

Ministère de l'Éducation Nationale et de la Formation Professionnelle  
MENFP

# Module de Physique



## TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I	LES ÉTATS DE LA MATIÈRE	P4
CHAPITRE II	LES ATOMES ET LES MOLÉCULES	P10
CHAPITRE III	MOUVEMENT D'UN OBJET	P17
CHAPITRE IV	NOTION DE FORCE	P23
CHAPITRE V	MOMENT D'UNE FORCE ET MOMENT D'UN COUPLE DE FORCE	P29
CHAPITRE VI	MACHINES SIMPLES	P 37
CHAPITRE VII	NOTIONS DE FORCES PRESSANTES ET DE PRESSION	P 47
CHAPITRE VIII	PRINCIPE FONDAMENTAL DE L'HYDROSTATIQUE - FORCES PRESSANTES DANS UN LIQUIDE	P 52
CHAPITRE IX	POUSÉE D'ARCHIMEDE – FLOTTAISON	P 60
CHAPITRE X	DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DE L'ELECTRISATION CONDUCTEURS ET ISOLANTS	P 69
CHAPITRE XI	COURANT ELECTRIQUE	P 74
CHAPITRE XII	COURANT ALTERNATIF	P 87
CHAPITRE XIII	INSTALLATION ELECTRIQUE DOMESTIQUE	P 96
CHAPITRE XIV	SOURCES LUMINEUSES	P102
CHAPITRE XV	APPAREILS IMAGEURS	P106

# LES ETATS DE LA MATIERE 1

Dans ce chapitre vous apprendrez à :

- Différencier les quatre états de la matière : solide - liquide - gazeux - plasma
  - Caractériser chacun des états de la matière.
  - Réaliser des expériences sur les changements d'états physiques de la matière.
- Expliquer la notion de masse, puis mesurer une masse volumique, un poids volumique et une densité
  - Réaliser des mesures de volumes, de masse et de masse volumique.
  - Calculer un volume, un poids, une masse volumique et une densité d'un corps.

## Activité 1

Jude prend un crayon et une bille ; il les presse entre les mains de toutes ses forces puis il les laisse tomber par terre. Que se passe-t-il ?

- Le crayon et la bille se sont-ils déformés ? Ont-ils été fragmentés ou sont-ils restés en un seul bloc ? Ont-ils diminué de volume ?
- En déduire alors l'état physique du crayon et de la bille tout en énumérant leurs caractéristiques physiques.

## Activité 2

Martine étale sur son pupitre trois soucoupes. Elle verse doucement du sucre dans le premier, de la farine dans le second et du riz dans la troisième. Que se passe-t-il ?

- Le sucre, la farine et le riz se sont-ils répandus ou sont-ils restés en un seul bloc ? Comment voyez-vous leur surface libre ?

Ensuite elle verse le riz de la soucoupe dans un cup.

- Le riz dans le cup a-t-il la même forme que dans la soucoupe ? La quantité de riz a-t-il changé ?
- En déduire alors l'état physique du sucre, de la farine et du riz tout en énumérant leurs caractéristiques physiques.

## Activité 3

Alix prend un cup et une soucoupe. Il verse de l'eau dans chacun d'eux.

- L'eau s'est-elle répandue ou reste-t-elle en un seul bloc ? A-t-il la même forme dans les deux contenants ?
- Ensuite, il verse l'eau de la soucoupe dans un autre cup. La forme et la quantité d'eau ont-elles changé ? Comment voyez-vous la surface libre de l'eau dans chacun des récipients ?
- En déduire alors l'état physique de l'eau tout en énumérant ses caractéristiques physiques.

## Activité 4

Christine tient dans sa main une seringue. Elle tire son piston jusqu'au bout sans l'enlever du cylindre, ferme avec un doigt la sortie du cylindre, puis enfonce progressivement le piston dans le cylindre.

- Le piston s'enfonce-t-il rapidement jusqu'au fond du cylindre ? Si non, qu'est-ce qui l'en empêche ? Qu'est-ce qui est alors emprisonné dans la seringue ? Quelle est sa forme ?

Elle continue de presser le piston pour continuer à l'enfoncer.

- L'espace qui contient l'élément emprisonné dans la seringue a-t-il changé ? Le piston atteint-il le fond de la seringue ? La quantité d'élément emprisonné a-t-il changé ?

Elle relâche le piston de la seringue après l'avoir presque totalement enfoncé jusqu'au du cylindre.

- Que constatez-vous ? Pourquoi ?

Brutus dans sa salle de classe présente un documentaire qu'il a préparé sur le Soleil et les Étoiles de notre Galaxie « La Voie Lactée ». Dans sa présentation, il a parlé de la matière qui forme les étoiles.

- Quel est l'état physique de cette matière ?
- De quoi cet état est-il formé ?

## ACTIVITE EXPERIMENTALE

### Mesure de la masse volumique d'une roche

Astride utilise le matériel nécessaire suivant : une balance, un petit morceau de roche et une éprouvette graduée en ml ou en cm<sup>3</sup>.

Astride place le morceau de roche sur la balance, détermine sa masse  $m_1$  et trouve 36 g.

Elle verse de l'eau dans l'éprouvette, puis note 62 ml le volume  $V_1$  de l'eau.

Elle introduit ensuite le morceau de roche dans l'éprouvette contenant de l'eau et note 77 ml le volume  $V_2$ .

- Que doit-elle faire pour trouver le volume  $V$  du morceau de roche ? Ecrire ainsi une relation mathématique simple entre  $V$ ,  $V_1$  et  $V_2$ .
- Pour calculer la masse volumique de la roche, elle applique la formule :  $\rho = m/v$   
En déduire le volume du morceau de roche et la masse volumique de la roche.

#### 1.1 Définition de la matière

La matière est tout ce qui occupe une portion de l'espace.

Elle existe naturellement sous quatre états fondamentaux : état solide, état liquide, état gazeux, état plasma.

##### 1.1.1 L'État Solide

Un corps est à l'état solide, quand il a une forme propre : il ne peut pas s'écouler, ni être transporté dans des canalisations. Ainsi, le sable, la farine sont des corps solides au même titre que le bois et la glace. Dans un solide, chaque molécule est fortement liée aux molécules avoisinantes. Cependant, elles ne sont pas rigoureusement immobiles, elles vibrent autour d'une position d'équilibre.

##### 1.1.2 L'État liquide

Un liquide n'a ni forme propre, ni volume propre. Ordinairement il est incompressible. De plus, il est fluide et les molécules n'ont pas de position fixe. Elles se déplacent en glissant les unes sur les autres.

##### 1.1.3 L'État Gazeux

Un gaz n'a ni forme propre, ni volume propre. Il est compressible. Le volume d'une masse de gaz peut être diminué ou augmenté considérablement. Les molécules n'ont pas une position fixe. Elles sont toujours en mouvement et relativement éloignées les unes des autres. Elles entrent en collision avec les molécules voisines.

Les gaz sont plus fluides que les liquides.

## 1.1.4 L'État plasma

L'état plasma est un mélange composé d'ions chargés positivement et d'électrons en équilibre avec des molécules non ionisés.

L'état plasma peut être obtenu de deux façons différentes : en chauffant un gaz à très haute température, ou en lui appliquant un champ électrique intense ( $3 \times 10^6 \text{ V/m}$ ).

Ce quatrième état de la matière se retrouve surtout dans les étoiles et le milieu interstellaire. Les plasmas ont de nombreuses applications : microélectronique, écrans plats des téléviseurs, lampe néon, etc...

**Remarque:** Il existe d'autres états de la matière comme celui des cristaux liquides. Cet état découvert en 1888 par Reinitzer se présente sous forme laiteuse et se situe entre l'état solide et liquide, plus proche des liquides.

On peut citer aussi l'état vitreux. Ainsi, le verre chauffé à haute température peut se présenter comme un solide du point de vue chimique, mais couler comme un liquide (lentement).

## 1.2 Quantité de matière

### 1.2.1 Définition

La quantité de matière caractérise la masse d'un corps. La masse est un nombre qui exprime l'inertie d'un corps. Celle-ci est la résistance que le corps oppose à un changement de vitesse.

La masse est indépendante du milieu où on prend sa mesure.

### 1.2.2 Unité S.I. de masse

L'unité de masse dans le système international est le kilogramme (symbole kg).

## 1.3 Masse Volumique

Il est évident que deux corps de même volume n'ont pas en général la même masse. Ainsi, un bloc de fer est près de 8 fois plus lourd qu'un bloc de glace de même volume.

### 1.3.1 Définition de la masse volumique

La masse volumique d'un corps est la masse de l'unité de volume de ce corps.

Elle est désignée par la lettre grecque (lire : rho) et s'exprime par la relation  $\rho = \frac{m}{V}$ , étant la masse du corps et V son volume.

### 1.3.2 Unité de masse volumique

Si m est en kilogramme et V en  $\text{m}^3$ , alors  $\rho$  est en  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

On peut de même exprimer  $\rho$  en  $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

### Exemple

Une barre de plomb mesure 12,5 cm de longueur, 5 cm de largeur et 2 cm de hauteur. Sa masse étant 1412,5 g, déterminons la masse volumique du plomb.

Solution

Le volume de la barre est :

$V = L \times l \times h = 12,5 \times 5 \times 2 = 125 \text{ cm}^3$ . La masse volumique du plomb est donc :

$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1412,5 \text{ g}}{125 \text{ cm}^3} = 11,3 \text{ g/cm}^3$

## 1.4 Densité

### 1.4.1 Définition

La densité d'un corps A par rapport à un corps B est le rapport entre la masse du corps A et la masse du corps B ayant le même volume.

La densité est un nombre sans unité.

Conventionnellement, la densité des solides et des liquides est établie par rapport à l'eau pure à 40°C. La densité des gaz est établie par rapport à l'air dans les conditions normales.

### 1.4.2 Densité de certains corps usuels

Liège .....	0,3	Fer .....	7,8
Glace .....	0,92	Cuivre .....	8,9
Verre .....	2,6	Argent .....	10,5
Aluminium .....	2,7	Plomb .....	11,4
Diamant .....	3,5	Or .....	19,3
Zinc .....	7,1	Platine .....	21,5
Étain .....	7,3	Alcool .....	0,8
Mercure .....	13,6	Huile .....	0,9
Eau de mer .....	1,03		

## EXERCICES D'APPLICATION

1. Dire si la fumée et la lumière sont de la matière.
2. Peut-on liquéfier l'air, l'oxygène, l'hydrogène ?
3. Dire l'état de chacun des corps suivants : l'eau à -120°C, le plomb à 5000°C, l'or à 10500°C, la farine de blé, le lait en poudre.
4. On dit que les gaz et les liquides sont des fluides
  - a) Que signifie le terme « fluide » ?
  - b) Expliquez la fluidité des gaz et des liquides en faisant appel à leur structure moléculaire
5. Dans une bouteille d'un litre contenant déjà de l'air, peut-on ajouter deux litres supplémentaires d'un autre gaz ?  
Si oui quel est alors le volume total du mélange gaz + air enfermé dans la bouteille ?
6. Définir les termes suivants : Vaporisation - Sublimation - fusion - condensation - solidification - liquéfaction
7. La température de l'air liquide est :
 

a) -190°C ;	b) -5°C ;	c) 0°C ;	d) 5°C ;
-------------	-----------	----------	----------
8. Compléter :
  - La matière est composée de .....
  - Les ..... sont composées d'atomes
  - Les atomes sont composés ..... et .....



