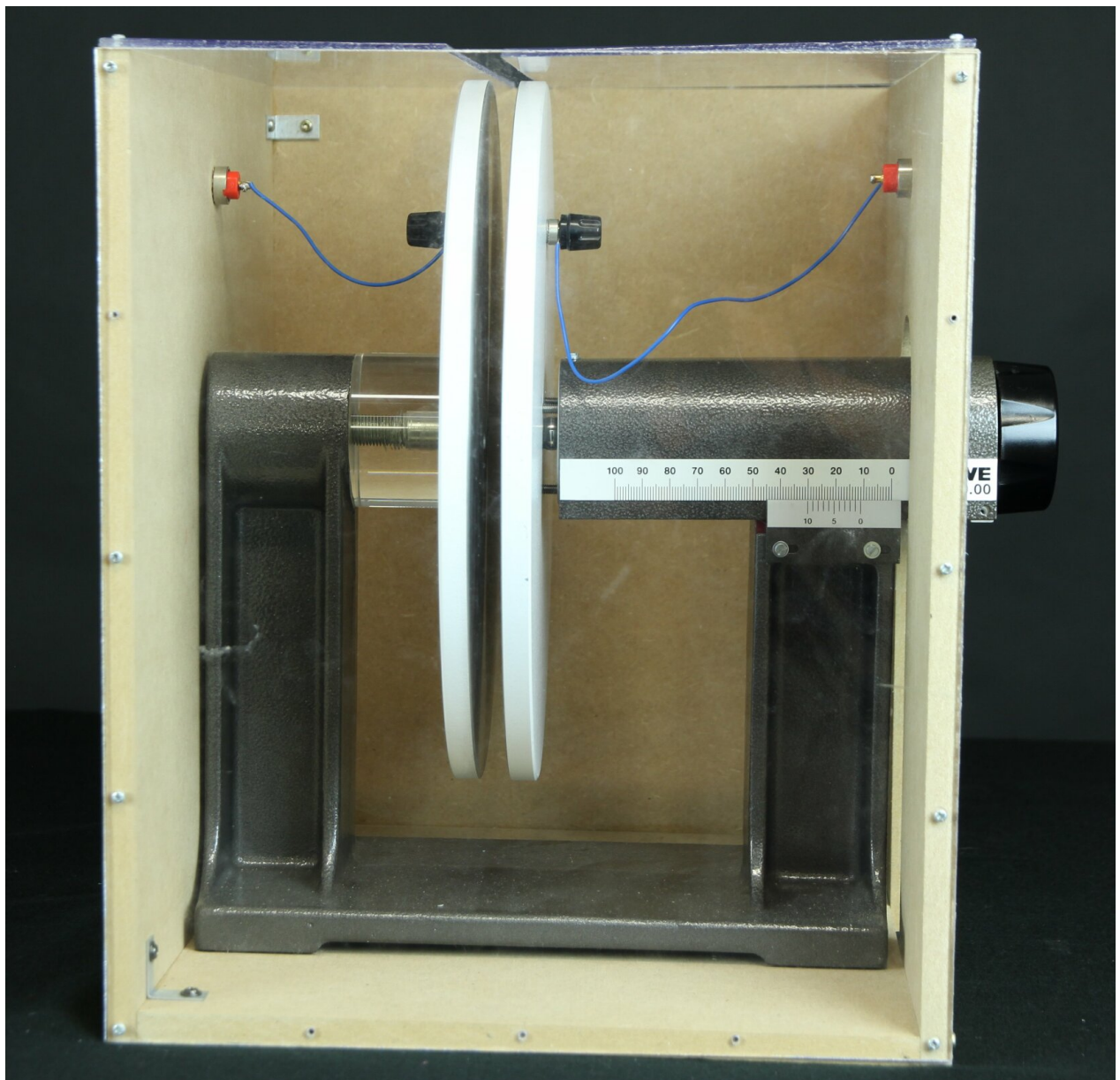


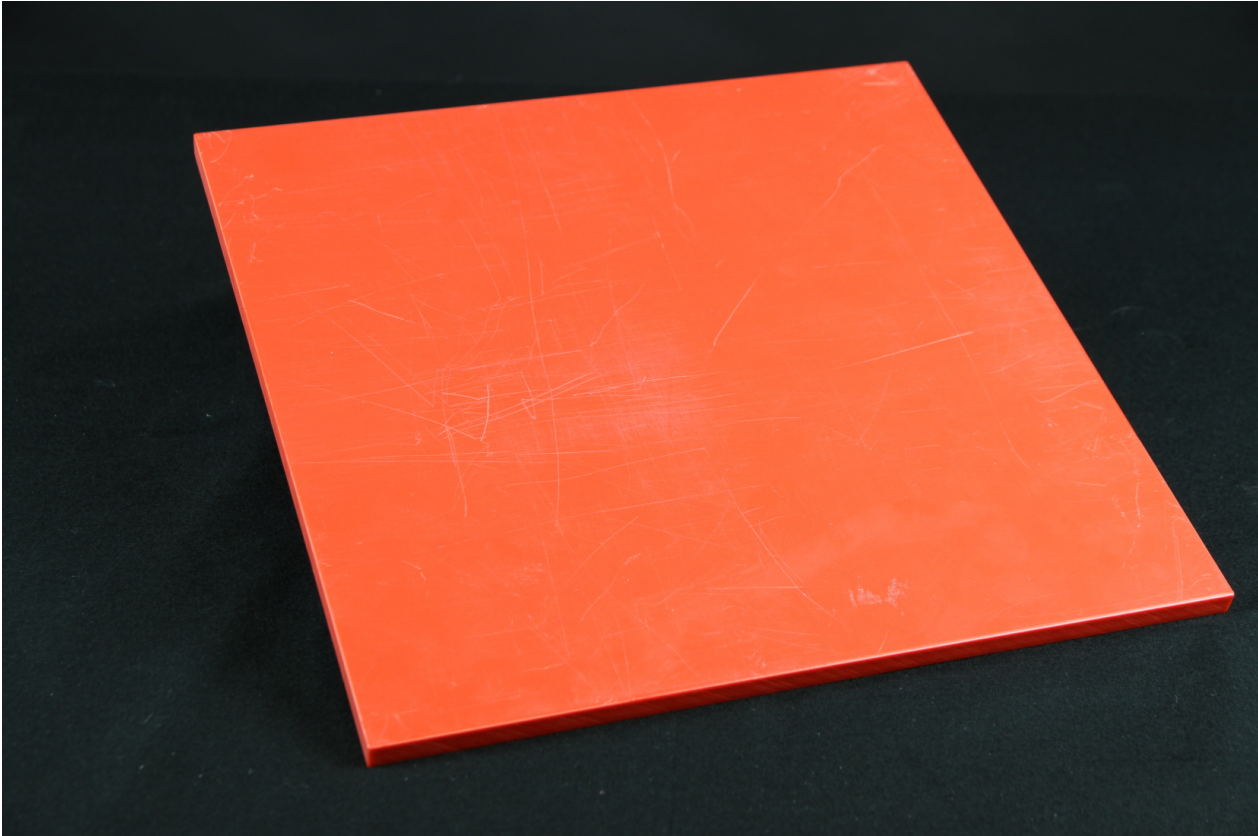
1. Principe

Vous disposez d'un condensateur plan dont la distance d entre les armatures métalliques est réglable grâce à une molette.

L'écartement peut être mesuré avec le vernier.

Ce dispositif est représenté sur la photo suivante :





L'armature de gauche est isolée et est à relier à la haute tension comme dans le montage précédent.

L'armature de droite est à mettre à la masse. Le diamètre des armatures est $\varnothing = 260 \text{ mm}$.

Vous disposez également d'une plaque de plastique PVC de dimensions 283 x 283 mm pouvant être insérée entre les armatures du condensateur.

La capacité du condensateur peut donc être modifiée en ajustant d , ou en insérant la plaque.

La mesure de la quantité de charges accumulées sur les plaques du condensateur est effectuée de la même manière que dans le cas des sphères isolées, c'est-à-dire par contact.

2. Calculs préliminaires

1- Calculer l'aire S d'un plateau du condensateur.

