

## TP-1 *Mesures électriques*

### ***But du TP***

Ce TP d'initiation va permettre à l'étudiant de se familiariser avec le matériel qu'il utilisera durant ces travaux pratiques d'électricité. Il apprendra également à :

- Reconnaître les divers constituants d'un circuit électrique.
- faire correctement des mesures de tension et de courant électriques dans un circuit.
- utiliser un multimètre numérique : ses fonctions (voltmètre, ampèremètre, ohmmètre, capacimètre, etc.), les précautions à prendre, l'estimation de l'erreur sur la mesure.
- vérifier expérimentalement la loi d'Ohm et les lois de Kirchhoff : loi des nœuds et loi des mailles.
- réaliser un circuit électrique d'après un schéma.
- visualiser une tension sur l'oscilloscope.

Et enfin, apprendre à respecter certaines mesures de sécurité (car toute manipulation "imprudente" des circuits électriques peut être un danger pour le manipulateur et pour son entourage).

### ***Un peu de physique...***

Deux grandeurs sont essentielles dans toute conception et étude d'un circuit électrique : la différence de potentiel (tension), et le courant électrique.

**Tension électrique** : tout point d'un circuit électrique est caractérisé par son potentiel électrique. En pratique, on ne mesure pas le potentiel, mais plutôt la **différence de potentiel (ddp)** entre deux points du circuit; cette **ddp** est souvent appelée **tension électrique**.

La différence de potentiel entre deux points d'un circuit correspond à une différence de charges électriques, souvent un "excès" d'électrons d'un côté et un "manque" de l'autre. Plus la différence de potentiel entre deux points est importante, plus les électrons auront de l'énergie pour se déplacer entre ces deux points (et leur vitesse moyenne dans le conducteur sera plus élevée).

### **Courant électrique** :

La matière est constituée d'atomes, chaque atome est constitué d'un noyau entouré par une "nuage" d'électrons. Les électrons sont liés à l'atome, formant des couches empilées les unes sur les autres, un peu comme un oignon. Pour une catégorie donnée d'atomes, certains des électrons les plus éloignés sont à peine retenus. Ce sont des électrons libres, à l'origine du courant électrique.

Le courant électrique traduit le passage des électrons à l'intérieur d'un conducteur. En réalité, le déplacement effectif des électrons dans le conducteur se fait à la vitesse d'une "tortue" : environ une heure pour parcourir un mètre ! Pourtant, lorsqu'on appuie sur l'interrupteur, la lumière apparaît instantanément. Comment cela se fait-il? Eh bien, les électrons ne se déplacent pas jusqu'à la lampe. Dans le fil conducteur, ils sont alignés comme les billes d'un boulier. Lorsqu'on presse sur l'interrupteur, la première "bille" de la file tape dans la deuxième et ainsi de suite tout au long du fil, jusqu'à la lampe. Et c'est ce choc là qui se déplace à la vitesse de la lumière, soit environ 300 000 km/s. Mais les électrons de la file ne bouge que de quelques millimètres par seconde.

Les atomes qui ont du mal à retenir certains de leurs électrons périphériques, forment la famille des **métaux** conducteurs d'électricité (or, argent, cuivre, aluminium, sodium, potassium, nickel, cadmium,...). En particulier c'est le cuivre, que l'on utilise pour fabriquer des fils électriques. Mais

tous les atomes ne lâchent pas facilement leurs électrons. Certains atomes composant le verre, le caoutchouc ou la porcelaine, par exemple, possèdent des couches d'électrons plus compactes autour des noyaux : aucun électron ne peut en échapper. Ces atomes sans électrons "baladeurs", forment la famille des isolants, qui ont leur importance dans l'industrie électrique.

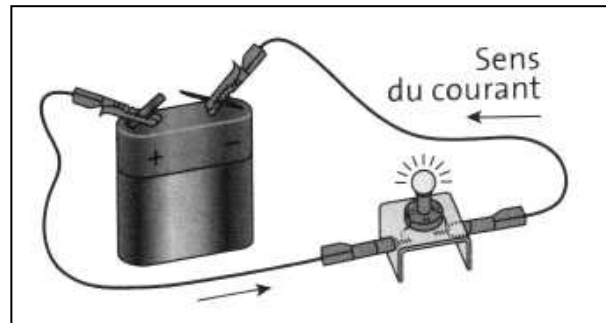
L'intensité du courant électrique, c'est le nombre d'électrons qui traversent la section d'un conducteur pendant une seconde. Elle se mesure en Ampères (A). Un ampère correspond au passage de 6,25 milliards de milliards d'électrons en une seconde!

Quoi de mieux qu'un boulier pour illustrer le courant électrique



**N.B.** Par convention, le courant sort par la borne + du générateur et entre par la borne -. Le sens du courant est représenté par une flèche sur le conducteur.

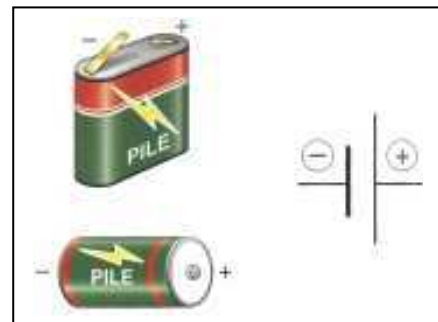
Le sens conventionnel du courant électrique est en réalité le sens inverse du vrai déplacement des électrons.



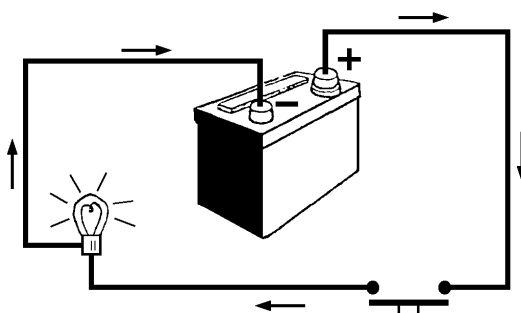
## ***Les constituants d'un circuit électrique simple***

Tout circuit électrique est constitué :

- d'un générateur (pile, batterie, alimentation - continue ou alternative - branchée au secteur).
- des fils de connexion
- des interrupteurs (interrupteur à levier, interrupteur à poussoir, etc.)
- des récepteurs (lampes, moteurs, résistances, condensateurs, bobines, diodes, LED, etc.)

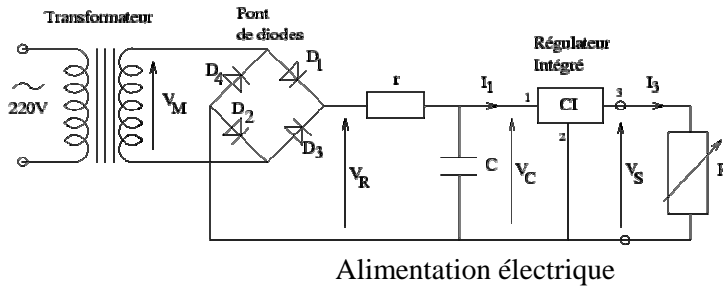


Dans tout circuit électrique on distingue des branches, des nœuds et des mailles, qui sont à la base des lois de Kirchhoff.



Exemple d'un circuit électrique simple:  
*batterie* de voiture alimentant, par des *fils conducteurs*, une *lampe* de phare via un *interrupteur*.

**1- L'alimentation électrique :** en réalité, il existe essentiellement deux sortes de source d'énergie électrique : les générateurs électrochimiques (piles et batteries), et les alternateurs. Les alimentations électriques, employées dans nos laboratoires de TP, utilisent toutes la tension "secteur" de 220 volts (tension provenant des alternateurs des centrales de production électriques). Dans certaines de ces alimentations (à courant alternatif) la tension de 220 V est réduite à de faibles tensions grâce à un transformateur, puis elle est stabilisée. Pour d'autres alimentations (à courant continu) la tension "secteur" est transformée en tension continue grâce à un transformateur, à un pont redresseur (à diodes) et à un circuit de filtrage et de régulation. Toute alimentation continue est caractérisée par sa tension, sa résistance interne et le courant maximum qu'elle peut fournir.