-Le noyau contient des neutrons et des .....

-Les neutrons et ..... sont composés de quarks

9. Comment peut-on procéder pour déterminer le volume d'un bijou dont la forme n'est pas régulière ?
10.  $20 \text{ cm}^3$  de mercure pèsent  $272 \text{ g}$ . En déduire la masse volumique du mercure.
11. Comment peut-on procéder pour déterminer la densité ;
  - a) d'une eau sucrée ;
  - b) d'une mine d'argile.
12. Un bloc de fer a pour dimension :  $L = 15 \text{ cm}$ ,  $l = 10 \text{ cm}$ ,  $h = 7 \text{ cm}$ . La masse volumique du fer étant  $7,8$  , calculer la masse de ce bloc de fer.
13. Quel est le rayon d'un cylindre de plomb de hauteur  $12 \text{ cm}$  et pesant  $3,6 \text{ kg}$ , la masse volumique du plomb étant  $11,4 \text{ g / cm}^3$  ?

# LES ATOMES ET LES MOLECULES 2

Dans ce chapitre vous apprendrez à :

- Connaître l'histoire de certains atomes.
- Comprendre la notion de molécules.
- Décrire la constitution de l'atome :
  - comprendre qu'un atome ou une molécule sont des particules de matière très petites ;
  - différencier les particules qui rentrent dans la constitution de l'atome ;
  - représenter les différents modèles atomiques ;
  - préciser la charge et la masse de l'électron, du proton, du neutron, du noyau et de l'atome ;
  - différencier corps simples et corps composés.

## Activité 1

Les élèves doivent utiliser des documents appropriés et des liaisons internet pour étudier l'évolution des modèles atomiques à travers l'histoire et la structure de l'atome et du noyau. De ces recherches, ils arrivent à :

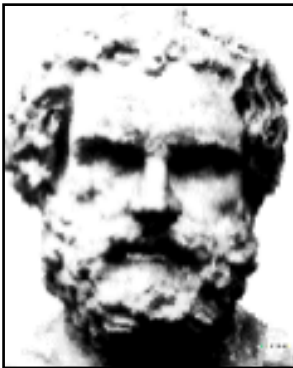
- présenter les différents modèles d'atomes (Rutherford, Bohr, quantique) tout en expliquant chacun d'eux ;
- donner des précisions sur deux atomes en particulier : l'hydrogène, l'oxygène ;
- présenter la structure et la taille de l'atome et du noyau, puis sur la charge et la masse de l'électron, du proton, du neutron, du noyau et de l'atome.

## Activité 2

Paul, Frantz et Alice sont trois élèves de secondaire I. Ils prennent trois feuilles de bristol, leurs instruments de géométrie, leurs crayons couleurs et un document qui présente les différents modèles atomiques. Ils choisissent chacun de dessiner un des modèles atomiques et de donner des informations précises en traçant des flèches vers des boîtes de dialogue.

Votre travail est de reproduire les travaux de Paul, Frantz et Alice.

## 2. Un peu d'histoire



Démocrite, un ancien philosophe grec né environ 460 ans avant Jésus-Christ prétendit que tout ce qui existait dans l'univers connu, y compris l'âme humaine, était formé de minuscules particules qu'il nomma atomes. Il affirmait que ces atomes étaient indivisibles et que leur combinaison en de multiples possibilités était à la source de "toute chose". Les alchimistes du Moyen-âge quant à eux, ne connaissaient que quatre constituants de la matière : la terre, l'air, l'eau et le feu. Ce n'est qu'au début du siècle dernier que prit naissance, dans l'esprit des scientifiques, l'hypothèse atomique qui permit de comprendre que toute la matière vivante,

tout comme la matière inerte d'ailleurs, est formée des mêmes atomes. C'est l'arrangement particulier de ceux-ci qui est différent. De plus, cet arrangement varie continuellement dans la matière vivante alors qu'il est relativement stable dans la matière non vivante.

La caractéristique peut-être la plus extraordinaire des organismes vivants est qu'ils possèdent des structures anatomiques relativement complexes et extrêmement bien organisées. Cette caractéristique est tellement importante que l'on sait maintenant que tout organisme vivant qui ne peut maintenir l'équilibre dynamique entre ces différents éléments ou structures est voué à une mort certaine à plus ou moins longue échéance.



Au même titre que la cellule est l'unité structurale et fonctionnelle des systèmes, l'atome constitue l'unité structurale et fonctionnelle des molécules qui composent la matière inerte et vivante.

Selon la théorie atomique moderne, la matière vivante et non vivante (aussi appelée matière inerte) est composée de petites unités structurales, les atomes.

Les chimistes ont réussi jusqu'à maintenant à identifier quelques 92 atomes naturels différents et près d'une quinzaine d'atomes artificiels. Par convention, chacun de ces atomes est représenté

par un symbole chimique : "Ca" pour le calcium, "C" pour le carbone, "O" pour l'oxygène, "H" pour l'hydrogène, "K" pour le potassium etc... Le corps humain est composé à partir de l'organisation de 24 de ces atomes dont l'oxygène, le carbone, l'hydrogène et l'azote représentent à eux seuls 96% du poids du corps.

## 2.1. Molécules

Une molécule est un assemblage d'atomes dont la composition est donnée par sa formule chimique.

Le mot molécule vient du latin *molecula*, désignant une petite masse de matière, ou un grain de matière. La molécule est la plus petite partie d'un corps pur susceptible d'exister à l'état isolé en gardant les caractères de ce corps.

Une molécule est formée d'atomes ;

- dans un corps simple, elle est formée d'un ou de plusieurs atomes semblables,
- dans un corps composé, elle est formée d'atomes différents.

### 2.1.1. Atome, définition

Un **atome** (du grec *ατομος*, *atomos*, « que l'on ne peut diviser ») est la plus petite partie d'un corps simple pouvant se combiner chimiquement avec une autre.

Il est électriquement neutre puisqu'il a autant de charges positives portées par les protons que de charges négatives portées par les électrons.

L'atome est constitué d'un noyau atomique autour duquel répartisent des électrons (fig II.1).

Ex : La molécule d'eau ( $H_2O$ ) contient 2 atomes d'hydrogène et 1 atome d'oxygène.

- **L'électron** est une particule élémentaire chargée négativement.

Sa masse au repos est égale à la 1836<sup>ème</sup> partie de celle de l'atome d'hydrogène.

- Charge de l'électron :  $-1,6 \times 10^{-19}$  Coulomb (charge élémentaire  $\Rightarrow e$ ).
- Masse de l'électron :  $9,10938 \times 10^{-31}$  kilogramme.

{Particule : très petite partie} {Elémentaire : simple}

### 2.1.2. Noyau atomique, définition

Le noyau atomique est constitué essentiellement de protons et de neutrons.

Le proton est une particule élémentaire chargée positivement tandis que le neutron est une particule élémentaire dépourvue de charge électrique.

- L'ensemble des protons et des neutrons constituent les nucléons.
- Charge du proton :  $1,6 \times 10^{-19}$  C (Coulomb)
- Masse du proton :  $1,673 \times 10^{-27}$  kg
- Masse du neutron :  $1,675 \times 10^{-27}$  kg

Le noyau atomique chargé positivement contient presque toute la masse de l'atome.

Exemple d'atome

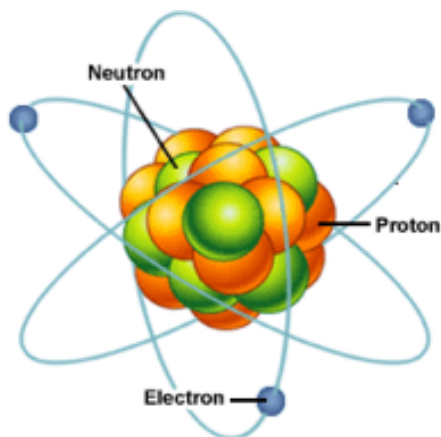


Figure II.1 Représentation d'un atome. Boules, jaunes et vertes représentent respectivement les électrons, les protons et les neutrons

### 2.1.3. Isotopes

Les isotopes sont les atomes d'un élément dont les noyaux ont un même nombre de protons mais un nombre différent de neutrons. Par exemple : Les carbones 12 et 14 sont des isotopes naturels du carbone possédant six protons mais six ou huit neutrons chacun.

### 2.1.4. Quelques informations sur les atomes d'hydrogène et d'oxygène

Le diamètre d'un atome est compris entre 0,1 et 0,4 millimicron.

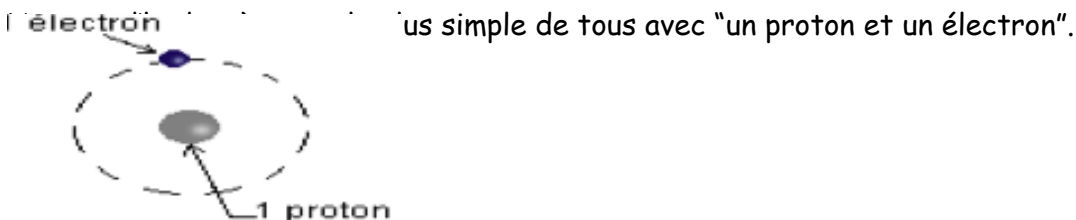
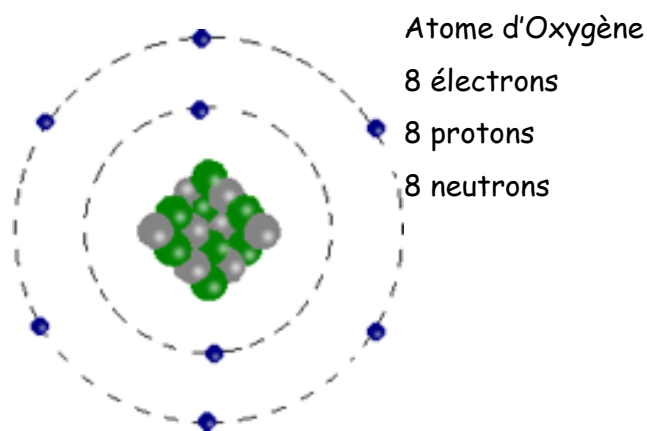


Figure II.1



-16 est le nombre de masse (8 protons + 8 neutrons)

N.B. : Le nombre de masse correspond au nombre total de protons et de neutrons constituant le noyau atomique.

## 2.2 Relation entre l'atome et l'électricité

### -Couche électronique

Les électrons qui gravitent autour du noyau sont répartis sur plusieurs couches en fonction de leur niveau énergétique.

Les électrons périphériques appartiennent normalement à la couche électronique externe qui intervient dans les phénomènes lumineux, dans les phénomènes de conduction, ainsi que dans les propriétés chimiques de l'atome.

La couche externe ne peut contenir plus de 8 électrons. On peut classer les atomes à partir de cette couche.

