TP 1 : TRAVAUX PRATIQUES D'ELECTRICITE

SEANCE D'INTRODUCTION ET MESURES DE RESISTANCES

Le but de ce T.P. est de présenter en premier lieu certains appareils les plus fréquemment utilisés dans les travaux pratiques d'électricité et de permettre à l'étudiant de découvrir et se familiariser avec ce matériel. Il apprendra en outre à reconnaitre les éléments constitutifs d'un circuit électrique, à le réaliser, à l'utiliser, à lire sur les appareils de mesure et à déterminer des incertitudes sur les mesures faites. La deuxième partie concerne la réalisation d'une source de tension réglable (montage potentiométrique) et la détermination de résistances inconnues à l'aide de deux montages (courte et longue dérivation).

1°) Avertissements :

Il est impératif de respecter certaines règles pour *éviter toute détérioration du matériel* et pour le bon déroulement des T.P., à savoir :

- faire vérifier chaque montage électrique par l'enseignant avant tout branchement à la source de tension,
- utiliser le calibre maximum des appareils de mesure avant chaque manipulation et chaque fois qu'on réalise un circuit.

En fin de séance :

- débrancher tous les fils du circuit en commençant par ceux reliés la source de tension,
- mettre en position « arrêt » tous les appareils, - couper l'alimentation de la table,
- ranger convenablement le matériel sur la table, - signaler tout appareil défectueux.

Nous rappelons que la non-observation de ces recommandations peut provoquer la détérioration partielle ou définitive du matériel, alors prenez-en soin.

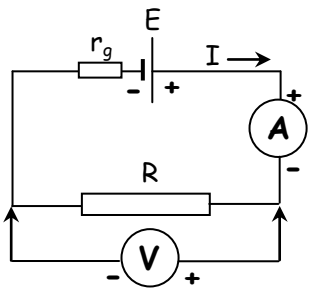
La manipulation doit être en état de fonctionnement pour les étudiants suivants

2°) Eléments de circuit utilisés en T.P. :

Pendant cette séance, on présentera le générateur de tension continue, les résistances de valeur fixe et variable (boîte de résistances), deux appareils de mesure (le voltmètre et l'ampèremètre). On réalisera un circuit électrique avec les

précautions à prendre pour éviter le court-circuit de la source de tension et une source de tension variable à partir du générateur.

a) Source de tension stabilisée : Théoriquement elle maintient une tension constante E (f.é.m.) entre ses bornes, quel que soit le courant I débité. Dans la pratique, l'alimentation ou le générateur a une résistance interne r_g et la tension entre ses bornes est $V = E - r_g I$. Comme la valeur de r_g est faible, avec un voltmètre on mesure pratiquement $V \approx E$.



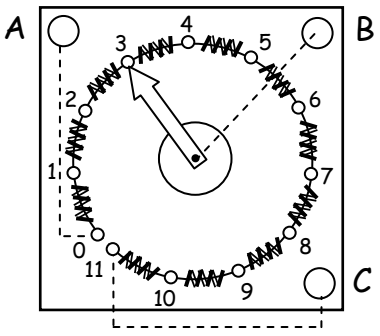
b) L'ampèremètre : Il mesure l'intensité d'un courant dans un circuit ou branche de circuit et se connecte toujours en série dans le circuit en respectant les polarités ; la borne + de l'ampèremètre reliée à la borne + de l'alimentation. Il ne mesure que des intensités de courant positives suivant le sens conventionnel. Cette intensité s'exprime en ampère (A).

c) Le voltmètre : Il mesure une tension électrique ou différence de potentiel entre deux points d'un circuit. Elle s'exprime en volt (V). Il se branche en dérivation ou en parallèle entre les deux points du circuit dont on veut mesurer la d.d.p. en respectant les polarités ; Il ne mesure que des tensions positives.

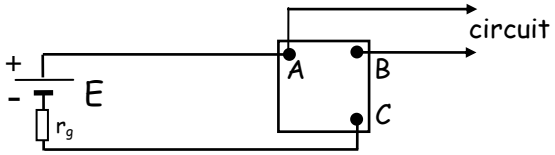
d) La boîte de résistances à décade (x 1 Ω) :

Elle comporte 3 bornes A, B et C et est constituée de 11 résistances de valeur 1 Ω montées en série entre les bornes A et C. La résistance totale entre A et C est donc : R_{AC} = 11 Ω. Un contacteur fait passer le curseur, relié à la borne B, d'une résistance à la suivante dans un sens comme dans l'autre. On peut ainsi augmenter ou diminuer, de façon discrète, la valeur de la résistance entre les bornes A et B.