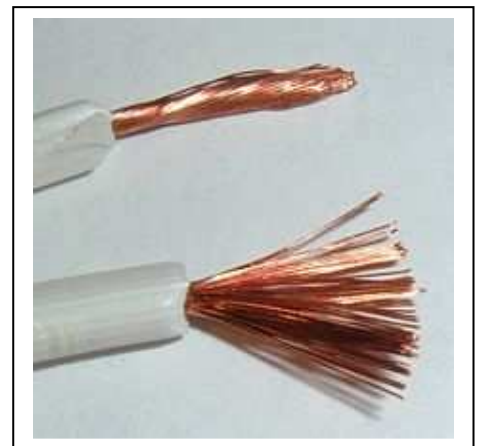
**2- Les fils conducteurs :** ce sont des généralement des fils en cuivre (mono-brin – rigide – ou multi-brins – souple –) protégés par un plastique isolant. Pour tout circuit électrique (domestique, industriel ou autre) il ne suffit pas que ces fils soient conducteurs; il faut aussi qu'ils respectent une certaine "norme" concernant leurs *sections*. Et ce respect est d'une grande importance pour la sécurité des installations et des utilisateurs. Généralement, les sections de 1.5 mm<sup>2</sup> sont utilisées pour l'éclairage, les sections de 2.5 mm<sup>2</sup> sont utilisées pour les prises de courant (lave-linge, congélateur, machine à laver...), les sections de 4 à 6 mm<sup>2</sup> sont utilisées pour les circuits de puissance (prise 20 et 32 A : cuisinière électrique, chauffage électrique, etc.). On admet, en général, une intensité de 3 à 4 ampères par mm<sup>2</sup> de section.

Les fils conducteurs sont l'équivalent d'une résistance  $r$ , dont la valeur peut être calculée grâce à l'expression :

$$r = \rho \frac{l}{s}$$

( $\rho$  étant la résistivité du conducteur utilisé,  $l$  la longueur du fil et  $s$  sa section).

**N.B.** il est toujours préférable que la longueur des fils conducteur de connexion soit aussi courte que possible afin d'éviter les chutes de tension pendant l'acheminement du courant (ceci est l'une des priorités des ingénieurs lors de la conception d'un circuit imprimé : raccourcissement des pistes).



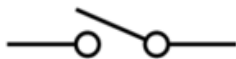
**Application :** Nous voulons acheter un fils conducteur pour alimenter deux lampes de phare de voiture à 36 watts de puissance chacune, alimentées par la tension de 12 volts de la batterie.

La puissance des 2 lampes est donc égale à 72 Watts. L'intensité consommée est égale à la puissance divisée par la tension d'alimentation:  $P = UI$ , ce qui donne une intensité consommée de 6 Ampères. Si nous prenons comme base de calcul : 4 A par mm<sup>2</sup> de section, le fil conducteur choisi sera de 1,5 mm<sup>2</sup> de section (si nous achetons un fils de plus petite section, nos phares seront moins lumineux, et notre batterie va plus "travailler" pour l'effet Joule dans les fils conducteurs, que pour éclairer la route...).

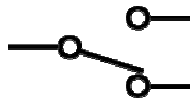
### ***Le saviez-vous?***

Pour la réalisation des lignes électriques aériennes, en général ce n'est pas le cuivre qui est utilisé, mais l'**Almelec** qui est un alliage d'aluminium, de magnésium et de silicium. Sa résistivité,  $32,5 \cdot 10^{-9} \Omega.m$ , est environ le double de celle du cuivre, mais ses caractéristiques mécaniques lui permettent de résister aux contraintes liées à l'environnement (vent, gel, neige, variations de température).

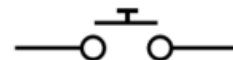
- 3- **Les interrupteurs** : rien n'est plus utilisé et n'est plus fréquent dans nos systèmes électriques que les interrupteurs (on utilise un interrupteur pour : allumer une radio, mettre en marche l'essuie-glace d'une voiture, mettre le contact et démarrer le moteur, activer le clignoteur, allumer un ordinateur, mettre en marche une calculette, faire des opérations avec celle-ci, éclairer une chambre, etc.). C'est un élément très simple et très pratique (qui évite de manipuler directement l'alimentation électrique, et permet d'isoler selon les besoins telle ou telle partie d'un circuit électrique).



Interrupteur ON/OFF



Interrupteur inverseur



Interrupteur en bouton poussoir

### **Les récepteurs élémentaires :**

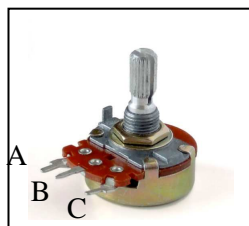
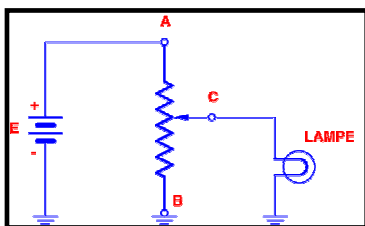
- a- **Les résistances** : ce sont des composants électriques réalisés spécialement pour opposer une certaine "résistance" au passage du courant électrique. Cette caractéristique s'exprime en Ohms et se mesure avec un ohmmètre.

Deux catégories de résistances sont utilisées dans les circuits électriques : les résistances fixes (fig.7) et les résistances variables (rhéostat et potentiomètre) (fig.8).

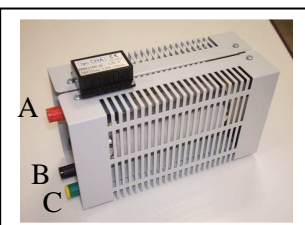
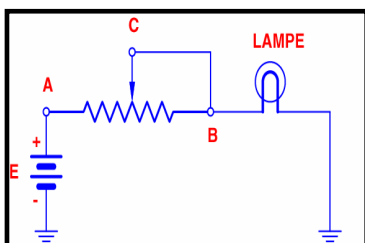


Les résistances variables sont employées pour deux applications fondamentales :

- Comme diviseurs de tension : ***potentiomètre***.
- Pour commander le courant électrique : ***rhéostat***.



En modifiant la position du curseur **C** du ***potentiomètre***, on change la tension appliquée à la lampe.

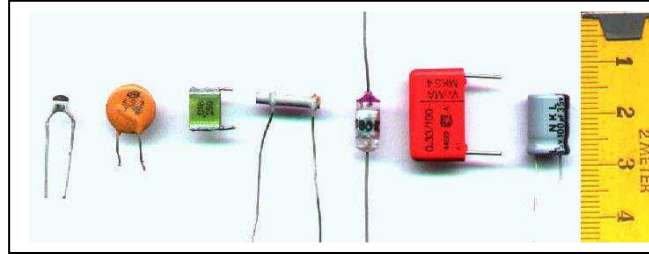


En modifiant la position du curseur **C** du ***rhéostat***, on change la valeur de l'intensité du courant qui traverse la lampe.

- b- **Les condensateurs** : Un condensateur est un composant électrique dont l'intérêt de base est de pouvoir "recevoir" et "rendre" une charge électrique  $Q$  (il peut être vu comme un réservoir de charges). La quantité de charges  $Q$ , emmagasinée dans un

condensateur, est proportionnelle à la tension  $U$  à ses bornes ( $Q = CU$ ). Tout condensateur se caractérise par sa **capacité** électrique  $C$ .

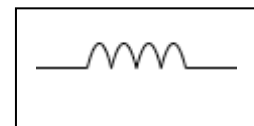
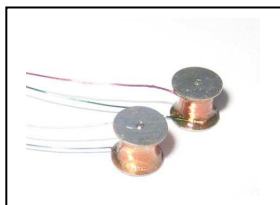
Un condensateur peut être "polarisé" (cas des condensateurs électrolytiques) ou non, selon la technologie. Pour les condensateurs polarisés, les bornes + et – doivent être respectées lors de la connexion au circuit.



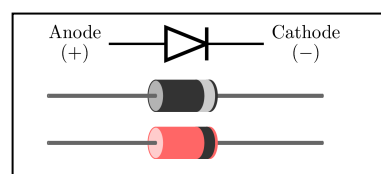
**Fig.1** divers types de condensateurs selon leurs technologies de fabrication, de gauche à droite : céramique multicouches, céramique disque, film polyester multicouches, céramique tubulaire, polystyrène, film polyester métallisé, électrolytique aluminium.