Les atomes ayant 1, 2 ou 3 électrons sur la couche périphérique ont tendance à les perdre.

Les électrons deviennent libres. C'est le cas des bons conducteurs électriques.

Les atomes ayant 5, 6 ou 7 électrons sur cette couche ont tendance à compléter cette dernière à 8. C'est le cas des isolants.

Les atomes ayant 4 électrons constituent la catégorie des semi-conducteurs.

Les atomes ayant 8 électrons périphériques n'ont aucune tendance. Ce sont les gaz rares.

### - Ions positifs, ions négatifs

Les électrons n'étant pas disposés sur une même orbite, nous concevons bien que les électrons les plus éloignés soient moins attirés par le noyau, donc plus faciles à se soustraire à son attraction.

Si un électron quitte l'atome, l'équilibre de celui-ci est rompu, il devient un ion.

Un ion est donc un atome ou groupe d'atomes possédant une charge électrique totale non nulle.

En effet, si un atome perd ou capture un ou plusieurs électrons, la charge positive du noyau n'est plus entièrement neutralisée.

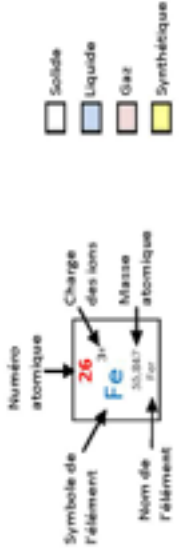
L'atome incomplet devient un ion positif lorsqu'il perd un ou plusieurs électrons ou un ion négatif lorsqu'il capture un ou plusieurs électrons.

## 2.3. Classification périodique

La classification périodique des éléments chimiques est due au chimiste russe Mendeleïev qui la publia en 1870. Les éléments sont placés les uns à la suite des autres, le nombre atomique augmentant chaque fois d'une unité. On revient à la ligne chaque fois que commence une nouvelle couche électronique. Les éléments d'une même colonne appartiennent à la même famille chimique et ont des propriétés voisines

# Tableau périodique des éléments

		Éléments de transition															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>1</b> H 1.00794 Hydrogène	<b>2</b> He 4.00260 Hélium	<b>3</b> Li 6.941 Lithium	<b>4</b> Be 9.01218 Béryllium	<b>5</b> B 10.811 Bore	<b>6</b> C 12.011 Carbone	<b>7</b> N 14.007 Azote	<b>8</b> O 15.9994 Oxygène	<b>9</b> F 18.9984 Fluor	<b>10</b> Ne 20.1797 Néon	<b>11</b> Na 22.98976 Sodium	<b>12</b> Mg 24.305 Magnésium	<b>13</b> Al 26.9815 Aluminium	<b>14</b> Si 28.0855 Silicium	<b>15</b> P 30.9738 Phosphore	<b>16</b> S 32.065 Soufre	<b>17</b> Cl 35.453 Chlore	<b>18</b> Ar 39.948 Argon
<b>19</b> K 39.0983 Potassium	<b>20</b> Ca 40.078 Calcium	<b>21</b> Sc 44.9559 Scandium	<b>22</b> Ti 47.88 Titane	<b>23</b> V 50.9415 Vanadium	<b>24</b> Cr 51.9961 Chrome	<b>25</b> Mn 54.9380 Manganèse	<b>26</b> Fe 55.845 Fer	<b>27</b> Co 58.9332 Cobalt	<b>28</b> Ni 58.69 Nickel	<b>29</b> Cu 63.546 Cuivre	<b>30</b> Zn 65.38 Zinc	<b>31</b> Ga 69.723 Gallium	<b>32</b> Ge 72.63 Germanium	<b>33</b> As 74.9216 Arsenic	<b>34</b> Se 78.96 Sélénium	<b>35</b> Br 79.904 Brome	<b>36</b> Kr 83.80 Krypton
<b>37</b> Rb 85.4678 Rubidium	<b>38</b> Sr 87.62 Strontium	<b>39</b> Y 88.9059 Yttrium	<b>40</b> Zr 91.224 Zirconium	<b>41</b> Nb 92.9064 Niobium	<b>42</b> Mo 95.96 Molybdène	<b>43</b> Tc 98.9062 Technétium	<b>44</b> Ru 101.07 Ruthénium	<b>45</b> Rh 102.9055 Rhodium	<b>46</b> Pd 106.42 Paladium	<b>47</b> Ag 107.8682 Argent	<b>48</b> Cd 112.41 Cadmium	<b>49</b> In 114.82 Indium	<b>50</b> Sn 118.710 Étain	<b>51</b> Sb 121.76 Antimoine	<b>52</b> Te 127.60 Tellure	<b>53</b> I 126.90509 Iode	<b>54</b> Xe 131.29 Xénon
<b>55</b> Cs 132.9054 Césium	<b>56</b> Ba 137.33 Baryum	<b>57</b> La 138.9055 Lanthane	<b>72</b> Hf 178.49 Hafnium	<b>73</b> Ta 180.9479 Tantale	<b>74</b> W 183.84 Wolfram	<b>75</b> Re 186.207 Rhenium	<b>76</b> Os 190.2 Osmium	<b>77</b> Ir 192.22 Iridium	<b>78</b> Pt 195.08 Platine	<b>79</b> Au 196.9665 Or	<b>80</b> Hg 200.59 Mercure	<b>81</b> Tl 204.383 Thallium	<b>82</b> Pb 207.2 Plomb	<b>83</b> Bi 208.9804 Bismuth	<b>84</b> Po 209 Polonium	<b>85</b> At 208.9804 Astatine	<b>86</b> Rn 222 Radon
<b>87</b> Fr 223 Francium	<b>88</b> Ra 226 Radium	<b>89</b> Ac 227 Actinium	<b>104</b> Rf 261 Rutherfordium	<b>105</b> Db 262 Dubnium	<b>106</b> Sg 263 Seaborgium	<b>107</b> Bh 264 Bohrium	<b>108</b> Hs 265 Hassium	<b>109</b> Mt 266 Meitnerium	<b>110</b> Ds 271 Darmstadtium	<b>111</b> Rg 272 Roentgenium	<b>112</b> Cn 285 Copernicium	<b>113</b> Nh 284 Nihonium	<b>114</b> Fl 289 Flerovium	<b>115</b> Uup 288 Ununpentium	<b>116</b> Lv 293 Livermorium	<b>117</b> Uus 294 Ununseptium	<b>118</b> Uuo 294 Oganesson
<b>71</b> Lu 174.967 Lanthane	<b>70</b> Yb 173.054 Ytterbium	<b>69</b> Tm 168.9342 Thulium	<b>67</b> Ho 164.9304 Holmium	<b>66</b> Dy 162.50 Dysprosium	<b>65</b> Tb 158.9254 Terbium	<b>64</b> Gd 157.25 Gadolinium	<b>63</b> Eu 151.96 Europium	<b>62</b> Sm 150.36 Samarium	<b>61</b> Pm 144.9126 Prométhium	<b>60</b> Nd 144.24 Néodyme	<b>59</b> Pr 140.9077 Praseodyme	<b>58</b> Ce 140.12 Cérum	<b>99</b> Es 252 Einsteinium	<b>100</b> Fm 257 Fermium	<b>101</b> Md 258 Mendelevium	<b>102</b> No 259 Nobelium	<b>103</b> Lr 260 Lawrencium



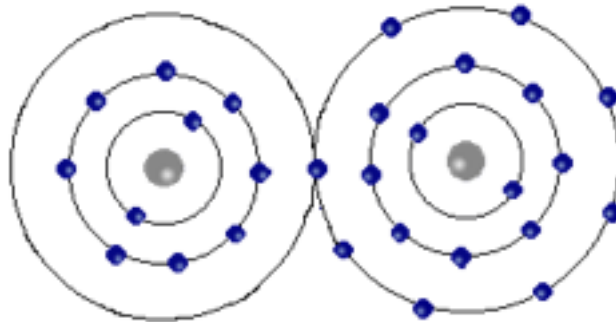
Les masses atomiques entre parenthèses sont celles des isotopes connus les plus stables.

**2.4. Liaisons entre atomes**

**-Liaison ionique**

La liaison ionique ou électrovalente fait intervenir l'électrovalence correspondant à un gain ou une perte d'électron. Les ions ne sont pas liés (inexistence de la molécule à composé ionique). L'édifice est le résultat d'un équilibre entre les forces d'attraction et de répulsion électrostatique. C'est le cas des sels tel que le chlorure de sodium.

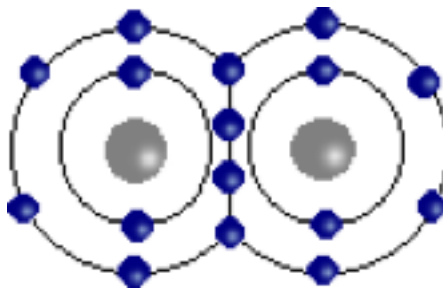
liaison ionique  
du Chlorure de Sodium NaCl



**-Liaison covalente**

La liaison covalente fait intervenir la mise en commun d'électrons entre les atomes. On obtient un véritable lien entre atomes (existence de la molécule).

liaison covalente de la molécule d'oxygène



Dans les deux cas, les atomes tendent à avoir leur couche électronique externe complète (généralement 8 électrons).

Les liaisons covalentes sont toujours plus difficiles à rompre que les liaisons électrovalentes.

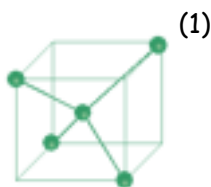
**2.5. Cristaux**

Un certain nombre de corps solides, en particulier les métaux, cristallisent, c'est à dire que les atomes sont rangés suivant un motif géométrique régulier (maille) qui se répète pour former un cristal.

Le motif et les dimensions des mailles permettent d'expliquer un certain nombre de propriétés physiques des corps correspondants.

Les figures ci-dessous montrent la disposition des atomes de carbone dans les cristaux de diamant et graphite.

La différence de dureté en particulier est la conséquence de la nature cristalline, ainsi que la différence de conductivité (diamant isolant, graphite conducteur).



(1) = Maille élémentaire du réseau cristallin au diamant. / (2) = maille élémentaire du réseau cristallin du graphite



# MOUVEMENT D'UN OBJET 3

Dans ce chapitre vous apprendrez à :

- Expliciter de manière scientifique les notions courantes de mouvement, de trajectoire, de vitesse et d'accélération.
- Calculer une vitesse moyenne.
- Mettre en évidence la variation de la vitesse à partir de la variation de l'une au moins de ses caractéristiques.
- Distinguer les différents types de mouvements.
- Expliquer la relativité du mouvement et la nécessité de le relier à un repère.

## Activités

### Observation 1a

Deux garçons, Junior et Fredy, jouent dans une salle. Junior trace sur le plancher un trait droit de 2,5 mètres avec de la craie et met Fredy au défi de faire rouler leur petite voiture le long du trait. Après plusieurs lancers, Fredy a pu lever le défi en faisant rouler doucement la petite voiture le long du trait pendant 5 secondes.

