


Electricité

1. Circuits électriques simples (Rappel)

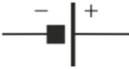




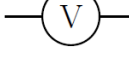


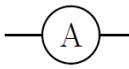

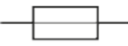
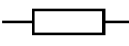



1.1. Sources et récepteurs d'électricité

Un circuit électrique est constitué d'un **générateur** (= **source du courant** électrique) et d'un ou plusieurs **récepteurs**. Un courant électrique s'établit si le circuit électrique est **fermé** par des fils conducteurs reliant les composants du circuit.

	schéma du circuit
---	-------------------

1.2. Symboles normalisés


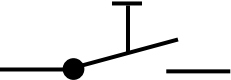
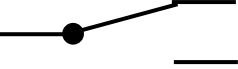
Lorsqu'on dessine un circuit électrique, on représente les composantes du circuit par des **symboles électriques**.

pile		lampe		générateur	
fil conducteur		moteur		voltmètre	
connexion de deux fils conducteurs		sonnette		ampèremètre	
interrupteur		fusible		résistance électrique	
diode		diode lumineuse		électro-aimant	

Les composants simples possèdent 2 bornes ou pôles sur lesquels on réalise les connexions.

On parle de pôle positif + et de pôle négatif – si le sens de branchement joue un rôle.

Applet : [Circuit série](#)

<p>* Interrupteur (à bascule) qui reste dans la position choisie (Wippschalter)</p> 	<p>* Interrupteur poussoir qui revient à la position initiale (Taster)</p> 	<p>* Interrupteur va-et-vient qui permet de changer entre 2 portions de circuit. (Wechselschalter)</p> 
---	--	--

1.3. Conducteur et isolant

Expérience : Tester différents matériaux s'ils sont traversés de manière notable par le courant électrique. Placer l'épreuve solide ou liquide entre A et B

Bon Conducteurs : Métaux (Ag, Au, Cu, Al, Fe, Hg), Carbone, Graphite

Mauvais conducteurs : Eau du robinet, corps humain, terre humide, arbre

Isolants : plastique, porcelaine, verre, ...

Semiconducteur : Si, Ge, ...

Application : Lampe à incandescence

Indiquer conducteur ou non et colorer le passage du courant

n°	nom	matière	conducteur
1	filament	tungstène	
2	tige	métal	
3	culot	métal	
4	verre noir	verre	
5	ampoule	verre	
6	séparateur de tiges	céramique	
7	ciment	ciment	
8	soudure	étain	
9	plot central	plomb	

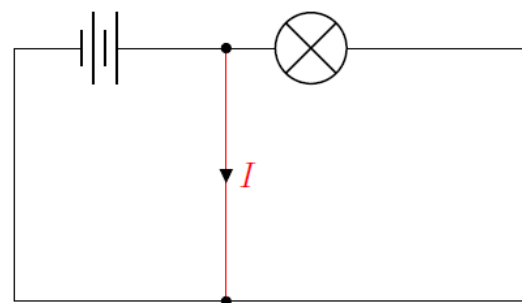
1.4. Court circuit

Lorsqu'un courant électrique peut traverser un circuit sans passer par le récepteur d'électricité, on dit qu'on a un court-circuit. (p.ex. laine de fer pour produire court circuit).

⇒ **Protection par fusible**

Le fusible interrompt le circuit est protégé les autres composants lors d'un court circuit.

Application : Indiquer où on peut intégrer un fusible (avec le symbole correct) pour protéger le circuit ci-dessus.



2. Effets du courant électrique (Rappel)

2.1. Effet calorifique (Effet Joule)

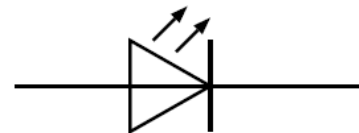
Un conducteur traversé par un courant électrique va toujours s'échauffer.
Le métal qui offre plus de résistance (p.ex. fil mince) s'échauffe le plus.

2.2. Effet lumineux

a) **Lumière par incandescence** (=source de lumière chaude). La couleur de la lumière émise par le fil est caractéristique de sa température : le filament en tungstène devient blanc pour une température de 2500°C.

b) **Lumière par électroluminescence** (=source de lumière froide).

- Si un gaz est traversé par un courant électrique les atomes du gaz sont excités et émettent de la lumière. (Tube fluorescent)
- De même une diode semi-conductrice qui est traversée par un courant électrique peut émettre de la lumière (**LED= Light Emitting Diode**).



Symbole : Diode LED

2.3. Effet Magnétique

Un fil traversé par un courant produit un faible champ magnétique qui dépend de l'intensité et du sens du courant. Ce champ va désorienter une boussole.

Electroaimant

Bobine=conducteur enroulé

Noyau ferromagnétique=noyau en fer doux qui se laisse aimanter

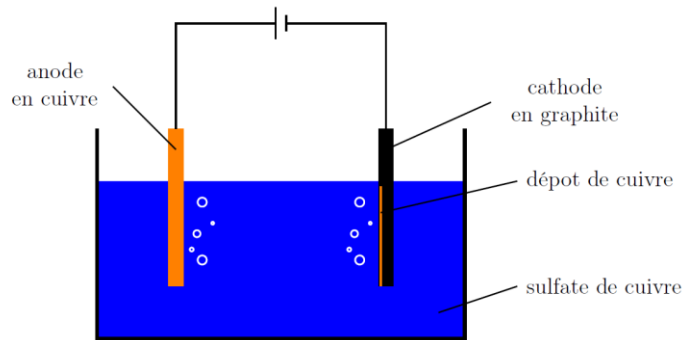


2.4. Effet chimique

a) Electrolyse=décomposition d'une solution en ses composants.

P.ex. : H₂O (+acide), CuSO₄, CuCl₂

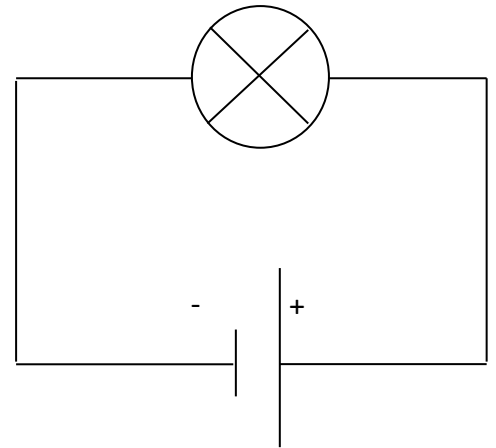
b) Charge d'un accumulateur on transforme l'énergie électrique en énergie chimique dans l'accumulateur.