- c- **Les bobines** : Une bobine est un composant fréquent en électricité et en électronique. C'est "simplement" un enroulement de fil conducteur (parfois autour d'un noyau en ferrite). Toute bobine est caractérisée par son inductance  $L$  (en henry). Dans le cas d'un courant continu (comme celui délivré par une batterie de voiture) la bobine n'aura d'effet que lors d'une coupure brusque du courant; elle va alors créer une surtension parfois assez forte pour produire des étincelles. Ce phénomène est utilisé pour créer les "arcs électriques" au niveau des bougies d'allumage des moteurs de voiture (après coupure du courant de la batterie dans le "rupteur"); il peut être utilisé aussi pour créer la surtension nécessaire à l'allumage des tubes fluorescents (néon). C'est un phénomène plutôt "dangereux" qui exige toujours des précautions quand on utilise une bobine dans un circuit électrique (une bobine en coupure d'alimentation se comporte exactement comme un ressort qui "saute" lorsque l'on cesse de lui exercer une pression! C'est à cause de ce phénomène qu'apparaissent parfois des étincelles dans nos interrupteurs).

En dehors de ces effets dus aux coupures, la **self** se contente – sous régime continu – de créer un champ magnétique constant, sans influence sur le circuit. Par contre, pour des tensions variables, la bobine a des effets d'induction qui vont par exemple "**lisser**" les variations de tensions (aussi, elles sont utilisées dans les alimentations électriques pour réduire les variations de tension en fonction de la consommation du montage; ou pour "atténuer" les effets parasites de la tension "secteur"; ou encore pour limiter le courant et contrôler son intensité, par exemple dans les tubes fluorescents).



- d- **Les diodes** : ce sont des composants constitués de deux zones (de silicium ou germanium) polarisés appelées anode et cathode. Dans le sens passant, le courant passe de l'anode à la cathode. Connectée en inverse, le courant est bloqué.

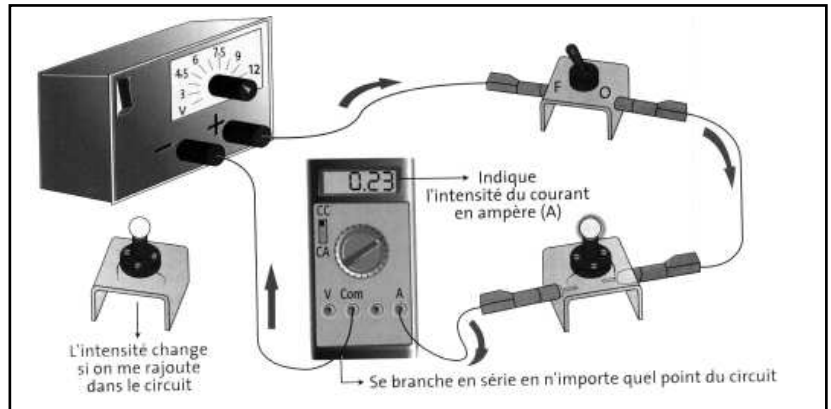


- e- **Les LED :** La LED est une diode spéciale qui émet de la lumière lorsqu'elle est alimentée dans le sens passant suivant une couleur dépendant de la technologie employée (rouge, verte, jaune, ...). Elle bloque dans le sens inverse comme une diode standard. Elles ne sont jamais utilisées en redressement.

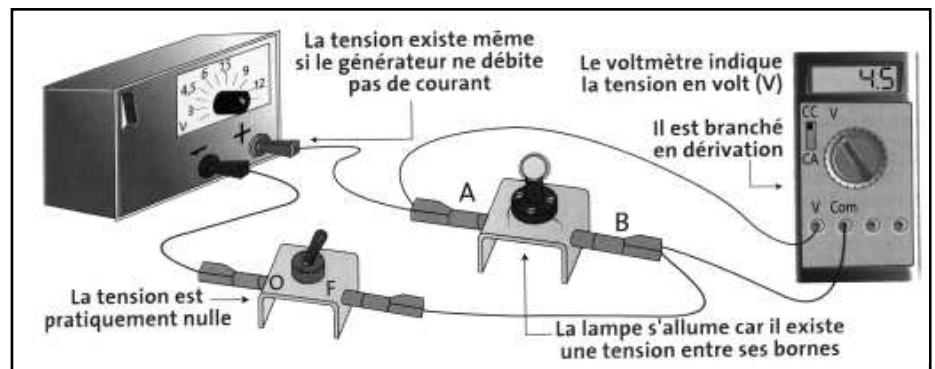


## Mesures de tension et de courant dans un circuit

- Pour mesurer l'intensité du courant traversant un dipôle (une lampe par exemple), **on branche l'ampèremètre en série** avec ce dipôle. Son sens de branchement doit être respecté: le sens positif du courant impose l'entrée de ce courant par la borne A de l'ampèremètre



- Si nous voulons mesurer la tension aux borne d'un dipôle (ici une lampe); pour cela nous amenons un **voltmètre** et nous le plaçons en dérivation (ou en parallèle) par rapport au dipôle.



## Utilisation d'un multimètre

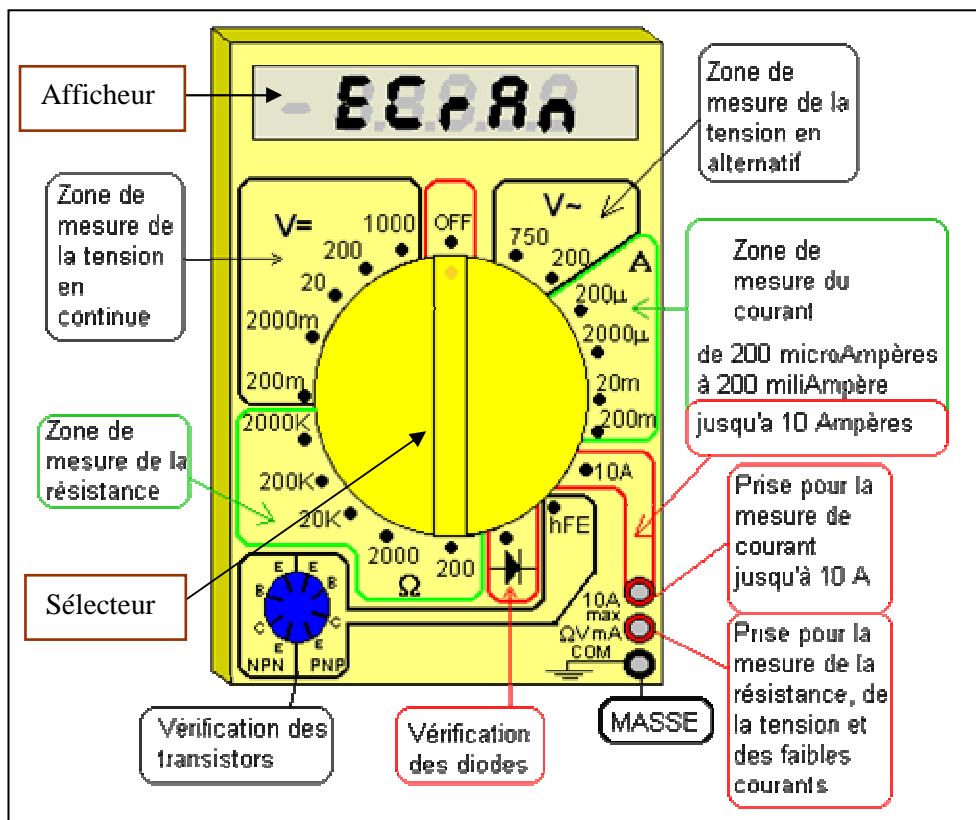
Le **multimètre** est un appareil de mesure qui possède plusieurs fonctions. Il peut être utilisé comme :

- **Ampèremètre** : pour mesurer l'intensité du courant électrique (en Ampères : A).
- **Voltmètre** : pour mesurer la tension entre deux points du circuit (en Volts : V).
- **Ohmmètre** : pour mesurer la valeur des résistances (en Ohms :  $\Omega$ ).
- **Capacimètre** : pour mesurer la capacité des condensateurs (en Farad : F).
- **Fréquencemètre** : pour mesurer la fréquence du signal électrique (en Hertz : Hz).
- **Thermomètre** : pour mesurer la température à l'aide d'une sonde à thermocouple (en  $^{\circ}\text{C}$ ).

