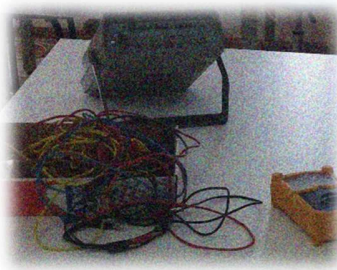
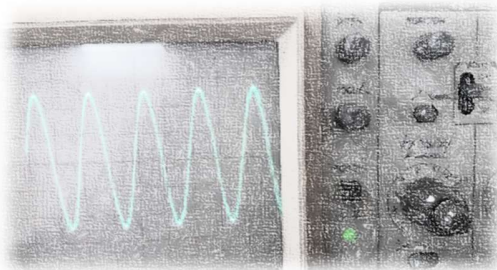


Faculté de Technologie Département de Technologie

UEM1.2 : Travaux Pratiques en Physique 2 (Partie théorique & pratique)

- TP N° 1 : Mesures avec l'oscilloscope
TP N° 2 : Les lois de Kirchhoff (loi des mailles, loi des nœuds)
TP N° 3 : Charge et décharge d'un condensateur

Equipe pédagogique



2024/2025

Introduction

Pour aborder et bien comprendre les Travaux pratique en électricité, il est important d'avoir des connaissances de base sur certains concepts électriques. Voici les prérequis essentiels :

1. Charge électrique

Il existe deux types de charge électrique observée : positive et négative. Positif et négatif sont des noms arbitraires dérivés des expériences de Benjamin Franklin qui a frotté une tige de verre avec de la soie et a appelé les charges sur la tige de verre positives. Il a frotté de la cire à cacheter avec de la fourrure et a appelé la charge sur cette cire négative. Les charges similaires se repoussent, tandis que les charges opposées s'attirent.

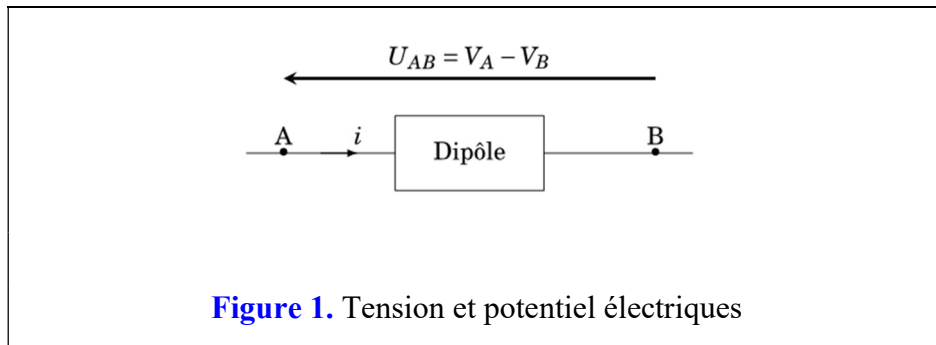
L'unité de charge Q est appelée *coulomb* [C]. La charge des objets ordinaires est quantifiée en multiples de « e » : $Q = +Ne$ ou $Q = -Ne$, où $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C, et N est un entier positif. L'électron porte une unité de charge négative : $q_{\text{electron}} = -e$, et le proton porte une unité de charge positive : $q_{\text{proton}} = +e$.

2. Sources de Tension

Les batteries, les générateurs et les alimentations sont des dispositifs qui convertissent une autre forme d'énergie en énergie électrique. Lorsque les bornes d'une batterie sont connectées à un fil, des forces agissent sur les charges et produisent un flux de charge dans le fil, un courant électrique. Ici, l'énergie électrique provient de réactions chimiques à l'intérieur de la batterie. Il existe de nombreuses sources de force électromotrice : les cellules solaires, les générateurs et les alternateurs en sont quelques exemples.

3. Tension et potentiels électriques

La tension électrique est une différence de potentiels, on note : $U_{AB} = V_A - V_B$, où V_A et V_B sont les potentiels électriques en A et B respectivement. On peut également représenter cette tension par une flèche pointant de B vers A, indiquant la direction du potentiel plus élevé vers le potentiel plus bas. (Fig.1).



La tension est positive si le potentiel en A est supérieur au potentiel en B . Alors, le courant d'intensité i circulera de A vers B si le circuit est fermé. L'unité de la différence de tension est le volt $[V]$ tel que : $[V] = [\text{Volt}] = [\text{joule/coulomb}] = [J/C]$

4. Travail-Énergie

La différence de tension $\Delta V \equiv V = V_B - V_A$ entre les points A et B est définie comme étant le travail négatif ΔW effectué par la charge q lors de son déplacement du point A au point B :

$$\Delta W = -V \cdot q$$

Le travail effectué ΔW dans la définition de la différence de tension est le travail effectué par la force électrique :

$$\Delta W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

Une charge positive libre se déplace ira d'un potentiel plus élevé vers un potentiel plus bas. Remarquez que V est négatif et que $q > 0$, donc le travail effectué par la force électromotrice est positif : $\Delta W = -qV > 0$, ce travail positif peut être converti en énergie mécanique sous forme d'énergie cinétique accrue : $\Delta W = \Delta E_c$, ou converti en chaleur : $\Delta W = \Delta Q_{\text{chaleur}}$. Une charge négative libre se déplacer ira d'un potentiel plus bas vers un potentiel plus élevé.

5. Courant

Le courant électrique est un flux de charge électrique. à travers un fil il est défini comme la charge nette totale qui traverse une section transversale de fil par seconde, son unité est l'ampère

[A], avec 1 ampère = 1 coulomb / seconde. Il est de l'ordre de mégaampères (MA) dans les éclairs à nanoampères (nA) dans les nerfs.

Il existe deux systèmes d'unités différents : le *SI* ou Système International d'Unités, et le *CGS* (centimètres, grammes, secondes). Dans les unités *CGS* la charge est une quantité fondamentale. L'unité de charge est l'unité électrostatique [*esu* : issu de l'anglais *electrostatic unit*]. Dans le système *SI*, le courant est la quantité fondamentale, et la charge électrique est une unité dérivée. Cela signifie qu'un coulomb est défini comme suit : si un ampère de courant circule dans un fil, alors la charge totale qui se déplace à travers n'importe quelle section transversale du fil en une seconde est définie comme un coulomb de charge.

L'idée que le courant I est le taux de changement de charge Q dans le temps peut être décrite mathématiquement par la relation :

$$I = dQ / dt$$

Étant donné que le flux a une direction, il a été implicitement introduit une convention selon laquelle la direction du courant correspond à la direction dans laquelle les charges positives circulent. À l'intérieur des fils, les charges qui circulent sont des électrons chargés négativement. Ainsi, les électrons circulent dans la direction opposée à celle du courant positif. Il existe de nombreux types de courant électrique : continu ou alternatif, haute ou basse fréquence, permanent ou transitoire, constant, variant lentement, pulsé ou fluctuant. Les courants électriques circulent dans des conducteurs : solides (métaux, semi-conducteurs), liquides (électrolytes) et gaz ionisés. Les courants électriques ne circulent pas (ou peu) dans les non-conducteurs ou les isolants.

6. Alimentations Électriques

Le taux de travail effectué est appelé puissance. Une source de tension V qui produit un courant I a une puissance de sortie :

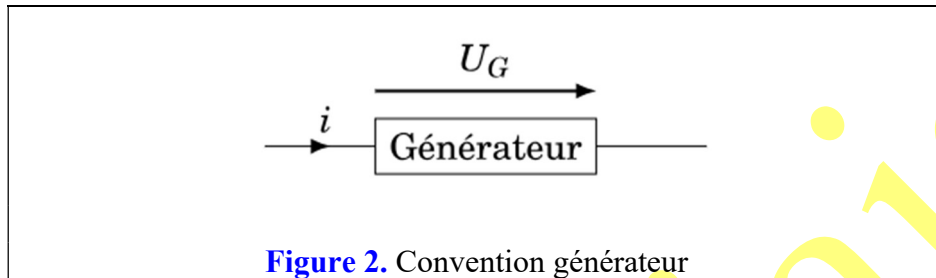
$$P = V \cdot I$$

Les sources de tension sont communément appelées alimentations.

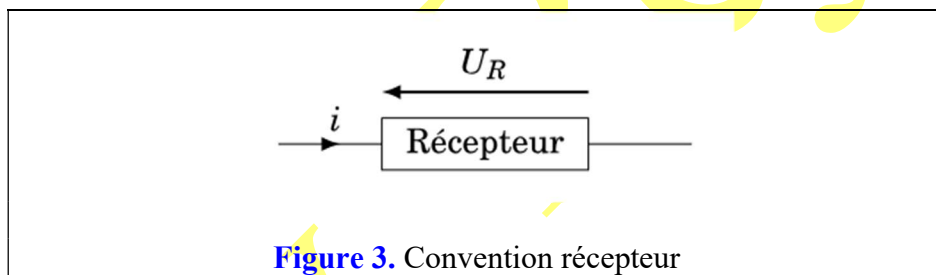
L'unité de puissance est le watt, [W]; [W]=[watt]=[volt][amp]=[V][A], Étant donné que la puissance est le taux de changement d'énergie dans le temps, les unités de watts sont également: [W]=[watt]=[joule/seconde] =[J/s]

7. Conventions

Lorsque l'on flèche la tension aux bornes d'un générateur, on utilise la convention générateur (Fig. 2) : les flèches de la tension et de l'intensité du courant sont dans le même sens.



