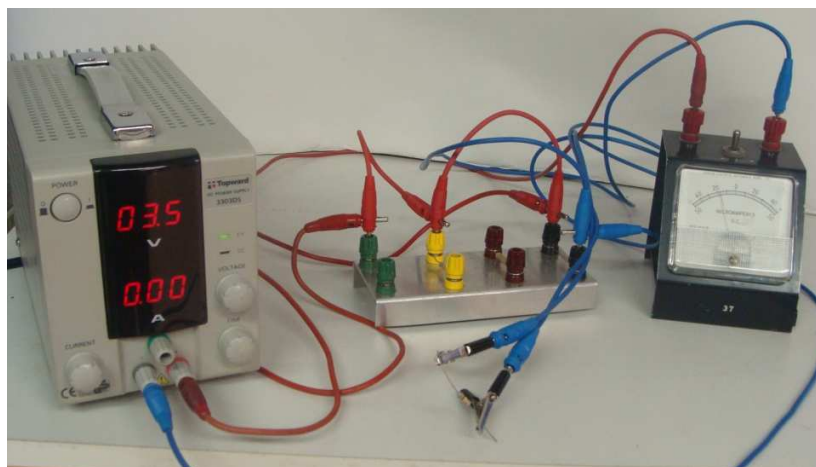


Travaux pratiques d'électricité

Edition 2012-2013

Cours de Physique
Générale
LPHY1113C-E

dispensé par les
professeurs
Thierry Fichet* et
Jim Plumat**



Olivier Lecomte⁽¹⁾, Elisabeth Crespin⁽¹⁾, Francisco Velasco Espejo⁽²⁾

⁽¹⁾ Assistant(e), UCL/SST/SC/PHYS (Faculté des Sciences) – UCL/ELI/ELIC (Earth and Life Institute)

⁽²⁾ Technicien de laboratoire, SST/SC/PHYS (Faculté des Sciences).

* Coordinateur du cours LPHY1113B&D, C&E, et professeur responsable du cours de **Physique des Fluides**.

** Professeur responsable du cours d'**Electricité et de Magnétisme**.

Introduction

Ces travaux pratiques d'électricité ont pour but de familiariser les étudiants aux composants électriques tels que les condensateurs et les résistances, ainsi qu'au câblage de circuits électriques alimentés en courant continu. On étudiera notamment les lois reliant la charge et la différence de potentiel pour un condensateur, la loi d'Ohm pour les résistances, ainsi que des applications concrètes de ces lois dans le cadre de la réalisation d'outils artisanaux de mesure du courant électrique.

Le travail est proposé sous forme deux séances thématiques sur les condensateurs et les résistances, suivies d'un mini-projet de conception d'ampèremètres et de voltmètres à partir de galvanomètres à cadre mobile, qui seront finalement utilisés pour observer la charge/décharge d'un condensateur à travers une résistance. Tous ces travaux se réaliseront en groupe de deux ou trois étudiants.

Du point de vue pratique, les étudiants réaliseront ce travail en grande autonomie. L'assistant encadrant les séances dédiées à la réalisation de ce travail aura évidemment pour rôle de contrôler l'avancement des différents groupes et de les aider afin qu'ils progressent normalement au fil des séances, mais les étudiants devront avoir un esprit particulièrement critique sur leurs propres résultats.

Ce projet se conclura par la rédaction d'un rapport qui reprendra les résultats théoriques et numériques des deux dernières séances. Ce rapport de projet sera la base de l'évaluation de la partie électricité des laboratoires du cours PHY1113C-E. Une évaluation complémentaire individuelle, basée sur des tests d'entrée lors de chaque séance et d'éventuellement une brève interrogation orale lors du dernier laboratoire, aura également lieu.

Un rapport de laboratoire se construit généralement en suivant les questions posées dans les énoncés des laboratoires, de la manière suivante :

1. Présentation succincte du but de la manipulation à l'aide du travail préliminaire et d'un schéma clair du protocole expérimental.
2. Manipulation :
 - a. Pour chaque mesure effectuée, expliquez **brièvement** le protocole : appareil utilisé et précautions expérimentales.
 - b. **Même si cela n'est pas stipulé clairement dans le protocole**, chaque mesure effectuée doit être **accompagnée d'une erreur absolue** en précisant s'il s'agit d'une erreur due à la précision de l'appareillage **ou** provenant d'une moyenne sur plusieurs mesures. Dans ce dernier cas, le nombre de mesures doit être précisé.

3. Traitement des données :

Dans le syllabus, pour chaque laboratoire, la partie intitulée « traitement des données » est un guide pour vous permettre de rédiger votre rapport. En répondant aux questions posées, vous arriverez à déterminer les grandeurs physiques recherchées ou à établir un graphique qui constitue le résultat de la manipulation. Dans ce dernier cas, chaque mesure doit être accompagnée de son **intervalle d'erreur** et les **unités** doivent être **clairement** indiquées.

4. Conclusion :

A partir du travail préliminaire, vous disposez d'un équivalent théorique à votre résultat expérimental. Votre conclusion doit porter sur l'(in)adéquation théorie-expérience que vous commentez en cherchant **éventuellement** un moyen de corriger les résultats. **A éviter absolument**, toute conclusion de la forme : « le désaccord théorie-expérience est dû à la mauvaise précision sur les mesures » **puisque'il va de soi** que la comparaison théorie-expérience doit être effectuée **compte tenu** des intervalles d'erreur. La partie « conclusion » du protocole comporte des questions vous permettant de rédiger cette conclusion.

Nous espérons que les étudiants profiteront des séances de travaux pratiques pour nouer un véritable dialogue avec leur assistant(e) de façon à ce qu'il(elle) puisse leur apporter une aide réellement efficace.

Nous remercions toutes les personnes ayant contribué à la réalisation de ce support de laboratoire.

L'équipe rédactrice de ce syllabus de laboratoire.