De plus, le multimètre possède des entrées pour :

- vérifier la **continuité**
- tester une **diode**
- tester un **transistor**





### Précision des multimètres

Aucun appareil de mesure n'est parfait. Il donne toujours une valeur avec une **erreur** (ou **incertitude**). Dans la notice de l'appareil, le fabricant donne des indications pour pouvoir estimer cette l'incertitude.

**Exemple :** nous mesurons une résistance avec la fonction "Ohmmètre" du multimètre, on relève 150 Ω sur le calibre 200 Ω. Sur la notice de ce multimètre (disponible au niveau de chaque poste de travail) il est indiqué que le calibre 200 Ω induit une incertitude :

$$\Delta R = 0,8 \% \text{ de la lecture} + 3 \text{ digits}$$

$$\text{avec: } 1 \text{ digit} = \frac{\text{calibre}}{2000}, \text{ 2000 étant le nombre de points de l'afficheur.}$$

Ainsi :  $\Delta R = 0,008 \times 150 + 3 \times \frac{200}{2000} = 1,5 \Omega$  ; mais comme l'incertitude ne peut contenir plus d'un chiffre différent de 0, on va arrondir 1,5 à 2. Et on écrira alors la valeur mesurée de R comme suit :

$$R = (150 \pm 2) \Omega$$

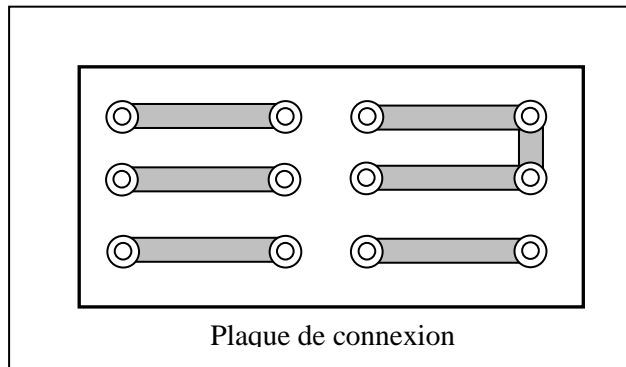
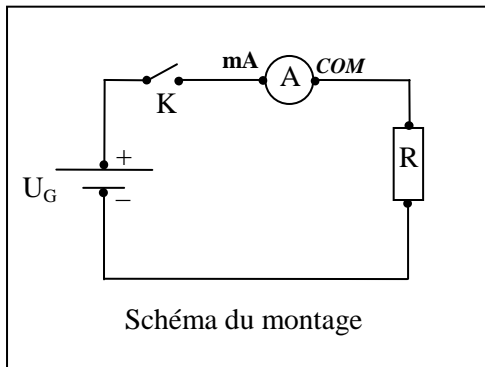
Ce résultat peut aussi être présenté sous cette forme :  $R = 150 \Omega$  avec une **tolérance** de 1,3 %. La tolérance est un terme désignant la **précision**, c'est-à-dire :  $\frac{\Delta R}{R}$ .

### Utilisation du multimètre comme ampèremètre

#### ➤ Liste du matériel

- Plaque de connexion
- Une résistance R
- Des fils de connexion (rouge et noir, ou rouge et bleu)
- Une alimentation continue  $U_G=10V$ .
- Un multimètre
- Un interrupteur

### ➤ Schéma du montage



### ➤ Travail à effectuer

**Etape 1 :** réaliser le montage sur la plaque : le multimètre doit être branché en série avec la résistance. Le courant entre dans le multimètre par la borne mA (si le courant traversant le circuit est inférieur à 200mA; s'il est supérieur à 200mA, le courant entre dans l'ampèremètre par la borne 10A – ou 20A selon les modèles). Le courant sort par la borne COM du multimètre, pour aller vers la résistance R.

**Etape 2 :** comme à priori on ne connaît pas la valeur du courant que l'on va mesurer, il faut **toujours** choisir le plus grand calibre de courant (afin de ne pas "griller" l'ampèremètre!), puis on diminue le calibre pour s'arrêter au calibre qui est juste supérieur à la valeur mesurée du courant.

**Etape 3 :** Repérer la "plage" correspondant à la fonction A– (courant continu). Positionner le selecteur du multimètre sur le "**plus grand calibre**" de cette plage. Allumer le multimètre.

**Etape 4 :** Allumer l'alimentation électrique. Fermer l'interrupteur K. Une valeur devrait apparaître sur le multimètre.

**Etape 5 :** Adapter le calibre de l'ampèremètre à la valeur de calibre juste supérieure à la valeur affichée. Cela permet d'avoir la mesure la plus précise possible.

**Etape 6 :** Noter la valeur du courant avec tous les chiffres affichés. Noter également le calibre.

**Etape 7 :** Eteindre l'alimentation, puis le multimètre (sans démonter le montage)

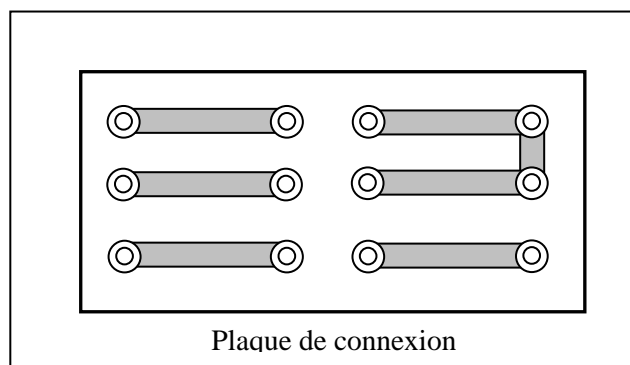
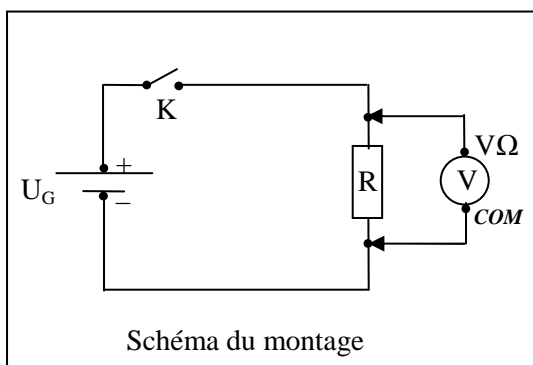
**Etape 8 :** Donnez la valeur de l'intensité du courant ainsi que son incertitude et sa précision.

$$I = (\dots \pm \dots) \text{ mA} ; \quad \frac{\Delta I}{I} = \dots \%$$

### Utilisation du multimètre comme voltmètre

#### ➤ Liste du matériel

Le même matériel que précédemment





➤ **Travail à effectuer**

**Etape 1 :** réaliser le montage ci-dessus sur la plaque de connexion : le multimètre doit être branché en parallèle avec la résistance R. L'entrée  $V\Omega$  du multimètre est reliée à la borne positive de la résistance (c'est-à-dire celle qui reçoit le courant). La sortie COM du multimètre est reliée à l'autre borne de la résistance R.

**Etape 2 :** Repérer la "plage" correspondant à la fonction V- (Voltage continu), et positionner le selecteur du multimètre sur le calibre qui avoisine celui de l'alimentation. Allumer le multimètre.

**Etape 4 :** Allumer l'alimentation électrique. Fermer l'interrupteur K. Une valeur devrait apparaître sur le multimètre.

**Etape 5 :** Adapter le calibre du voltmètre à la valeur de calibre juste supérieure à la valeur affichée. Cela permet d'avoir la mesure la plus précise possible.