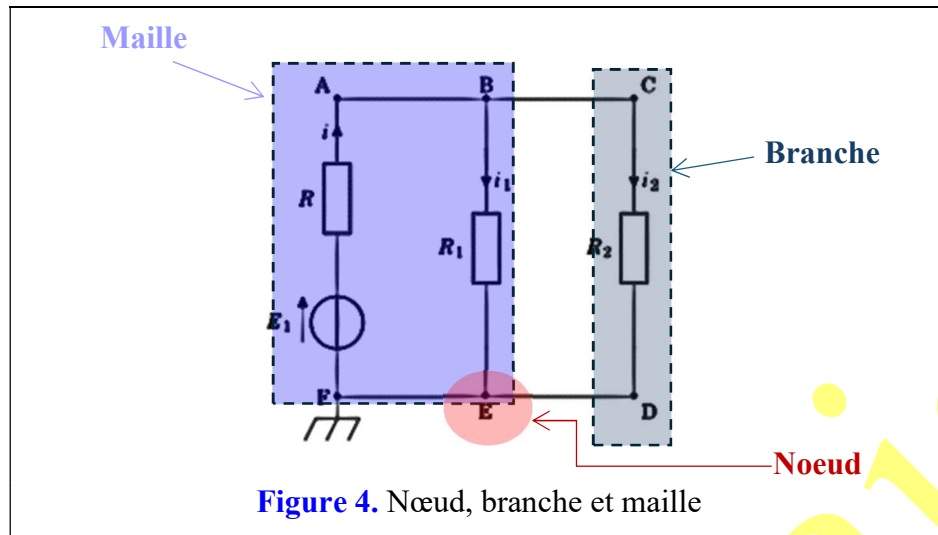
Lorsque l'on flèche la tension aux bornes d'un récepteur (lampe, conducteur ohmique, condensateur, ...), on utilise la convention récepteur (Fig. 3) : les flèches de la tension et de l'intensité du courant sont en sens contraire.



8. Vocabulaire

Un réseau électrique est formé de nœuds, branches et de mailles. Par exemple, sur le schéma ci-contre (Fig. 4) :

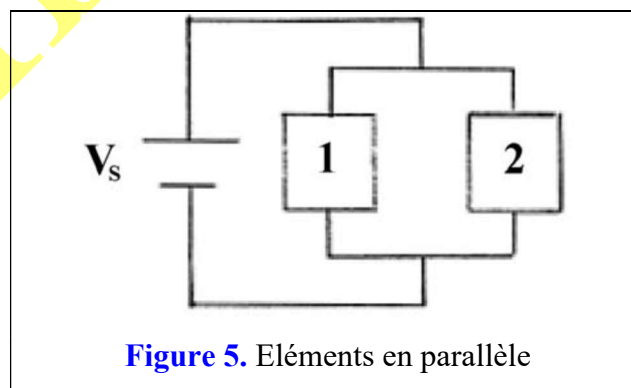
- la portion de circuit CD est une **branche** : on y trouve deux dipôles en série, le générateur E1 et la résistance R;
- B est un **nœud**, c'est-à-dire un point du circuit où se rejoignent au moins trois branches; le courant va alors se diviser ;
- Une **maille** est une boucle du circuit que l'on parcourt une et une seule fois : ABEFA ou BCDEB sont des mailles.



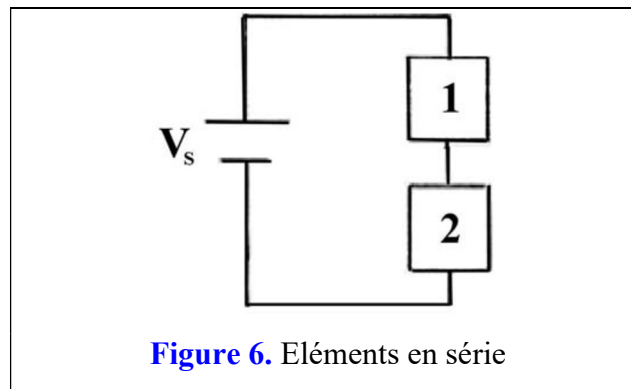
9. Circuits Électriques

Les circuits électriques relient les alimentations aux « charges » telles que les résistances, les moteurs, les chauffages ou les lampes. La connexion entre l'alimentation et la charge se fait avec des fils isolants souvent appelés « fils de connexion » et par soudage, ou avec de nombreux types de connecteurs et de bornes. L'énergie est délivrée de la source à l'utilisateur à la demande d'un simple interrupteur. Parfois, de nombreux composants de circuit sont connectés au même fil, ce qui est appelé un « fil commun » pour ces éléments.

Différentes parties des circuits peuvent être en série ou en parallèle, ou en série-parallèle. Les éléments sont en parallèle lorsqu'ils sont connectés « à travers » la même différence de potentiel (Fig. 5). En général, les charges sont connectées en parallèle à l'alimentation électrique.



Lorsque les éléments sont connectés les uns après les autres, de sorte que le courant passe à travers chaque élément sans aucune branche, les éléments sont en série (Fig. 6).



Il existe des diagrammes visuels qui montrent les fils et les composants à peu près tels qu'ils apparaissent, et des diagrammes schématiques qui utilisent des symboles conventionnels, quelque peu analogues aux cartes routières. Souvent, il y a un interrupteur en série ; lorsque l'interrupteur est ouvert, la charge est déconnectée ; lorsque l'interrupteur est fermé, la charge est connectée.

On peut avoir des circuits fermés, à travers lesquels le courant circule, ou des circuits ouverts dans lesquels il n'y a pas de courant. Parfois, généralement par accident, des fils peuvent se toucher, provoquant un court-circuit. La plupart du courant passe par le court-circuit, tandis que très peu circule à travers la charge. Cela peut endommager un équipement électrique comme un transformateur. Pour prévenir les dommages, un fusible ou un disjoncteur est placé en série. Lorsqu'il y a un court-circuit, le fusible fond ou le disjoncteur s'ouvre.

Dans les circuits électriques, un point (ou un certain conducteur commun) est choisi comme «terre». Ce point se voit assigner une tension arbitraire, généralement zéro, et la tension V à tout point du circuit est définie comme la différence de tension entre ce point et la terre.

10. Générateur et masse

Le générateur possède une borne positive et une borne négative, le potentiel de la borne positive est égal à la **f.é.m.** (notée E, e) du générateur ou de la pile : le potentiel de la borne + d'une pile de 4,5 V est $V_+ = 4,5V$. La borne – du générateur est la référence des potentiels électriques, fixée à 0 V : on l'appelle la masse du montage (Fig. 7).

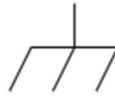


Figure 7. Symbole de la masse

11. Résistance et loi d'Ohm

Lorsqu'une différence de tension V est appliquée à un élément de circuit, un courant s'écoule à travers celui-ci. La quantité de courant est une fonction de la tension. La relation courant-tension (courbe $I(V)$) est une propriété empirique du composant. Trois exemples sont présentés sur la Fig. 8.

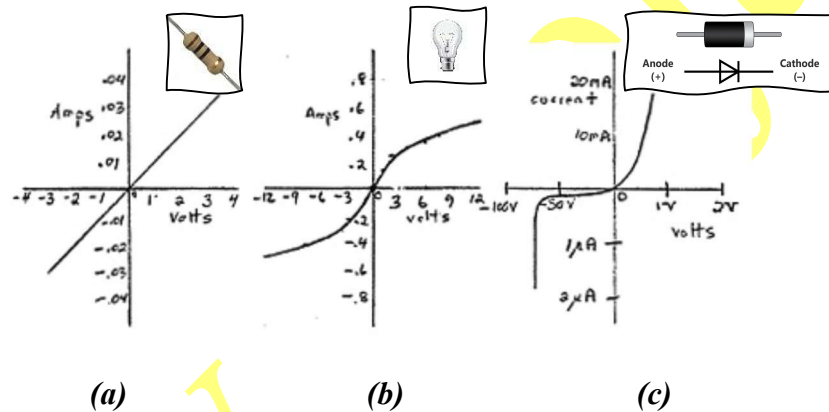


Figure 8. Courbes $I = f(V)$ pour divers éléments ; (a) relation linéaire lorsque l'élément est un résistor à composition carbone, (b) relation non linéaire plus compliquée pour le filament d'une lampe et (c) relation non linéaire asymétrique pour une diode.

Lorsque la courbe $I(V)$ est linéaire, la résistance R est définie comme étant la pente de la courbe.

$$R = I \cdot V$$

La loi d'Ohm est couramment énoncée étant : la chute de tension à travers une résistance est $V=RI$. l'unité de résistance est l'ohm $[\Omega]$, avec $[\Omega] = [V]/[A] \Rightarrow (1 \text{ ohm}) = (1 \text{ volt})/(1 \text{ ampère})$. La résistance peut dépendre de plusieurs variables telles que la température ou la tension appliquée.