Table des matières

INTRODUCTION	2
TABLE DES MATIÈRES	4
PREMIÈRE SÉANCE : CONDENSATEURS	5
DEUXIÈME SÉANCE : COURANT ÉLECTRIQUE ET RÉSISTANCE – LOI D’OHM	9
TROISIÈME SÉANCE : RÉALISATION D’UN AMPÈREMÈTRE ET D’UN VOLTMÈTRE ARTISANAL	13
QUATRIÈME SÉANCE : CHARGE ET DÉCHARGE D’UN CONDENSATEUR	16
ANNEXES	21

Première séance : Condensateurs

OBJET DU LABORATOIRE

Cette séance concerne l'étude de la **capacité électrique** de différents types de condensateurs. La première partie est consacrée à la mesure de la capacité d'un condensateur plan, avec ou sans diélectrique, l'autre partie consistant à vérifier la loi **$Q=CV$** , pour différentes associations de condensateurs, en mesurant les charges déposées sur ces condensateurs.

EXPÉRIENCE 1 : DETERMINATION DE LA CONSTANCE DIELECTRIQUE DU PLEXIGLAS PAR LA MESURE DE LA CAPACITE D'UN CONDENSATEUR PLAN.

Travail préliminaire

Calculer la capacité d'un condensateur plan constitué de deux plaques métalliques carrées de 15 cm de côté, situées à une distance de 5 mm l'une de l'autre.

Protocole expérimental et résultats des mesures

Matériel nécessaire :

-  Un condensateur plan
-  2 électrodes carrées de 15 cm de côté
-  Plaques de plexiglas de 1, 2, 5 et 10 mm d'épaisseur
-  2 cordons de branchement
-  Un capacimètre

Démarche expérimentale :

-  Calibrer le capacimètre à zero une fois les cordons de branchement connectés à l'appareil de mesure (sans condensateur).
-  Mesurer la capacité d'un condensateur plan au moyen du capacimètre (voir annexe A1 pour le mode d'emploi du capacimètre).
-  Former un condensateur avec 2 électrodes carrées et une plaque de plexiglas de 5 mm d'épaisseur et mesurer sa capacité.
-  Refaire la mesure précédente pour des épaisseurs de plexiglas allant jusqu'à 15 mm **par pas de 1 mm**.

Traitement des données et conclusion

-  Etablir l'erreur sur la mesure des capacités.
-  Calculer la permittivité de l'air ϵ_a et l'erreur absolue $\Delta\epsilon_a$ (comparer à celle du vide ϵ_0).

-  Pour un condensateur avec diélectrique, donner la **formule littérale** de la constante diélectrique κ en fonction de la distance d entre les plaques et la surface S des électrodes.
-  A partir des mesures de capacités, calculer la constante diélectrique κ pour chaque distance du plexiglas et regrouper l'ensemble de vos valeurs dans un tableau analogue au suivant :

d	$C_{\text{mesuré}}$	κ_r	$\Delta\kappa_r$

où d est la distance entre les plaques et $C_{\text{mesuré}}$ est la capacité mesurée du condensateur.

NB : indiquer l'unité de mesure utilisée pour chaque quantité.

-  Tracer la courbe de κ en fonction de d en prenant soin d'indiquer les intervalles d'erreur sur votre graphe.
-  Quel comportement obtient-on ? Est-ce compatible avec le comportement théorique ? Que devrait-on obtenir dans ce cas ?
-  En utilisant **uniquement** les points expérimentaux **en accord** avec le comportement théorique, calculer la valeur moyenne de la constante diélectrique du plexiglas.

EXPÉRIENCE 2 : VÉRIFICATION DE LA LOI $Q=CV$.

Travail préliminaire

Calculer les valeurs théoriques de la charge sur les différents condensateurs et associations de condensateurs proposés ci-dessous en rappelant les formules théoriques utilisées dans chaque cas. Représenter le schéma théorique de chaque association aux bornes de laquelle est connectée une source de tension V .

Protocole expérimental et résultats des mesures

Matériel nécessaire :

-  Un Coulombmètre et son alimentation
-  Condensateurs de $0.68 \mu\text{F}$, $1 \mu\text{F}$ et $2 \mu\text{F}$
-  Une alimentation 0-30 V continue
-  Un bornier
-  1 câble coaxial BNC mâle - fiches bananes
-  1 câble coaxial BNC femelle - fiches bananes

Démarche expérimentale :

- Charger un condensateur de $0.68 \mu\text{F}$ sous les tensions indiquées dans le tableau suivant, au moyen d'une alimentation 0-30 V continue (voir fiche technique en annexe A2), et mesurer la charge accumulée au moyen du Coulombmètre (voir fiche technique en annexe A3).

C (μF)	V (Volt)	Q _{théorique}	Q _{expérimental}
0.68	2		
0.68	4		
0.68	6		
0.68	8		

- Charger les condensateurs de $0.68 \mu\text{F}$, $1 \mu\text{F}$ et $2 \mu\text{F}$ sous une tension de 5V et mesurer la charge accumulée.

C (μF)	V (Volt)	Q _{théorique}	Q _{expérimental}
0.68	5		
1	5		
2	5		

- Placer **en parallèle** les condensateurs de $0.68 \mu\text{F}$, $1 \mu\text{F}$ et $2 \mu\text{F}$, charger le système formé sous une tension de 5 V, mesurer la charge totale sur l'ensemble des trois condensateurs ainsi que la charge sur chacun d'entre eux.

Important : pour mesurer la charge sur chaque condensateur, il faut recharger l'association et déconnecter les condensateurs de manière à ce que la charge accumulée ne soit pas modifiée lors de la mesure.

C (μF)	V (Volt)	Q _{théorique}	Q _{expérimental}
Capacité totale	5		
0.68	5		
1	5		
2	5		

- Placer **en série** les condensateurs de $0.68 \mu\text{F}$, $1 \mu\text{F}$ et $2 \mu\text{F}$, charger le système formé sous une tension de 5 V, mesurer la charge totale sur l'ensemble des trois condensateurs ainsi **que la charge sur chacun d'entre eux**.

- **Important :** pour mesurer la charge et la tension sur chaque condensateur il faut, après avoir mesuré la charge totale, **décharger chaque condensateur**, recharger l'association et déconnecter les condensateurs de manière à ce que la charge accumulée ne soit pas modifiée lors de la mesure.