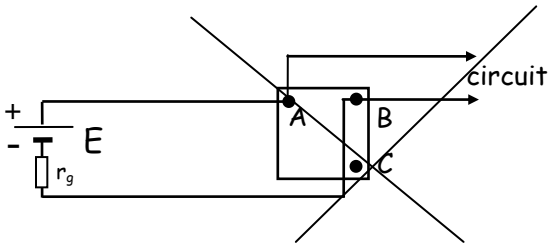
Sur la figure, la résistance entre A et B est : R_{AB} = 3 Ω



3°) Le montage potentiométrique :



Avec une source de tension continue et une boîte de résistances à décade on obtient une tension réglable entre les points A et B en reliant le générateur entre les points A et C.
($V_A - V_B = \frac{R_{AB}}{r_g + R_{AC}} \times E$ où R_{AC} est la résistance totale de la boîte).



Cette figure représente le schéma d'un *branchement qu'il faut strictement éviter de faire* au risque de détériorer définitivement la boîte. Si le générateur est branché entre A et B, la résistance étant faible, le courant sera élevé et supérieur au courant I_{MAX} que peut supporter la boîte.

4°) Les mesures :

Pour mesurer la tension V_{AB} entre deux points d'un circuit, il faut brancher la borne marquée *V* ou (+) du voltmètre avec le fil de connexion rouge au point *A* et la borne marquée « *COM* » ou (-) avec le fil noir au point *B*.

La valeur de la tension à mesurer étant inconnue et pour éviter de détériorer l'appareil, on doit mettre le contacteur du voltmètre d'abord sur le plus grand calibre. Il est nécessaire ensuite de l'abaisser pour obtenir, sur le calibre approprié, une lecture suffisamment précise. Le bon calibre est celui qui est immédiatement supérieur à la tension mesurée.

En continu, le cadran du voltmètre, comme celui de l'ampèremètre comprend deux échelles noires graduées en divisions. La première comporte 100 divisions et la seconde 30 divisions.

L'indication donnée par l'aiguille sur le cadran du voltmètre ne représente qu'un nombre de divisions *n*. Il faut déduire la tension V_{AB} à partir de cette lecture *n* en tenant compte du calibre utilisé *CAL* et du nombre total de divisions *N* sur l'échelle choisie :

$$V_{AB} = (n / N) \times CAL$$

En associant la bonne échelle au calibre utilisé on peut lire directement, et sans calcul, les tensions ou les courants. On utilisera l'échelle de *0 à 30 divisions* pour les calibres *0,3 V, 3 V, 30 V et 300 V* et l'échelle de *0* à *100* divisions pour les calibres *1 V, 10 V et 100 V.*

5°) Les incertitudes :

Les tensions et les intensités électriques lues sur les appareils de mesure ne sont pas des valeurs exactes. L'incertitude liée à une mesure à deux origines distinctes. Il y a une incertitude liée à la qualité de l'appareil et donnée par le constructeur et une incertitude liée à l'utilisateur qui effectue la lecture sur le cadran.

- *incertitude de classe :* Une indication apparaissant sur le cadran, appelée *"classe"*, est donnée par le constructeur à l'aide de chiffres suivis d'un symbole signifiant continu (—) ou alternatif (~). Cette valeur, associée au calibre utilisé *(CAL)*, permettent de déterminer l'incertitude absolue sur une mesure de I ou V. Cette incertitude de classe (ou d'appareil), qui est un pourcentage du calibre utilisé, est donnée par :

$$\Delta V_{cl} \text{ (ou } \Delta I_{cl}) = CAL \times classe/100$$

On voit que l'incertitude sera d'autant plus grande que le calibre utilisé sera élevé. En règle générale, on place d'abord le commutateur de l'appareil sur le plus grand calibre. La déviation de l'aiguille étant faible, on passe à un calibre inférieur jusqu'à ce que la déviation soit la plus grande possible sans dépasser évidemment la pleine échelle.

- *incertitude de lecture :* Elle est évaluée par l'utilisateur. Elle est due à son appréciation de la position de l'aiguille. Si le cadran comporte un nombre total de N divisions, alors l'incertitude de lecture, pour un calibre donné, est égale à :

$$\Delta V_{l} \text{ (ou } \Delta I_{l}) = CAL \times \Delta n/N$$

où Δn est la plus petite déviation de l'aiguille que l'utilisateur peut apprécier sur le cadran. En général, on l'estime à $\frac{1}{2}$ division ou $\frac{1}{4}$ division suivant l'échelle utilisée pour les appareils usuels à aiguille.

L'incertitude absolue ΔI sur la mesure d'un courant est alors la somme $\Delta I_{cl} + \Delta I_{l}$ et pour une tension $\Delta V = \Delta V_{cl} + \Delta V_{l}$.