12. Présentation des instruments de mesure et des composants utilisés

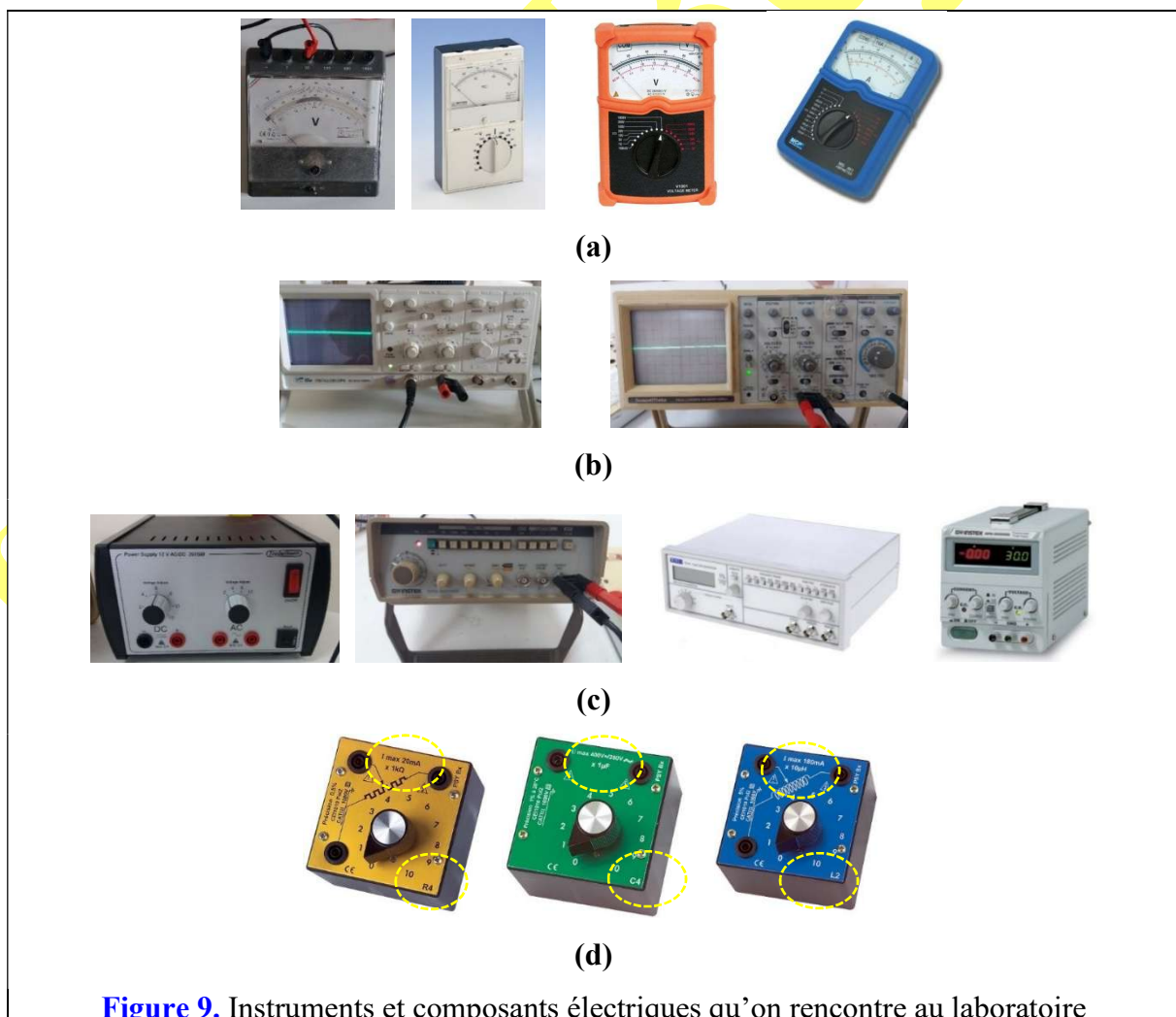
a) Voltmètre : Le voltmètre est un appareil qui permet de mesurer la tension (ou différence de potentiel électrique) entre deux points, grandeur dont l'unité de mesure est le volt (V). Le plus souvent, il peut mesurer des tensions continues et alternatives (Fig.9a).

b) Ampèremètre : L'ampèremètre est l'appareil qui sert à mesurer l'intensité du courant qui circule dans une portion d'un circuit électrique (Fig.9a).

d) Oscilloscopes : Le principal objectif des oscilloscopes est de mesurer et d'afficher une tension en fonction du temps. Ils sont largement utilisés pour la conception électrique et /ou électronique, pour le test et la réparation de la plupart des objets fonctionnant avec l'électricité (Fig.9b).

e) Générateur : Le générateur est destiné à maintenir une différence de potentiel constante entre deux points d'un réseau ; un générateur de tension linéaire est caractérisé par deux grandeurs : sa f.é.m. et son r_i (Fig.9c)

f) Boîtes à décades : Les boîtes à décades sont conçues pour la résistance, la capacité et l'inductance, dont les valeurs peuvent être ajustées de manière incrémentielle en tournant un bouton ou un interrupteur, les contacts de l'interrupteur se déplaçant le long d'une série de composants respectifs (Fig.9d).



Références

[1] M.N. Sanz, A.E. Badel, F. Clausset, 2008, PHYSIQUE TOUT-EN-UN : 1re ANNÉE, Cours et exercices corrigés, 3^e Edition, Dunod, France.

[2] A. Brooks, 2001, Electrical Current, Voltage and Resistance, Physics Factsheet (7), <https://physicsfact.wordpress.com/physics-fact-sheets/>

TP N° 1

Mesure avec l'oscilloscope



But

1. Observer une tension « V »
2. Différencier $V_{\text{crête à crête}}$, V_{maximal} et V_{efficace}
3. Déterminer la période et tirer la fréquence d'un signal électrique
4. Calculer le déphasage dans les trois cas : Résistance, condensateur et bobine

1. Théorie

L'oscilloscope est un appareil utilisé pour visualiser et étudier une tension continue ou variable en fonction du temps. La courbe obtenue sur l'écran d'un oscilloscope est appelée un oscillogramme. L'axe vertical constitue l'axe des tensions et l'axe horizontal, celui du temps. Il peut mesurer la forme d'onde, la fréquence, l'amplitude. Il aide à observer comment un signal évolue dans le temps, ce qui est crucial pour diagnostiquer des circuits électriques et des systèmes électroniques.

Il contient deux voies verticales (CH1 : Ya et CH2 : Yb), deux voies horizontales (X et t) et une synchronisation externe (Fig. 1)

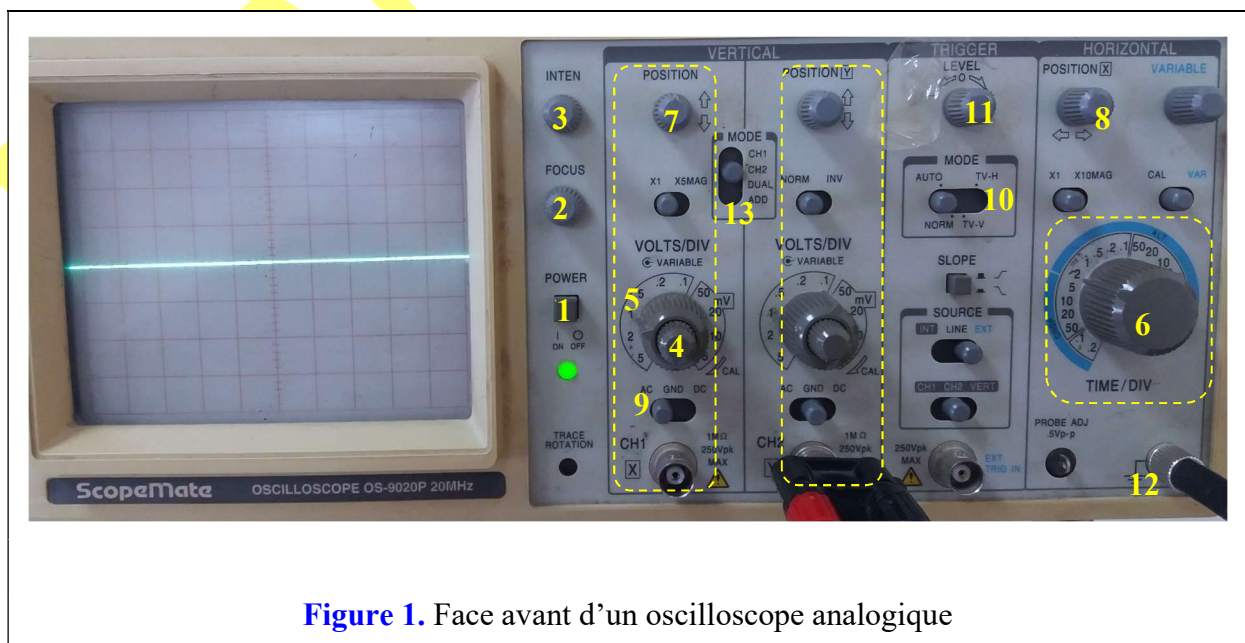


Figure 1. Face avant d'un oscilloscope analogique

1.1 Voies verticales

Ce sont des circuits qui permettent de mesurer et d'afficher les signaux électriques sur l'axe vertical de l'écran. Ils reçoivent les signaux à mesurer via des sondes et transforment ces signaux en tension, qui sera alors affichée sur l'écran de l'oscilloscope. Les valeurs de tension sont représentées en fonction du temps (axe horizontal), ce qui permet de visualiser l'évolution du signal électrique.

- **Mode Chop** : pour les basses fréquences
- **MODE alterné et DUAL Ya et Yb ensemble** : Pour les hautes fréquences
- **Mode ADD et SUB** : Les tensions des différentes voies peuvent être additionnées pour visualiser la somme sur un seul canal, ou soustraire les signaux d'une voie à ceux d'une autre, utile pour des analyses spécifiques.
- **Mode DC** : permet de visualiser la composante directe et alternative du signal.
- **Position O ou $\perp$ ou GND** : L'entrée de la masse, permet de régler la position initiale.
- **Mode AC** : Affiche seulement la composante alternative du signal en annulant la composante directe.
- **Sensibilité verticale VOLTS/DIV** : Correspond à l'échelle de tension (en volts par division) utilisée pour chaque voie. Il peut généralement être ajusté pour permettre l'observation de signaux de différentes amplitudes.
- **Sensibilité horizontale TIME/DIV** : Correspond à l'échelle de temps (en seconde par division) utilisée pour chaque voie. Il peut généralement être ajusté pour permettre l'observation de signaux de différentes périodes (fréquence).
- **Shift $\updownarrow$** : Cela permet de modifier la position de la forme d'onde sur l'axe vertical.
- **Shift $\leftrightarrow$** : Il s'agit de décaler la forme d'onde sur l'axe horizontal. Cela peut être réalisé en ajustant le réglage du temps (*time base*) ou en utilisant le bouton de décalage horizontal. Ce paramètre permet de voir plus clairement les détails du signal sur une période spécifique.

✦ Ajuster le shift vertical ou horizontal peut aider à mieux visualiser les signaux, à effectuer des mesures précises ou à comparer plusieurs formes d'onde simultanément.

