

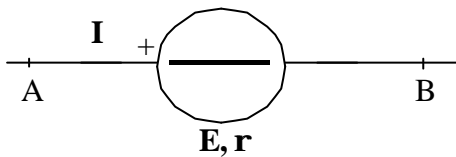
INITIATION A LA MESURE

Le but de ce TP est :

- de mesurer la force électromotrice et la résistance interne d'une pile,
- d'évaluer, en tenant compte des incertitudes de mesure et des caractéristiques de l'appareil utilisé, l'intensité d'un courant électrique traversant un circuit donné,
- de vérifier, pour un circuit donné, les lois de Kirchhoff relatives aux nœuds et aux mailles, à partir des mesures effectuées.

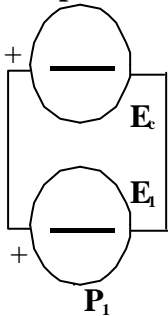
I - MESURE DE LA FORCE ELECTROMOTRICE D'UN GENERATEUR PAR LA METHODE D'OPPOSITION

Un générateur réalise la transformation d'une forme quelconque d'énergie en énergie électrique. Il est caractérisé par sa force électromotrice (f.e.m.) E et sa résistance interne ρ .



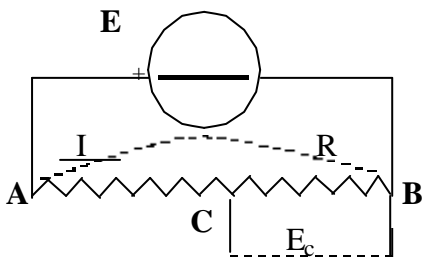
$$E = (V_A - V_B) + \rho I$$

I - 1 - Principe de la méthode d'opposition



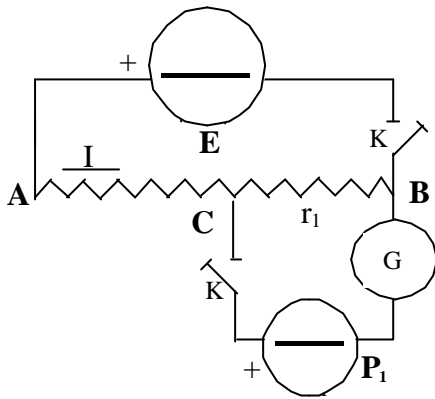
Soit un générateur P_1 dont on veut mesurer la f.e.m. E_1 , on le branche **en opposition** (+ avec +), (- avec -) avec un générateur de f.e.m. connue E_C , c'est-à-dire que les courants que tendent à faire passer les deux générateurs sont de sens inverse.

Si la condition notée (1) : $E_1 = E_C$ est réalisée, il ne passe aucun courant dans P_1 . La manipulation consiste donc à régler la f.e.m. E_C pour que le courant dans P_1 soit nul et l'équation (1) donne alors E_1 .



Le générateur de f.e.m. variable est réalisé grâce à un montage potentiométrique constitué par une résistance AB (R) munie d'un contact C mobile entre A et B dans laquelle le générateur E fait circuler un courant I . Lorsqu'aucun courant ne passe à l'extérieur entre B et C , la f.e.m. E_C est égale à la tension $V_C - V_B$.

$$E_C = r I \quad (2) \quad r \text{ étant la résistance comprise entre } C \text{ et } B.$$



Lorsque C se déplace de A à B, r varie de R à 0 et E_C varie de $(V_A - V_B = RI)$ à 0 .

On branche P_1 en opposition avec le générateur E muni du potentiomètre et on règle r pour que le courant dans P_1 soit nul. Un galvanomètre de zéro G sert d'indicateur pour effectuer ce réglage. Soit r_1 la valeur de r pour laquelle le courant dans P_1 est nul.

$$\text{De (1) et (2) on tire : } E_1 = r_1 I \quad (3)$$

r_1 peut être connue avec précision, il n'en est pas de même pour I : **au lieu de mesurer I , il est préférable de refaire un équilibre avec, à la place de P_1 , une pile étalon P_0 de f.e.m. très bien connue E_0 , ce qui donne :**

$$E_0 = r_0 I \quad (4)$$

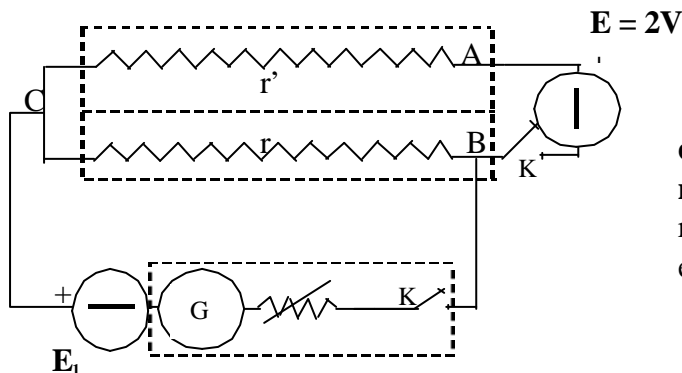
$$\text{De (3) et (4) on tire : } \frac{E_1}{E_0} = \frac{r_1}{r_0} \quad (5)$$