C (μF)	$V_{\text{théorique}}$	$Q_{\text{théorique}}$	$Q_{\text{expérimental}}$
Capacité totale	5V		
0.68			
1			
2			

Traitement des données et conclusion



A l'aide du travail préliminaire et des mesures effectuées, compléter les tableaux ci-dessus sans oublier d'indiquer les erreurs sur les mesures expérimentales.



Indiquer le cas échéant les raisons du désaccord entre les valeurs théoriques et expérimentales.

Deuxième séance : Courant électrique et résistance – Loi d’Ohm

OBJET DU LABORATOIRE :

Cette séance est consacrée dans une première partie à la **vérification de la loi d’Ohm** pour différentes combinaisons de résistances. La méthode utilisée consiste à mesurer, à la fois, la tension (différence de potentiel) aux bornes d’une résistance et l’intensité du courant qui la traverse. Dans un deuxième temps on étudiera l’application de cette loi à un circuit très répandu en électricité : le **pont diviseur de tension**.

EXPÉRIENCE 1 : VÉRIFICATION DE LA LOI D’OHM.

Travail préliminaire

Calculer les valeurs théoriques de l’intensité du courant dans les différentes résistances et combinaisons de résistances proposées ci-dessous, ainsi que les résistances équivalentes des différentes combinaisons.

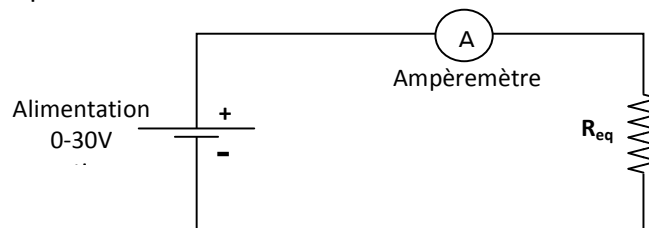
Protocole expérimental et résultats des mesures

Matériel nécessaire :

-  Un multimètre digital
-  Résistances de 1 k Ω , 1.5 k Ω , 2.2 k Ω et 2.7 k Ω
-  Un bornier
-  5 cordons de branchement
-  6 petits cordons de branchement
-  une alimentation 0-30 V continue

Démarche expérimentale :

-  Dans les différents montages, les valeurs demandées des résistances sont déterminées au moyen du code de couleur (voir annexe A4).
-  Préparer le montage suivant avec lequel on peut mesurer le courant qui traverse une combinaison de résistance (notée R_{eq}), à l’aide du multimètre digital sur la position ampèremètre.



- Prendre, pour R_{eq} , 2, 3 et 4 résistances **en série**. Mesurer la résistance équivalente, **hors circuit**, à l'aide du multimètre digital sur la position ohmmètre. Insérer ces combinaisons de résistances dans le circuit et mesurer l'intensité du courant qui les traverse lorsque l'on applique à leurs bornes une différence de potentiel de 20 V et compléter le tableau suivant en indiquant les erreurs expérimentales :

Résistances en série (k Ω)	$R_{\text{équivalente}}$ théorique (k Ω)	$R_{\text{équivalente}}$ expérimentale (k Ω)	V (volt)	$I_{\text{théorique}}$ (A)	$I_{\text{expérimental}}$ (A)
1 & 1.5			20		
1, 1.5 & 2.2			20		
1, 1.5, 2.2 & 2.7			20		

- Placer 2, 3 et 4 résistances **en parallèle** et mesurer la résistance équivalente, hors circuit, à l'aide du multimètre digital sur la position ohmmètre.
- Insérer ces combinaisons de résistances dans le circuit, mesurer l'intensité du courant qui les traverse lorsque l'on applique à leurs bornes une différence de potentiel de 20 V, et compléter le tableau suivant en indiquant les erreurs expérimentales :

Résistances en parallèle (k Ω)	$R_{\text{équivalente}}$ théorique (k Ω)	$R_{\text{équivalente}}$ expérimentale (k Ω)	V (volt)	$I_{\text{théorique}}$ (A)	$I_{\text{expérimental}}$ (A)
1 & 1.5			20		
1, 1.5 & 2.2			20		
1, 1.5, 2.2 & 2.7			20		

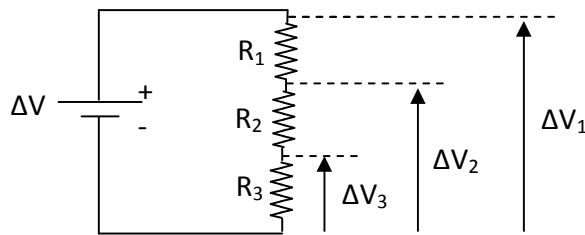
Traitement des données et conclusion

- Pour chaque mesure effectuée, rappeler le schéma théorique du montage à réaliser.
- Dans chaque cas, établir les formules permettant d'évaluer l'intensité du courant et la valeur de la résistance équivalente s'il y a lieu, afin de compléter les différents tableaux.
- La loi d'Ohm est-elle vérifiée ? Si non, pourquoi ?

EXPÉRIENCE 2 : APPLICATION DE LA LOI D'OHM, LE PONT DIVISEUR DE TENSION.

Travail préliminaire

Pour le schéma électrique suivant :



Montrer, à l'aide la loi d'Ohm que quel que soit i , $\Delta V_i = \Delta V \frac{\sum_{j=i}^n R_j}{\sum_{j=1}^n R_j}$ où n est le nombre total

de résistances en série. Ce circuit est appelé pont diviseur de tension car chaque tension ΔV_i correspond à la tension principale ΔV divisée par un coefficient dépendant des résistances en série. En ajustant la valeur des résistances, on peut dès lors créer des tensions de références pouvant servir à alimenter d'autres circuits/dispositifs électriques nécessitant une tension inférieure à ΔV .

En prenant $\Delta V = 16 \text{ V}$, et en supposant $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, proposer une solution pour créer des différences de potentiel approximatives de 12 et 9 V pour ΔV_2 et ΔV_3 , respectivement. On utilisera les mêmes valeurs de résistances que celles disponibles lors de l'expérience précédente.