6°) Mesures de résistances :

La détermination de la valeur d'une résistance R_X revient normalement à effectuer le rapport entre la tension V_{RX} existant à ses bornes et le courant I_{RX} qui la traverse (loi d'Ohm). Seulement, peut-on mesurer à la fois I_{RX} et V_{RX} ?

Examinons les deux montages suivants :

6.1 - Dans la figure 1 (montage "aval" ou courte dérivation) :

- le courant mesuré I_{m1} est la somme des courants passant dans la résistance (I_{RX}) et dans le voltmètre (I_V).
- la tension mesurée V_{m1} est la tension V_{RX} aux bornes de R_X.

Le rapport $V_{m1}/I_{m1} = R_{Ca1}$, valeur calculée de la résistance n'est pas la valeur réelle de R_X.

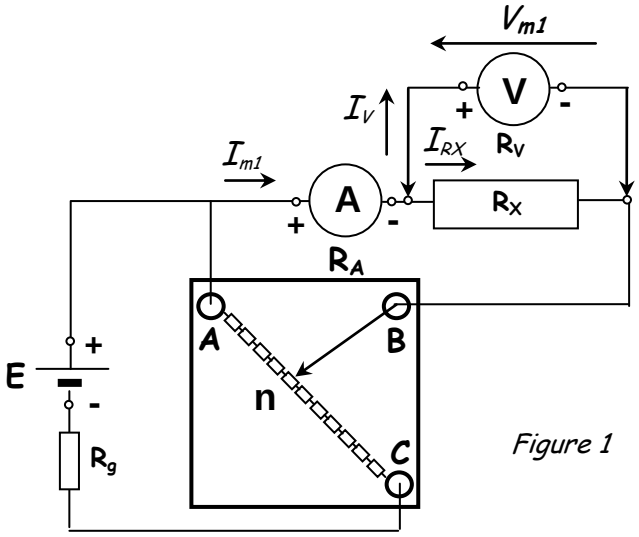


Figure 1

6.2) Dans la figure 2 (montage "amont" ou "longue dérivation") :

- la tension mesurée V_{m2} est la somme des tensions aux bornes de la résistance (V_{RX}) et de l'ampèremètre (V_A).
- le courant mesuré I_{m2} est le courant I_{RX} tra- versant la résistance R_X.

Le rapport $V_{m2}/I_{m2} = R_{Ca2}$, valeur calculée de la résistance n'est pas la valeur réelle de R_X.

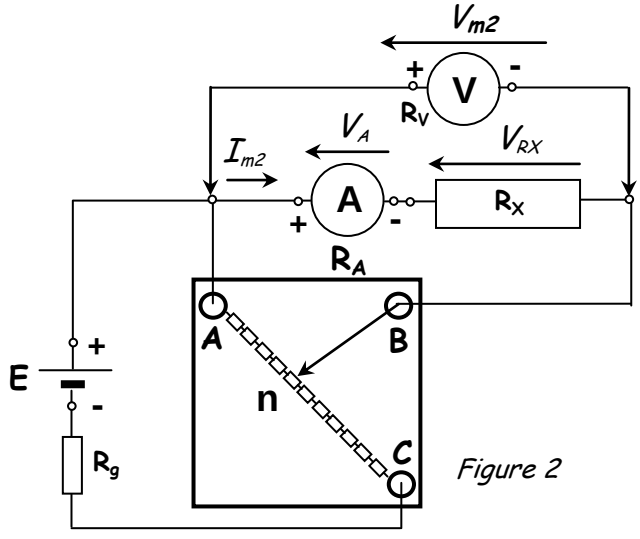


Figure 2

Par conséquent, il n'existe pas de montage qui donnerait à la fois les valeurs réelles de V_{RX} et I_{RX}. Si on utilise l'un ou l'autre des deux montages, on commet une erreur systématique sur la détermination de R_X. On montre facilement que la correction à apporter à R_{Ca1} dans le cas du montage " courte dérivation" est donnée par $C_{CD} = R_{Ca1}^2/R_V$ (avec $R_{Ca1} \ll R_V$). Pour ce qui est du montage " longue dérivation", R_{Ca2} est corrigée par $C_{LD} = - R_A$.

6.3 - Montage approprié :

Les deux montages présentent la même correction pour $R_{Ca} = R_o = \sqrt{R_V \times R_A}$.

Après estimation de la valeur de la résistance R_{Ca}, et au vu de l'allure des corrections C_{CD} et C_{LD} en fonction de la résistance calculée *(figure 3)*, on peut choisir le montage le plus approprié entre les deux pour déterminer R_X.

On voit que pour $R_{Ca} < R_o$, on doit utiliser le montage "courte dérivation" et pour $R_{Ca} > R_o$ le montage "longue dérivation".

