

# SCT-4061-2



## Introduction à l'électricité (*Le défi énergétique*)



Centre de formation  
DE LA  
CÔTE-DE-GASPÉ



Commission scolaire  
des Chic-Chocs

# Introduction à l'électricité

*(Le défi énergétique)*

Notes de cours

Jonathan Chartrand

Dernière révision : 6 avril 2023



Conçu pour une impression recto-verso

Les images présentées dans ces notes de cours sont utilisées conformément à la Loi canadienne sur le droit d'auteur :

« L'utilisation équitable d'une œuvre ou de tout autre objet du droit d'auteur aux fins d'étude privée, de recherche, d'éducation, de parodie ou de satire ne constitue pas une violation du droit d'auteur » (L.R.C. (1985), ch. C-42, Article 29)

« Ne constitue pas une violation du droit d'auteur le fait, pour un établissement d'enseignement ou une personne agissant sous l'autorité de celui-ci, de reproduire une œuvre pour la présenter visuellement à des fins pédagogiques et dans les locaux de l'établissement et d'accomplir tout autre acte nécessaire pour la présenter à ces fins » (L.R.C. (1985), ch. C-42, Article 29.4(1))

Document disponible en format numérique à l'adresse :

[matfga.weebly.com](http://matfga.weebly.com)



Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la [Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

## INTRODUCTION

Les lignes qui suivent discutent, à l'intention des étudiants(es) de la formation générale des adultes du Québec, le sujet de l'*électricité*.

Puisse ce recueil vous aider à y voir plus clair dans cette branche passionnante de la physique.

Bonne étude !

## TABLE DES MATIERES

<b>PREMIÈRE PARTIE : LA MATIÈRE.....</b>	<b>11</b>
<b>L'électricité, c'est quoi ?.....</b>	<b>12</b>
<b>La matière.....</b>	<b>12</b>
Le vide .....	12
Expérience de la discontinuité de la matière .....	13
<b>Les atomes .....</b>	<b>14</b>
Les particules (particules subatomiques) .....	14
L'électron .....	15
Le noyau de l'atome (le proton et le neutron).....	15
<b>Caractéristiques de la matière .....</b>	<b>18</b>
Le neutron .....	19
Particule chargée .....	20
Modèle atomique de Rutherford .....	21
<b>Charge (charge électrique) .....</b>	<b>22</b>
Charge des électrons et des protons.....	24
Expérience de l'échelle d'un atome d'hydrogène.....	26
<b>Transfert d'électrons .....</b>	<b>27</b>
Électricité statique .....	29
Atome neutre et atome chargé .....	29
Expérience de l'électricité statique .....	32
<b>Champ gravitationnel.....</b>	<b>35</b>
Intensité d'un champ gravitationnel.....	37
Force gravitationnelle .....	38
<b>Champ (champ électrique) .....</b>	<b>40</b>
Intensité d'un champ électrique .....	42
Force électrostatique (loi de Coulomb) .....	43

<b>Expérience de la machine de Wimshurst.....</b>	<b>45</b>
L'électricité statique, c'est quoi ? .....	47
<b>Questions de révision de la première partie.....</b>	<b>48</b>
<b>DEUXIÈME PARTIE : L'ÉLECTRICITÉ.....</b>	<b>55</b>
<b>L'électricité, c'est quoi ?.....</b>	<b>56</b>
<b>Courant (courant électrique) .....</b>	<b>58</b>
Expérience de l'intensité d'un courant.....	59
<b>Les unités de mesure en physique .....</b>	<b>61</b>
<b>Intensité du courant (courant électrique) .....</b>	<b>62</b>
<b>Tension (tension électrique) .....</b>	<b>66</b>
Expérience de l'effet de la tension sur le courant.....	68
<b>Charge d'une pile en ampère-heure (Ah) .....</b>	<b>71</b>
<b>Premier résumé – Charge, courant et tension .....</b>	<b>77</b>
<b>Énergie (énergie électrique) : joule .....</b>	<b>78</b>
Expérience de la puissance .....	79
<b>Puissance (puissance électrique) – Première partie .....</b>	<b>80</b>
<b>Énergie (énergie électrique) : watt-heure.....</b>	<b>84</b>
<b>Puissance (puissance électrique) – Seconde partie.....</b>	<b>88</b>
<b>Deuxième résumé – Énergie et puissance.....</b>	<b>91</b>
Expérience de mesures avec un multimètre.....	92
<b>Questions de révision de la deuxième partie.....</b>	<b>97</b>
<b>TROISIÈME PARTIE : L'ÉLECTROMAGNÉTISME.....</b>	<b>103</b>
<b>Champ (champ magnétique) .....</b>	<b>104</b>
Expérience de la matérialisation du champ magnétique .....	106
Magnétisme et électricité .....	107
Expérience du champ magnétique créé par un courant.....	108

<b>Champ magnétique créé par un courant .....</b>	<b>109</b>
Orientation du champ magnétique et sens du courant .....	110
Champ magnétique d'un solénoïde .....	112
Expérience du champ magnétique d'un solénoïde .....	113
Orientation du champ magnétique d'un solénoïde .....	114
Intensité du champ magnétique d'un solénoïde .....	115
Électroaimant.....	116
Expérience de l'électroaimant.....	118
<b>Induction (induction électromagnétique).....</b>	<b>119</b>
Expérience du courant créé par un champ magnétique .....	120
Expérience du courant créé par un électroaimant.....	121
Expérience de la force d'attraction sur une armature .....	122
Expérience du haut-parleur.....	123
Moteur électrique.....	124
Expérience du moteur électrique .....	125
Expérience du moteur qui génère un courant.....	126
<b>Courant alternatif .....</b>	<b>127</b>
Expérience du générateur de courant alternatif.....	130
<b>Questions de révision de la troisième partie .....</b>	<b>131</b>
 <b>QUATRIÈME PARTIE : CONSERVATION DE L'ÉNERGIE .....</b>	 <b>135</b>
<b>Transformation de l'énergie.....</b>	<b>136</b>
Énergie thermique (chaleur) .....	137
La température .....	139
<b>Rendement énergétique.....</b>	<b>141</b>
<b>Questions de révision de la quatrième partie .....</b>	<b>144</b>
 <b>CINQUIÈME PARTIE : LES RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES.....</b>	 <b>145</b>
<b>Le tableau périodique des éléments .....</b>	<b>146</b>
Les groupes .....	147
Les métaux.....	148
Les non-métaux .....	149

Les métalloïdes .....	149
Expérience des métaux .....	152
<b>Biosphère.....</b>	<b>153</b>
Lithosphère .....	153
Minéraux.....	155
Minerai .....	156
Minéraux et transport de l'électricité .....	157
Minéraux et centrale thermique .....	157
Minéraux et centrale nucléaire.....	158
Minéraux et fermes solaires.....	159
Impacts de l'exploitation de la lithosphère .....	161
Hydrosphère .....	163
Utilisation de l'hydrosphère pour générer de l'électricité .....	163
Impacts de l'hydroélectricité.....	164
Hydrolienne .....	164
Système Terre-Lune .....	166
Impacts des hydroliennes .....	167
Atmosphère .....	167
Impacts des éoliennes.....	168
<b>Questions de révision de la cinquième partie.....</b>	<b>171</b>
<b>SIXIÈME PARTIE : LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES.....</b>	<b>173</b>
<b>L'électricité, c'est quoi ? .....</b>	<b>174</b>
<b>Circuit (circuit électrique) .....</b>	<b>174</b>
Conducteur.....	174
<b>Schémas et symboles .....</b>	<b>175</b>
<b>Expériences des schémas électriques.....</b>	<b>176</b>
<b>Lois de Kirchhoff .....</b>	<b>182</b>
Loi des nœuds (première loi de Kirchhoff).....	182
Loi des boucles (deuxième loi de Kirchhoff) .....	185
<b>Circuit en série .....</b>	<b>190</b>
<b>Circuit en parallèle.....</b>	<b>191</b>

Expériences des circuits en série et en parallèle .....	192
<b>Résistance (résistance électrique) .....</b>	<b>195</b>
Résistor .....	196
Expériences des résistors.....	197
Loi d'Ohm.....	201
Expériences de la mesure de la résistance .....	204
Résistance équivalente d'un circuit en série.....	208
Résistance équivalente d'un circuit en parallèle .....	211
<b>Fonction des composantes d'un circuit .....</b>	<b>214</b>
Fonction d'alimentation.....	214
Fonction de conduction et d'isolation.....	214
Circuits imprimés.....	215
Fonction de protection.....	215
Fonction de commande.....	217
Expériences des interrupteurs bipolaires .....	219
Fonction de transformation de l'énergie.....	222
Autres fonctions .....	223
Condensateur.....	223
Diode .....	224
Transistor .....	224
Relais .....	225
Expérience du relais .....	226
<b>Questions de révision de la sixième partie.....</b>	<b>228</b>
<b>SEPTIÈME PARTIE : SYNTHÈSE .....</b>	<b>237</b>
<b>Réaliser un circuit.....</b>	<b>238</b>
<b>Électricité appliquée .....</b>	<b>245</b>
<b>Raisonner dans une situation de vie.....</b>	<b>260</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>270</b>
<b>ANNEXE A – UNITÉS DE MESURE EN ÉLECTRICITÉ .....</b>	<b>271</b>



---

<b>ANNEXE B – LOI D’OHM .....</b>	<b>272</b>
<b>ANNEXE C – PUISSANCE ÉLECTRIQUE.....</b>	<b>272</b>
<b>ANNEXE D – RELATIONS MATHÉMATIQUES.....</b>	<b>273</b>
<b>ANNEXE E – RÉSISTIVITÉ DES MATÉRIAUX.....</b>	<b>274</b>
<b>ANNEXE F – PUISSANCE DISSIPÉE PAR EFFET JOULE .....</b>	<b>275</b>
<b>ANNEXE G – EXPÉRIENCES À VOIR SUR YOUTUBE.....</b>	<b>276</b>
<b>CRÉDIT DES IMAGES .....</b>	<b>277</b>
<b>TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS.....</b>	<b>281</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> – Charge, courant et tension.....	77
<b>Tableau 2</b> – Énergie et puissance .....	91
<b>Tableau 3</b> – Propriétés des métaux.....	148
<b>Tableau 4</b> – Propriétés des non-métaux.....	149
<b>Tableau 5</b> – Symboles normalisés utilisés en électricité.....	175
<b>Tableau 6</b> – Caractéristiques des interrupteurs.....	217
<b>Tableau 7</b> – Types d'interrupteurs.....	218
<b>Tableau 8</b> – Exemples de composante transformant l'énergie électrique .....	222
<b>Tableau 9</b> – Condensateur, diode, transistor et relais .....	227

## **PREMIÈRE PARTIE**

### **La matière**

## L'électricité, c'est quoi ?

L'électricité, c'est un phénomène observable (lumière, chaleur, mouvement, etc.).

Mais, on observe quoi au juste ? Pour répondre, il faut connaître la substance des choses qui forment notre univers.

La **physique** est la **science** qui étudie la **matière** et les **phénomènes** de notre univers.

## La matière

Notre **univers** contient de la **matière**.

Mais de quoi est constituée cette substance ?

## Le vide

Étrangement, la **matière** contient du **vide**.

Voici une ligne continue, tracée sans soulever notre crayon (figure 1).



**Figure 1** – Une ligne continue

Si on observe cette ligne à une échelle infiniment petite, on voit qu'elle est en fait discontinue. Elle contient des **unités de matière** et du **vide** (figure 2).



**Figure 2** – Une ligne continue, c'est des unités de matière et du vide

## Expérience de la discontinuité de la matière

Il y a un microscope dans votre centre d'éducation des adultes.

Voici un protocole expérimental :

1. Sans soulever votre crayon, tracez une ligne sur une feuille blanche
2. Observez votre ligne au microscope

Qu'observez-vous ? Est-ce que ça ressemble à la figure 3 ?



**Figure 3** – Qu'est-ce qu'on observe ?

### QUESTION 1

Les choses matérielles qui composent notre univers sont-elles continues ou discontinues ?

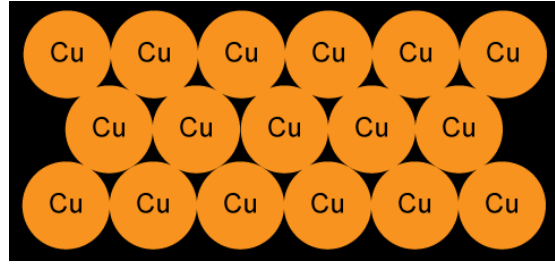
### QUESTION 2

Qu'est-ce qui sépare des unités de matière ?

## Les atomes

Un **atome**, c'est une **unité de matière**.

Par exemple, si on observe une masse de cuivre (Cu) à une échelle infiniment petite, on voit des boules séparées par du vide (figure 4).



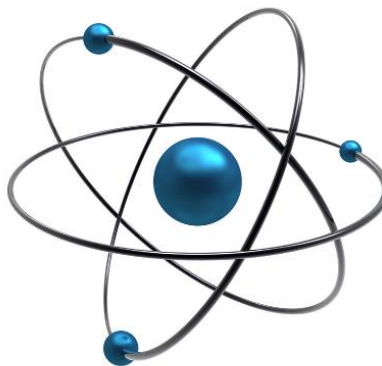
**Figure 4** – Une masse de cuivre à une échelle infiniment petite (des atomes et du vide)

Sur la figure précédente, les boules de cuivre (Cu) sont des atomes; le noir, c'est du vide.

## Les particules (particules subatomiques)

Nous savons déjà que la **matière** de notre univers est constituée de **vide** et d'**atomes**.

Or, les **atomes** eux-mêmes sont constitués de **vide** et de **particules** (figure 5).



**Figure 5** – Vide et particules d'un atome

Sur la figure précédente, on voit du vide et des particules à une échelle infiniment petite.

## L'électron

Les **électrons** sont des particules qui **orbitent** dans un espace **autour** du **noyau** des atomes (figure 6).

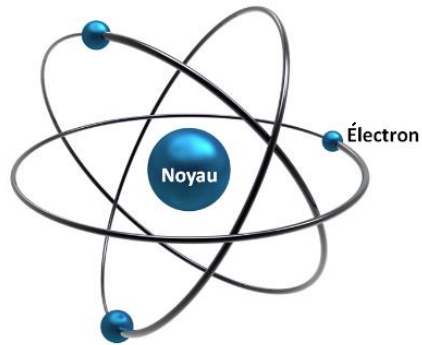


Figure 6 – Électrons en orbite autour du noyau d'un atome

Les **électrons** sont beaucoup **moins massifs** que le noyau.

Ils sont aussi très **éloignés du noyau** de l'atome (la figure n'est pas à l'échelle).

Les **électrons** sont la cause de l'**électricité**.

## Le noyau de l'atome (le proton et le neutron)

Le **noyau** d'un atome est constitué de deux particules : **proton** et **neutron** (figure 7)



Figure 7 – Protons et neutrons constituant le noyau d'un atome

La **quasi-totalité** de la **masse** d'un **atome** est contenue dans son **noyau**.

Le **noyau** atomique, c'est l'**identité** d'une **unité de matière**.

**QUESTION 3**

Comment nomme-t-on la substance des choses qui composent notre univers ?

**QUESTION 4**

De quoi est constituée la matière ?

**QUESTION 5**

De quoi sont constitués les atomes ?

**QUESTION 6**

Comment se nomme la particule subatomique en orbite autour du noyau des atomes ?

**QUESTION 7**

Comment se nomment les particules dans le noyau d'un atome ?

**QUESTION 8**

Quelle partie de l'atome donne son identité à une unité de matière ?



**QUESTION 9**

Dans un atome, quelle est la particule subatomique la plus petite et la moins massive ?

**QUESTION 10**

Dans un atome, où se trouve-t-on presque toute sa masse ?

**QUESTION 11**

Quelle est la particule subatomique située très loin du noyau d'un atome ?

**QUESTION 12**

Quelle est la particule subatomique responsable du phénomène de l'électricité ?

**QUESTION 13**

Quelle science étudie la matière et les phénomènes de notre univers ?

## Caractéristiques de la matière

Nous savons déjà que la substance des choses de notre univers, c'est de la matière.

Or, la **matière** a des **caractéristiques** qui expliquent les phénomènes.

Par exemple, la **matière** a une **masse**.

La masse est une quantité qui s'exprime en **gramme** (g).

La masse est une caractéristique de la matière qui cause la gravité (figure 8).



**Figure 8** – Une masse d'eau qui tombe d'un barrage, c'est un phénomène gravitationnel

Une autre caractéristique de la **matière**, c'est qu'elle peut avoir une **charge**.

Par exemple, la charge explique pourquoi les cheveux d'un enfant qui glisse dans un toboggan peuvent se dresser sur sa tête (figure 9).



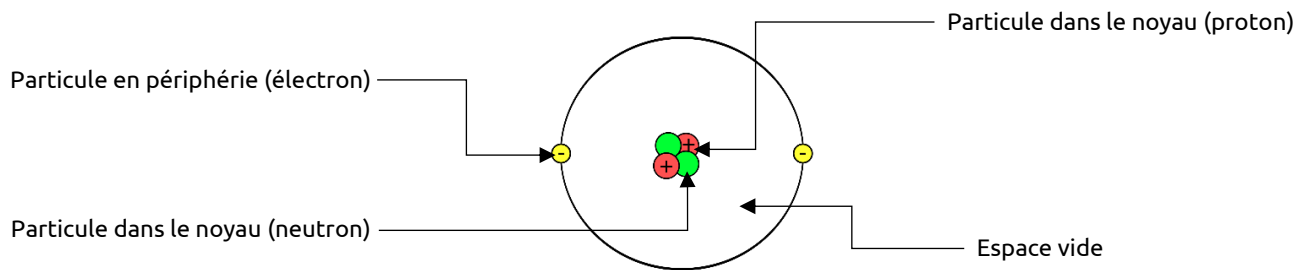
**Figure 9** – Des cheveux qui se dressent, c'est un phénomène électrique

La **charge** est une caractéristique de la matière qui cause les **phénomènes électriques**.

## Le neutron

Nous savons déjà qu'une **particule**, c'est une **partie d'un atome**.

Par exemple, un atome d'hélium (figure 10), contient 6 particules : 2 **électrons** (-) en périphérie; ainsi que 2 **protons** (+) et 2 **neutrons** dans son noyau.



**Figure 10** – Atome d'hélium

Les **neutrons stabilisent** les **protons** dans le noyau.

Le neutron est **neutre**. C'est une particule qui n'a **pas de charge**.

### QUESTION 14

Une charge, c'est quoi ?

### QUESTION 15

Quelle particule subatomique n'a pas de charge ?

## Particule chargée

Nous savons déjà que les **atomes** sont constitués de **particules** (électrons, protons et neutrons). Nous savons aussi que les **neutrons** sont **neutres**.

Or, les **électrons** et les **protons** sont des **particules chargées**.

Par exemple, l'atome le plus simple et le plus abondant de notre univers, l'hydrogène, est constitué uniquement de deux particules chargées (figure 11) :

- Un **électron** (-) chargé négativement (périphérie)
- Un **proton** (+) chargé positivement (noyau)

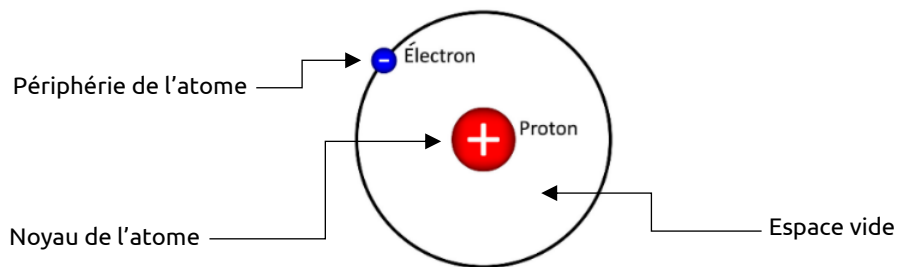


Figure 11 – Atome d'hydrogène

Une **particule chargée**, c'est de la **matière** qui a une **charge**.

### QUESTION 16

Quelle particule subatomique a une charge négative ?

### QUESTION 17

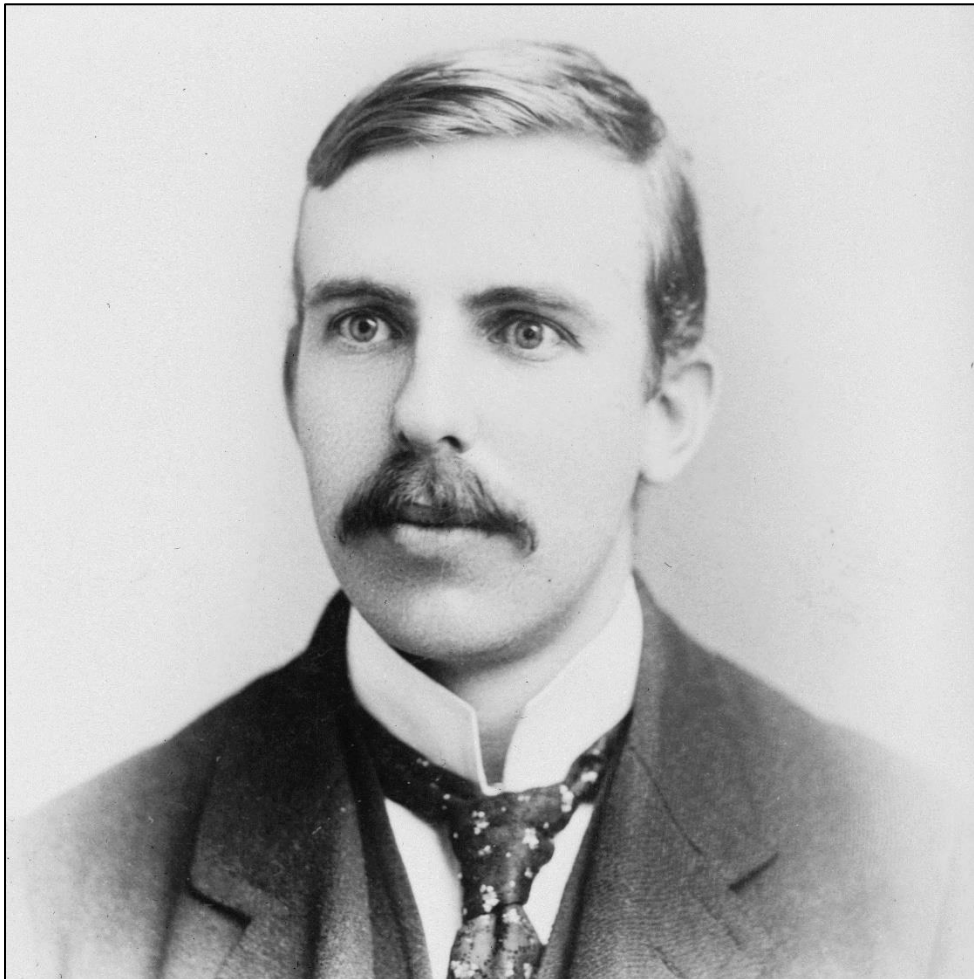
Quelle particule subatomique a une charge positive ?

## Modèle atomique de Rutherford

Ernest Rutherford (figure 12) est le physicien qui a découvert l'existence des protons et imaginé le modèle atomique moderne :

- La **périphérie** de l'atome est **chargée négativement**
  - La cause de cette charge, c'est les électrons (-)
  
- Le **noyau** de l'atome est **chargé positivement**
  - La cause de cette charge, c'est les protons (+)

Le modèle atomique se nomme « modèle atomique de Rutherford ».



**Figure 12** – Ernest Rutherford (1871-1937)

## Charge (charge électrique)

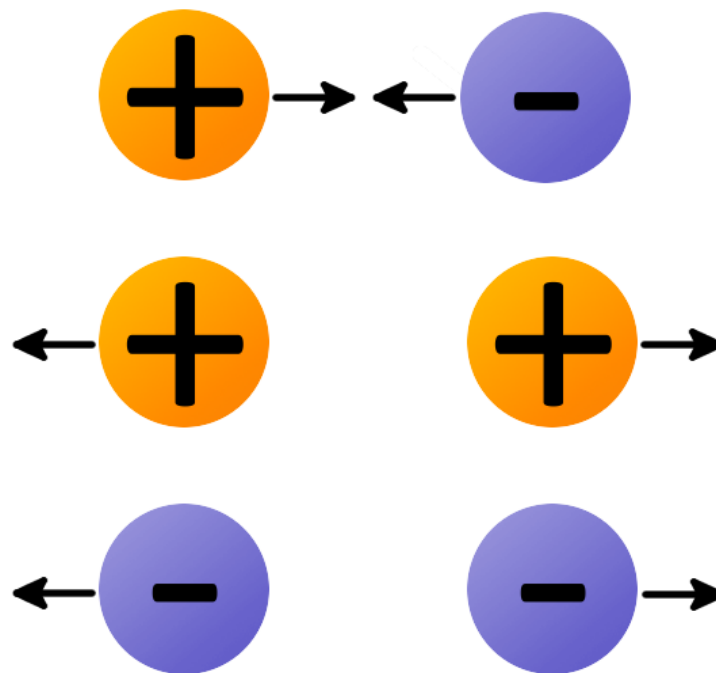
Nous savons déjà qu'une **charge**, c'est une **caractéristique** de la **matière**.

Or, il existe **deux** types de **charges** (figure 13) :

- Positive (+)
- Négative (-)

Les **charges contraires s'attirent**.

Les **charges identiques se repoussent**.



**Figure 13** – Charges qui s'attirent ou se repoussent

Une **charge**, c'est une **quantité d'électricité**.

C'est une quantité physique qui s'exprime en **coulomb** (C).

**QUESTION 18**

Dans un atome, où se trouvent les charges positives et les neutrons ?

**QUESTION 19**

Dans un atome, où se trouvent les charges négatives ?

**QUESTION 20**

Les protons sont des particules chargées positivement et localisées dans le noyau des atomes. Or, les charges positives se repoussent. Quel est le rôle des neutrons dans le noyau atomique ?

**QUESTION 21**

Quelle unité de mesure exprime une quantité d'électricité (une charge) ?

## Charge des électrons et des protons

Robert Millikan est le physicien ayant déterminé expérimentalement la charge des protons et des électrons (figure 14).



**Figure 14** – Robert Millikan (1868-1953)

La **charge** élémentaire ( $e$ ) d'un **proton (+)** et d'un **électron (-)** est **identique**, mais de signe **opposé** :

$$e = \mp 1,602 \times 10^{-19} \text{ coulombs}$$

### QUESTION 22

Un électron, c'est une quantité de charge. Quelle est-elle (n'oubliez pas le signe) ?



**QUESTION 23**

Quelle est la charge d'un proton (n'oubliez pas le signe) ?

**QUESTION 24**

Quelle est la charge de  $6,25 \times 10^{18}$  électrons (arrondi à l'unité près) ?

**QUESTION 25**

Quelle est la charge de  $6,25 \times 10^{18}$  protons (arrondi à l'unité près) ?

**QUESTION 26**

Quelle est la charge d'un atome ayant un proton et un électron ?

**QUESTION 27**

Comment nomme-t-on le modèle atomique présenté dans ce cours ?

**QUESTION 28**

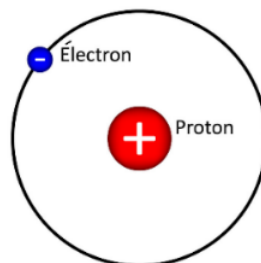
Un atome ayant un nombre identique de protons et d'électrons est-il toujours neutre ?  
Expliquez votre réponse.

## Expérience de l'échelle d'un atome d'hydrogène

Nous savons déjà que l'hydrogène est constitué uniquement d'un proton et d'un électron (figure 15).

Voici un protocole expérimental pour vous représenter un atome d'hydrogène à une échelle observable :

1. Sur une feuille, tracez un carré avec des côtés de 1 millimètre
  - ❖ Ceci est un noyau d'hydrogène (un proton)
2. Placez-vous à 30 mètres du carré tracé sur votre feuille
  - ❖ Ceci est la distance de l'électron par rapport au noyau tracé sur la feuille



**Figure 15** – Représentation d'un atome d'hydrogène

Réfléchissez à ceci :

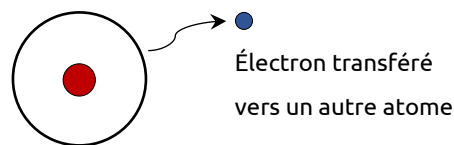
- La taille du proton est environ 0,000 000 000 001 mm (1 millimètre divisé en mille milliards)
- On ne connaît pas vraiment la taille de l'électron. Essentiellement, c'est le plus petit qu'une chose peut être...
- La masse d'un proton est environ 1 836 fois plus grande que celle d'un électron
- L'espace qui sépare le proton et l'électron, c'est du vide !

## Transfert d'électrons

Nous savons déjà que les **électrons** sont des particules **chargées négativement (-)**.

Nous savons aussi qu'ils se situent dans un espace **autour du noyau** des atomes.

Or, les électrons peuvent être **transférés** d'un atome vers un autre atome (figure 16).



**Figure 16** – Atome d'hydrogène qui transfère un électron vers un autre atome

Mais, pourquoi un électron peut-il changer d'atome ?

Vous le savez déjà, les électrons sont :

- Très loin en périphérie du noyau des atomes
- Beaucoup moins massifs que le noyau

Un **électron** qui a été **transféré**, c'est un **grain d'électricité**.

### QUESTION 29

Dans un atome, où sont localisés les électrons ?

### QUESTION 30

Pourquoi les électrons peuvent-ils être transférés d'un atome vers un autre atome ?

**QUESTION 31**

Un électron transféré d'un atome vers un autre atome, c'est quoi ?

**QUESTION 32**

Un atome qui a transféré des électrons est-il neutre, chargé positivement ou négativement ?

**QUESTION 33**

Un atome qui reçoit des électrons transférés par un autre atome est-il neutre, chargé positivement ou chargé négativement ?

**QUESTION 34**

Un atome contenant 36 électrons et 29 protons est-il neutre, chargé positivement ou chargé négativement ? Pourquoi ?

**QUESTION 35**

Un atome contenant 26 électrons et 29 protons est-il neutre, chargé positivement ou chargé négativement ? Pourquoi ?

## Électricité statique

Vous avez tous déjà fait l'expérience de l'électricité statique en ressentant un petit choc au contact d'un objet ou d'une personne (figure 17).



Figure 17 – Décharge d'électricité statique

Quelle est cette décharge surprenante ?

Il s'agit d'un **transfert d'électrons**.

### Atome neutre et atome chargé

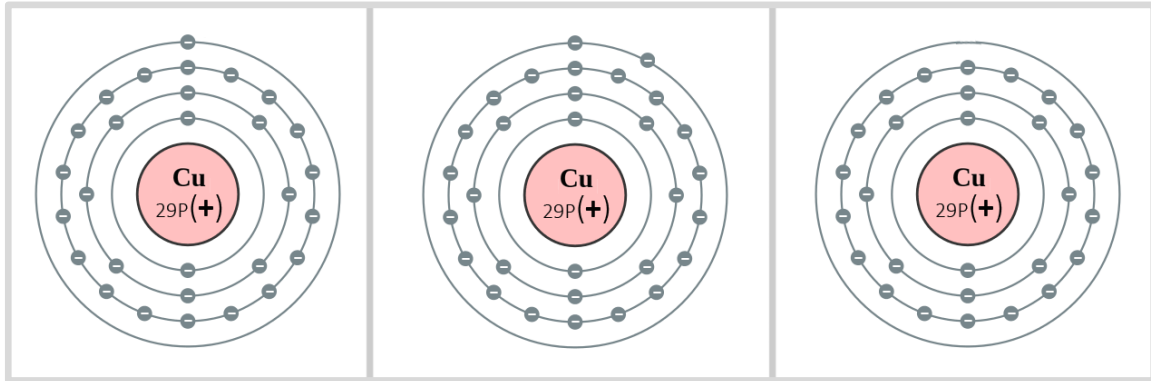
En électricité, le **nombre de protons (+)** dans le **noyau** des atomes **ne change pas**.

Or, nous savons déjà que les **électrons** peuvent être **transférés** d'un atome vers un autre atome.

#### §

Un **atome** qui a un **nombre équivalent** de **protons (+)** et d'**électron (-)** est **neutre**.

Un atome ayant un **nombre d'électrons (-)** qui **diffère** du **nombre de protons (+)** est **chargé** (figure 18).



**Figure 18** – Atome de cuivre : (1) neutre; (2) chargé négativement; et (3) chargé positivement

Un **atome** qui **reçoit** des **électrons** est **chargé négativement (-)**.

Un **atome** qui **donne** des **électrons** est **chargé positivement (+)**.

### QUESTION 36

Comptez les électrons des atomes de cuivre de la figure 18 et remplissez ce tableau :

ATOME DE CUIVRE	N <sup>bre</sup> D'ÉLECTRONS	N <sup>bre</sup> DE PROTONS	ÉTAT DE L'ATOME
Atome de gauche		29	Neutre
Atome du centre		29	Chargé négativement
Atome de droite		29	Chargé positivement

### QUESTION 37

En électricité, expliquez pourquoi un atome est chargé positivement ou négativement.

**QUESTION 38**

Le **numéro atomique**, c'est le **nombre de protons (+)** dans le noyau d'un atome.

Complétez le tableau suivant à l'aide d'un tableau périodique des éléments :

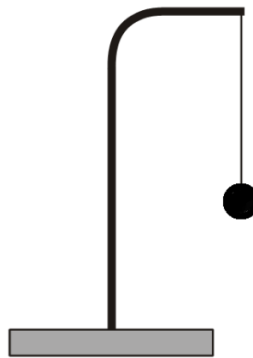
N <sup>bre</sup> D'ÉLECTRONS	NUMÉRO ATOMIQUE (N <sup>bre</sup> DE PROTONS)	ATOME	ÉTAT DE L'ATOME
1		Hydrogène	
	2		Neutre
	1		Chargé positivement
10		Oxygène	Chargé négativement
18	19		
	18		Neutre
2		Béryllium	
18	13		
	36		Neutre
10		Azote	
18	14		
10		Magnésium	
10	6		
18	15		
2		Bore	
13		Aluminium	
35	29		

## Expérience de l'électricité statique

Voici la liste des objets dont vous aurez besoin pour réaliser la prochaine expérience (demandez de l'aide au prof, ces objets sont disponibles dans votre centre) :

- Un support universel
- Une boule isolante (sureau ou du polystyrène expansé)
- Un petit fil
- Une tige de plastique

Le montage expérimental ci-dessous montre comment la boule isolante, suspendue au bout d'un fil, peut dévier dans tous les sens (figure 19).



**Figure 19** – Montage expérimental

Demandez au prof de vous observer lorsque vous réalisez l'expérience.

Répondez aux questions verbalement en discutant avec le prof.

Voici un protocole expérimental :

1. Frottez la tige de plastique sur un de vos vêtements
  - À cette étape, il n'y a aucune observation à faire. Il faut seulement penser à cette question : qu'est-ce qui se passe au niveau atomique lorsque vous frottez la tige sur vos vêtements ?



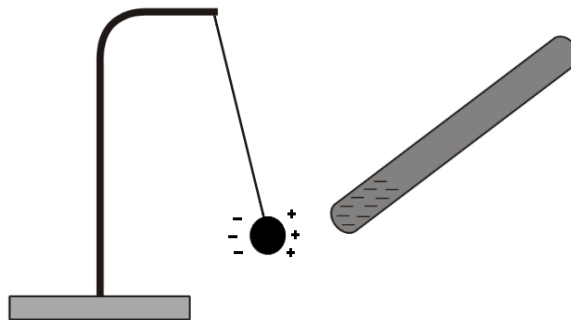
**RÉPONSE :** Des électrons se déplacent de votre vêtement vers la tige de plastique. Pourquoi ? En frottant la tige, vous arrachez des électrons de votre vêtement (un vêtement est de bons *donneurs* d'électrons). Ces électrons arrachés se fixent sur la tige (le plastique est un bon *receveur* d'électrons). La tige se charge donc négativement (-).

2. Approchez maintenant la tige plastique de la boule, mais sans la toucher.

- Qu'est-ce que vous observez ?

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/balloons-and-static-electricity>

**RÉPONSE :** La boule s'approche de la tige de plastique. Pourquoi ? Le surplus d'électrons sur la tige chargée négativement (-) repousse les électrons (-) de la boule. Les électrons de la boule sont repoussés vers son extrémité la plus éloignée de la tige. L'extrémité de la boule la plus près de la tige se charge positivement (+). Prenez le temps de bien comprendre la figure 20. **La boule est neutre**, mais ses électrons (-) sont repoussés par la tige (-). Souvenez-vous que la tige ne doit pas toucher à la boule (si la boule et la tige se touchent, vous pouvez les décharger en les manipulant et recommencer cette étape). Pour bien comprendre cette idée, essayez cette animation sur le web :

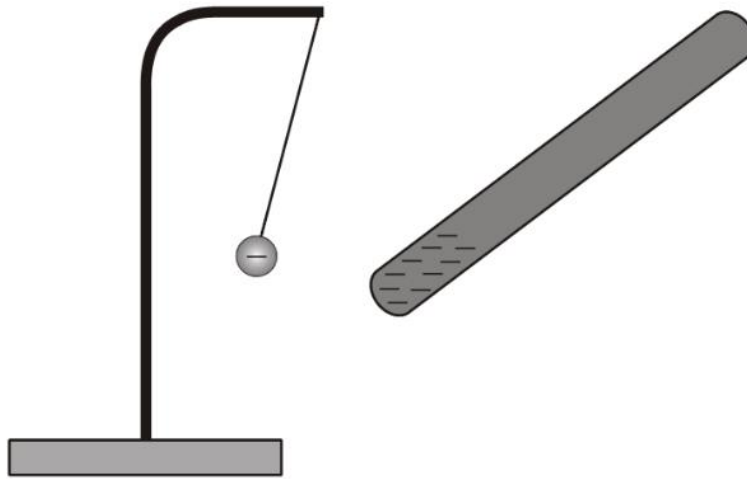


**Figure 20** – La boule est neutre, mais la tige (-) et la boule (+) s'attirent

3. Approchez la tige de plastique de la boule et laissez-les se toucher.

- Qu'est-ce que vous observez ?

**RÉPONSE :** La boule s'éloigne maintenant de la tige de plastique au lieu de s'en rapprocher ! Pourquoi ? Une partie du surplus d'électrons de la tige a été transférée vers la boule. Au contact de la tige, la boule s'est chargée négativement (-). La boule (-) et la tige (-) se repoussent, car les deux sont chargées négativement (-). Prenez le temps de bien comprendre la figure 21. Au besoin, demandez de l'aide au prof pour bien réaliser les trois étapes de cette expérience. N'hésitez pas à recommencer plusieurs fois les trois étapes et à relire les explications, jusqu'à ce que vous soyez certain(e) d'avoir bien compris les concepts.



**Figure 21** – La tige (-) et la boule (-) se repoussent

En réalisant cette expérience, vous avez observé que des **particules chargées** peuvent produire un **mouvement**.

Or, un **mouvement** a une **cause**.

## §

Pourquoi les **particules chargées** s'attirent-elles ou se **repoussent**-elles ?

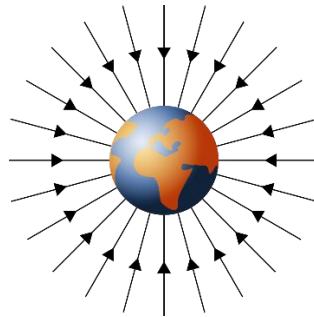
C'est parce qu'une **particule chargée crée** un **champ**.

## Champ gravitationnel

En physique, un **champ** explique l'**origine** de **phénomènes** naturels.

Prenons l'exemple de notre planète. Nous savons que la matière est attirée vers le centre de la Terre. Mais pourquoi ? C'est parce que la Terre est une grande quantité de matière, donc une grande quantité de masse.

Or, une **masse crée un champ** dans un **espace** qui l'entoure (figure 22).



**Figure 22** – Champ gravitationnel de la Terre

Le **champ** de la Terre exerce une **force** sur la matière placée dans cet espace.

Bien qu'**invisibles**, les effets d'un champ sont bien réels. Par exemple, nous savons que, tôt ou tard, le rocher ci-dessous entrera en mouvement (figure 23).



**Figure 23** – Rocher en équilibre dans un champ gravitationnel

Un **champ**, c'est la **cause** d'un **mouvement** (p. ex. un rocher qui tombe).

**QUESTION 39**

Quelle quantité physique mesure-t-on avec des grammes ?

**QUESTION 40**

Quelle est la cause du champ gravitationnel de la Terre

**QUESTION 41**

Qu'est-ce qui se passe si on place de la matière dans le champ gravitationnel de la Terre ?

**QUESTION 42**

Quelle est la cause du mouvement qui entraîne la matière vers le centre de Terre ?

**QUESTION 43**

Pourquoi la matière placée dans le champ de la Terre se dirige-t-elle vers le centre de la Terre plutôt que vers l'espace intersidéral ?

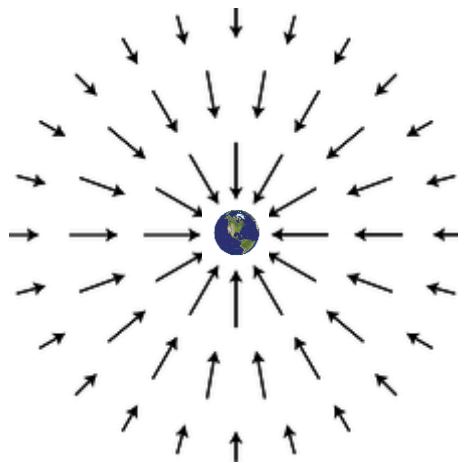
## Intensité d'un champ gravitationnel

Nous savons déjà que la **matière crée** un **champ** dans un espace qui l'entoure.

Or, l'**intensité** d'un **champ** gravitationnel **varie** avec la **distance** de la source qui le crée :

- Si on **s'approche** de sa source, l'**intensité** du champ **augmente**.
- Si on **s'éloigne** de sa source, l'**intensité** du champ **diminue**.