Protocole expérimental et résultats des mesures

Matériel nécessaire :

-  Un multimètre digital
-  Résistances de 1 k Ω , 1.5 k Ω , 2.2 k Ω et 2.7 k Ω
-  Un bornier
-  4 cordons de branchement
-  2 petits cordons de branchement
-  une alimentation 0-30 V continue

Démarche expérimentale :

- Réaliser le montage étudié précédemment en y incluant les associations de résistances choisies dans le travail préliminaire pour R_2 et R_3 et en ayant également contrôlé la valeur de chacune des résistances avec le multimètre digital en mode ohmmètre.
- Calculer les différences de potentiel théoriques **exactes** attendues pour ΔV_2 et ΔV_3 avec les résistances choisies.
- Mesurer toutes les différences de potentiel à l'aide du multimètre en mode voltmètre.

Traitement des données et conclusion

Comparer les tensions théoriques et expérimentales. Conclure simplement sur la réussite de l'expérience en donnant les erreurs relatives et absolues sur ces tensions.

Troisième séance : Réalisation d'un ampèremètre et d'un voltmètre artisanal

OBJET DU LABORATOIRE :

Durant cette séance, on se propose d'utiliser les connaissances acquises au cours des séances précédentes sur le courant électrique et la loi d'Ohm, afin de réaliser pratiquement un ampèremètre et un voltmètre artisanal. La méthode employée sera reproduite lors de la séance finale afin de mesurer le courant (ou la tension) lors de la charge (ou décharge) d'un condensateur.

EXPÉRIENCE 1 : REALISATION D'UN AMPEREMETRE ARTISANAL.

Travail préliminaire

Pour fabriquer un ampèremètre, on utilisera un galvanomètre à cadre mobile. Ce galvanomètre est constitué d'une aiguille posée sur pivot, installée sur un écran d'affichage gradué, et d'une résistance interne. Lorsque l'appareil est parcouru par un courant donné, l'aiguille est déviée et indique la valeur de ce courant. Par construction, ce galvanomètre a donc une résistance interne de valeur fixe et tolère un courant maximum au-delà duquel il peut se dégrader.

-  Etant donné le courant $I_{G\max}$ qui peut traverser le galvanomètre et sa résistance interne R_G , déterminer comment construire un ampèremètre à partir de ce galvanomètre et d'une ou plusieurs résistance(s). Cet ampèremètre doit pouvoir mesurer des valeurs de courants de 0 à I_{MAX} . On expliquera comment et pourquoi on utilise ces composants, et on donnera la valeur de la résistance utilisée en fonction de R_G , $I_{G\max}$ et I_{MAX} .
-  Dessiner le circuit électrique correspondant à ce montage.
-  Expliquer ce qui doit être modifié pratiquement dans la solution proposée afin de changer le calibre de l'ampèremètre fabriqué, autrement dit de changer la valeur de I_{MAX} .

Protocole expérimental et résultats des mesures

Matériel nécessaire :

-  Un galvanomètre de résistance interne 160Ω ou 300Ω et de courant maximal 50mA .

-  Des résistances de 55Ω, 100Ω, 160Ω, 440Ω et 1000Ω.
-  6 cordons de branchement
-  Un multimètre digital
-  Une alimentation 0-30 V continue

Démarche expérimentale :

-  A partir du travail préliminaire et du galvanomètre à votre disposition, constituer un ampèremètre de calibres (I_{MAX}) 50mA, 100mA et 200mA. Pour changer de calibre, on changera simplement les connexions des cordons de branchement.
-  Pour chaque calibre de l'ampèremètre réalisé, le tester en utilisant la méthode suivante :
 - A l'aide de l'alimentation et d'une résistance, câbler un circuit élémentaire dans lequel circule un courant égal au calibre considéré.
 - Diminuer, avec le bouton de réglage, la tension aux bornes du circuit afin d'obtenir un courant nul. Insérer l'ampèremètre artisanal et le multimètre digital en mode ampèremètre au circuit.
 - Ré-augmenter progressivement la tension délivrée par l'alimentation, et pour le courant dans le circuit allant de 0 à I_{MAX} , tous les 10mA indiqués sur l'ampèremètre digital, relever la valeur indiquée par l'ampèremètre artisanal. Noter cette valeur en adaptant l'échelle sur l'afficheur à aiguille du galvanomètre.

Traitement des données et conclusion

-  Pour chaque calibre testé, tracer le graphe $I_{A_fabriqué} = f(I_{A_digital})$.
-  Analyser les graphes et conclure sur la précision de l'ampèremètre fabriqué. On discutera notamment sur la valeur exacte attendue pour I_{MAX} en fonction de la valeur exacte de la résistance utilisée pour construire l'ampèremètre, et on en donnera l'erreur absolue ΔI_{MAX} pour chaque calibre. On comparera également cette erreur à celle apparente sur les graphes.

EXPÉRIENCE 2 : REALISATION D'UN VOLTMETRE ARTISANAL.

Travail préliminaire

Pour fabriquer un voltmètre, on utilise le même galvanomètre à cadre mobile qu'à l'expérience précédente.

-  Etant donné le courant le courant I_{Gmax} qui peut traverser le galvanomètre et sa résistance interne R_G , déterminer comment construire un voltmètre à partir de ce galvanomètre et d'une ou plusieurs résistance(s). Ce voltmètre doit pouvoir mesurer des valeurs de tensions de 0 à V_{MAX} . On expliquera comment et pourquoi

on utilise ces composants, et on donnera la valeur de la résistance utilisée en fonction de R_G , $I_{G\max}$ et $V_{\max}$.

-  Dessiner le circuit électrique correspondant à ce montage.
-  Expliquer ce qui doit être modifié pratiquement dans la solution proposée afin de changer le calibre du voltmètre fabriqué, autrement dit de changer la valeur de $V_{\max}$.

