

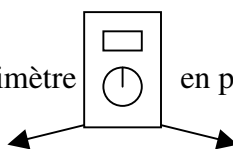
1. LA TENSION ELECTRIQUE

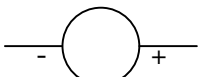
La différence d'état électrique entre deux points d'un circuit électrique est appelée tension électrique ou différence de potentiel (ddp).

BUT : Mesurer une tension et différencier les circuits séries avec les circuits en dérivation.

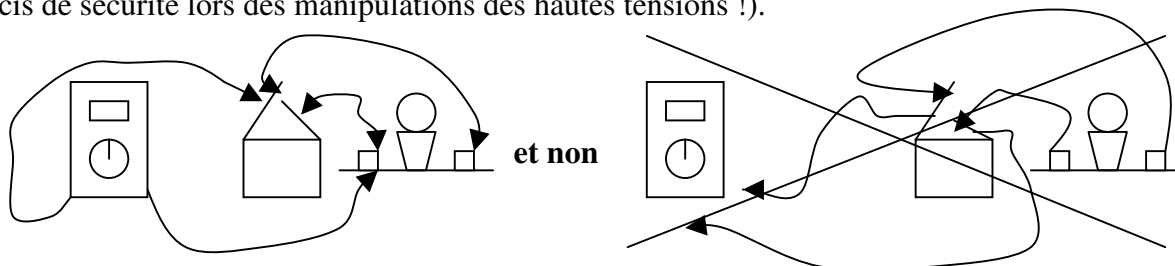
INTRODUCTION :

- Pour mesurer une tension, on utilise un multimètre en position voltmètre. On mesure donc la tension avec un **voltmètre**.



(symbole : ) La tension se note U et s'exprime en **Volt (V)**.

- Deux fils doivent être connectés sur les deux fiches du voltmètre, un sur COM, l'autre sur V.
- On mesure toujours la tension en branchant les fils du voltmètre sur le circuit (en dérivation) **et non** en branchant les fils du circuit sur le voltmètre (ceci pour éviter des "fils volants" dans un soucis de sécurité lors des manipulations des hautes tensions !).

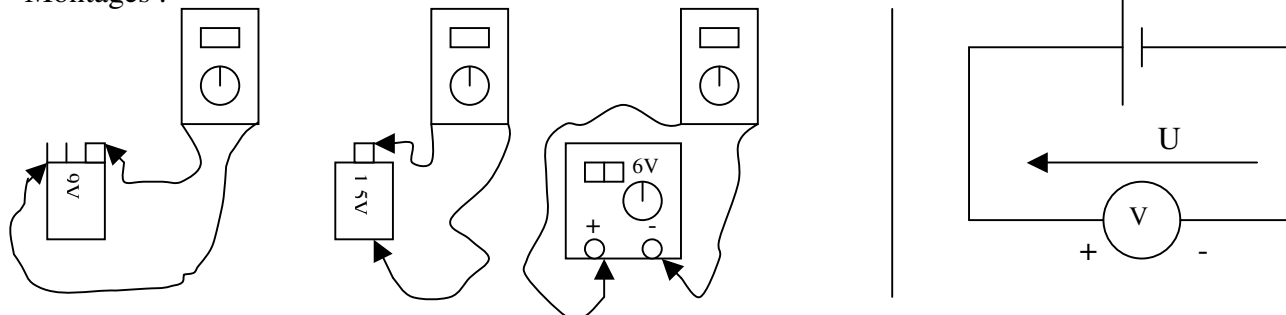


1°) Mesure de la tension

Un voltmètre est un appareil qui se branche en "dérivation".

Mesurer la tension pour différent calibre (2 ; 20 ; 200 ; 750) aux bornes d'une "pile carrée", d'une "pile ronde" et d'un générateur basse tension (6V continu).

Montages :



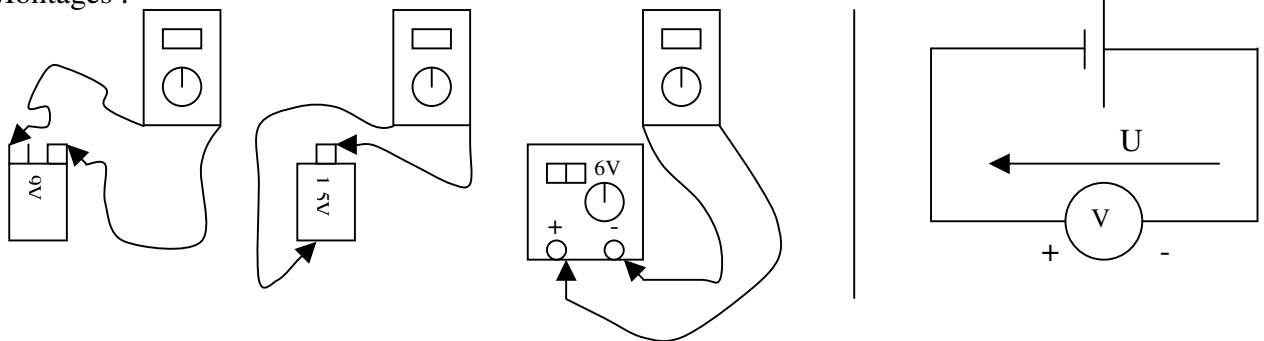
Résultats :

Calibre	2	20	200	750
U pile plate				
U pile ronde				
U générateur				

Conclusion ?

Effectuer le même travail avec le calibre adéquat mais en inversant les fils du voltmètre sur les bornes des piles et du générateur.

Montages :



Résultats :

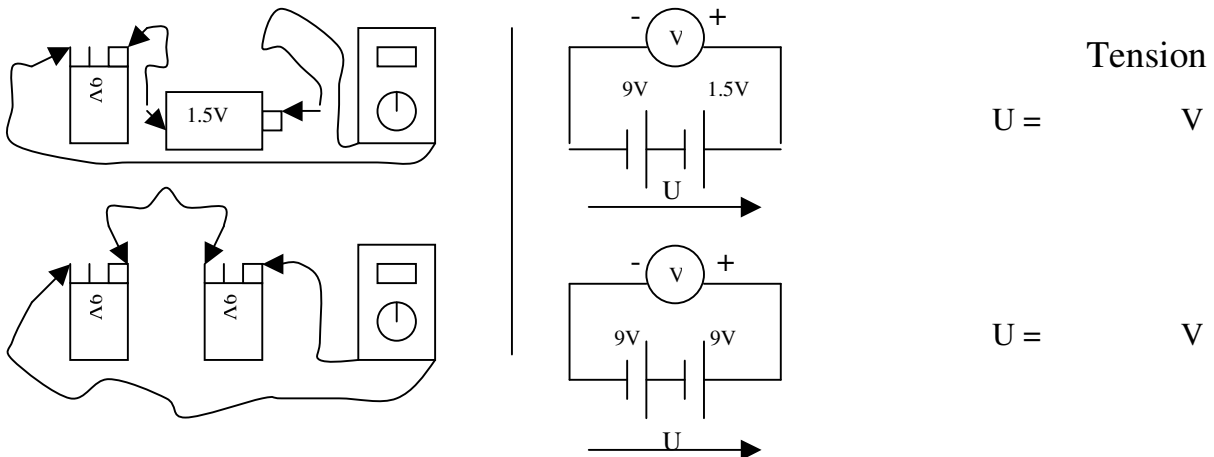
	Calibre	tension
U pile plate		
U pile ronde		
U générateur		

Conclusion ?