### Exploitation 1a

Lorsque le défi a été levé :

1. Quelle est la trajectoire suivie par la petite voiture ?
2. Quel est alors le type de mouvement de la petite voiture ?
3. Quelle distance la petite voiture a-t-elle parcourue pour chaque seconde ?
4. Quelle est la durée moyenne mise par la petite voiture pour parcourir une distance de 1 mètre ?

### Observation 1b

C'est maintenant le tour de Fredy de lancer un défi à Junior avec son lecteur CD dont la couverture est transparente. Fredy demande à Junior de regarder une tache blanche sur le CD. Ensuite, Fredy presse le bouton « play » du lecteur.

### Exploitation 1b

1. En pressant le bouton « play » du lecteur :
  - que fait le CD ?
  - que fait la tache blanche ?
2. Que décrit la tache la blanche au bout de quelques secondes ?
3. Quelle est la trajectoire du mouvement de la tache blanche ?
4. Quel est donc le type de mouvement de la tache blanche ?

### Observation 2

À l'arrêt du bus, Adeline monte dans un bus pour aller à l'école. Après 2 minutes, le bus s'éloigne du panneau d'arrêt.

### Exploitation 2

1. Adeline est-elle en mouvement par rapport aux arbres à côté de la route ?
2. Citer plusieurs solides de référence (observateurs, référentiels) dans lequel Adeline est immobile.
3. Le panneau d'arrêt est-il en mouvement par rapport à Adeline ?

### Observation 3

Pierre et Louis, deux frères vont à l'école sur un seul vélo. Ils passent tout près d'Arnold qui s'est arrêté pour acheter une plume, à la vitesse de 5 mètres par seconde.

### Exploitation 3

1. Louis est-il en mouvement ? Même question pour Pierre et Arnold.
2. Louis est-il en mouvement par rapport à Pierre ?
3. Louis est-il en mouvement par rapport à Arnold ?
4. Arnold est-il en mouvement par rapport à Pierre ?
5. Par rapport à quel observateur la vitesse du vélo est-elle donnée ?

## Observation 4

Alphonse, un cireur de chaussures, est assis à l'entrée de la place publique. Il regarde passer Fils et Elie qui vont à l'école. Fils se déplace en faisant deux pas tous les 3 secondes et Elie marche en faisant un pas par seconde. Chacun des pas de Fils mesure 0,6 mètre et celui d'Elie 0,7 mètre.

## Exploitation 4

1. Quelle est la vitesse de Fils par rapport à Alphonse ?
2. Quelle est la vitesse d'Elie par rapport à Alphonse ?
3. Fils est-il en mouvement par rapport à Elie ?
4. Elie est-il en mouvement par rapport à Fils ?
5. Entre Fils et Elie, qui arrivera avant à l'école ?

## Observation 5

Jean est sur le trottoir attendant un autobus. Judeline arrive sur son vélo et Claude sur sa motocyclette. Jean les regarde venir, Judeline en avant et Claude juste après. Mais, quelques secondes après, Claude d'abord et Judeline ensuite passent devant Jean.

## Exploitation 5

1. Judeline et Claude sont - ils en mouvement par rapport à Jean ?
2. Judeline est-elle en mouvement par rapport à Claude ?
3. Claude est-il en mouvement par rapport à Judeline ?
4. Comment est la vitesse de déplacement de Judeline et de Claude par rapport à Jean ? Expliquer.
5. La vitesse de Claude par rapport à Jean est-elle la même que par rapport à Judeline ? Expliquer

## 3. Mouvement d'un objet

### 3.1. Conditions nécessaires pour étudier le mouvement d'un corps

#### 3.1.1. Système étudié

"Le système étudié est un corps ou un ensemble de corps."

**Exemple :**

- Un oiseau en vol : les différentes parties d'un tel système n'ont visiblement pas toutes le même mouvement, il faut alors préciser le point qui sera étudié.



- Une étoile ou une planète observée depuis la Terre : le système nous apparaît dans ce cas comme un point.

#### 3.1.2. Répérage dans l'espace

"Le mouvement d'un corps ne peut être étudié que par rapport à un solide de référence, appelé référentiel."

Autrement dit : « un corps est en mouvement si sa position change par rapport à un solide pris comme référence ».

"Le mouvement est donc relatif à la position de l'observateur."

**Exemple :**

-Pour étudier le **mouvement d'un objet au voisinage de la Terre**, on choisit le plus souvent le **référentiel terrestre** : il est constitué par la Terre ou par tout corps fixe par rapport à la Terre.

-Si l'on s'intéresse au **mouvement d'un satellite ou de la Lune**, on choisit le **référentiel géocentrique** : il est défini par le centre de la Terre et des étoiles lointaines considérées comme **fixes**.

"L'état de repos ou de mouvement d'un corps dépend du référentiel choisi."

**Exemple :**

-Louis est au repos par rapport à Pierre (référentiel cadre du vélo), mais se déplace par rapport à Arnold (référentiel terrestre).

**3.1.3. Répérage dans le temps**

"Pour repérer un événement dans le temps, il faut choisir une origine du temps."

Cela revient à déclencher un chronomètre à un instant donné : il indique alors  $t = 0$  s. A l'instant où l'événement se produit, la valeur mesurée sur le chronomètre indique la date  $t$  de cet événement. L'unité SI de temps est la seconde.

**Exemple :**

-Lorsqu'un but est marqué dans un match de football « à la dixième minute »,  $t = 10$  min est la date mesurée par rapport au début de la partie qui constitue l'origine des dates.

**3.2. Caractéristiques d'un mouvement**

**3.2.1. Trajectoire**

"On appelle **trajectoire** la ligne formée par l'ensemble des positions successives du point étudié au cours du temps."

Une trajectoire peut être rectiligne, curviligne ou circulaire.

**3.2.2. trajectoires et mouvements**

- Mouvement rectiligne

"Un **mouvement** est dit **rectiligne** si la trajectoire est une droite." Un mouvement non rectiligne peut être circulaire, curviligne, etc.

- Mouvement circulaire

"Un **mouvement** est **circulaire** si la trajectoire est un cercle."

- Mouvement curviligne

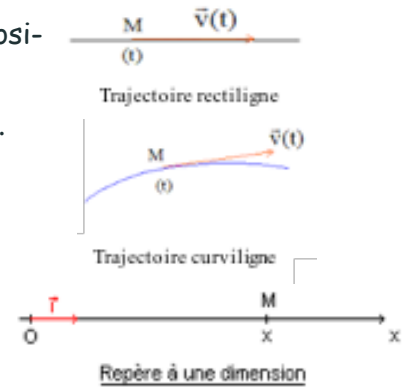
"Un **mouvement** est **curviligne** si la trajectoire est une ligne quelconque ou une courbe."

- Mouvement uniforme

"Un **mouvement** est **uniforme** si la valeur de la vitesse ne varie pas : dans ce cas, le mobile parcourt des distances égales pendant des durées égales."

- Mouvement rectiligne uniforme

"Un **mouvement** est **rectiligne uniforme** quand un mobile se déplace en ligne droite à une vitesse dont la valeur ne varie pas."



Le mouvement de M s'effectue sur une droite



## -Mouvement circulaire uniforme

"Un **mouvement est circulaire uniforme** quand un mobile se déplace à une vitesse dont la valeur ne varie pas tout en décrivant un cercle."

## -Mouvement accéléré

"Dans un **mouvement accéléré**, la distance parcourue augmente pendant des intervalles de temps égaux."



## -Mouvement uniformément accéléré

"Un **mouvement est uniformément accéléré** quand la distance parcourue augmente toujours de la même valeur pendant des intervalles de temps égaux."

## -Mouvement ralenti

"Le **mouvement est ralenti** quand la distance diminue pendant des intervalles de temps égaux."



### 3.2.3. Vitesse

Dans un référentiel donné, la vitesse moyenne  $v_m$  d'un corps entre deux instants de dates  $t_1$  et  $t_2$  se calcule en divisant la distance parcourue  $d$  par la durée du parcours :

( $d$  en mètre (m) ;  $t_2 - t_1$  en seconde (s) et  $v_m$  en mètre par seconde ( $m.s^{-1}$ ))

Ainsi : "La vitesse moyenne d'un mobile est le quotient de la distance parcourue ( $d$ ) par la durée ( $t$ ) du déplacement dans le repère choisi."

**Exemple** : Si une voiture parcourt une distance de 200 mètres en 10 secondes, sa vitesse moyenne est 20 mètres par seconde. Et si elle parcourt 90 km en une heure (1 h), sa vitesse moyenne est 90 km par heure.

Remarque : le compteur d'une voiture indique la valeur de la vitesse à un instant donné : c'est la vitesse instantanée.

### 3.2.4. Importance du référentiel

Pour un même corps étudié, les trajectoires peuvent être différentes selon le référentiel choisi.

"La valeur de la vitesse d'un corps dépend du référentiel dans lequel elle est mesurée."

## 3.3. Observation du mouvement

### 3.3.1. Cinématique et dynamique, définition

"La Cinématique est la partie de la physique qui s'intéresse à la description du mouvement sans considérer les forces qui engendrent le mouvement."

A noter que "la dynamique est la partie de la physique qui s'intéresse aux causes du mouvement."

### 3.3.2. Repérage d'un mobile



Un mobile est en mouvement par rapport à un repère, lorsque la distance qui le sépare du repère varie en fonction du temps. Ainsi pour observer un mouvement, il faut déterminer les différentes positions du mobile dans le repère choisi au cours du temps. Donc on mesure la position du mobile à des dates régulières

## Ordre de grandeur de la vitesse

Tortue -----	0,4 km/h
Cheval au galop -----	70 km/h
Guépard -----	100 km/h
Frégate -----	200 km/h
Lumière -----	300.000 km/h
Terre autour du soleil -----	108.000 km/h
Piéton -----	1,5 m/s
Tempête -----	24 m/s
Ouragan -----	45 m/s
Son dans l'air -----	340 m/s

## EXERCICES D'APPLICATION

1. Paul et Sophie sont sur un tapis roulant qui avance de 0,8 m par seconde. Ils passent devant Emilie qui observe une gravure.
  - a) Paul est-il en mouvement par rapport à Sophie ? par rapport à Emilie ?
  - b) Emilie est-elle en mouvement par rapport à Paul ?
  - c) Par rapport à quel observateur la vitesse du tapis roulant est-elle donnée ?
  - d) Paul avance maintenant sur le tapis roulant dans le sens du déplacement du tapis en faisant un pas par seconde. Chacune de ses pas mesure 0,7 mètre.
    - i. Quelle est la vitesse de Paul par rapport à Sophie ? par rapport à Emilie ?
    - ii. Quelle serait la vitesse de Paul par rapport à Emilie s'il marchait dans le sens inverse du mouvement du tapis ?
2. Un marcheur progresse de 1,25 m toutes les secondes. Calculer sa vitesse moyenne en m/s et en km/h.
3. Une voiture roule à la vitesse de  $90 \text{ km.h}^{-1}$ . Dans quel référentiel cette vitesse est-elle mesurée ? Convertir cette valeur en  $\text{m.s}^{-1}$ . Calculer la distance parcourue en 10 secondes.
4. Un mobile parcourt 16 m après 25s, puis 34 m après 5s. Calculer sa vitesse moyenne.
5. Un avion parcourt, à vitesse constante, 14 km en une minute par rapport au référentiel terrestre. Calculer la vitesse de cet avion en  $\text{km.h}^{-1}$ , puis en  $\text{m.s}^{-1}$ . Calculer la distance qu'il parcourt en 20 secondes.
6. Le tableau ci-dessous donne les distances  $x$  mètres parcourues par un mobile en  $t$  secondes.
 