Protocole expérimental et résultats des mesures

Matériel nécessaire :

-  Un galvanomètre de résistance interne 160Ω ou 300Ω et de courant maximal 50mA .
-  Des résistances de 60Ω , 100Ω , 240Ω , 440Ω et 1000Ω
-  6 cordons de branchement
-  Un multimètre digital
-  Une alimentation 0-30 V continue

Démarche expérimentale :

-  A partir du travail préliminaire et du galvanomètre à votre disposition, constituer un voltmètre de calibres ($V_{\max}$) 10V, 20V et 30V (si $R_G = 160\Omega$) ou 15V, 20V et 30V (si $R_G = 300\Omega$). Pour changer de calibre, on changera simplement les connexions des cordons de branchement.
-  Pour chaque calibre du voltmètre réalisé, le tester en utilisant la méthode suivante :
 - A l'aide de l'alimentation et d'une résistance, câbler un circuit élémentaire aux bornes duquel la différence de potentiel est égale au calibre considéré.
 - Diminuer, avec le bouton de réglage, la tension aux bornes du circuit jusqu'à obtenir une valeur nulle. Insérer le voltmètre artisanal et le multimètre digital en mode voltmètre au circuit.
 - Ré-augmenter progressivement la tension délivrée par l'alimentation, et pour des valeurs allant de 0 à $V_{\max}$, tous les 2V indiqués sur le voltmètre digital, relever la valeur indiquée par le voltmètre artisanal. Noter cette valeur en adaptant l'échelle sur l'afficheur à aiguille du galvanomètre.

Traitement des données et conclusion

-  Pour chaque calibre testé, tracer le graphe $V_{V_fabriqué} = f(V_{V_digital})$.
-  Analyser les graphes et conclure sur la précision du voltmètre fabriqué. On discutera notamment sur la valeur exacte attendue pour $V_{\max}$ en fonction de la valeur exacte de la résistance utilisée pour construire le voltmètre, et on en donnera l'erreur absolue $\Delta V_{\max}$ pour chaque calibre. On comparera également cette erreur à celle apparente sur les graphes.

Quatrième séance : Charge et décharge d'un condensateur

OBJET DU LABORATOIRE :

Cette dernière séance est consacrée à l'étude **de la charge et de la décharge d'un condensateur** à travers une résistance donnée, à l'aide d'instruments de mesure conçus de la même manière qu'à la séance 3. La première partie consiste à mesurer, en fonction du temps, le courant de charge et de décharge d'un condensateur à travers une résistance connue et à déterminer ainsi la valeur exacte de sa capacité. L'autre partie est consacrée à la mesure de la constante de temps de différents circuits composés de combinaisons variées de résistances et de condensateurs.

EXPÉRIENCE 1 : MESURE DU COURANT DE CHARGE ET DE DÉCHARGE D'UN CONDENSATEUR.

Travail préliminaire



Tracer sur du papier semi-logarithmique, le graphique du courant en fonction du temps pour la charge et la décharge d'un condensateur de $220\ \mu\text{F}$ et d'un condensateur de $100\ \mu\text{F}$ à travers une résistance de $100\ \text{k}\Omega$, lorsque la tension de la source est de $5\ \text{V}$; l'échelle de temps doit s'étendre jusqu'à 3 fois la constante de temps du circuit.



Lors de la démarche expérimentale suivante, on cherche à mesurer le courant dans le circuit à l'aide d'un ampèremètre artisanal. Expliquer pourquoi il n'est pas possible d'effectuer ces mesures en réutilisant exactement le même ampèremètre qu'à la séance 3. On fera appel à des notions de résistances internes et d'intensité du courant.



Par conséquent, un nouveau galvanomètre, de résistance interne $\approx 1.16\ \text{k}\Omega$ et de courant maximum $50\ \mu\text{A}$, sera utilisé. Déterminer les résistances nécessaires afin de réaliser un ampèremètre de calibres $50\ \mu\text{A}$, $1\ \text{mA}$ et $10\ \text{mA}$.

Protocole expérimental et résultats des mesures

Matériel nécessaire :



Une alimentation $0-30\ \text{V}$ continue



Une résistance de $100\ \text{k}\Omega$



2 condensateurs électrolytiques de $100\ \mu\text{F}$ et $220\ \mu\text{F}$

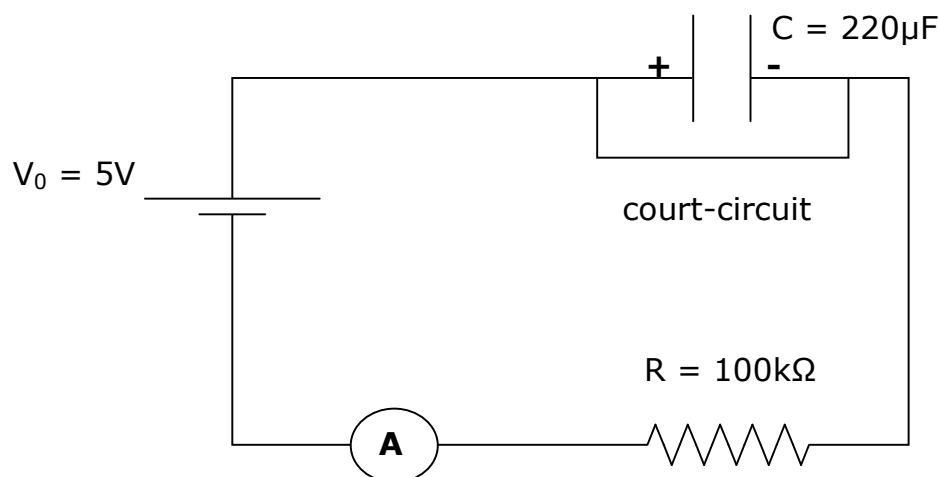


Un bornier

- Des cordons de branchement
- Un galvanomètre de résistance interne $1.16\text{k}\Omega$ et de courant maximum $50\mu\text{A}$
- Résistances de 10Ω et 55Ω
- Un chronomètre