2°) Tension d'une association de générateur en série ou en concordance

C'est le principe des accumulateurs d'une voiture électrique et des postes radio.

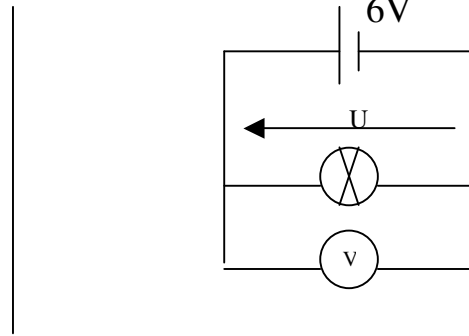
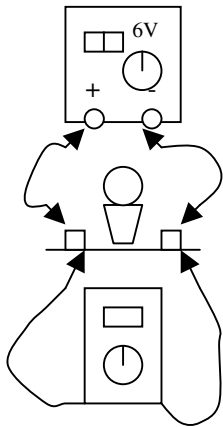
Réaliser les montages suivants et relever la tension :



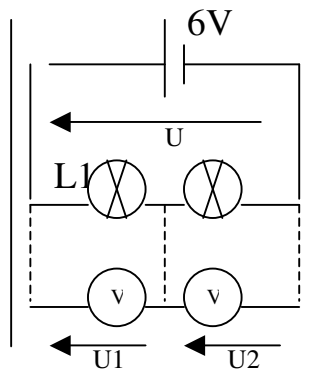
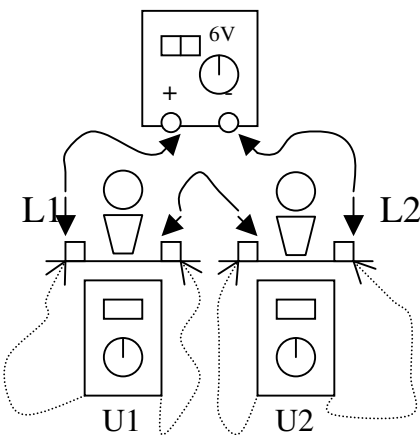
Conclusion ?

3°) Les tensions dans un circuit série

Réaliser le montage, et constater que l'ampoule s'éclaire !



Réaliser le montage suivant, mesurer U, U1, U2 :



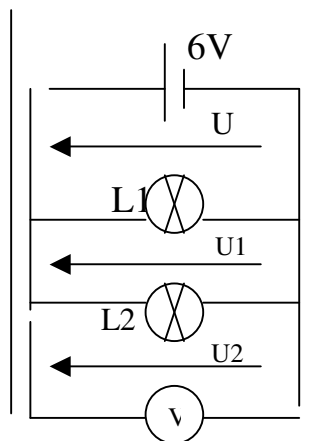
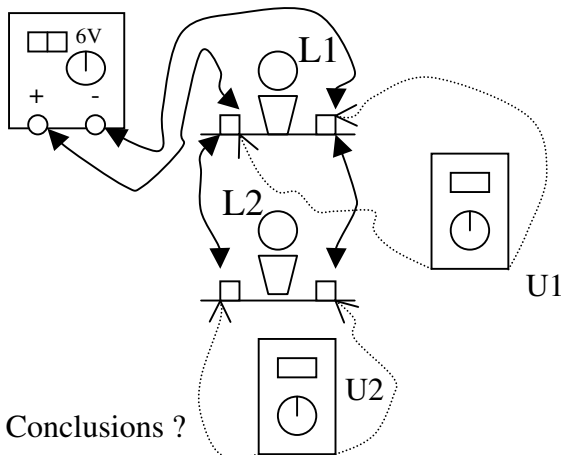
mesures :

U=	V
U1=	V
U2=	V

Conclusion ?

4°) Les tensions dans un circuit parallèle ou avec dérivation

Faire le montage et noter les tensions U1 et U2 :



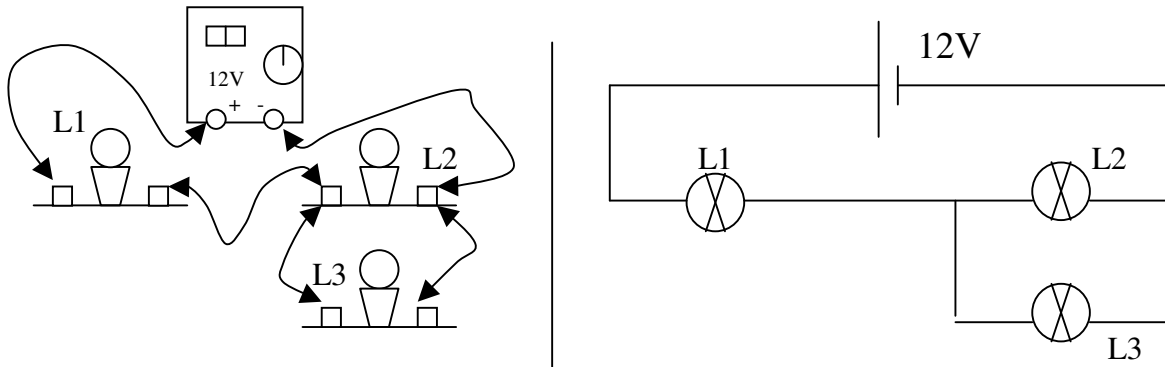
mesures :

U=	V
U1=	V
U2=	V

Conclusions ?

5°) Conséquences pratiques des montages série ou parallèle

Soit le montage (réalisé par le professeur) :



(remarque : L1 \rightarrow 100mA, L2 \rightarrow 60mA, L3 \rightarrow 60mA)

On simule qu'une lampe "grille" en dévissant justement cette lampe (remarque : on peut aussi simuler en plaçant un interrupteur ouvert en série avec cette lampe).

- Si les lampes ne sont pas "grillées" le circuit fonctionne normalement c'est à dire les trois lampes sont allumées.
- Si la lampe L1 "grille" alors on remarque que les lampes L2 et L3 sont .
- Si la lampe L2 "grille" alors on remarque que la lampe L1 est et que la lampe L3 est
- Si la lampe L3 "grille" alors on remarque que la lampe L1 est et que la lampe L2 est .

Conclusion :

6°) Axe de Réflexion :

- Chez vous, votre installation est-elle en série ou en parallèle ?
- D'après vous, les guirlandes de Noël dans la rue sont-elles des circuits série ou parallèle ?