1.2 Voies horizontales

- **Sweep Horizontal (Balayage Horizontal)**: C'est le déplacement de l'affichage de gauche à droite à travers l'écran de l'oscilloscope, représentant le temps. Ça permet de

visualiser les variations du signal au fil du temps. Le réglage de la base de temps (par exemple, en ms/DIV) permet d'ajuster la durée pendant laquelle le signal est affiché.

- **Sweep TRIGGER** (Déclenchement du Balayage): C'est le mécanisme qui initialise le début du balayage. Ça permet de stabiliser l'affichage de la forme d'onde. Il synchronise le balayage avec un point spécifique du signal, afin que la forme d'onde apparaisse stationnaire sur l'écran au lieu de défiler de manière aléatoire.

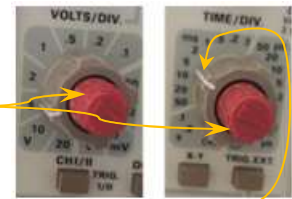
✦ Le balayage est crucial pour analyser des signaux qui changent rapidement, car il permet d'observer les cycles répétés d'un signal ou de capturer des événements transitoires. Un bon réglage du balayage et du déclenchement est essentiel pour obtenir une forme d'onde claire et utile. Cela aide à éviter le flou ou le défilement chaotique.

- **Xshift** (Décalage Horizontal) : Permet de déplacer la forme d'onde vers la gauche ou vers la droite sans modifier la base de temps. C'est utile pour centrer immédiatement une caractéristique spécifique du signal (comme un pic ou un creux) sur l'écran. Bien que le Xshift déplace l'affichage horizontalement, le réglage du déclenchement (TRIGGER) configure le point à partir duquel commence l'affichage, donc il est important d'utiliser ces deux réglages en tandem pour une analyse efficace.
- **Mode de Synchronisation TRIGGER** : C'est un mécanisme qui permet de définir un point de référence dans le signal à partir duquel le balayage commence. Cela facilite l'affichage d'une forme d'onde stable et répétable. (i) *Normal Trigger*: Le balayage ne s'initie que si un signal atteignant un certain niveau est détecté. Cela permet de capturer des événements spécifiques dans le signal. (ii) *Auto-Trigger* : En mode automatique, l'oscilloscope déclenche même s'il ne détecte pas de signal. Cela permet de visualiser des signaux de faible amplitude ou intermittents. (iii) *Single Trigger*: Ce mode fait en sorte que l'oscilloscope capture un seul événement de déclenchement. Cela est utile pour analyser des signaux transitoires. Le signal synchro provient de Ya, de Yb, EXT et dans ce cas-là on utilise « trigg-EXT » ou « synchro-EXT ». l'utilisation du déclenchement « INT » laisse l'appareil choisir Ya ou Yb pour la synchronisation.
- **Seuil, niveau, LEVEL** : Pour le choix de l'instant de la synchronisation, le choix de la position « AUTO » est très souhaité.

1.3 Utilisation de l'oscilloscope

1. Il faut s'assurer du branchement de l'appareille à une source de courant et appuyer sur power (bouton 1)

2. Mettre focus (bouton 2) et intensité (bouton 3) au maximum, ensuite régler votre signal pour une bonne lecture
3. Mettre la position « O » ou « GND » pour régler la symétrie de votre signal (bouton 9)
4. Mettre les calibre VOLTS/DIV (bouton 4) au maximum (même chose pour TIME/DIV)
5. Régler la base des temps (bouton 6) sur 0.2ms/DIV
6. Régler le Mode (bouton 10) sur AUTO
7. Magner le shift verticale et horizontale (les bouton 7 et 8) pour régler la position et commencer vos mesures



NB. : Ne laisser pas le point lumineux longtemps affiché sur l'écran pour ne pas l'abimer ⚠

1.3.1 Mesure d'une tension continue

1. Brancher un générateur de tension continue à l'oscilloscope
2. Passer en Mode DC (bouton 9)
3. Une barre horizontale apparaîtra sur l'écran (Fig. 2a)
4. La sensibilité (bouton 5) permettra d'estimer la valeur de V_{DC} (1 carreau = 1 DIV, 1 graduation = 0,2 DIV)

1.3.2 Mesure d'une tension alternative (V_{CC} crête-à-crête, V_m maximale et V_{eff} efficace)

1. Mettre le bouton 9 sur GND
2. Régler la symétrie de votre lecture en utilisant le bouton 7, Shift $\updownarrow$
3. Brancher votre générateur de tension alternatif à l'oscilloscope
4. Brancher la masse (entrée 12) entre les deux appareils
5. Passer en Mode AC (bouton 9) : Une sinusoïdale apparaîtra sur l'écran
6. La sensibilité (bouton 5) permettra d'estimer la valeur de V_{CC} (Fig. 2b)
7. Utiliser le Shift $\rightleftarrows$ pour mesurer la période du signal, la sensibilité permettra de déterminer sa valeur (bouton 6), la fréquence étant $1/T$

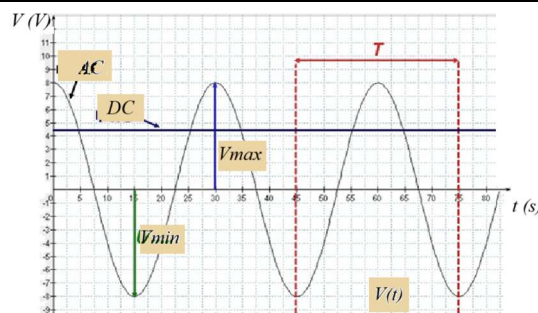


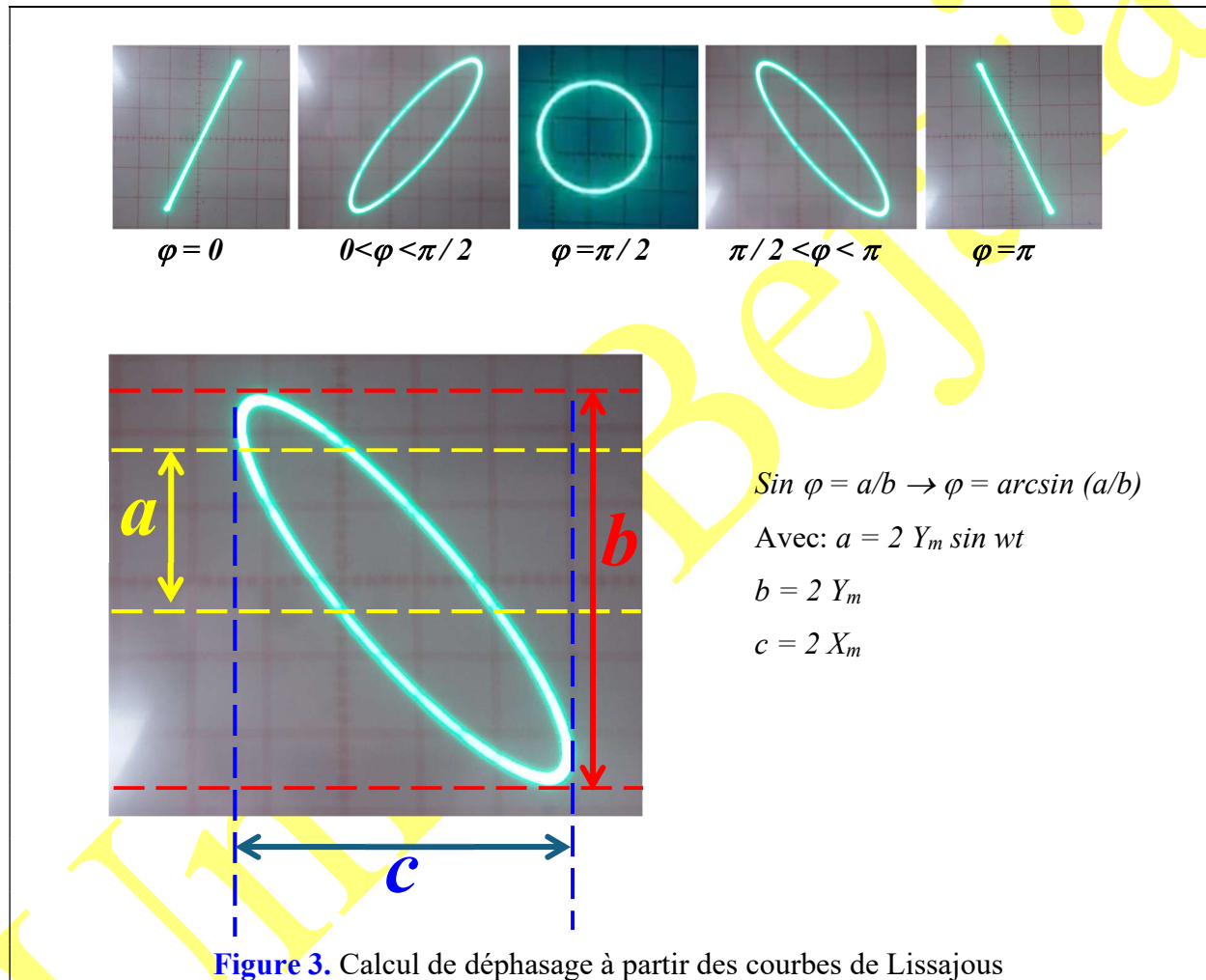
Figure 2. Valeurs de tensions dans le cas de (a) alimentation continue et (b) courbe sinusoïdale