T	0	1	2	3	4	5	6
X	8	13	18	23	28	33	38

  - a) Placer dans un quadrillage les points correspondant aux couple  $(t, x)$
  - b) Dire si le mouvement est rectiligne uniforme et pourquoi ?
7. On fixe sur l'un des rayons d'une roue un petit réflecteur à 8 cm du centre de la roue. Elle tourne autour de son axe à une vitesse constante :  $V = 2 \text{ tours / seconde}$ .
  - 1) Quel mouvement décrit le réflecteur ?
  - 2) Calculer en  $\text{m.s}^{-1}$  la distance parcourue par le réflecteur quand il aura effectué 10 tours et la durée du parcours.

# NOTION DE FORCE 4

Dans ce chapitre, vous apprendrez à :

1. Analyser les paramètres pouvant modifier un mouvement.
  - Identifier les caractéristiques d'une force.
  - Représenter vectoriellement une force à l'aide de ses caractéristiques.
2. Exprimer le principe d'inertie au moins sous une forme simplifiée.
3. Appliquer les règles de composition des forces ou de décomposition d'une force.

## Activité 1

Anne dépose une feuille de papier sur sa table de classe. Carl, pour l'ennuyer, souffle énergiquement sur la feuille de papier.

1. Que se passe-t-il ?
2. Qu'est-ce qui fait bouger la feuille de papier ?

A cause de cela, Anne décide de déplacer sa table et sa chaise.

3. Qu'est-ce qui lui permet de les soulever ?

## Activité 2

Jules choisit de tenir un banc par l'une de ses extrémités pour la déplacer d'une position à une autre dans la classe.

1. Le banc se laisse-t-il facilement déplacer ? Pourquoi ?
2. Le banc se déplace suivant une ligne d'action, une direction. Laquelle ?
3. Dans quel sens le banc se déplace-t-il s'il était devant la porte et que Jules l'a tiré dans le sens opposé à la porte ?

## Activité 3

Christophe et Louis soulèvent et déplacent un banc en le tenant à chacune de ses extrémités.

1. Comment sont les directions des forces exercées par chacun d'eux ?

En déposant le banc, Alphonse tout seul le soulève et le déplace comme Christophe et Louis avaient fait.

2. Que représente la force d'Alphonse par rapport aux forces de Christophe et Louis ?
3. Établir une relation mathématique simple entre les intensités de ces 3 forces.

## Activité 4

André et Bonhomme utilisent une barre rigide en bois pour transporter un récipient muni d'une anse et rempli d'eau.

1. Comment font-ils ?
2. André étant plus corpulent que Bonhomme, le point d'application de l'anse sera-t-il plus près d'André ou de Bonhomme ? Expliquer votre réponse.
3. Comment sont les directions et le sens des forces exercées par les deux garçons ?
4. Comment sont les directions et les sens du poids du récipient par rapport aux directions et aux sens des forces des deux garçons ?
5. Que représente alors le poids par rapport aux forces de ces deux garçons ?
6. Écrire une relation mathématique simple entre les intensités des trois forces  $P$ ,  $F_A$  et  $F_B$ .
7. Et si Paul avait choisi de transporter seul le récipient d'eau, comment seraient la direction, le sens et l'intensité de la force exercée par Paul par rapport au poids du récipient ?



8. Comment seraient la direction, le sens et l'intensité de la force exercée par Paul par rapport aux forces et des deux garçons ?
9. Que représenterait alors la force de Paul pour les forces et des deux garçons ?
10. Écrire une relation mathématique simple entre les intensités des forces  $F_P$ ,  $F_A$  et  $F_B$ .

La barre en bois craque et a tendance à se casser. Alors André et Bonhomme décident de transporter le récipient d'eau en tenant la lance avec une main chacun.

1) Comment sont dans ce cas les directions des forces et des deux garçons ?

## 4. Force

### 4.1. Définition

Une force est une action capable de déformer un corps ou de modifier son mouvement.

Pour enfoncer un clou, tirer un chariot, écraser une boîte en fer blanc, on exerce des forces. Lorsqu'on lâche un objet il tombe ; il est attiré par la Terre. Cette force à distance exercée par la Terre sur cet objet est le poids de l'objet.

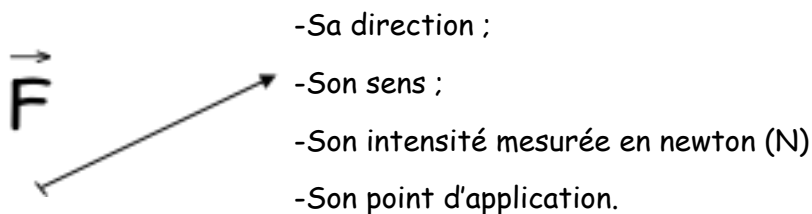
De même, un aimant peut attirer un morceau de fer, un autre aimant ou le repousser.



Ainsi, une force peut être une action de contact ou une action à distance.

### 4.2. Éléments d'une force

Une force est caractérisée par :



On mesure l'intensité d'une force à l'aide d'un appareil appelé "**Dynamomètre**".

"Un dynamomètre est un ressort dont les déformations sont proportionnelles aux forces qui les produisent."

#### Remarque

- Une force ne peut être vue ou touchée ; on peut connaître son existence par ses effets.
- La Lune exerce sur tous les corps une force d'attraction comparable à la pesanteur terrestre. Le poids d'un objet sur la Lune est environ six fois moindre que sur la Terre.

### 4.3. Équilibre d'un corps

Un corps est en équilibre lorsque la somme (**résultante**) des forces agissant sur lui est nulle.

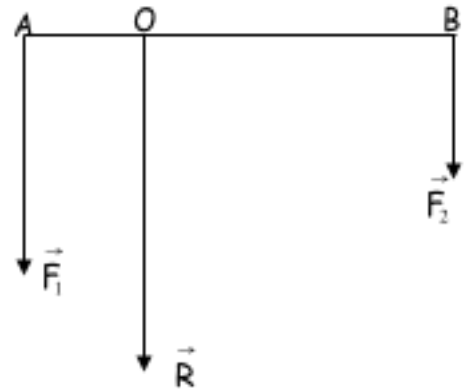
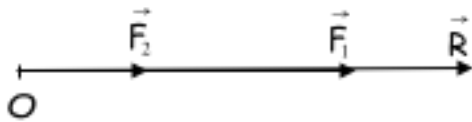
#### 4.3.1. Forces parallèles

Des forces sont parallèles quand leurs lignes d'action sont parallèles.

**-Résultante de forces parallèles de même sens.**

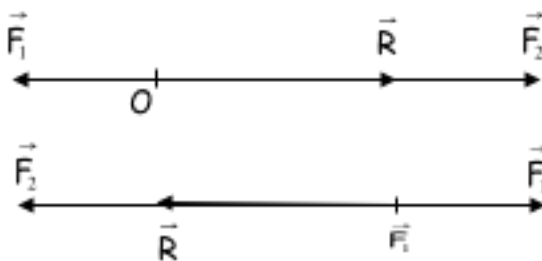
La résultante de forces parallèles de même sens est de même direction et de même sens que ces forces. Son intensité est égale à la somme des intensités de forces.

$$\begin{cases} R = F_1 + F_2 \\ F_1 \times OA = F_2 \times OB \end{cases}$$

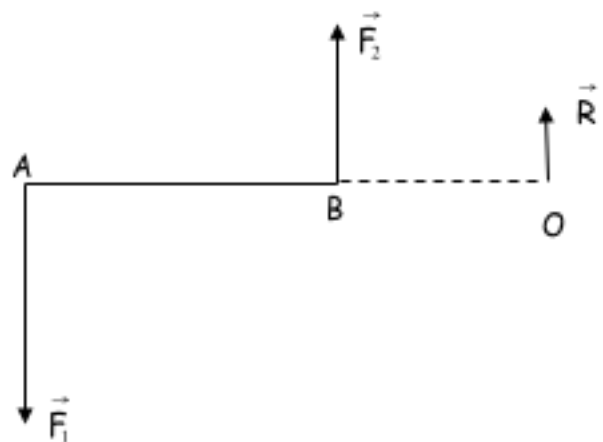


**• Résultante de forces parallèles de sens contraires.**

La résultante de deux forces parallèles de sens contraires est de même direction que ces forces, mais suit le sens de la force de plus grande intensité. Son intensité est égale à la différence des intensités de forces.



$$\begin{cases} R = F_1 - F_2 \\ F_1 \times OA = F_2 \times OB \end{cases}$$



**4.3.2. Forces concourantes**

Les forces sont concourantes quand leurs lignes d'action (directions) sont sécantes.

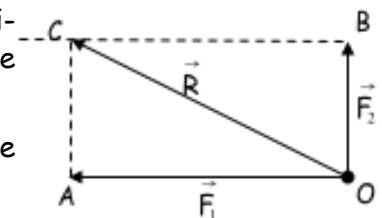
**• Résultante de deux forces concourantes.**

Deux forces concourantes quelconques admettent une résultante représentée en direction, sens et grandeur par la diagonale du parallélogramme construit sur les vecteurs représentant les deux forces. Quand trois forces s'équilibrent, chacune d'elles est opposée à la somme des deux autres.

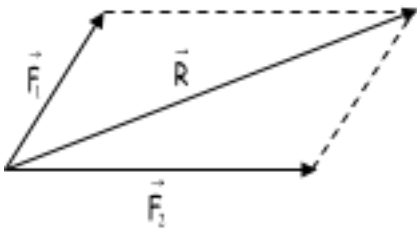
**• Résultante de forces concourantes de directions perpendiculaires.**

L'intensité de la résultante de deux forces concourantes de directions perpendiculaires se calcule en appliquant le théorème de Pythagore.

Dans la figure ci-contre, le triangle rectangle OAC permet d'écrire :  $OC^2 = OA^2 + AC^2$  ; ce qui entraîne :  $R^2 = F_1^2 + F_2^2$



- Résultante de forces concourantes de directions quelconques.



L'intensité de la résultante de deux forces concourantes de directions quelconques se détermine soit de façon graphique comme le montre la figure ci-contre, soit par le calcul en appliquant la formule trigonométrique

## 5.4 Addition vectorielle

Les forces sont des grandeurs vectorielles et lorsqu'un corps est soumis à l'action de plusieurs forces, la résultante de ces forces respectent le principe de l'addition vectorielle qui s'écrit:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

A noter que  $F_1$ ,  $F_2$  et  $R$  sont les intensités respectives de , et .