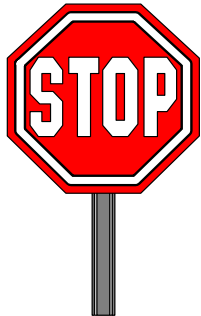
A RETENIR :

La tension est mesurée avec un **VOLTMETRE**, son unité est le **VOLT**.

On mesure des tensions opposées si on **INVERSE** le sens des piles donc il est important de respecter le sens lors de l'introduction des piles dans un appareil.

Les tensions aux bornes d'éléments placés en série s'**ADDITIONNENT**.
Les tensions aux bornes d'éléments placés en parallèle sont **IDENTIQUES**.

L'installation électrique d'une maison est un circuit en **DERIVATION** pour éviter de perturber tous les appareils si l'un d'entre eux venait à être défectueux.



Chez vous, quelle est la tension d'une prise électrique ?

Si le temps le permettait demander au professeur de mesurer la tension d'une prise électrique (= tension secteur) avec les protections nécessaires.

ATTENTION DANGER



Noter cette valeur U= V.

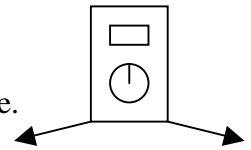
2. L'INTENSITE ELECTRIQUE

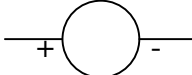
L'intensité d'un courant électrique = quantité d'électricité traversant un conducteur pendant l'unité de temps.

BUT : Mesurer une intensité et vérifier les lois de l'intensité dans les différents types de circuits.

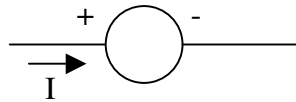
INTRODUCTION :

- Pour mesurer une intensité, on utilise un multimètre en position ampèremètre.
- On mesure donc l'intensité du courant électrique avec un **ampèremètre**.

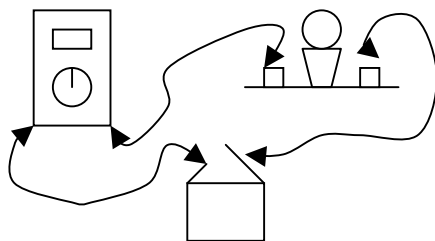


(symbole : ) L'intensité se note I et s'exprime en **Ampère (A)**.

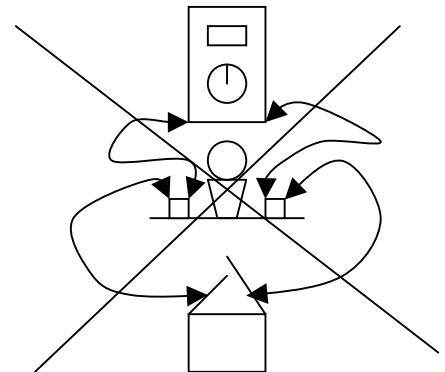
- Un ampèremètre est un appareil qui se place toujours en **série** dans le circuit, il est polarisé (la borne A est la borne d'entrée du courant électrique, la borne COM est la borne de sortie).



- Le milliampère est souvent utilisé : $1\text{mA} = 0.001\text{A}$;
- Remarque : placer le multimètre en position DC.



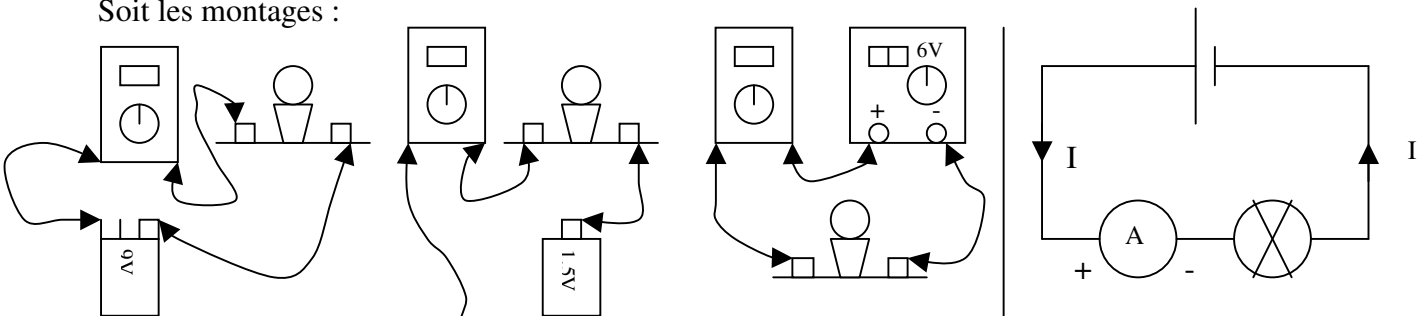
et non



1°) Mesure de l'intensité du courant électrique

Un ampèremètre est un appareil qui se branche en série dans un circuit.

Soit les montages :



Effectuer un montage et remarquer que lorsque le circuit est ouvert (un fil débranché par exemple) l'intensité est nulle, on dit que le courant ne passe pas. Donc on en revient à la définition : l'intensité est la mesure d'une quantité électrique qui "s'écoule" par unité de temps.

Comme pour la tension, il est important de choisir le bon calibre lors de la mesure de l'intensité.

Placez-vous sur le calibre le plus élevé et diminuez progressivement afin de mesurer avec le plus de précision l'intensité dans les trois montages précédents.

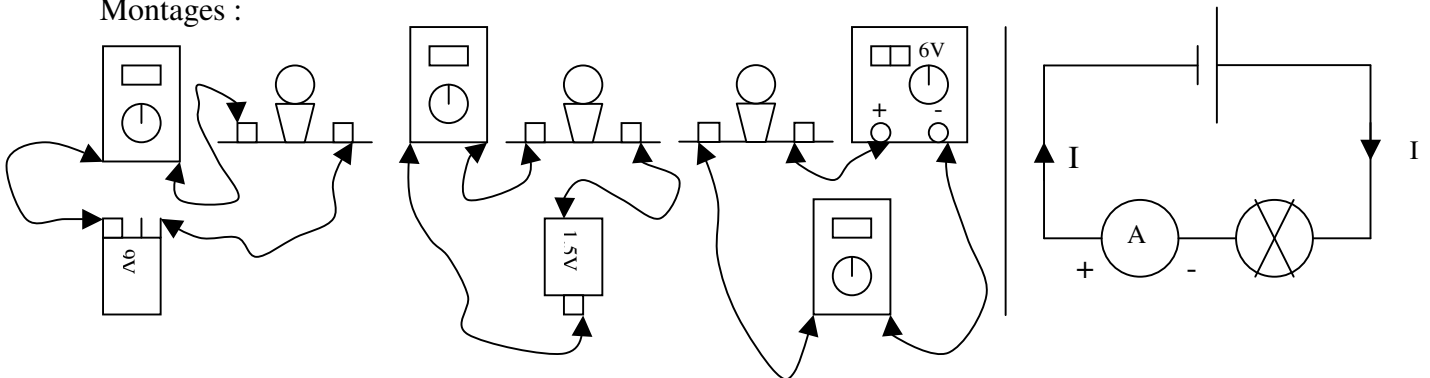
Résultats :

	Calibre	Intensité I en mA
I pile plate 9V		
I pile ronde 1.5V		
I générateur 6V		

Conclusion ?