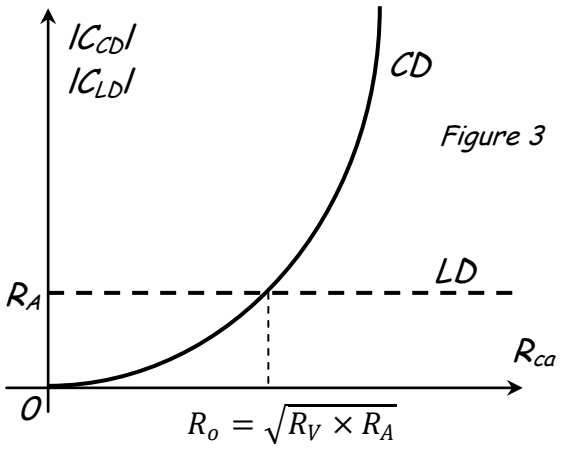
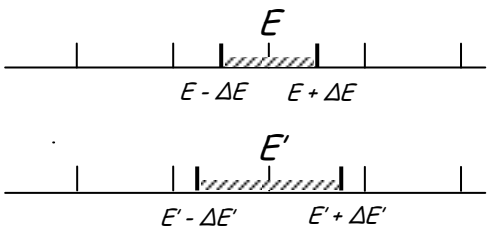


Figure 3

7°) Travail demandé :

7.1 – Mesure de la f.é.m. E d'un générateur :

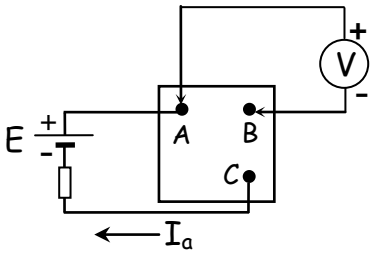


Brancher le voltmètre sur les bornes de l'alimentation en respectant les polarités. Pour le calibre approprié du voltmètre (plus grande déviation possible de l'aiguille), mesurer la f.é.m. E du générateur et calculer son incertitude ΔE.

- Refaire la même mesure mais avec le calibre directement supérieur au calibre approprié. Donner les valeurs de E' et $\Delta E'$.
- Choisir une échelle et représenter les résultats obtenus sur deux axes gradués identiques. Conclusion. Ecrire la valeur retenue avec son incertitude.

7.2 – Montage potentiométrique :

Réaliser le montage ci-contre et le faire vérifier avant tout branchement à la source de tension.



- Relever la tension V_{AB} entre les points *A et B* pour toutes les positions du contacteur de la boîte de résistances.
- Tracer le graphe V_{AB} en fonction de R_{AB}.

- En utilisant la loi d'Ohm, déduire du graphe la valeur du courant I traversant le circuit. A partir de l'incertitude relative sur la résistance R_{AB} (indiquée sur la boîte) et du calcul de l'incertitude sur V_{AB} pour la position *10*, déterminer l'incertitude ΔI sur la valeur de I. On montre facilement, avec $V_{AB} = R_{AB} \times I_a$, que : $\frac{\Delta I_a}{I_a} = \frac{\Delta V_{AB}}{V_{AB}} + \frac{\Delta R_{AB}}{R_{AB}}$

7.3 - Détermination d'une résistance R_x :

En branchant en série l'ampèremètre et la résistance directement sur l'alimentation, la valeur du courant sera telle que la puissance dissipée par la résistance sera supérieure à celle donnée par le constructeur. La résistance va chauffer anormalement. Aussi, pour réduire le courant dans R_X, on utilisera i*mpérativement* le montage potentiométrique (figures 1 et 2, boîte à décade sur la position 5) en *respectant scrupuleusement les branchements et les polarités des appareils.*

7.3.1 - Réaliser le montage de la *figure 1* et le faire vérifier avant tout branchement au générateur.

Déterminer la valeur de la résistance inconnue R_{X1} à partir de la valeur calculée R_{ca1} et en tenant compte de l'erreur systématique de montage (correction C_{CD}) ainsi que de l'incertitude sur la valeur de R_{Ca1}.

7.3.2 - Réaliser le montage de la *figure 2* et le faire vérifier avant tout branchement au générateur.

Déterminer la valeur de la résistance inconnue R_{X2} à partir de la valeur calculée R_{ca2} et en tenant compte de l'erreur systématique de montage (correction C_{LD}) ainsi que de l'incertitude sur la valeur de R_{Ca2}.

Courte dérivation	V_{m1}	I_{m1}	R_{Ca1}	C_{CD}	ΔR_{Ca1}	$R_{x1} = (R_{Ca1} + C_{CD}) \pm \Delta R_{Ca1}$
Longue dérivation	V_{m2}	I_{m2}	R_{Ca2}	C_{LD}	ΔR_{Ca2}	$R_{x2} = (R_{Ca2} + C_{LD}) \pm \Delta R_{Ca2}$