3. Courant électrique I

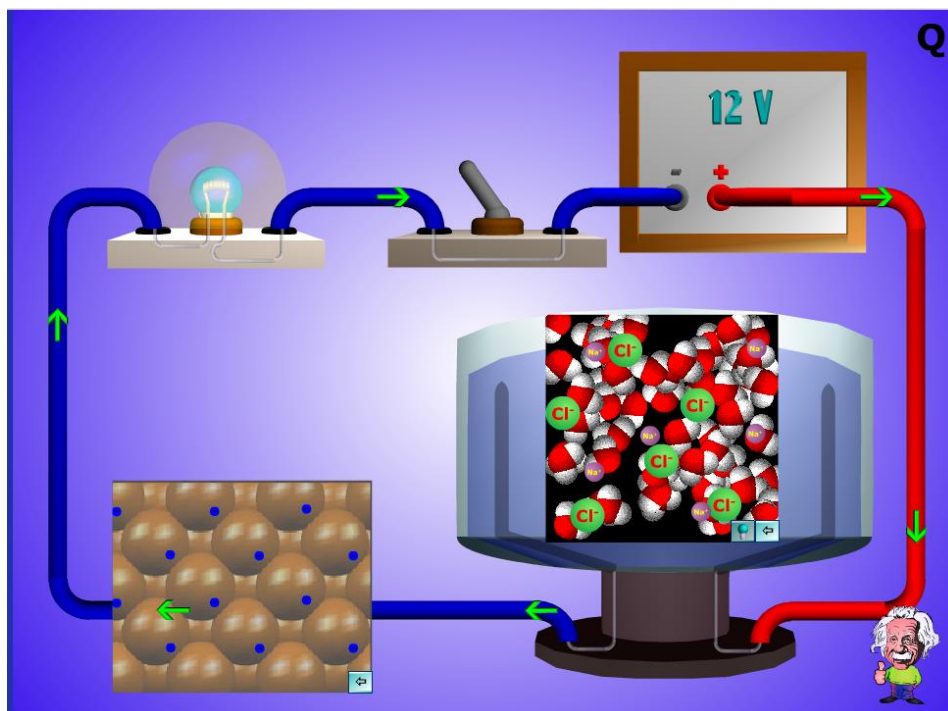
3.1. Sens conventionnel du courant

- Le sens du courant va du + vers - à travers les récepteurs du circuit (et du - vers + dans le générateur).
- On indique le sens du courant avec une flèche et une lettre I (intensité du courant).
- Le sens de déplacement des électrons est opposé au sens du courant, mais on ne l'indique pratiquement jamais.
- Le générateur est une « pompe d'électrons » qui pompe continuellement des électrons du pôle + (manque d'électrons) vers le - (excès d'électrons).



Charge élémentaire (électron- ou proton+): $e=1,6 \cdot 10^{-19}C$

Applet : [Nature du courant](#)

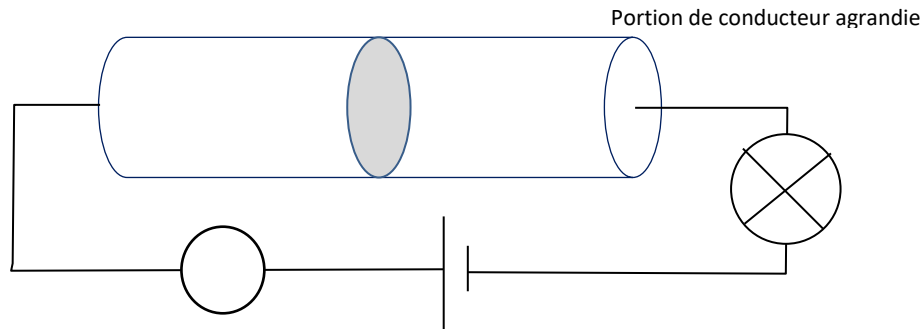


3.2. Intensité du courant électrique

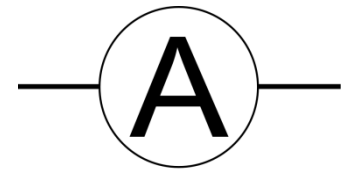
Définition: L'intensité du courant I mesure la quantité de charge électrique Q qui traverse une section du conducteur par unité de temps t

$$I = \frac{Q}{t}$$

unités: Q en C; t en s $\Rightarrow I$ en $\frac{C}{s} = A$ (Ampère)



Pour mesurer l'intensité du courant, on doit ouvrir le circuit et intégrer un ampèremètre branché en série. Le courant doit traverser l'ampèremètre, c'est pourquoi l'ampèremètre a une résistance très faible !



Calcul de la charge : Si un courant continu (=constant) I circule pendant une durée t , la charge transportée vaut:

$Q = I \cdot t$ unités : I en A et t en s $\Rightarrow Q$ peut s'exprimer en "Ampère-seconde" $1As=1C$.

« Ampère heure » : $1Ah=3600C$ $1mAh=3,6C$

3.3. Mesure de l'intensité du courant

Souvent il s'agit de multimètres qui peuvent mesurer plusieurs grandeurs électriques et on doit choisir la bonne position du sélecteur de fonction.

La plupart du temps on mesure un **courant continu** (DC=direct current ; symbole : —) qui circule de manière constante toujours dans la même direction sortant de la borne + du générateur et rentrant par la borne A ou (mA selon le calibre) de l'ampèremètre pour ressortir par la borne COM (ou —) pour continuer à travers le circuit en direction du pôle - du générateur.

Dés qu'on a à faire au courant du secteur, il faut mesurer un **courant alternatif** (AC= alternatif current symbole : ~) qui varie de manière sinusoïdale et dont le sens de circulation s'inverse continuellement. On n'a plus de bornes + et -, et le sens de branchement de l'ampèremètre ne joue plus de rôle.