Effectuer le même travail avec le calibre adéquat mais en échangeant les bornes COM et A de l'ampèremètre.

Montages :



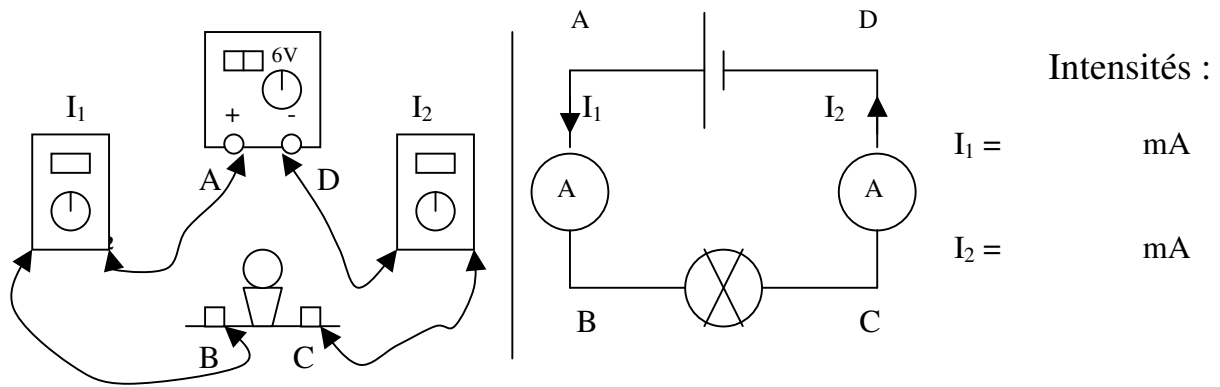
Résultats :

	Calibre	Intensité I en mA
I pile plate 9V		
I pile ronde 1.5V		
I générateur 6V		

Conclusion ?

2°) Intensité du courant électrique dans un circuit en série

Réaliser le montage suivant et relever les intensités I_1 et I_2 , en plaçant l'ampèremètre une première fois entre A et B et une seconde fois entre C et D :



Intensités :

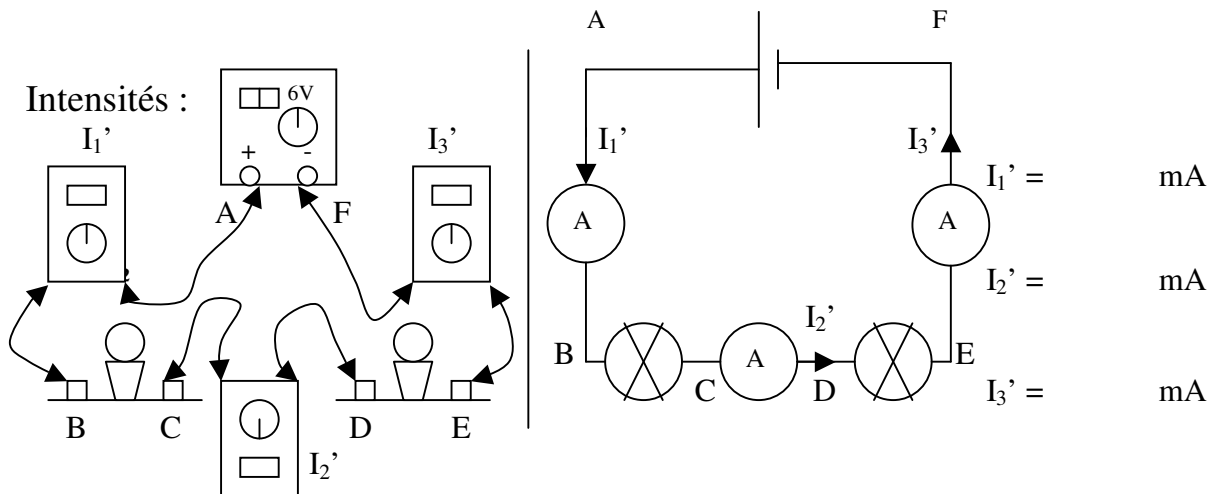
$I_1 =$ mA

$I_2 =$ mA

Conclusion ?

On ajoute une ampoule en série au précédent montage.

Réaliser ce montage, et mesurer I_1' , I_2' et I_3' en branchant successivement l'ampèremètre entre A-B, C-D et E-F.



Les résultats obtenus sont-ils en accord avec la conclusion précédente ?

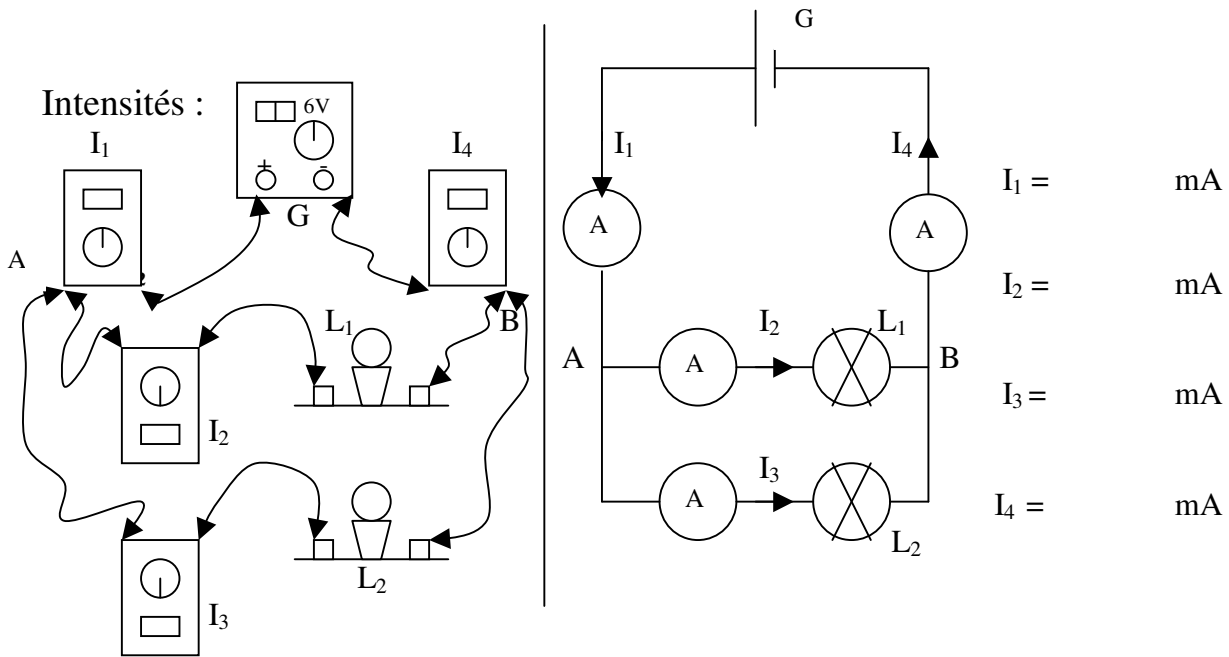
Que remarque-t-on entre I_1 et I_1' ?