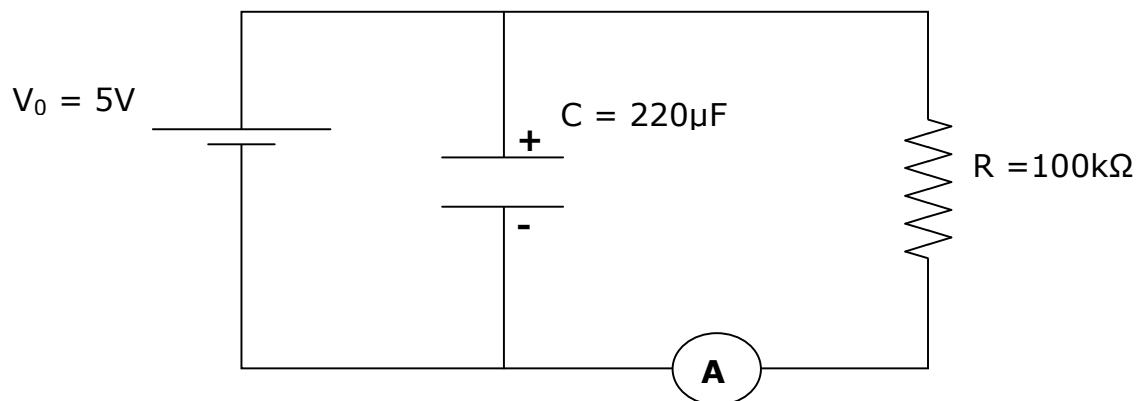
Démarche expérimentale pour le circuit de charge :

- En premier lieu, réaliser l'ampèremètre artisanal à partir du travail préliminaire et de la méthode vus lors de la séance 3.
- Réaliser le circuit (cf. schéma ci-après) en prenant garde à la polarité des condensateurs électrolytiques : la borne positive de la source de tension doit toujours être connectée à la borne + du condensateur.
- Y insérer l'ampèremètre conçu à l'étape 1 du protocole expérimental, choisir un calibre pour l'ampèremètre et préparer l'échelle de lecture des valeurs du courant sur l'afficheur à aiguille.
- Supprimer le court-circuit et mesurer la valeur du courant toutes les 5 secondes, jusqu'à 3 fois la constante de temps du circuit. Tenir compte de l'échelle de mesure utilisée pour indiquer l'erreur sur la mesure du courant.
- Répéter la mesure pour le condensateur de $100\mu\text{F}$.



Démarche expérimentale pour le circuit de décharge :

- Réaliser le circuit suivant :



-  Déconnecter la source de tension et mesurer le courant de décharge toutes les 5 secondes.
-  Effectuer la même démarche pour le condensateur de 100 μ F.

Traitement des données et conclusion

-  Sur le graphique, reporter vos mesures de courant en fonction du temps. Que constate-t-on pour la charge et la décharge ? Est-ce normal ?
-  Dédire de vos deux graphes expérimentaux les valeurs réelles des capacités en explicitant la démarche.
-  Effectuer un calcul de propagation d'erreur pour déterminer ΔC en fonction de Δi et Δt .
-  Quel est l'intérêt de cette mesure ?

EXPÉRIENCE 2 : DETERMINATION DE LA CONSTANTE DE TEMPS D'UN CIRCUIT.

Travail préliminaire

-  Etablir la formule permettant de calculer la constante de temps d'un circuit à partir du temps T que met la tension aux bornes du condensateur pour passer de sa valeur initiale à la moitié de celle-ci lors de la décharge.
-  Lors de la démarche expérimentale suivante, on cherche à mesurer la tension aux bornes du circuit à l'aide d'un voltmètre artisanal. Expliquer pourquoi il n'est pas possible d'effectuer ces mesures en réutilisant exactement le même voltmètre qu'à la séance 3.

A partir du même galvanomètre qu'à l'expérience précédente, déterminer les résistances nécessaires afin de réaliser un ampèremètre de calibres 2.5V, 10V et 30V.

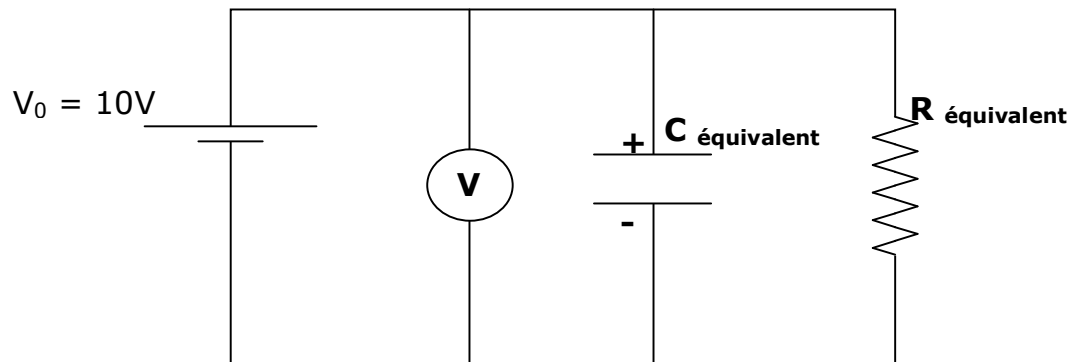
Protocole expérimental et résultats des mesures

Matériel nécessaire :

- Le matériel précédent
- Résistances de 100k Ω , 200k Ω et 300k Ω

Démarche expérimentale :

Pour toutes les associations de condensateurs et de résistances considérées par la suite, le montage à réaliser est le suivant :



Réaliser le voltmètre artisanal à partir du travail préliminaire et de la méthode vus lors de la séance 3. L'insérer au circuit ci-dessus et préparer l'échelle de lecture de la tension en fonction du calibre choisi pour la mesure.

Lorsque $C_{\text{équivalent}}$ est un condensateur de 220 μF , le charger sous une tension de 10 V et mesurer le temps T défini plus haut lors de sa décharge à travers une résistance $R_{\text{équivalent}} = 100 \text{ k}\Omega$.