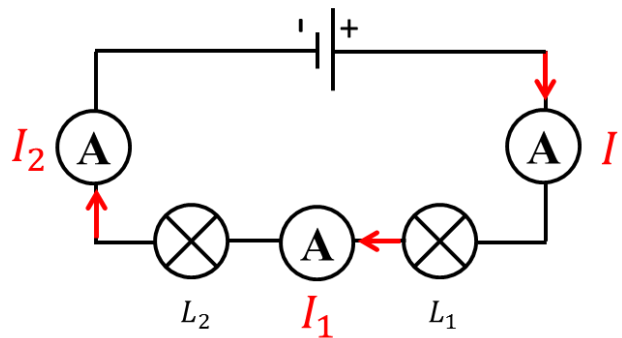


Circuit série

Dans une portion de circuit en série, tous les éléments sont traversés par la même intensité du courant.

Pour N éléments branchés en série on a :

$$I = I_1 = I_2$$

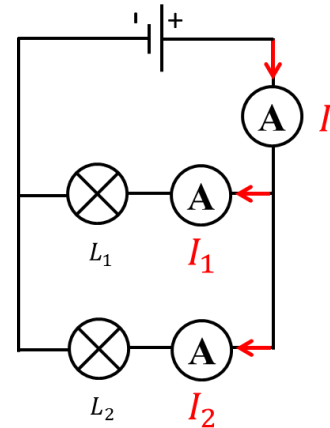


circuit en parallèle

Dans une portion de circuit en parallèle, l'intensité du courant totale est égale à la somme de tous les courants partiels.

Pour N éléments branchés en parallèle on a :

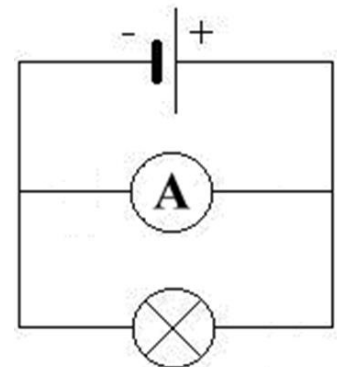
$$I = I_1 + I_2$$



Exercices :

1) Quelle est l'erreur dans le circuit suivant ?

Que se passe-t-il pour la lampe, pour la pile pour l'ampèremètre ?



2) Un courant constant de 0,5A circule dans un fil. Quelle est la quantité de charge qui parcourt le fil en une minute?

3) Quel est le nombre d'électrons traversant à chaque seconde une lampe, si l'intensité du courant est égale à 0,75 A?

4) Un accumulateur porte l'inscription 1900mAh. Que signifie cette inscription ? Pendant combien de temps peut fonctionner cet accumulateur si on débite $I=0,05$ A ?

5) Une batterie de voiture est marquée 50 Ah, elle est complètement chargée

a) Combien de temps pourrait-elle alimenter les 4 lampes montées en parallèle des feux de stationnement, sans être rechargé ? Chaque lampe est parcourue par un courant de 0,8 A

b) Si la batterie est affaiblie et n'a plus que 10Ah, combien de temps peut-on faire fonctionner le démarreur de la voiture qui consomme 320 A ?

4. Tension U et énergie, travail, puissance électrique

4.1. Énergie électrique, générateur et récepteur.

Expérience : Circuit générateur à manivelle et moteur

Expérience: A l'aide d'une dynamo à manivelle (générateur), on fait fonctionner un moteur (récepteur) pour soulever une masse de 200 g d'une hauteur de 0,5 m.

Qui met en marche le système ?

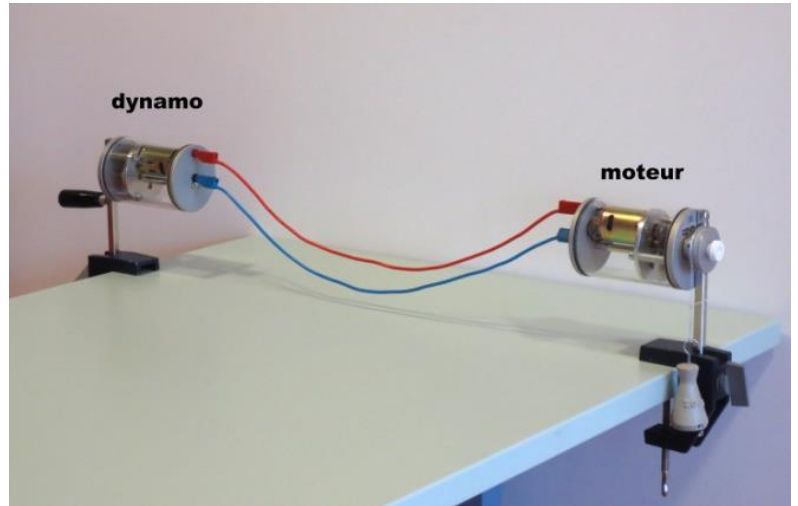
L'opérateur qui effectue un travail mécanique de rotation

Quelle forme d'énergie est produite par la dynamo ?

Qui la transporte ?

Quelle énergie consomme le moteur ?

Quel travail mécanique final est effectué en J ?



Générateur:

On appelle **générateur électrique** un composant électrique qui **produit de l'énergie électrique** à partir d'une autre forme d'énergie. Le générateur ne produit pas d'électrons, il « pompe » simplement les électrons libres qui sont déjà présents dans le métal. La « force électromotrice » avec laquelle il pompe les charges électriques donne la **tension active U du générateur en Volt**.