Conclusion ?

3°) Intensité du courant électrique dans un circuit en dérivation

Soit le montage ci-dessous, on dit que AGB est la branche principale qui comporte le générateur, AL_1B et BL_2B sont les branches dérivées qui sont composées par les lampes L_1 et L_2 montées en dérivation (ou en parallèle).

Faire le montage et noter en utilisant la même méthode qu'auparavant les courants I_1 , I_2 , I_3 , I_4 :

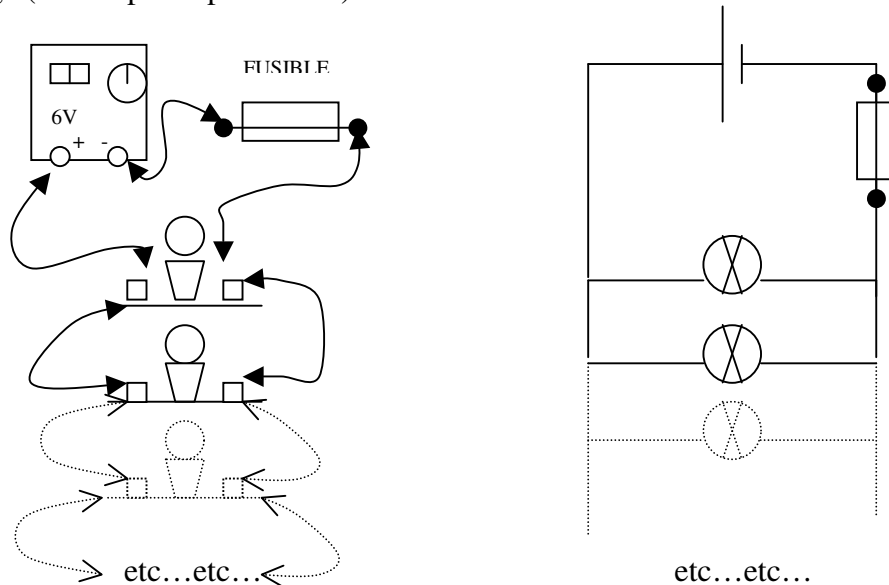


I_1 en mA	I_2 en mA	I_3 en mA	I_4 en mA

Conclusions ?

4°) Conséquences pratiques des montages parallèles

Soit le montage (réalisé par le professeur) :



On ajoute petit à petit des lampes en parallèle sur un circuit comportant un générateur, un ampèremètre et un fusible !

Comment varie l'intensité lors de la manipulation ?

Que finit-il par se passer ?

Comment pouvez-vous l'expliquer ?

5°) Axe de Réflexion :

- Chez vous, votre installation est-elle en série ou en parallèle ?
- D'après ce que l'on vient de voir, quels éléments électriques de la maison demandent une réflexion avant leurs utilisations ?
- Pourquoi ?
- Combien d'éléments peut-on brancher sur une prise ?

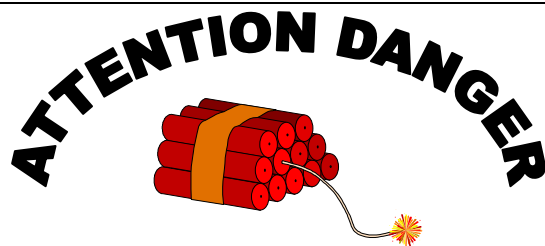
A RETENIR :

L'intensité du courant électrique est mesurée avec un **AMPEREMETRE**, son unité est l'**AMPERE** (A).

Le courant électrique "circule" dans un circuit si celui-ci est fermé, sinon l'intensité est nulle.

Dans un circuit **série**, l'intensité du courant est la **même** dans tous les éléments.

Dans un circuit avec **dérivation**, l'intensité du courant dans la branche principale est égale à la **SOMME** des intensités des courants dans les branches dérivées.



- On s'électrocute si on met les doigts dans une prise malgré un tapis isolant sur le sol car on ferme le circuit !!! Le courant passe dans la main et donc dans le corps.
- Pour ces raisons il ne faut jamais travailler sous tension. Avant de toucher un circuit électrique il faut s'assurer que le générateur est éteint.
- L'installation électrique d'une maison est normalisée, et si on dépasse l'intensité prévue en branchant trop d'éléments en parallèle sur une prise on risque d'endommager cette installation, voir même mettre le feu à la maison !!!
- On utilise pour protéger les circuits électriques des fusibles. Ils sont prévus pour ouvrir les circuits avant que l'intensité devienne trop élevée.



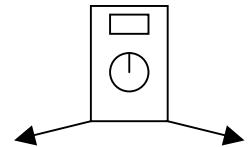
3. LA RESISTANCE ELECTRIQUE

Le mot résistance vient du verbe résister. La résistance est un phénomène physique qui s'oppose à une action ou à un mouvement.
 Pourquoi a-t-on donné un tel nom à ce composant électronique ?

BUT : Déterminer la valeur d'une résistance et savoir utiliser la loi d'ohm pour calculer l'intensité dans un circuit "résistif".

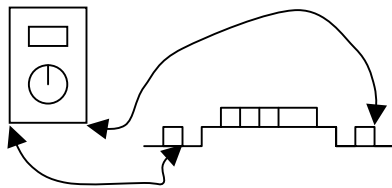
INTRODUCTION :

- Pour mesurer une résistance, on utilise un multimètre en position ohmmètre.
- On mesure donc la valeur d'une résistance électrique avec un **ohmmètre**.

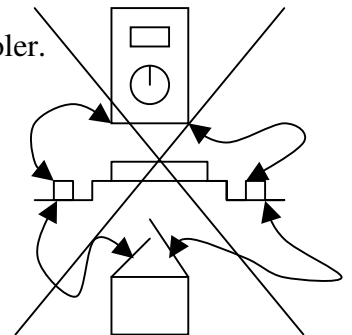


(symbole :) La résistance se note R et s'exprime en **Ohm** (Ω).

- Un ohmmètre est un appareil qui se branche directement sur la résistance (fils de connexion reliés directement entre les bornes Ω et COM du multimètre et les bornes de la résistance électrique).
- On ne mesure jamais une résistance dans un circuit, il faut toujours l'isoler.



et non

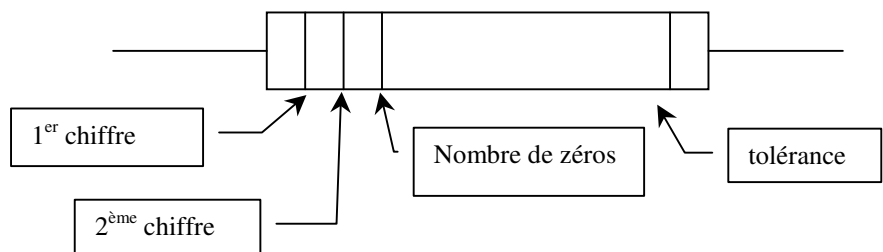


1°) Mesure de la valeur d'une résistance électrique

Les valeurs des résistances sont normalisées. On utilise en électronique **un code des couleurs** pour indiquer sur chaque résistance sa valeur.