**Etape 6 :** Noter la valeur de la tension avec tous les chiffres affichés. Noter également le calibre.

**Etape 7 :** Eteindre l'alimentation, puis le multimètre (sans démonter le montage)

**Etape 8 :** Donnez la valeur de l'intensité du courant ainsi que son incertitude et sa précision.

$$U = (\dots \pm \dots) \text{ V} ; \quad \frac{\Delta U}{U} = \dots \%$$

**Utilisation du multimètre comme ohmmètre**

➤ **Liste du matériel**

- Cinq résistances, de valeurs différentes.
- Un potentiomètre
- Un multimètre
- Le code des couleurs pour résistances.
- Des fils de connexion à bornes crocodiles

➤ **Travail à effectuer**

- ✓ Prenez la première résistance et connectez ses bornes par l'intermédiaire des fils conducteurs aux entrées  $\Omega$  et COM du multimètre.
- ✓ Repérer la "plage" correspondant à la fonction  $\Omega$ , allumer le multimètre et positionner le sélecteur du multimètre sur le plus petit calibre. Tant que le calibre est plus faible que la valeur de la résistance, le ohmmètre affichera 1.. Dans ce cas on passe au calibre juste supérieur, et on continue à augmenter le calibre jusqu'à obtenir une valeur pour  $R_1$ .
- ✓ Relever la valeur affichée de  $R_1$ , ainsi que le calibre utilisé. Estimez son incertitude, ainsi que sa précision.

$$R_1 = (\dots \pm \dots) \Omega ; \quad \frac{\Delta R}{R} = \dots \%$$

avec le Ohmmètre

**Attention :** Pour mesurer une résistance avec le ohmmètre, on doit toujours la retirer du circuit.

Maintenant, à l'aide du **code des couleurs**, relevez la valeur de  $R_1$ , sa précision (ou tolérance), et déduire son incertitude.

**Procédure :** on peut voir sur une résistance des anneaux de couleurs différentes. Chaque couleur correspond à un chiffre (voir figure ci-dessous). La correspondance entre les chiffres et les couleurs des anneaux constitue ce qu'on appelle le code des couleurs; il permet de déterminer la valeur en Ohms d'une résistance. Pour lire cette valeur il faut d'abord placer la résistance dans le bon sens : en général la résistance a un anneau doré ou argenté, qu'il faut placer à droite. Les deux premiers anneaux sont les chiffres significatifs, le troisième est le multiplicateur et le quatrième donne la tolérance (ou la précision).

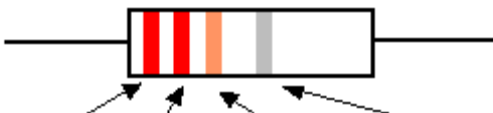
**Exemple :**

brun, noir, noir argent  
 $10 \times 1 = 10 \Omega$   
avec une tolérance de 5%

rouge, rouge orange argent  
 $22 \times 1000 = 22 \text{ k}\Omega$   
avec une tolérance de 5%

Trouvez la valeur de  $R_1$  en utilisant le code des couleurs.

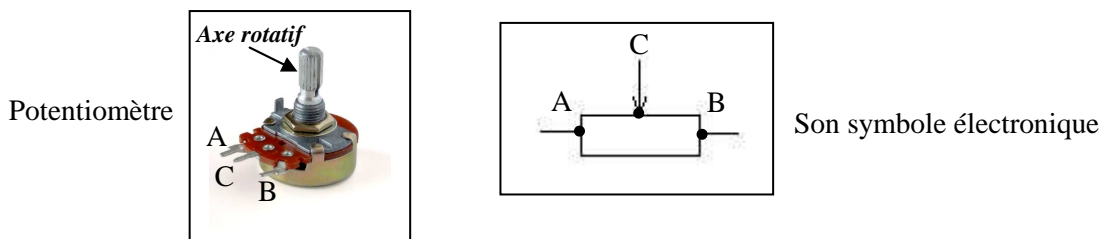
$$R_1 = (\dots\dots\pm\dots\dots)\Omega ; \frac{\Delta R}{R} = \dots\dots \%$$



Chiffre1	Chiffre2	Multiplicateur		Tolérance	
noir	0	argent	$\times 0,01$	argent	$\pm 5\%$
brun	1	or	$\times 0,1$	or	$\pm 10\%$
rouge	2	noir	$\times 1$		
orange	3	brun	$\times 10$		
jaune	4	rouge	$\times 100$		
vert	5	orange	$\times 1000$		
bleu	6	jaune	$\times 10K$		
violet	7	vert	$\times 100K$		
gris	8	bleu	$\times 1M$		
blanc	9	violet	$\times 10M$		

Effectuez le même travail pour les quatre autres résistances.

Maintenant, utilisons le ohmmètre pour étudier le **potentiomètre**. Comme nous l'avons déjà vu, le potentiomètre n'est autre chose qu'une **résistance** dont on peut faire **varier** la valeur par simple action mécanique sur un **axe rotatif**. A l'intérieure du potentiomètre il y a une "piste" résistive sur laquelle entre en contact un curseur mobile **C**, qui peut se promener d'une extrémité à l'autre de la piste. La photo ci-dessous montre un exemple de potentiomètre rotatif.



- ✓ Repérez les bornes A, B et C du potentiomètre (entre les bornes A et B la résistance du potentiomètre est maximale ( $R_{AB}$ ), entre A et C elle va varier – en tournant l'axe rotatif – de 0 à  $R_{AB}$ ).
- ✓ Connectez votre ohmmètre aux points A et B du potentiomètre, et relevez la valeur de la résistance maximale  $R_{AB}$  du potentiomètre.
- ✓ Connectez votre ohmmètre aux points A et C. Placez le curseur C sur la position A, quelle valeur vous relevez?
- ✓ Faites tourner l'axe rotatif du potentiomètre de  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ , puis jusqu'à l'arrêt, et relevez à chaque fois la valeur de  $R_{AC}$ . Inscrire les valeurs obtenues sur le tableau suivant :

A et C confondus	Axe rotatif tourné à 90°	Axe rotatif tourné à 180°	Axe rotatif à l'extrémum
$R_{AC} = 0 \, \Omega$	$R_{AC} = \dots \, \Omega$	$R_{AC} = \dots \, \Omega$	$R_{AC} = \dots \, \Omega$

### Utilisation du multimètre comme capacimètre

#### ➤ Liste du matériel

- Cinq condensateurs différents
- Un multimètre

#### ➤ Travail à effectuer

- ✓ Introduire les bornes de votre condensateur directement dans les entrées **capacimètre** de votre multimètre.
- ✓ Allumez le multimètre, et mettez le sélecteur sur la plage F (c'est-à-dire Farad, indiquant la fonction capacimètre).
- ✓ Relevez la valeur affichée, en choisissant le calibre juste supérieur à cette valeur (pour avoir la meilleure précision).
- ✓ Refaite la même procédure pour les quatre autres condensateurs, et mettez vos résultats dans le tableau suivant :

Condensateur	Condensateur 1	Condensateur 2	Condensateur 3	Condensateur 4	Condensateur 5
Capacité	$C_1 = \dots \, F$	$C_2 = \dots \, F$	$C_3 = \dots \, F$	$C_4 = \dots \, F$	$C_5 = \dots \, F$

**N.B.** Les valeurs des capacités ci-dessus ne seront pas en F, mais plutôt en  $\mu F$  (microfarad  $=10^{-6}F$ ), nF (nanofarad  $=10^{-9}F$ ) ou pF (picofarad  $=10^{-12}F$ ). Mais il existe ce qu'on appelle les **supercondensateurs**, qui ont d'énormes capacités de l'ordre du farad, et qui sont par exemple utilisés pour emmagasiner l'énergie électrique durant le freinage des TGV (*Train Grande Vitesse*).

### Utilisation du multimètre comme test de continuité



#### ➤ Liste du matériel

- Deux fils conducteurs, identiques en apparence, mais l'un est sectionné au milieu et l'autre non.
- Deux câbles de connexion (crocodiles)
- Un multimètre
- Un interrupteur
- Deux fusibles : l'un en bon état, l'autre défectueux

#### ➤ Travail à effectuer

- ✓ Prenez les deux fils conducteurs qui ont été préparés par les laborantins. L'un est en bon état, l'autre est sectionné au milieu. Mais en apparence ils sont tout à fait identiques et l'on ne peut pas savoir à l'œil nu lequel est abîmé et lequel est en bon état. Pour connaître l'état de notre fil conducteur (c'est-à-dire s'il conduit réellement l'électricité ou pas) nous utilisons le test continuité du multimètre.

A l'aide des câbles de connexion, branchez les deux extrémités de chaque fil au bornes  $\Omega$  et COM du multimètre.

Mettez le sélecteur sur la position  ou . Si l'on entend un bruit sonore, le fil est en bon état (il conduit donc le courant).