Ceci suppose que le courant I soit exactement le même dans les deux cas ; pour ce faire il importe que le générateur E ait une f.e.m. bien constante. **Cette condition est réalisée grâce à des accumulateurs au plomb.**

I - 2 - Montage

On opère avec un potentiomètre dans lequel la résistance AB est constituée par deux associations identiques de boîtes de résistances montées en série. Chaque association comprend :

- une boîte de résistances à 11 plots, variable de 0 à 11000Ω (x 1000)
- une boîte de résistances à 11 plots, variable de 0 à 1100Ω (x 100)
- une boîte de résistances à 11 plots, variable de 0 à 110Ω (x 10)
- une boîte de résistances à 11 plots, variable de 0 à 11Ω (x 1)



Un système d'engrenages relie entre elles les boîtes identiques. **Cette liaison est telle que si r diminue d'une certaine quantité, r' augmente de la même quantité. La condition $r + r' = \text{cste}$ est donc réalisée automatiquement et la d.d.p. aux bornes de r est variable.**

Le circuit en dérivation entre C et B sera constitué par :

- une pile montée en opposition avec E,
- un galvanomètre G muni d'une résistance de protection variable,
- un interrupteur K.

I - 3 - Manipulation

L'interrupteur étant ouvert, l'aiguille du galvanomètre est débloquée et amenée au zéro. On donne à la résistance de protection du galvanomètre sa plus grande valeur possible. **Au départ on prend r' maximum et r minimum et on augmente r en agissant sur la boîte des milliers d'ohms. On ferme l'interrupteur K juste le temps nécessaire pour noter le sens de déviation du galvanomètre . On continue ainsi jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre change de sens.** Par exemple :

- pour $r = 0 \Omega$ déviation à gauche,
- pour $r = 1000 \Omega$ déviation à gauche,
- pour $r = 2000 \Omega$ déviation à gauche,
- pour $r = 3000 \Omega$ déviation à droite,

la valeur de r correspondant à l'équilibre (absence de déviation) est donc comprise entre 2000 et 3000 Ω . On se replace alors sur la valeur précédant celle correspondant au changement de sens de déviation (ici 2000 Ω) et on opère de même successivement avec la boîte des centaines, des dizaines et des unités **en diminuant à chaque fois la résistance de protection du galvanomètre** jusqu'à l'annuler complètement à l'équilibre.

A l'équilibre, on a : $E_1 = r_1 I$

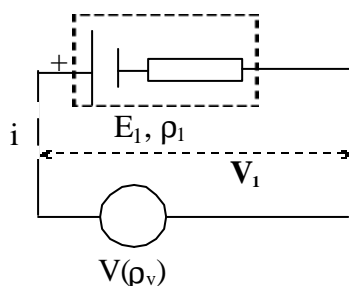
On recommence la manipulation avec la pile de f.e.m. connue. A l'équilibre, on a $E_0 = r_0 I$

d'où
$$E_1 = \frac{r_1}{r_0} E_0$$

Déterminer E_1 ainsi que l'incertitude absolue DE_1 .

II - UTILISATION D'UN VOLTMETRE - APPLICATION A LA MESURE DE LA RESISTANCE INTERNE

II - 1 - Principe





Un voltmètre branché aux bornes de la pile n'indique pas la valeur E_1 de sa f.e.m.. En effet un courant i passe dans le circuit constitué par la pile et le voltmètre : $i = \frac{E_1}{\rho_1 + \rho_v}$

r_1 est la résistance interne de la pile P et r_v celle du voltmètre V .

Le voltmètre indique la valeur de la tension V_1 aux bornes de la pile : $V_1 = E_1 - \rho_1 i$

V_1 est aussi la tension aux bornes du voltmètre : $V_1 = r_v i = \frac{1}{1 + \frac{r_1}{r_v}} E_1$

La lecture directe de V_1 ne peut donner une valeur proche de E_1 que si $r_v \gg r_1$.