Ce code est composé de 4 bandes de couleur sur la résistance ; trois indiquant la valeur de celle-ci et une autre à l'écart indiquant la tolérance de cette valeur.

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



Exemple : 1^{er} chiffre : jaune → 4
 2^{ème} chiffre : orange → 3
 Nbre de zéros : marron → 1
 Conclusion : résistance R = 430 Ω

Pour les trois résistances sur votre table, déterminer avec le code couleur les valeurs des résistances :

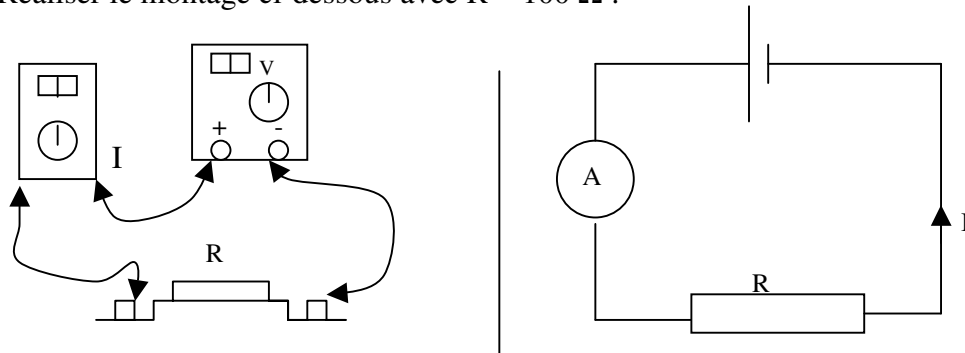
Résistances	R1	R2	R3
Couleurs	marron →	marron →	marron →
	noir →	noir →	noir →
	marron →	rouge →	orange →
Valeurs en Ω

A l'aide de l'ohmmètre, vérifier les valeurs des trois résistances :

- résistance 1 (marron-noir-marron) : $R1 = \quad \Omega$
- résistance 2 (marron-noir-rouge) : $R2 = \quad \Omega$
- résistance 3 (marron-noir-orange) : $R3 = \quad \Omega$

2°) Etude d'une résistance électrique

Réaliser le montage ci-dessous avec $R = 100 \Omega$:



En faisant varier la tension d'alimentation U de 3V à 12V, relever dans chaque cas la valeur de l'intensité correspondante et calculer le rapport U/I :

U (en V)	3	4.5	6	7.5	9	12
I (en mA)						
U/I						

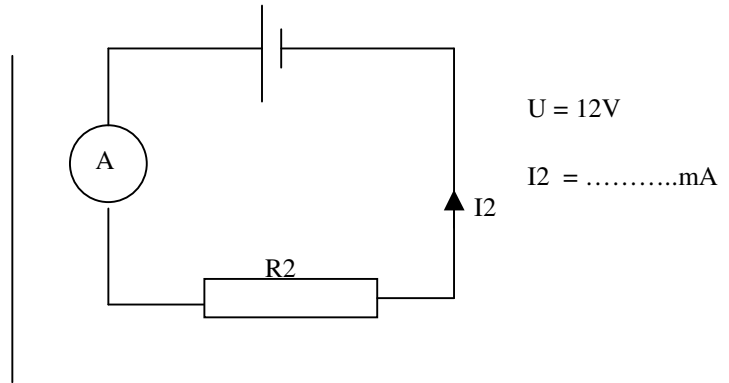
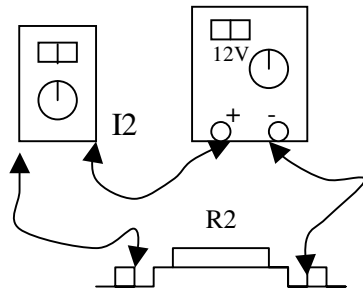
Conclusion ?

3°) La LOI d'OHM

L'équation de la caractéristique d'une résistance s'écrit : $U = R * I$ donc $R = U/I$
 I représente l'intensité en Ampère, U la tension en Volt et R la résistance en Ohm.

La tension U aux bornes d'un conducteur ohmique (= résistance) est égale au produit de l'intensité du courant I qui le traverse et de sa résistance R .

Pour R2 (marron-noir-rouge), réaliser le montage suivant et mesurer I2 :



Déterminer R2 à partir de la loi d'ohm :

$$R = U / I \rightarrow R2 = U / I2 \rightarrow \text{soit } R2 = \dots\dots\dots / \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \Omega$$

Faire la même chose avec R3 :

$$I3 = \dots\dots\dots \text{ mA} \rightarrow R3 = U / I3 \rightarrow \text{soit } R3 = \dots\dots\dots / \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \Omega$$

Conclusions ?

4°) Axe de Réflexion :

- Connaissez-vous la résistance de votre corps ? Mesurez-la !

Entre vos deux mains	R(m-m) =Ω
Entre le pouce et l'index de la même main	R(p-i) =Ω
Entre une main et une cheville	R(m-c) =Ω

- Quelles seraient les valeurs de l'intensité qui traverserait votre corps dans les trois cas précédents, si la tension est celle d'une prise électrique chez vous ?

$$U = \dots\dots\dots \text{ V} \quad \text{donc} \quad I = U / R$$

R(m-m) =Ω	I = mA
R(p-i) =Ω	I = mA
R(m-c) =Ω	I = mA

- Sachant que si I = 5 mA on atteint le seuil de sensibilité du corps humain.
- si I = 10 mA on atteint le seuil de réaction réflexe et le seuil de non lâcher.
- si I = 25 mA on atteint le seuil de téτανisation du diaphragme = arrêt de la respiration.
- si I = 50 mA on atteint le seuil de fibrillation cardiaque = arrêt circulatoire.

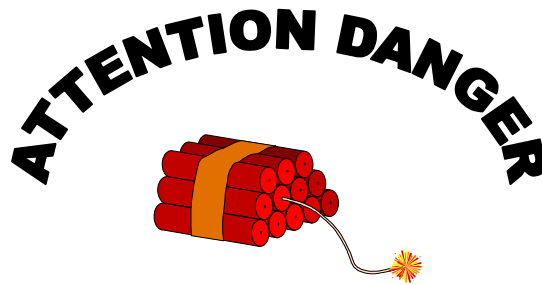
Que pensez-vous des valeurs de I trouvées précédemment ?

A RETENIR :

La valeur d'une résistance électrique est mesurée avec un **OHMMETRE**, son unité est l'**OHM** (Ω).

L'intensité du courant qui traverse une résistance et la tension à ses bornes sont proportionnelles.