1.3.3 Mesure de déphasage

1. Appliquer deux tensions sinusoïdales de même fréquences , $X = X_m \sin (\omega t)$ et $Y = Y_m \sin (\omega t + \varphi)$, sur les deux entrées Y_a et Y_b
2. Tourner le bouton 6 au max (position **XY** ou Lissajous) pour éliminer le temps entre les deux signaux et obtenir des courbes qu'on appelle courbes de Lissajous, d'équation :

$$X/X_m + Y/Y_m - [2XY \cos (\varphi) / X_m Y_m] = \sin^2(\varphi)$$

3. Les courbes de Lissajous aident à calculer le déphasage (Fig. 3)



4. Utiliser le bouton 13 et choisir le MODE DUAL pour observer sur l'écran les deux signaux (Fig. 4)
5. Pour déterminer le déphasage utiliser la relation : $\varphi = (\Delta t / T) \times 360^\circ$

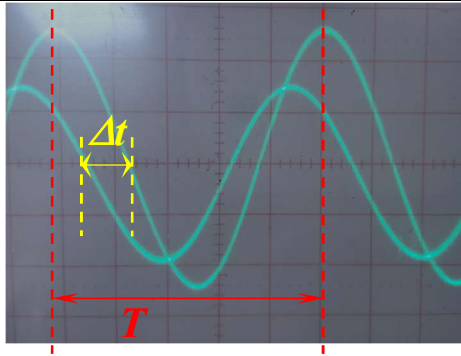


Figure 4. Calcul de déphasage à partir du décalage temporel

NB. : Pour la manipulation de l'oscilloscope numérique à mémoire, utiliser ces liens :
https://youtu.be/i5wF_aTTHXc?feature=shared
https://youtu.be/r9YqUbjatco?si=Sp6l4ZT3T_yGPlri

2. Manipulation

2.1 Utilisation de l'oscilloscope pour mesurer une tension

Appliquer sur l'entrée Ya une tension continue (DC) (placer le bouton du générateur à son maximum), trouver son amplitude	$V_{DC} = \dots\dots\dots$
Varier la sensibilité verticale (VOLTS / DIV). Relever la valeur V_{DC} , Que remarquez-vous ?	$V_{DC} (1) = \dots\dots\dots$ $V_{DC} (2) = \dots\dots\dots$ $V_{DC} (3) = \dots\dots\dots$
Changer de polarité. Que remarquez-vous ?	$V_{DC} = \dots\dots\dots$

2.2 Utiliser des signaux électriques variant avec le temps (Utiliser un générateur basses fréquences (GBF))

Appliquer sur Ya un signale AC type sinusoïdal, sa fréquence $f_0 = 1 \text{ kHz}$. Calculer la tension V_{cc} (crête à crête) de ce signal et en déduire V_m (valeur maximale) et V_{eff} (valeur efficace)	 $V_{cc} = \dots\dots\dots$ $V_m = \dots\dots\dots$ $V_{eff} = \dots\dots\dots$
Calculer la même tension en utilisant un voltmètre. Que remarquez-vous ?	$V_{Voltmètre} = \dots\dots\dots$
Mesurer la période T et en déduire sa fréquence f et la comparer à f_0 .	$T = \dots\dots\dots$

Que remarquez-vous en utilisant Y_b .

Appliquer maintenant sur l'entrée Y_a un signal triangulaire de fréquence $f_0 = 1 \text{ kHz}$.

Répondre aux mêmes questions que précédemment.....



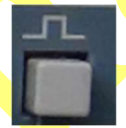
$V_{cc} =$

$V_m =$

$V_{eff} =$

$V_{Voltmètre} =$

Appliquer sur l'entrée Y_a un signal alternatif crête à crête de fréquence $f_0 = 1 \text{ kHz}$. Répondre aux mêmes questions que précédemment.



$V_{cc} =$

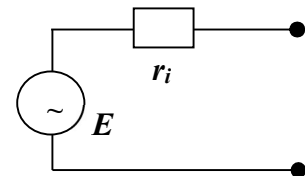
$V_m =$

$V_{eff} =$

$V_{Voltmètre} =$

2.3 Calibrage de la tension du GBF et sa relation avec la fréquence f

Le GBF ou une force électromotrice alternative « E » et une résistance interne r_i



Mettre la tension sur la position « 1 » en prenant f de l'ordre de 1 KHz

-Lire la valeur de « E » sur l'oscilloscope. Prendre d'autres positions.

-Remplir le [Tableau 1](#)

Refaire les mesures pour une fréquence f de l'ordre de 10 KHz.

La valeur de la f.é.m. « E » dépend-elle de la fréquence f ? Justifier votre réponse.

Tableau 1.

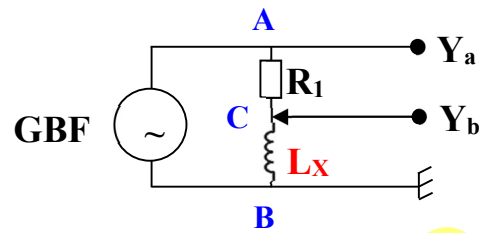
	Position 1	Position 2	Position 3	Position 4	Position 5	Position 6
Ordre des fréquences $f = 1 \text{ KHz}$						
V_{cc}						
E_{eff}						
Ordre des fréquences $f = 10 \text{ KHz}$						
V_{cc}						
E_{eff}						

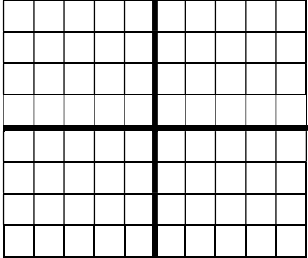
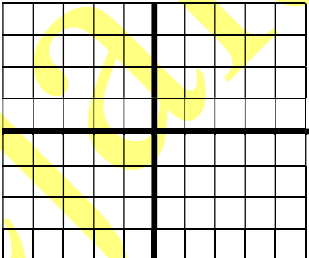
2.4 Mesure du déphasage pour un courant alternatif

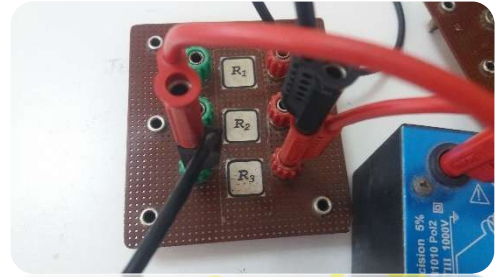
Mesure du déphasage de la tension entre les bornes de la résistance et le courant la traversant		
Réaliser le montage suivant, avec $R_l = \dots\dots\dots \Omega$		
Choisir le MODE DUAL et Représenter graphiquement	Déduire :	Presser le bouton XY, Dessiner la figure et déduire le déphasage
$V_{AC} = \dots\dots\dots$; $V_{BC} = \dots\dots\dots$	$R_X = \dots\dots\dots$ $\phi = \dots\dots\dots$	$\phi = \dots\dots\dots$
Mesure du déphasage de la tension entre une capacité et le courant la traversant		
Réaliser le montage suivant, avec $R_l = \dots\dots\dots \Omega$		
Choisir le MODE DUAL et Représenter graphiquement	Déduire :	Presser le bouton XY, Dessiner la figure et déduire le déphasage
$V_{AC} = \dots\dots\dots$ $V_{BC} = \dots\dots\dots$	$C_X = \dots\dots\dots$ $\phi = \dots\dots\dots$	$\phi = \dots\dots\dots$

Mesure du déphasage de la tension entre une bobine et le courant la traversant

Réaliser le montage suivant, avec $R_1 = \dots\dots\dots \Omega$



Choisir le MODE DUAL et Représenter graphiquement	Déduire :	Presser le bouton XY, Dessiner la figure et déduire le déphasage
 $V_{AC} = \dots\dots\dots$ $V_{BC} = \dots\dots\dots$	$L_x = \dots\dots\dots$ $\phi = \dots\dots\dots$	 $\phi = \dots\dots\dots$

TP N° 2***Les lois de Kirchhoff (loi des mailles, loi des nœuds)*****But**

Illustrer et mettre en pratique les principes de la conservation de l'énergie et de la charge électrique dans les circuits

1. Théorie

Les lois de Kirchhoff sont des principes fondamentaux utilisés en ingénierie électrique pour analyser et comprendre les circuits. Elles se composent de deux lois principales :

1. La Loi des Courants de Kirchhoff (Kirchhoff's Current Law or rules ; KCL) : Cette loi stipule que le courant total entrant dans un nœud (ou jonction) d'un circuit électrique doit être égal au courant total sortant de ce nœud. En d'autres termes, la somme algébrique des courants à un nœud est nulle. Mathématiquement, cela peut s'exprimer comme suit :

$$\sum I_{\text{entrée du nœud}} = \sum I_{\text{sortie du nœud}}$$

Cette loi repose sur le principe de conservation de la charge, ce qui signifie que la charge ne peut pas s'accumuler à un nœud, elle est connue aussi par loi des nœuds.

2. La Loi des Tensions de Kirchhoff (Kirchhoff's Voltage Law or rules ; KVL) : Cette loi stipule que la somme des différences de potentiel électrique (tensions) autour de toute boucle fermée dans un circuit doit être égale à zéro. Cela peut être exprimé comme suit :

$$\sum V = 0$$

Cette loi découle du principe de conservation de l'énergie, indiquant que l'énergie totale gagnée par les charges dans la boucle doit être égale à l'énergie totale perdue, elle est connue aussi par loi des nœuds.

Ensemble, la KCL et la KVL offrent un moyen systématique d'établir des équations pour l'analyse de circuits. Lorsqu'elles sont combinées avec la loi d'Ohm ($V = RI$) et les équations pour d'autres composants de circuit (comme les condensateurs et les inducteurs), ces lois permettent de calculer les courants et tensions inconnus dans des circuits complexes.