Si aucun son n'est émis par le multimètre, et qu'il affiche 1, le fil est alors abîmé et il ne laisse plus le courant passer.

**N.B.** ce test de continuité est très utile quand l'accès au fil conducteur est difficile, ou si l'état réel du fil n'est pas directement visible à l'œil nu.

- ✓ Utilisez le **test de continuité** pour vérifier la "bonne marche" de votre **interrupteur**.
- ✓ Vous disposez de deux **fusibles**, vérifiez lequel est en bon état et lequel est abîmé, en utilisant le **test de continuité**.

### Utilisation du multimètre pour tester une diode

#### ➤ **Liste du matériel**

- Une diode
- Un multimètre
- Des fils de connexion (crocodiles)

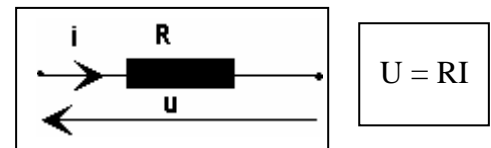
#### ➤ **Travail à effectuer**

- ✓ Repérer l'anode et la cathode de la diode
- ✓ Connectez la diode au multimètre selon le sens passant : anode à la borne  $V\Omega$  et la cathode à la borne COM.
- ✓ Mettez le sélecteur du multimètre sur la fonction  $\rightarrow \nabla \leftarrow$  (test diode).
- ✓ Allumer le multimètre et relevez l'affichage (notez l'unité).
- ✓ Inversez les bornes de la diode et lire l'affichage. Qu'est-ce que cela signifie?

## *Loi d'Ohm, loi des nœuds et loi des maille*

### Loi d'Ohm

C'est une loi fondamentale de l'électricité. Elle exprime la relation qui existe entre l'intensité  $I$  dans une portion de circuit de résistance  $R$  et la différence de potentiel  $U$  aux bornes de cette portion :  $U = R I$ .



#### ➤ **Liste du matériel**

- Un générateur DC (Direct current ou courant continu)
- Un rhéostat 100 $\Omega$
- Deux multimètre (l'un utilisé comme ampèremètre, l'autre comme voltmètre)
- Une résistance  $R_X$  de valeur à priori inconnue
- Un interrupteur K
- Des fils de connexion
- Une plaque de connexion

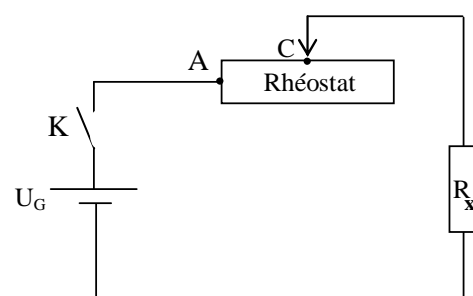


Schéma du montage

#### ➤ **Travail à effectuer**

Nous voulons mesurer la tension  $U$  aux bornes de  $R_X$  et le courant  $I$  qui la traverse.

- ✓ Complétez le montage ci-dessus en plaçant convenablement l'ampèremètre et le voltmètre.
- ✓ A quoi sert le rhéostat dans ce montage?
- ✓ Allumez le générateur et réglez sa tension sur 10V.
- ✓ Placez le curseur C du rhéostat le plus près possible de l'extrémité gauche.
- ✓ Appelez votre enseignant avant de fermer l'interrupteur K.
- ✓ En déplaçant vers la droite le curseur C du rhéostat, faites 6 mesures de  $U$  et  $I$ .

- ✓ Rassemblez vos résultats dans le tableau suivant.

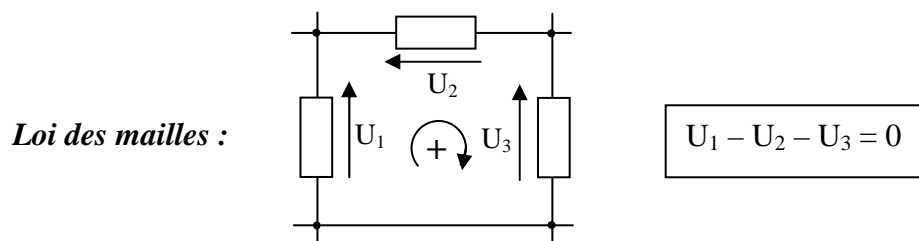
U (V)						
I (mA)						

- ✓ Tracer le graphe U en fonction de I (sur une feuille de papier millimétré, en choisissant correctement l'échelle). La courbe obtenue est appelée **caractéristique de la résistance  $R_X$** .
- ✓ La loi d'Ohm est-elle vérifiée?
- ✓ Déduire  $R_X$  du graphe.

## Loi des mailles

La loi des mailles, qui est la deuxième loi de Kirchhoff, indique que la **somme algébrique des tensions** aux bornes de tous les éléments constituant une maille, est **nulle**.

**N.B.** Une maille est un chemin "fermé" passant par différents nœuds d'un circuit électrique.



### ➤ Liste du matériel

- Une lampe L
- Une résistance R
- Un générateur courant continu
- Un multimètre
- Une plaque de connexion
- Un interrupteur K

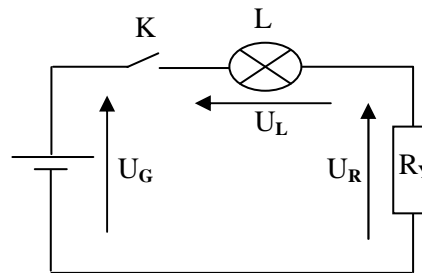


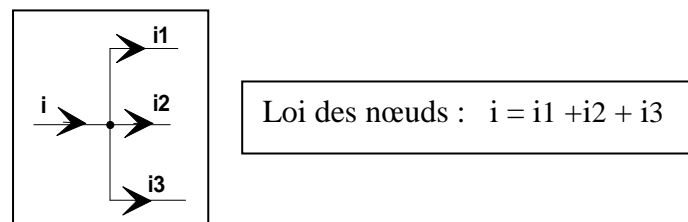
Schéma du montage

### ➤ Travail à effectuer

- ✓ Réaliser le montage suivant
- ✓ Relevez, en utilisant le voltmètre, les tensions  $U_G$ ,  $U_L$  et  $U_R$ .
- ✓ Comparez  $U_G$  et  $U_L + U_R$ . À quoi est égale :  $-U_G + U_L + U_R$  ?
- ✓ La loi des mailles est-elle vérifiée?

## Loi des nœuds

La loi des nœuds est la première loi de Kirchhoff, elle indique que la somme des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des courants qui en repartent.



**N.B.** Un nœud est un point du circuit où se rencontrent plusieurs branches.

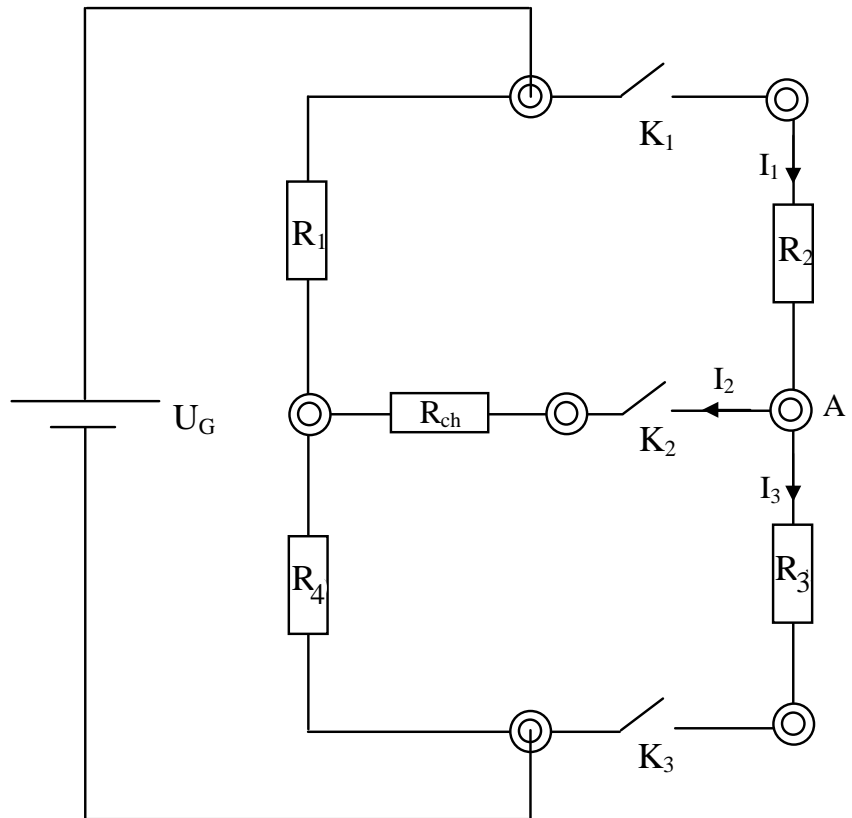
➤ **Liste du matériel**

- Le circuit imprimé à cinq résistances et trois interrupteurs.
- Un générateur DC
- Un multimètre (qui sera utilisé comme ampèremètre)
- Des fils de connexion

➤ **Travail à effectuer**

On se propose ici de vérifier la loi des nœuds au point **A** du circuit ci-dessus.