La loi d'ohm : la tension **U** aux bornes du conducteur ohmique est égale au produit de sa résistance **R** par l'intensité **I** du courant qui la traverse, **$U = R * I$** .



- Le corps humain se comporte comme une résistance mais sa valeur dépend du trajet suivi par le courant.

- La traversée d'un courant électrique dans le corps peut avoir des effets physiologiques considérables pour l'organisme humain.

Ces effets physiologiques dépendent du temps de passage et du chemin suivi par le courant.

- Pour ces raisons il ne faut jamais travailler sous tension. Avant de toucher un circuit électrique il faut s'assurer que le générateur est éteint.

- **Scénario catastrophe :** Imaginez que vous touchiez un fil électrique dénudé sous tension avec la main. A 10 mA vous atteigniez le seuil de contraction de vos muscles, vous ne pouvez plus lâcher le fil.

Le courant parcourt votre corps de la main gauche vers les pieds en passant par votre cœur. Si $I = 50 \text{ mA}$, il suffit d'une seconde pour que vous rentriez en fibrillation cardiaque puis en arrêt cardiaque et ensuite une mort certaine !!!

4. PUISSANCE ET ENERGIE ELECTRIQUE

Sur la plupart des appareils électriques, les constructeurs font apparaître des indications pour leurs bons usages.

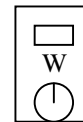
A quoi correspondent ces indications ?

BUT : Savoir utiliser la relation donnant la puissance reçue par des appareils en tension continue.

A) PUISSANCE ELECTRIQUE

INTRODUCTION :

- Pour mesurer une puissance électrique, on utilise un **wattmètre**.
- La puissance se note P et s'exprime en **Watt** (W).
- Un wattmètre est un appareil qui comporte 4 bornes de connexion. Il est à la fois un voltmètre et un ampèremètre. Pour déterminer la puissance on utilisera dans les manipulations la tension du générateur et un ampèremètre.



1°) Indication sur les appareils électriques

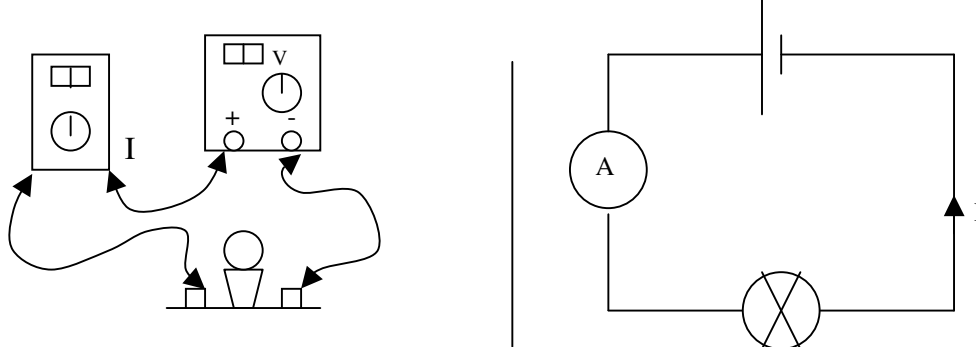
Observer les deux ampoules sur votre table. Que lisez-vous ?

- la première indication : 6V, est la tension nominale ou tension d'utilisation.
- la deuxième indication est soit la puissance nominale (0.36W ou 0.6W), soit l'intensité nominale (100mA ou 60mA).

Tous les appareils électriques comportent de telles indications, soit directement sur l'appareil, soit sur la notice. (exemple de l'ampoule électrique chez vous ?)

2°) Puissance d'un appareil électrique en tension continue

Réaliser le montage ci-dessous avec $U = 6\text{ V}$ pour les deux ampoules :



Relever dans chaque cas la valeur de l'intensité et Compléter le tableau :

	Tension U	Intensité I	Produit U*I	Puissance nominale
Ampoule 1	6 V			0.6 W
Ampoule 2	6 V			0.36 W

Conclusion ?

La puissance reçue par un appareil fonctionnant en tension continue est égale au produit de la tension U à ses bornes par l'intensité qui le traverse :

$$P = U * I$$

3°) Axe de Réflexion : Puissance maximale admissible

Il faut respecter les indications données par le constructeur. Ces grandeurs sont nominales c'est à dire dans les meilleures conditions d'utilisation.

Un appareil qui fonctionne au-dessus de sa puissance nominale peut être endommagé ou même détruit.

B) ENERGIE ELECTRIQUE

INTRODUCTION :

- Pour mesurer l'énergie électrique, on utilise un **compteur d'énergie électrique**. C'est le compteur E.D.F. chez vous.
- L'énergie électrique se note E et s'exprime en **Wattheure** (Wh). E.D.F. mesure l'énergie électrique consommée en kilowattheure (kWh).

Energie consommée par un appareil électrique :

En manipulation, on n'utilise pas un compteur d'énergie électrique style celui d'E.D.F. mais un wattmètre puisque :

L'énergie électrique consommée par un appareil est égale au produit de sa puissance par le temps d'utilisation :

Avec P = puissance en watt

$$E = P * t$$

t = temps en heure

E = énergie en Wattheure

Exercice : Chercher l'énergie électrique consommée par les deux ampoules de votre table si elles sont dans leurs conditions nominales pour des utilisations de 30 minutes et de 2 heures.

	Puissance P en Watt	Temps t en heure	Energie E en Wh
Ampoule 1			
Ampoule 2			

C) AXE DE REFLEXION (on se considérera dans les conditions d'une tension continue)

Repérer sur un sèche cheveux, un fer à souder et le moteur d'une pompe, les indications nominales d'utilisation.

Remarque :

Si votre installation ne peut supporter que 20A et que vous branchez sur la prise un lave-linge de 2300W et un four électrique de 2900W.

Que se passe-t-il ?

- Les fils électriques se comportent comme des résistances. Y a-t-il un danger possible avec les fils électriques chez vous ?
- Les fils électriques sont-ils tous identiques chez vous ?
- Peut-on alors brancher n'importe quoi sur une prise ?

- Quelle protection connaissez-vous pour ce prévenir d'un éventuel accident ?

Si le temps vous le permet, refaire avec le professeur la manipulation du TP n°2 sur l'intérêt d'un fusible.

A RETENIR :

La puissance électrique est mesurée avec un WATTMETRE, son unité est le WATT (w).

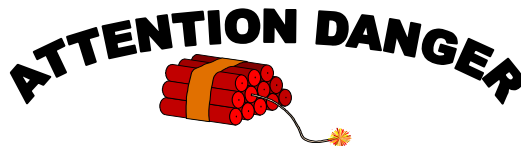
Un appareil électrique ne doit jamais fonctionner au-dessus de sa puissance nominale.

La puissance par un appareil fonctionnant en tension continue est $P = U * I$.

L'énergie électrique consommée est la valeur relevée par E.D.F.

Elle correspond au produit de la puissance par le temps : $E = P * t$.

RMQ : On appelle EFFET JOULE la transformation d'énergie électrique en chaleur.