## EXERCICES D'APPLICATION

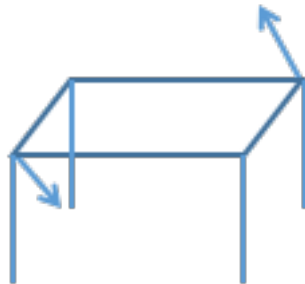
1. Un objet est immobile sur une table. Peut-on dire qu'il n'est soumis à aucune force ? Pourquoi ? Le ressort d'un dynamomètre s'allonge de 5 mm lorsqu'il est soumis à une force de 2 N. De combien s'allonge-t-il si on le soumet à l'action d'une force de 20 N ?
2. Quelle doit être la longueur du segment fléché représentant une force de 40 N si l'on choisit l'échelle suivante : 2,5 cm pour 8 N ?
3. Une force de 18 N est représentée par un segment fléché de 540 mm. Quelle est l'échelle choisie ? Par un segment fléché de quelle longueur doit-on représenter sur le même dessin une force de 12 N ?
4. Une pierre pèse 100 N sur la lune. Quelle est sa masse ? Quel serait son poids sur la terre ?
5. La masse d'un objet  $O$  est le triple de la masse d'un objet  $O'$ . Quel rapport existe-t-il entre le poids de l'objet  $O$  et celui de  $O'$  en un même lieu de la terre ? De la lune ?
6. Choisissez la bonne réponse :
  - a) La direction du poids est verticale / horizontale.
  - b) Le sens du poids est vers le bas / vers le haut.
  - c) Le poids d'un objet se mesure avec une balance/ un dynamomètre.
  - d) Le poids s'exprime en kg / en N.
7. Vrai ou faux ?
  - a) L'interaction gravitationnelle s'exerce entre deux astres.
  - b) Le poids d'un objet est la force qu'exerce la terre sur l'objet.
  - c) Le Poids d'un objet est invariant.
  - d) La masse d'un objet est invariante.
8. Deux enfants tirent sur une corde à chaque extrémité. Expliquez les divers cas qu'on peut observer

9. Marie exerce à l'extrémité d'une corde une force de 50 N, tandis que Jeanne exerce à l'autre extrémité une force de 46 N en sens contraires. Donner la direction, le sens et l'intensité de la résultante de ces deux forces.
10. Déterminer graphiquement la somme de 2 forces concourantes  $F_1$  et  $F_2$  d'intensités respectives 80 N et 60 N, telle que  $(F_1, F_2) = 60^\circ$ .
11. Déterminer graphiquement et par le calcul, la résultante de deux forces concourantes orthogonales  $F_1$  et  $F_2$  d'intensités respectives 30 N et 40 N.
12. Déterminer graphiquement et par le calcul la résultante de 3 forces concourantes  $F_1$ ,  $F_2$  et  $F_3$ , d'intensités respectives 12 N, 8 N, 3 N, telles que :  $(F_1, F_2) = 180^\circ$  et  $(F_2, F_3) = 90^\circ$
13. Déterminer graphiquement et par le calcul, la somme de 3 forces concourantes  $F_1$ ,  $F_2$  et  $F_3$ , d'intensité commune 20N. Telle que :  $(F_1, F_2) = 120^\circ$  et  $(F_2, F_3) = 120^\circ$ .
14. Une barre rigide de 180 cm supporte à son extrémité A une charge de 150 N et à son extrémité B une charge de 210 N. Quel effort faut-il faire pour soulever la barre et en quel point faut-il la saisir pour qu'elle reste horizontale ?
15. Déterminer la résultante de deux forces parallèles et de sens contraires d'intensités  $F_1 = 250$  N,  $F_2 = 300$  N appliquées en deux points A et B distances de 22 cm.
16. Une barre rigide de poids négligeable à 2 m de long. On la suspend à 50 cm de l'une des extrémités et on accroche un poids de 20 N à cette extrémité. Quel poids faut-il placer à l'autre extrémité pour réaliser l'équilibre horizontale de l'ensemble.

# MOMENT D'UNE FORCE ET MOMENT D'UN COUPLE DE FORCE 5

Dans ce chapitre, vous apprendrez à

1. Mettre en évidence la notion de moment d'une force par rapport à un axe ou d'un couple de forces.
2. Comprendre la notion de couple de forces.



## Activité 1

Deux enfants jouent avec une petite table en y exerçant doucement deux forces comme le montre la figure ci-contre.

- 1) Comment sont les directions, les intensités et les sens des deux forces et
- 2) Que forment alors ces forces ?
- 3) En exerçant ces forces et sur la table, qu'arrivent-t-il alors à cette table ?

## Activité 2

Julie a un médicament à prendre. C'est un sirop dans une petite bouteille. Pour en boire, elle ouvre le bouchon de la bouteille avec deux doigts.

- 1) Combien de forces a-t-elle exercées dans ce cas ?
- 2) Que forment alors ces forces ?
- 3) En exerçant ces forces, qu'arrive-t-il au bouchon ?

## Activité 3

Albert se trouve en voiture avec son père qui vient de passer le prendre à l'école. En roulant, un pneu de la voiture s'est crevé. Alors, Albert observe attentivement son père changer le pneu en utilisant une clef L pour enlever les écrous.

- 1) Combien de force le père d'Albert exerce-t-il sur la clef en L ?
- 2) Qu'arrive-t-il aux écrous lorsque le père exerce une force sur la manche de la clef L ?
- 3) Comment s'appelle ce phénomène physique qui provoque cette réaction des écrous ?
- 4) Comment sont la direction de la force exercée et la direction de la manche de la clef en

L ?

Que représente alors le produit de l'intensité de la force et de la longueur AB de la manche de la clef ? Quand on exerce une force sur un corps, deux cas peuvent se présenter.

- 1) Le corps peut se mettre en mouvement.
- 2) Le corps peut rester immobile.

**5. Moment d'une force**

Si on veut enlever un écrou d'une roue de voiture, on utilise une clé. Il est d'autant plus facile d'enlever l'écrou que le manche de la clé est plus long, c'est-à-dire tant que le manche est long, tant la force nécessaire pour faire tourner l'écrou est petite.

Réalisons une petite expérience à l'aide de deux clés de longueurs différentes. Essayons d'enlever un écrou d'une roue de voiture. On remarque que si le manche de la clé est assez long, un adolescent peut faire tourner l'écrou, tandis que s'il n'est pas assez long, il nous faut un adulte pour faire tourner l'écrou.

Si l'on note :

$F_s$  : Force exercée par l'adulte sur la clé

$d_s$  : Longueur de la clé utilisée par le sportif.

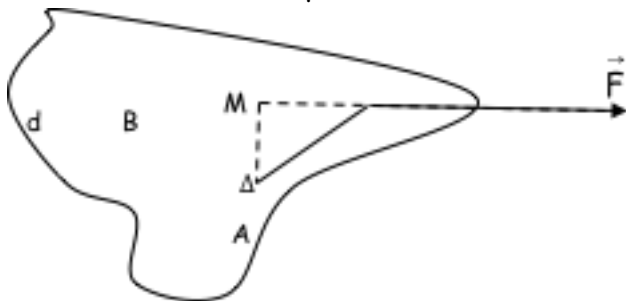
$F_A$  : Force exercée par l'adolescent sur la clé

$d_A$  : Longueur de la clé utilisée par l'adolescent.

On peut écrire :  $d_s.F_s = d_A.F_A$

**5.1 Définition**

Considérons un solide pouvant tourner autour d'un axe  $\Delta$  passant par un point A. En un point B de ce solide est appliquée une force  $\vec{F}$ . Soit d la distance de la ligne d'action de la force à l'axe  $\Delta$ .



Le moment de la force par rapport à  $\Delta$  est la grandeur notée M telle que :

Dans le système international, le moment d'une force s'exprime en Newton.mètre (N.m).

F : Intensité de la force agissante ;

d : distance de la ligne d'action de la force à l'axe  $\Delta$  passant par un point A ou bras de levier de la force.

**Exercice :**

Un homme veut enlever un écrou d'une roue d'un camion. Il utilise une clé de longueur de 1,5 m. S'il peut exercer une force maximale de 80 N, calcule l'intensité du moment exercé sur l'écrou.

Solution

Calculons l'intensité du moment.

$M = F \times d$  permet d'écrire  $M = 80 \times 1,5$  puis  $M = 120 \text{ N.m}$

Le moment maximum que l'homme peut exercer sur l'écrou est de 120 N.m

⚠ Attention : une énergie s'exprime aussi dans le SI en N.m ou joule. Mais les deux grandeurs

ne sont pas de même nature. L'énergie est une grandeur scalaire tandis que le moment est une grandeur vectorielle.

Pour un segment  $AM$  et une force donnée, le moment est maximum quand  $(AM) \perp$  et  $F \perp$  sont perpendiculaires et nul s'ils sont colinéaires.



**Exercice**

À l'extrémité d'une règle de 2 mètres on a appliqué une force de 9N qui fait un angle de  $90^\circ$  avec la règle. Calculer le moment de la force par rapport à l'extrémité de la règle. Si la force fait avec la règle un angle plat, calculer le moment. Calculer le moment si la règle et la force forment un angle de  $30^\circ$ .

**Solution**

Calculons le moment de la force.

$M = F \times d$  permet d'écrire  $M = 9 \times 2$  puis  $M = 18 \text{ N.m}$

**Le moment de la force par rapport à l'extrémité de la règle est de 18 N.m.**

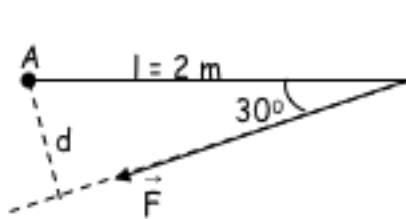
Calculons le moment de la force si la force et la règle forme un angle plat



Dans ce cas :  $M = F \cdot d$  et  $M = 0$ . Le moment est nul car  $F \parallel$  et  $(AM) \parallel$  sont colinéaires.

Calculons le moment de la force si la force et la forme un angle de  $30^\circ$

$M = F \cdot d$



D'après la figure ci-contre, le bras de levier de la force est :  $d = l \times \sin \alpha$ .

Ainsi :  $d = 2 \times \sin 30^\circ$  et  $d = 1 \text{ m}$ .

D'où  $M = 9 \times 1$ . Ce qui donne :  $M = 9 \text{ N.m}$ .