Rappels :

En régime continu (DC) on utilise la loi d'Ohm $U = RI$:

- La résistance résiste au passage du courant et sa résistance $R = V/I$
- En série $R_{eq.} = \sum R_i$
- En parallèle $1/R_{eq.} = \sum 1/R_i$
- Le condensateur se comporte comme un interrupteur : le courant tend vers zéro
- La bobine se comporte comme un fil : aucun effet sur le courant

En régime alternatif (AC) on utilise la loi d'Ohm généralisée $U = ZI$:

- La résistance résiste au passage du courant et sa résistance $R = U/I$
- En série et en parallèle les lois d'association en régime continu sont maintenues.
- Le condensateur entrave le passage du courant et son impédance (du latin *impedir*)
 $Z_C = U/I$; d'un autre coté $Z_C = 1/C \omega \Leftrightarrow 1/C = \omega U/I$ d'où on déduit sa capacité $C = I/\omega U$
- C en série : $1/C_{eq.} = \sum 1/C_i$; C en parallèle : $C_{eq.} = \sum C_i$
- La bobine entrave le passage du courant et son impédance $Z_L = U/I$ d'un autre coté $Z_L = L\omega$
d'où on déduit son inductance $L = U/\omega I$
- L en série $L_{eq.} = \sum L_i$; L en parallèle $1/L_{eq.} = \sum 1/L_i$

Calcul d'erreur :

Lors de la mesure avec un ampèremètre ou un voltmètre, on commit deux types d'erreur : erreur sur la lecture (Δ_{lec}) et erreur de la classe (Δ_{cla}) :

$$\Delta I = \Delta I_{lec} + \Delta I_{cla} = [(\text{calibre} \times 0,25) / \text{Echelle}] + [(\text{calibre} \times \text{classe}) / 100]$$

$$\Delta V = \Delta V_{lec} + \Delta V_{cla} = [(\text{calibre} \times 0,25) / \text{Echelle}] + [(\text{calibre} \times \text{classe}) / 100]$$

D'où l'erreur sur R , C et L : $\Delta R/R = \Delta I/I + \Delta V/V$; $\Delta C/C = \Delta I/I + \Delta U/U$; $\Delta L/L = \Delta I/I + \Delta U/U$

Code Couleur des Résistances

Les bandes colorées sur un résistor à composition spécifient des chiffres selon le tableau ci-dessus. En partant de l'extrémité la plus proche des bandes, les deux premiers chiffres indiquent les chiffres significatifs de la valeur du résistor, et le troisième chiffre représente une puissance de dix par laquelle les deux premiers chiffres doivent être multipliés (l'or étant 10^{-1}). La quatrième bande spécifie la « tolérance » ou la précision, l'or étant de 5 % et l'argent de 10 %.

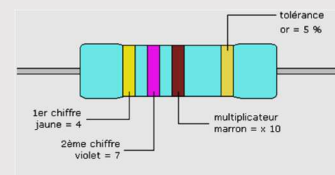
Couleur	Chiffre	Multiplier	Couleur	Tolérance
Noir	0	10^0 (1)	Brun	$\pm 1\%$
Brun	1	10^1 (10)	Rouge	$\pm 2\%$
Rouge	2	10^2 (100)	Vert	$\pm 0.5\%$
Orange	3	10^3 (1 000)	Bleu	$\pm 0.25\%$
Jaune	4	10^4 (10 000)	Violet	$\pm 0.1\%$
Vert	5	10^5 (100 000)	Gris	$\pm 0.05\%$
Bleu	6	10^6 (1 000 000)	Or	$\pm 5\%$
Violet	7	10^7 (10 000 000)	Argent	$\pm 10\%$
Gris	8	10^8 (100 000 000)	Aucune	$\pm 20\%$
Blanc	9	10^9 (1 000 000 000)		

Comment lire le code :

Pour une résistance avec, par exemple, les bandes de couleur jaune, violet, rouge et or :

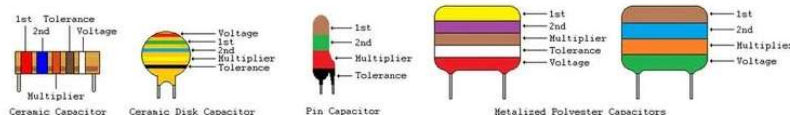
1. Les deux premières bandes (jaune et violet) indiquent les deux premiers chiffres (4 et 7).
2. La troisième bande (Brun) indique le multiplicateur, soit 10^1 ou 10.
3. La quatrième bande (or) indique la tolérance, soit $\pm 5\%$.

Le calcul donnerait : $R = (470,00 \pm 0,05) \Omega$



Code couleur des condensateurs

Capacitor Color Code with Voltage



Color	1st	2nd	Multiplier	Tolerance %	Voltage
Black	0	0		20%	
Brown	1	1	0	1%	100
Red	2	2	00	2%	200
Orange	3	3	000	3%	300
Yellow	4	4	0.000	4%	400
Green	5	5	00.000	5%	500
Blue	6	6	000.000	6%	600
Violet	7	7	0.000.000	7%	700
Grey	8	8	00.000.000	8%	800
White	9	9	000.000.000	9%	900
Gold			0.1	5%	1000
Silver			0.01	10%	2000
None				20%	

2. Manipulation

2.1 Mesure des Résistances

1. Réaliser le montage de la [Figure](#) ci-contre (utiliser une alimentation continue (DC))
2. Mesurer V et I
3. Déterminer $R1$, $R2$ et calculer ΔR pour chaque cas
4. Utiliser le code couleur pour déterminer $R1$ et $R2$
5. Remplir le [Tableau 1](#).

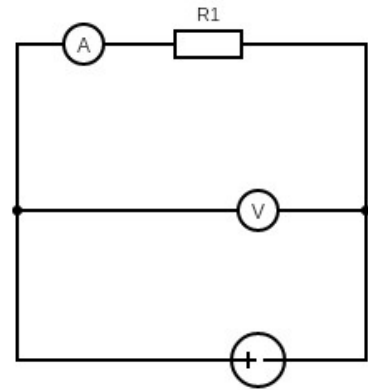
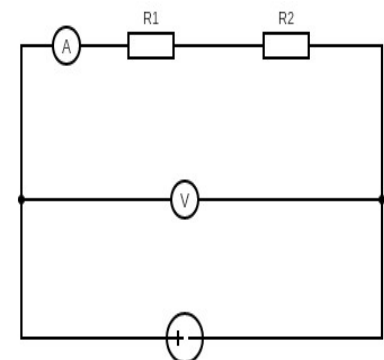


Tableau 1.

	$V (V)$				$I (A)$				$R = V/I$ (Ω)	$\Delta I/I$	$\Delta V/V$	ΔR (Ω)
	Valeur	Calibre	Classe	Echelle	Valeur	Calibre	Classe	Echelle				
$R1$												
$R2$												

6. Réaliser le montage de la [Figure](#) ci-contre (utiliser une alimentation continue (DC))
7. Mesurer V et I
8. Déterminer R_{eq} et calculer ΔR
9. Remplir le [Tableau 2](#).



10. Réaliser le montage de la [Figure](#) ci-contre (utiliser une alimentation continue (DC))
11. Mesurer V et I
12. Déterminer R_{eq} et calculer ΔR
13. Remplir le [Tableau 2](#).

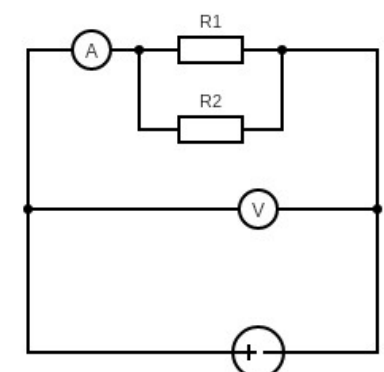


Tableau 2.

	$V (V)$				$I (A)$				$R_{eq.}=V/I$ (Ω)	$\Delta I/I$	$\Delta V/V$	ΔR (Ω)	$R_{eq.}$ Calculée (Ω)
	Valeur	Calibre	Classe	Echelle	Valeur	Calibre	Classe	Echelle					
$R1 \text{ série } R2$													
$R1//R2$													

2.2 Mesure de Capacités

1. Réaliser le montage de la Figure ci-contre (utiliser une alimentation alternative (AC) avec $\omega = \dots\dots\dots \text{Hz}$)
2. Mesurer U et I
3. Déterminer $C1$, $C2$ et calculer ΔC pour chaque cas
4. Remplir le Tableau 3.

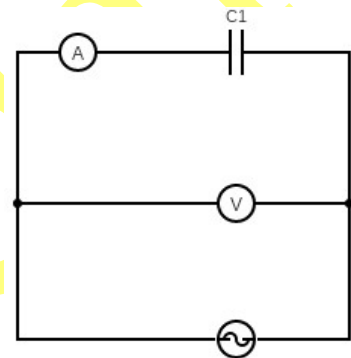
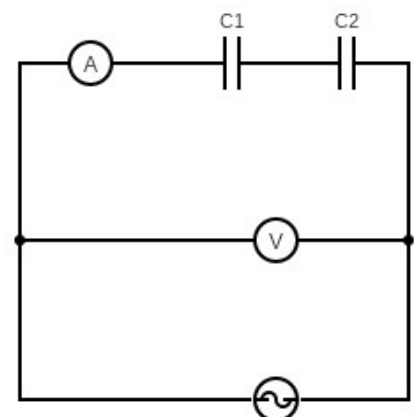


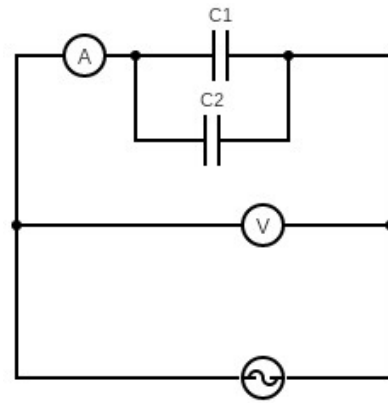
Tableau 3.