II - 2 - Manipulation

On reprend le montage précédent avec la pile de f.e.m. E_1 et on se place à l'équilibre ($r = r_1$). On branche le voltmètre V aux bornes de P_1 : on constate que l'équilibre précédent est rompu. Il est rétabli pour une nouvelle valeur $r = r_2$. On en déduit la tension V_1 aux bornes de la pile par la relation :

$$V_1 = E_0 \frac{r_2}{r_0}$$

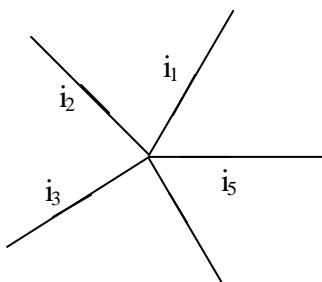
A partir de cette valeur de V_1 et de la valeur de E_1 mesurée dans le I, **déterminer le rapport** $\frac{\tilde{n}_1}{\tilde{n}_v}$.

A l'aide des caractéristiques du voltmètre utilisé, **calculer r_v et en déduire r_1 . Evaluer Dr_1 .**

III - VERIFICATION DES LOIS DE KIRCHHOFF A PARTIR DE MESURES EXPERIMENTALES

III - 1 - Rappel des lois de Kirchhoff

a) Loi relative aux nœuds



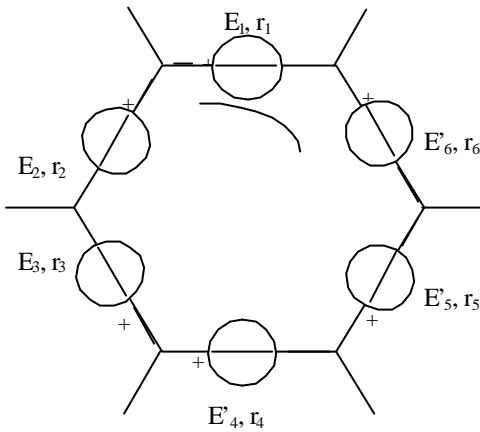
Un nœud est un point d'un circuit où aboutissent plusieurs conducteurs.

La somme des intensités des courants qui se dirigent vers un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui s'en éloignent.

i_4

$$i_1 + i_3 = i_2 + i_4 + i_5$$

b) Loi relative aux mailles



Une maille est un circuit fermé constitué par des conducteurs. Choisissons un sens de parcours conventionnel sur la maille. En généralisant la loi de Pouillet on écrit :

$$\sum r_i i = \sum E$$

i sera compté, **positivement** si le sens choisi pour cette intensité est le sens conventionnel de parcours, **négativement** dans le cas contraire. E sera affecté du signe du pôle par lequel on sort de l'appareil en parcourant la maille dans le sens conventionnel.

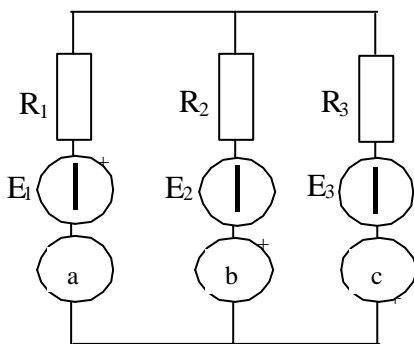
$$- r_1 i_1 + r_2 i_2 - r_3 i_3 - r_4 i_4 - r_5 i_5 + r_6 i_6 = - E_1 + E_2 - E_3 + E_4 + E_5 - E_6$$

III - 2 - Manipulation

a) A l'aide d'un multimètre **mesurer** :

- **les résistances R_1, R_2, R_3**
- **les f.e.m. E_1, E_2, E_3 .**
- **Evaluer les incertitudes sur ces grandeurs.**

b) Réaliser le circuit représenté ci-dessous



Mesurer, à l'aide des multimètres a, b et c, **les intensités des courants circulant dans chaque branche**, leur module et leur sens, en relevant le calibre utilisé pour chaque mesure.

Evaluer les incertitudes sur ces courants.

- c) A partir des mesures de R_1 , R_2 , R_3 , E_1 , E_2 , E_3 et I_1 , I_2 , I_3 essayer de **vérifier** successivement **la loi des nœuds et la loi des mailles pour chaque maille indépendante du montage ci-dessus, en tenant compte des incertitudes sur la mesure et des incertitudes sur la construction des différents appareils.**

On donne la résistance interne du multimètre à aiguille pour le calibre 1 mA : $r = 1500 \text{ } \Omega$
 la résistance interne du multimètre numérique pour le calibre 2 mA : $r = 100 \text{ } \Omega$