**Le moment exercé par la force est alors de 9 N.m.**

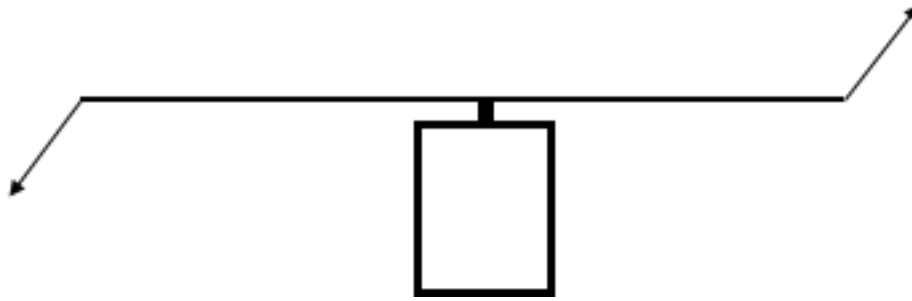
**En conclusion :**

« Le moment d'une force par rapport à un point A est le produit de la force par la distance qui sépare le point A à la ligne d'action de la force. »

« Le moment s'exprime dans le SI en Newton.mètre (N.m). »



5.2. Moment d'un couple de forces



Moulin de canne- à -sucre, artisanal



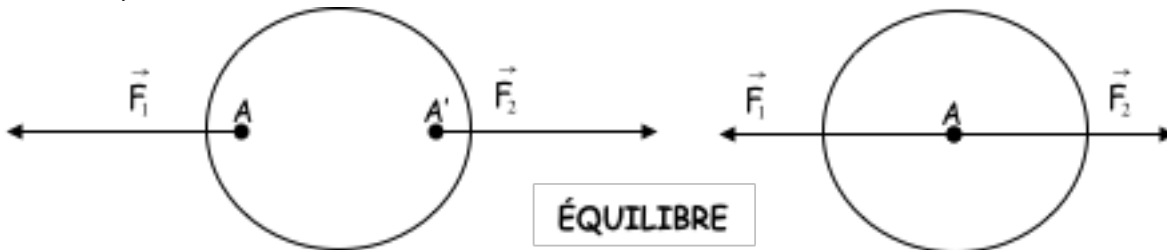
Clé de condensation



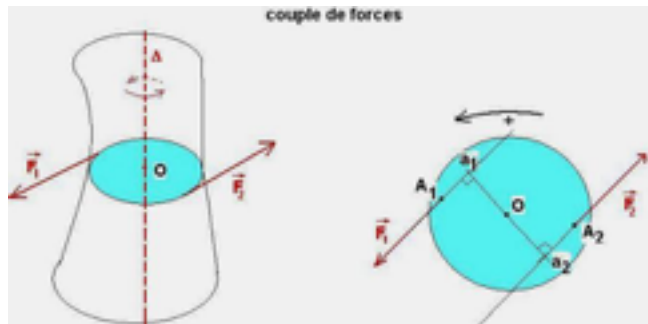
Pédale d'une bicyclette

Lorsqu'on compose deux forces parallèles et de sens contraires, il peut arriver que les deux forces aient même intensité et deux cas peuvent se présenter.

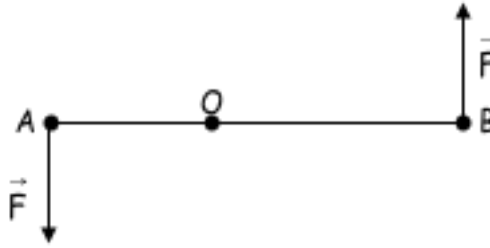
• Si leurs lignes d'action sont confondues, ces deux forces se font équilibrer (figure ci-dessous).



• Si elles ne sont pas appliquées au même point elles forment un couple de forces et produisent un effet de rotation (figure ci-dessous).



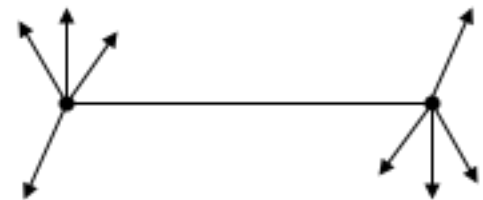
Alors, un couple de forces est formé de deux forces parallèles de même intensité et de sens contraires appliquées à un même solide.



Ce n'est pas dans tous les cas, qu'on trouve la présence de deux forces parallèles et opposées. La situation peut se présenter sous la forme d'un système complexe de forces, où il peut être difficile d'identifier les forces. Mais ce système complexe peut être résumé à un système de deux forces parallèles et de sens contraires.



bouton de porte

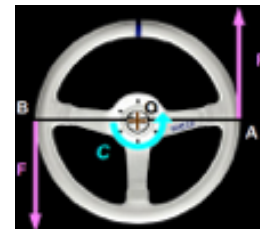


## ROTATION

Tournevis



Volant



Un corps mobile autour de son axe soumis à un couple de forces tourne sur lui-même.

Un couple de forces provoque un mouvement de rotation. Toutefois on peut faire tourner un corps ayant un axe fixe en lui appliquant qu'une seule force, mais en réalité il faut tenir compte de la réaction de l'axe.

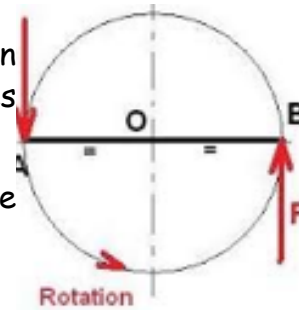
On peut utiliser une seule main pour faire tourner le volant d'une voiture. La rotation est bien due à un couple de force.

5.2.1. Définition

Soient deux forces  $F_1$  et  $F_2$  formant un couple appliquées à un corps mobile autour de son axe perpendiculaire au plan de ces forces.

On appelle moment d'un couple, le produit de l'intensité commune des deux forces par la distance de leurs droites d'actions

$$M = F \times d$$



Soit la relation :

Etablissons cette relation.

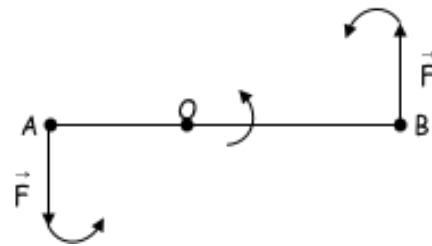
• Supposons que le point O de l'axe soit situé entre les lignes d'action des forces. Ces forces tendent toutes deux à faire tourner le corps dans le même sens et leurs moments s'ajoutent.

$$M = F.OA + F.OB \text{ puisque } F_1 = F_2 = F \text{ (couple de forces).}$$

$$M = F.OA + F.OB$$

$$M = F (OA + OB)$$

$$M = F.AB$$



Posons  $d = AB$ , alors :  $M = F.d$ . Ainsi :

$$M = F \times d$$

• Supposons que le point O de l'axe ne se trouve pas entre les lignes d'action des forces, mais du côté de  $F_2$ .

Les deux forces tendent à faire tourner le corps en sens contraires et leurs moments se retranchent. le moment de  $F_1$  est le plus grand, on a :

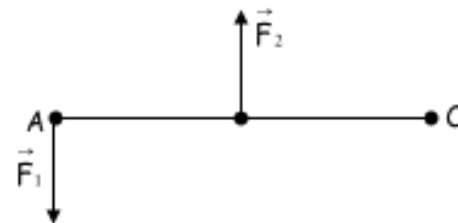
$$M = F_1.OA - F_2.OB \text{ donne } M = F.OA - F.OB$$

$$\text{Puis } M = F (OA - OB) \text{ et } M = F.AB$$

Comme on prend  $AB = d$ , alors

$$M = F.d$$

Ainsi donc, quelque soit le point autour duquel tourne le corps mobile, la somme des moments des deux forces formant un couple a la même valeur. C'est cette valeur qu'on appelle moment du couple de forces.



1. Aux extrémités d'une barre rigide de 3 mètres de long on a appliqué deux forces parallèles de sens contraires de même intensité de 15 N. Trouver le moment de ce couple de forces.

Solution

Trouvons le moment de ce couple de forces.  $M = 15 \times 3$  donne  $M = 45 \text{ N.m}$

**Le moment de ce couple de forces est de 45 N.m**

2. Une planche droite AMB est assimilable à une barre rigide. Sa masse est négligeable, sa longueur est 2,75 mètres. On exerce à une extrémité de cette planche une force de 9,25 N. Si la force forme un angle de  $90^\circ$  avec la planche.
  - Calculer le moment de cette force par rapport à l'autre extrémité de la planche.
  - Calculer le moment de la force dans les conditions suivantes :
    - a) la planche et la force forment un angle de  $150^\circ$ .
    - b) La planche et la force forment un angle de  $45^\circ$ .
    - c) La planche et la force forment un angle de  $60^\circ$ .
  - Que remarquez-vous ?
3. Vous voulez ouvrir une bouteille de champagne, une bouteille de Rhum Barbancourt, une bouteille de vin fermée à l'aide d'un bouchon de liège.
  - 1) comment allez-vous procéder dans chaque cas ?
  - 2) A quel concept physique allez-vous faire appel ?
4. Vous voulez dévisser une vis d'une radio dont le moment nécessaire est de 5 N.m. Si le diamètre supérieur du tournevis est de 10 mm. Quelle sera la valeur du couple de forces nécessaires ? Si on veut diminuer la force nécessaire de moitié, qu'est ce qu'on doit faire ? Quelle sera la valeur du diamètre du tournevis ?

# MACHINES SIMPLES 6

Dans ce chapitre vous apprendrez à :

- 1) Expliquer les avantages de l'utilisation des machines simples.
  - Identifier les machines simples.
  - Préciser pourquoi utilise-t-on chaque type de machines simples.
- 2) Expliquer les principes de fonctionnement des machines simples.
  - Comparer les forces motrices et les forces résistantes, puis le travail moteur et le travail résistant lors de l'utilisation des machines simples.

## **Activité 1**

Haldan veut transporter ensemble trois récipients contenant chacun 5 gallons d'eau.

1. Peut-il faire ça à l'aide de ses bras ? Si non, quelle machine simple doit-il- utiliser ?
2. Où se trouve le point d'appui de cette machine simple ?

## **Activité 2**

Nayimar veut découper un tissu assez dur.

1. Peut-elle utiliser ses mains ou ses dents ? Si oui, que va -t-il arriver alors au tissu ?
2. Où se trouve le point d'appui ?

## **Activité 3**

Le père d'Aliette est un mécanicien. Dans son atelier de travail, il veut soulever le moteur d'un véhicule.

1. Peut-il faire ça avec les bras? Si non, quelle machine simple doit-il utiliser ?

## **Activité 4**

Dans la construction d'un dispensaire, l'administrateur demande au maçon de faire quelque chose pour faciliter la rentrée et la sortie des malades sur des chaises roulantes.

1. Quelle machine simple les ouvriers vont-ils construire alors ?
2. Quelle machine simple facilitera aussi la montée de l'eau d'un puits ?

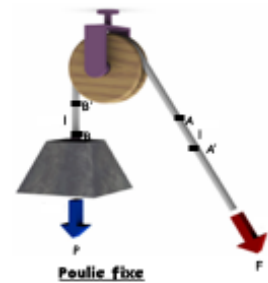
## 6. Machines simples, Définition

Ce sont des appareils qui permettent, à partir d'une force donnée, d'obtenir une force différente en intensité ou en direction. Les machines simples les plus utilisées que nous allons étudier sont la poulie, le levier, le treuil et le plan.

### 6.1. Etude des Poulies

#### 6.1.1. Poulie fixe

La poulie fixe est un disque de bois ou de métal mobile autour de son axe, sur la circonférence est ménagé un sillon ou gorge, dans lequel passe une corde. Sa chape est solidement attaché à un support.