Recommencer les mêmes opérations pour différents $C_{\text{équivalent}}$ et $R_{\text{équivalent}}$, toutes les combinaisons demandées étant résumées dans le tableau suivant :

$C_{\text{équivalent}}$	$R_{\text{équivalent}}$	$T_{\text{mesuré}}$	$\Delta T_{\text{mesuré}}$	$\tau_{\text{théorique}}$	τ_{exp}	$\Delta \tau_{\text{exp}}$
220 μF	100 k Ω					
220 μF	100k Ω et 200k Ω en série					
220 μF	100k Ω et 200k Ω en					
220 μF	200 k Ω					
100 μF	200 k Ω					
100 μF et 220 μF en série	200 k Ω					
100 μF et 220 μF en	200 k Ω					

Traitement des données et conclusion

-  À partir des mesures, compléter le tableau ci-dessus en justifiant le calcul des différentes quantités.
-  Pour les quatre mesures avec le condensateur de $220\mu\text{F}$ (en bleu dans le tableau), tracer le graphe $\tau = f(R)$. En déduire la valeur de C_{220_exp} .
-  Pour les quatre mesures avec la résistance de $200\text{k}\Omega$ (en rouge dans le tableau), tracer le graphe $\tau = f(C)$, **en prenant pour C_{220} la capacité expérimentale déterminée précédemment.**
-  Reporter les valeurs théoriques de τ sur les deux graphes.
-  Les valeurs théoriques et expérimentales sont-elles en accord ? Si non, discuter des causes potentielles de ces désaccords ? **Essayer d'introduire une correction aux résultats ou d'effectuer un calcul d'erreur permettant de justifier les différences entre les résultats théoriques et expérimentaux.**

Annexes

A1 : CAPACIMÈTRE

Le capacimètre est un appareil électronique permettant de mesurer directement les capacités.

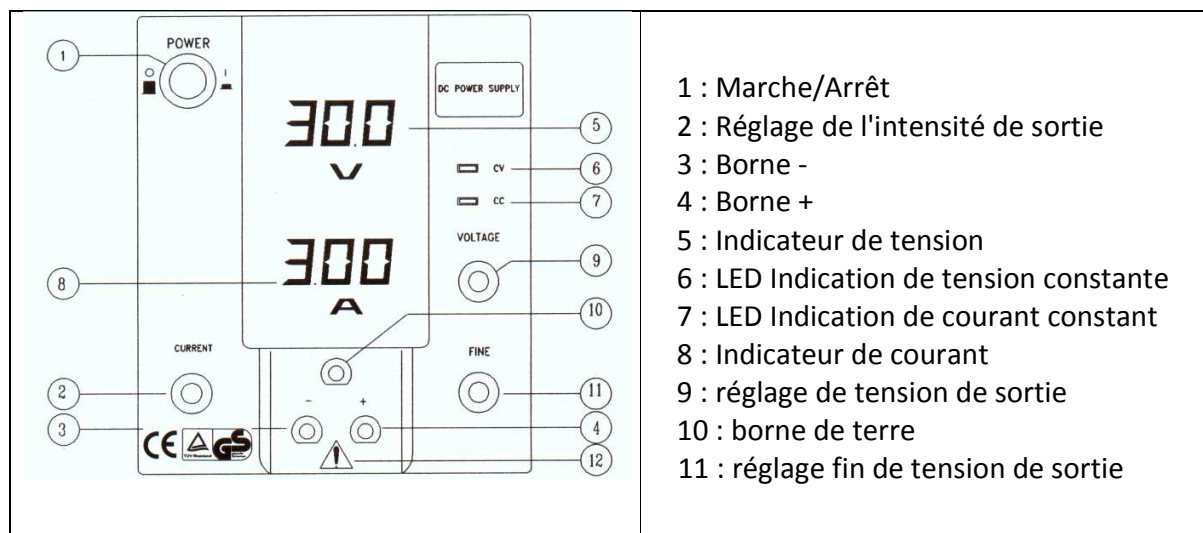
Avertissement : il faut toujours décharger le condensateur avant la mesure



1. Pour la mesure de capacités de moins de 200nF, l'usage du bouton <<0-ADJ>> permet de soustraire la capacité parasite.
2. Placez le commutateur sur la gamme désirée.
3. N'appliquez jamais une tension externe aux bornes d'entrée du capacimètre car des dommages pourraient en résulter.
4. Pour l'utilisation de condensateurs électrolytiques, respectez la polarité des bornes d'entrée.
5. Reliez les extrémités du condensateur aux bornes d'entrée.
6. Lisez la capacité directement sur l'affichage.

A2 : ALIMENTATION 0-20 VDC

L'alimentation délivre entre ses bornes « + » et « — » une différence de potentiel V_0 positive et continue (DC) qui peut être réglée à l'aide du potentiomètre à une valeur comprise entre 0 et 30 Volts. Cette alimentation est limitée en courant. Dès que le courant dépasse la valeur limite, la tension de la source diminue. Pour éviter cette diminution, il est conseillé de placer la limite en courant à sa valeur maximale.



A3 : COULOMBMÈTRE

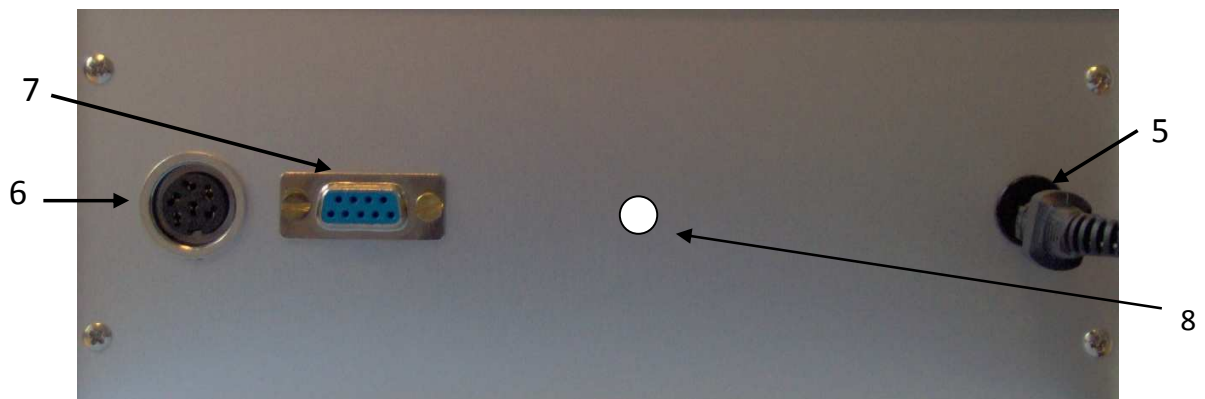
Le coulombmètre est un appareil destiné principalement à la mesure de charges électriques. Par exemple :

- mesure des charges accumulées sur un condensateur ou un ensemble de condensateurs ;
- mesure des charges induites (par exemple en approchant un aimant d'une boucle de fil).