Exemples : dynamo, pile, cellule photovoltaïque, accumulateur en décharge, alternateur

- **générateurs électrochimiques** : énergie chimique (réaction rédox) → énergie électrique



piles sèches



accumulateurs

- les **générateurs dynamoélectriques** : énergie mécanique (induction) → énergie électrique



dynamo (alternateur) de bicyclette



générateur BHKW Diekirch



éoliennes



turbine Vianden

- les **panneaux solaires (photovoltaïques)**
énergie solaire → énergie électrique



- **boîte/bloc d'alimentation** :
énergie élect. 230V~ (transformateur)
→ énergie électrique (basse tension)



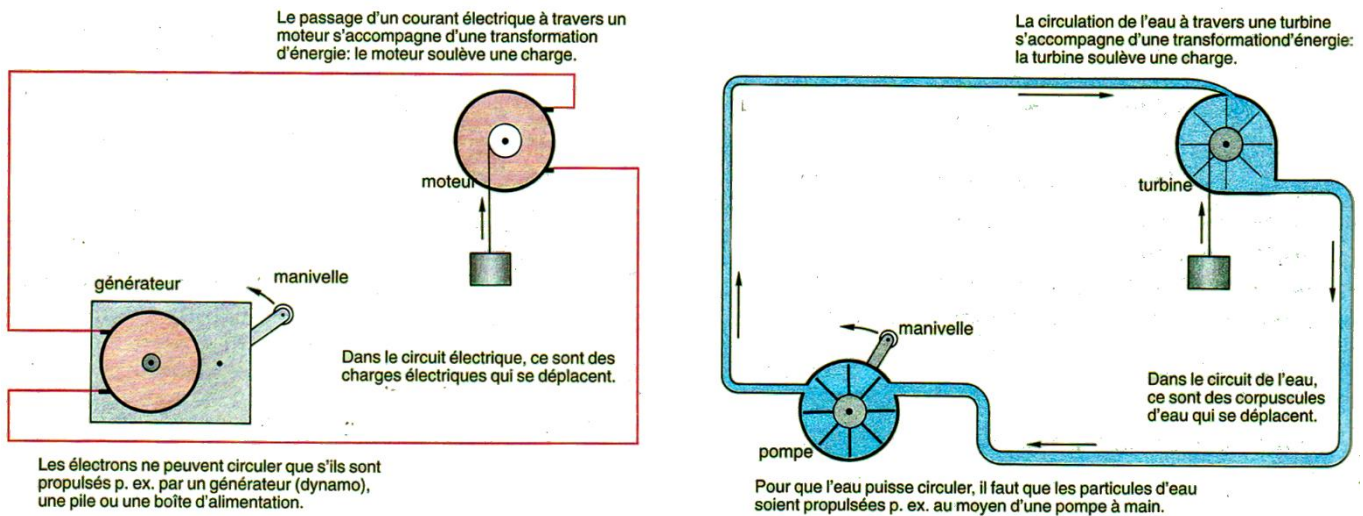
Le transport de l'énergie électrique vers le moteur ou une lampe se fait par deux câbles (aller et retour). Pour que le courant puisse circuler et transmettre l'énergie il faut que le circuit soit fermé.

Récepteur:

Un **récepteur électrique** est un composant électrique qui **reçoit de l'énergie électrique** pour la transformer en une autre forme d'énergie. Le récepteur doit être relié à un générateur pour qu'un courant s'installe. Le récepteur ne consomme pas de charges électriques, mais il « freine et fait travailler » le courant qui le traverse. La « force contre-électromotrice » donne la **tension passive U du récepteur en V**.

Exemples : lampe, résistance chauffante, moteur, électrolyseur, électro-aimant, ...

Pour comprendre comment la circulation des charges permet de transmettre une énergie, il est utile de comparer un circuit électrique à un circuit de l'eau. Applet : [Analogie hydraulique](#)



Exercices :

- 1) Indiquer les tension U pour les piles à la pages précédente
- 2) Citer des composants/appareils électriques concrets que vous connaissez et indiquez si possible leur tension de fonctionnement normal.
- 3) Certains composants peuvent être récepteur ou générateur selon les circonstances. Décrire la transformation d'énergie dans un accumulateur
 - a) lorsqu'il est en train d'être chargé
 - b) lorsqu'il est en train d'être déchargé (c'est-à-dire lorsqu'il joue le rôle d'un générateur)
- 4) La centrale hydroélectrique de Vianden a été érigée dans les années 1950-60 afin de produire de l'énergie électrique de pointe: Le principe repose sur la construction d'un bassin supérieur, d'un lac inférieur et d'une centrale souterraine. En dehors des pointes, de l'eau est pompée vers le bassin supérieur par des pompes électriques. Pendant les pointes, l'eau du bassin supérieur s'écoule à travers des turbines.

Décrire la transformation d'énergie ayant lieu dans la centrale hydroélectrique

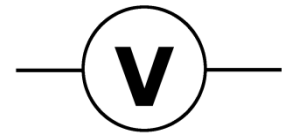
 - a) en mode pompage
 - b) en mode turbinage

4.2. Tension électrique et travail électrique

On sait maintenant qu'une tension existe non seulement aux bornes d'un générateur (tension active) mais également aux bornes des appareils récepteurs (tension passive).

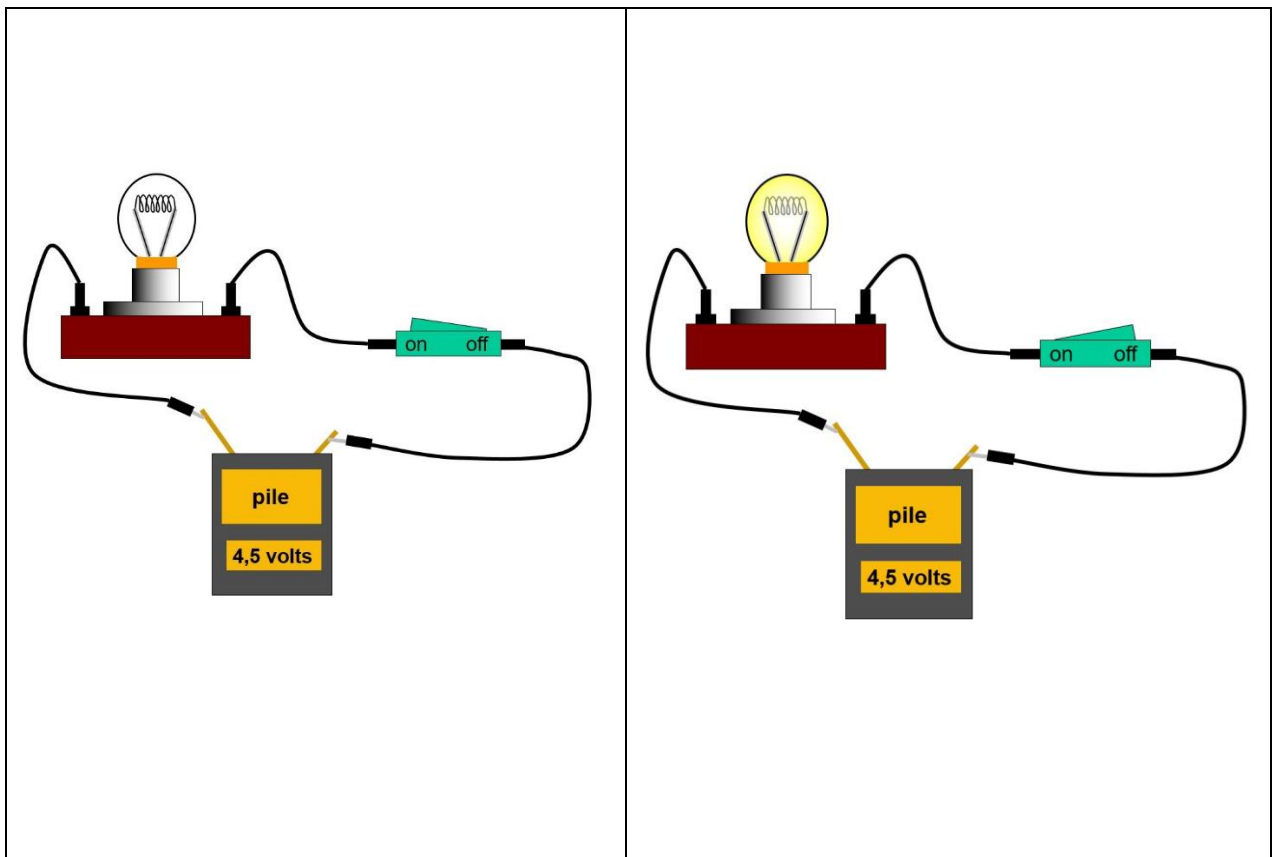
L'instrument de mesure de la tension électrique est le **voltmètre**.