Par exemple, l'intensité du champ gravitationnel diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne du centre de la Terre (figure 24).



**Figure 24** – L'intensité du champ de la Terre varie avec la distance

Dans la figure précédente, les flèches sont la direction du champ. La longueur des flèches est la variation de l'intensité du champ.

L'**intensité** d'un **champ** gravitationnel **varie** aussi avec la **quantité** de **masse** qui le crée :

- Notre planète est une grande masse, donc elle crée un grand champ.
- Le champ créé par la Lune est plus petit que celui de la Terre car elle est moins massive.

## Force gravitationnelle

Une **force**, c'est l'**effet** d'un **champ**.

Par exemple, nous subissons tous l'effet du champ de notre planète Terre.

C'est pourquoi vous savez qu'il faut être prudent en escalade (figure 25).



**Figure 25** – Alex Honnold dans *Freerider* (5.13a), *El Capitan* (Yosemite)

Une **force**, c'est l'**action** d'un champ **sur la matière** placée dans ce champ.

Par exemple, tomber, c'est subir une force exercée par un champ (figure 26).



**Figure 26** – Chute libre de parachutisme

Le champ de la Terre exerce une force d'attraction sur la masse de votre corps.

Cette **action (force)** est une quantité physique qui s'exprime en **newton** (N).

**QUESTION 44**

Comment varie l'intensité d'un champ gravitationnel (discutez les paramètres « distance » et « quantité de masse ») ?

**QUESTION 45**

Expliquez ce qu'est une force.

**QUESTION 46**

Quelles sont les unités de mesure d'une masse ?

**QUESTION 47**

Quel est l'effet (l'action) d'un champ gravitationnel sur la matière placée dans ce champ ?

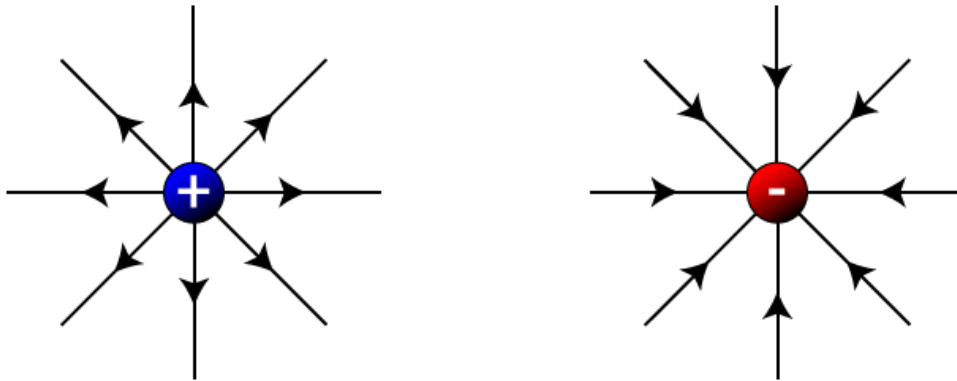
**QUESTION 48**

Quelles sont les unités de mesure d'une force ?

## Champ (champ électrique)

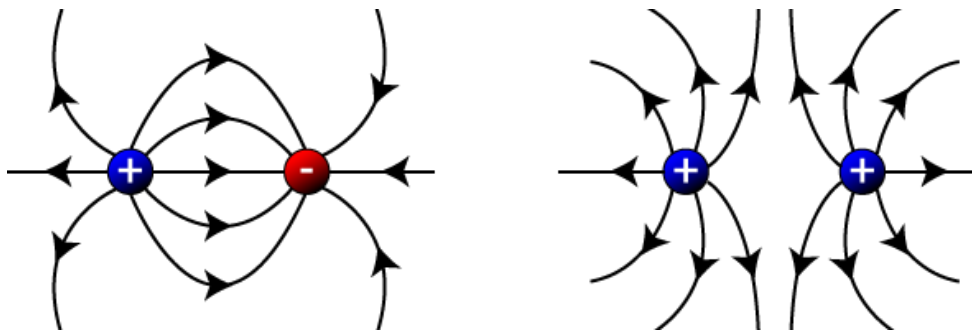
Comme une masse qui crée un champ gravitationnel, une **particule chargée crée un champ électrique** dans un **espace** qui l'entoure.

L'orientation du champ électrique dépend de la nature de la charge. Le champ d'une charge **positive** (+) et d'une charge **négative** (-) est illustré ci-dessous (figure 27).



**Figure 27** – Champ électrique d'un proton (+) et d'un électron (-)

Si deux particules chargées sont placées côte à côte, leur **champ interagit**. Cette action, c'est une **force** (figure 28).



**Figure 28** – Particules subissant une force d'attraction ou de répulsion

Le **champ électrique**, c'est la **cause** du **mouvement** de **particules chargées** (p. ex. deux charges qui s'attirent ou qui se repoussent).



**QUESTION 49**

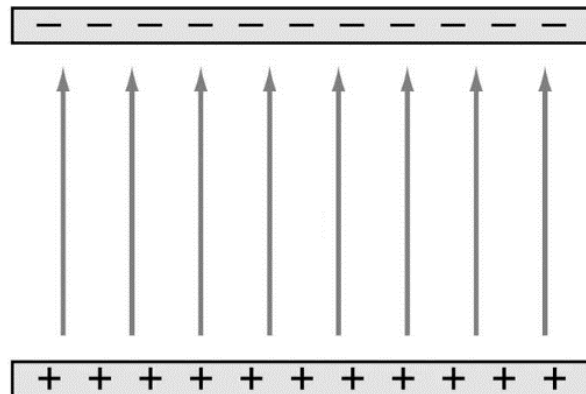
Quelle est la cause des champs électriques ?

**QUESTION 50**

Quelle est la cause du mouvement des particules chargées ?

§

Si des particules chargées sont concentrées sur deux plaques, ces charges vont créer un **champ** dans l'**espace** entre les plaques (figure 29).



**Figure 29** – Champ entre une plaque chargée positivement et une autre négativement

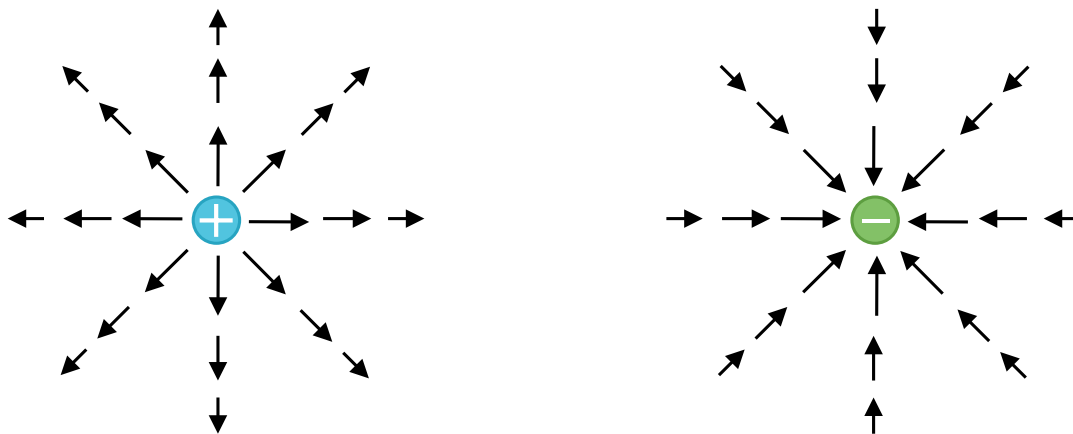
**QUESTION 51**

Si un électron est déposé dans l'espace entre les deux plaques de la figure précédente, il entrera en mouvement, car il subira une force causée par le champ. Dans quelle direction se dirigera l'électron ?

## Intensité d'un champ électrique

L'**intensité** du **champ** électrique **varie** (figure 30) selon deux paramètres :

1. La **distance** par rapport à la **source** du champ :
  - Si on **diminue** la **distance** de la source, l'**intensité** du champ **augmente**
2. La **quantité** de **charge** qui crée le champ :
  - Si on **augmente** la quantité de **charge**, l'**intensité** du champ **augmente**



**Figure 30** – Variation de l'intensité du champ électrique d'un proton (+) et d'un électron (-)

La direction des flèches indique la **direction** du **champ** créé par la particule chargée.

La longueur des flèches est la **variation de l'intensité du champ** avec la distance.

### QUESTION 52

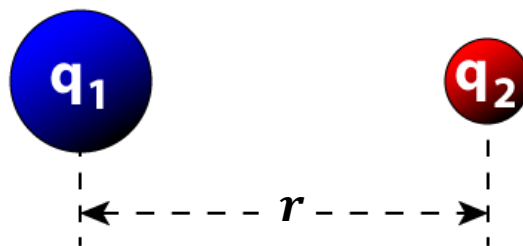
Comment varie l'intensité d'un champ électrique (discutez les paramètres « distance » et « quantité de charge ») ?

## Force électrostatique (loi de Coulomb)

Nous savons déjà qu'une **force**, c'est une **interaction** entre des **champs**.

Nous savons aussi qu'une force s'exprime en **newton** (N).

Plus un champ est intense, plus grande est l'interaction (la force) avec d'autres particules chargées (figure 31).



**Figure 31** – La force électrostatique varie avec la distance et la quantité de charge

Voici comment calculer la force électrostatique subite par deux charges qui créent des champs électriques :

$$F_e = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

où

$F_e$  : Force électrostatique (N)

$k$  : constante de Coulomb =  $9 \times 10^9 \left( \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right)$

$q_1$  : quantité de charge (C)

$q_2$  : quantité de charge (C)

$r$  : distance entre les deux charges (m)

**QUESTION 53**

Quelle est la force électrostatique entre une charge de  $5 \times 10^{-8} \text{ C}$  et une charge de  $8 \times 10^{-7} \text{ C}$  si elles sont séparées par une distance de 2 cm ? Est-ce une force d'attraction ou de répulsion ?

**QUESTION 54**

Quelle est la distance entre deux charges de  $-5 \times 10^{-8} \text{ C}$  si elles subissent une force de 0,1 N ?

**QUESTION 55**

Quelle est la distance entre une charge de  $5 \times 10^{-8} \text{ C}$  et une charge de  $8 \times 10^{-7} \text{ C}$  si elles subissent une force de 0,9 N ?

**QUESTION 56**

Quelle est la force électrostatique entre deux charges de  $-5 \times 10^{-8} \text{ C}$  placées à une distance de 1,5 cm ? S'agit-il d'une force d'attraction ou de répulsion ?

## Expérience de la machine de Wimshurst

La matière ne peut pas accumuler infiniment une charge.

Tôt ou tard, il y aura une décharge : les atomes dans l'air environnant vont subitement transférer le surplus d'électrons et former un arc électrique.

Entre 1880 et 1883, James Wimshurst inventa un générateur électrostatique connu sous le nom de « machine de Wimshurst » (figure 32).



**Figure 32** – Une machine de Wimshurst

Si vous avez une machine de Wimshurst dans votre centre d'éducation des adultes, demandez au prof de vous apprendre à vous en servir.

Allez visionner ceci avec un téléphone cellulaire, une tablette ou un ordinateur :

<https://www.youtube.com/watch?v=CerWFoPg7tE>



**QUESTION 57**

Décrivez vos observations lorsqu'on tourne la manivelle d'une machine de Winhurst. Expliquez le phénomène dans vos propres mots. Utilisez les mots *atome*, *charge*, *air*. Discutez-en avec votre prof.

**QUESTION 58**

Votre corps est constitué en bonne partie d'eau salée. Or, l'eau salée conduit l'électricité. Si votre prof met un doigt entre les électrodes au moment où vous tournez la manivelle, qu'est-ce que vous observerez ? Pourquoi ? Discutez-en avec votre prof.

§

Allez visionner ceci avec un téléphone cellulaire, une tablette ou un ordinateur :

<https://youtu.be/2pLJ2ZX4By4?t=458>



## L'électricité statique, c'est quoi ?

Dans le monde naturel, vous observez des manifestations de l'électricité statique.

Par exemple, la foudre, c'est de l'électricité statique : une immense quantité d'atomes chargés se déchargent soudainement et retournent à un état neutre (figure 33).

De l'**électricité statique**, c'est un **transfert d'électrons**.



**Figure 33** – La foudre, c'est de l'électricité statique

En **électricité statique**, des **charges fixes** (statiques) exercent une **force** sur d'autres charges fixes (interaction des champs).

Par exemple, des électrons transférés sur une tige de plastique peuvent exercer une force sur les électrons d'une boule de polystyrène.

### **QUESTION 59**

Que veut dire le mot « statique » en électricité statique ?

## Questions de révision de la première partie

Vous avez maintenant complété la première partie de ce recueil. Répondez aux questions ci-dessous pour réviser ce que vous avez appris.

### **QUESTION 60**

Nommez les particules d'un atome et spécifiez la nature de leur charge.

### **QUESTION 61**

Expliquer la différence entre un atome « neutre » et un atome « chargé ».

### **QUESTION 62**

Qu'est-ce qui crée un champ électrique ?

### **QUESTION 63**

Sur quoi un champ électrique a-t-il un effet ?



**QUESTION 64**

Comment nomme-t-on l'effet résultant de l'interaction entre des champs électriques ?

**QUESTION 65**

Nommez les deux caractéristiques de la matière discutées dans la première partie.

**QUESTION 66**

Expliquez le phénomène de l'électricité statique en utilisant ces mots : « atome », « électron », « charge », « transfert », « champ » et « force ».

**QUESTION 67**

Inscrivez l'unité de mesure correspondant à l'expression indiquée dans le tableau.

EXPRESSION	UNITÉ DE MESURE
Charge	
Force	
Masse	

**QUESTION 68**

Quelle est la particule responsable du phénomène de l'électricité ?

**QUESTION 69**

Si un atome contient 16 protons et 18 électrons, est-il chargé ? Si oui, est-il chargé positivement ou négativement ? Quel est le nom de cet atome ?

**QUESTION 70**

Pourquoi deux charges identiques se repoussent-elles ?

**QUESTION 71**

Quelle est la force électrostatique exercée par le champ d'un électron sur le champ d'un autre électron à une distance de  $1,52 \times 10^{-14}$  m ( $e = -1,602 \times 10^{-19}$  C) ? Est-ce une force d'attraction ou de répulsion ?

**QUESTION 72**

Quelle est la force électrostatique entre une charge de  $7 \times 10^{-8}$  C et une charge de  $-6 \times 10^{-8}$  C si elles sont séparées par une distance de 10 mm ? Est-ce une force d'attraction ou de répulsion ?

**QUESTION 73**

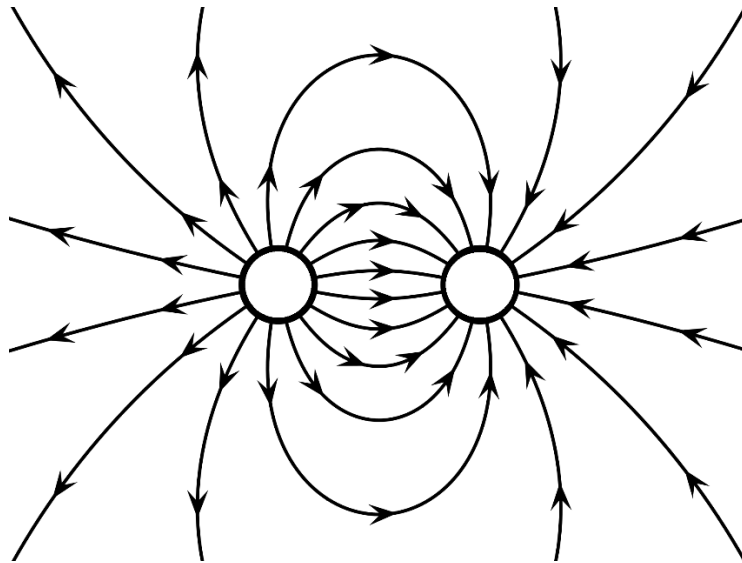
Quelle est la distance entre une charge de  $7 \times 10^{-8}$  C et une charge de  $-6 \times 10^{-8}$  C si elles subissent une force de  $-0,4$  N ?

**QUESTION 74**

Quelle est la distance entre deux électrons subissant une force de 1 N ?

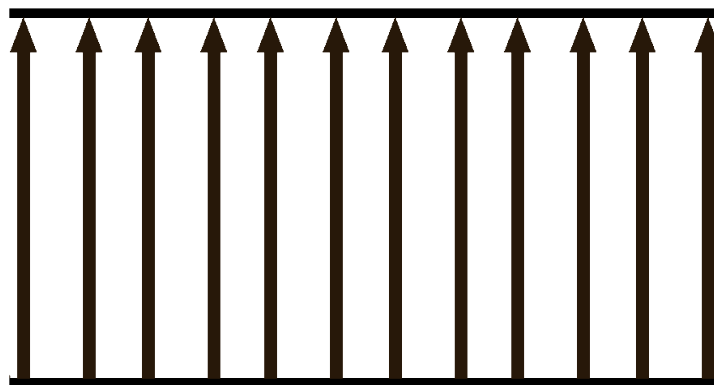
**QUESTION 75**

Ajouter les signes (+ ou -) aux bons endroits dans les particules ci-dessous.



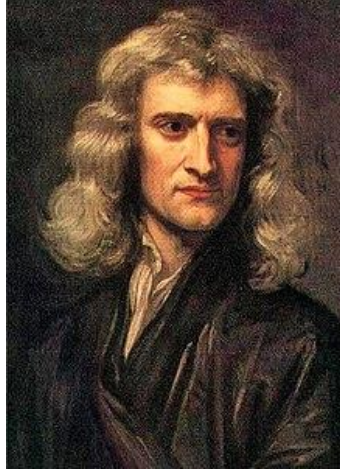
**QUESTION 76**

Ci-dessous, on voit le champ électrique entre deux plaques chargées. Ajoutez les signes (+ ou -) aux bons endroits.



**QUESTION 77**

Que mesure l'unité physique nommée en l'honneur d'Isaac Newton (figure 34) ?



**Figure 34** – Isaac Newton (1642-1727)

**QUESTION 78**

Que mesure l'unité physique nommée en l'honneur de Charles-Augustin Coulomb (figure 35) ?



**Figure 35** – Charles-Augustin Coulomb (1736-1806)

## **DEUXIÈME PARTIE**

### **L'électricité**

## L'électricité, c'est quoi ?

Chez les humains, vous observez le fonctionnement d'**appareils électriques** (ampoules, voiture électrique, calorifère, ordinateur, etc.).

Ces appareils fonctionnent grâce à l'**électricité** (figure 36).



**Figure 36** – Lumière d'origine humaine vue de l'espace

De l'**électricité**, c'est des **électrons en mouvement** dans un matériau **conducteur**.

Les appareils électriques fonctionnent donc grâce à un **mouvement** de la **matière**.

Un mouvement d'électrons, c'est un **courant**.

### **QUESTION 79**

La lumière d'origine humaine vue de l'espace, est-ce que c'est de l'électricité statique ?  
Quelle est la différence entre de l'électricité et de l'électricité statique ?



**QUESTION 80**

Tous les phénomènes observables listés ci-dessous sont des phénomènes électriques. Dites si, oui ou non, il s'agit d'électricité statique.

PHÉNOMÈNE OBSERVABLE	ÉLECTRICITÉ STATIQUE ?
Je fais bouillir de l'eau sur ma cuisinière	
Je frotte un ballon de fête 🎈 et je le colle sur un mur	
Je texte avec un téléphone cellulaire	
J'écoute la radio dans ma voiture	
La foudre est tombée sur un arbre dans ma cour	
Mes cheveux se dressent après avoir glissé dans un module de jeux	
J'allume une bouilloire pour me faire un thé	
Je regarde un film	
Je touche une poignée de porte et je ressens une décharge	
J'écris un courriel avec ordinateur	
Mes chaussettes sont collées ensemble dans ma sècheuse	
Je retire de la chaleur de mes aliments avec mon réfrigérateur	

**QUESTION 81**

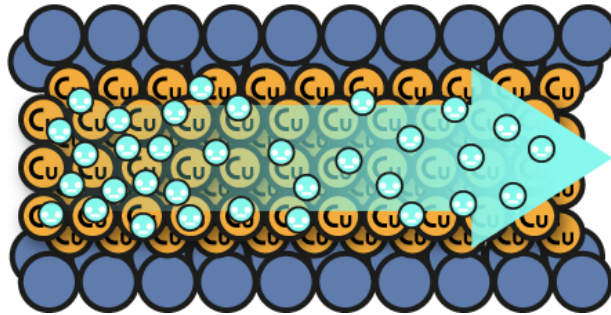
Un électron, c'est de la matière. C'est aussi une particule chargée. Autrement dit, plusieurs électrons forment une quantité de charge (coulomb).

Comment nomme-t-on le mouvement d'une quantité de charge dans un matériau conducteur ?

## Courant (courant électrique)

Nous savons déjà qu'un **courant**, c'est des **électrons en mouvement**.

Plus précisément, de l'**électricité**, c'est des **électrons** qui **traversent** un **matériau** (p. ex. un fil de cuivre) en voyageant **d'atome en atome** (figure 37).



**Figure 37** – Électrons voyageant d'atome en atome dans un fil de cuivre (Cu)

Or, nous savons que des **électrons**, c'est de la **matière**.

Un **courant**, c'est donc une **quantité** de **matière** en **mouvement**.

Comme, par exemple, l'eau d'une rivière (figure 38).



**Figure 38** – Un courant, c'est une quantité de matière en mouvement

Dans la figure précédente, imaginez que les gouttes d'eau qui forment la rivière sont des **électrons** qui forment un **courant**.

## Expérience de l'intensité d'un courant

Voici la liste des objets dont vous aurez besoin pour la prochaine expérience (figure 39) :

1. Un bidon à eau avec un robinet
2. Un chronomètre



**Figure 39** – Un bidon à eau avec un robinet

De l'eau, c'est de la matière, donc une quantité de masse. Un volume de 1 litre d'eau est une masse de 1 000 grammes.

Voici un protocole expérimental :

1. Expérience N° 1
  - a. Remplissez le bidon à eau (choisissez la quantité d'eau avec votre prof)
  - b. En vous installant au-dessus d'un lavabo ou un récipient, ouvrez *un peu* le robinet (environ  $\frac{3}{4}$  de tour)
  - c. Chronométrez le temps (seconde) requis pour vider le bidon
2. Expérience N° 2
  - a. Remplissez le bidon à eau (même quantité d'eau qu'à l'expérience n° 1)
  - b. En vous installant au-dessus d'un lavabo ou un récipient, ouvrez *complètement* le robinet
  - c. Chronométrez le temps (seconde) requis pour vider le bidon

Inscrivez vos résultats dans le tableau ci-dessous :

	<b>Expérience N° 1</b> (Partiellement ouvert)	<b>Expérience N° 2</b> (Complètement ouvert)
<b>Volume d'eau</b> (L)		
<b>Quantité de masse</b> (g)		
<b>Temps</b> (s)		
<b>Intensité du courant</b> (g/s)		

**QUESTION 82**

Pourquoi une même quantité d'eau versée donne deux intensités différentes.

**QUESTION 83**

De l'eau, c'est de la matière. Des électrons, est-ce que c'est de la matière ?

**QUESTION 84**

Si au lieu d'une quantité d'eau, on avait une quantité de charge (des électrons), quelles seraient les unités de mesure utilisées dans la deuxième ligne du tableau ?

**QUESTION 85**

Si au lieu d'une quantité d'eau, il s'agissait d'une quantité de charge (des électrons), quelles seraient les unités de mesure utilisées dans la quatrième ligne du tableau ?

**QUESTION 86**

Quelle caractéristique de la matière différencie un électron d'une goutte d'eau ?

## Les unités de mesure en physique

Les quantités physiques sont exprimées avec des **unités de mesure**.

Par exemple, pour exprimer la vitesse d'un coureur, on ne peut pas seulement dire un nombre (figure 40).



**Figure 40** – Usain Bolt au départ d'une course de 100 mètres

Exemple : Quelle est votre vitesse si vous parcourez 100 mètres en 9,69 secondes ?

$$vitesse = \frac{distance}{temps} = \frac{100 \text{ m}}{9,69 \text{ s}} = 10,32 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Si vous ne dites pas qu'il s'agit de mètres par seconde (m/s), on ne sait rien...

Les unités de mesure valident la cohérence de votre réponse. Par exemple, dans le calcul de la distance ci-dessous, on observe que la réponse est en mètre.

Exemple : Si votre vitesse est 10,32 m/s durant 9,69 s, quelle distance parcourez-vous ?

$$distance = 10,32 \frac{\text{m}}{\cancel{\text{s}}} \times 9,69 \cancel{\text{s}} = 100 \text{ m}$$

### QUESTION 87

En physique, à quoi servent les unités de mesure ?

## Intensité du courant (courant électrique)

L'intensité du **courant**, c'est une quantité de **charge** (électrons) qui circule **par seconde**.

Par exemple, la quantité de masse d'eau qui s'écoule d'un tuyau chaque seconde, c'est l'intensité d'un courant (figure 41).



**Figure 41** – L'intensité de ce courant, c'est la masse d'eau qui s'écoule chaque seconde

Plus la quantité de charge par seconde est grande, plus le courant est intense.

L'**intensité du courant** est une quantité physique qui s'exprime en **ampères (A)**.

Pour vous en souvenir, répétez ceci plusieurs fois à voix haute :

$$\text{ampère} = \frac{\text{coulomb}}{\text{seconde}}$$

Voici comment calculer l'intensité d'un courant :

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

où

$I$  : Intensité du courant (A)

$Q$  : Quantité de charge (C)

$t$  : intervalle de temps (s)

**QUESTION 88**

Quelle est la matière en mouvement dans un courant électrique ?

**QUESTION 89**

Dans un fil électrique, comment les électrons voyagent-ils ?

**QUESTION 90**

Comment nomme-t-on le mouvement des électrons dans un fil électrique ?

**QUESTION 91**

Écrivez en français la définition de l'intensité d'un courant ?

**QUESTION 92**

Quelle est la quantité physique qui exprime l'intensité d'un courant ?

**QUESTION 93**

Si  $6,25 \times 10^{18}$  électrons traversent un fil électrique durant une seconde, quelle est l'intensité du courant ? (indice :  $e = \mp 1,602 \times 10^{-19}$  coulombs)

**QUESTION 94**

Si une charge de 250 coulombs traverse un fil électrique durant 10 secondes, quelle est l'intensité du courant ?

**QUESTION 95**

Si une charge de 6 000 coulombs circule dans un fil électrique durant 1 minute, quelle est l'intensité du courant ?

**QUESTION 96**

Isolez  $Q$  dans l'équation de l'intensité du courant :  $I = \frac{Q}{t}$

**QUESTION 97**

Vous allumez un appareil électrique qui utilise 0,5 ampère. Si la pile tombe à plat 2 heures plus tard, quelle était la charge de la pile avant de mettre l'appareil en marche ?

**QUESTION 98**

Si la pile d'une perceuse électrique livre un courant de 1,5 A durant 50 minutes avant de se décharger, quelle était la charge de la pile ?



**QUESTION 99**

Une charge de 1 000 coulombs traverse un fil électrique durant 3 minutes, quelle est l'intensité du courant ?

**QUESTION 100**

Un appareil électrique utilise un courant de 10 A durant 1 min 5 s, quelle est la charge qui a traversé le fil conducteur ?

**QUESTION 101**

Le mouvement d'une charge de 2 500 coulombs a créé un courant de 15 A dans un fil conducteur. Pendant combien de temps la charge a-t-elle circulé dans ce fil ?

**QUESTION 102**

Vous allumez l'ampoule d'une lampe de poche qui *tire* 0,75 A. Si la pile tombe à plat 4 h 30 min plus tard, quelle était la charge de la pile avant d'allumer l'ampoule ?

**QUESTION 103**

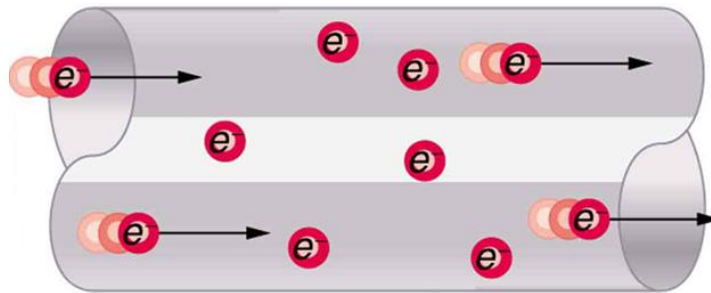
Si 28 800 coulombs ont produit un courant de 0,25 ampères, combien d'heure à durée le phénomène ?

## Tension (tension électrique)

Nous savons déjà qu'un **mouvement d'électrons** forme un **courant** dans un matériau.

Nous savons aussi qu'un courant fait fonctionner des **appareils électriques**.

Mais pourquoi des électrons sont-ils en mouvement dans un matériau (figure 42) ?



**Figure 42** – Électrons en mouvements dans un matériau (un courant)

C'est parce qu'il y a un champ électrique dans un matériau mis sous **tension**.

En électricité, on mesure la tension en **volt (V)**.

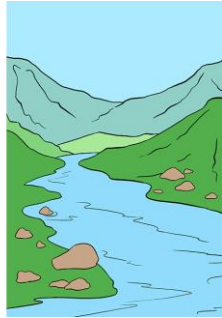
Les humains produisent des **sources de tension**, par exemple une pile (figure 43).



**Figure 43** – Une pile, c'est une source de tension

Le **symbole** de la **tension** est  $U$ .

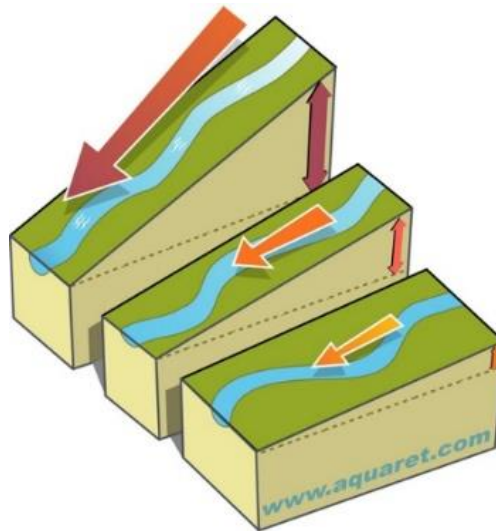
Une **tension**, c'est la **cause** du **courant**, comme la pente d'une rivière (figure 44).



**Figure 44** – La pente d'une rivière, c'est la cause du courant

Dans la figure précédente, imaginez que la **pente du terrain** créant le courant de la rivière, c'est la **tension** qui crée le courant dans un appareil électrique.

Comme une rivière, l'intensité du courant augmente avec la tension (figure 45).



**Figure 45** – Plus la tension augmente, plus l'intensité du courant augmente

#### **QUESTION 104**

Écrivez ci-dessous l'unité de mesure et le symbole d'une tension.

## Expérience de l'effet de la tension sur le courant

Vous allez réaliser une expérience simple pour illustrer la tension.

Voici la liste des objets dont vous aurez besoin :

1. Un bidon à eau avec un robinet



2. Un tuyau de plomberie de 1 ½ po x 18 po

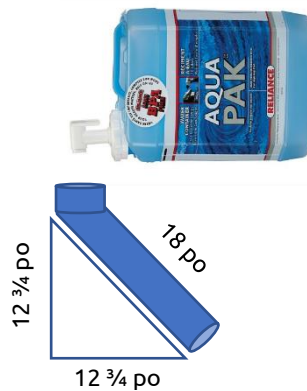


3. Un coude de plomberie de 1 ½ à 45° (insérez-le à un bout du tuyau)



Voici un protocole expérimental :

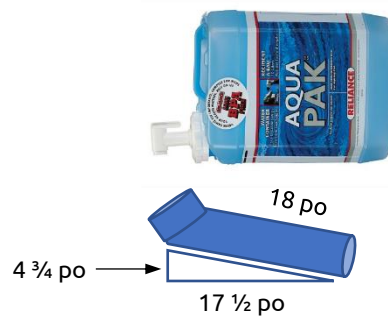
1. Expérience N° 1 : Remplir le bidon (choisissez la quantité d'eau avec votre prof). Dans un lavabo, versez l'eau du bidon dans le tuyau en l'inclinant avec un **angle de 45°** par rapport au sol (ouvrez le robinet au maximum).



**Schéma 1** – Montage expérimental (expérience n° 1)

Chronométrez le temps (seconde) durant lequel l'eau sort du tuyau.

2. Expérience N° 2 : Remplir le bidon (utilisez la même quantité d'eau que précédemment). Dans un lavabo, versez l'eau du bidon dans le tuyau en l'inclinant avec un **angle de 15°** par rapport au sol (ouvrez le robinet au maximum).



**Schéma 2** – Montage expérimental (expérience n° 2)

Chronométrez le temps (seconde) durant lequel l'eau sort du tuyau.

Inscrivez vos résultats dans le tableau ci-dessous (1 litre d'eau = 1 000 grammes) :

	<b>Expérience N° 1</b> (Angle = 45°)	<b>Expérience N° 2</b> (Angle = 15°)
<b>Volume d'eau</b> (L)		
<b>Quantité de masse</b> (g)		
<b>Temps</b> (s)		
<b>Intensité du courant</b> (g/s)		

### **QUESTION 105**

Si au lieu d'une quantité d'eau, il s'agissait d'une quantité de charge, quelles seraient les unités de mesure utilisées dans la deuxième ligne du tableau ?

### **QUESTION 106**

La quantité de masse d'eau qui s'est écoulée est la même dans chaque expérience. Pourquoi le courant est-il plus intense à l'expérience n° 1 ?

### **QUESTION 107**

S'il s'agissait d'une quantité de charge (électrons) par seconde, quelles seraient les unités de mesure utilisées dans la quatrième ligne du tableau ?

### **QUESTION 108**

En électricité, que représente la pente du tuyau ? Quelle est l'unité de mesure ?

### **QUESTION 109**

Si on augmente la tension, quel est l'effet sur le courant ?

## Charge d'une pile en ampère-heure (Ah)

Nous savons déjà que l'**intensité d'un courant** s'exprime en **ampères (A)**.

Nous savons aussi que l'intensité du courant dépend d'une **quantité de charge** (quantité d'électricité) exprimée en **coulombs (C)**.

Or, pour faciliter les calculs, on exprime parfois la **charge** (quantité d'électricité) d'une pile (figure 46) en **ampère-heure (Ah)**.



**Figure 46** – Une pile avec une capacité de 5 Ah

### QUESTION 110

Combien y a-t-il de secondes dans 1 heure ?

### QUESTION 111

Quelle quantité d'électricité est fournie par un courant de 1 ampère durant 1 heure ?

(Indice :  $I = \frac{Q}{t}$ . N'oubliez pas les unités de mesure)

Bravo ! Vous avez montré qu'une charge (quantité d'électricité) de **3 600 C = 1 Ah**

Pour vous souvenir de ce qu'est l'ampère-heure, répétez ceci plusieurs fois à voix haute :

**ampère-heure = ampère × heure**

**QUESTION 112**

Quelle est la définition d'un courant ? Écrivez un rapport entre deux unités de mesure.

**QUESTION 113**

Avec quelles unités exprime-t-on l'intensité d'un courant ?

**QUESTION 114**

Avec quelles unités exprime-t-on une quantité de charge (il y a deux possibilités) ?

**QUESTION 115**

Un ampère-heure, est-ce que c'est une quantité de charge ou l'intensité d'un courant ?

**QUESTION 116**

Un ampère-heure, est-ce que c'est la même chose que des ampères ou la même chose que des coulombs ?

**QUESTION 117**

Un ampère-heure, c'est combien de coulombs ?



Voici comment calculer la **quantité de charge d'une pile** en ampère-heure (Ah):

$$Q = It$$

où

$Q$  : Quantité de charge (Ah)

$I$  : Intensité du courant (A)

$t$  : Intervalle de temps (h)

### **QUESTION 118**

Écrivez en français l'équation  $Q = It$  (pile) en utilisant seulement les unités de mesure.

### **QUESTION 119**

Si une pile livre un courant de 1 A durant 1 heure, quelle est la charge de la pile ?

### **QUESTION 120**

Combien d'ampères une pile de 36 Ah peut-elle fournir durant 6 heures ?

**QUESTION 121**

Combien de temps fonctionnera une pile de 250 Ah si elle livre un courant de 50 A ?

**QUESTION 122**

Il y a combien d'heure dans 72 minutes (exprimez votre réponse en nombre décimal) ?

**QUESTION 123**

Si une pile livre un courant de 20 A durant 50 min, quelle est la charge (en Ah) de la pile ?

**QUESTION 124**

Combien d'ampères une pile de 1,25 Ah peut-elle fournir durant 500 minutes ?

**QUESTION 125**

Combien de temps fonctionnera une pile de 21 Ah si elle livre un courant de 4 A ?  
(Donnez votre réponse en heures et en minutes)

**QUESTION 126**

Combien y a-t-il coulombs dans 1 ampère-heure.

**QUESTION 127**

Combien de temps fonctionnera une pile avec une charge de 36 000 coulombs si elle livre un courant de 1 A ?

**QUESTION 128**

Si une pile livre un courant de 12 A durant 25 min, quelle est la charge (en Ah) de la pile ?

**QUESTION 129**

Combien d'ampères une pile de 2,5 Ah peut-elle fournir durant 3 600 secondes ?

**QUESTION 130**

Combien de temps fonctionnera une pile de 50 Ah si elle livre un courant de 12 A (exprimez votre réponse en heures et en minutes) ?

**QUESTION 131**

Le symbole utilisé pour ampère-heure est Ah. Est-ce que cela veut dire qu'il s'agit d'ampères multipliés par des heures ?

**QUESTION 132**

Une pile s'est déchargée. Si elle a livré un courant de 10 A durant 200 min, quelle était sa charge (en Ah) ?

## Premier résumé – Charge, courant et tension

Mémorisez le tableau 1.

**Tableau 1** – Charge, courant et tension

CONCEPT	SYMBOLE	UNITÉ DE MESURE	DÉFINITION
<b>Charge</b>	$q$ ou $Q$	coulomb (C) ou ampère-heure (Ah)	Quantité de charge (d'électricité)  (ampère-heure = ampère × heure)
<b>Intensité du courant</b>	$I$	ampère (A)	Quantité de charge par seconde  $\left(\text{ampère} = \frac{\text{coulomb}}{\text{seconde}}\right)$
<b>Tension</b>	$U$	volt (V)	Cause du courant

## Énergie (énergie électrique) : joule

L'**énergie** est une **caractéristique de la matière**.

Elle peut être **transférée** entre des objets et **changer de forme**.

Un **courant** (de la **matière en mouvement**), véhicule de l'**énergie**.

L'énergie véhiculée par de la matière en mouvement (un courant), c'est ce qui permet aux humains de faire travailler des appareils, par exemple un moulin à eau (figure 47).



**Figure 47** – Un moulin à eau effectue un travail grâce à l'énergie véhiculée par le courant

De l'**énergie**, c'est une **quantité de travail** qui s'exprime en **joule (J)**.

L'**énergie** véhiculée par le **mouvement des électrons** est utilisée pour **faire travailler des appareils électriques**.

### **QUESTION 133**

En physique, comment nomme-t-on une quantité de travail ?

### **QUESTION 134**

Que véhicule le mouvement des électrons ?

### **QUESTION 135**

Avec quelle unité de mesure exprime-t-on l'énergie ?

## Expérience de la puissance

Vous allez maintenant réaliser une expérience de pensée. Imaginez que vous montez un escalier de 400 marches (figure 48).



**Figure 48** – Escalier de 400 marches (Cap blanc, ville de Québec)

Vous avez deux choix :

1. Monter l'escalier en marchant
2. Monter l'escalier en joggant

Réfléchissez à ceci : peu importe votre choix, ça ne change pas la hauteur de l'escalier...

Monter 400 marches, **peu importe la vitesse**, c'est un **travail**.

Mais, selon vous, serait-il plus facile de marcher ou de jogger ?

### **QUESTION 136**

Le travail effectué pour monter un escalier, peu importe la vitesse, se mesure en joules.

En physique, comment nomme-t-on une quantité de travail ?

— — —

Si c'est la même quantité d'énergie peu importe notre choix, pourquoi jogger dans l'escalier est plus difficile que de marcher ?

C'est parce qu'on effectue ce **travail rapidement**... il faut de la **puissance** !

## Puissance (puissance électrique) – Première partie

La **puissance**, c'est la **vitesse** à laquelle on fait un **travail** :

- Un **travail** effectué **rapidement** nécessite **plus** de **puissance**
- Un **travail** effectué **lentement** nécessite **moins** de **puissance**

La **puissance** est une quantité physique qui s'exprime en **watt** (W).

Pour vous en souvenir, répétez ceci plusieurs fois à voix haute :

$$\text{watt} = \frac{\text{joule}}{\text{seconde}}$$

Voici comment calculer la puissance d'un travail :

$$P = \frac{E}{t}$$

où

$P$  : Puissance (W)

$E$  : Énergie (J)

$t$  : intervalle de temps (s)

### **QUESTION 137**

Quelle est l'unité de mesure de la puissance ?

### **QUESTION 138**

Écrivez en français l'équation  $P = \frac{E}{t}$  en utilisant seulement les unités de mesure.



**QUESTION 139**

Un appareil fait un travail de 500 joules en 50 secondes, quelle est la puissance ?

**QUESTION 140**

Un appareil fait un travail de 100 joules en 1 min. 40 s, quelle est la puissance ?

**QUESTION 141**

Isolez  $E$  dans l'équation  $P = \frac{E}{t}$

**QUESTION 142**

Écrivez en français l'équation obtenue à la question précédente.

**QUESTION 143**

Isolez  $t$  dans l'équation  $P = \frac{E}{t}$

**QUESTION 144**

Écrivez en français l'équation obtenue à la question précédente.

**QUESTION 145**

Un appareil de 25 watts fait un travail de 250 joules. En combien temps ce travail a-t-il été réalisé ?

**QUESTION 146**

Un appareil de 5 watts fait un travail en 2 min 30 s. Quelle est l'énergie de ce travail ?

**QUESTION 147**

Il y a combien de mètres (m) dans un kilomètre (km) ?