	$U (V)$				$I (A)$				$C = I/\omega U$ (F)	$\Delta I/I$	$\Delta V/V$	ΔC (F)
	Valeur	Calibre	Classe	Echelle	Valeur	Calibre	Classe	Echelle				
$C1$												
$C2$												

5. Réaliser le montage de la Figure ci-contre (utiliser une alimentation alternative (AC) avec $\omega = \dots\dots\dots \text{Hz}$)
6. Mesurer U et I
7. Déterminer $C_{eq.}$ et calculer ΔC
8. Remplir le Tableau 4.



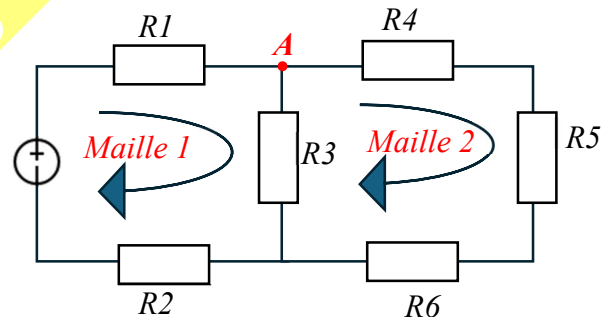
9. Réaliser le montage de la **Figure** ci-contre (utiliser une alimentation alternative (AC) avec $\omega = \dots\dots\dots \text{Hz}$)
10. Mesurer U et I
11. Déterminer $C_{eq.}$ et calculer ΔC
12. Remplir le **Tableau 4**.

**Tableau 4.**

	$U (V)$				$I (A)$				$C_{eq.} = I/\omega$ U (F)	$\Delta I/I$	$\Delta V/V$	ΔC (F)	$C_{eq.}$ Calculée (F)
	Valeur	Calibre	Classe	Echelle	Valeur	Calibre	Classe	Echelle					
$C1 \text{ série } C2$													
$C1 // C2$													

2.3 Vérification des lois de Kirchhoff

1. Réaliser le montage de de la **Figure** ci-contre (utiliser une alimentation continue (DC))
2. Vérifier la loi des mailles et la loi des nœuds en remplissant le **Tableau 5**.

**Tableau 5.**

Loi des mailles									
$U_{\text{Générateur}}$ (V)	U_1 (V)	U_2 (V)	U_3 (V)	U_4 (V)	U_5 (V)	U_6 (V)	ΣU Maille 1 (V)	ΣU Maille 2 (V)	ΣU Totale (V)
Loi des nœuds									
I_1 Fourni (A)		I_3 (A)		I_4 (A)		ΣI en A (A)			

TP N° 3**Charge et décharge d'un condensateur****But**

1. Maîtriser les processus de chargement et de déchargement d'un condensateur inséré dans un circuit RC série
2. Etudier la variation du courant entre les deux bornes du condensateur avec le temps : $I=f(t)$
3. Calculer la constante de temps « τ »
4. Mettre en évidence l'effet de R sur τ

1. Théorie

Le condensateur agit comme un réservoir de charges, similaire aux piles. Lorsqu'on connecte un condensateur (C) à une source de courant continu, l'intensité (I) atteint un maximum avant de redescendre à zéro, ce qui indique que le condensateur est entièrement chargé. Le temps nécessaire pour le chargement dépend de la capacité du condensateur. Si l'on ajoute une résistance (R) dans ce circuit, le temps de chargement augmente avec la valeur de R . Pour étudier le processus de chargement et de déchargement d'un condensateur, nous allons réaliser le circuit présenté sur la Fig. 1.

K en 1 : Chargement
K en 2 : Déchargement

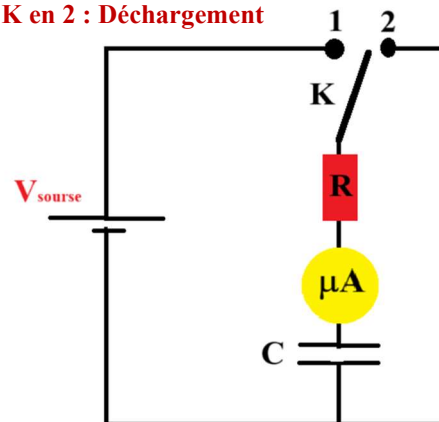


Figure 1. Circuit de chargement et déchargement d'un condensateur

1.1 Cas de chargement

L'interrupteur K en position 1, la résistance interne du générateur est supposée négligeable, On note la tension entre les deux bornes du condensateur est V_C , la tension entre les deux bornes de la résistance V_R et la tension fournie par la source $V_{source} = E$:

$$V_C = \frac{q}{C} \quad (1)$$

$$V_R = R I \quad (2)$$

$$\text{Avec } I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow V_R = R \frac{dq}{dt}. \quad (3)$$

Dans cette maille :

$$E = V_C + V_R \quad (4)$$

$$E = \frac{q}{C} + R \frac{dq}{dt} \Rightarrow \frac{E}{R} = \frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC} q \quad (5)$$

Eq. 5 est une équation différentielle de premier ordre avec second membre, elle admet une solution générale (Eq. 6) pour $\frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC} q = 0$; et une solution particulière (Eq. 7) pour $\frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC} q = \frac{E}{R}$:

$$q = A e^{-\frac{t}{RC}} \quad (6)$$

$$\frac{1}{RC} q = \frac{E}{R} \Rightarrow q = EC \quad (7)$$

D'où la solution totale:

$$q = A e^{-\frac{t}{RC}} + EC \quad (8)$$

Pour la résolution de l'Eq. 8 et la détermination de A, on utilise les conditions initiales : à $t = 0$ le condensateur est déchargé complètement $q = 0$, on aura : $A = -EC$:

$$q = CE (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (9)$$

De l'Eq. 9 permet de déterminer la variation de I :

$$I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow I = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad (10)$$

$$V_C = \frac{q}{C} \Rightarrow V_C = E (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (11)$$

Récapitulatif

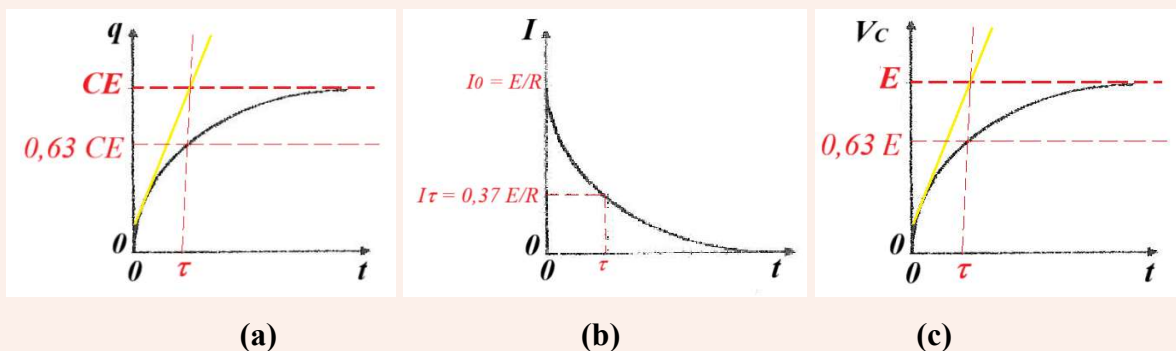


Figure 2. Variation de (a) la charge, (b) l'intensité du courant et (c) la tension entre les deux bornes du condensateur lors du chargement

Variation de q : La charge croît exponentiellement avec le temps (Fig. 2a). Le temps nécessaire pour que le condensateur atteigne environ 63 % de sa charge maximale est appelé **constante de temps** ($\tau = RC$). Le condensateur est considéré comme complètement chargé après environ 5τ et sa charge $q = CE$.

Variation de I : L'intensité du courant décroît exponentiellement avec le temps (Fig. 2b). Théoriquement, l'intensité du courant $I \rightarrow 0$ quand $t \rightarrow \infty$; à $t = 0$, le courant est maximal $I_0 = E/R$ et à $t = \tau = RC$ la décroissance de I devient plus lente et $I_\tau = \frac{E}{R} e^{-1} \approx 0,3679 \frac{E}{R}$

Variation de V_C : La tension entre les deux bornes du condensateur croît exponentiellement avec le temps (Fig. 2c). Lorsque le condensateur commence à se charger, la tension V_C augmente progressivement. Une fois complètement chargé (à l'équilibre), V_C atteint une valeur égale à la tension de la source, soit $V_C = V_S = E$

1.2 Cas de déchargement

L'interrupteur K en position 2, le condensateur se décharge dans R , la charge diminue avec le temps et le courant devient $I = -\frac{dq}{dt}$, la tension fournie par la source $V_{source} = E = 0$ et c'est le condensateur qui devient une source :

$$V_C = \frac{q}{C} \quad (12)$$

$$V_R = R I \quad (13)$$

Avec :

$$I = -\frac{dq}{dt} \Rightarrow V_R = -R \frac{dq}{dt} \quad (14)$$

Dans cette maille,

$$V_C = V_R \Rightarrow V_C - V_R = 0 \quad (15)$$

$$0 = \frac{q}{C} + R \frac{dq}{dt} \Rightarrow 0 = \frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC} q \quad (16)$$

Eq. 15 est une équation différentielle de premier ordre sans second membre qui admet une solution de la forme :

$$q = A e^{-\frac{t}{RC}} \quad (17)$$

Pour la résolution de l'Eq. 6 et la détermination de A , on utilise les conditions initiales : à $t = 0$ le condensateur est chargé complètement $q = CE$,