Tandis qu'un ampèremètre doit être branché en série, le **voltmètre doit être branché en parallèle** avec la composante aux bornes de laquelle on veut connaître la tension électrique.



http://physiquecollege.free.fr/physique_chimie_college_lycee/quatrieme/electricite/multimetre.htm

Expérience : Mesurer la tension et le courant aux bornes d'une lampe et d'une pile. Indiquer avec soin les appareils et résultat de mesure.



Constatations :

Il n'y a pas de tension passive sur la lampe si le circuit est ouvert.

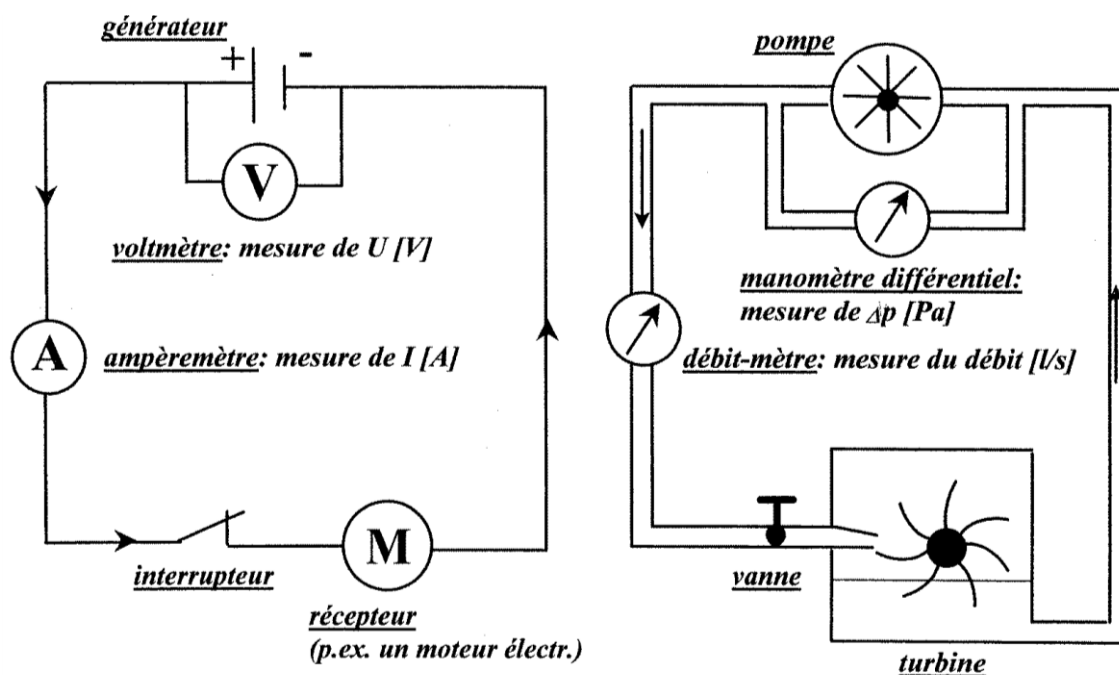
La tension de la pile baisse si la lampe est allumée : la pile travaille et la lampe consomme.

En fonctionnement la tension pile correspond à la tension lampe.

Analogie avec un circuit d'eau

Pour mieux comprendre ce qui se passe du point de vue travail électrique on peut faire l'analogie avec un circuit d'eau. physiquecollege.free.fr/physique_chimie_college_lycee/quatrieme/electricite/analogie_hydraulique.htm

<p>Circuit électrique Dynamo fait circuler une charge Q Si la vitesse de la dynamo augmente on obtient une tension active U plus élevée</p> <p>Le travail électrique s'écrit : Par analogie W_{élec} = Q · U</p>	<p>Circuit hydraulique Pompe fait circuler un volume d'eau V Si la vitesse de la pompe augmente on obtient une pression de pompage p = ρ · g · h plus élevée (h=hauteur de pompage cf. expér. puissance))</p> <p>Le travail mécanique s'écrit : W_{mec} = m · g · h = ρV · g · h W_{mec} = V · p</p>
---	---



Le travail électrique fournie par le générateur ou le travail électrique reçu par un récepteur se calcule donc

$$W_{\text{élec}} = U \cdot Q \text{ avec } U \text{ en V olt et } Q \text{ en C oulomb}$$

Cette formule simple sans constante numérique résulte d'une définition judicieuse de la grandeur tension.