**QUESTION 148**

Il y a combien de joules (J) dans un kilojoule (kJ) ?

**QUESTION 149**

Si un appareil fait un travail de 2 kJ en 3 min 10 s, quelle est sa puissance ?

**QUESTION 150**

Un appareil de 0,004 kW fait un travail de 10 kJ. En combien temps ce travail a-t-il été réalisé ? Indiquez votre réponse en minutes et en secondes.

**QUESTION 151**

Un appareil de 0,750 kW fait un travail en 10 min. 45 s, qu'elle est l'énergie de ce travail ?

**QUESTION 152**

Si un appareil fait un travail de 360 kJ en 8 heures, quelle est sa puissance ?

**QUESTION 153**

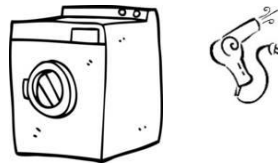
Écrivez dans vos propres mots quelle est la différence entre l'énergie et la puissance.

## Énergie (énergie électrique) : watt-heure

Lorsqu'un **appareil électrique** fait un **travail**, il consomme de **l'énergie**.

Or, certains appareils sont très puissants, d'autres moins puissants.

Par exemple, il est plus rapide de sécher une serviette avec une sècheuse à linge qu'avec un séchoir à cheveux (figure 49).



**Figure 49** – Une sècheuse à linge est un appareil plus puissant qu'un séchoir à cheveux

Nous savons déjà que la **puissance** s'exprime en **watt (W)** et qu'elle représente une quantité d'**énergie par seconde**.

Or, pour simplifier les calculs, on exprime parfois l'**énergie consommée** par les appareils électriques en **watt-heure (Wh)**

Voici comment calculer l'énergie consommée par un appareil électrique :

$$E = Pt$$

où

$E$  : Énergie (Wh)

$P$  : Puissance (W)

$t$  : intervalle de temps (h)

Pour vous souvenir de ce qu'est le watt-heure, répétez ceci plusieurs fois à haute voix :

$$\text{watt-heure} = \text{watt} \times \text{heure}$$

**QUESTION 154**

En physique, quelle est l'unité de mesure de l'énergie (une quantité de travail) ?

**QUESTION 155**

En physique, quelle est l'unité de mesure de la puissance ?

**QUESTION 156**

En électricité, quelle unité de mesure utilise-t-on parfois pour exprimer l'énergie consommée par les appareils électriques ?

**QUESTION 157**

Un watt-heure(Wh), est-ce que c'est une mesure de la puissance ou de l'énergie ?

**QUESTION 158**

Un watt-heure (Wh), est-ce que c'est la même chose que des watts ou la même chose que des joules ?

**QUESTION 159**

Quelle est l'énergie (Wh) consommée durant 1 heure par un appareil de 1 watt ?

**QUESTION 160**

Combien y a-t-il de joules dans 1 watt-heure (indice : joule = watt × seconde) ?

**QUESTION 161**

Combien y a-t-il de mètres (m) dans un kilomètre (km) ?

**QUESTION 162**

Combien y a-t-il de watts (W) dans un kilowatt (kW) ?

**QUESTION 163**

Combien y a-t-il de Wh dans un kWh ?

**QUESTION 164**

Quelle est l'énergie (kWh) consommée durant 1 heure par un appareil de 1 kW ?

**QUESTION 165**

Si Hydro-Québec facture 0,07 \$ pour chaque kWh d'énergie consommée, combien coûte l'utilisation d'un four ayant une puissance de 3 kW durant  $4\frac{1}{2}$  heures ?

**QUESTION 166**

Quelle est la puissance d'un appareil qui consomme 10 kWh d'énergie électrique durant 2 heures (exprimez votre réponse en watts) ?

**QUESTION 167**

Durant combien de temps travaille un appareil de 5 kW qui consomme 12 kWh d'énergie électrique (exprimez votre réponse en heure et en minutes) ?

**QUESTION 168**

Si Hydro-Québec facture 0,07 \$ par kWh, combien coûte l'utilisation d'un calorifère de 750 W durant 60 jours ?

**QUESTION 169**

Combien de temps a travaillé un appareil de 15 kW ayant consommé 80 kWh d'énergie électrique (exprimez votre réponse en heure et en minutes) ?

**QUESTION 170**

Si l'électricité coûte 0,07 \$/kWh, pendant combien de temps peut-on faire travailler un lave-vaisselle de 1 500 W avec 31,50 \$ ?

## Puissance (puissance électrique) – Seconde partie

Nous savons déjà que la **puissance**, c'est la **vitesse** à laquelle on fait un **travail**.

Nous savons aussi que la **puissance** s'exprime en **watts (W)**.

Or, on peut **augmenter** la **puissance** du **travail** fait par des **appareils électriques** de deux façons :

- Augmenter la tension
- Augmenter le courant

Pour vous en souvenir, répétez ceci plusieurs fois à voix haute :

$$\text{watt} = \text{volt} \times \text{ampère}$$

Voici comment calculer la puissance d'un travail fait par un appareil électrique :

$$P = UI$$

où

$P$  : Puissance (W)

$U$  : Tension (V)

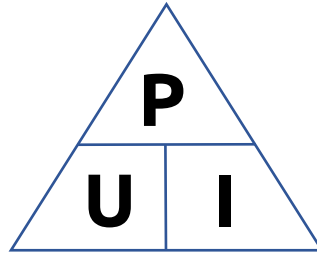
$I$  : Intensité du courant (A)

### **QUESTION 171**

Quelle est la puissance d'une scie circulaire utilisant un courant de 13 A lorsqu'elle est branchée à une source de tension de 120 V ?



Mémorisez le triangle ci-dessous. C'est un truc pour vous souvenir comment effectuer des calculs avec la puissance électrique. Demandez à votre prof comment vous en servir.



### Exemple

1. On cherche la puissance (W) :  $P = UI$
2. On cherche la tension (V) :  $U = \frac{P}{I}$
3. On cherche l'intensité du courant (A) :  $I = \frac{P}{U}$

### QUESTION 172

Quelle est l'intensité du courant dans un fil conducteur qui alimente une plinthe électrique de 2 500 W sous une tension de 240 V ?

### QUESTION 173

Quelle est la tension alimentant un ordinateur de 200 W s'il est branché avec un fil où circule un courant de 1,7 A ?

**QUESTION 174**

Quelle est la puissance d'une cafetière utilisant un courant de 5 A lorsqu'elle est branchée à une source de tension de 120 V ?

**QUESTION 175**

Quelle est l'intensité du courant dans un fil conducteur qui alimente une sécheuse à linge de 4 kW sous une tension de 240 V ?

**QUESTION 176**

Quelle est la tension alimentant un calorifère de 0,5 kW où circule un courant de 2,1 A ?

**QUESTION 177**

Quelle est l'intensité du courant dans un fil conducteur alimentant deux appareils de chauffage de 1 000 W alimentés par une source de tension de 120 V ?

**QUESTION 178**

Quelle est l'intensité du courant dans un fil conducteur alimentant un appareil de chauffage alimenté par une source de tension de 120 V et consommant 60 kJ par minute ?

## Deuxième résumé – Énergie et puissance

Mémorisez le tableau 2.

**Tableau 2 – Énergie et puissance**

CONCEPT	SYMBOLE	UNITÉ DE MESURE	DÉFINITION	ÉQUATION
<b>Énergie</b>	$E$	joule (J) ou watt-heure (Wh)	Quantité de travail	$E = Pt$ (joule = watt × seconde) et $E = Pt$ (watt-heure = watt × heure)
<b>Puissance</b>	$P$	watt (W)	Vitesse d'un travail	$P = \frac{E}{t}$ (watt = $\frac{\text{joule}}{\text{seconde}}$ ) et $P = UI$ (watt = volt × ampère)

## Expérience de mesures avec un multimètre

Vous devez apprendre à utiliser un **multimètre**. Cet instrument de mesure peut faire la lecture de la **tension** et de l'**intensité du courant** (figure 50).

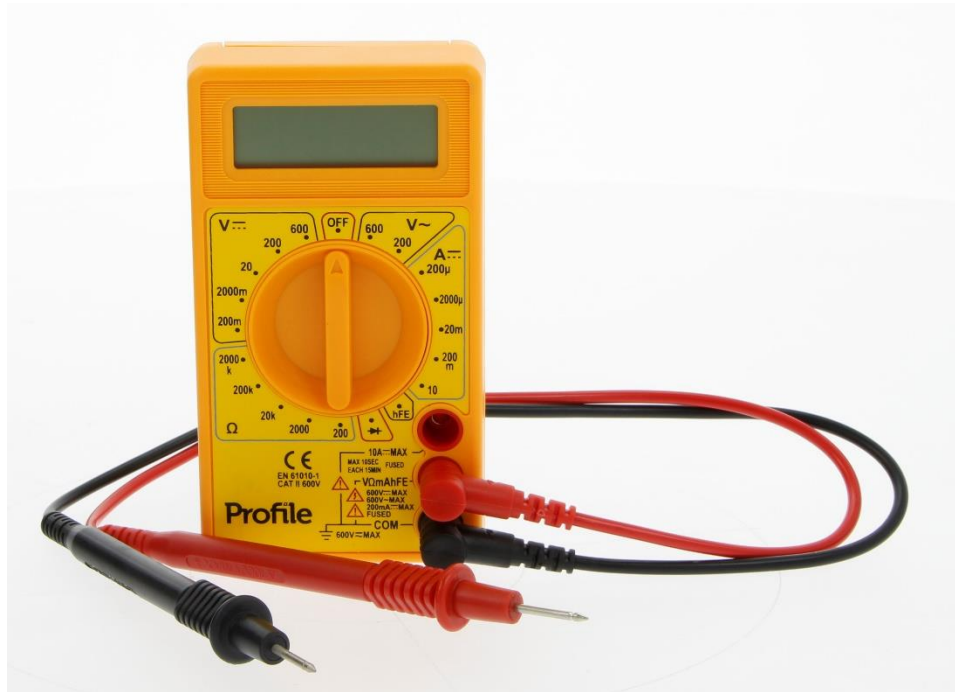


Figure 50 – Un multimètre

### QUESTION 179

Quelles sont les unités de mesure d'une tension ?

### QUESTION 180

Quelles sont les unités de mesure de l'intensité du courant ?

### QUESTION 181

Quelles sont les unités de mesure de la puissance ?

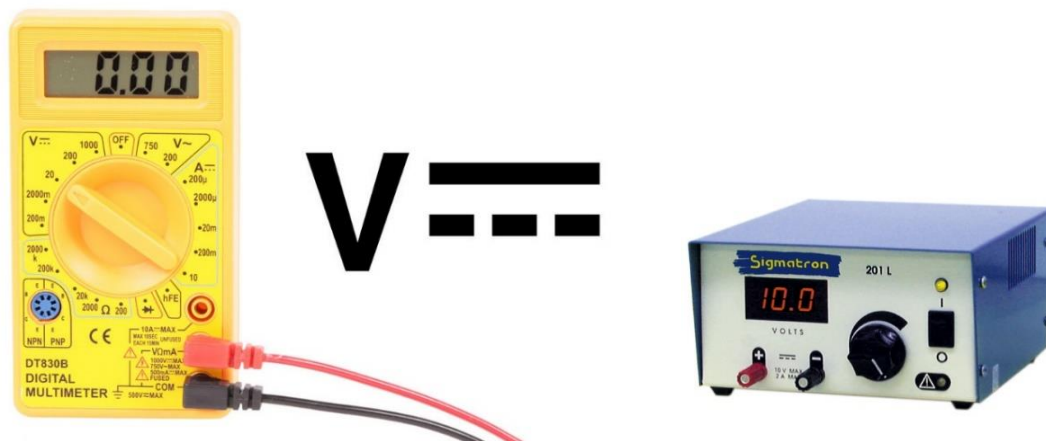
Voici les objets dont vous aurez besoin pour les prochaines expériences :

- 1 source de tension variable
- 4 ampoules avec leur socle
- 1 multimètre
- Des fils conducteurs avec des pinces alligators

Voici un protocole expérimental :

### Expérience N° 1

- Branchez les fils comme sur la figure suivante, puis sélectionnez « 20 » dans la section du multimètre avec le symbole ci-dessous (affichage = max 20 V)



**Schéma 1** – Réglage du multimètre et source de tension variable

- Branchez la source tension et reliez-là à une ampoule avec des fils conducteurs
- Connectez les pointes du multimètre aux bornes de l'ampoule, puis faites varier la tension en tournant la roulette

### **QUESTION 182**

Comment se comporte l'ampoule ? Pourquoi ? La lecture du multimètre est-elle identique à celle affichée par la source de tension ?

## Expérience N° 2

- Branchez les fils comme sur la figure suivante, puis tourner la roulette pour sélectionner une mesure maximale dans la section « ampère » du multimètre.



Schéma 2 – Réglage pour mesurer l'intensité du courant

- Reliez la source de tension à une ampoule, mais en passant par le multimètre (branchement en série) :

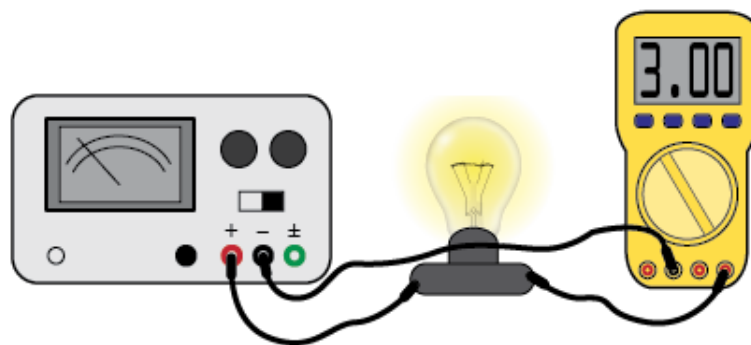


Schéma 3 – Montage à réaliser

- Faites varier la tension en tournant la roulette.

**QUESTION 183**

Qu'observez-vous lorsque vous faites varier la tension (ampoule et multimètre) ?

**QUESTION 184**

Selon vous, pourquoi le multimètre doit-il être branché en série lorsqu'on veut mesurer l'intensité du courant ?

**QUESTION 185**

Réglez la tension à 3 V. Mesurez l'intensité du courant qui traverse l'ampoule, puis calculez la puissance dissipée par l'ampoule ( $P = UI$ ).

**QUESTION 186**

Réglez la tension à 9 V et calculez la puissance dissipée par l'ampoule ( $P = UI$ ). Que remarquez-vous par rapport à la question précédente ?

**QUESTION 187**

Selon vous, si on ajoute trois ampoules (en série) dans le montage, est-ce que cela aura un impact sur l'intensité du courant ? Pourquoi ?

**QUESTION 188**

Vérifiez expérimentalement votre réponse à la question précédente afin de confirmer ou d'invalidier votre hypothèse. Vos observations vous semblent-elles cohérentes ?

**QUESTION 189**

Tracez un schéma du dernier montage (pile, fils conducteurs, ampoules).



## Questions de révision de la deuxième partie

Vous avez maintenant complété la deuxième partie de ce recueil. Répondez aux questions ci-dessous pour réviser ce que vous avez appris.

### **QUESTION 190**

Un ordinateur est allumé 8 heures par jour. Quelle est sa puissance s'il a consommé 300 kWh l'an passé ?

### **QUESTION 191**

Combien d'heures par jour travaille une ampoule de 60 W si elle consomme 90 kWh par année (exprimez votre réponse en heure et en minutes) ?

### **QUESTION 192**

Si Hydro-Québec facture 0,07 \$ par kWh, combien coûte le chauffage d'une maison durant 1 heure avec une puissance de chauffage de 15 kW ?

### **QUESTION 193**

Combien de temps fonctionnera une pile de 10 Ah si on utilise un courant de 4 A ?

**QUESTION 194**

On veut dépenser un maximum de 50 \$ par année pour l'énergie consommée par un réfrigérateur. Si l'électricité coûte 0,07 \$/kWh, combien d'heures par jour peut-on faire travailler un réfrigérateur utilisant une puissance moyenne de 300 W ?

**QUESTION 195**

Inscrivez l'unité de mesure (ou l'unité de mesure équivalente) correspondant à l'expression indiquée dans le tableau.

Choix de réponse : coulomb, ampère, volt, joule, watt

CONCEPT	UNITÉ DE MESURE OU UNITÉ DE MESURE ÉQUIVALENTE
Tension	
Énergie	
Charge	
Puissance	
ampère-heure (Ah)	
Intensité du courant	
kilowatt-heure (kWh)	

**QUESTION 196**

Complétez le tableau ci-dessous.

Choix de réponse :

- joule
- Puissance
- $\frac{\text{coulomb}}{\text{seconde}}$
- volt  $\times$  ampère
- Charge
- watt  $\times$  heure
- Énergie
- $\frac{\text{joule}}{\text{seconde}}$
- ampère  $\times$  heure
- Intensité du courant
- coulomb

Unité de mesure	Concept	Expression mathématique	Unité de mesure équivalente
watt			
ampère-heure			
ampère			
watt-heure			

**QUESTION 197**

Quelle est l'énergie électrique consommée durant 8 heures par un appareil de 15 kilowatts ?

**QUESTION 198**

Un coureur dépense 1 800 kJ durant une course de 40 minutes. Quelle est sa puissance ?

**QUESTION 199**

Quelle est la puissance d'un micro-ondes branché à une prise de courant de 120 V et relié à un fil où circule un courant de 12,5 A ?

**QUESTION 200**

Une charge de 150 coulombs a traversé un fil de cuivre en 1 heure. Quelle était l'intensité du courant ?

**QUESTION 201**

Une pile s'est déchargée complètement durant 2 heures parce qu'elle fournissait un courant de 2 ampères. Quelle était sa charge ?

**QUESTION 202**

Un cœur humain développe une puissance de 2 watts pour faire circuler le sang durant 1 minute. Si 75 battements ont été observés durant une minute, quelle quantité d'énergie le cœur a-t-il consommée à chaque battement ?

**QUESTION 203**

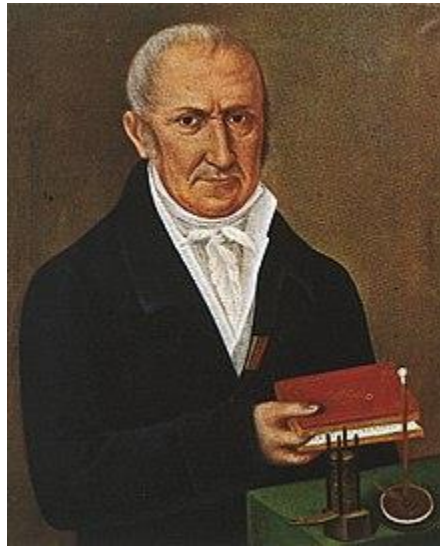
Que mesure l'unité physique nommée en l'honneur d'André-Marie Ampère (figure 51) ?



**Figure 51** – André-Marie Ampère (1775-1836)

**QUESTION 204**

Que mesure l'unité physique nommée en l'honneur d'Alessandro Volta (figure 52) ?



**Figure 52** – Alessandro Volta (1745-1827)

**QUESTION 205**

Que mesure-t-on avec l'unité physique nommée en l'honneur de James Prescott Joule (figure 53) ?



**Figure 53** – James Prescott Joule (1818-1889)

**QUESTION 206**

Que mesure l'unité physique nommée en l'honneur de James Watt (figure 54) ?



**Figure 54** – James Watt (1736-1819)

**TROISIÈME PARTIE**  
**L'électromagnétisme**

## Champ (champ magnétique)

En physique, on sait que l'**électricité** et le **magnétisme** sont deux aspects d'une même réalité : l'**électromagnétisme**.

Vous avez tous déjà observé un aimant qui attire des objets métalliques (figure 55).

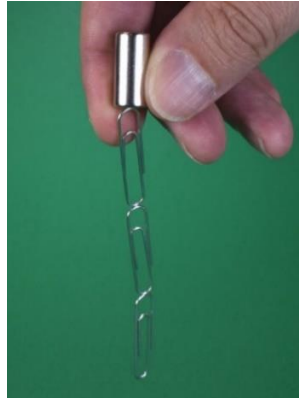


Figure 55 – Un aimant

Mais pourquoi un aimant attire-t-il les objets métalliques ?

C'est parce qu'un aimant crée un **champ magnétique** (figure 56).

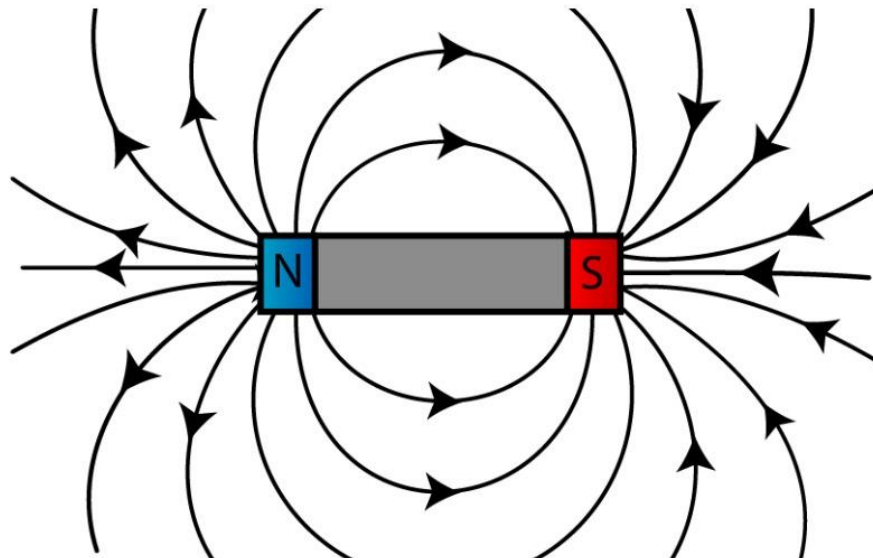
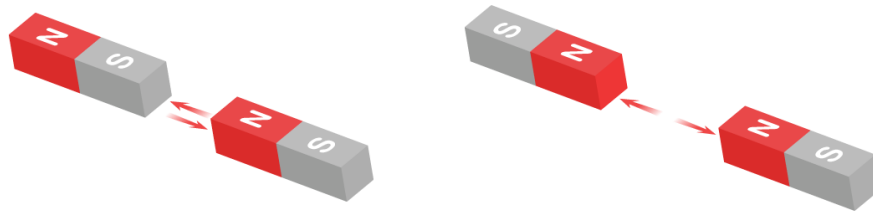


Figure 56 – Champ magnétique d'un aimant



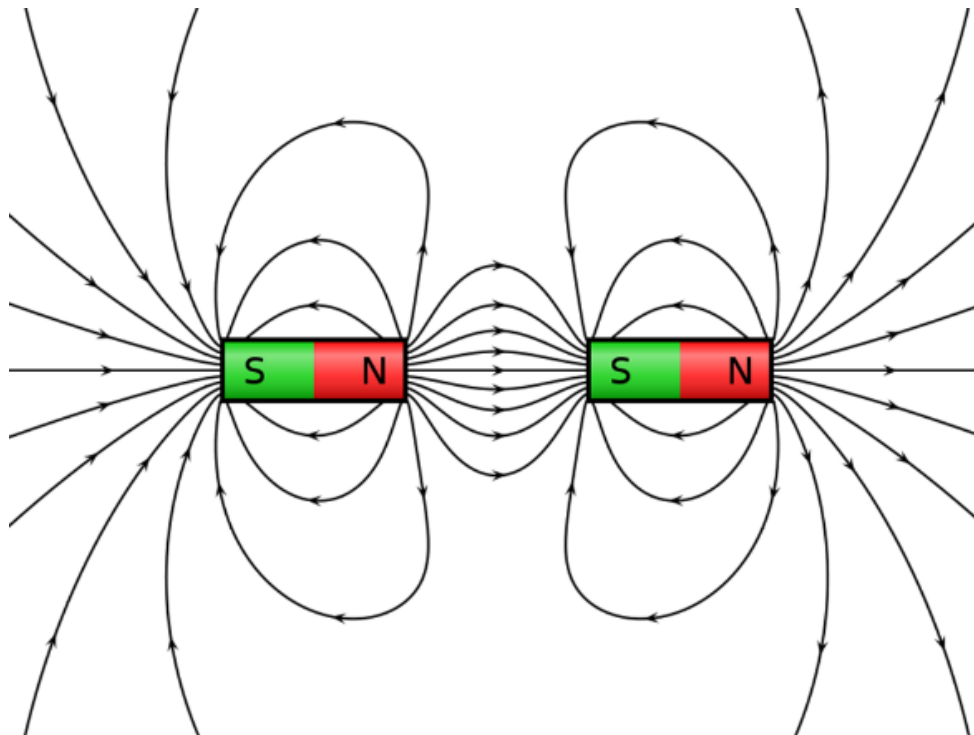
Vous avez sans doute déjà remarqué comment les pôles de deux aimants s'attirent ou se repoussent (figure 57) :

- Deux pôles contraires s'attirent
- Deux pôles identiques se repoussent

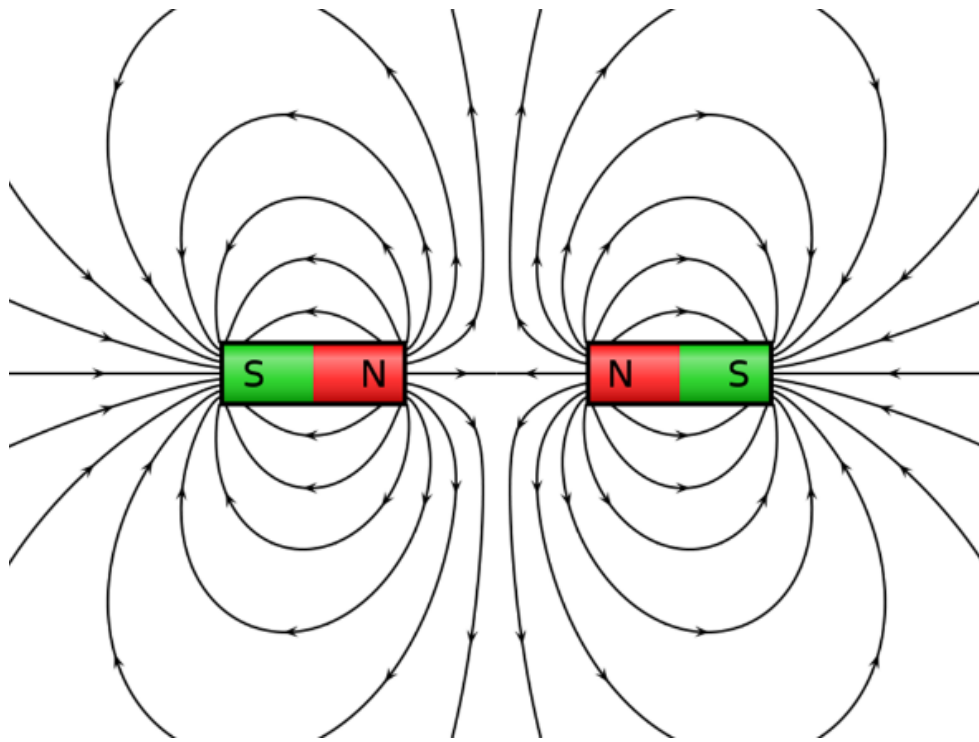


**Figure 57** – Aimants qui s'attirent ou qui se repoussent

Mais pourquoi les aimants subissent-ils cette **force** ? C'est à cause de l'**interaction** de leur **champ** (figure 58 et figure 59).



**Figure 58** – Champs d'aimants qui subissent une force d'attraction



**Figure 59** – Champs d'aimants qui subissent une force de répulsion

Les **lignes** d'un **champ** magnétique sont orientées du **nord (N) vers le sud (S)**.

## Expérience de la matérialisation du champ magnétique

Voici la liste des objets dont vous aurez besoin pour la prochaine expérience :

- Un aimant droit
- Une feuille blanche
- De la limaille de fer
- Une boussole

Voici un protocole expérimental :

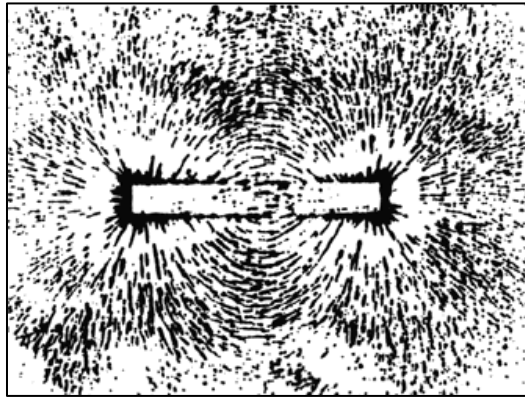
Déposez la feuille par-dessus l'aimant, puis saupoudrez de la limaille de fer sur la feuille (évitez de mettre en contact la limaille de fer et l'aimant).

**QUESTION 207**

Qu'est-ce que vous observez ? Est-ce que ça ressemble à la figure 60 ?

**QUESTION 208**

Qu'observez-vous en déplaçant la boussole autour de l'aimant ?



**Figure 60** – Champ, limaille de fer et feuille de papier

Cette expérience montre que, bien qu'invisible, un champ est une réalité physique.

## Magnétisme et électricité

En 1820, Hans Christian Oersted (figure 61) a observé que le magnétisme et l'électricité sont des phénomènes interreliés. Il est facile de réaliser vous-même cette expérience.



**Figure 61** – Hans Christian Oersted (1777-1851)

## Expérience du champ magnétique créé par un courant

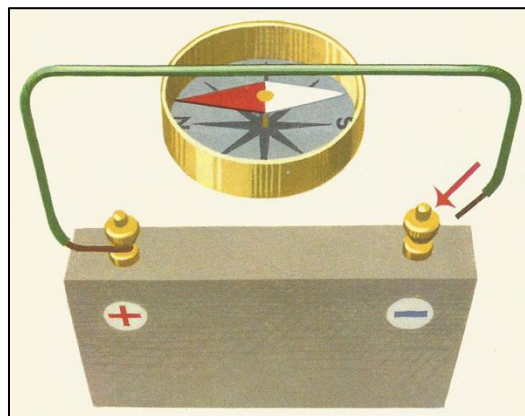
Reproduisez l'expérience d'Oersted à l'aide des objets ci-dessous :

- Une pile (source de tension)
- Un fil électrique avec des pinces alligator
- Une boussole

Voici un protocole expérimental :

Reliez un bout du fil à une borne de la pile, puis faites-le passer par-dessus une boussole. Toucher l'autre borne de la pile avec l'autre bout du fil (figure 62).

Qu'est-ce que vous observez ?



**Figure 62** – Schéma expérimental

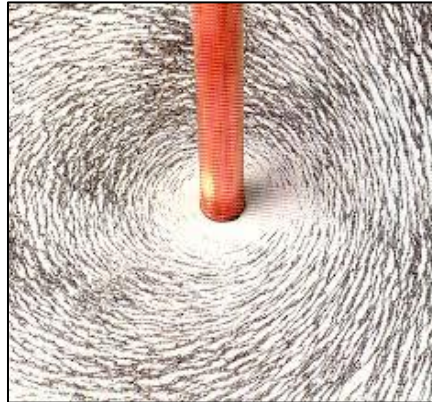
### QUESTION 209

Que montre l'expérience d'Oersted ? Pourquoi la boussole réagit-elle lorsqu'un courant électrique circule dans le fil ? Est-ce qu'il y a un champ magnétique s'il n'y a pas de courant ? Discutez-en avec votre prof.

## Champ magnétique créé par un courant

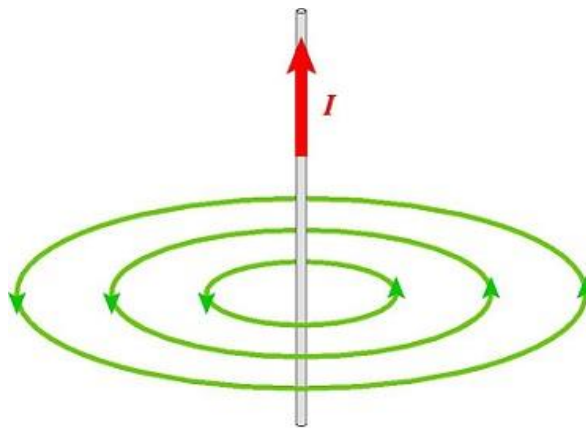
Un **courant** électrique crée un **champ magnétique** dans un espace qui entoure.

Comme avec un aimant et de la limaille de fer, on peut voir le champ magnétique créé par un courant qui circule dans un fil conducteur (figure 63).



**Figure 63** – Limaille de fer épousant les lignes de champ autour d'un fil où circule un courant

On observe que le champ créé par un courant est circulaire (figure 64).



**Figure 64** – Champ magnétique créé autour d'un fil où circule un courant

Dans la figure précédente, la flèche *I* indique le sens du courant. Les flèches sur les cercles concentriques indiquent l'orientation du champ magnétique.

## Orientation du champ magnétique et sens du courant

L'**orientation** du **champ magnétique** dans un fil conducteur est déterminée par la règle de la main droite (figure 65) :

- Le pouce pointe le courant
- Les doigts pointent le champ magnétique

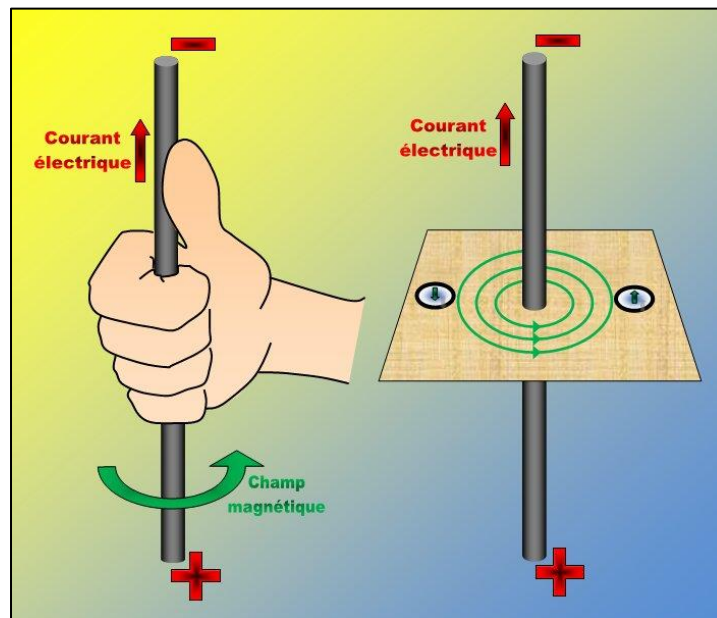


Figure 65 – Règle de la main droite

Remarquez : le **sens du courant** va du **positif (+) vers le négatif (-)**.

### QUESTION 210

Selon vous, dans la figure précédente, est-ce que les électrons circulent dans le même sens que le courant indiqué par le pouce ? Pourquoi ?

---



---

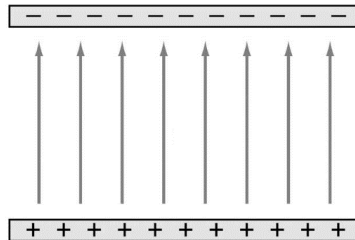
Mémorisez ceci : le **sens du courant** est contraire au mouvement des électrons.

---

Mémorisez ceci : le **sens du courant** est le sens des lignes de champ électrique.

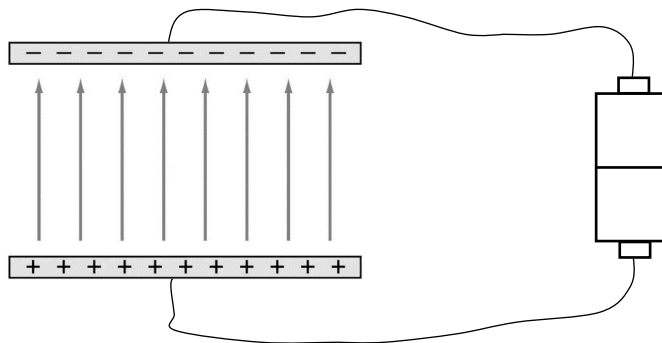
### QUESTION 211

Dessinez un électron dans ce champ électrique et indiquez la direction où il se dirigera.



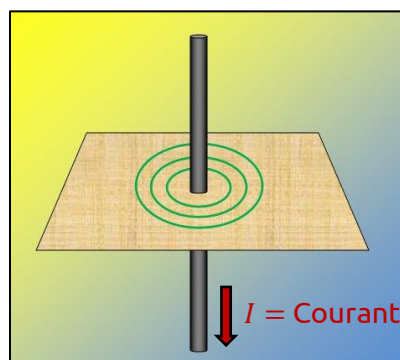
### QUESTION 212

Indiquer le sens du courant sur le fil et les signes « + » et « - » sur la pile.



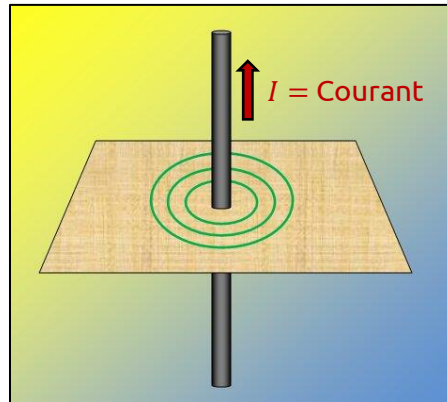
### QUESTION 213

Un courant circule dans ce fil électrique. Dessinez les flèches indiquant l'orientation du champ magnétique et ajoutez les symboles « + » et « - » aux extrémités du fil.



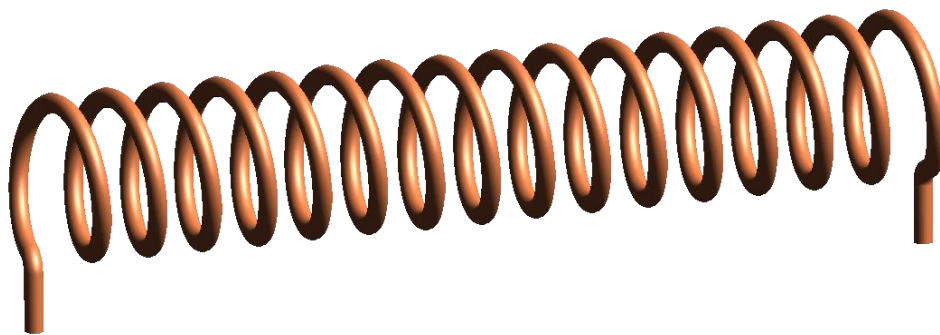
**QUESTION 214**

Un courant circule dans un fil électrique. Dessinez les flèches indiquant l'orientation du champ magnétique et ajoutez les symboles « + » et « - » aux extrémités du fil.

**Champ magnétique d'un solénoïde**

Nous savons déjà qu'un courant crée un champ magnétique dans un espace qui entoure.

Or, on peut augmenter l'**intensité** de ce **champ** en formant un **solénoïde** (figure 66).



**Figure 66** – Un solénoïde

Un **solénoïde** est un fil conducteur enroulé en boucles et parcouru par un courant

Avec de la limaille de fer, on voit le champ magnétique créé dans l'espace autour d'un solénoïde (figure 67).





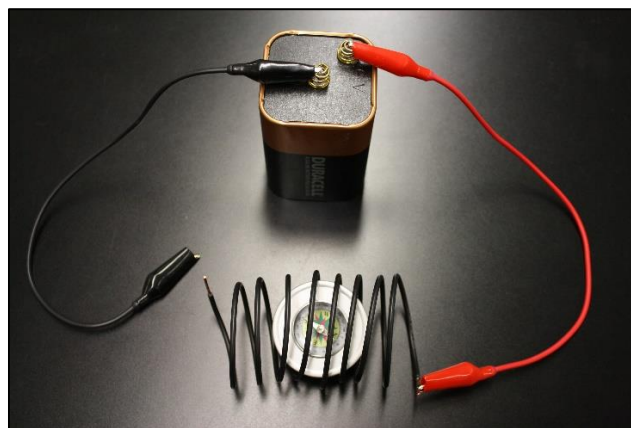
**Figure 67** – Champ magnétique d'un solénoïde parcouru par un courant

## Expérience du champ magnétique d'un solénoïde

Voici les objets dont vous aurez besoin pour la prochaine expérience :

- Une pile (source de tension)
- Un solénoïde (fil conducteur enroulé)
- Une boussole
- Deux fils conducteurs avec des pinces alligators

Insérez la boussole dans le solénoïde et reliez-le à la pile (figure 68).



**Figure 68** – Schéma expérimental

### **QUESTION 215**

Expliquez ce que vous observez. Discutez-en avec votre prof.