Il peut également être utilisé en voltmètre et, couplé avec une sonde de Hall, de teslamètre.

Le principe de la mesure est l'intégration d'un courant au cours du temps.

FACE AVANT



FACE ARRIERE

1. Description

Face avant

Connecteurs

La face avant comporte 2 connecteurs. **Attention lors des branchements**, ces derniers sont **très fragiles**. Selon la mesure à effectuer, nous nous servons de l'une ou l'autre de ces entrées.

- **La première (1)** (entourage blanc, à gauche) surmontée d'un pictogramme représentant un condensateur sera utilisée lors de la mesure des charges accumulées sur un condensateur.
- **La seconde (2)** (entourage noir, à droite) surmontée d'un pictogramme représentant un transformateur sert à la mesure des charges induites.

De part et d'autre de ces connecteurs, sont précisées les unités des différentes mesures selon l'utilisation en coulombmètre ou en voltmètre ainsi que la résistance interne correspondante.

Commutateurs

- **Commutateur Cb/V (3)** : il permet de changer la fonction de l'appareil (coulombmètre Cb, voltmètre V). Attention toutefois, selon la manière dont à été fait l'étalonnage, cette mesure peut ne pas être absolue (voir ci-dessous).
- **Commutateur Etalonnage/Reset** : comme son nom l'indique, il est utilisé pour l'étalonnage ou la remise à zéro de l'appareil.

Attention, **l'étalonnage se fait par rapport au signal présent sur les connecteurs**. Pour avoir une mesure absolue, il est nécessaire de réaliser l'étalonnage en branchant les câbles utilisés pour la mesure sur les connecteurs. On ne tient pas compte ainsi des charges ou tensions qui pourraient éventuellement être présentes dans les câbles.

La remise à zéro remet l'appareil dans l'état défini par le dernier étalonnage.

L'écran

L'écran sur lequel on lit la mesure comporte deux lignes. Dans le cas de l'utilisation en coulombmètre, la première ligne correspond à la mesure de la charge, et la seconde, notée δ , à la différence entre deux points d'intégration successifs. Pour que la mesure soit correcte, la lecture doit se stabiliser au bout d'un certain temps (quelques secondes), tend alors vers 0. Si ce n'est pas le cas et que la mesure s'affole, il est nécessaire de procéder à un nouvel étalonnage.

Si l'écran affiche des signes incohérents, débrancher et rebrancher l'appareil.

Face arrière

Elle se compose de trois connecteurs. Le plus petit (5) (à droite sur la photo) de forme circulaire est utilisé pour brancher le transformateur d'alimentation. Le coulombmètre ne possédant pas d'interrupteur, il est nécessaire de débrancher l'appareil pour l'éteindre. Les deux autres sont utilisés pour le contrôle (7) et le branchement de la sonde du teslamètre (6).

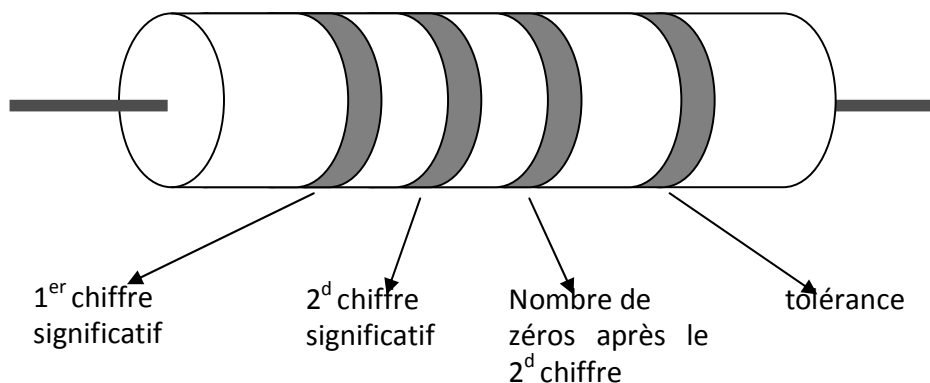
Il y a également une borne de terre (8) qu'il **est indispensable de relier à la borne de terre située sur le "rail de distribution d'électricité"**.

2. Utilisation comme coulombmètre pour la mesure des charges accumulées sur un condensateur

- Brancher le transformateur d'alimentation à l'appareil. Placer le commutateur (3) sur Cb (mesure de charge).
- Brancher le câble de mesure au connecteur à entourage blanc (le plus à gauche) et étalonner l'appareil (pousser brièvement le commutateur (4) vers la gauche).
- Relier chaque extrémité de ce câble aux bornes du condensateur dont on souhaite mesurer la charge.
- Lire la valeur de cette charge à l'écran quand la lecture est stabilisée ($\delta = 0$).
- Pour recommencer une autre mesure **ne pas oublier de remettre à zéro (reset)**.

A4 : Code des couleurs et résistances

La plupart des résistances ont la valeur indiquée en ohm sous forme de bandes colorées fournissant **2 chiffres significatifs, l'ordre de grandeur et la tolérance**.



Pour les **3 premières bandes**, chaque couleur correspond à un nombre compris entre 0 et 9, conformément au tableau suivant :

Noir : 0	Vert : 5
Brun : 1	Bleu : 6
Rouge : 2	Violet : 7
Orange : 3	Gris : 8
Jaune : 4	Blanc : 9

La **tolérance** est la limite de précision garantie par le constructeur. Elle est indiquée en pour cent de la valeur maximale par les deux couleurs suivantes :

Or : 5 %	Argent : 10 %
----------	---------------

Exemple : une résistance dont les bandes de couleur sont successivement jaune, violet, rouge et or vaut **4700 Ω $\pm$ 5 %**.