Définition : La tension U s'obtient en divisant le travail électrique W par la quantité de charge électrique Q qui a circulé.

$$U = \frac{W_{\text{élec}}}{Q} \text{ unités: } W \text{ en J; } Q \text{ en C} \Rightarrow U \text{ en } V = \frac{J}{C} \text{ (Volts)}$$

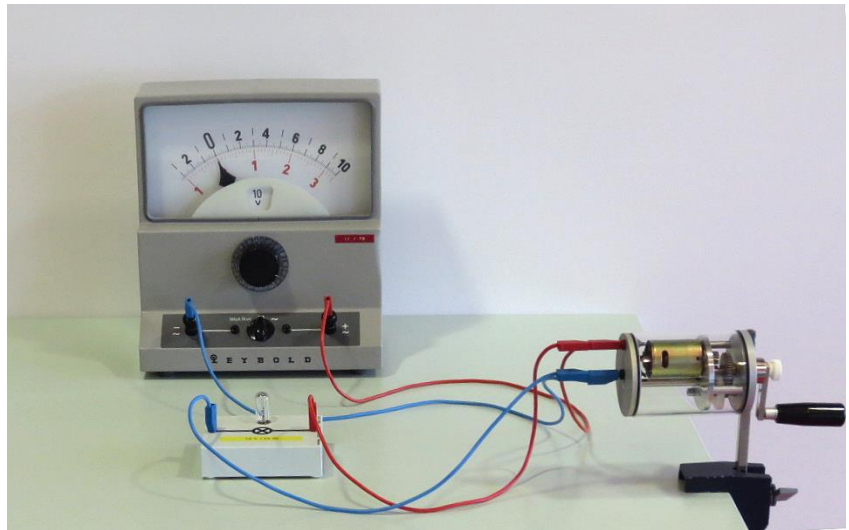
U=1V si le travail électrique vaut **W=1J** pour une charge **Q=1C**. càd. $1 V = 1 \frac{J}{C}$

Applet : [Construction de circuits \(phet\)](#)

4.3. Puissance électrique

Expérience 1 :

Branchons un voltmètre et une lampe à une dynamo



Observations :

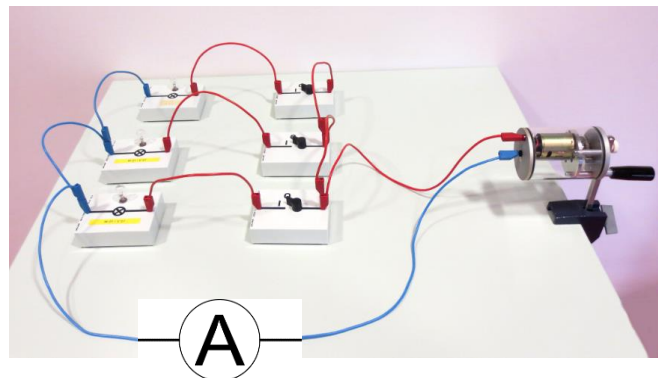
Pour augmenter la brillance (puissance) de lampe il faut tourner plus _____

Si on tourne plus vite on a une _____

La puissance augmente avec _____

Expérience 2:

Plusieurs lampes identiques sont branchées en parallèle sur une dynamo pourvue d'une manivelle. On ferme un à un les interrupteurs en essayant de maintenir toujours le même éclat des lampes (tourner avec la même vitesse en produisant la même tension)



Observations :

Pour augmenter la puissance lumineuse totale on allume plus de _____

Si on allume plus de lampes on doit tourner plus _____

Si on tourne plus fort on a une _____

La puissance augmente avec _____

Les expériences précédentes montrent que la puissance à exercer sur la manivelle du générateur augmente avec la tension U (vitesse de rotation dynamo) et le courant total I à fournir (force à appliquer pour tourner la dynamo).

Ceci est confirmé par un raisonnement théorique

La puissance électrique s'obtient en divisant le travail électrique transformée W_{el} par la durée t nécessaire

$$P = \frac{W_{el}}{t} = \frac{U \cdot Q}{t}$$

$$P_{el} = U \cdot I \quad \text{unités :} \quad P \text{ en J/s=W (Watt)}$$

4.4. Puissance et énergie électrique à domicile

L'énergie transformée dans un appareil électrique augmente avec le temps

$$W_{el} = P_{el} \cdot t = U \cdot I \cdot t \quad \text{unités:} \quad P \text{ en W, } t \text{ en s} \Rightarrow W \text{ en W}\cdot\text{s}=\text{J}$$

La consommation d'énergie électrique dépend ainsi de la puissance de l'appareil multipliée par le temps de fonctionnement.

Dans chaque logement, on trouve un compteur électrique qui mesure l'énergie électrique consommée en kWh.

$$1\text{kWh} = 1000\text{W} \cdot 3600\text{s} = 3,6 \cdot 10^6\text{J}$$

est donc une unité d'énergie !!!



Compteur électromagnétique (ancien)



Compteur électronique récent

Expérience: Lampes 1000W 230V avec compteur électrique (kWh), A-mètre et V-mètre.

Exercices :

- 1) Un sèche-cheveux provenant des Etats-Unis porte l'indication « 115 V ». Pourquoi ne faut-il pas le brancher au réseau domestique européen ?
- 2) Déterminer l'énergie que doit fournir un générateur de tension $U = 12V$ pour transporter une charge de 30 C à travers un circuit électrique fermé.
- 3) Un accumulateur porte l'inscription 1,2V et 1800mAh, on place 2 accumulateurs semblables en série dans une manette Wii. Indiquer la tension, l'énergie disponible et la puissance consommée si la manette peut fonctionner pendant 8h de jeux continu.
- 4) Que signifie l'indication 6V, 1A sur une ampoule ? Déduire la puissance.
- 5) Un chauffe-eau électrique fonctionne sous 230V. Pour chauffer un litre d'eau à ébullition il faut environ 400kJ en 3 minutes.
 - o Quelle est la charge électrique qui circule ?
 - o Calculer la puissance et l'intensité de courant?
- 6) Une petite chute d'eau transporte 100 l d'eau par seconde. La dénivellation est de 5 m. Imaginez que l'énergie potentielle de l'eau puisse être entièrement transformée en énergie électrique. Déduire la puissance électrique fournie par la turbine ?
- 7) Un radiateur électrique dont la puissance est de 2,3 kW est traversé par un courant de 10 A. Quelle est la tension à ses bornes ?
- 8) Pour que la pizza soit bien croustillante, il faut la cuire à 230 °C pendant 12 min. Le four électrique a une puissance de 2,4 kW. Calculez le prix de cette opération sachant qu'il faut compter 20 min pour préchauffer le four et que 1 kWh coûte 0,15 €. (réponse : prix = 0,192 €)
- 9) Facture d'électricité :