On aura $A = CE$ et Eq.6 devient :

$$q = CE e^{-\frac{t}{RC}} \quad (18)$$

L'Eq. 7 permet de déterminer la variation de I :

$$I = -\frac{dq}{dt} \Rightarrow I = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad (19)$$

$$V_C = \frac{q}{C} \Rightarrow V_C = E e^{-\frac{t}{RC}} \quad (20)$$

Récapitulatif

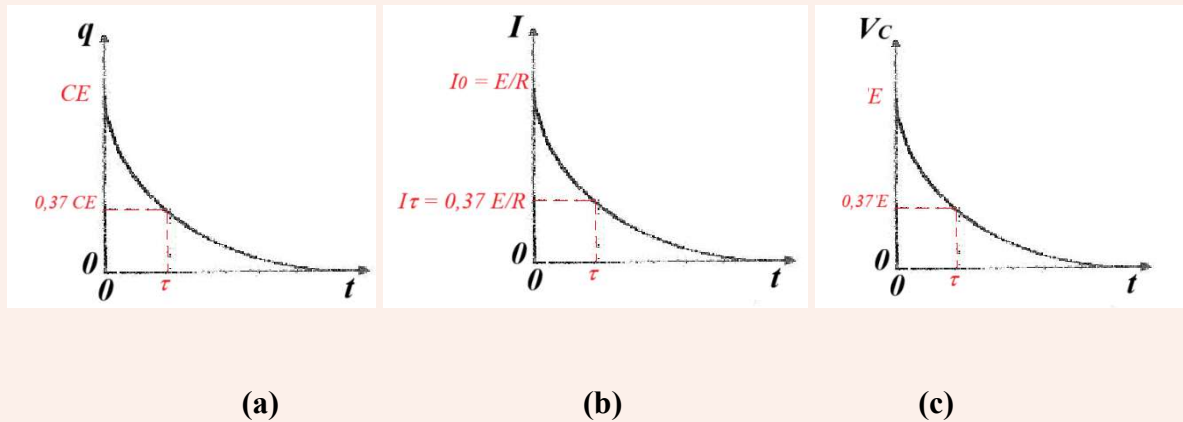


Figure 3. Variation de (a) la charge, (b) l'intensité du courant et (c) la tension entre les deux bornes du condensateur lors du déchargement

Variation de q : La charge décroît exponentiellement avec le temps (Fig. 3a). La charge qui valait CE au départ, ne vaut plus que $\approx 37\%$ de sa valeur initiale après un temps $t = \tau = RC$.

Variation de I : L'intensité du courant décroît exponentiellement avec le temps (Fig. 3b). De nouveau à l'instant $t = 0$ que le courant est maximum ; il vaut E/R . Il ne vaut plus que 37% de sa valeur initiale au bout d'un temps $t = \tau = RC$ exactement comme pour le courant de charge.

Variation de V_C : La tension entre les deux bornes du condensateur décroît exponentiellement avec le temps (Fig. 2c).

Initialement la tension $V_C = V_S$, en se déchargeant à travers une résistance, V_C diminue jusqu'à atteindre 0 V . Lorsque le condensateur est complètement déchargé (à l'équilibre), sa tension devient $V_C = 0 \text{ V}$

NB. : D'après les Équations 10 et 19, il est crucial de ne jamais charger un condensateur en le branchant directement aux bornes de la source, ni de le décharger en court-circuitant ses plaques. En effet, dans de tels cas, la résistance $R \approx 0$, ce qui engendre un courant initial exorbitant de V/R , pouvant provoquer la fusion des fils de connexion.

Pour déterminer graphiquement τ on trace la tangente à la courbe $V_C(t)$ en $t = 0 \text{ s}$. Cette tangente coupe l'asymptote $V_C = E$ en un point d'abscisse $t = \tau$

2. Manipulation

1. Réaliser le circuit de la Fig. 1, prendre $R_I = \dots\dots\dots \Omega$
2. Mettre l'interrupteur K en position 1 (On peut se passer de K s'il n'est pas disponible au niveau du laboratoire)

3. Utiliser un chronomètre simultanément
4. Relever la valeur initialement maximale de $I = I_0$
5. Après chaque $5 \mu A$ faire une lecture du temps t en secondes, jusqu'à ce que $I \approx 0$
6. Compléter le **Tableau 1**.
7. Pour réaliser un déchargement du condensateur, éteindre le générateur
8. Inverser les fils attachés à votre ampèremètre,
9. Refaire les mêmes étapes précédentes
10. Compléter le **Tableau 2**
11. Refaire la même chose en remplaçant R_1 par $R_2 = \dots\dots\dots \Omega$

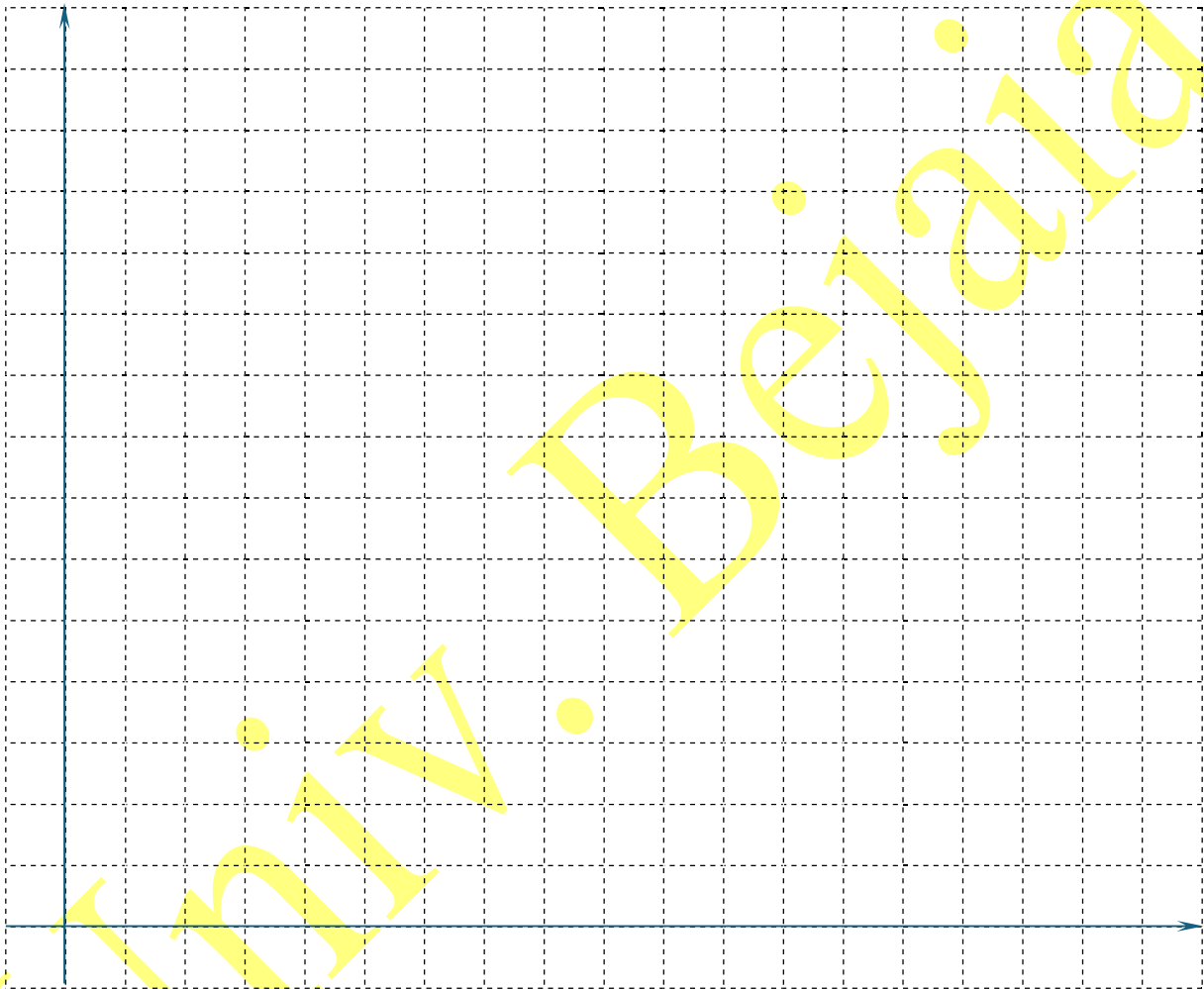
Tableau 1. Evolution de $I(t)$ pendant le chargement du condensateur

$I_0 = \dots\dots\dots \mu A$					
$R_1 = \dots\dots\dots$					
$I (\mu A)$	.....	.....	.....	.....	.....
$t (s)$	.....	.....	.....	.....	.....
$\ln \frac{I_0}{I} [/]$	.....	.....	.....	.....	.....
$I_0 = \dots\dots\dots \mu A$					
$R_2 = \dots\dots\dots$					
$I (\mu A)$	.....	.....	.....	.....	.....
$t (s)$	.....	.....	.....	.....	.....
$\ln \frac{I_0}{I} [/]$	.....	.....	.....	.....	.....

Tableau 2. Evolution de $I(t)$ pendant le déchargement du condensateur

$I_0 = \dots\dots\dots \mu A$						
$R_1 = \dots\dots\dots$						
$I (\mu A)$	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$t (s)$	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$\ln \frac{I_0}{I} [/]$	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$I_0 = \dots\dots\dots \mu A$						
$R_2 = \dots\dots\dots$						
$I (\mu A)$	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$t (s)$	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$\ln \frac{I_0}{I} [/]$	.....	.....	.....	.....	.....	.....

- Représenter sur le même graphe la variation de $I=f(t)$ pendant le chargement pour les deux résistance R_1 et R_2
- Déterminer graphiquement $\tau_{\text{chargement graphique}}$
- Que peut-on dire sur la relation entre R et $\tau_{\text{chargement}}$?
- Sachant que $\tau = RC$, déterminer C



- Représenter sur le même graphe la variation de $I=f(t)$ pendant le déchargement pour les deux résistance R_1 et R_2
- Déterminer graphiquement $\tau_{\text{déchargement graphique}}$
- Que peut-on dire sur la relation entre R et $\tau_{\text{déchargement}}$?
- Sachant que $\tau = RC$, déterminer C
- Comparer entre $\tau_{\text{chargement}}$ et $\tau_{\text{déchargement}}$