## Orientation du champ magnétique d'un solénoïde

L'**orientation** du **champ** magnétique d'un **solénoïde** est déterminée par une autre règle de la main droite (figure 69) :

- Les doigts pointent dans le sens du courant
- Le pouce indique la direction des lignes de champ dans le solénoïde

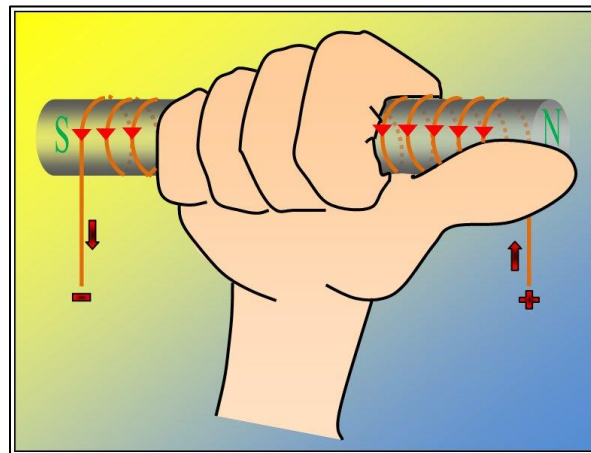
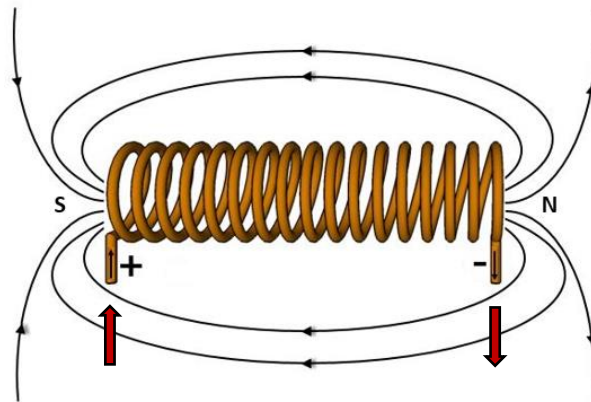


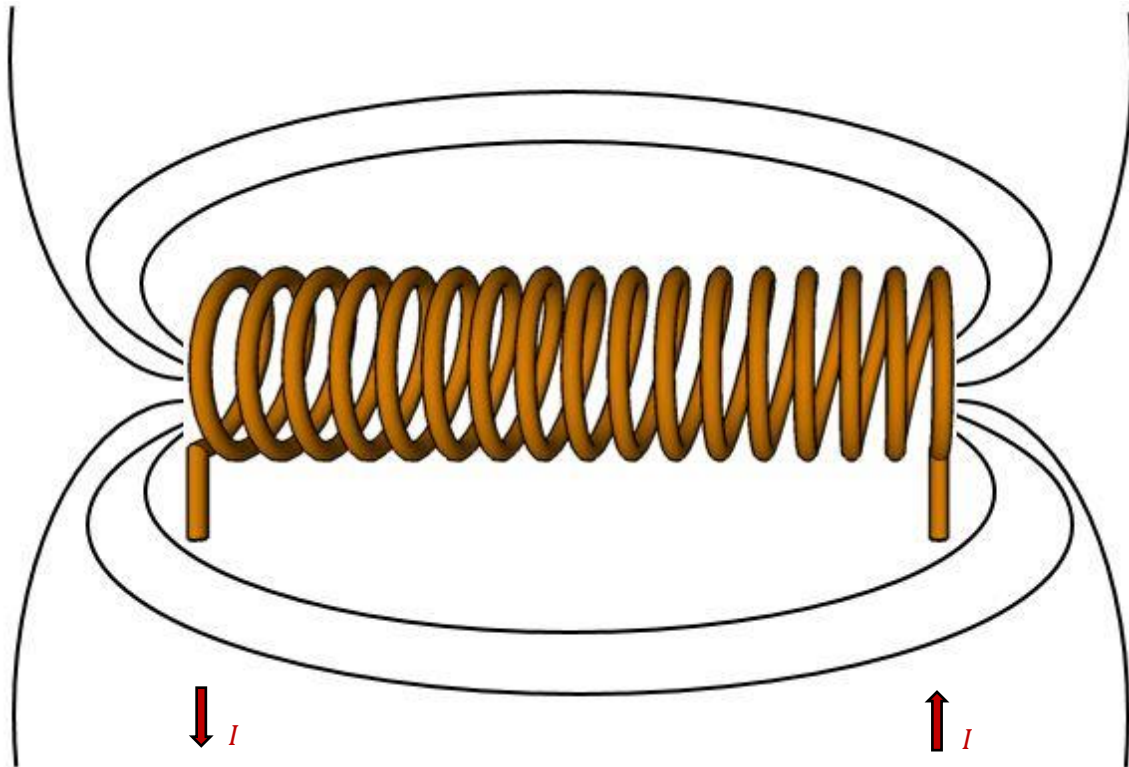
Figure 69 – Une autre règle de la main droite

### QUESTION 216

Lorsqu'on utilise la règle de la main droite avec un solénoïde, le pouce pointe-t-il vers le sud ou vers le nord ?

**QUESTION 217**

Indiquez les signes « + » et « - » aux bornes du conducteur, dessiner les flèches orientant le champ magnétique et indiquer le sud (S) et le nord (N).

**Intensité du champ magnétique d'un solénoïde**

L'**intensité** du **champ** magnétique créé par un courant qui circule dans un solénoïde varie selon deux paramètres :

- Le **nombre de spires** ( $n^{\text{bre}}$  de tours)
- L'**intensité du courant** (ampère)

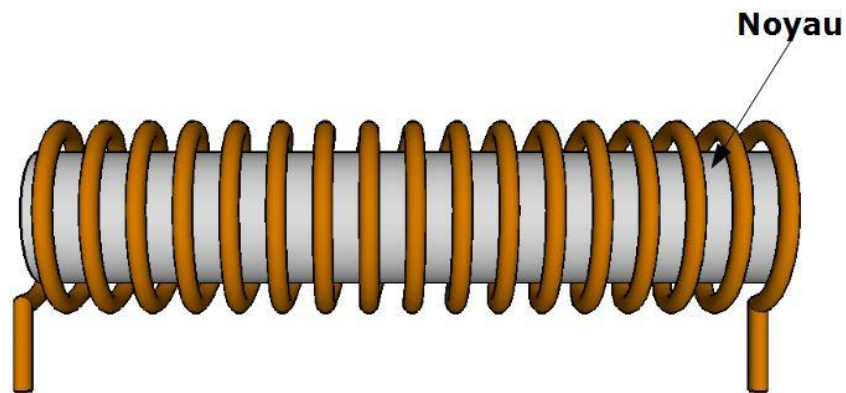
Plus il y a de tours, plus le champ est puissant.

Plus le courant est grand, plus le champ est puissant.

## Électroaimant

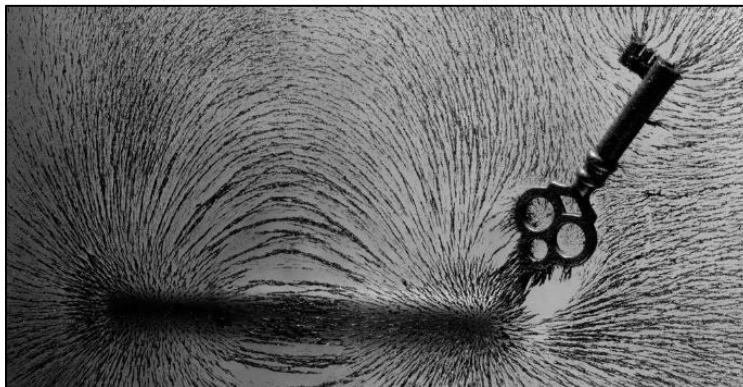
Nous savons déjà qu'on peut varier l'intensité du champ magnétique d'un solénoïde avec le **nombre de spires** ou l'**intensité du courant**.

Or, on peut aussi **augmenter l'intensité** du **champ** en ajoutant au solénoïde un **noyau ferromagnétique** (figure 70).



**Figure 70** – Solénoïde avec un noyau ferromagnétique

Une substance ferromagnétique est **capable** de **s'aimanter** sous l'effet d'un champ magnétique (figure 71).



**Figure 71** – Une clé qui s'aimante sous l'effet du champ d'un aimant permanent

On peut transformer un **solénoïde** en **électroaimant** en enroulant le fil électrique autour d'un **noyau ferromagnétique** (p. ex. fer, nickel ou cobalt).

Un électroaimant, c'est un **aimant** qui fonctionne grâce à un **courant électrique**.

L'intensification du champ magnétique permet de fabriquer des électroaimants beaucoup plus puissants que des aimants permanents (figure 72).



**Figure 72** – Un électroaimant industriel

**QUESTION 218**

Une substance ferromagnétique, c'est quoi ? Nommez des exemples.

**QUESTION 219**

Comment transforme-t-on un solénoïde en électroaimant ?

**QUESTION 220**

Énumérez trois façons d'augmenter l'intensité du champ magnétique d'un solénoïde.

1	
2	
3	

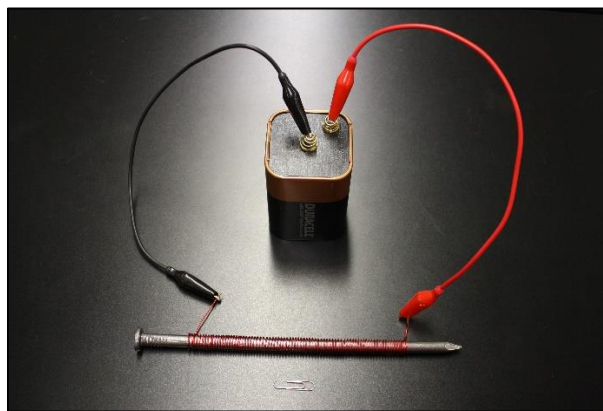
## Expérience de l'électroaimant

Voici la liste des objets dont vous aurez besoin pour la prochaine expérience :

- Une pile (source de courant)
- Un gros clou
- Un trombone
- Un fil de cuivre émaillé et dénudé aux extrémités

Voici un protocole expérimental :

Enroulez le fil autour du clou, puis reliez ses extrémités aux bornes de la pile (figure 73). Essayez de soulever le trombone avec le clou magnétisé.



**Figure 73** – Schéma du montage expérimental

### QUESTION 221

Dessiner un schéma du clou enroulé d'un fil de cuivre. Indiquez les signes « + » et « - » aux bornes des fils, dessiner les lignes de champ et indiquer le sud (S) et le nord (N).

## Induction (induction électromagnétique)

Nous savons déjà qu'on peut créer un champ magnétique avec un courant électrique.

Répondez intuitivement à la question ci-dessous.

### QUESTION 222

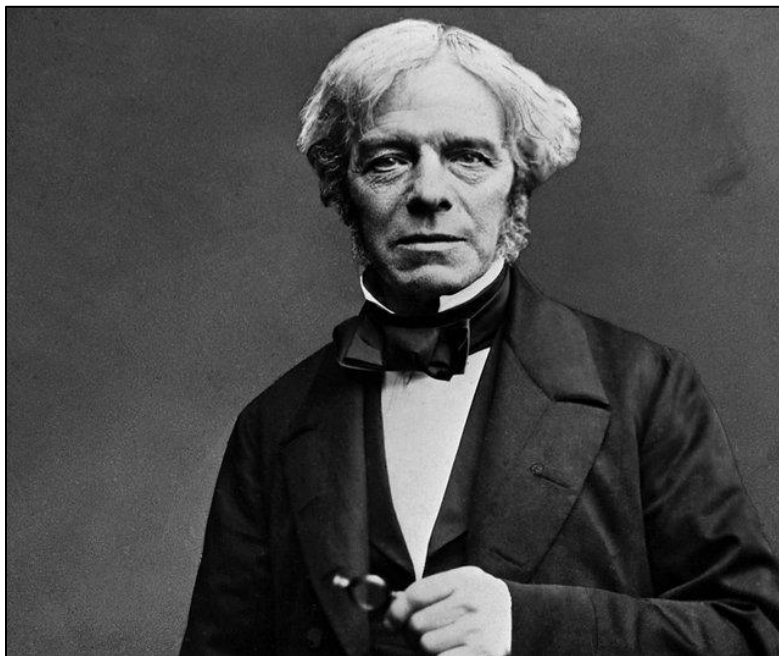
Selon vous, est-il possible de créer un courant électrique avec un champ magnétique ?  
Expliquez votre intuition à partir de ce que vous avez appris jusqu'à maintenant.

---

---

---

En 1831, Michael Faraday (figure 74) a montré qu'un peut générer un courant électrique avec un champ magnétique.



**Figure 74** – Michael Faraday (1791-1867)

## Expérience du courant créé par un champ magnétique

Un galvanomètre est un instrument de mesure qui détecte les courants électriques.

Reproduisez l'expérience de Faraday avec les objets ci-dessous :

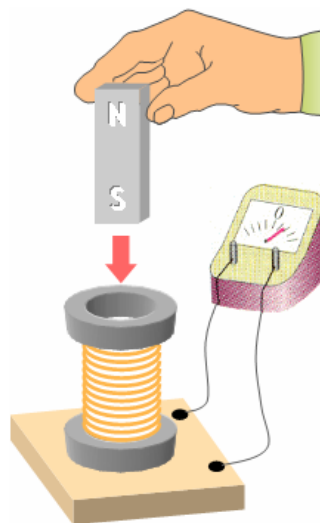
- Un galvanomètre (ou un ampèremètre très sensible)
- Deux fils conducteurs
- Un solénoïde
- Un aimant droit

Voici un protocole expérimental :

Reliez le galvanomètre au solénoïde à l'aide des fils conducteurs, puis faites bouger l'aimant dans le solénoïde (figure 75).

### QUESTION 223

Qu'est-ce que vous observez ? Est-ce que c'est de l'électricité ? Qu'est-ce qui se passe si l'aimant est immobile ? Discutez de vos observations avec votre prof.



**Figure 75** – Schéma expérimental

Cette expérience montre que la **variation** d'un **champ** magnétique **crée** un **courant**.



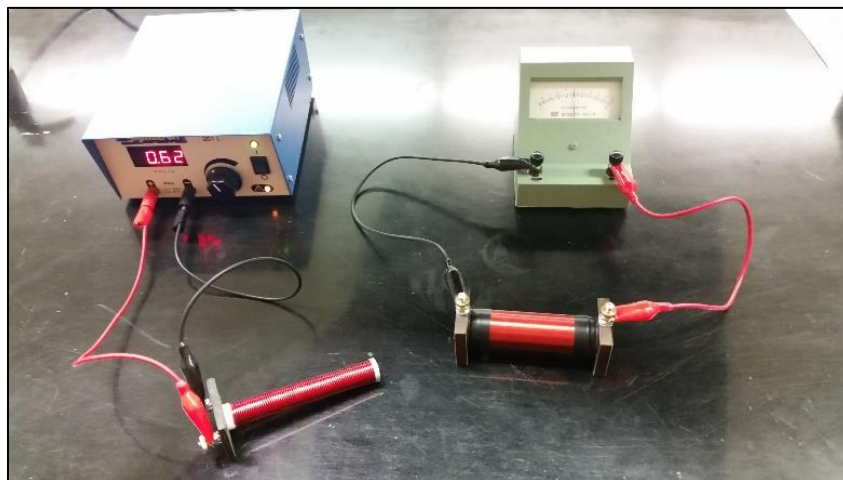
## Expérience du courant créé par un électroaimant

Voici les objets dont vous aurez besoin pour la prochaine expérience :

- Une source de tension variable
- Un galvanomètre (ou un ampèremètre très sensible)
- Des fils conducteurs
- Deux solénoïdes (un grand et un petit)
- Un gros clou

Voici un protocole expérimental :

Reliez le gros solénoïde au galvanomètre et le petit à la source de tension (figure 76).



**Figure 76** – Montage expérimental

**QUESTION 224** : Allumez la source de tension. Qu'observez-vous si vous faites bouger le petit solénoïde dans le grand ? Pourquoi ? Discutez-en avec votre prof.

**QUESTION 225** : Immobilisez le petit solénoïde dans le grand solénoïde, puis faites varier la tension en tournant la roulette. Qu'observez-vous ? Discutez-en avec votre prof.

**QUESTION 226** : Refaite la question précédente en insérant le gros clou dans le petit solénoïde. Qu'observez-vous ? Pourquoi ? Discutez-en avec votre prof.

## Expérience de la force d'attraction sur une armature

Un solénoïde peut servir à exercer une force sur une armature (p. ex un haut-parleur).

Voici les objets dont vous aurez besoin pour la prochaine expérience :

- Une pile (source de tension)
- Un petit solénoïde
- Une tige métallique qui peut entrer dans le solénoïde
- Deux fils conducteurs avec des pinces alligators

Voici un protocole expérimental :

Reliez la pile aux bornes du solénoïde avec les fils conducteurs, puis insérer la tige métallique dans le solénoïde (figure 77).



**Figure 77** – Montage expérimental

**QUESTION 227** : Tirez légèrement sur la tige, puis relâchez-là. Qu'est-ce que vous observez ? Pourquoi ?

**QUESTION 228** : Qu'est-ce qui se passe si on débranche le solénoïde ? Pourquoi ?

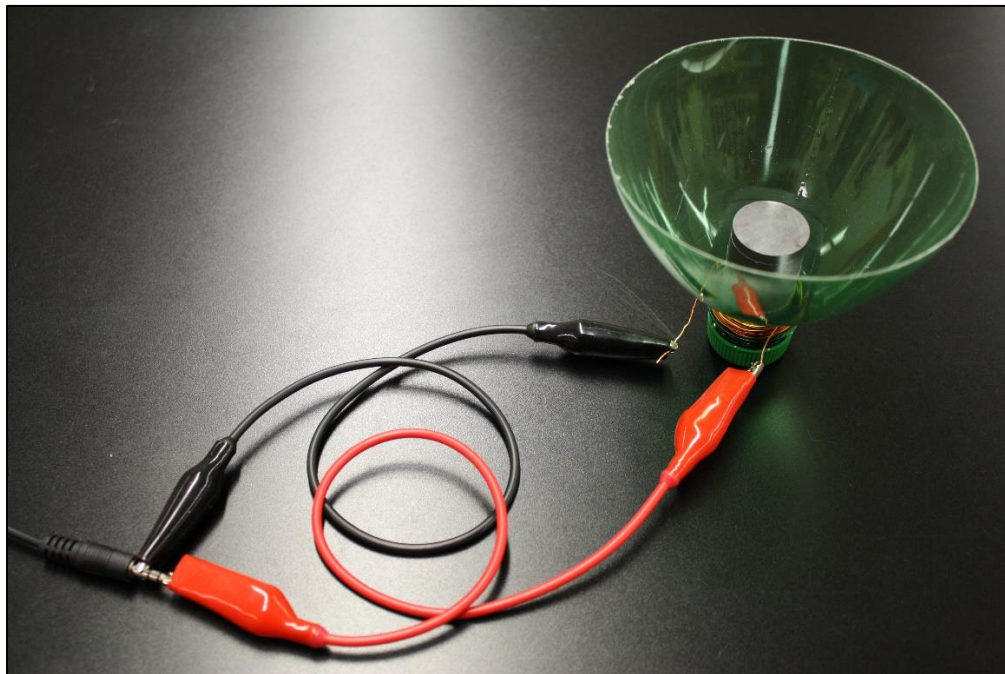
## Expérience du haut-parleur

Voici les objets dont vous aurez besoin pour la prochaine expérience :

- Une bouteille de boisson gazeuse (2 L)
- Un fil de cuivre émaillé et dénudé aux extrémités ( $\approx 1$  m)
- Un aimant cylindrique ( $\varnothing \approx 2,5$  cm)
- Deux fils conducteurs avec des pinces alligators
- Un fil jack 3,5 mm mâle-mâle

Voici un protocole expérimental :

Coupez la bouteille (coupole). Enroulez le fil de cuivre autour du goulot. Déposez l'aimant au centre de la coupole. Reliez le fil de cuivre à une extrémité du fil jack avec les pinces alligators, puis reliez l'autre extrémité à un lecteur de musique (figure 78).



**Figure 78** – Montage expérimental

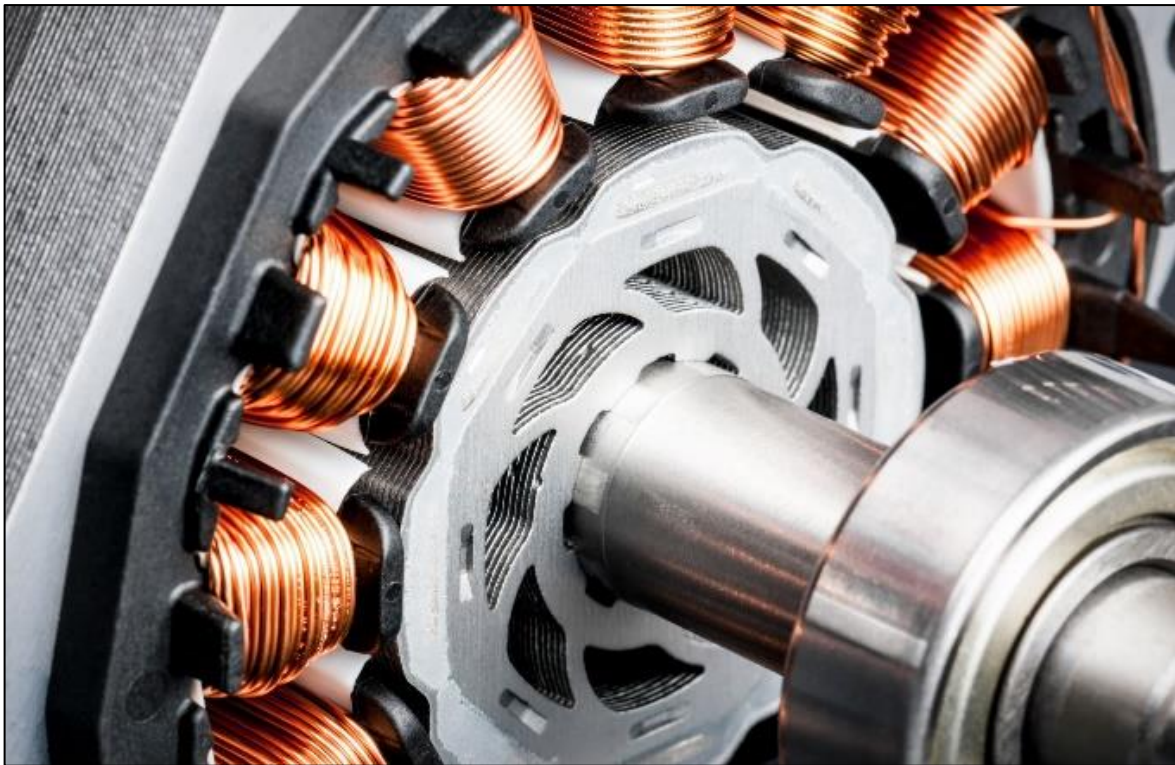
**QUESTION 229** : Enlevez l'aimant et remettez-le en place durant l'écoute d'une pièce de musique. Comment expliquez-vous ce qui se passe ? Discutez-en avec votre prof.

## Moteur électrique

Nous savons déjà que les solénoïdes peuvent être transformés en électroaimants puissants (p. ex. une grue magnétique).

Or, une application très importante des **solénoïdes**, c'est de créer un **champ** magnétique **variable** dans un **moteur** électrique.

C'est l'**interaction** des **champs** magnétiques (force de répulsion) en périphérie et au centre du montage qui explique pourquoi le moteur tourne (figure 79).



**Figure 79** – Moteur électrique

Sur la photo, on voit les solénoïdes fixés sur un **stator** (partie immobile en périphérie). On voit aussi des aimants permanents noirs fixés sur le **rotor** (partie mobile au centre).

Sur la photo, il n'y a pas de contact entre le rotor et le stator. Il y a seulement une interaction entre le champ induit par les solénoïdes et le champ des aimants.

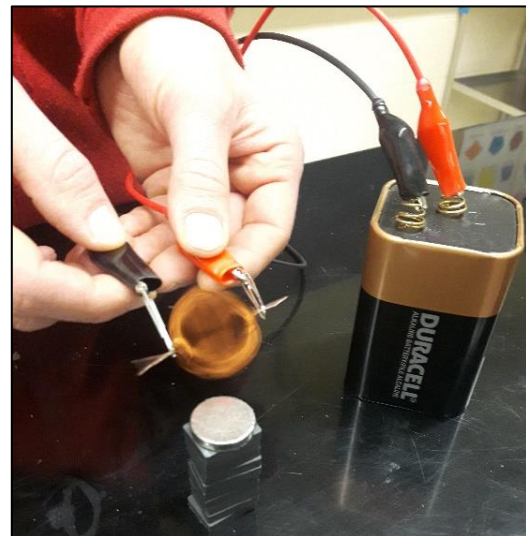
## Expérience du moteur électrique

Voici la liste des objets dont vous aurez besoin pour la prochaine expérience :

- Une pile (source de tension)
- Un petit solénoïde (un fil enroulé en cuivre émaillé et dénudé aux extrémités)
- Deux trombones
- Un aimant permanent
- Deux fils conducteurs avec des pinces alligators

Voici un protocole expérimental :

Reliez les fils conducteurs à la pile et aux trombones, insérez les bouts du solénoïde dans les trombones, puis approchez-le de l'aimant permanent (figure 80).



**Figure 80** – Montage expérimental

**QUESTION 230** : Qu'est-ce que vous observez ? Qu'est-ce qui explique le mouvement du solénoïde ? Discutez-en avec votre prof.

**QUESTION 231** : Qu'est-ce qui se passe si on débranche le solénoïde ? Pourquoi ?

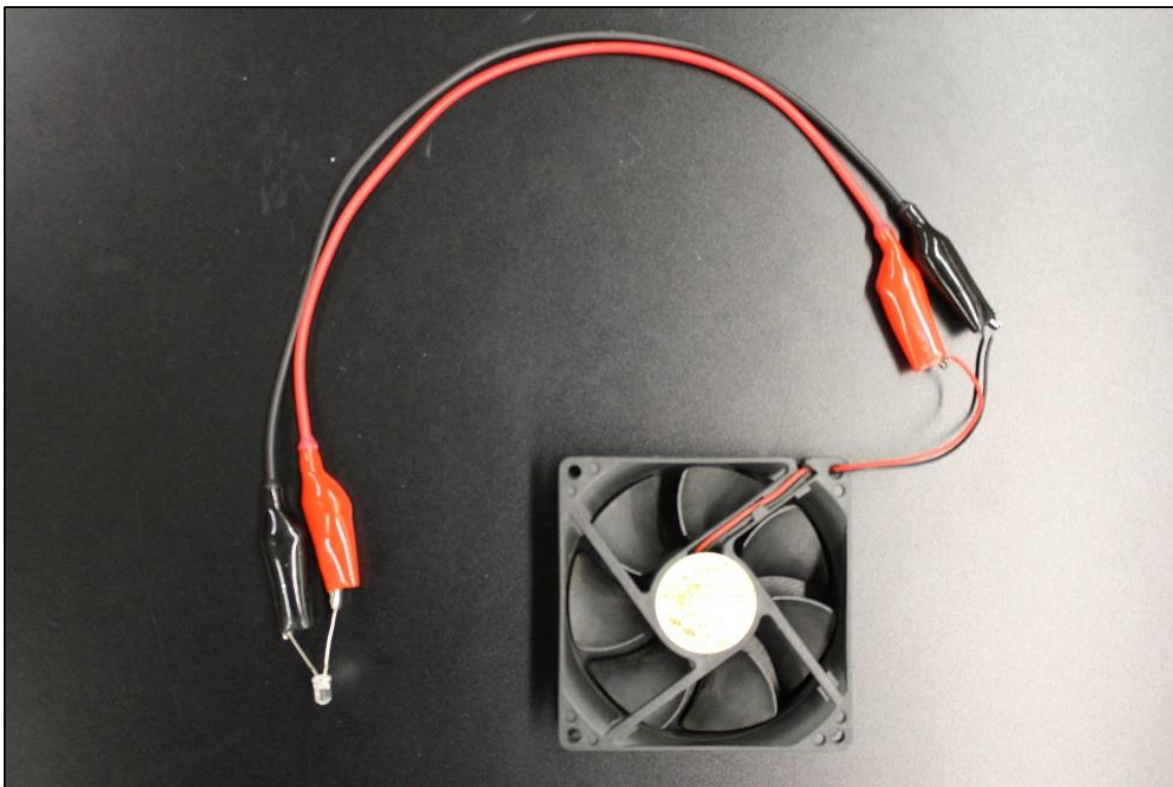
## Expérience du moteur qui génère un courant

Voici la liste des objets dont vous aurez besoin pour la prochaine expérience :

- Un petit ventilateur de refroidissement pour ordinateur
- Une diode électroluminescente
- 2 fils conducteurs avec des pinces alligators

Voici un protocole expérimental :

Reliez les fils conducteurs au ventilateur et à la diode (figure 81). La « patte » la plus courte de la diode doit être reliée à la borne négative (noire). Soufflez en donnant de puissantes impulsions afin de faire tourner le ventilateur.



**Figure 81** – Montage expérimental

**QUESTION 232** : Comment expliquez-vous ce qui se passe ? Qu'est-ce qui explique que la diode s'illumine ? Discutez-en avec votre prof.

## Courant alternatif

Nous savons déjà qu'un courant électrique est constitué d'électrons en mouvement dans un fil conducteur.

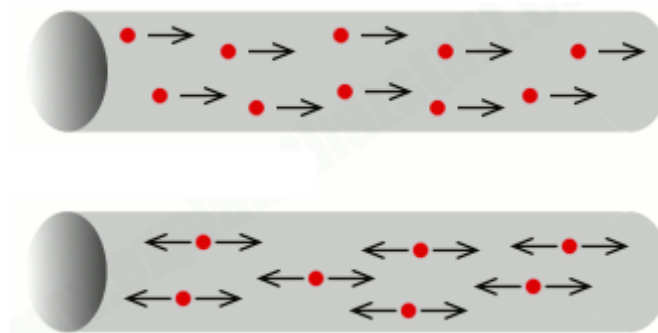
Or, un courant d'électrons peut se déplacer deux façons :

- En régime **continu** (*direct current* ou DC)
- En régime **alternatif** (*alternating current* ou AC)



Si le courant est **continu**, les électrons **traversent** le matériau conducteur.

Si le courant est **alternatif**, les électrons font un mouvement de **va-et-vient** (figure 82).



**Figure 82** – Courant continu (DC) et courant alternatif (AC)

En général, les centrales électriques génèrent du courant alternatif. Le courant alternatif est ensuite transporté par des lignes à haute tension (figure 83).



**Figure 83** – Ligne à haute tension

Habituellement, lorsque la source de tension est une ou plusieurs **piles**, c'est du **courant continu** (figure 84).



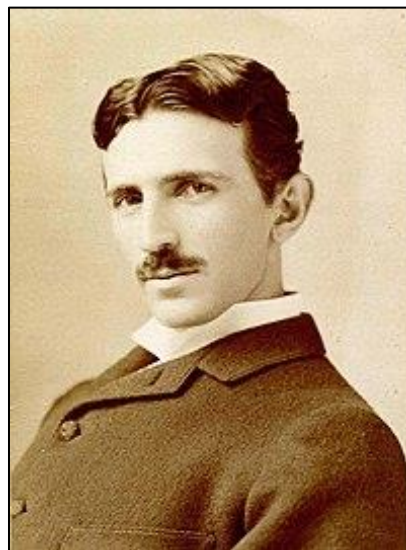
**Figure 84** – Une pile livre du courant continu

En général, s'il s'agit d'une **prise électrique**, c'est du **courant alternatif** (figure 85).



**Figure 85** – Une prise électrique livre du courant alternatif

En 1895, Nikola Tesla (figure 86) a montré l'utilité du courant alternatif en concevant aux chutes Niagara la première centrale hydroélectrique à grande échelle.



**Figure 86** – Nikola Tesla (1856-1943)



**QUESTION 233**

Nommez trois applications technologiques des solénoïdes et des électroaimants.

**QUESTION 234**

Nommez la partie mobile et la partie immobile d'un moteur électrique.

**QUESTION 235**

En général, quel régime de courant est produit par les centrales électriques ?

**QUESTION 236**

Qu'elle est la différence entre du courant continu et du courant alternatif ?

**QUESTION 237**

En général, quel régime de courant est transporté par les lignes à haute tension ?

**QUESTION 238**

Quel régime de courant circule dans une perceuse électrique sans fil ?

**QUESTION 239**

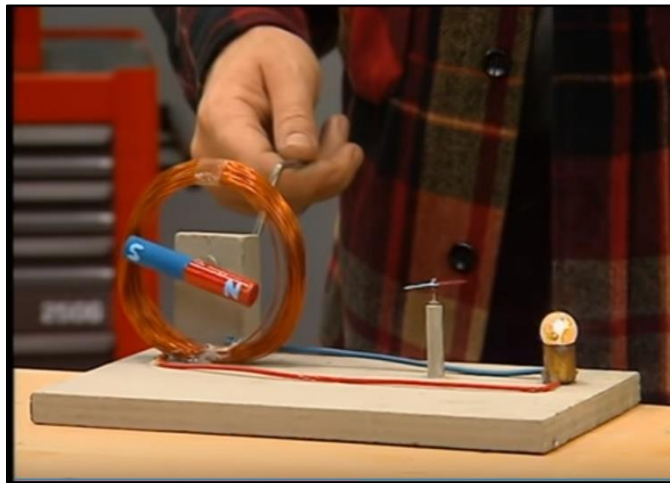
Quel régime de courant circule dans un chauffe-eau électrique résidentiel ?

## Expérience du générateur de courant alternatif

Voici la liste des objets dont vous aurez besoin pour la prochaine expérience :

- Une plateforme de bois préfabriquée + une manivelle/essieu
- Un aimant + une aiguille de boussole
- Du fil émaillé et dénudé aux extrémités + une petite ampoule

Assemblez le montage ci-dessous (figure 87) avec votre prof, puis tournez la manivelle.



**Figure 87** – Montage expérimental

Visonnez les premières secondes de cette vidéo :

<https://www.youtube.com/watch?v=py88xUzawiw&feature=youtu.be&t=800&fbclid=IwAR1L-q90jot4BbI988fVEWvhK86uoi0htSs9nuVCExscdjO ArgpuhWilU0>



**QUESTION 240** : Qu'est-ce que vous observez ? Pourquoi ? Que fait l'aiguille de la boussole ? Pourquoi ? S'agit-il de courant alternatif ? Discutez-en avec votre prof.

## Questions de révision de la troisième partie

Vous avez maintenant complété la troisième partie de ce recueil. Répondez aux questions ci-dessous pour réviser ce que vous avez appris.

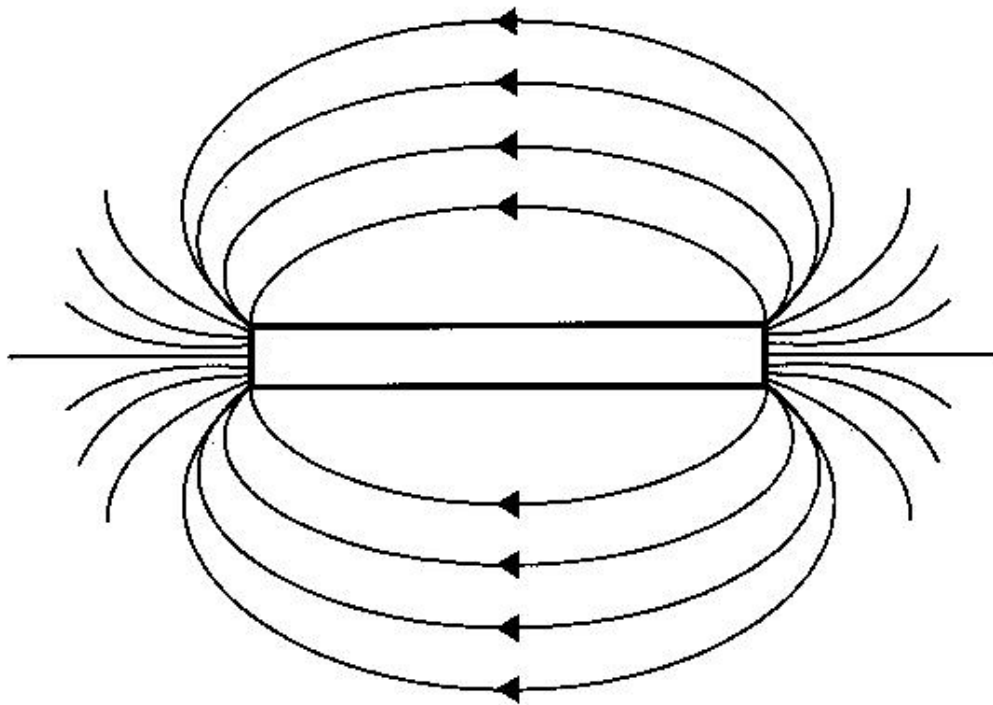
### QUESTION 241

Pourquoi des aimants s'attirent-ils ou se repoussent-ils ?



### QUESTION 242

Indiquer le nord et le sud sur cet aimant droit :

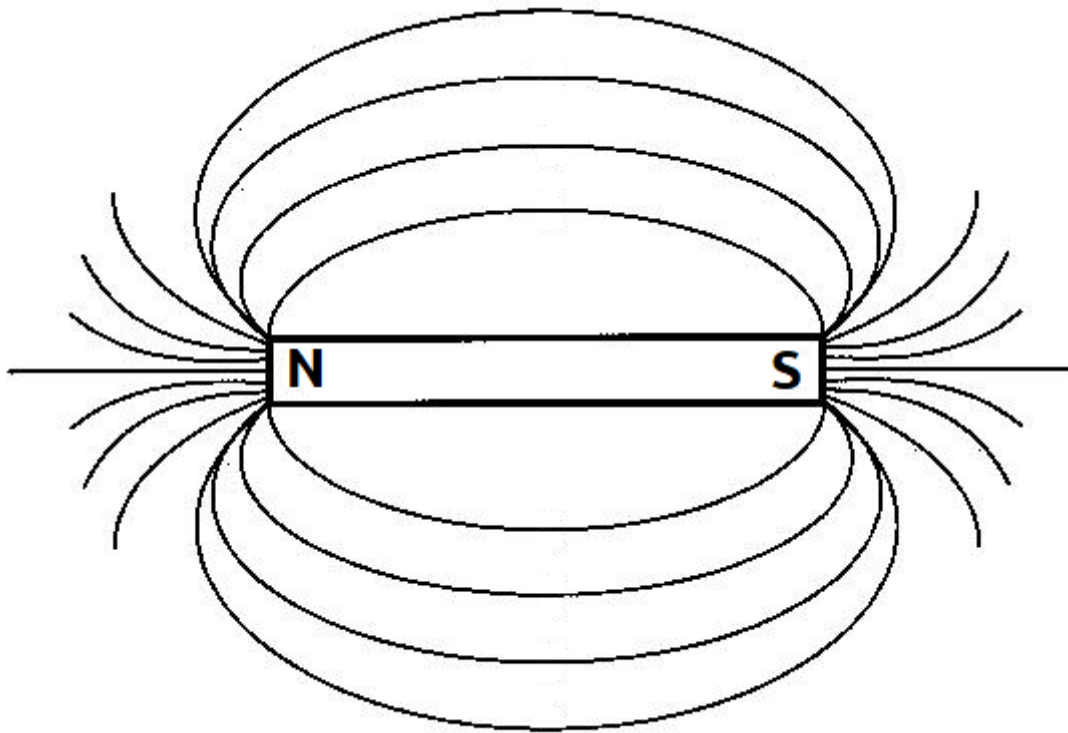


**QUESTION 243**

Expliquez avec vos propres mots comment trouver l'orientation du champ magnétique circulaire autour d'un fil conducteur à l'aide de la règle de la main droite.

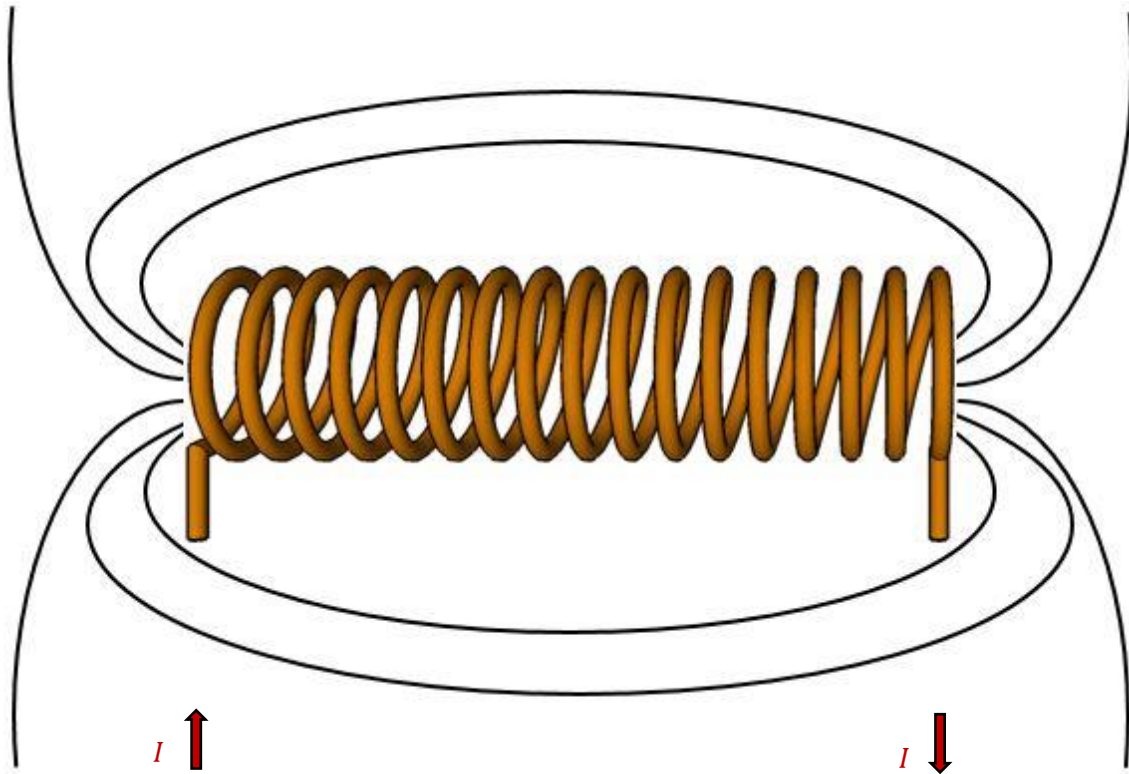
**QUESTION 244**

Ajouter les flèches pour orienter le champ magnétique de cet aimant droit :



**QUESTION 245**

Indiquez les signes « + » et « - » aux bornes du conducteur, dessiner les flèches orientant le champ magnétique et indiquer le sud (S) et le nord (N).

**QUESTION 246**

Expliquez avec vos propres mots comment trouver l'orientation d'un champ magnétique dans un solénoïde à l'aide de l'autre règle de la main droite.

**QUESTION 247**

Nommez trois façons d'augmenter la puissance d'un électroaimant.

**QUESTION 248**

Expliquez avec vos propres mots comment on peut générer un courant électrique à l'aide d'un champ magnétique.

**QUESTION 249**

Comment se comportent les électrons dans un fil conducteur en régime alternatif.

**QUESTION 250**

Nommez trois exemples d'appareils électriques fonctionnant avec du courant continu.