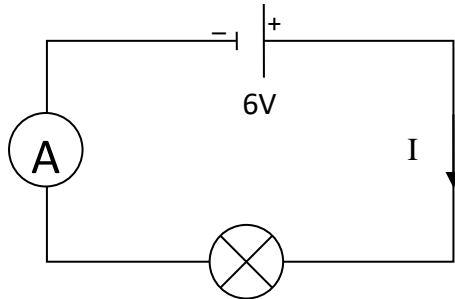
	Relevé ou estimation en kWh			Consommation (en kWh)	prix kWh en euros	Montant HT en euros	TVA	Total TTC en euros
	ancien	nouveau	différence					
Electricité compteur n°145								
abonnement 8,46 €/mois du 01/09/12 au 01/11/12						16,92		
consommation du 05/09/12 au 04/11/12	61 463	63 935	2 472	2 472	0,141	348,55		
						Montant HT en euros	TVA 6%	Total TTC en euros
total						362,47	21,74	384,21
Montant à prélever							384,21 €	

- o Quelles étaient les dates de lecture (ou d'estimation) ? _____
 - o Quelle est l'énergie consommée entre les deux relevés ? _____
 - o Quel est le prix du kWh ? _____ (HT) _____ (TTC)
 - o Quel serait le montant de la facture sans consommation ? _____ (HT) _____ (TTC)
 - o Quelle est la puissance moyenne consommée ?
- 10) Définir (evtl. mesurer) le rendement d'un moteur électrique.
 - 11) Convertir 1Wh = J
 - 12) Un grill à faire la raclette a une puissance de 1500W. Combien d'appareils peuvent fonctionner ensemble sur une prise protégée par un fusible 16A ?

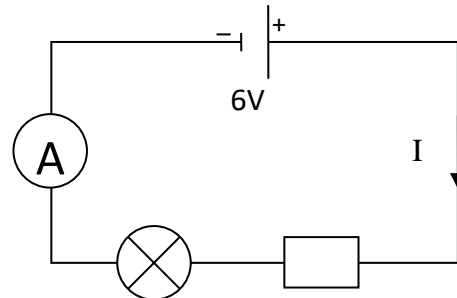
5. Résistance électrique

5.1. Notion et définition de la résistance électrique

Une lampe est connectée au générateur



On ajoute une résistance (1. long fil, 2. une résistance à couche 3. Résistance réglable)

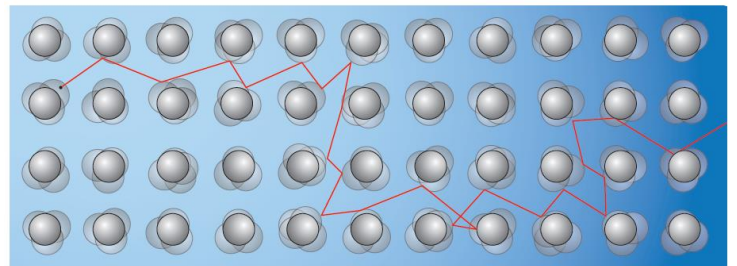


Observation

La lampe est moins lumineuse après avoir ajouté la résistance. Le courant qui traverse la lampe est moins intense que précédemment. La résistance ajoutée en est responsable. Elle freine le passage du courant.

Interprétation

Les électrons libres qui sont propulsés par la tension U à travers un conducteur mince se heurtent continuellement contre les ions fixes du réseau cristallin. Par ce "frottement" l'écoulement des électrons est freiné et l'énergie électrique est transformée en chaleur (effet calorifique ou effet Joule du courant électrique).



Résistance = propriété des conducteurs à "résister" au passage des porteurs de charges

La résistance dépend du conducteur, elle est d'autant plus élevée que le courant I qui traverse le conducteur pour une tension de mesure U fixe est faible.

Définition: La résistance électrique R d'un conducteur est le quotient de la tension U appliquée entre ses bornes par l'intensité du courant I qui le traverse

$$R = \frac{U}{I}$$

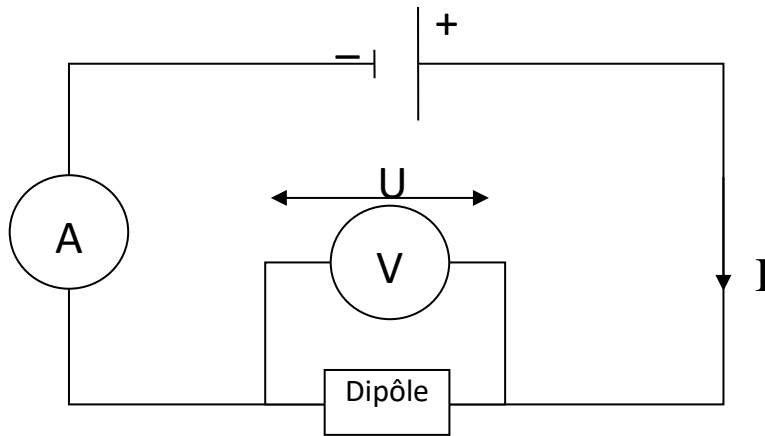
unités: U en V, I en A $\Rightarrow R$ en $\frac{V}{A} = \Omega$ (Ohm d'après Georg S. Ohm)

Expérience: Mesurer R pour différentes résistances bobinées ou à couches.

5.2. Caractéristique d'un dipôle récepteur

On appelle dipôle tout composant électrique qui a 2 bornes. Pour connaître son fonctionnement on étudie la relation entre la tension U appliquée et le courant I . On appelle caractéristique tension-courant d'un dipôle, la courbe $U=f(I)$ représentant la tension U en fonction de l'intensité de courant I qui traverse le dipôle.