- Utiliser un appareil avec une puissance trop élevée par rapport à celle recommandée par le constructeur endommage l'appareil.
- De même il ne faut pas remplacer une pièce électrique d'un objet par une pièce de puissance différente car l'appareillage environnant ne supportera pas la nouvelle intensité ou bien l'excès de chaleur !!
- L'installation électrique d'une maison est normalisée, et si on dépasse l'intensité prévue en branchant trop d'éléments en parallèle sur une prise on risque d'endommager cette installation, voir même mettre le feu à la maison !!!
- On utilise pour protéger les circuits électriques des fusibles et des disjoncteurs. Ils sont prévus pour ouvrir les circuits avant que l'intensité devienne trop élevée.

5.

**De la PRODUCTION de l'électricité
à la PROTECTION d'une installation électrique.**

BUT : Avoir quelques notions sur le réseau électrique, les dangers et les principales causes d'accident.

A) PRODUCTION DE L'ELECTRICITE

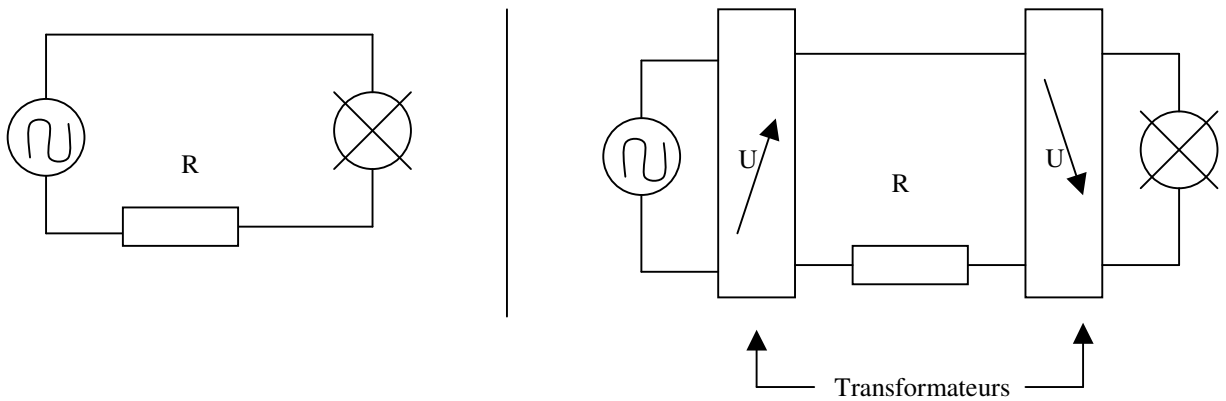
Produire de l'énergie électrique consiste à transformer un autre type d'énergie en électricité. Quels types de centrale connaissez-vous ? Et quelles énergies convertissent-elles ?

CENTRALES	ENERGIES UTILISEES

Pouvez-vous expliquer succinctement le principe de la production de l'électricité ?

B) TRANSPORT ET DISTRIBUTION DE L'ELECTRICITE

D'après vous, les lignes électriques sont-elles toutes identiques ? Pourquoi ?
Faire avec le professeur les expériences suivantes :



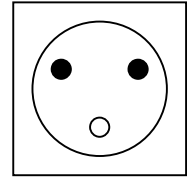
Conclusions :

Combien de fils électriques passent sur un poteau dans une rue ?
A quoi correspondent-ils ?

C) LA PRISE ELECTRIQUE

Généralement les prises de courant comportent deux bornes et une broche : les fils qui y sont raccordés ne sont pas identiques. Savez-vous à quoi ils correspondent ?

Pour agir en toute sécurité, il faut savoir distinguer ces trois bornes :



Conséquences d'après ce qu'il vient d'être vu : entre quels fils existe-t-il une tension de 220V ?

D) LES CAUSES D'ACCIDENTS

1°) Contact direct entre phase et neutre (voir figure a)

Il y a danger de mort immédiate. On dit que le contact est direct lorsqu'une personne relie par son corps la phase et le neutre. Le courant passe directement entre les deux points de contact. La protection est possible avec un disjoncteur différentiel.

2°) Contact entre la phase et le sol (terre) (voir figure b)

Le contact est direct, la personne touche la phase et ses pieds conduisent vers le sol. Le courant circule dans le corps de la phase vers le sol. Ici aussi la protection est possible avec un disjoncteur différentiel.

3°) Contact entre un appareil en défaut et le sol (voir figure c)

Il y a contact indirect, la personne touche la masse métallique d'un appareil défectueux présentant un défaut d'isolement. Le courant circule entre les mains et la terre par l'intermédiaire des pieds.

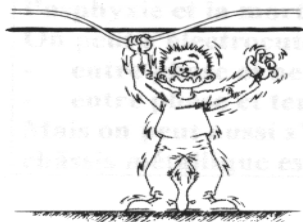


Figure a

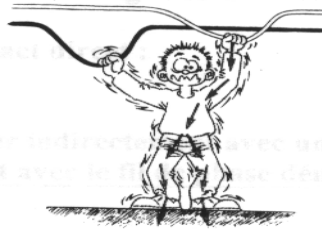


Figure b



Figure c

Le professeur simulera les différents cas en utilisant la maquette proton ou par l'intermédiaire d'un tournevis testeur sur une prise électrique.

Les effets physiologiques :

Intensité	Effets Physiologiques	Observations
5mA	Seuil de sensibilité	« châtaigne »
10mA	Seuil de réaction réflexe	Difficulté à lâcher la pièce

25mA	Seuil de téτανisation du diaphragme	Arrêt respiratoire
50mA pdt 1 seconde	Seuil de fibrillation cardiaque	Arrêt circulatoire
4A	Paralysie cardiaque, brûlures internes	Peu de chance de survie !

E) PROTECTIONS

- Mesures de préventions : . bien isoler les câbles sous tension
 - . éloigner les pièces nues, les mettre hors de portée
 - . couper l'alimentation générale de la maison avant toute intervention électrique
- Dispositifs de protection : . les fusibles ou les dispositifs électromagnétiques et thermiques (bilame) placés en série dans le circuit permettent d'interrompre le circuit à l'apparition d'une surintensité.
 - . relier toutes les carcasses métalliques de l'appareillage électrique au fil de terre ; et placer dans l'installation électrique un disjoncteur différentiel.

Pourquoi les hirondelles peuvent-elles se poser sur les fils électriques sans danger ?

A RETENIR :

Une prise électrique est composée de trois bornes : Phase – Neutre – Terre.

Le corps humain peut conduire le courant électrique. Le danger dépend de l'intensité et du temps de passage du courant électrique.

L'électrocution se manifeste par le blocage des muscles respiratoires, ce qui entraîne l'asphyxie et la mort.

On peut s'électrocuter par contact direct :

- entre phase et neutre
- entre phase et terre

Mais on peut aussi s'électrocuter indirectement avec un appareil défectueux dont le châssis métallique est en contact avec le fil de phase dénudé.