**QUESTION 251**

Le sens du courant est-il le même que le sens du mouvement des électrons ? Le sens du courant est-il le même que celui du champ électrique ?

**QUATRIÈME PARTIE**  
**La conservation de l'énergie**

## Transformation de l'énergie

Vous connaissez sans doute la phrase célèbre de Lavoisier (figure 88) :

« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ».



Figure 88 – Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794)

Le principe de Lavoisier s'applique à l'énergie :

- On ne peut pas détruire de l'énergie
  - On ne peut pas créer de l'énergie
- On peut seulement transformer l'énergie

Par exemple, on peut transformer l'énergie véhiculée par le mouvement de l'eau en énergie électrique (figure 89).

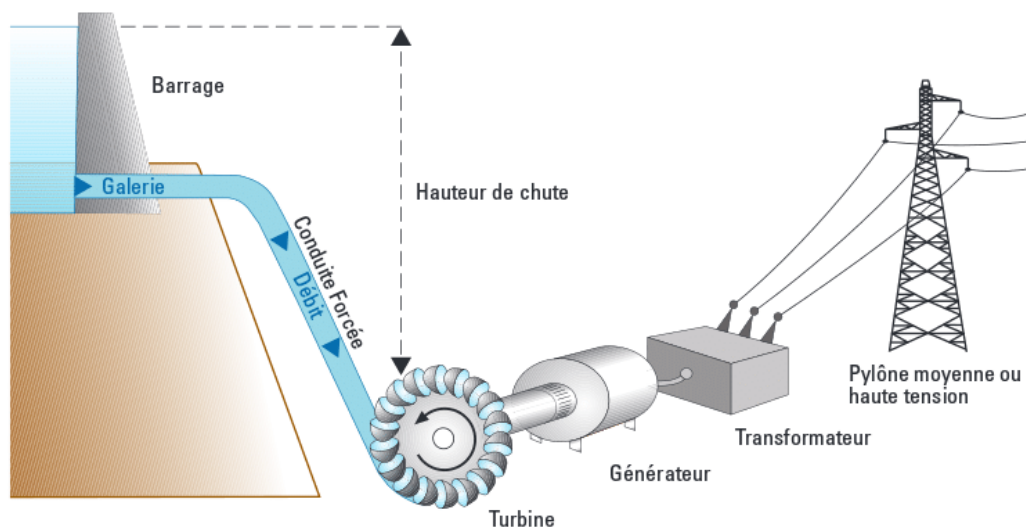


Figure 89 – Principe de fonctionnement d'une centrale hydroélectrique



## Énergie thermique (chaleur)

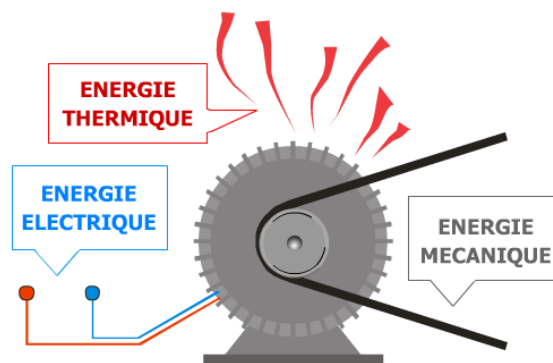
Nous savons déjà qu'on peut générer de l'électricité avec un aimant en rotation.

On peut donc **transformer** de l'**énergie** mécanique en énergie électrique, par exemple avec un vélo (figure 90).



**Figure 90** – La transformation de l'énergie fait fonctionner cette ampoule

Or, la friction des pièces mécaniques génère de la **chaleur** (figure 91).



**Figure 91** – Énergie mécanique transformée en chaleur et en électricité

Dans la figure précédente, de l'énergie mécanique s'est transformée en **énergie thermique (chaleur)** et en électricité en respectant la **conservation de l'énergie**.

### QUESTION 252

Dans la figure précédente, une courroie de transmission transmet 100 joules d'énergie mécanique. Or, 40 joules sont dissipés en chaleur par la friction du mécanisme. Quelle est l'énergie électrique générée par ce système ?

**QUESTION 253**

Énoncez la phrase célèbre de Lavoisier.

**QUESTION 254**

Énoncez trois principes de la conservation de l'énergie.

**QUESTION 255**

Lorsqu'on pédale sur un vélo et qu'on génère de l'électricité pour allumer une ampoule, est-ce qu'on crée de l'énergie ? D'où vient l'énergie qui allume l'ampoule ?

**QUESTION 256**

La chaleur, est-ce que c'est de l'énergie ? Comment nomme-t-on la chaleur en physique ?

**QUESTION 257**

Une personne a utilisé 720 000 joules d'énergie musculaire pour faire avancer son vélo. Si cette personne a dépensé un total de 3 600 000 joules d'énergie musculaire, combien de joules ont été dissipés en chaleur dans les pièces du vélo ?

**QUESTION 258**

Un embryon est fécondé dans l'utérus de sa mère. Or, si rien ne se crée, d'où vient la matière qui forme le corps de cet être humain au fur et à mesure qu'il grandit ? Réponse : l'énergie des aliments mangés par la maman se transforme et construit la masse du bébé. Mais alors, d'où provient l'énergie contenue dans les aliments mangés par la maman ?

## La température

Nous savons déjà que la **chaleur**, c'est de l'**énergie thermique**.

Nous savons aussi que notre univers est constitué de matière.

Or, la **chaleur** a pour effet d'**augmenter** la **température** de la matière (figure 92).



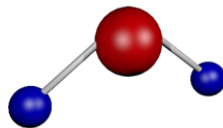
**Figure 92** – Température qui augmente sous l'effet d'une source de chaleur

Nous savons déjà que la **matière** est constituée d'**atomes** et de **vide**.

Or, les **atomes** peuvent s'agencer et **forment** des **molécules**.

Par exemple, une molécule d'eau ( $H_2O$ ) est formée de trois atomes (figure 93) :

- 1 atome d'oxygène (O)
- 2 atomes d'hydrogène (H)



**Figure 93** – Une molécule d'eau ( $H_2O$ ) : 1 atome d'oxygène + 2 atomes d'hydrogène

La **température** mesure le degré d'**agitation** des **molécules**.

Plus les **molécules** d'un matériau sont **agitées**, plus la **température** est **élevée**.

**QUESTION 259**

De quoi est constituée la matière ?

**QUESTION 260**

Comment nomme-t-on un agencement de plusieurs atomes formant un matériau ?

**QUESTION 261**

Quel est l'effet de l'énergie thermique sur la température d'un matériau.

**QUESTION 262**

Voici une idée importante à retenir pour épater vos ami(e)s : « le froid n'existe pas... le froid, c'est l'absence de chaleur ». Que mesure la température ?

**QUESTION 263**

Si on ajoute un glaçon dans un verre d'eau, la glace absorbe une partie de la chaleur de l'eau. Ceci a pour effet de faire fondre la glace et de diminuer la température de l'eau. Quel est l'effet d'ajouter un glaçon sur l'agitation des molécules d'eau ?

**QUESTION 264**

Expliquez avec vos propres mots la différence entre la chaleur et la température.

## Rendement énergétique

Nous savons déjà que si on **transforme** de l'**énergie**, une **partie** se dissipe en **chaleur** (**énergie thermique**).

Autrement dit, il y a seulement une **partie** de l'énergie consommée qui est **utilisée** pour faire un **travail**.

Mémorisez le calcul du **rendement énergétique** d'une technologie humaine (%):

$$\text{Rendement énergétique} = \frac{\text{Quantité d'énergie utile}}{\text{Quantité d'énergie consommée}} \times 100$$

### QUESTION 265

Une ampoule consomme 216 000 joules d'énergie électrique. Quel est le rendement de cette ampoule si elle dissipe 205 200 joules en chaleur ?

### QUESTION 266

Un calorifère d'une puissance de 500 W fonctionne pendant 1 heure. Quel est le rendement si le calorifère dissipe 1 800 000 joules en chaleur (indice :  $P = \frac{E}{t}$ ) ?

### QUESTION 267

À la question précédente, pourquoi obtient-on un rendement de 100 % ?

**QUESTION 268**

Une ampoule consomme 60 kWh d'énergie électrique durant une année. Quel est son rendement si elle a dissipé 200 000 000 joules en chaleur (indice :  $1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \times 3 600 \text{ s}$ ) ?

**QUESTION 269**

Une ampoule de 60 W est allumée 500 heures par année. Quel est son rendement si elle a dissipé 102 000 kJ en chaleur ?

**QUESTION 270**

Une personne a utilisé 720 kJ d'énergie musculaire pour faire avancer son vélo. Si cette personne a dépensé un total de 3 600 kJ d'énergie musculaire, quel est le rendement énergétique ?

**QUESTION 271**

L'énergie contenue dans l'essence du réservoir d'une voiture est 35 475 kJ/L. Or, cette voiture peut rouler 100 km avec 9,4 litres d'essence. Si 213 000 kJ ont été utilisés pour faire rouler la voiture pendant 500 km, quel est le rendement énergétique ?

**QUESTION 272**

Une voiture électrique consomme 22 kWh d'énergie électrique pour parcourir 100 km. Si 198 000 000 J ont été utilisés pour faire rouler la voiture pendant 500 km, quel est le rendement énergétique ?

**QUESTION 273**

Une centrale hydroélectrique génère 100 MW durant une seconde. Si l'énergie de l'eau en mouvement ayant servi à générer l'électricité durant ce temps est 132 MW, quel est le rendement énergétique (indice : 1 mégawatt (MW) = 1 000 000 W) ?

**QUESTION 274**

Une éolienne génère 5 MW d'électricité durant 5 secondes avec un rendement de 34 %. Quelle est la puissance du vent ?

**QUESTION 275**

On brûle une bûche de bouleau sec de 3 kg dans un poêle à bois. Si le poêle a un rendement de 75 % et que le bois génère 4 kWh/kg, quelle quantité de chaleur réchauffe la maison ? D'où vient l'énergie (chaleur) stockée dans la masse du bois ?

## Questions de révision de la quatrième partie

Vous avez maintenant complété la quatrième partie de ce recueil. Répondez aux questions ci-dessous pour réviser ce que vous avez appris.

### **QUESTION 276**

Peut-on créer ou détruire de l'énergie ? Précisez votre réponse.

### **QUESTION 277**

Est-il possible de transformer 100 % d'une source énergie mécanique en énergie électrique ? Pourquoi ?

### **QUESTION 278**

En physique, comment nomme-t-on la chaleur ? Qu'est-ce que la température ?

### **QUESTION 279**

Une ampoule LED de 10 W est allumée 1 000 heures par année. Quel est son rendement si elle a dissipé 8 640 kJ en chaleur ?



**CINQUIÈME PARTIE**  
**Les ressources énergétiques**

# Le tableau périodique des éléments

Nous savons déjà que les atomes forment la **matière** de notre univers. En 1869, Dimitri Mendeleïev (Figure 94) proposa de classer les **atomes** selon un **numéro atomique**.

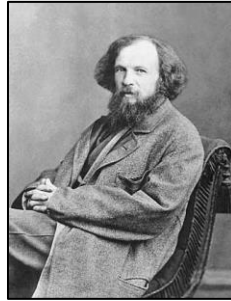


Figure 94 – Dimitri Mendeleïev (1834-1907)

Le « 1 » indique que l'atome a 1 **proton**; le « 2 » indique qu'il a 2 protons, etc. (Figure 95).

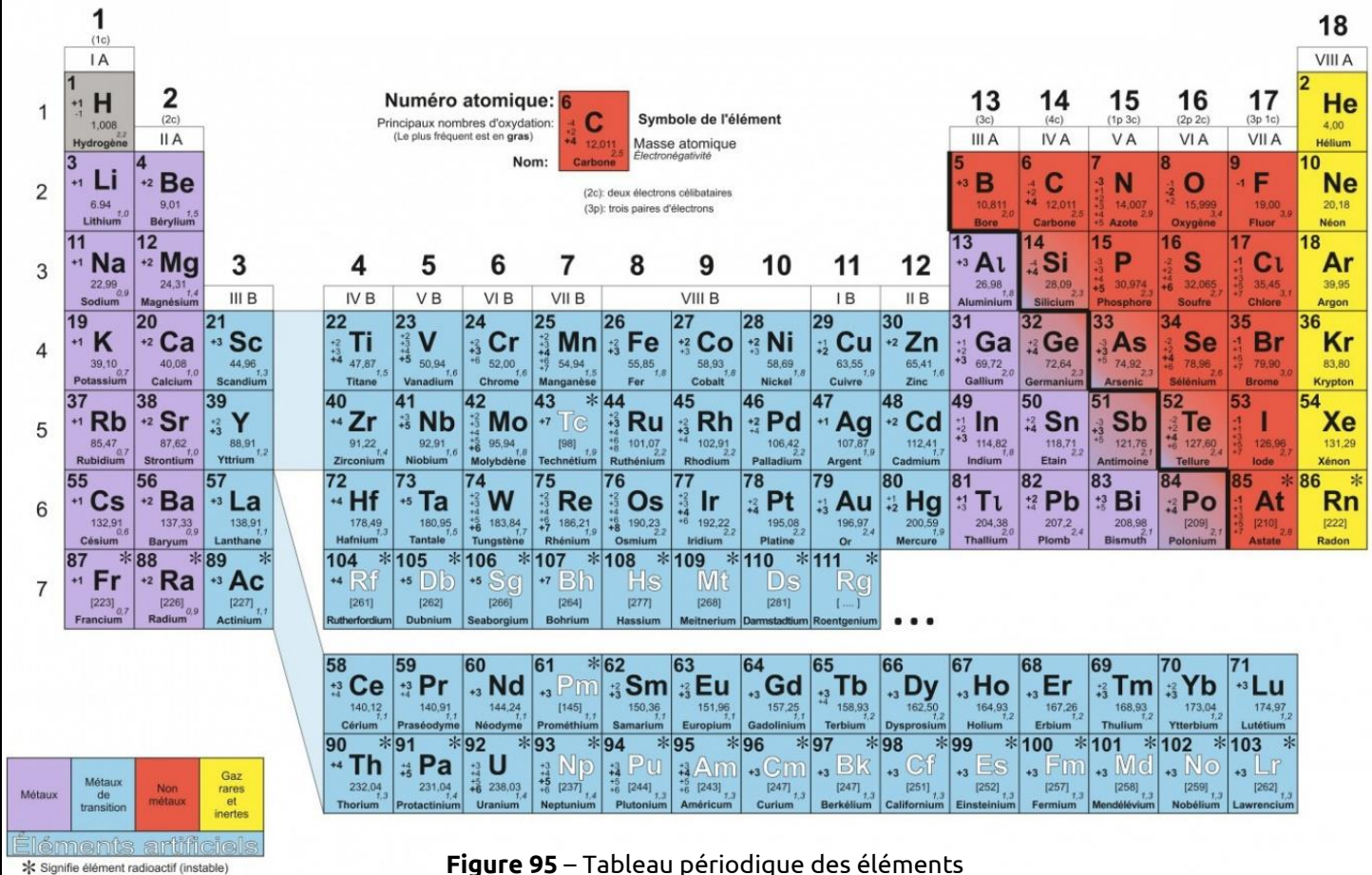


Figure 95 – Tableau périodique des éléments

## Les groupes

Sur un **tableau périodique**, il y a une **ligne foncée** qui forme un escalier entre l'élément « 5 » et « 85 » (trouvez-la sur tableau de la page précédente).

Cet escalier **sépare** les **métaux** et les **non-métaux**.

Le tableau périodique est divisé en **trois groupes** :

- Métaux
- Non-métaux
- Métalloïde

Les **atomes** d'un **même groupe** ont des **propriétés semblables** (figure 96).

Le tableau périodique est divisé en trois groupes principaux, illustrés par une légende et un tableau coloré :

- Métaux** (bleu) : Couvre la majorité de la partie gauche et centrale du tableau.
- Métalloïdes** (vert) : Se trouve le long de la ligne d'escalier.
- Non-métaux** (rouge) : Couvre la partie supérieure droite du tableau.

Le tableau périodique complet est présenté ci-dessous :

	<b>I</b>												<b>II</b>												<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>																																												
1	1	2											3	4											5	6	7	8	9	10																																												
2	3	4											5	6											7	8	9	10	11																																													
3	11	12											13	14											15	16	17	18																																														
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36																																																								
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54																																																								
6	55	56	La	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86																																																								
7	87	88	Ac	104	105	106	107	108	109	110	111																																																															
	<table border="1"> <tr> <td>57</td><td>58</td><td>59</td><td>60</td><td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td> </tr> <tr> <td>La</td><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>89</td><td>90</td><td>91</td><td>92</td><td>93</td><td>94</td><td>95</td><td>96</td><td>97</td><td>98</td><td>99</td><td>100</td><td>101</td><td>102</td><td>103</td> </tr> <tr> <td>Ac</td><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </table>														57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71																																																												
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																																												
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103																																																												
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																																												

**Figure 96** – Les trois groupes du tableau périodique

### QUESTION 280

À l'aide du tableau périodique de la figure 95 (page précédente), repérez la ligne qui forme l'escalier entre les atomes « 5 » et « 85 », puis surlignez-là avec un marqueur transparent sur le tableau périodique de la figure 96 (ci-dessus).

**QUESTION 281**

Les atomes constituent la substance de la matière contenue dans cet univers. Sur le tableau périodique de la page précédente, combien y a-t-il d'atomes différents ?

**QUESTION 282**

Combien de groupes contient le tableau périodique ? Écrivez-les.

**QUESTION 283**

Qu'ont en commun les éléments (atomes) d'un même groupe du tableau périodique ?

## Les métaux

Les **métaux** sont situés à **gauche** de l'**escalier** du tableau périodique, **sauf l'hydrogène**.

Les métaux possèdent les quatre propriétés métalliques (tableau 3).

**Tableau 3** – Propriétés des métaux

<b>Éclat métallique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Brillant, reflète bien la lumière</li></ul>
<b>Conducteur de chaleur et d'électricité</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Laisse passer la chaleur et conduit bien l'électricité</li></ul>
<b>Réagit aux acides</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Effervescent (fait des bulles) si en contact avec un acide</li></ul>
<b>Malléable</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• S'il est déformé, ne se casse pas et reprend sa forme initiale</li></ul>

En général, plus un atome est **loin à gauche** du tableau périodique, plus ses **propriétés métalliques** sont importantes (sauf l'hydrogène).

## Les non-métaux

Les **non-métaux** sont situés à **droite** de l'**escalier** du tableau périodique.

Les non-métaux possèdent les quatre propriétés non métalliques (tableau 4).

**Tableau 4** – Propriétés des non-métaux

<b>Aspect terne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mat, ne réfléchit pas la lumière</li> </ul>
<b>Ne conduit pas la chaleur ni l'électricité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ne laisse pas passer la chaleur et conduit mal l'électricité</li> </ul>
<b>Ne réagit pas aux acides</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucune réaction aux acides, inerte</li> </ul>
<b>Non malléable</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cassant, friable ou reprend sa forme initiale s'il est déformé</li> </ul>

En général, plus un atome est **loin à droite** du tableau périodique, plus ses **propriétés non métalliques** sont importantes.

## Les métalloïdes

Les **métalloïdes** sont situés **près** de l'**escalier** séparant les **métaux** et les **non-métaux** (figure 97).

Ils possèdent au moins une **propriété métallique** et une **propriété non métallique**.

Les métalloïdes ne **conduisent ni bien ni mal l'électricité**.

Ils sont très **utilisés** dans les composantes **électroniques**.

I												III		IV	V	VI	VII	VIII
1	H											B	C	N	O	F	Ne	
2	Li	Be											Al	Si	P	S	Cl	Ar
3	Na	Mg											Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Da	Rg							

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Figure 97 – Les trois groupes du tableau périodique

Voici un truc mnémotechnique : voyez-vous comment l'agencement des couleurs des métalloïdes forme le nombre « 70 » dans le tableau périodique ci-dessus ?

### QUESTION 284

Dans le tableau périodique ci-dessus, quels sont les atomes métalloïdes dont l'agencement forme le chiffre « 7 » (indice : bore et germanium) ? Quels sont les atomes métalloïdes dont l'agencement forme le chiffre « 0 » ?

### QUESTION 285

Comment reconnaît-on un métalloïde ?

### QUESTION 286

Remplacez les « ... » par un mot. *Plus un atome est situé à gauche tableau périodique, plus ses propriétés ... sont importantes.* Quelle est l'exception à cette règle ?

**QUESTION 287**

Nommez les propriétés des métaux.

**QUESTION 288**

Nommez les propriétés des non-métaux.

**QUESTION 289**

Les métalloïdes conduisent-ils bien ou mal l'électricité ?

**QUESTION 290**

Nommez une application technologique des métaux à l'aide d'un exemple de la vie quotidienne.

**QUESTION 291**

Nommez une application technologique des non-métaux à l'aide d'un exemple de la vie quotidienne.

**QUESTION 292**

Nommez une application technologique des métalloïdes à l'aide d'un exemple de la vie quotidienne.

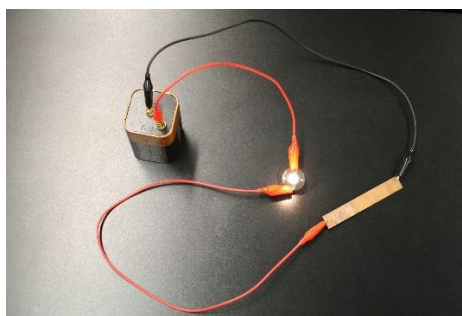
## Expérience des métaux

Prenez quatre lames métalliques : cuivre, aluminium, zinc et étain (figure 98).



**Figure 98** – Lames métalliques

Vérifiez les propriétés suivantes : éclat métallique, conducteur d'électricité et malléabilité. Pour vérifier la conductibilité électrique, insérer la lame dans un circuit électrique avec des pinces crocodiles (figure 99).



**Figure 99** – Montage expérimental

### **QUESTION 293**

Complétez le tableau ci-dessous en répondant par « oui » ou « non ».

	Cuivre	Aluminium	Zinc	Étain
Éclat métallique ?				
Conducteur d'électricité ?				
Malléable ?				

### **QUESTION 294**

Où se trouvent ces métaux par rapport à l'escalier du tableau périodique ?



## Biosphère

La biosphère, c'est l'ensemble des organismes vivants sur Terre (animaux, végétaux, champignons et microorganismes).

La vie sur Terre évolue dans la lithosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère (figure 100).

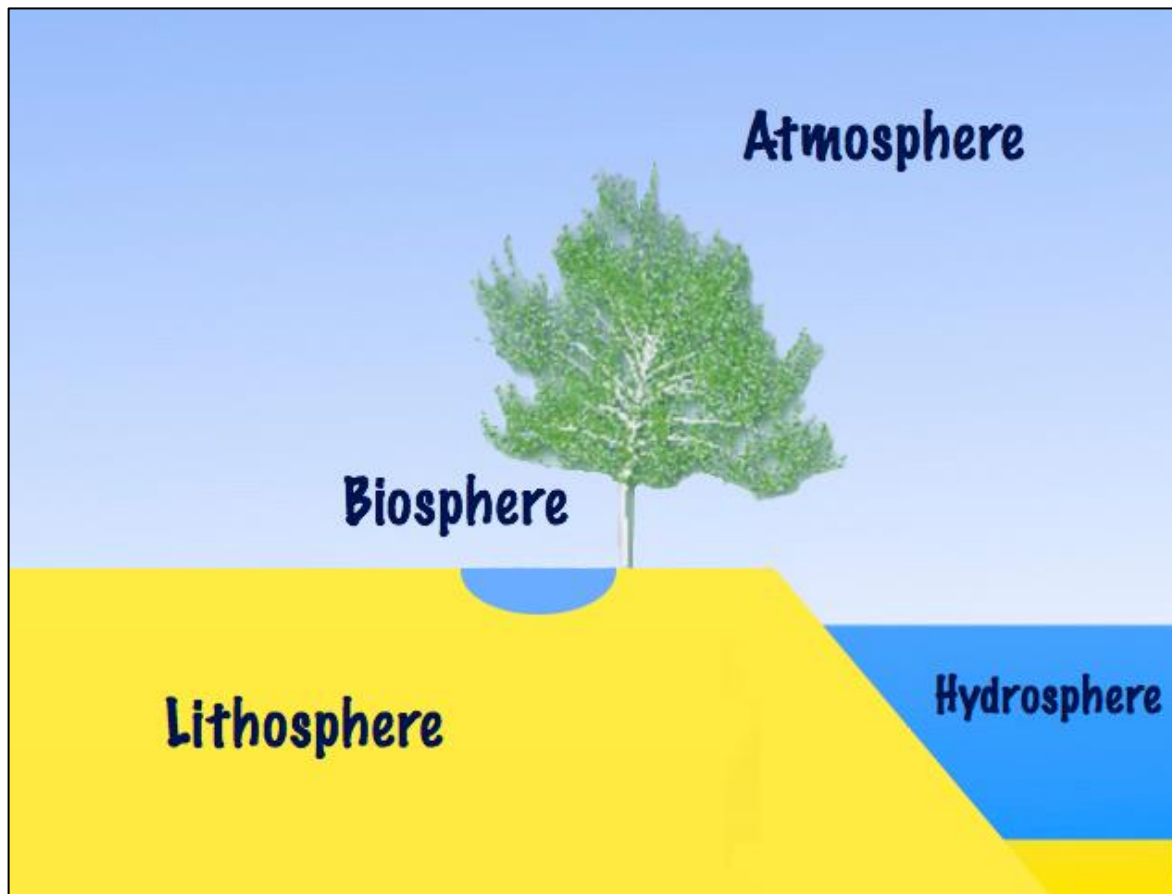


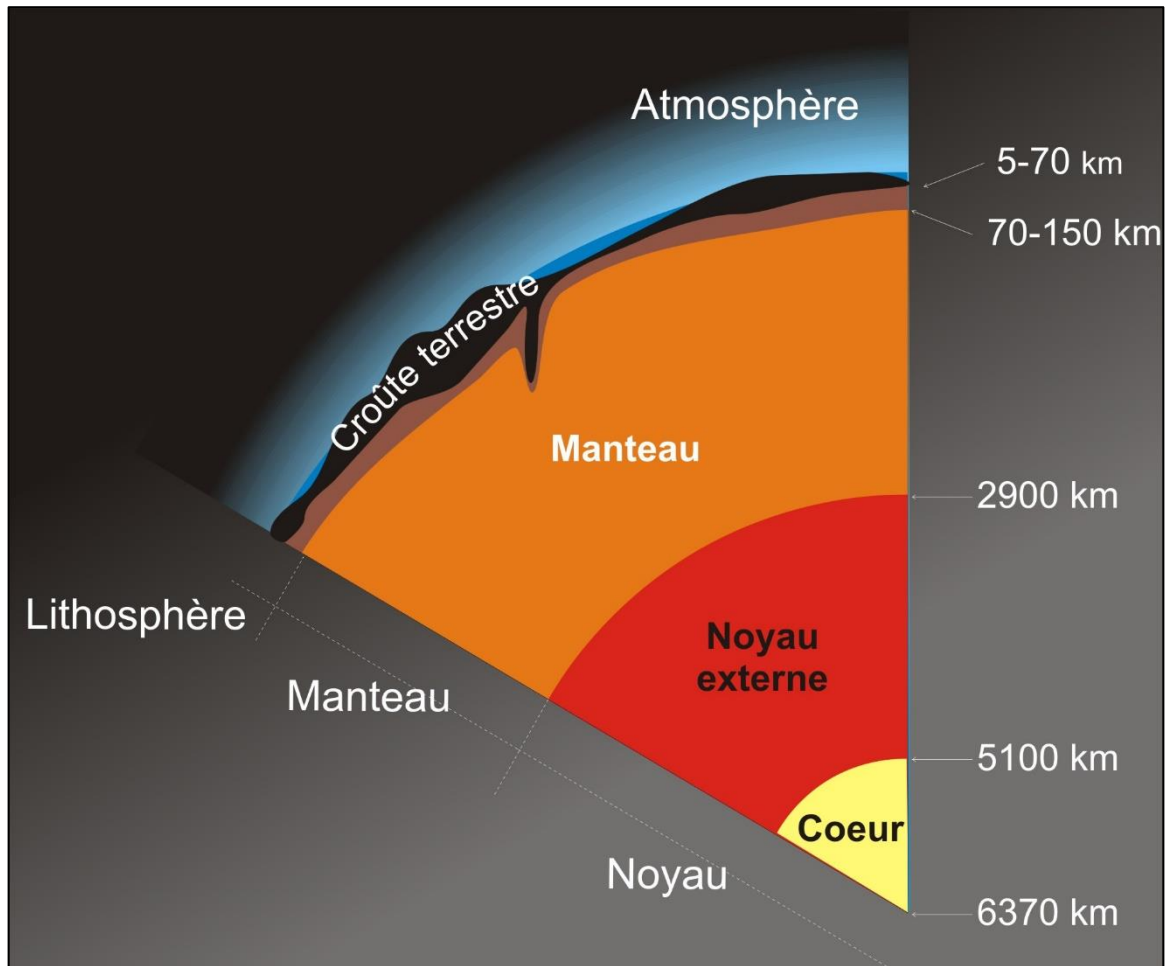
Figure 100 – Biosphère

## Lithosphère

La **lithosphère**, c'est la couche **solide** de la Terre.

Son épaisseur est environ 150 km. Elle est un peu moins épaisse sous les océans.

La lithosphère inclut la **croûte** terrestre et le dessus du **manteau** (figure 101).



**Figure 101** – Couches internes de la Terre

La lithosphère **contient** les **minéraux** essentiels à la croissance des plantes et au cycle de la vie sur Terre.

**QUESTION 295**

Comment se nomme la couche solide de la Terre ? Quelle est son épaisseur ?

**QUESTION 296**

Où trouve-t-on les minéraux sur Terre ?

## Minéraux

Un **minéral**, c'est un élément non-vivant de la croûte terrestre.

C'est une substance pure composée d'**éléments identiques** (figure 102).



**Figure 102** – Pépité de cuivre (Cu)

Dans un minéral, l'**agencement** des atomes est symétrique : ils forment des **cristaux** avec une **couleur dominante** (figure 103).



**Figure 103** – Cristaux de quartz (SiO<sub>2</sub>)

Sur Terre, on trouve plus de 4 000 minéraux, habituellement sous **forme solide**.

Les ressources minérales sont essentielles au développement des sociétés humaines.

## Minerai

Contrairement à un minéral, un minerai n'est pas une substance pure.

Un **minerai** est une **roche** qui contient une **grande quantité** d'un **minéral**.

Les humains exploitent les minerais en construisant des mines (figure 104).



**Figure 104** – Mine de cuivre de Murdochville (1955-1999)

### **QUESTION 297**

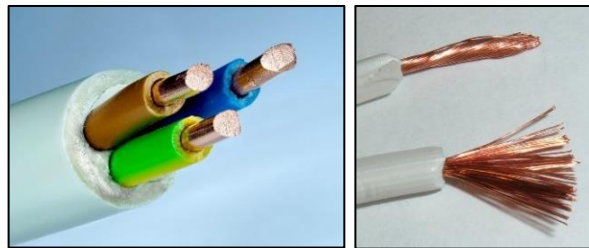
Nommez deux façons de différencier un minéral d'une roche.

**QUESTION 298**

Expliquez avec vos propres mots la différence entre un minéral et un minerai.

## Minéraux et transport de l'électricité

Pour transporter l'électricité, on utilise des fils fabriqués avec un métal extrait d'une mine, par exemple du cuivre (figure 105).



**Figure 105** – Fils électriques en cuivre

## Minéraux et centrale thermique

Pour générer de l'électricité, on peut utiliser des ressources extraites d'une mine, par exemple du charbon et du pétrole (figure 106).



**Figure 106** – Minerai de charbon (gauche) et sables (pétrolifères) bitumineux (droite)

Une centrale thermique (figure 107) génère de l'électricité en faisant bouillir de l'eau.

La vapeur d'eau fait tourner des turbines munies d'électroaimants.



**Figure 107** – Centrale thermique des Îles-de-la-Madeleine

## Minéraux et centrale nucléaire

Pour générer de l'électricité, on peut utiliser de la matière radioactive extraite d'une mine, par exemple de l'uranium (figure 108).



**Figure 108** – Minerai d'uranium

Une centrale nucléaire (figure 109) génère de l'électricité en faisant bouillir de l'eau.

La vapeur d'eau fait tourner des turbines munies d'électroaimants.



**Figure 109** – Centrale nucléaire de Bruce (Ontario)

## Minéraux et fermes solaires

Pour générer de l'électricité avec des panneaux solaires, on peut extraire des métaux d'une mine, par exemple du silicium et de l'indium (figure 110).



**Figure 110** – Minerai de silicium (gauche) et d'indium (droite)

Une ferme solaire (figure 111) récolte l'énergie lumineuse du soleil et la transforme en électricité grâce à l'effet photovoltaïque. Le soleil est une source d'énergie inépuisable.



**Figure 111** – Ferme solaire Noor (Maroc)

**QUESTION 299**

Nommez trois types de centrales électriques utilisant des ressources de la lithosphère.

**QUESTION 300**

Par rapport au procédé qui génère de l'électricité, qu'on en commun une centrale thermique et une centrale nucléaire ?



## Impacts de l'exploitation de la lithosphère

Les minéraux sont des ressources **épuisables**. Il faut en faire un usage judicieux.

Le cuivre, l'aluminium et le lithium sont des exemples de métaux épuisables utilisés pour la fabrication de fils électriques et de piles.

Les mines sont exposées au ruissellement de l'eau de pluie, ce qui a pour effet de dissoudre les minéraux et de contaminer les sources d'eau potable.

Voici une liste des principaux impacts environnementaux des activités minières :

- Contamination de l'eau potable
- Destruction d'habitats naturels
- Déplacement de la faune
- Émission de gaz à effet de serre par la machinerie lourde

Les mines peuvent transformer de grands territoires (figure 112).



**Figure 112** – Mine de sables bitumineux (Alberta)

**QUESTION 301**

Expliquez avec vos propres mots comment fonctionne une centrale thermique.

**QUESTION 302**

Expliquez avec vos propres mots comment les mines peuvent contaminer l'eau potable.

**QUESTION 303**

Nommez six ressources de la lithosphère utilisées en électricité et dites à quoi elles servent.

**QUESTION 304**

Nommez quatre impacts de l'exploitation minière sur l'environnement.

## Hydrosphère

L'**hydrosphère**, c'est l'eau qu'on trouve sur Terre sous toutes ses formes :

- Liquide (ruisseau, lac, rivière, baie, fleuve, mer, océan)
- Solide (glace, neige)
- Gaz (nuage, vapeur)

Plus de 70 % de la surface de Terre est recouverte d'eau (figure 113).



Figure 113 – Planète Terre vue de l'espace

## Utilisation de l'hydrosphère pour générer de l'électricité

Au Québec, la majeure partie de l'électricité est générée par des centrales hydroélectriques (figure 114).



Figure 114 – Centrale hydroélectrique Manic-5 (Côte-Nord)

L'eau dans un réservoir hydroélectrique est une source d'énergie **inépuisable** :

- Lorsqu'on ouvre les vannes du réservoir, le mouvement de l'eau fait tourner des turbines munies d'électroaimants et génère de l'électricité
- Le réservoir se remplit sous l'effet de la pluie et de la fonte des neiges

## Impacts de l'hydroélectricité

Voici les principaux impacts environnementaux de l'hydroélectricité.

- Le détournement d'un cours d'eau affecte tous les êtres vivants de la région
- Un barrage est un obstacle pour les poissons
- L'inondation d'un territoire dissout des métaux lourds emprisonnés dans les roches. Ces métaux se retrouvent ensuite dans la chaîne alimentaire

## Hydrolienne

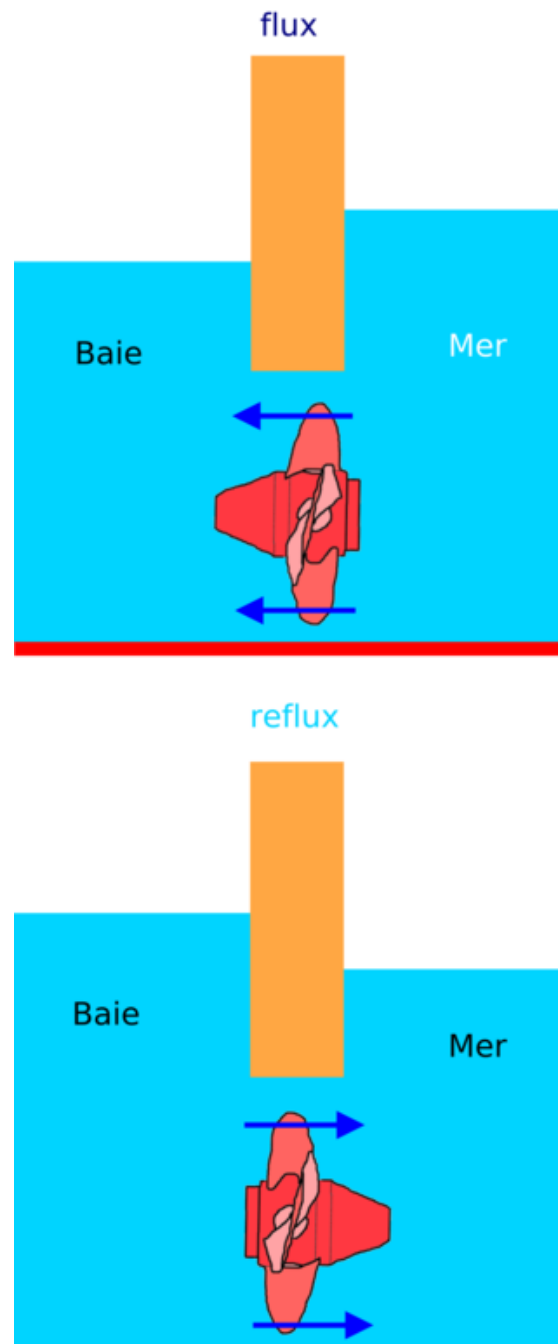
D'ici 2050, il est possible que milliers d'hydroliennes soient en opération à travers le monde. L'hydrolienne est une technologie en développement qui consiste à utiliser les courants marins pour faire tourner les pâles d'un générateur électrique (figure 115).



**Figure 115** – Représentation artistique d'hydroliennes dans un océan

Les **courants** marins provoqués par les **marées** sont une source d'**énergie inépuisable**, grâce à un flux et un reflux constants.

Les hydroliennes récoltent cette énergie et la transforment en électricité (figure 116).



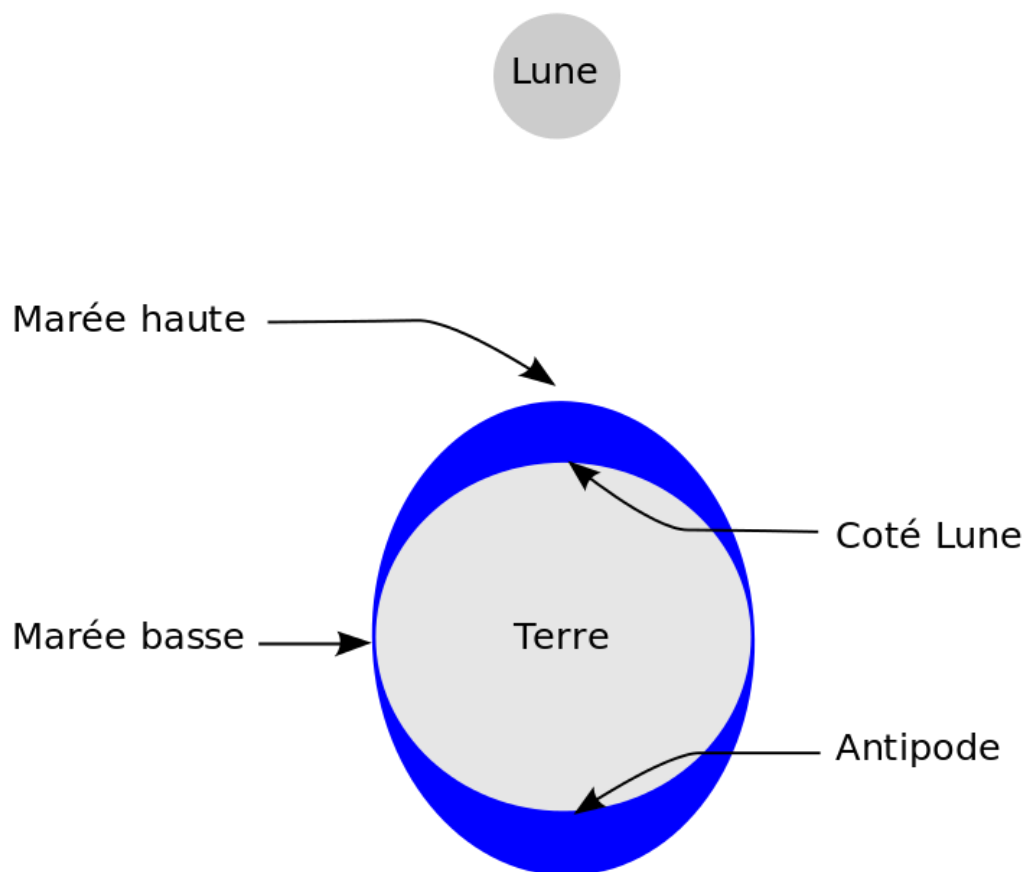
**Figure 116** – Flux et reflux de la marée faisant tourner les pâles d'une hydrolienne

## Système Terre-Lune

La Lune est responsable du phénomène des marées.

Le **champ** gravitationnel de la **Lune** exerce une **force** sur l'eau des **océans**.

Ceci a pour effet de provoquer des **marées hautes** et des **marées basses** sur la Terre (figure 117).



**Figure 117** – Phénomène des marées sur Terre

Sur la figure précédente, on voit que la **marée haute** sur Terre se trouve simultanément du **côté Lune** et à l'**antipode**.

## Impacts des hydroliennes

Voici les principaux impacts environnementaux des hydroliennes

- Les hydroliennes sont de grosses machines qui peuvent interférer avec le déplacement des poissons et des grands mammifères marins

## Atmosphère

L'**atmosphère**, c'est l'ensemble des gaz qui entoure notre planète (p. ex. l'oxygène et la vapeur d'eau). Ces gaz sont maintenus autour de la Terre par le champ gravitationnel.