- Commencez par vérifier que les trois interrupteur,  $K_1$ ,  $K_2$  et  $K_3$ , sont "**ouverts**" (1→ouvert, 2→fermé).
- Branchez l'alimentation, comme le montre la figure ci-contre.
- Placez l'ampèremètre aux bornes de  $K_1$  (le sélecteur étant sur le plus grand calibre, ici 200mA).
- Fermez les interrupteurs  $K_2$  et  $K_3$  (l'interrupteur  $K_1$  doit rester "**ouvert**").
- Allumez l'alimentation, la régler sur 10V, puis allumez l'ampèremètre.
- Relevez la valeur du courant  $I_1$  affichée par le multimètre.
- Eteignez l'alimentation et l'ampèremètre.



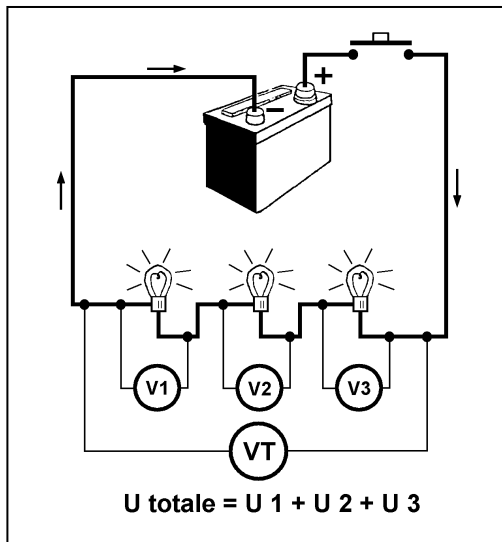
- Placer l'ampèremètre aux bornes de  $K_2$  (le sélecteur étant sur le plus grand calibre).
- Fermer les interrupteurs  $K_1$  et  $K_3$  (l'interrupteur  $K_2$  doit rester "**ouvert**").
- Allumer l'alimentation, puis l'ampèremètre.
- Relevez la valeur du courant  $I_2$  affichée par le multimètre (si  $I_2$  est négatif, changez son sens sur le dessin ci-dessus).
- Eteignez l'alimentation et l'ampèremètre.
- Placer l'ampèremètre aux bornes de  $K_3$  (le sélecteur étant sur le plus grand calibre).
- Fermer les interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$  (l'interrupteur  $K_3$  doit rester "**ouvert**").
- Allumer l'alimentation, puis l'ampèremètre.
- Relevez la valeur du courant  $I_3$  affichée par le multimètre.
- Eteignez l'alimentation et l'ampèremètre.
- Comparez  $I_1$  et  $I_2 + I_3$  (si  $I_2$  a été trouvé négatif, changer le sens de la flèche indiquant le courant  $I_2$ , et comparez  $I_1 + I_2$  à  $I_3$ ).
- La **loi des noeuds** est-elle vérifiée?



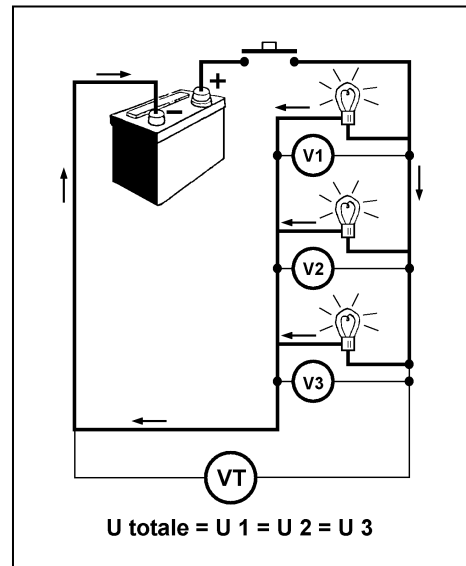
## Réalisation d'un circuit d'après un schéma

Nous nous proposons ici d'entraîner l'étudiant à réaliser divers circuits électriques selon un certain "cahier des charges".

Pour cela, il est important de savoir distinguer des dipôles en série et des dipôles en parallèle. Les schémas suivant donnent des exemples de batterie de voiture alimentant des lampes de phares en série ou en parallèle.



Lampes en série



Lampes en parallèle

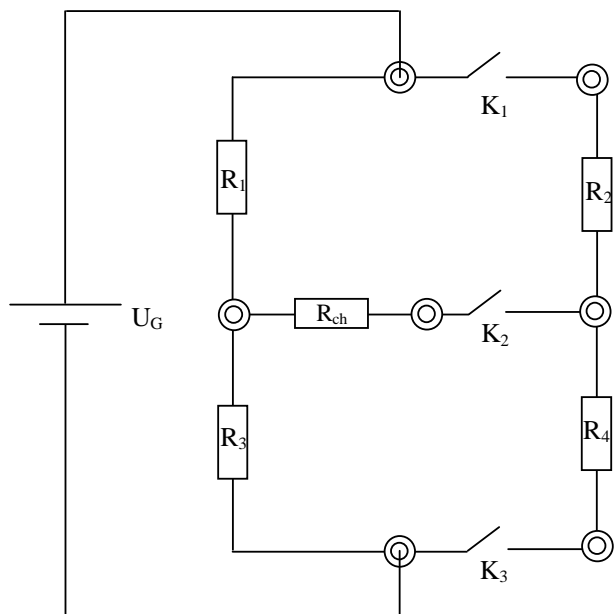
### ➤ Travail à effectuer

\* Prendre le circuit imprimé ci-dessous.

\* Eteindre l'alimentation.

\* Modifiez les branchements de cette alimentation, et jouez sur les interrupteurs  $K_1$ ,  $K_2$  et  $K_3$  afin d'avoir :

- ✓  $R_1$  et  $R_2$  en série
- ✓  $R_2$  et  $R_3$  en série
- ✓  $R_1$  et  $R_4$  en série
- ✓  $R_3$  et  $R_4$  en série.
- ✓  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  en série.
- ✓  $R_1$  et  $R_2$  en parallèle.
- ✓  $R_3$  et  $R_4$  en parallèle.
- ✓ ( $R_1$  et  $R_4$  en série) en parallèle avec ( $R_2$  et  $R_3$  en série).



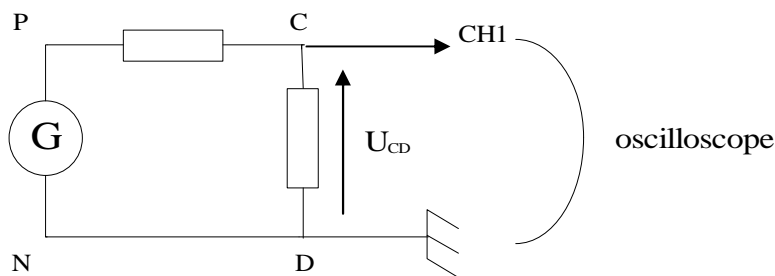
# L'oscilloscope

## ➤ Liste du matériel

- Un oscilloscope
- Un GBF (générateur de signaux basse fréquence)
- Un câble de connexion (BNC)

## ➤ Présentation de l'oscilloscope et du GBF

- ✓ L'**oscilloscope** est un "voltmètre évolué". Il nous permet de mesurer la tension, en la visualisant sur un **écran** sous forme de représentation graphique; celle-ci permet de suivre la variation de la tension en temps réel.  
Le branchement de l'oscilloscope s'effectue entre la masse (M) et des voies (CH I ou CH II, parfois appelées X et Y). Le schéma du branchement est indiqué ci-dessous (bien sûr, l'oscilloscope étant un "voltmètre", il se branche toujours en dérivation).  
Comme vous pouvez le voir, l'écran de l'oscilloscope est quadrillé, chaque carreau (appelé « division ») a un côté qui mesure un centimètre.
- ✓ Le GBF (Générateur Basse Fréquence) est un appareil qui permet de délivrer des signaux électriques de fréquence allant jusqu'au MHz, et pouvant prendre diverses formes : sinusoïdale, rectangulaire ou triangulaire.