Dispositif :



a) Expérience : Résistance à couche de carbone

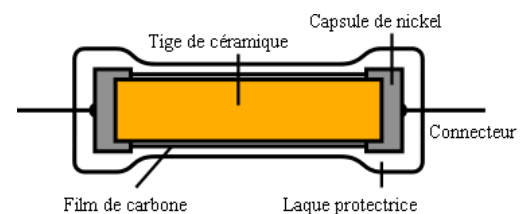
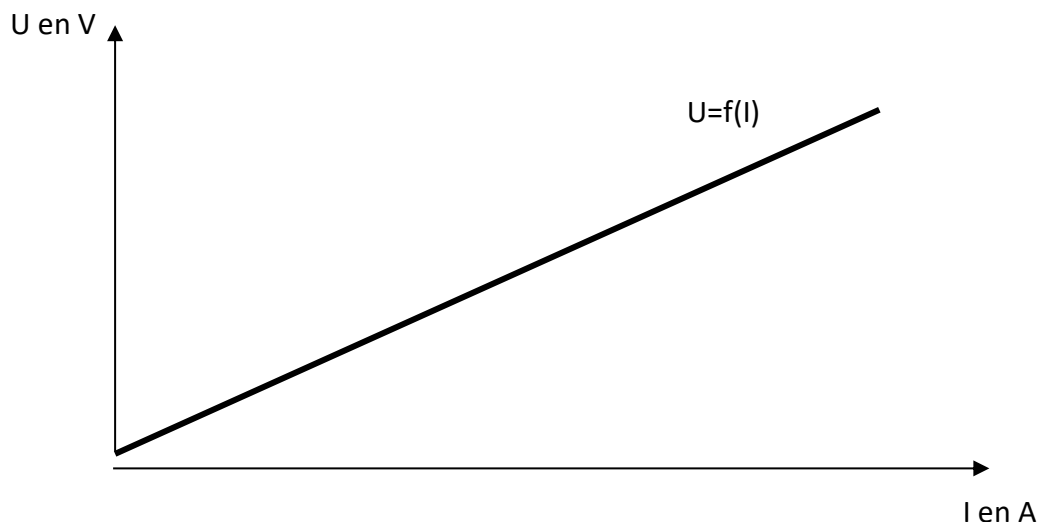


Tableau de mesure :

U (V)						
I (A)						
R (Ω)						

Représentation graphique : (fig. exacte sur papier millimétré ou EXCEL)



Conclusion :

Pour la résistance examinée la caractéristique $U=f(I)$ est une droite passant par l'origine. Ceci signifie que l'intensité de courant I est proportionnelle à la tension appliquée U et que la résistance R est constante.

Dans ce cas on dit qu'il s'agit d'un **conducteur ohmique** qui obéit à la

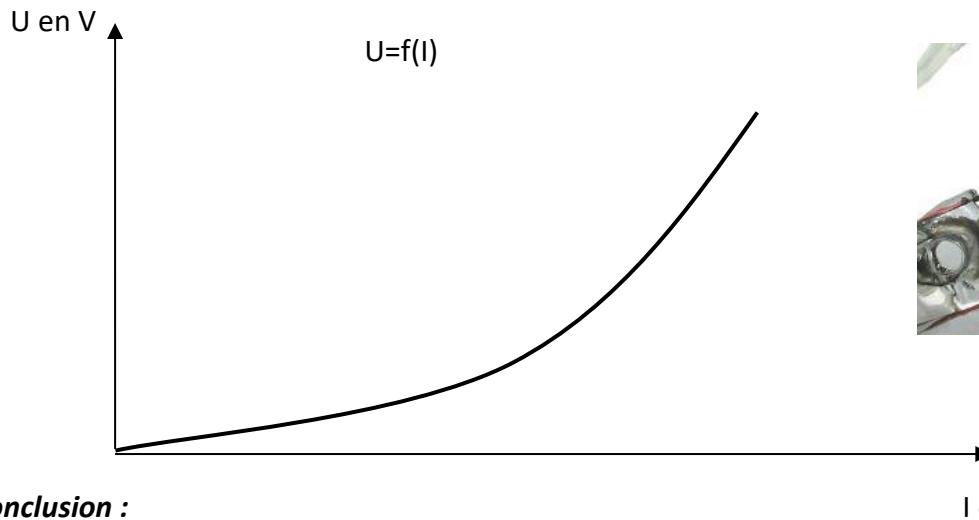
LOI D'OHM: $U=R \cdot I$ avec R constant

b) Expérience : lampe à incandescence (fil conducteur qui s'échauffe)

Tableau de mesure (Ampoule):

U (V)						
I (A)						
R (Ω)						

Représentation graphique : (fig. exacte sur papier millimétré ou EXCEL)



Conclusion :

Pour une ampoule la caractéristique **n'est pas une droite**. Il n'y a pas de proportionnalité entre U et I. Une ampoule n'est pas un conducteur ohmique car sa résistance augmente avec la température du filament. Cependant on a $U=0$ si $I=0$ ce qui est typique pour un dipôle passif.

Exercices

1) Une lampe est alimentée par une source de tension de 12V. Elle porte l'indication 5 W.

- a) Calculer l'intensité de courant et la résistance.
- b) Dessine le montage avec un V et A mètre qui permet de contrôler ses mesures.

2) Caractéristiques

- a) Dessiner $U=f(I)$ pour une résistance de 30Ω constante.
- b) Citer un cas où la résistance n'est pas constante et illustrer qualitativement l'allure d'une telle courbe $U=f(I)$
- c) Expliquer quel phénomène est à l'origine de la résistance d'un conducteur.

3) Le tableau suivant donne l'intensité de courant I dans une ampoule en fonction de la tension U appliquée.

U(V)	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	4,5
I(mA)	105	140	170	200	250	290	325	360	?

- a) Tracer la caractéristique $U=f(I)$
- b) Expliquer comment et pourquoi la résistance change
- c) Déterminer la résistance et la puissance lorsque l'ampoule fonctionne sous 6V.
- d) Estimer I pour $U=4,5V$

4) Une ampoule 60W/230V contient un filament de tungstène de 0,020mm diamètre et à une résistance de 67Ω à $20^\circ C$.

- a) Quelle est l'intensité de courant en fonctionnement normale ?
- c) Quelle est la résistance de la lampe à la température de fonctionnement de $3400^\circ C$?

5) Montrer que $P = R \cdot I^2$ pour un conducteur ohmique.