L'atmosphère rend possible la vie sur la Terre :

- Elle protège les êtres vivants des rayons ultraviolets en provenance du Soleil
- Grâce à l'effet de serre, elle maintient la Terre à une température propice au développement de la vie (ni trop chaud, ni trop froid)
- La pression atmosphérique explique la présence d'eau liquide sur Terre

Le vent est une source d'**énergie inépuisable** transformée en électricité par les éoliennes (figure 118). Les pâles font tourner une turbine munie d'un électroaimant.



**Figure 118** – Parc éolien Le Nordais (Gaspésie)

## Impacts des éoliennes

La construction d'éoliennes implique du déboisement et des pertes d'habitats pour les animaux, mais de façon limitée.

Voici les principaux impacts environnementaux des éoliennes.

- Les oiseaux peuvent entrer en collision avec les installations
- Peut augmenter la mortalité des chauves-souris

L'émission d'ultrasons désagréables (mais inaudibles pour les humains) permet d'éloigner les chauves-souris.

### **QUESTION 305**

Expliquez avec vos propres mots comment fonctionne une centrale hydroélectrique.

### **QUESTION 306**

Expliquez avec vos propres mots le cycle des marées sur Terre.



**QUESTION 307**

Nommez deux ressources de la lithosphère en lien avec l'électricité et dites à quoi servent ces ressources.

**QUESTION 308**

Nommez trois impacts environnementaux de l'hydroélectricité.

**QUESTION 309**

Expliquez avec vos propres mots comment fonctionne une hydrolienne.

**QUESTION 310**

Nommez un impact environnemental des hydroliennes.

**QUESTION 311**

Expliquez avec vos propres mots comment fonctionne une éolienne.

**QUESTION 312**

Nommez deux impacts environnementaux des éoliennes.

## Questions de révision de la cinquième partie

Vous avez maintenant complété la cinquième partie de ce recueil. Répondez aux questions ci-dessous pour réviser ce que vous avez appris.

### **QUESTION 313**

Nommez quatre sources d'énergie inépuisables.

### **QUESTION 314**

Les minéraux sur Terre sont-ils disponibles en quantités limitées ou illimitées ?

### **QUESTION 315**

Dans le phénomène des marées, qu'est-ce que « l'antipode » ? Comment se comporte la marée à cet endroit ?

### **QUESTION 316**

Comment l'atmosphère rend-elle possible la vie sur Terre ?

**QUESTION 317**

Comment l'exploitation de la lithosphère rend-elle possible le transport de l'électricité ?

**QUESTION 318**

Expliquez avec vos propres mots comment fonctionne une centrale nucléaire.

**QUESTION 319**

Comme se nomme « l'effet » qui permet de récolter l'énergie lumineuse du soleil ?

**QUESTION 320**

Expliquez avec vos propres mots comment fonctionne une ferme solaire.

**QUESTION 321**

Pourquoi doit-on utiliser judicieusement les ressources de la lithosphère ?

**SIXIÈME PARTIE**  
**Les circuits électriques**

## L'électricité, c'est quoi ?

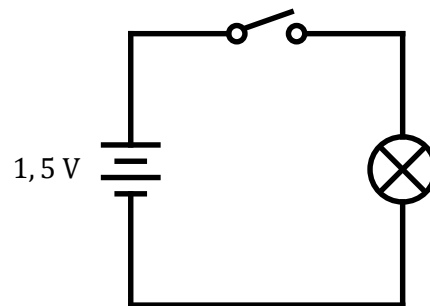
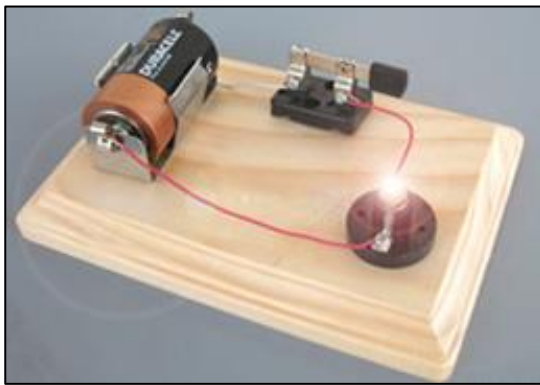
Nous savons déjà que **l'électricité**, c'est un phénomène observable (chaleur, lumière, mouvement, etc.).

Alors, on observe quoi au juste lorsqu'on allume un appareil électrique, par exemple une ampoule ?

Il s'agit du **mouvement d'électrons** dans un **conducteur** (p. ex. un fil électrique).

## Circuit (circuit électrique)

Le **courant** utilisé par un appareil électrique circule dans un **circuit**. Le courant circule à condition qu'une boucle soit fermée (figure 119).



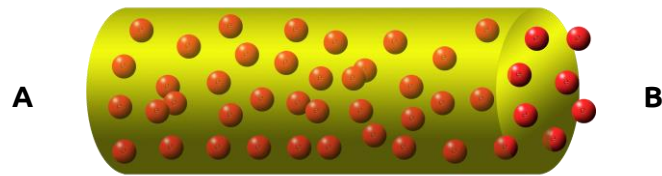
**Figure 119** – Un circuit électrique simple : pile, ampoule et interrupteur

Un **circuit**, c'est le **chemin parcouru** par des **électrons en mouvement**.

## Conducteur

Un conducteur, c'est un **matériau** qui **conduit l'électricité**.

Par exemple, un fil de cuivre permet aux électrons de circuler d'un point A vers un point B (figure 120).



**Figure 120** – Électrons qui circulent du point A au point B dans un fil conducteur en cuivre

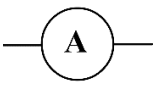

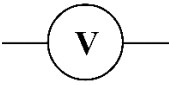



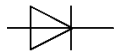
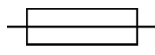
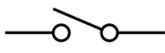
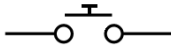


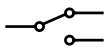

L'**électricité**, c'est des électrons en mouvement (**courant**) dans un **circuit** formé par des **conducteurs**.

## Schémas et symboles

Un **schéma électrique**, c'est un dessin simplifié qui représente un **circuit**.

Mémorisez la signification des symboles ci-dessous (tableau 5).

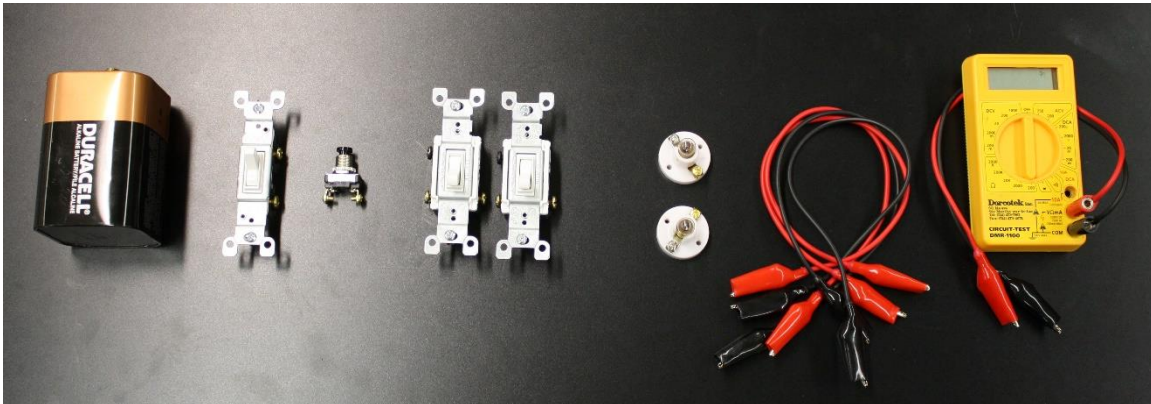
**Tableau 5** – Symboles normalisés utilisés en électricité

Ampèremètre		Courant alternatif	
Voltmètre		Pile	
Ampoule		Résistance ou résistor	
Diode		Fusible	
Interrupteur		Interrupteur à bouton-poussoir	
Moteur		Solénoïde	
Interrupteur bidirectionnel		Mise à la terre	

## Expériences des schémas électriques

Voici les objets dont vous aurez besoin pour les prochaines expériences (figure 121) :

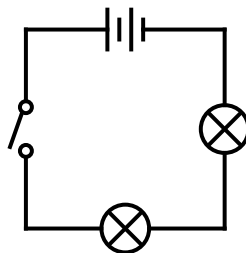
- 1 pile de 6 volts (ou équivalent)
- 1 interrupteur
- 1 interrupteur à bouton-poussoir
- 2 interrupteurs bidirectionnels
- 2 ampoules identiques avec leur socle
- Des fils conducteurs avec des pinces alligators
- Un multimètre



**Figure 121** – Composantes requises pour les expériences

### QUESTION 322

Réalisez le montage du schéma suivant :





**QUESTION 323**

Mesurez la tension de la pile et notez le résultat (n'oubliez pas les unités de mesure).

**QUESTION 324**

Allumez l'interrupteur, puis mesurez la tension aux bornes de chaque ampoule. Inscrivez vos résultats dans le tableau ci-dessous :

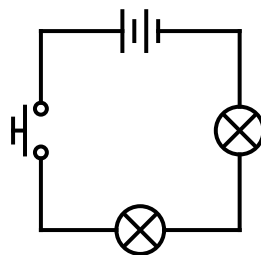
	Tension (V)
Ampoule N° 1	
Ampoule N° 2	

**QUESTION 325**

Additionnez les deux valeurs obtenues à la question précédente. Est-ce équivalent à la tension de la pile ? Pourquoi ?

**QUESTION 326**

Réalisez le montage du schéma suivant :



**QUESTION 327**

Mesurez l'intensité du courant aux quatre endroits indiqués dans le tableau ci-dessous :

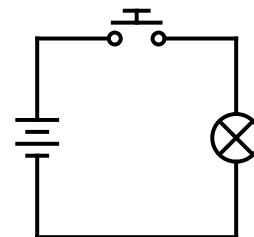
	Intensité du courant (A)
Entre la pile et le bouton-poussoir	
Entre le bouton-poussoir et l'ampoule N° 1	
Entre l'ampoule N° 1 et l'ampoule N° 2	
Entre l'ampoule N° 2 et le bouton-poussoir	

**QUESTION 328**

À la question précédente, est-ce que l'intensité du courant est toujours la même ? Pourquoi ?

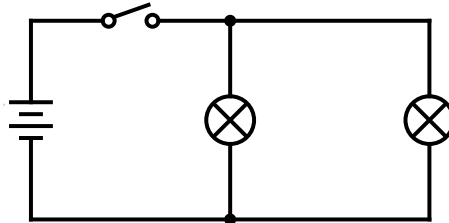
**QUESTION 329**

Réalisez le montage du schéma suivant et mesurez l'intensité du courant. Est-ce que l'ampoule illumine plus fortement ou plus faiblement que les 2 ampoules de la question précédente ? Pourquoi ?



**QUESTION 330**

Réalisez le montage du schéma suivant. Est-ce que les ampoules illuminent autant que l'ampoule de la question précédente ?

**QUESTION 331**

Mesurez la tension de la pile et notez le résultat (n'oubliez pas les unités de mesure).

**QUESTION 332**

Allumez l'interrupteur, puis mesurez la tension aux bornes de chaque ampoule. Inscrivez vos résultats dans le tableau ci-dessous :

	Tension (V)
Ampoule N° 1	
Ampoule N° 2	

**QUESTION 333**

À la question précédente, est-ce que la tension était la même aux bornes des ampoules qu'aux bornes de la pile ? Pourquoi ?

**QUESTION 334**

Mesurez l'intensité du courant aux quatre endroits indiqués dans le tableau ci-dessous :

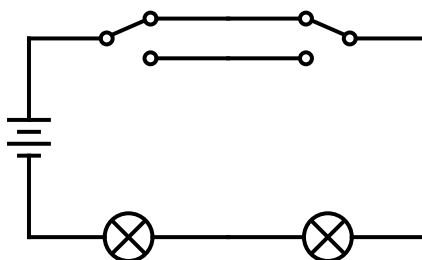
	Intensité du courant (A)
Entre la pile et l'interrupteur	
Entre un nœud et l'ampoule N° 1	
Entre un nœud et l'ampoule N° 2	
Entre un nœud et la pile	

**QUESTION 335**

À la question précédente, est-ce que l'intensité du courant est toujours la même dans le circuit ? Pourquoi ? Qu'est-ce qu'on observe dans le tableau précédent ?

**QUESTION 336**

Réalisez le montage du schéma suivant :

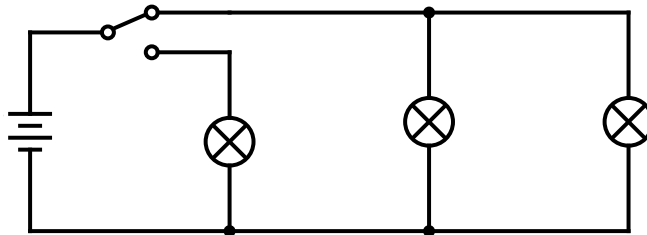


**QUESTION 337**

Si vous avez bien assemblé le montage précédent, vous pouvez allumer ou éteindre les ampoules avec l'un ou l'autre des interrupteurs (p. ex. en haut et en bas d'un escalier). Quelle composante permet de réaliser ce système à trois voies (*Tri-Way*) ?

**QUESTION 338**

Réalisez le montage du schéma suivant :

**QUESTION 339**

Si vous avez bien assemblé le montage précédent, vous pouvez allumer une ou deux ampoules. Ajouter à votre montage une composante qui permet d'éteindre toutes les ampoules, puis dessinez le nouveau schéma ci-dessous.

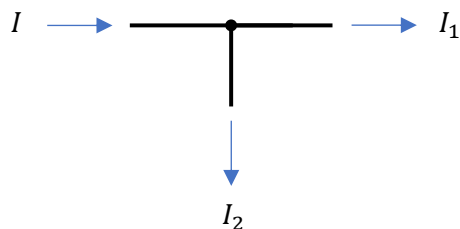
## Lois de Kirchhoff

Les lois de Kirchhoff déterminent l'**intensité du courant** et la **tension** dans un circuit.

### Loi des nœuds (première loi de Kirchhoff)

Le **courant qui entre** est **égal** au courant qui **sort**.

#### Exemple



Dans le schéma précédent, on voit que le courant qui entre ( $I$ ) se divise en deux.

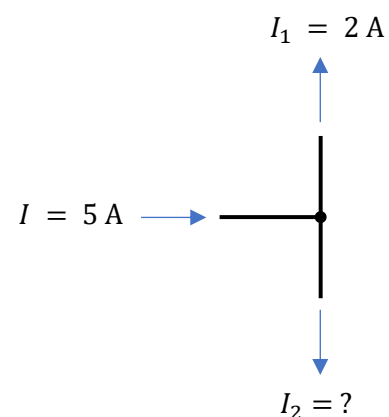
Or, rien ne se perd, rien ne se crée.

On a donc que :

$$I = I_1 + I_2$$

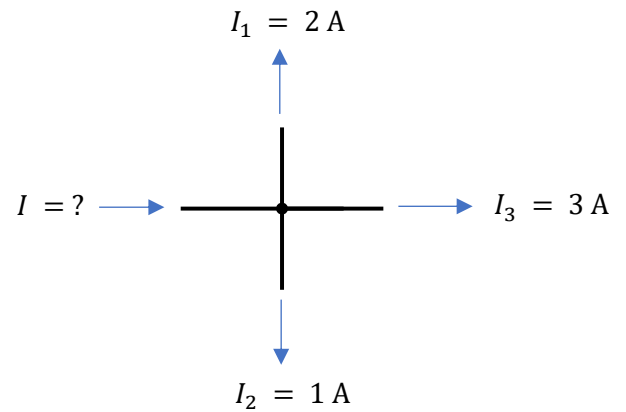
#### QUESTION 340

Un courant de 5 ampères arrive à l'intersection d'un circuit électrique (un nœud). Quelle est l'intensité du courant  $I_2$  dans le schéma ci-dessous ?

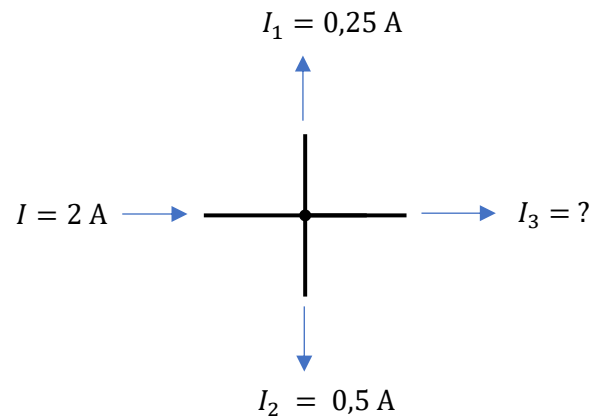


**QUESTION 341**

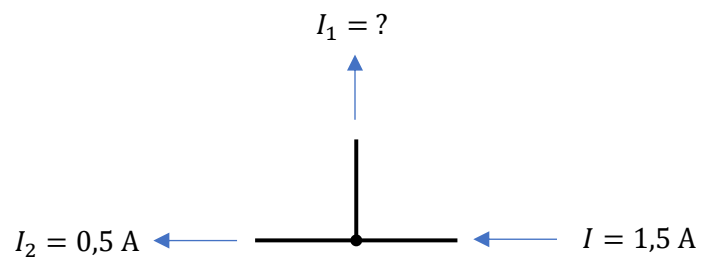
Quelle est l'intensité du courant qui entre ( $I$ ) dans le schéma ci-dessous ?

**QUESTION 342**

Quelle est l'intensité du courant  $I_3$  dans le schéma ci-dessous ?

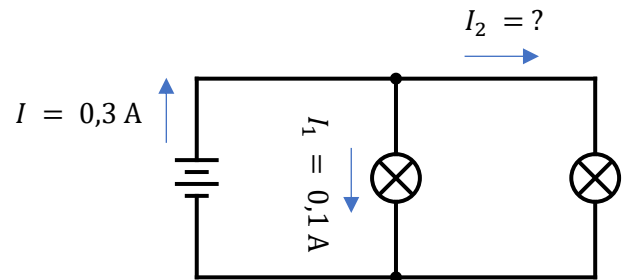
**QUESTION 343**

Quelle est l'intensité du courant  $I_1$  dans le schéma ci-dessous ?

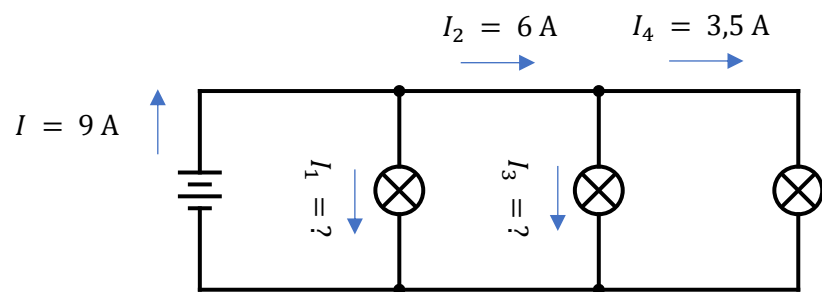


**QUESTION 344**

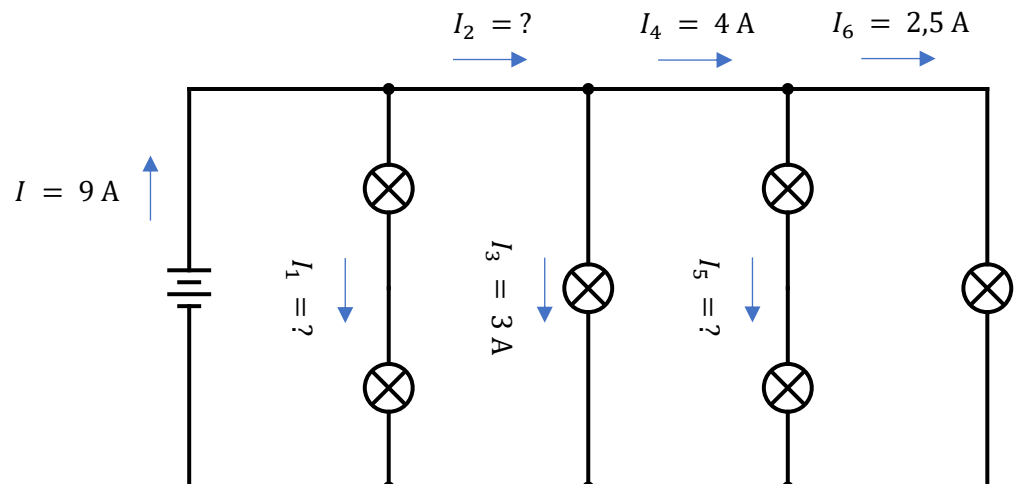
Quelle est l'intensité du courant  $I_1$  ?

**QUESTION 345**

Quelle est l'intensité du courant  $I_1$  et  $I_3$  ?

**QUESTION 346**

Quelle est l'intensité du courant  $I_1, I_2$  et  $I_5$  ?

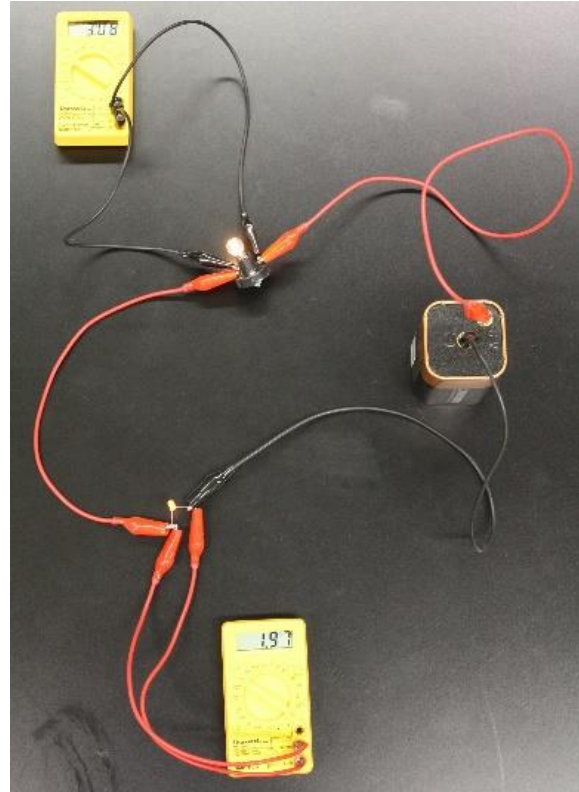
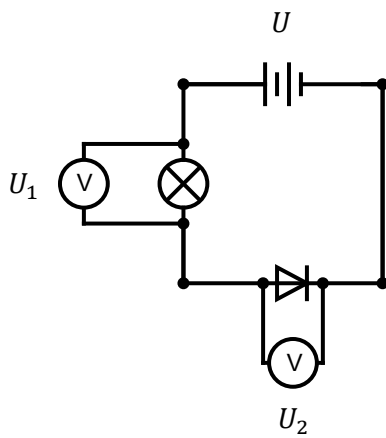




## Loi des boucles (deuxième loi de Kirchhoff)

Dans une boucle, la somme des **tensions** aux **bornes** des **composantes** est **égale** à la tension de la **source**.

### Exemple



Dans le schéma précédent, on voit qu'une pile est une source de tension ( $U$ ).

On voit aussi que des voltmètres mesurent la tension aux bornes d'une ampoule ( $U_1$ ) et d'une diode ( $U_2$ ).

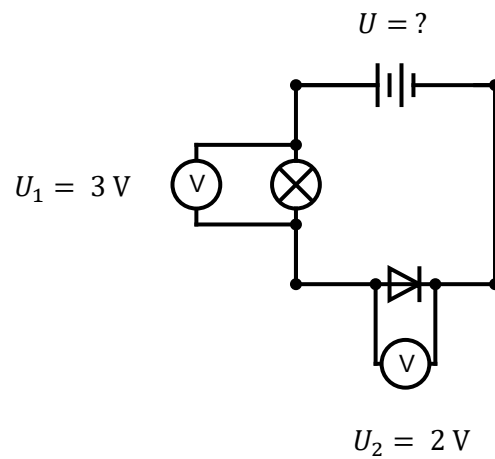
Or, rien ne se perd, rien ne se crée.

On a donc que :

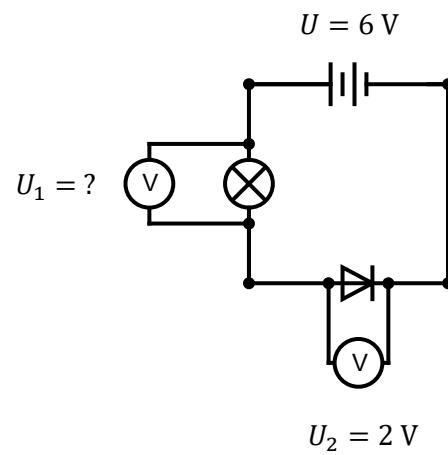
$$U = U_1 + U_2$$

**QUESTION 347**

Quelle est la tension livrée par la pile dans le schéma ci-dessous ?

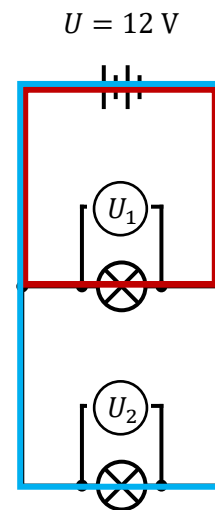
**QUESTION 348**

Quelle est la tension aux bornes de l'ampoule dans le schéma ci-dessous ?

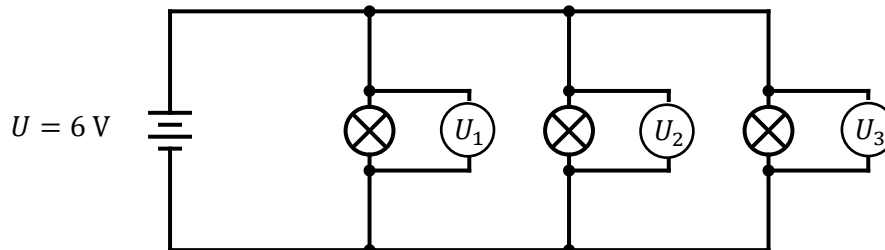


**QUESTION 349**

Dans le prochain schéma, il y a deux boucles de courant (une rouge et une bleue) reliées à la source de tension ( $U$ ). Quelle est la tension  $U_1$  et  $U_2$  aux bornes des ampoules ?

**QUESTION 350**

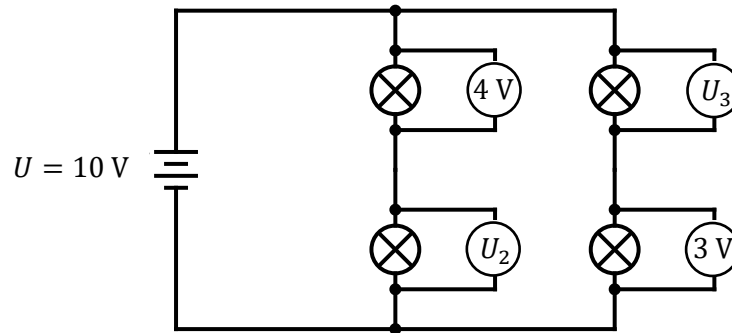
Dans le prochain schéma, il y a trois boucles de courant reliées à la source de tension ( $U$ ). Quelle est la tension  $U_1$ ,  $U_2$  et  $U_3$  aux bornes des ampoules ?

**QUESTION 351**

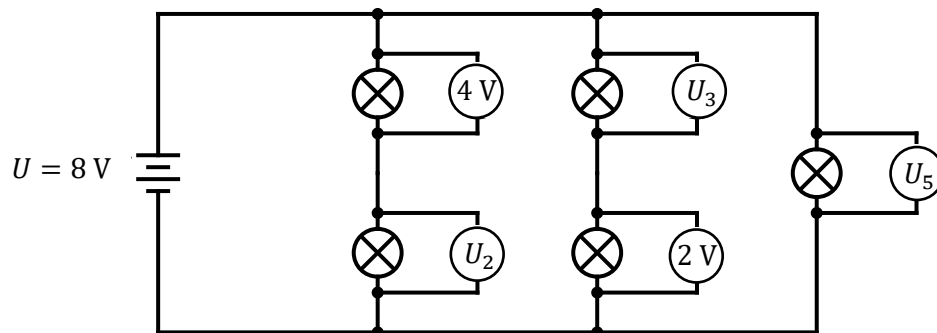
Réalisez le montage de la question précédente et vérifiez que la tension est identique aux bornes des trois ampoules.

**QUESTION 352**

Quelle est la tension  $U_2$  et  $U_3$  aux bornes des ampoules ?

**QUESTION 353**

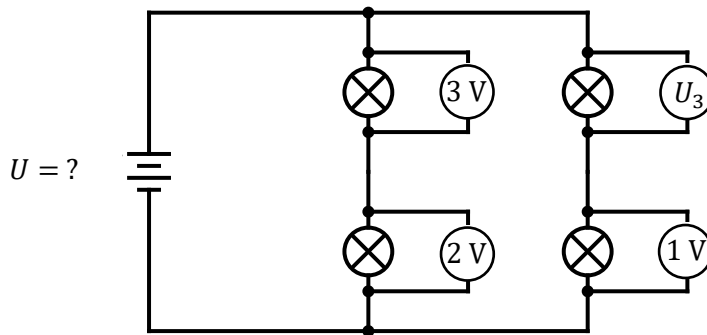
Quelle est la tension  $U_2$ ,  $U_3$  et  $U_5$  aux bornes des ampoules ?

**QUESTION 354**

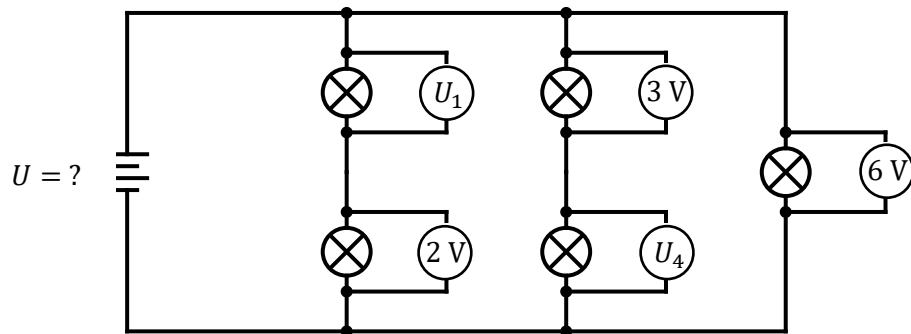
Dans le schéma précédent, quelle loi permet de trouver les tensions manquantes ?

**QUESTION 355**

Calculez les tensions  $U$  et  $U_3$ .

**QUESTION 356**

Quelle est la tension de la pile ( $U$ ) ? Calculez les tensions  $U_1$  et  $U_4$ .



## Circuit en série

Un circuit en **série** n'a qu'**une** seule **boucle**.

Par exemple, le circuit en série ci-dessous avec trois ampoules (figure 122).

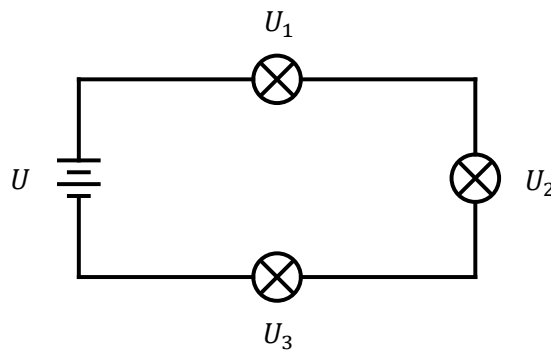


Figure 122 – Un circuit en série

Pour la **tension** :

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Pour l'intensité du **courant** :

$$I_1 = I_2 = I_3$$

### QUESTION 357

Un circuit contenant deux ampoules est branché en série. Si la source de tension est une pile de 8 V et que la tension aux bornes de la première ampoule est 2 V, quelle est la tension aux bornes de l'autre ampoule ?

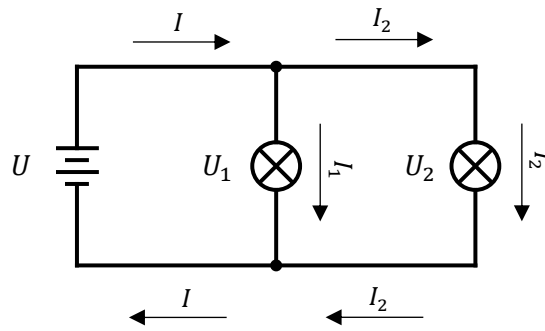
### QUESTION 358

Un circuit contenant deux ampoules est branché en série. Si l'intensité du courant entre la pile et la première ampoule est 2 A, quelle est l'intensité du courant entre la première et la deuxième ampoule ?

## Circuit en parallèle

Un circuit en **parallèle** a **plusieurs boucles**.

Par exemple, le circuit en parallèle ci-dessous avec deux ampoules (figure 123).



**Figure 123** – Un circuit en parallèle

Pour la **tension**, on a donc que :

$$U = U_1 = U_2$$

Dans un circuit en **parallèle**, il y a des **nœuds**; on a donc que :

$$I = I_1 + I_2$$

### QUESTION 359

Trois ampoules sont branchées en parallèle. Si la source de tension est une pile de 8 V, quelle est la tension aux bornes de chaque ampoule ?

### QUESTION 360

Deux ampoules sont branchées en parallèle. Si un courant de 2,5 A traverse la première ampoule et qu'un courant de 3,5 A traverse la deuxième ampoule, quelle est l'intensité du courant entre la pile et le premier nœud ?

## Expériences des circuits en série et en parallèle

Voici les objets dont vous aurez besoin pour les prochaines expériences :

- 1 pile de 6 volts (ou équivalent)
- 1 interrupteur
- 3 ampoules identiques avec leur socle
- 1 multimètre
- Des fils conducteurs avec des pinces alligators

### **QUESTION 361**

Dessinez un schéma avec une pile, un interrupteur et trois ampoules branchées en série, puis réalisez le montage.

### **QUESTION 362**

Mesurez et notez l'intensité du courant dans le circuit.

### **QUESTION 363**

Mesurez et notez la tension aux bornes de chaque ampoule.



**QUESTION 364**

Dessinez un schéma avec une pile, un interrupteur et trois ampoules branchées en parallèle, puis réalisez le montage.

**QUESTION 365**

Mesurez et notez l'intensité du courant qui traverse chaque ampoule.

**QUESTION 366**

Selon vous, sans mesurez, quelle est la tension aux bornes de chaque ampoule ?

**QUESTION 367**

Mesurez et notez la tension aux bornes de chaque ampoule pour valider votre réponse à la question précédente.

**QUESTION 368**

Est-ce que vos 4 ampoules sont plus lumineuses dans le circuit en série ou en parallèle ? Expliquez pourquoi avec vos propres mots.

**QUESTION 369**

Refaites le montage où quatre ampoules sont reliées en série. Qu'est-ce qui se passe si vous dévissez une ampoule ? Expliquez pourquoi avec vos propres mots.

**QUESTION 370**

Refaites le montage où quatre ampoules sont reliées en parallèle. Qu'est-ce qui se passe si vous dévissez une ampoule ? Expliquez pourquoi avec vos propres mots.

**QUESTION 371**

Nommez deux avantages du circuit en parallèle.

## Résistance (résistance électrique)

Une **résistance**, c'est une composante d'un circuit qui **réduit** le **passage** du **courant**, comme lorsqu'on pince un boyau d'arrosage (figure 124).



**Figure 124** – Une résistance réduit le passage du courant

Une résistance **consomme de l'énergie** et dégage de la **chaleur**.

Les **appareils électriques** sont des **résistances** (figure 125).



**Figure 125** – Un appareil électrique, c'est une résistance qui dissipe de la chaleur

**Tous les appareils électriques** dégagent de la **chaleur** : c'est l'**effet Joule**.

Un élément chauffant est un appareil (une résistance) conçu pour dégage de la chaleur.

### QUESTION 372

Quel est l'effet d'une résistance sur le courant d'un circuit ?

### QUESTION 373

Quel est l'effet de réduire le passage des électrons dans le circuit d'un appareil électrique à l'aide d'une résistance ? Comment nomme-t-on cet effet ?

## Résistor

Un **résistor** est une **résistance** qui **protège** les composantes d'un **circuit électronique**.

En réduisant le courant, le résistor **dissipe** de la **chaleur**.

Divers types de résistors existent selon la quantité de courant à restreindre (figure 126).



**Figure 126** – Des résistors utilisés en électronique

La **résistance** est une quantité physique qui s'exprime en **ohms**.

Le **symbole** de cette unité de mesure est  $\Omega$  (la lettre grecque *oméga*).

### **QUESTION 374**

À quoi servent les résistors ?

### **QUESTION 375**

Quelle est l'unité de mesure d'une résistance ?

### **QUESTION 376**

Quel est le symbole utilisé pour le ohm ?

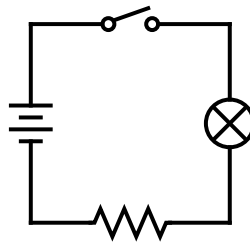
## Expériences des résistors

Voici les objets dont vous aurez besoin pour les prochaines expériences (figure 127) :

- 1 pile de 6 volts (ou équivalent)
- 1 interrupteur
- 1 interrupteur bidirectionnel
- 1 résistor de  $100\ \Omega$
- 4 ampoules identiques avec leur socle
- 1 multimètre
- Des fils conducteurs avec des pinces alligators

### QUESTION 377

Réalisez le montage du schéma et observez l'intensité lumineuse de l'ampoule.

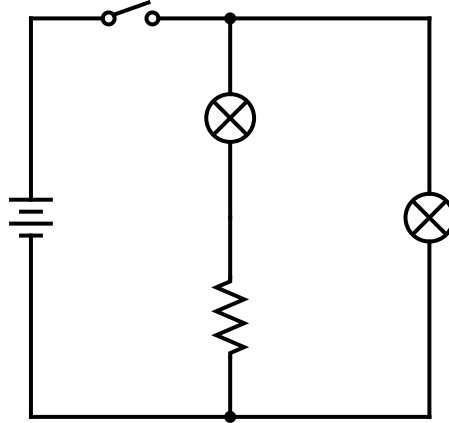


### QUESTION 378

Refaites le montage précédent, mais sans le résistor. Quel est l'effet du résistor sur l'intensité lumineuse de l'ampoule ? Pourquoi ?

**QUESTION 379**

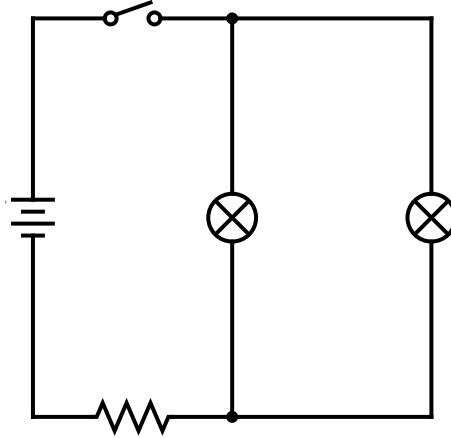
Réalisez le montage du schéma suivant et notez vos observations.

**QUESTION 380**

Refaites le montage précédent, mais en inversant la position du résistor et de l'ampoule de la première boucle. Est-ce que vous observez des changements par rapport au montage précédent ? Pourquoi ?

**QUESTION 381**

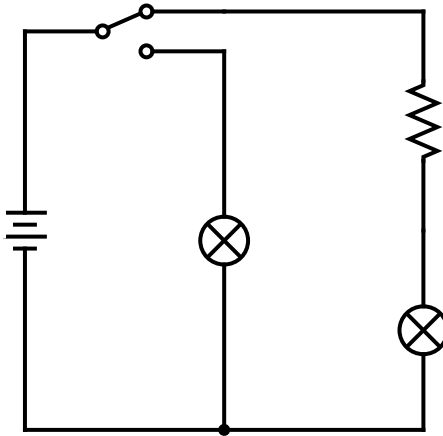
Réalisez le montage du schéma suivant et notez vos observations.

**QUESTION 382**

Refaites le montage précédent, mais en inversant la position du résistor et de l'ampoule de la première boucle. Est-ce que vous observez des changements par rapport au montage précédent ? Pourquoi ?

**QUESTION 383**

Réalisez le montage du schéma suivant et notez vos observations.

**QUESTION 384**

Refaites le montage précédent, mais en ajoutant deux ampoules dans la première boucle. Qu'est-ce que vous observez ? Pourquoi ?

**QUESTION 385**

Mesurez et notez l'intensité du courant dans la première et dans la deuxième boucle de la question précédente. Dans quelle boucle l'intensité lumineuse est-elle la plus grande ? Pourquoi ?



## Loi d'Ohm

En 1827, Georg Ohm (figure 128) a déterminé une **relation** mathématique simple entre la **tension** et le **courant**.



**Figure 127** – Georg Ohm (1789-1854)

Voici la loi d'Ohm :

$$U = RI$$

où

$U$  : Tension (V)

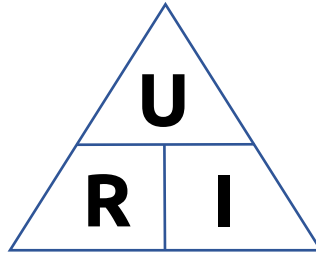
$R$  : Résistance ( $\Omega$ )

$I$  : Intensité du courant (A)

### **QUESTION 386**

Un résistor de 100 ohms est traversé par un courant de 0,1 ampère. Quelle est la tension aux bornes du résistor (n'oubliez pas les unités de mesure) ?

Mémorisez le triangle ci-dessous. C'est un truc pour vous souvenir comment effectuer des calculs avec la loi d'Ohm.