$S \text{ (m}^2\text{)}$	
--------------------------	--

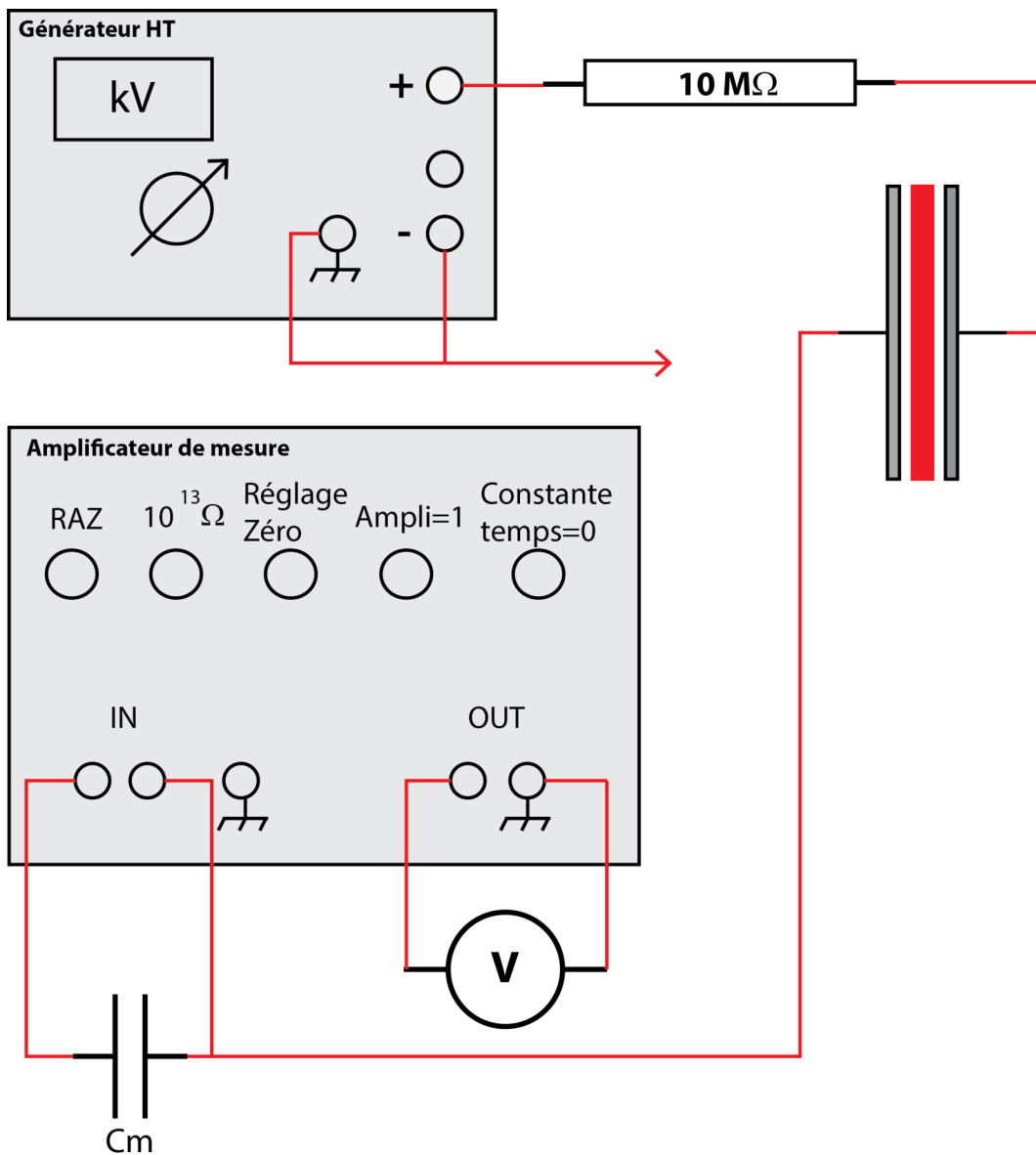
2- En déduire la capacité du condensateur plan dans le cas d'un espacement entre les armatures d de 2 mm et de 9.8 mm.

On supposera que la permittivité relative ϵ_r de l'air est égale à 1.