L'oscilloscope, ci-contre, mesure la d.d.p. entre les points C et D du circuit. D est le point de référence donc la d.d.p. mesurée est  $U_{CD}$ .

## ➤ Travail à effectuer

- ✓ Branchez à la prise secteur l'oscilloscope et le GBF.
- ✓ Allumez le GBF puis l'oscilloscope.
- ✓ Connectez le GBF à l'oscilloscope sur CH I.
- ✓ Réglez le calibre de CH I à 5V/div., et la base de temps à 2ms/div.
- ✓ Réglez la fréquence du GBF à 100 Hz.
- ✓ Visualiser, sur l'oscilloscope, les différents signaux que peut délivrer le GBF : triangulaire, carré et sinusoïdal.
- ✓ Garder le GBF sur le signal sinusoïdal et régler l'amplitude de celui-ci de façon à avoir 10 V (sur l'oscilloscope, ce signal va alors couvrir 4 divisions crête à crête).
- ✓ Eteignez l'oscilloscope, puis le déconnecter du GBF.
- ✓ Raccorder le GBF à un voltmètre pour mesurer la tension qu'il délivre. Relevez l'indication du voltmètre (n'oubliez pas de le mettre sur la fonction V~).
- ✓ En réalité, le voltmètre ne donne pas l'amplitude ( $U_{\max}$ ) d'une tension alternative, mais plutôt sa valeur efficace :  $U_{\text{eff}} = U_{\max} / \sqrt{2}$ . Vérifiez que c'est bien le cas.

**N.B.** Nous appelons tension alternative sinusoïdale toute tension qui varie de façon **périodique** au cours du temps.

\* Elle est **alternative** : car elle change de signe au cours du temps.

\* Elle est **sinusoïdale** : car sa variation au cours du temps est une sinusoïde.

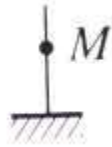
(les tensions fournies par le réseau SONEGAS sont alternative sinusoïdale).

**À la fin du TP : Remise en état du poste de travail**

# Annexe

## Notion de Masse et de Terre

Un voltmètre mesure une tension électrique, c'est à dire une différence de potentiel. Si nous voulons connaître le potentiel électrique  $V_A$  d'un point d'un circuit, il faut connaître à la fois le potentiel  $V_M$  d'un autre point M du circuit, et la tension  $U_{AM}$  entre les points A et M. Nous avons:  $U_{AM} = V_A - V_M$ , d'où  $V_A = U_{AM} + V_M$ . Si l'on attribue à  $V_M$  la valeur zéro, alors le potentiel du point A vaut  $V_A = U_{AM}$ .



Symbole de la masse



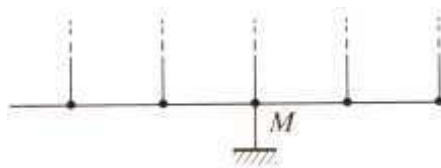
Symbole de la terre

### Ce qu'il faut retenir

La masse est un point M du circuit électrique auquel on attribue, par convention, le potentiel électrique 0V.

### Remarque.

Si le point M, est relié par des fils de connexion à plusieurs autres points du circuit, tous ces points sont au même potentiel que M, donc à la masse (potentiel zéro). Ces points forment une ligne conductrice au potentiel 0 V, que l'on appelle ligne de masse.

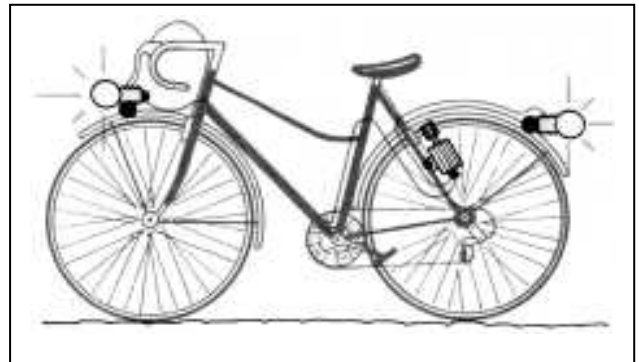


Ligne de masse

### Exemple

La lampe du phare d'une bicyclette est reliée à l'alternateur par un seul fil électrique.

En fait l'autre borne de la lampe est reliée électriquement à l'autre borne de l'alternateur par l'intermédiaire du cadre métallique de la bicyclette, dont on dit qu'il joue le rôle de masse.



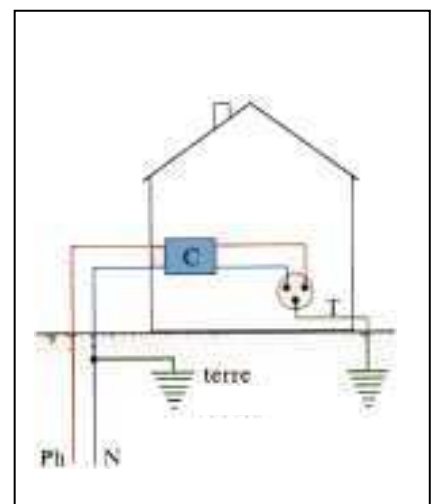
## MASSE ET TERRE.

Tout point relié par un fil de connexion au sol est dit à la terre : son potentiel électrique est celui de la terre.

Cette liaison à la terre s'effectue par l'intermédiaire d'une prise secteur comportant une broche appelée "terre". Celle-ci est reliée électriquement à des piquets ou grillages métalliques dans le sol par un fil conducteur appelé "fil de terre".

Il ne faut pas confondre masse d'un circuit et terre. Si ces deux points ne sont pas reliés électriquement, ils ne sont pas nécessairement au même potentiel.

Ainsi, la masse du circuit électrique d'une automobile, reliée à la carrosserie métallique et à la borne - de la batterie, n'est généralement pas reliée à la terre puisque le véhicule est isolé du sol par le caoutchouc des pneus.



## ***Mesures de sécurité!...***

Dans tout circuit électrique, il y a un risque **court-circuit**. Un court circuit est un contact "direct" entre deux conducteurs. Il entraîne le passage "direct" du courant du (+) vers le (-) au lieu de traverser le reste du circuit. Cette anomalie entraîne une augmentation de l'intensité du courant et une élévation dangereuse de la température des conducteurs, pouvant provoquer un incendie. Pour éviter que ce courant de court-circuit ne détruise le circuit d'alimentation, une protection est nécessaire : **disjoncteur** ou **fusible**.

**(N.B.)** Il est très important de savoir que beaucoup d'incendies sont souvent provoqués, non pas par des courts-circuits, mais par des mauvais contacts entre conducteurs - généralement une borne de raccordement mal serrée. Car un court-circuit provoque une surintensité généralement suffisante pour déclencher la protection du compteur électrique (disjoncteur ou fusible). Par contre un mauvais contact crée un arc électrique, qui peut provoquer un incendie. Il n'y a pas de protection contre ce genre de défaut, il faut donc toujours veiller à la qualité des raccordements!...).



Fusible



Disjoncteur

## **Importance du fil de terre**

Pour éviter l'électrocution, la plupart des appareils électriques sont reliés à la terre via un fil électrique. De sorte que si un fil à 230 V est dénudé, qu'il entre en contact avec la carcasse métallique du "frigo", par exemple, et si on pose notre main sur la poignée, il y a alors deux possibilités pour le courant:

- passer par la corps humain;
- passer par le fil de terre.

Comme le fil de la terre est un meilleur conducteur que le corps humain, le courant passera par la terre, et on évite le pire...