### Exemple

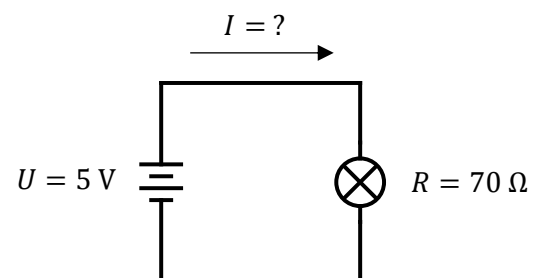
1. On cherche la tension (V) :  $U = RI$
2. On cherche la résistance ( $\Omega$ ) :  $R = \frac{U}{I}$
3. On cherche l'intensité du courant (A) :  $I = \frac{U}{R}$

### QUESTION 387

La tension aux bornes d'une ampoule est 5 volts. Cette ampoule est traversée par un courant de 0,14 ampère. Quelle est la résistance de l'ampoule ?

### QUESTION 388

Dans le schéma ci-dessous, quelle est l'intensité du courant qui circule dans le fil conducteur ?

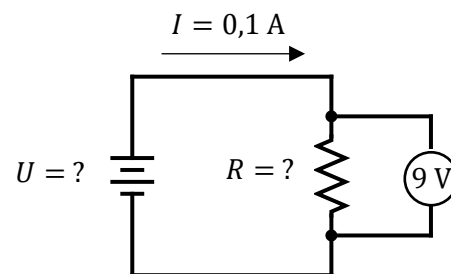


**QUESTION 389**

Dans le schéma de la question précédente, quelle est la tension aux bornes de l'ampoule ? Pourquoi ?

**QUESTION 390**

Dans le schéma ci-dessous, quelle est la tension de la pile et quelle est la résistance du résistor ?

**QUESTION 391**

Un séchoir à cheveux est branché dans une prise de 120 V. Son circuit est traversé par un courant de 5 A. Quelle est la résistance du séchoir ?

**QUESTION 392**

Un grille-pain est une résistance de  $15 \Omega$  et est branché dans une prise de courant de 120 V. Quelle est l'intensité du courant ?

**QUESTION 393**

Une tondeuse à gazon électrique est une résistance de  $10 \Omega$  et est traversée par un courant de 12 A. Quelle est la tension livrée par la prise de courant ?

## Expériences de la mesure de la résistance

Voici les objets dont vous aurez besoin pour les prochaines expériences :

- 1 pile de 6 volts (ou équivalent)
- 3 ampoules identiques avec leur socle
- 1 multimètre
- Des fils conducteurs avec des pinces alligators

### **QUESTION 394**

Dessinez un schéma où 1 ampoule est reliée à une pile.

### **QUESTION 395**

Réalisez le montage de la question précédente.

### **QUESTION 396**

Mesurez la tension livrée par la pile. Notez votre résultat.

### **QUESTION 397**

Mesurez l'intensité du courant dans le circuit. Notez votre résultat.

**QUESTION 398**

Calculez la résistance de l'ampoule avec la loi d'Ohm.

**QUESTION 399**

Calculez la puissance de l'ampoule.

**QUESTION 400**

Dessinez un schéma où 3 ampoules sont branchées en série et reliées à une pile.

**QUESTION 401**

Réalisez le montage de la question précédente.

**QUESTION 402**

Mesurez la tension livrée par la pile. Notez votre résultat.

**QUESTION 403**

Mesurez l'intensité du courant dans le circuit. Notez votre résultat.

**QUESTION 404**

Calculez la résistance totale des 3 ampoules avec la loi d'Ohm.

**QUESTION 405**

Calculez la puissance totale des 3 ampoules.

**QUESTION 406**

La résistance de 3 ampoules en série est combien de fois plus grande que celle que vous aviez calculée pour 1 ampoule en série ?

**QUESTION 407**

Dessinez un schéma où 3 ampoules branchées en parallèle sont reliées à une pile.

**QUESTION 408**

Réalisez le montage de la question précédente.

**QUESTION 409**

Mesurez la tension aux bornes de la pile et de chaque ampoule. Notez vos résultats.

**QUESTION 410**

Mesurez l'intensité du courant qui traverse chaque ampoule. Notez votre résultat.

**QUESTION 411**

Calculez la résistance des ampoules avec la loi d'Ohm.

**QUESTION 412**

Calculez la puissance des ampoules.

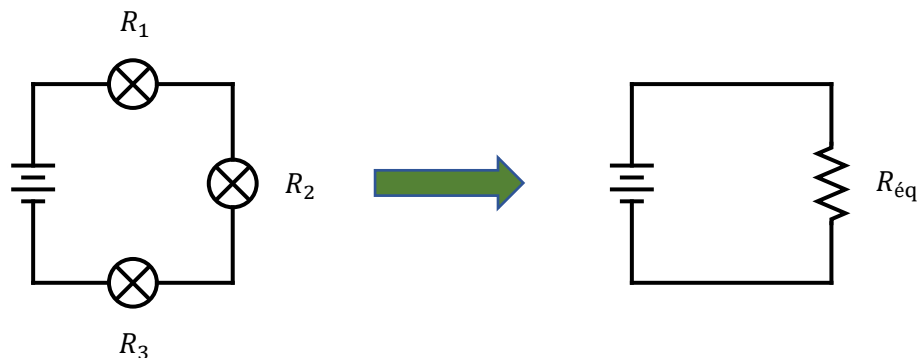
**QUESTION 413**

Que remarquez-vous par rapport à la résistance des ampoules en série, comparativement aux ampoules en parallèle ?

## Résistance équivalente d'un circuit en série

Pour utiliser la **loi d'Ohm** avec **plusieurs résistances**, on transforme un circuit sous une forme équivalente (figure 129).

Par exemple, on peut remplacer trois résistances branchées en série (les ampoules  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$ ) par une **résistance équivalente** ( $R_{\text{éq}}$ )



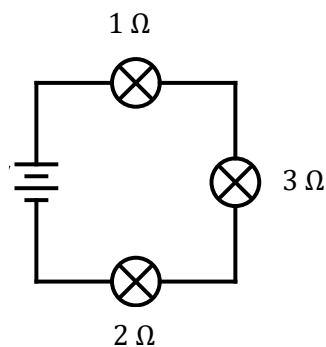
**Figure 128** – Résistance équivalente de trois ampoules branchées en série

Voici comment calculer la résistance équivalente dans un circuit en série :

$$R_{\text{éq}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

### **QUESTION 414**

Calculer la résistance équivalente, puis dessiner le schéma équivalent en indiquant la valeur de  $R_{\text{éq}}$ .



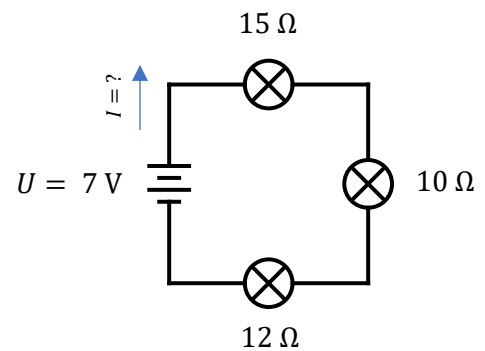


**QUESTION 415**

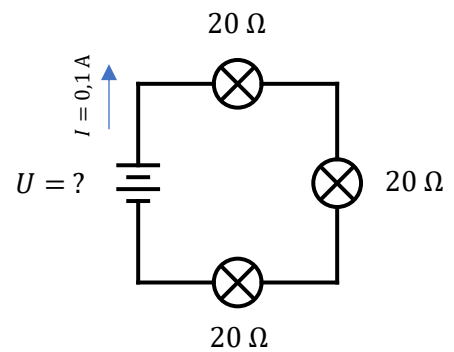
Si un courant de 1 A circule dans le circuit, calculez la tension livrée par la pile de la question précédente (indice : loi d'Ohm).

**QUESTION 416**

Dessinez le schéma équivalent et calculez l'intensité du courant.

**QUESTION 417**

Dessinez le schéma équivalent et calculez la tension livrée par la pile.



**QUESTION 418**

Une ampoule est branchée en série avec deux résistors de  $40\ \Omega$ . Quelle doit être la résistance de l'ampoule pour avoir une résistance équivalente de  $90\ \Omega$ .

**QUESTION 419**

Huit ampoules identiques sont branchées en série. Quelle est la résistance de chaque ampoule si elles sont reliées à une pile de  $12\ \text{V}$  et qu'un courant de  $0,15\ \text{A}$  circule dans le circuit ?

**QUESTION 420**

Quelle unité physique mesure la puissance ? Deux résistors, un de  $100\ \Omega$  et un de  $200\ \Omega$ , sont branchés en série à une source de tension de  $9\ \text{V}$ . Quelle est la puissance dissipée en chaleur par le passage du courant dans les résistors (indice : watt = volt  $\times$  ampère) ?

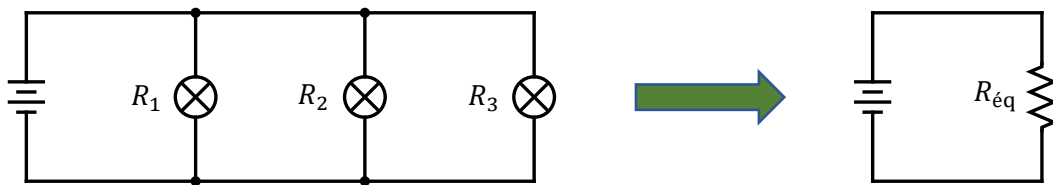
**QUESTION 421**

Cinq résistors identiques sont branchés en série et sont traversés par un courant de  $0,1\ \text{A}$ . Si la puissance dissipée en chaleur par les résistors est  $0,5\ \text{W}$ , quelle est la résistance de chaque résistor ?

## Résistance équivalente d'un circuit en parallèle

La **résistance équivalente** d'un circuit en **parallèle** est **toujours plus petite que la plus petite résistance du circuit**.

Par exemple, on peut remplacer trois résistances branchées en parallèle (les ampoules  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$ ) par une **résistance équivalente** ( $R_{\text{éq}}$ ). Mémorisez ceci :  $R_{\text{éq}} < R_1 + R_2 + R_3$



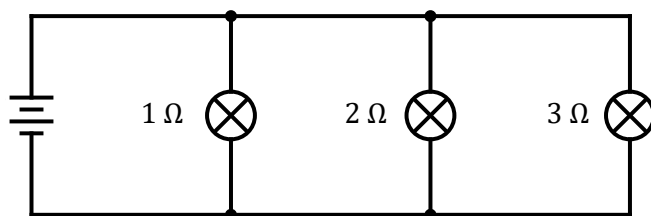
**Figure 129** – Résistance équivalente de trois ampoules branchées en parallèle

Voici comment calculer la résistance équivalente dans un circuit en parallèle :

$$\frac{1}{R_{\text{éq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

### QUESTION 422

Calculer la résistance équivalente, puis dessinez le schéma équivalent en indiquant la valeur de  $R_{\text{éq}}$ . Faites vérifier votre réponse par votre prof avant de poursuivre.

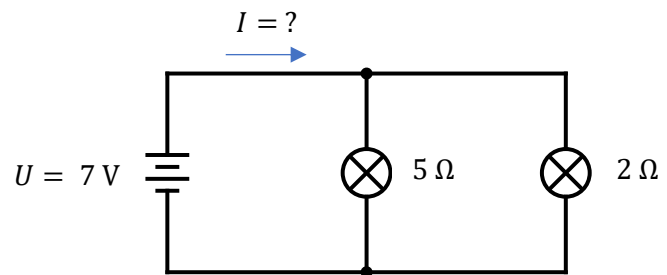


**QUESTION 423**

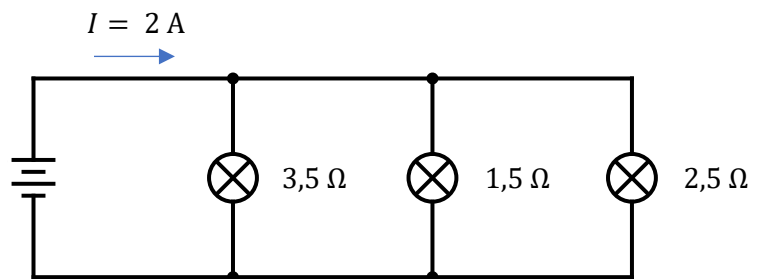
Si une tension de 6 V est fournie par la pile, calculez l'intensité du courant dans chaque boucle de la question précédente (indice : loi d'Ohm).

**QUESTION 424**

Dessinez le schéma équivalent et calculez l'intensité du courant.

**QUESTION 425**

Dessinez le schéma équivalent et calculez la tension livrée par la pile.



**QUESTION 426**

Cinq ampoules identiques sont branchées en parallèle et forment une résistance équivalente de  $1,9 \Omega$ . Quelle est la résistance de chaque ampoule ?

**QUESTION 427**

Huit ampoules identiques sont branchées en parallèle. Quelle est la résistance de chaque ampoule si elles sont reliées à une pile de  $12 \text{ V}$  et qu'un courant de  $9,6 \text{ A}$  circule entre la pile et le premier nœud du circuit ?

**QUESTION 428**

Deux résistors, un de  $100 \Omega$  et un de  $200 \Omega$ , sont branchés en parallèle à une source de tension de  $9 \text{ V}$  et dégagent de la chaleur. Quelle est la puissance dissipée par le passage du courant dans les résistors (indice : watt = volt  $\times$  ampère) ?

**QUESTION 429**

Cinq résistors identiques branchés en parallèle sont traversés par un courant de  $0,1 \text{ A}$  et dégagent de la chaleur. Si la puissance dissipée par les résistors est  $0,5 \text{ W}$ , quelle est la résistance de chaque résistor ?

## Fonction des composantes d'un circuit

Les composantes d'un circuit ont une fonction. Nous allons en discuter quelques-unes.

### Fonction d'alimentation

Une **source** de tension **alimente** un appareil électrique.

Elle livre un **courant continu** ou un **courant alternatif** (pile ou prise de courant).

En général, le courant continu est utilisé pour des appareils portatifs qui ne sont pas branchés à un réseau électrique (p. ex. la pile d'une montre).

### Fonction de conduction et d'isolation

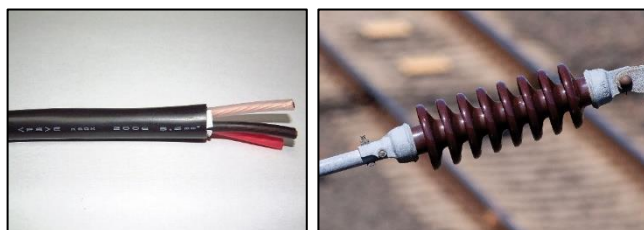
Les **fils électriques** ont pour fonction de **conduire** le **courant** dans un circuit.

Ils sont fabriqués avec un **matériau conducteur** qui laisse facilement passer les électrons (p. ex. : cuivre, aluminium, or, argent).

---

Les **matériaux isolants** empêchent le courant de passer (p. ex. : verre, plastique, silicone, céramique).

Ils sont utilisés pour **protéger** contre l'**électrocution** et les **courts-circuits** (figure 130)



**Figure 130** – Gaine de plastique (gauche) et point de raccord en céramique (droite)

## Circuits imprimés

Un circuit imprimé est un circuit électrique gravé sur une plaquette. Au besoin, on peut y intégrer des résistors (figure 131).

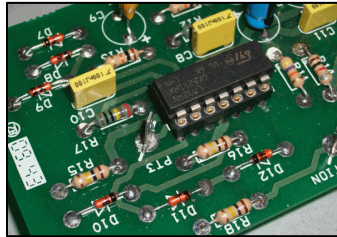


Figure 131 – Un circuit imprimé

Les circuits imprimés permettent de **miniaturiser** un **circuit** (p. ex. une calculatrice).

Plusieurs composantes sont contenues sur une petite surface. La plaquette de plastique isolant prévient les courts-circuits.

## Fonction de protection

Les **fusibles** et les **disjoncteurs** (figure 132) ont pour fonction de protéger un circuit et de **couper le courant** en cas de **surcharges** ou de **courts-circuits**.

Une **surcharge** se produit si l'intensité du courant est trop élevée et surchauffe les fils. Les fusibles et les disjoncteurs préviennent alors un **risque d'incendie**.



Figure 132 – Fusibles (gauche) et disjoncteurs (droite)

Contrairement à un fusible qui « grille » et doit être remplacé, un disjoncteur a l'avantage d'être réutilisable (il suffit de bouger un levier « On/Off »)

**QUESTION 430**

Une scie circulaire de 1,8 kW et un aspirateur de 800 W sont branchés sur une prise courant de 120 V. Est-ce qu'on peut les allumer les deux appareils en même temps si le circuit est relié à un disjoncteur de 15 A (indice : watt = volt × ampère) ?

**QUESTION 431**

À la question précédente, est-ce que les appareils fonctionneraient si le circuit n'était pas protégé par un disjoncteur ? Si oui, est-ce que ça serait une bonne idée d'utiliser les appareils ? Pourquoi ?

---

Un **court-circuit** se produit si le courant électrique emprunte un autre chemin que celui prévu par l'appareil électrique (figure 133).



**Figure 133** – Un court-circuit

Les fusibles et les disjoncteurs servent alors à **prévenir** une **électrocution**.



## Fonction de commande

Un **interrupteur** a pour **fonction** de **commander** un circuit :

- Un circuit « **ouvert** » coupe le courant
- Un circuit « **fermé** » rétablit le courant

Le tableau 6 présente les caractéristiques des interrupteurs à connaître pour ce cours.

**Tableau 6** – Caractéristiques des interrupteurs



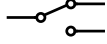
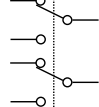
CARACTÉRISTIQUE	DESCRIPTION
<b>Unidirectionnel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Un seul chemin pour les électrons</li></ul>
<b>Bidirectionnel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Deux chemins possibles pour les électrons</li></ul>
<b>Unipolaire</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Un chemin « ouvert » ou « fermé »</li></ul>
<b>Bipolaire</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Deux chemins « ouverts » ou « fermés »</li></ul>

### QUESTION 432

Quelle est la différence entre bidirectionnel et bipolaire ?

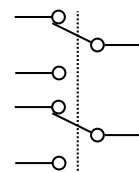
Le tableau 7 présente les types d'interrupteurs à connaître pour ce cours.

**Tableau 7** – Types d'interrupteurs

TYPE D'INTERRUPTEUR	CARACTÉRISTIQUES	SYMBOLE
<b>Unipolaire unidirectionnel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un circuit</li> <li>• Un seul circuit « fermé » à la fois</li> </ul>	
<b>Bipolaire unidirectionnel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deux circuits</li> <li>• Deux circuits « fermés » en même temps</li> </ul>	
<b>Unipolaire bidirectionnel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deux circuits</li> <li>• Un seul circuit « fermé » à la fois</li> </ul>	
<b>Bipolaire bidirectionnel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quatre circuits</li> <li>• Deux circuits « fermés » en même temps</li> </ul>	

**QUESTION 433**

Quel type d'interrupteur représente le symbole ci-dessous et quelles en sont les caractéristiques ?

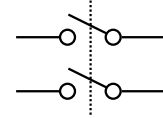


**QUESTION 434**

Dans le symbole de la question précédente, pourquoi est-ce qu'il y a une ligne pointillée verticale ?

**QUESTION 435**

Quel type d'interrupteur représente le symbole ci-dessous et quelles en sont les caractéristiques ?

**QUESTION 436**

L'interrupteur de la question précédente peut-il contrôler un seul des deux circuits ? Pourquoi ?

## Expériences des interrupteurs bipolaires

Pour les prochaines expériences, vous utiliserez des interrupteurs bidirectionnels rudimentaires (figure 134). Voici les objets dont vous aurez besoin :

- 1 pile de 6 volts (ou équivalent)
- 1 interrupteur bipolaire unidirectionnel
- 1 interrupteur bipolaire bidirectionnel
- 2 résistors de  $10 \Omega$
- 4 ampoules identiques avec leur socle
- Des fils conducteurs avec des pinces alligators



**Figure 134** – Interrupteur bipolaire : unidirectionnel (gauche) et bidirectionnel (droite)

**QUESTION 437**

Dessinez le schéma d'un circuit alimenté par une pile et comportant deux circuits.

- Circuit 1 : 3 ampoules
- Circuit 2 : 1 ampoule + 1 résistor

Les deux circuits sont ouverts ou fermés en même temps à l'aide d'un interrupteur.

**QUESTION 438**

Assemblez le circuit de la question précédente. Lorsque vous manipulez l'interrupteur, est-ce que vos observations correspondent à votre schéma ?

**QUESTION 439**

Dessinez le schéma de quatre circuits alimentés par une pile :

- Circuit 1 : une ampoule
- Circuit 2 : une ampoule et un résistor
- Circuit 3 : une ampoule et un résistor
- Circuit 4 : une ampoule

Un interrupteur permet au courant de circuler en même temps dans les circuits 1 et 3 ou les circuits 2 et 4.

**QUESTION 440**

Assemblez le circuit de la question précédente. Lorsque vous manipulez l'interrupteur, est-ce que vos observations correspondent à votre schéma ?

## Fonction de transformation de l'énergie

Nous savons déjà que l'énergie peut être transformée.

Or, certaines composantes d'un circuit ont pour **fonction de transformer l'énergie électrique** en une **autre forme d'énergie**.

Le tableau 8 présente des composantes qui transforment de l'énergie électrique.

**Tableau 8** – Exemples de composante transformant l'énergie électrique

COMPOSANTE	ÉNERGIE OBTENUE	APPLICATION
<b>Ampoule</b>	Énergie lumineuse	Luminaire, phare, lampe, etc.
<b>Moteur</b>	Énergie mécanique	Voiture, pompe, outils, ventilateur, etc.
<b>Élément chauffant</b>	Énergie thermique	Calorifère, four, bouilloire, séchoir à cheveux, etc.
<b>Solénoïde</b>	Énergie sonore	Haut-parleur, sonnette, klaxon, sirène, etc.
<b>Électroaimant</b>	Énergie magnétique	Générateur, moteur, grue magnétique, etc.
<b>Électrolyseur</b>	Énergie chimique	Production d'hydrogène, de cuivre, d'aluminium, etc.
<b>Cristal piézoélectrique</b>	Énergie mécanique	Montre, instruments de mesure, écouteurs, etc.

### QUESTION 441

Un écran d'ordinateur est une composante d'un circuit électrique. Lorsqu'on allume l'écran d'un ordinateur, quelle transformation de l'énergie électrique obtient-on ?

## Autres fonctions

Nous allons maintenant discuter quatre autres composantes à l'étude dans ce cours :

- Condensateur
- Diode
- Transistor
- Relais

## Condensateur

Le condensateur a pour fonction d'**emmagasiner** de l'**énergie** pour **réguler** la **tension**.

La figure 135 illustre le fonctionnement d'un condensateur.

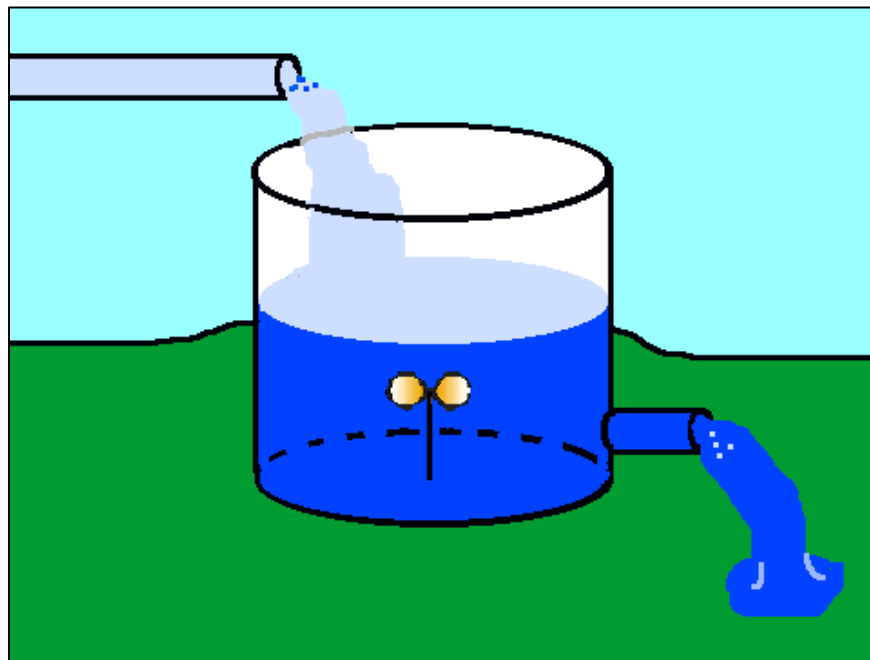


Figure 135 – Le réservoir régule le courant de sortie

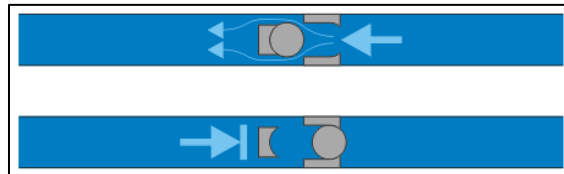
Un condensateur **emmagasine** de l'**énergie** électrique lorsque la **tension augmente**.

Il **libère** de l'**énergie** lorsque la **tension diminue**.

## Diode

La diode a pour **fonction** de **laisser** passer le **courant** dans **une seule direction**.

La figure 136 illustre le fonctionnement d'une diode.



**Figure 136** – Le courant passe dans une seule direction

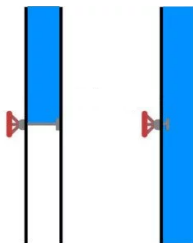
Voici quelques applications des diodes :

- Protéger les circuits électroniques des courants alternatifs
- Convertir le courant alternatif en courant continu
- Rétroéclairage des écrans à cristaux liquides (diode électroluminescente) des téléphones à écran tactile, ordinateur portable, etc.

## Transistor

Le transistor a pour **fonction** de **bloquer** ou d'**amplifier** un **courant**.

La figure 137 illustre le fonctionnement d'un transistor.



**Figure 137** – Le courant est bloqué ou amplifié par le transistor

Un transistor peut servir d'interrupteurs ou d'amplificateur, ce qui permet de contrôler l'intensité du courant dans un appareil électronique.

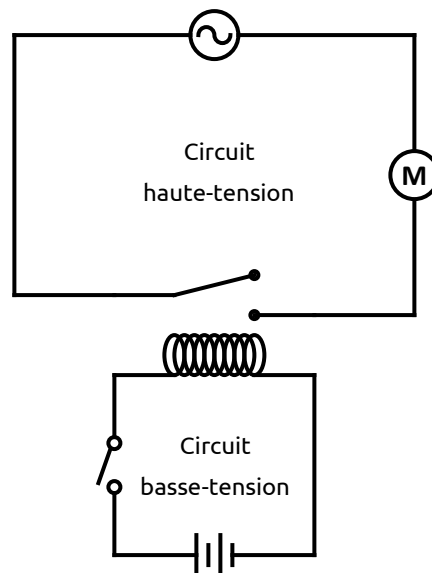


## Relais

Le relais a pour **fonction** de **commander** un **circuit haute-tension** avec un **circuit basse-tension**.

Prenons l'exemple d'un moteur qui fonctionne avec du courant alternatif haute-tension.

Ci-dessous, on voit qu'il n'y a **aucun contact direct** entre les deux circuits du schéma : le **champ magnétique** créé par le **solénoïde** attirera l'**interrupteur** du circuit haute-tension, ce qui mettra le moteur en marche (figure 138).



**Figure 138** – Le circuit haute-tension est commandé par le champ magnétique du solénoïde

Un relais protège les travailleurs, car il **prévient** les risques d'**électrocutions** mortelles en isolant le circuit haute-tension.

### QUESTION 442

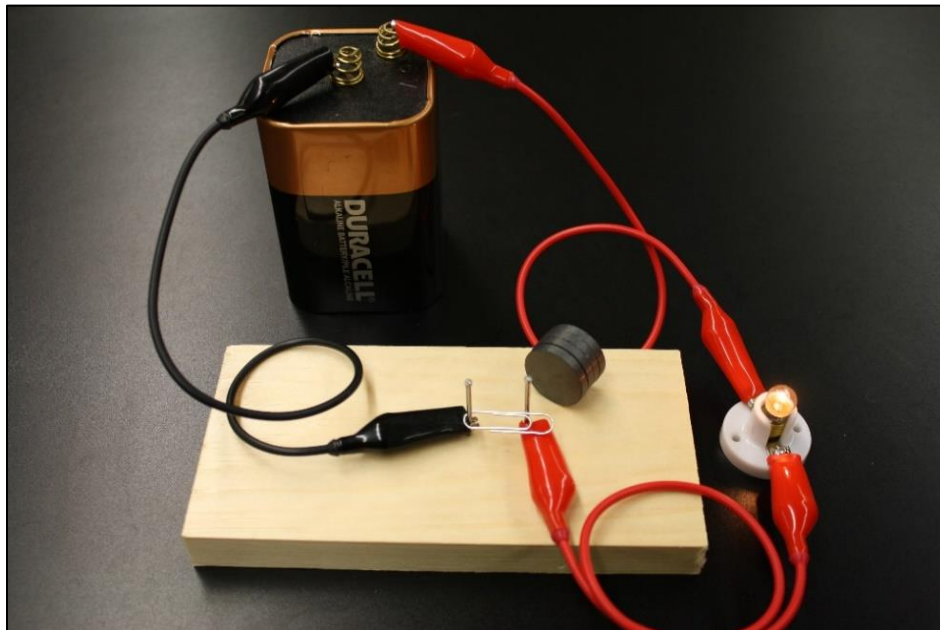
Quel est l'avantage d'utiliser un relais pour commander un circuit haute-tension ?

## Expérience du relais

Voici les objets dont vous aurez besoin pour la prochaine expérience :

- 1 pile de 6 volts (ou équivalent)
- 1 ampoule avec son socle
- 1 planche où sont plantés 2 clous
- 1 aimant
- 1 trombone
- 3 fils conducteurs avec des pinces alligators

Assemblez le montage ci-dessous (figure 139). Le trombone est inséré dans un clou. Sans toucher aux composantes, utiliser l'aimant pour faire bouger le trombone et allumer l'ampoule.



**Figure 139** – Montage expérimental

### **QUESTION 443**

Dans le montage précédent, l'aimant remplace l'électroaimant (solénoïde) d'un véritable relais. Quels sont les inconvénients d'utiliser un aimant plutôt qu'un électroaimant pour commander ce relais ? Discutez-en avec votre prof.

Le tableau 9 présente un résumé des fonctions des composantes discutées précédemment.

**Tableau 9** – Condensateur, diode, transistor et relais

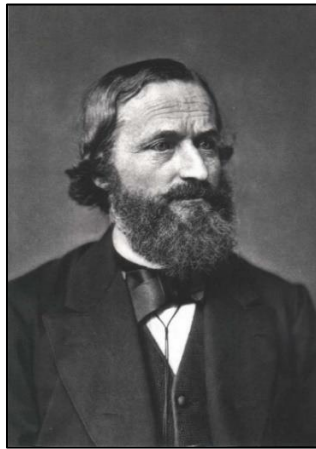
COMPOSANTE	FONCTION	EXEMPLE
<b>Condensateur</b>	Emmagasiner et relâcher de l'énergie	
<b>Diode</b>	Laisser passer le courant dans une seule direction	
<b>Transistor</b>	Bloquer ou amplifier le courant	
<b>Relais</b>	Commander un circuit haute-tension avec un circuit basse-tension	

## Questions de révision de la sixième partie

Vous avez maintenant complété la sixième partie de ce recueil. Répondez aux questions ci-dessous pour réviser ce que vous avez appris.

### **QUESTION 444**

Énoncez et expliquez en détail les deux lois de l'électricité décrites par le physicien Gustav Kirchhoff (figure 140).



**Figure 140** – Gustav Kirchhoff (1824-1887)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**QUESTION 445**

Dessinez le symbole utilisé dans un schéma électrique pour représenter une résistance ou un résistor.

**QUESTION 446**

Est-ce tous les appareils électriques sont des résistances ? Quelles sont les unités de mesure d'une résistance ?

**QUESTION 447**

Quelle est la loi qui permet de calculer la valeur d'une résistance à partir de la tension et de l'intensité du courant ? Énoncez cette loi.

**QUESTION 448**

Qu'est-ce qu'un résistor ?

**QUESTION 449**

Est-ce tous les appareils électriques dégagent de la chaleur lorsqu'ils sont en marche ? Pourquoi ? Quel est le nom de cet effet ?

**QUESTION 450**

Cinq ampoules de  $5 \Omega$  sont branchées en série à une pile de 5 V. Tracez le schéma. Quelle est la résistance équivalente ?

**QUESTION 451**

Un courant de 0,1 A circule dans un circuit de trois ampoules identiques branchées en série. Le circuit est relié à une pile de 6 V. Quelle est la résistance de chaque ampoule ?

**QUESTION 452**

Trois ampoules branchées en série sont reliées à une pile de 9 V. Tracez le schéma. Si les tensions aux bornes de la première et de la deuxième ampoule sont respectivement 3 V et 4 V, quelle est la tension aux bornes de la troisième ampoule ?

**QUESTION 453**

Deux ampoules branchées en série et reliées à une pile de 9 V. Tracez le schéma. Si 1 A traverse la première ampoule, quelle est l'intensité du courant qui traverse la deuxième ampoule ?

**QUESTION 454**

Cinq ampoules de  $5 \Omega$  sont branchées en parallèle et reliées à une pile de 5 V. Tracez le schéma. Quelle est la résistance équivalente ?

**QUESTION 455**

Un courant de 0,1 A circule dans un circuit de trois ampoules identiques branchées en parallèle. Le circuit est relié à une pile de 6 V. Tracez le schéma. Quelle est la résistance de chaque ampoule ?

**QUESTION 456**

Deux ampoules branchées en parallèle sont reliées à une pile de 9 V. Tracez le schéma. Quelle est la tension aux bornes des ampoules ?

**QUESTION 457**

Deux ampoules identiques sont branchées en parallèle et reliées à une pile de 6 V. Tracez le schéma. Si 1 A traverse la première ampoule, quelle est l'intensité du courant qui traverse la deuxième ampoule ? Quelle est l'intensité du courant entre la pile et le nœud ?

**QUESTION 458**

Quelle est la fonction d'une diode ? Détaillez trois applications des diodes.



**QUESTION 459**

Quelle est la fonction d'un relais?

**QUESTION 460**

Quelle est la fonction d'un transistor ?

**QUESTION 461**

Quelle composante permet de réguler la tension ?

**QUESTION 462**

Quelle est la fonction d'un élément chauffant ?

**QUESTION 463**

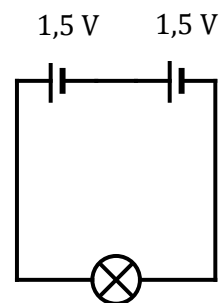
Quelles est la fonction des fusibles et des disjoncteurs ? Deux calorifères de 2 000 W sont reliés à une source de tension de 240 V. Les deux appareils peuvent-ils fonctionner en même temps si le circuit est relié à un disjoncteur de 20 A ?

**QUESTION 464**

Quelle est la fonction d'une pile ?

**QUESTION 465**

Selon vous, si on branche deux piles de 1,5 V en série sur un circuit avec 1 ampoule, quelle sera la tension aux bornes de l'ampoule ?

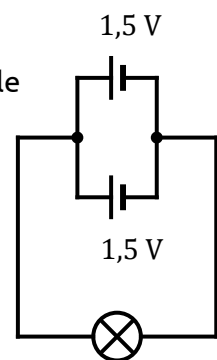


**QUESTION 466**

Réalisez le montage de la question précédente et vérifiez votre hypothèse avec un instrument de mesure. Quel est l'intérêt de brancher des piles en série ?

**QUESTION 467**

Avec un instrument de mesure, vérifiez la tension aux bornes de l'ampoule du circuit suivant (2 piles de 1,5 V branchées en parallèle) ? Notez votre résultat.

**QUESTION 468**

Quel est l'intérêt de brancher des piles en parallèle ? Discutez-en avec votre prof.

**QUESTION 469**

Un grille-pain est une résistance de  $21 \Omega$ . Il est branché dans une prise de courant de 120 V. Quelle est la puissance du grille-pain ?

**QUESTION 470**

Un micro-onde de 1 kW est branché dans une prise de courant de 120 V. Qu'elle est la résistance du micro-onde ?

**QUESTION 471**

Un lave-vaisselle de 1 500 W utilise un courant de 12,5 A. Quelle est la résistance du lave-vaisselle ?

**QUESTION 472**

Un four électrique est branché dans une prise de courant de 240 V. Si le four est une résistance de  $23 \Omega$ , quelle est sa puissance ?

## **SEPTIÈME PARTIE**

### **Synthèse**

## Réaliser un circuit

Les prochaines questions consistent à réaliser des circuits simples.

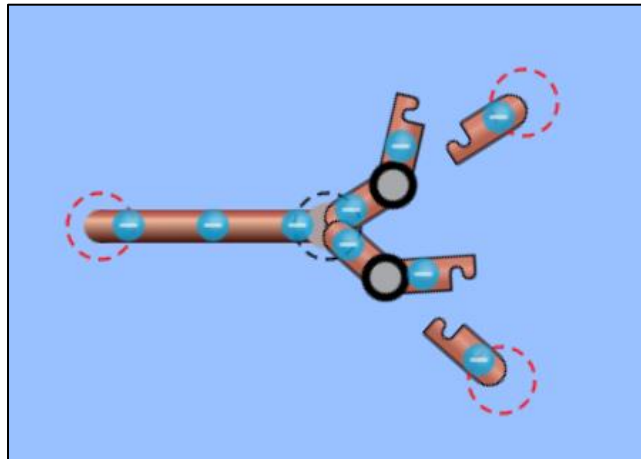
Voici les objets dont vous aurez besoin :

- 1 pile de 6 volts (ou équivalent)
- 4 ampoules identiques avec leur socle
- Des interrupteurs unipolaires unidirectionnels
- Des interrupteurs unipolaires bidirectionnels
- Des résistors
- Des fils conducteurs avec des pinces alligators

Pour vous aider à réfléchir, vous pouvez utiliser le tableau numérique de la classe avec l'outil virtuel PhET :

<https://phet.colorado.edu/fr/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab>.

Pour créer un interrupteur unipolaire bidirectionnel avec l'outil virtuel PhET, vous devez utiliser deux interrupteurs unipolaires unidirectionnels (figure 141).



**Figure 141** – Astuce pour créer un interrupteur bidirectionnel virtuel avec PhET

Pour chaque question, tracez un schéma et réalisez le montage avec de vraies composantes, sans l'outil virtuel.

**QUESTION 473**

Réalisez un circuit où un interrupteur commande une ampoule et un autre interrupteur commande une autre ampoule. Tracez le schéma.

**QUESTION 474**

Réalisez un circuit avec deux interrupteurs et une ampoule. En appuyant sur l'un ou l'autre des interrupteurs, l'ampoule s'allume ou s'éteint (*Tri-Way*). Tracez le schéma.

**QUESTION 475**

Réalisez un circuit avec un interrupteur et trois ampoules. Les trois ampoules ont une intensité lumineuse plus faible que celle d'un circuit où il n'y aurait qu'une seule ampoule. Tracez le schéma.

**QUESTION 476**

Réalisez un circuit avec un interrupteur et trois ampoules. Les trois ampoules ont une intensité lumineuse identique que celle d'un circuit où il n'y aurait qu'une seule ampoule. Tracez le schéma.



**QUESTION 477**

Réalisez un circuit avec un interrupteur et trois ampoules. Une ampoule illumine fortement et deux ampoules illuminent faiblement. Tracez le schéma.

**QUESTION 478**

Réalisez un circuit avec un interrupteur et trois ampoules. Une ampoule est toujours allumée. Les trois ampoules ont la même intensité lumineuse. Tracez le schéma.

**QUESTION 479**

Réalisez un circuit avec un interrupteur et trois ampoules. Une ampoule est toujours allumée. Deux ampoules illuminent faiblement. Tracez le schéma.

**QUESTION 480**

Réalisez un circuit avec un interrupteur, deux ampoules et un résistor. Une ampoule illumine plus fortement que l'autre. Tracez le schéma.

**QUESTION 481**

Réalisez un circuit où trois ampoules identiques peuvent être allumées en même temps. La deuxième ampoule illumine moins que la première. La troisième ampoule illumine moins que la deuxième. Tracez le schéma.

**QUESTION 482**

Réalisez un circuit où un interrupteur permet d'obtenir deux intensités lumineuses différentes pour une même ampoule. Tracez le schéma.

**QUESTION 483**

Réalisez un circuit avec trois interrupteurs et une ampoule. Le premier interrupteur commande l'ouverture ou la fermeture du circuit. Les autres interrupteurs permettent de varier l'intensité lumineuse de l'ampoule selon trois options : (1) faiblement; (2) moyennement; et (3) fortement. Tracez le schéma.

**QUESTION 484**

Réalisez un circuit sans résistors avec quatre ampoules et deux interrupteurs. Un interrupteur commande l'ouverture ou la fermeture du circuit. L'autre interrupteur permet de varier l'intensité des ampoules selon deux options : (1) deux ampoules illuminent fortement; et (2) deux ampoules illuminent faiblement. Tracez le schéma.

## Électricité appliquée

Révisez les notions apprises dans votre cours en répondant aux questions suivantes.

### **QUESTION 485**

L'élément chauffant du dégivreur de la fenêtre arrière d'une automobile a une résistance de 3 ohms. L'élément chauffant est relié directement à la pile de 12 V sous le capot par un fil conducteur qui traverse la voiture. Combien de chaleur (joules) est produite par l'élément en 10 minutes ?

### **QUESTION 486**

Combien d'ampoules de 100 W peuvent être allumées dans une maison sur un circuit de 120 V relié à un disjoncteur de 15 A ?

### **QUESTION 487**

Une lampe de poche d'une puissance de 3 watts est alimentée par une pile de 1,5 volt. Calculez la quantité d'énergie consommée par la pile en 20 minutes et l'intensité du courant qui traverse l'ampoule.

**QUESTION 488**

Une radio est reliée à un circuit branché sur une pile de 9 volts et où circule un courant de 50 mA. La pile a une durée de vie de 300 heures et coûte de 6,85 \$. Combien coûte un kilowatt-heure ?