$d \text{ (mm)}$	Capacité $C \text{ (pF)}$
2	$C =$
9,8	$C =$

3. Mesures

3- Effectuez le montage de la figure suivante. Ne pas mettre la plaque de plastique tout de suite.



[cf. Mesure de la capacité d'un condensateur plan]

4- Régler l'écartement d entre les armatures à 2 mm.

5- Selon le même protocole que précédemment, relever la charge portée par les armatures en fonction de la tension du générateur U . Remplir les tableaux suivants:

U (kV)	Charge Q (nC)
.	
.	
.	
.	
.	
.	
.	
.	

6- Tracer la courbe $Q = f(U)$.

7- En déduire la valeur de ϵ_0 . La comparer avec la valeur théorique.

ϵ_0 (USI)	
--------------------	--

8- Fixer la tension du générateur à 1.5 kV.

9- Déterminer la charge du condensateur en fonction de la distance d entre les armatures et remplir le tableau correspondant.

10- Tracer la courbe $Q = f(1/d)$. Conclusions?

11- Calculer pour chaque valeur de d la permittivité ϵ_0 . Remplir le tableau.

12- Comment évolue ϵ_0 en fonction de d ? Conclure?

13- Régler la distance entre les électrodes à 9.8 mm, et tracer la courbe $Q = f(U)$ de la même manière que pour la question 6.

14- Placer la plaque de plastique entre les armatures du condensateur. Son épaisseur est de 9.8 mm. Ne pas trop serrer les armatures.

15- Tracer la courbe $Q = f(U)$ sur la même feuille.

16- Calculer le rapport des pentes et déterminer la permittivité relative ϵ_r de la plaque de plastique.

ϵ_r plastique	
------------------------	--

17- Donner une interprétation sur ce phénomène. Pourquoi le fait de mettre un milieu diélectrique entre les armatures du condensateur lui permet-il d'accumuler plus de charges ?

Manipulations virtuelles



Grâce aux animations qui suivent, qui ne sont qu'une mise en musique de photos prises à partir de la vraie manipulation, vous aurez la possibilité de faire les mesures comme si vous étiez en train de les relever sur la vraie manipulation.

1. Capacité de la grande sphère

[cf. Capacité de la grande sphère]

2. Capacité de la sphère moyenne

[cf. Charge de la sphère moyenne]

3. Capacité de la petite sphère

[cf. charge de la petite sphère]

4. Capacité du condensateur plan en fonction de la haute tension appliquée

[cf. Charge du condensateur plan sans plaque en fonction de la HT appliquée]

5. Capacité du condensateur plan en fonction de l'écartement de ses plaques

[cf. Charge du condensateur plan sans plaque en fonction de l'écartement]

6. Capacité du condensateur plan pour un écartement de 9,8 mm en fonction de la haute tension appliquée

[cf. Charge du condensateur plan sans plaque pour un écartement de 9,8 mm]

7. Capacité du condensateur plan avec plaque en fonction de la haute tension appliquée

[cf. Charge du condensateur plan avec plaque de plastique]

Bibliographie



Préparer et rédiger un TP

- *comment préparer un TP [cf. Comment preparer un TP.pdf]*
- *rédiger un compte-rendu de TP [cf. Comment rédiger un CR.pdf]*

Ressources concernant EXCEL: "Utilisation d'EXCEL pour les scientifiques par Alain Perche (Maître de conférences à l'Université de Lille1

1 ère partie [cf. ANNEXCEL2005.pdf]

2 ème partie [cf. ANNEXCEL2005_ch2.pdf]

Crédits



Auteurs :

Yves Quiquempois professeur à l'IUT Université Lille1

mel : yves.quiquempois@univ-lille1.fr

Conception technique :

Eric Lutun

mel :Eric.Lutun@univ-lille1.fr

Réalisation :

Bernard Mikolajczyk (SEMM Université de Lille1), réalisation des vidéos

mel : bernard.mikolajczyk@univ-lille1.fr

Jean-Marie Blondeau (SEMM Université de Lille1), réalisation du site

mel : jean-marie.blondeau@univ-lille1.fr

Moyens techniques :

Service Enseignement et Multi Media (SEMM¹) Université de Lille1



¹semm.univ-lille1.fr