**QUESTION 489**

À la question précédente, si vous branchez la radio dans une prise de courant et qu'Hydro-Québec vous facture 0,07 \$/kWh, combien coûtera son utilisation pendant 300 heures ?

**QUESTION 490**

En 2022, la consommation totale d'énergie aux États-Unis était environ  $280 \times 10^{18}$  joules par année. Quelle était la puissance dissipée en watt et en kilowatt ?

**QUESTION 491**

À la question précédente, si la population des États-Unis était 332 000 000 d'habitants, quelle était la puissance dissipée par personne ?

**QUESTION 492**

À la question précédente, si le rayonnement du Soleil transfère à la Terre 1,4 kW par mètres carrés, quelle surface permet d'obtenir la puissance pour une personne ?

**QUESTION 493**

Le cœur humain est une pompe puissante et fiable. En 24 heures, il fait circuler plus de 7 500 litres de sang. Si le travail effectué par un cœur est 118 000 joules par jour, quelle est sa puissance ?

**QUESTION 494**

Une charge s'exprime en coulomb. Quelle autre unité de mesure utilise-t-on pour exprimer une charge ? Si un courant de 10 ampères circule pendant 10 minutes, quelle quantité de charge traverse le circuit ?

**QUESTION 495**

Quelle est l'intensité du courant si 10 coulombs traversent un circuit en 4 secondes ?

**QUESTION 496**

Combien de temps est requis pour que 10 coulombs traversent un circuit où circule un courant de 2 ampères ?



**QUESTION 497**

Une tension de 120 V livre un courant de 5 A à une lampe durant 20 secondes. Quelle est la quantité de charge qui traverse la lampe ?

**QUESTION 498**

À la question précédente, quelle est la puissance dissipée par la lampe ?

**QUESTION 499**

À la question précédente, quelle quantité d'énergie est consommée par la lampe ?

**QUESTION 500**

La tension dans un circuit est 100 V. Quelle quantité de charge est transférée si un appareil électrique effectue un travail de 396 joules en 36 secondes (exprimez votre réponse en coulomb et en ampère-heure, puis calculez le nombre de coulomb dans un ampère-heure) ?

**QUESTION 501**

À la question précédente, quelle est l'intensité du courant dans le circuit ?

**QUESTION 502**

À la question précédente, quelle est la puissance dissipée par l'appareil électrique ?

**QUESTION 503**

Un circuit où circulent 10 ampères est alimenté par une pile de 25 volts. Quelle quantité de charge traverse le circuit en 1 minute et 12 secondes (exprimez votre réponse en ampère-heure et en coulomb, puis calculez le nombre de coulomb dans un ampère-heure) ?

**QUESTION 504**

À la question précédente, quelle est la puissance dissipée ?

**QUESTION 505**

À la question précédente, quelle quantité d'énergie est consommée (exprimez votre réponse en joule et watt-heure, puis calculez le nombre de joule dans un watt-heure) ?

**QUESTION 506**

On effectue un travail de 160 joules pour transférer 10 coulombs d'un point A vers un point B en 5 secondes. Quelle est l'intensité du courant dans le circuit ?

**QUESTION 507**

La tension, c'est le travail par unité de charge. À la question précédente, quelle est la tension ?

**QUESTION 508**

À la question précédente, quelle est la puissance requise pour effectuer ce travail ?

**QUESTION 509**

Il y a combien de kilowatts dans 250 watts ?

**QUESTION 510**

Il y a combien d'ampères dans 250 milliampères ?

**QUESTION 511**

On sait que 1 watt, c'est 1 joule par seconde. On sait aussi qu'il y a 1 000 watts dans 1 kilowatt. Or, il y a 3 600 secondes dans 1 heure. Combien y a-t-il de joules dans un kilowatt-heure ?

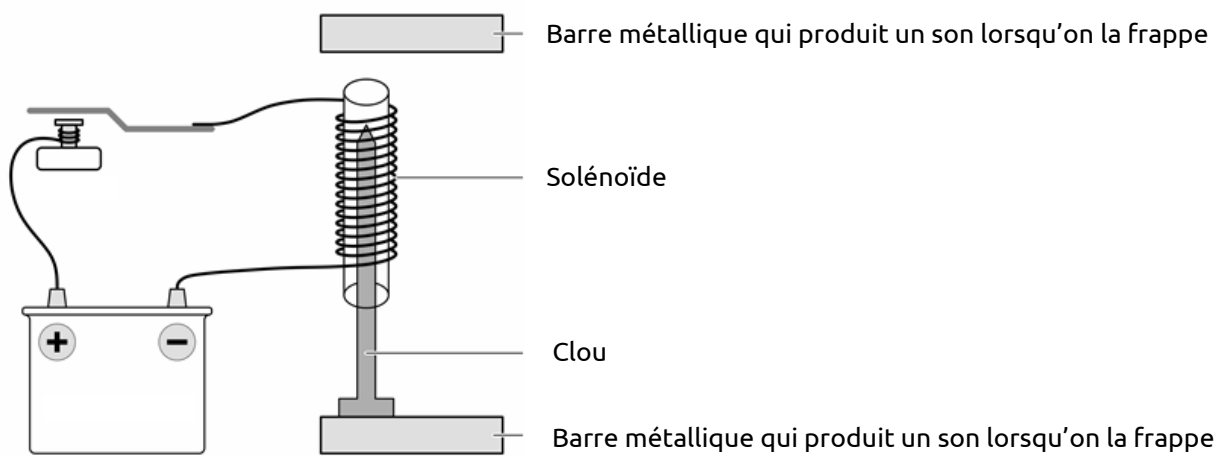
**QUESTION 512**

On sait que 1 ampère, c'est 1 coulomb par seconde. Or, il y a 3 600 secondes dans 1 heure. Combien y a-t-il de coulombs dans un ampère-heure ?

**QUESTION 513**

Que se passera-t-il si vous appuyez sur l'interrupteur à bouton-poussoir ?

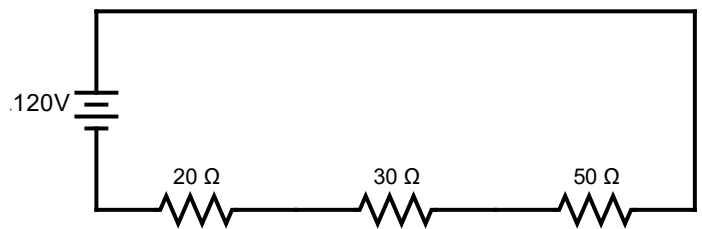
Expliquez le phénomène à l'aide des notions apprises dans ce cours.



**QUESTION 514**

Déterminez :

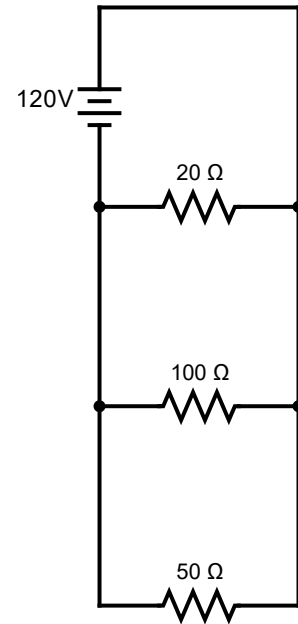
1. La résistance équivalente
2. L'intensité du courant livré par la pile
3. Le courant qui traverse chaque résistor
4. La tension aux bornes de chaque résistor
5. La puissance dissipée par chaque résistor



**QUESTION 515**

Déterminez :

1. La résistance équivalente
2. L'intensité du courant livré par la pile
3. La tension aux bornes de chaque résistor
4. Le courant qui traverse chaque résistor
5. La puissance dissipée par chaque résistor





**QUESTION 516**

Une cuisine nord-américaine a trois appareils branchés en parallèle à un circuit de 120 V relié à un disjoncteur de 15 A : une cafetière de 850 W, un micro-onde de 1 200 W et un grille-pain de 900 W. Tracez un schéma électrique de ce circuit à l'aide du symbole utilisé pour la résistance. Indiquez sur le circuit la valeur de chaque résistance.

**QUESTION 517**

À la question précédente, est-ce que les trois appareils peuvent fonctionner en même temps ? Pourquoi ?

**QUESTION 518**

Une éolienne de 1 kW est installée à proximité d'une maison. Les ampoules de la maison fonctionnent sous une tension de 120 V avec un courant de 0,5 A. Combien d'ampoules peuvent être allumées en même temps lorsque le vent fait tourner l'éolienne ?

**QUESTION 519**

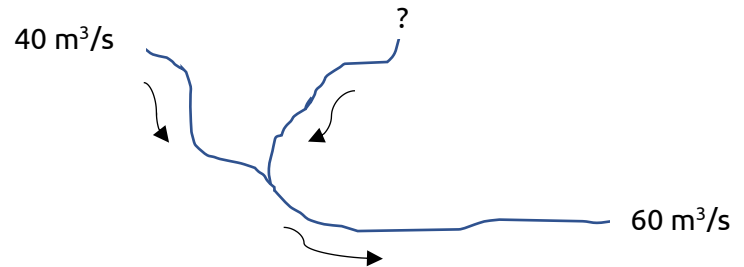
Une petite éolienne sur un voilier recharge une pile de 12 volts. Le vent souffle à 18 km/h et l'éolienne développe une puissance de 25 watts. Si la pile a une capacité de 80 Ah, dans combien de temps sera-t-elle rechargée si le vent continue de souffler à vitesse constante ?

**QUESTION 520**

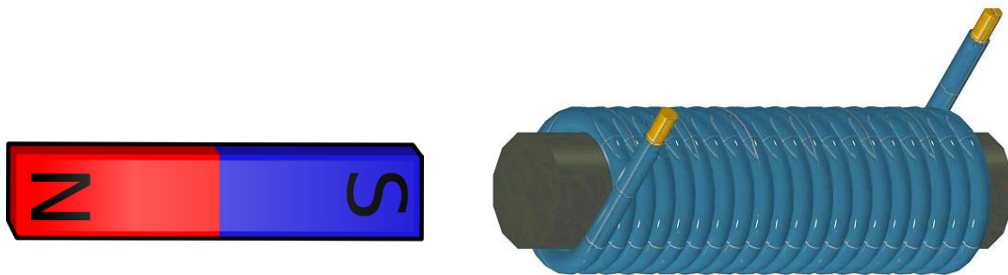
Un micro-onde fonctionne pendant 2 minutes pour faire bouillir une tasse d'eau. Si 120 kJ sont requis pour amener l'eau à ébullition, quelle est la puissance du micro-onde ?

**QUESTION 521**

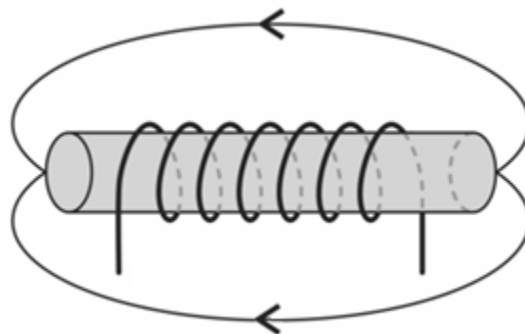
Un ruisseau se jette dans une rivière. Quel est son débit ?

**QUESTION 522**

Indiquer le sens du courant par une flèche qui entre ou qui sort du fil électrique si on veut que le solénoïde repousse l'aimant. Dessinez les lignes de champ magnétique.

**QUESTION 523**

Ajouter les signes « + » et « - » aux bons endroits pour indiquer à quelle borne de la pile sont branchés les fils.

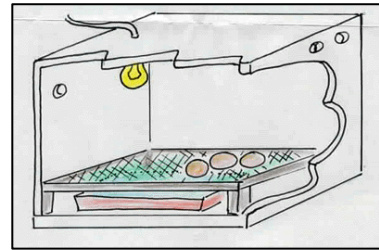


## Raisonnement dans une situation de vie

Les prochaines questions demandent de résoudre un problème de la vie courante.

### **QUESTION 524**

Monsieur Louis, le prof de maternelle de votre fille de six ans, veut fabriquer un incubateur à poussin. Il a trouvé un croquis sur le web et il désire le mettre en œuvre.



L'éclosion des œufs demande normalement 21 jours de couvée. Selon les informations recueillies par monsieur Louis, pour reproduire le phénomène de la couvée d'une vraie maman poule, une ampoule incandescente de 25 W (conçue pour une prise de courant résidentielle de 120 V) doit être allumée en tout temps.

Le prof de maternelle de votre fille aime les mathématiques et les électrons. Il vous pose la question suivante : au total, quelle quantité de charge aura traversé le filament de l'ampoule lorsque les poussins sortiront de leur coquille ? Pour sa part, la directrice de l'école demande à savoir combien coûtera l'électricité consommée, sachant qu'Hydro-Québec vend l'électricité à 7 ¢ le kWh. De votre côté, vous voulez savoir quelle est l'intensité du courant dans le fil qui alimente l'ampoule de l'incubateur : selon vos sources, un courant supérieur à 200 mA est mortel...

À vous de jouer !



**QUESTION 525**

Votre petite sœur de 10 ans vous demande de l'aider à éclairer sa maison de poupée à l'aide de petites ampoules de 0,9 watt comme celles que vous utilisez pour les expériences de votre cours d'électricité. C'est une grande maison de poupée avec trois étages.

Vous pensez construire un circuit simple avec une pile alcaline de 9 volts. Selon vous, il sera important de pouvoir éteindre ou allumer toutes les ampoules à partir d'un seul interrupteur. Vous voulez néanmoins qu'il y ait deux niveaux d'éclairage possible. Pour ce faire, à l'aide d'une résistance de  $10\ \Omega$ , vous voulez qu'un interrupteur commande le niveau d'éclairage lorsque les ampoules sont allumées.

Pour réaliser un bel aménagement, vous aimeriez qu'il y ait 3 ampoules. Avant de commencer, vous décidez de produire un schéma électrique où sont indiquées les valeurs de la source de tension. Vous décidez ensuite d'ajouter sur votre schéma, pour chaque niveau d'éclairage, la tension aux bornes des ampoules et l'intensité du courant à la sortie de la pile qui alimente les ampoules.

À vous de jouer !





**QUESTION 526**

Vous avez construit un chalet en bois rond dans une forêt. Il ne reste plus qu'à installer un système solaire pour en assurer l'autonomie électrique.



Un conseiller vous explique que trois choses sont à considérer pour choisir un bon système :

1. La quantité d'énergie requise durant un intervalle de temps
2. La quantité d'énergie emmagasinée par les batteries
3. La quantité d'énergie générée par les panneaux solaires durant un intervalle de temps

On vous avise également qu'une batterie de 12 V ne fournira au système que 50 % de l'énergie qu'elle a emmagasinée (en se déchargeant, sa tension finira par diminuer en deçà de la tension requise pour faire fonctionner les appareils électriques).

Le chauffage et la cuisinière du chalet fonctionneront grâce à un poêle à bois. Vous établissez donc vos besoins énergétiques quotidien comme ceci :

Appareil	Puissance	Temps d'utilisation
Ordinateur	150 W	5 heures
Petite chaîne stéréo	200 W	6 heures
Pompe à eau	745 W	1,5 heures
Éclairage	3 ampoules de 60 W	8 heures
Petit réfrigérateur	350 W	5 heures

Votre papa vous suggère de remplacer les ampoules par des LED, car elles utilisent 80 % moins d'énergie pour un éclairage équivalent. Avant d'acheter le système, vous devez choisir la capacité et le nombre de batteries (72 Ah/batterie), ainsi que le nombre de panneaux solaires (400 Wh/panneau) et l'espace qu'ils occuperont (0,68 m<sup>2</sup>/panneau). Un conseiller vous recommande de calculer l'énergie des piles comme ceci :

$$\text{watt-heure} = \text{volt} \times \text{ampère-heure}$$

À vous de jouer !





**QUESTION 527**

En marchant ce matin-là, vous remarquez quelqu'un qui sort de sa voiture en oubliant d'éteindre ses phares. La personne est trop loin pour l'interpeller et la prévenir de cette embrouille. Il est 8h05. Arrivé(e) à proximité de la voiture, pour rendre service, vous tentez d'ouvrir les portes pour éteindre les phares : malheureusement, c'est verrouillé. Vous décidez alors de vous amuser et de rédiger une note de calcul que vous laisserez sur le pare-brise.



La voiture étant de taille moyenne, et puisqu'il faut bien faire une hypothèse plausible (vous êtes passionné(e) par les voitures et bien informé(e) !) vous assumez que la pile a une tension de 12 V et une charge de 72 Ah (ce qui veut dire que la pile sera déchargée dans 1 heure par un courant de 72 A, ou, si vous préférez, qu'un courant de 1 A déchargera complètement la pile dans 72 heures). Vous assumez aussi que chacun des deux phares à l'avant ont une puissance de 40 W chacun, que les quatre lumières de positions (les coins de la voiture) ont chacune une puissance de 5 W et que la console du tableau de bord à une puissance de 14 W. Qui plus est, vous savez que pour démarrer une voiture de 4 ou 6 cylindres, vous allez « tirer » environ 250 A pendant 3 secondes (vous êtes passionné(e) et vous mémorisez aisément ce genre d'informations !).

Votre note de calcul déterminera deux faits pertinents : (1) à quelle heure la pile sera complètement déchargée; et (2) dans combien de temps restera-t-il seulement trois tentatives de démarrage fructueuses ?

À vous de jouer !



**QUESTION 528**

Vous aimez vous déplacer à vélo pour vous rendre à l'école et au travail car c'est rapide, économique et ça vous garde en forme. Pour des questions de sécurité, vous aimeriez avoir un éclairage lorsque vous pédalez le soir. Vous décidez donc d'acheter une lumière de vélo qui fonctionne avec une dynamo bouteille. La dynamo génère une tension de 6 V si vous fournissez une puissance d'au moins 3 W.



Vous achetez également un régulateur de tension (5 V ; 250 mA) permettant de recharger votre téléphone cellulaire avec la dynamo lorsque vous pédalez.

Votre prof à l'éducation des adultes est super contente de vous voir piloter un vélo capable de générer de l'électricité. Elle vous met au défi de calculer (1) : l'intensité du courant qui alimente la lumière du vélo ; (2) l'énergie minimale que vous devez fournir pendant 25 minutes pour générer une tension de 6 V sachant que le rendement du pédalage est 20 % et que le rendement de la dynamo est 35 % ; et (3) le temps de pédalage requis pour recharger votre téléphone lorsque la pile est à plat.

Vous remarquez les informations suivantes sur la pile de votre téléphone : 3,7 V DC ; 1 550 mAh ; 5,7 Wh.

À vous de jouer !

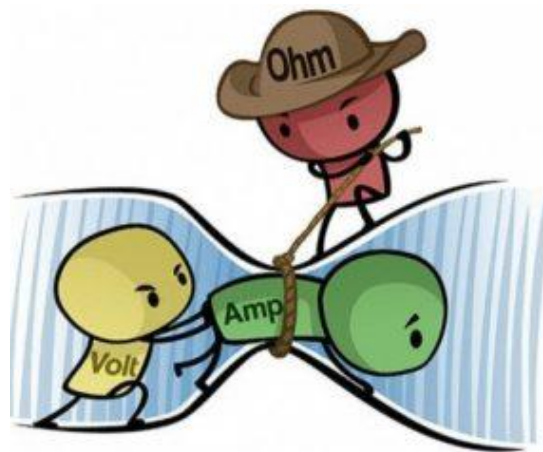


## CONCLUSION

Félicitation, vous avez (presque) parcouru tous les sujets de ce cours d'introduction à l'électricité (il vous reste quelques pages en annexe) !

Vous devez maintenant étudier ce que vous avez appris. Si ce n'est pas déjà fait, demandez qu'on vous remette l'aide-mémoire auquel vous aurez droit en examen. Préparez-vous à votre évaluation en réalisant des prétests et en consultant votre prof.

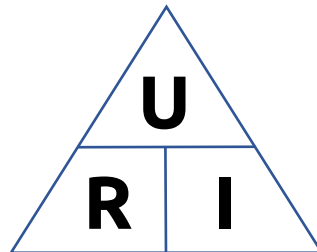
Bon succès !



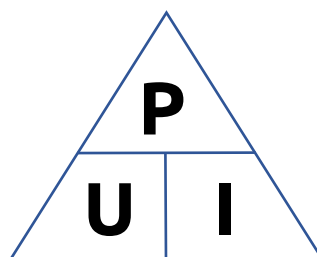
## ANNEXE A – UNITÉS DE MESURE EN ÉLECTRICITÉ

ampère (A)	Intensité du courant ( $I$ )	$\frac{\text{coulomb}}{\text{seconde}}$
ampère-heure (Ah)	Charge ou quantité d'électricité ( $Q$ )	ampère × heure
coulomb (C)	Charge ou quantité d'électricité ( $Q$ )	
joule (J)	Énergie ( $E$ )	watt × seconde
ohm ( $\Omega$ )	Résistance ( $R$ )	
volt (V)	Tension ( $U$ )	
watt (W)	Puissance ( $P$ )	volt × ampère
watt-heure (Wh)	Énergie ( $E$ )	watt × heure

## ANNEXE B – LOI D'OHM



## ANNEXE C – PUISSANCE ÉLECTRIQUE





**ANNEXE D – RELATIONS MATHÉMATIQUES**

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{ampère} = \frac{\text{coulomb}}{\text{seconde}}$$

$$P = \frac{E}{t} \quad \text{watt} = \frac{\text{joule}}{\text{seconde}}$$

$$P = UI \quad \text{watt} = \text{volt} \times \text{ampère}$$

$$U = RI \quad (\text{loi d'Ohm})$$

$$R_{\text{éq}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (\text{en série})$$

$$\frac{1}{R_{\text{éq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (\text{en parallèle})$$

$$F_e = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$$

où

$F_e$  : Force électrostatique (N)

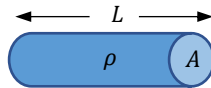
$k$  : constante de Coulomb =  $9 \times 10^9 \left( \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right)$

$Q$  : charge électrique (C)

$r$  : distance entre les charges (m)

## ANNEXE E – RÉSISTIVITÉ DES MATÉRIAUX

On peut calculer la résistance ( $R$ ) d'un fil conducteur (figure 142) lorsqu'on connaît la résistivité du matériau ( $\rho$ ), sa longueur ( $L$ ) et l'aire de sa section ( $A$ ).



**Figure 142** – Un fil conducteur de résistivité  $\rho$ , de longueur  $L$  et de section  $A$

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

où

$R$  : résistance ( $\Omega$ )

$\rho$  : résistivité ( $\Omega \cdot \text{m}$ )

$L$  : longueur du fil conducteur (m)

$A$  : aire de la section du fil conducteur ( $\text{m}^2$ )

### **QUESTION 529**

Quelle est la résistance d'un fil de cuivre ( $\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ) d'une longueur de 1 m et d'un diamètre de 3 mm ?

### **QUESTION 530**

Quel est le diamètre d'un fil d'aluminium ( $\rho = 2,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ) d'une longueur de 100 m si sa résistance est 0,07  $\Omega$  ?

## ANNEXE F – PUISSANCE DISSIPÉE PAR EFFET JOULE

Tout conducteur **dissipe** une partie de l'**énergie** électrique qu'il reçoit sous forme de chaleur : c'est l'**effet Joule**.

Les  **fils électriques**  ont une **résistance**. Lorsqu'ils sont parcourus par un courant, ils dissipent une partie de l'énergie électrique sous forme de chaleur (énergie thermique).

Voici comment calculer la puissance dissipée par effet Joule :

$$P = RI^2$$

où

$P$  : puissance dissipée (W)

$R$  : résistance du fil conducteur ( $\Omega$ )

$I$  : intensité du courant (A)

### QUESTION 531

Un fil conducteur dont la résistance est  $250 \Omega$  est parcouru par un courant de 100 mA. Quelle est la puissance dissipée par effet Joule ?

### QUESTION 532

Une ligne de transport électrique moyenne tension (20 kV) à une résistance de  $10 \Omega$  et transporte une puissance de 1 MW. Quelle est la puissance dissipée par effet Joule ?

### QUESTION 533

Une ligne de transport électrique haute tension (400 kV) à une résistance de  $10 \Omega$  et transporte une puissance de 1 MW. Quelle est la puissance dissipée par effet Joule ?  
Que remarquez-vous si vous comparez votre réponse à celle de la question précédente ?

## ANNEXE G – EXPÉRIENCES À VOIR SUR YOUTUBE

Électricité statique : <https://www.youtube.com/watch?v=ViZNqU-Yt-Y>



Puissance électrique : <https://www.youtube.com/watch?v=S4O5voOCqAQ>



## CRÉDIT DES IMAGES

<https://www.wired.co.uk/article/wired-energy-2017-startups>

<https://www.pinterest.ca/pin/337207090820535841/>

[https://omnilogie.fr/O/Vide ou pas vide, telle est la question](https://omnilogie.fr/O/Vide_ou_pas_vid%C3%A9_telle_est_la_question)

<https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/hydrogen-atom-on-white-background-vector-21316030>

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-electricity/all>

<https://docplayer.fr/6757401-Electricite-chapitre-1-champ-electrique.html>

<http://nasri-mm.blogspot.com/2012/10/static-electricity.html>

<http://aplusphysics.com/courses/honors/estat/fields.html>

[https://en.wikibooks.org/wiki/A-level\\_Physics\\_\(Advancing\\_Physics\)/Gravitational\\_Fields](https://en.wikibooks.org/wiki/A-level_Physics_(Advancing_Physics)/Gravitational_Fields)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Balanced\\_Rock](https://fr.wikipedia.org/wiki/Balanced_Rock)

<https://www.iflscience.com/physics/the-reason-you-get-more-static-electric-shocks-in-cold-weather/>

<https://elemains.com/basics-of-electricity-charge-voltage-current/>

<https://france3-regions.francetvinfo.fr/occitanie/haute-garonne/toulouse/4-impacts-de-foudre-toulouse-la-verite-sur-la-photographie-556486.html>

<https://svs.gsfc.nasa.gov/30028>

[http://www.vias.org/physics/bk4\\_06\\_03.html](http://www.vias.org/physics/bk4_06_03.html)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi\\_de\\_Coulomb\\_\(%C3%A9lectrostatique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Loi_de_Coulomb_(%C3%A9lectrostatique))

[https://tap.iop.org/fields/gravity/402/page\\_46820.html](https://tap.iop.org/fields/gravity/402/page_46820.html)

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gravitational\\_field\\_Earth\\_lines.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gravitational_field_Earth_lines.svg)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Aire\\_de\\_surfaces\\_usuelles#/media/File:PlainSphere.svg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Aire_de_surfaces_usuelles#/media/File:PlainSphere.svg)

<https://pixabay.com/photos/skydiving-jump-high-altitude-halo-822845/>

[http://www.schoolphysics.co.uk/age16-19/Mechanics/Gravitation/text/Gravitational\\_potential/index.html](http://www.schoolphysics.co.uk/age16-19/Mechanics/Gravitation/text/Gravitational_potential/index.html)

<https://www.slideshare.net/gabriela-technoteacher/unit-4-electricity>

[http://chimieapps.blogspot.com/2017/06/structure-de-latome\\_85.html](http://chimieapps.blogspot.com/2017/06/structure-de-latome_85.html)

<https://www.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-electrostatics/ee-electric-force-and-electric-field/a/ee-electric-field>

<https://www.toppr.com/guides/physics/electric-charges-and-fields/coulombs-law/>

<https://sites.google.com/a/physicsatkhs.com/physicsatkhs/electric-field-strength>

<https://grupel.eu/fr/grupel-fr/tension-electrique-et-courant-electrique/>

<https://complexe.jimdo.com/les-nombres-complexes-en-%C3%A9lectrict%C3%A9/introduction-%C3%A0-l-%C3%A9lectrict%C3%A9/les-grandeurs-%C3%A9lectriques/>

<http://users.skynet.be/wautier/mvtPer200.htm>

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/transistors/extending-the-water-analogy>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Ernest\\_Rutherford](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ernest_Rutherford)

<http://molybdene.weebly.com/leacuteelectrostatique.html>

<https://phys.org/news/2013-12-river-extreme-weather.html>

[http://www.aquaret.com/index765a.html?option=com\\_content&view=article&id=86&Itemid=231&lang=en](http://www.aquaret.com/index765a.html?option=com_content&view=article&id=86&Itemid=231&lang=en)

<https://easydrawingguides.com/how-to-draw-a-river-really-easy-drawing-tutorial/>

<http://www.supagro.fr/ress-tice/1-PARTAGE/visuel/IAN%20Symbols/Ecosystems/Freshwater/?C=N;O=D>

<https://sciencing.com/flow-rate-vs-pipe-size-7270380.html>

<http://learn.sparklelabs.com/electronics/2010/10/22/lesson-1-electrical-pressure/>

<https://phylogame.org/diy-cards/robert-millikan-2/>

[https://www.electronics-tutorials.ws/dccircuits/dcp\\_2.html](https://www.electronics-tutorials.ws/dccircuits/dcp_2.html)

<https://phys.org/news/2017-01-static-electricity-tiny.html>

<https://www.sa-green-info.co.za/portal/article/1220/4-ways-to-save-water-on-a-larger-scale>

[http://sites.estvideo.net/college.anne.fr/dossier2/pages2/pages\\_copains\\_d\\_albert/page09\\_lavoisier\\_marion.htm](http://sites.estvideo.net/college.anne.fr/dossier2/pages2/pages_copains_d_albert/page09_lavoisier_marion.htm)

<https://www.livescience.com/28466-hydrogen.html>

<https://www.tecnipass.com/cours-electricite-courant.continu-puissance.energie?page=3>

<http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1091.aspx>

[https://www.webassign.net/question\\_assets/tamucolphyseml1/lab\\_1/manual.html](https://www.webassign.net/question_assets/tamucolphyseml1/lab_1/manual.html)

<https://steemit.com/science/@lisbethferrer/michael-faraday-the-man-that-takes-electricity-to-another-level>

[https://www.wikipremed.com/image.php?img=010101\\_68zzzz101400\\_01501\\_68.jpg&image\\_id=101400](https://www.wikipremed.com/image.php?img=010101_68zzzz101400_01501_68.jpg&image_id=101400)

<https://www.kimagnetics.com/blog.asp?p=electromagnetic-levitation>

<http://science4fun.info/magnetism/>

<http://www.physbot.co.uk/magnetic-fields-and-induction.html>

<http://solar.physics.montana.edu/YPOP/Spotlight/Magnetic/loi.html>

<https://physics.unm.edu/pandaweb/demos/demos/demos.php?subsection=5H>

[http://www.daviddarling.info/childrens\\_encyclopedia/Magnetism\\_For\\_Kids.html](http://www.daviddarling.info/childrens_encyclopedia/Magnetism_For_Kids.html)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Charles-Augustin\\_Coulomb](https://fr.wikipedia.org/wiki/Charles-Augustin_Coulomb)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Isaac\\_Newton](https://fr.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Andr%C3%A9-Marie\\_Amp%C3%A8re](https://fr.wikipedia.org/wiki/Andr%C3%A9-Marie_Amp%C3%A8re)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/James\\_Prescott\\_Joule](https://fr.wikipedia.org/wiki/James_Prescott_Joule)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/James\\_Watt](https://fr.wikipedia.org/wiki/James_Watt)

<http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1177.aspx>

<http://www.alloprof.qc.ca/BV/Pages/s1178.aspx>

<https://www.explainthatstuff.com/electricity.html>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Nikola\\_Tesla](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nikola_Tesla)

<http://enseignants.villamaria.qc.ca/usaqer7/Science%20et%20technologie%20I/Compl%C3%A9ment%20au%20cours/la%20terre/Structure%20de%20la%20Terre/Structure%20de%20la%20Terre.htm>

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmosphere-Biosphere-Hydrosphere-Lithosphere.png>

<https://thenarwhal.ca/latest-oilsands-mega-mine-proposal-a-reality-check-for-albertas-emissions-cap/>

[https://www.parklandinstitute.ca/restructuring\\_in\\_albertas\\_oil\\_industry](https://www.parklandinstitute.ca/restructuring_in_albertas_oil_industry)

<https://www.ledevoir.com/economie/403518/projet-eolien-de-365-millions-en-gaspesie>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie\\_mar%C3%A9motrice](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_mar%C3%A9motrice)

<https://www.cnn.com/2014/12/11/tech/innovation/scotland-underwater-turbines/index.html>

<http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1333.aspx>

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Cuivre>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Quartz\\_\(min%C3%A9ral\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Quartz_(min%C3%A9ral))

<http://bilan.usherbrooke.ca/bilan/pages/photos/4676.html>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Fil\\_%C3%A9lectrique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fil_%C3%A9lectrique)

<http://www.hydroquebec.com/visitez/madeleine/madeleine.html>

<https://www.star.nesdis.noaa.gov/GOES/fulldisk.php?sat=G16>

<http://www.miniscience.com/kits/KITSEC/index.html>

<https://opentextbc.ca/physicstestbook2/chapter/current/>

<https://www.circuit-diagram.org/editor/>

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Charbon>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Extraction de l%27uranium](https://fr.wikipedia.org/wiki/Extraction_de_l%27uranium)

<https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1125849/frontier-teck-mine-petrole-sables-bitumineux-environnement-fort-mcmurray>

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Indium>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale nucl%C3%A9aire de Bruce](https://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale_nucl%C3%A9aire_de_Bruce)

<https://solarvest.my/2019/02/28/largest-solar-power-plants-world/>

<https://www.picbleu.fr/page/les-panneaux-solaires-photovoltaiques-le-silicium>

<http://www.mrsciquy.com/Physics/CurrentElectricity.html>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Resistor>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Insulator\\_\(electricity\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Insulator_(electricity))

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Court-circuit>

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DPST-symbol.svg>

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DPDT-symbol.svg>

<http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1558.aspx>

<https://www.quora.com/What-is-the-phase-difference-in-an-LCR-circuit>

<https://www.scienceabc.com/innovation/how-does-a-transistor-work.html>

<http://www.momes.net/Apprendre/Sciences-naturelles/Le-monde-animal/Projet-d-ecole-journal-d-un-futur-poussin/Couveuse-pour-poussin>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Machine de Wimshurst](https://fr.wikipedia.org/wiki/Machine_de_Wimshurst)

<https://www.kartable.fr/ressources/enseignement-scientifique/cours/optimisation-du-transport-de-lenergie/54773>



# Tableau périodique des éléments

18																	VIII A
2																	He
10																	Ne
18																	Ar
36																	Kr
54																	Xe
86																	Rn
104																	Fr
112																	Cn
118																	Og
119																	Uue
120																	Uub
121																	Uut
122																	Uuq
123																	Uuq
124																	Uuq
125																	Uuq
126																	Uuq
127																	Uuq
128																	Uuq
129																	Uuq
130																	Uuq
131																	Uuq
132																	Uuq
133																	Uuq
134																	Uuq
135																	Uuq
136																	Uuq
137																	Uuq
138																	Uuq
139																	Uuq
140																	Uuq
141																	Uuq
142																	Uuq
143																	Uuq
144																	Uuq
145																	Uuq
146																	Uuq
147																	Uuq
148																	Uuq
149																	Uuq
150																	Uuq
151																	Uuq
152																	Uuq
153																	Uuq
154																	Uuq
155																	Uuq
156																	Uuq
157																	Uuq
158																	Uuq
159																	Uuq
160																	Uuq
161																	Uuq
162																	Uuq
163																	Uuq
164																	Uuq
165																	Uuq
166																	Uuq
167																	Uuq
168																	Uuq
169																	Uuq
170																	Uuq
171																	Uuq
172																	Uuq
173																	Uuq
174																	Uuq
175																	Uuq
176																	Uuq
177																	Uuq
178																	Uuq
179																	Uuq
180																	Uuq
181																	Uuq
182																	Uuq
183																	Uuq
184																	Uuq
185																	Uuq
186																	Uuq
187																	Uuq
188																	Uuq
189																	Uuq
190																	Uuq
191																	Uuq
192																	Uuq
193																	Uuq
194																	Uuq
195																	Uuq
196																	Uuq
197																	Uuq
198																	Uuq
199																	Uuq
200																	Uuq
201																	Uuq
202																	Uuq
203																	Uuq
204																	Uuq
205																	Uuq
206																	Uuq
207																	Uuq
208																	Uuq
209																	Uuq
210																	Uuq
211																	Uuq
212																	Uuq
213																	Uuq
214																	Uuq
215																	Uuq
216																	Uuq
217																	Uuq
218																	Uuq
219																	Uuq
220																	Uuq
221																	Uuq
222																	Uuq
223																	Uuq
224																	Uuq
225																	Uuq
226																	Uuq
227																	Uuq
228																	Uuq
229																	Uuq
230																	Uuq
231																	Uuq
232																	Uuq
233																	Uuq
234																	Uuq
235																	Uuq
236																	Uuq
237																	Uuq
238																	Uuq
239																	Uuq
240																	Uuq
241																	Uuq
242																	Uuq
243																	Uuq
244																	Uuq
245																	Uuq
246																	Uuq
247																	Uuq
248																	Uuq
249																	Uuq
250																	Uuq
251																	Uuq
252																	Uuq
253																	Uuq
254																	Uuq
255																	Uuq
256																	Uuq
257																	Uuq
258																	Uuq
259																	Uuq
260																	Uuq
261																	Uuq
262																	Uuq
263																	Uuq
264																	Uuq
265																	Uuq
266																	Uuq
267																	Uuq
268																	Uuq
269																	Uuq
270																	Uuq
271																	Uuq
272																	Uuq
273																	Uuq
274																	Uuq
275																	Uuq
276																	Uuq
277																	Uuq
278																	Uuq
279																	Uuq
280																	Uuq
281																	Uuq
282																	Uuq
283																	Uuq
284																	Uuq
285																	Uuq
286																	Uuq
287																	Uuq
288																	Uuq
289																	Uuq
290																	Uuq
291																	Uuq
292																	Uuq
293																	Uuq
294																	Uuq
295																	Uuq
296																	Uuq
297																	Uuq
298																	Uuq
299																	Uuq
300																	Uuq
301																	Uuq
302																	Uuq
303																	Uuq
304																	Uuq
305																	Uuq
306																	Uuq
307																	Uuq
308																	Uuq
309																	Uuq
310																	Uuq
311																	Uuq
312																	Uuq
313																	Uuq
314																	Uuq
315																	Uuq
316																	Uuq
317																	Uuq
318																	Uuq
319																	Uuq
320																	Uuq
321																	Uuq
322																	Uuq
323																	Uuq
324																	Uuq
325																	Uuq
326																	Uuq
327																	Uuq
328																	Uuq
329																	Uuq
330																	Uuq
331																	Uuq
332																	Uuq
333																	Uuq
334																	Uuq
335																	Uuq
336																	Uuq
337																	Uuq
338																	Uuq
339																	Uuq
340																	Uuq
341																	Uuq
342																	Uuq
343																	Uuq
344																	Uuq
345																	Uuq
346																	Uuq
347																	Uuq
348																	Uuq
349																	Uuq
350																	Uuq
351																	Uuq
352																	Uuq
353																	Uuq
354																	Uuq
355																	Uuq
356																	Uuq
357																	Uuq
358																	Uuq
359																	Uuq
360																	Uuq
361																	Uuq
362																	Uuq
363																	Uuq
364																	Uuq
365																	Uuq
366																	Uuq
367																	Uuq
368																	Uuq
369																	Uuq
370																	Uuq
371																	Uuq
372																	Uuq
373																	Uuq
374																	Uuq
375																	Uuq
376																	Uuq
377																	Uuq
378																	Uuq
379																	Uuq
380																	Uuq
381																	Uuq
382																	Uuq
383																	Uuq
384																	Uuq
385																	Uuq
386																	Uuq
387																	Uuq
388																	Uuq
389																	Uuq
390																	Uuq
391																	Uuq
392																	Uuq
393																	Uuq
394																	Uuq
395																	Uuq
396																	Uuq
397																	Uuq
398																	Uuq
399																	Uuq
400																	Uuq
401																	Uuq
402																	Uuq
403																	Uuq
404																	Uuq
405																	Uuq
406																	Uuq
407																	Uuq
408																	Uuq
409																	Uuq
410																	Uuq
411																	Uuq
412																	Uuq
413																	Uuq
414																	Uuq
415																	Uuq
416																	Uuq
417																	Uuq
418																	Uuq
419																	Uuq
420																	Uuq
421																	Uuq
422																	Uuq
423																	Uuq
424																	Uuq
425																	Uuq
426																	Uuq
427																	Uuq
428																	Uuq
429																	Uuq
430																	Uuq
431																	Uuq
432																	Uuq
433																	Uuq
434																	Uuq
435																	Uuq
436																	Uuq
437																	Uuq
438																	Uuq
439																	Uuq
440																	Uuq
441																	Uuq
442																	Uuq
443																	Uuq
444																	Uuq
445																	Uuq
446																	Uuq
447																	Uuq
448																	Uuq
449																	Uuq
450																	Uuq
451																	Uuq
452																	Uuq
453																	Uuq
454																	Uuq
455																	Uuq
456																	Uuq
457																	Uuq
458																	Uuq
459																	Uuq
460																	Uuq
461																	Uuq
462																	Uuq
463																	Uuq
464																	Uuq
465																	Uuq
466																	Uuq
467																	Uuq
468																	Uuq



**Commission scolaire  
des Chic-Chocs**

102 rue Jacques-Cartier  
Gaspé (Québec), G4X 2S9

Tél. : 418-368-3499

Secteur Gaspé : 1-877-368-8844, poste 6114

Secteur Sainte-Anne-des-Monts : 1-877-368-8844, poste 7815



**Centre de formation  
DE LA  
CÔTE-DE-GASPÉ**

85, boul. de Gaspé  
Gaspé (Québec), G4X 2T8

Tél. : 418-368-6117, poste 6100

Sans frais : 1-877-534-0029

Télé. : 418-368-5544



**Centre de formation  
DE LA  
HAUTE-GASPÉSIE**

27, route du Parc  
Sainte-Anne-des-Monts (Québec), G4V 2B9

Tél. : 418-763-5323, poste 7700

Sans frais : 1-844-601-3919

Télé. : 418-763-730