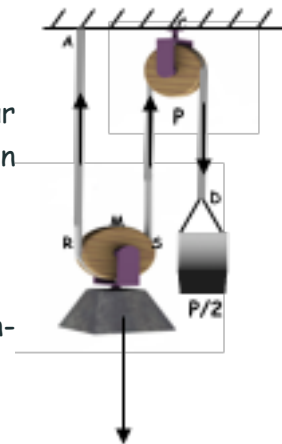


#### 6.1.2. Travail moteur et travail résistant

Un corps de poids  $P$ , étant suspendu en  $B$ . Exerçons en  $A$  une force  $F$ , légèrement supérieure à  $P$ . Le point  $A$  se déplace d'une longueur  $AA' = l$ . Le travail de la force  $F$  est moteur ; il a pour mesure  $W_m = F \times l$ . Le corps de poids  $P$  se soulève alors très lentement pour un même déplacement  $BB' = l$ . Le poids  $P$  effectue un travail résistant  $W_r = P \times l$ .

#### 6.1.3. Conservation du travail dans la poulie fixe

Comme la force  $F$  et le poids  $P$  ont même intensité et qu'ils se déplacent sur une même longueur  $l$ , il s'ensuit que  $W_m = W_r$ . On dit qu'il y a conservation du travail dans la poulie fixe



#### 6.1.4. Poulie mobile

On appelle poulie mobile une poulie dont la chape est libre ; elle peut monter ou descendre.

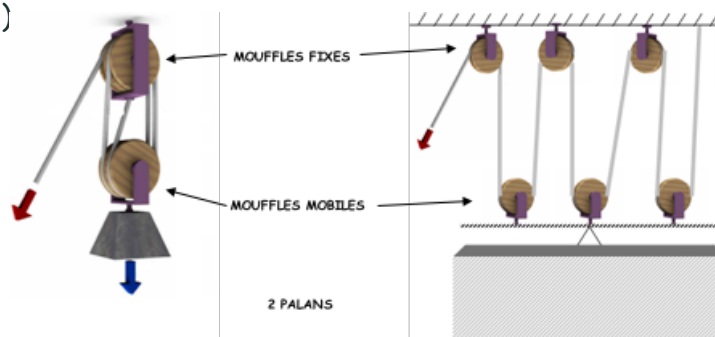
#### 6.1.5. Fonctionnement

Une corde est attachée en  $A$  à un support fixe. Elle passe dans la gorge de la poulie mobile  $M$ , et est tirée soit directement, soit par l'intermédiaire d'une poulie fixe  $P$ . La charge à soulever est attachée à la chape de la poulie mobile. On vérifie expérimentalement qu'un poids  $P$  appliqué en  $M$  est équilibré par un poids appliqué en  $D$

#### 6.1.6. Mouffles et Palans

La moufle est un ensemble de poulies fixes ou mobiles reliées par une même chape et montées sur un même axe ou sur des axes parallèles. Un système de mouffles, l'une fixe et l'autre mobile, constitue un palan.

D'une manière générale, si  $P$  est le poids la charge accrochée au moufle mobile, le palan est en équilibre lorsque la force  $F$  exercée sur le brin libre de la corde a pour valeur  $F = P/N$  ou  $N$  est le nombre de poulies (fixes et mobiles)



Formules relatives aux poulies

Soient les grandeurs suivantes :

N : le nombre de poulie ;

P : le poids total accroché à la poulie ;

l : longueur minimale de la corde à tirer ;

H : la distance verticale du point de départ ;

N : nombre de tours faits par la poulie pour la montée du fardeau ;

C : la circonférence de la poulie ;

d : le diamètre de la poulie.

De ces grandeurs, on tire les formules suivantes :

### 6.1.7. Rendement d'une machine simple

Dans toute machine mécanique, on ne peut rendre compte de son efficacité qu'à partir du travail qu'elle peut fournir ou de son rendement. Or aucune machine n'est parfaitement efficace compte tenu des frottements auxquels elle est sujette quand elle est mal graissée ou usée. Ainsi, le travail moteur est toujours ou presque supérieur au travail résistant. Donc le rendement d'une telle machine est toujours inférieure à l'unité puisque par définition le rendement d'une machine est le rapport du travail résistant accompli au travail moteur fourni.

$$R = W_r / W_m < 1$$

## EXERCICES RESOLUS

1) On suspend un poids  $P = 450 \text{ N}$  à l'une des extrémités de la corde d'une poulie fixe. Quel poids faut-il appliquer à l'autre extrémité pour maintenir l'équilibre ? A quelle traction l'axe de la poulie est-il soumis ?

### Résolution

Pour maintenir l'équilibre, il faut appliquer à l'extrémité libre de la corde un poids  $P'$  égal au poids  $P$ , soit :  $P' = 450 \text{ N}$ .

L'axe de la poulie est soumis à une traction  $F$  égal à la somme de  $P$  et  $P'$  soit :

$$F = P + P' = 450 + 450 ; \text{ Ce qui donne } F = 900 \text{ N.}$$

2) L'intensité de la résultante de deux poids accrochés chacun à une extrémité de la corde d'une poulie fixe est  $1250 \text{ N}$ . a) L'équilibre étant maintenu, calculer le poids de chacun des corps. b) Quelle force exerce le crochet auquel est attaché la chape de la poulie ? c) Déterminer le sens et la direction de la force ?

### Résolution

1) Chacun de ces deux corps possède un poids.  $P_1 = P/2 \Rightarrow P_1 = 625 \text{ N}$

2) Le crochet sur lequel est attaché la chape de la poulie exerce une force  $F = 1250 \text{ N}$ .

3) a. sens : de bas en haut ; b. Direction : verticale.

3) A l'une des extrémités de la corde d'une poulie fixe est accroché un corps pesant  $5500 \text{ N}$ . Les forces de frottement sont de  $300 \text{ N}$ . Quelle force doit-on exercer à l'autre extrémité du câble pour maintenir l'équilibre. On veut déplacer le corps vers le haut sur une distance de  $20 \text{ m}$ . Combien de tours environ que pourra faire la poulie en admettant que son diamètre est de  $6 \text{ cm}$  ? Calculer le rendement de cette poulie.



## Résolution

A l'autre extrémité du câble on exerce une force :  $F = 5500 + 300 = 5800 \text{ N}$ .

Circonférence de la poulie :  $C = 3,14 \times d = 3,14 \times 6 = 18,84 \text{ cm}$  ou  $0,1884 \text{ m}$

Nombre de tours que pourra faire la poulie :  $n = 1/C = 20 / 0,1884 \Rightarrow n = 106 \text{ tours}$

Le travail moteur accompli :  $W_m = F \times d = 5800 \times 20$  ; D'où :  $W_m = 118000 \text{ J}$

Le travail résistant est :  $W_r = P \times h = 5500 \times 20$  ; D'où :  $W_r = 110000 \text{ J}$

Le rendement de la poulie est :  $R = W_m / W_r = 110000 / 118000 \Rightarrow R = 0,95$  ou  $95\%$

## 6.2. Etude des Leviers

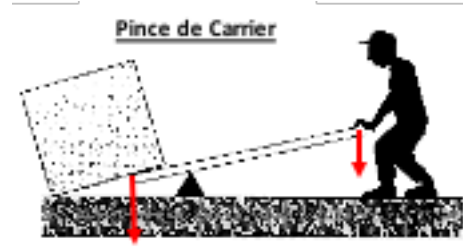
### Définition

Un levier est une barre rigide, mobile sur un support fixe qu'on appelle « point d'appui ».

Il y a différents types de leviers

### 6.2.1. Levier du 1er genre

Le point d'appui  $O$  est situé entre le point d'application  $A$  de la force motrice et le point d'application  $B$  de la résistance. A ce type on trouve le levier ordinaire, la pince à glace, les ciseaux et les tenailles.

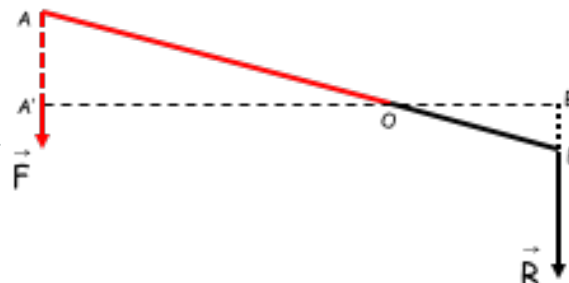


### Condition d'équilibre

L'équation d'équilibre des leviers s'écrit :

$F \times OA = R \times OB$  l'équation de la barre pour le levier du premier genre est :  $AB = OA + OB$

"Dans l'utilisation du levier du premier genre, on gagne en force et on perd en déplacement."



### 6.2.2. Levier du second genre

Dans ce genre de levier, le point d'application  $B$  de la résistance  $R$  est situé entre le point d'appui  $O$  et le point d'application  $A$  de la force motrice. C'est pourquoi on l'appelle levier inter-résistant. Ex. : la brouette, le couteau du boulanger, le tournevis.



### Condition d'équilibre

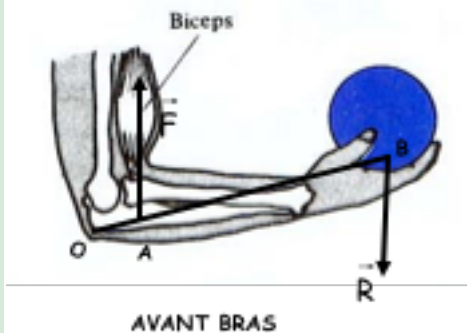
L'équation d'équilibre des leviers s'écrit :

$F \times OA = R \times OB$

L'équation de la barre pour le levier du deuxième genre est :  $OA = AB + OB$

"Dans l'utilisation du levier du deuxième genre, on gagne en force et on perd en déplacement."

### 6.2.3. Levier du 3<sup>e</sup> genre



On les désigne également sous le nom de levier inter moteur. Le point d'application A de la force motrice F est entre le point d'appui O et le point d'application B de la résistance R. Ex : Pédale de rouet, l'avant-bras

#### Condition d'équilibre

L'équation d'équilibre des leviers s'écrit :  $F \times OA = R \times OB$

L'équation de la barre pour le levier du premier genre est :  $OB = OA + AB$

**"Dans l'utilisation du levier du troisième genre, on perd en force et on gagne en déplacement."**

### EXERCICES D'APPLICATION

1. La charge d'une brouette est de 80 kg, elle s'exerce à 30 cm de l'axe de la roue. Le longeron de la brouette mesure 1,20 m. Quel effort doit-on accomplir pour soulever la brouette par ses poignées ? Avec quelle force soulève-t-on chacun des poignets ?

Rép : 200 N, 100 N

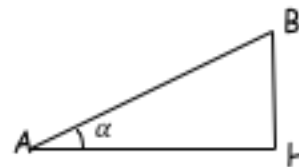
2. Un levier AB est constitué par une barre de 0,80 m de longueur mobile autour de l'une de ses extrémités B. Cette barre s'appuie contre un obstacle situé à 15 cm de l'extrémité fixe sur ce qui maintient la barre horizontale. Quelle sera la force exercée sur cet obstacle par un poids de 200 N suspendu à l'autre extrémité A du levier ? Quel est l'effort supporté par le point fixe B ?

Rép : 1066 N, 866 N

### 6.3. Etude du Plan incliné

#### Définition

Un plan incliné est une surface plane inclinée d'un certain angle sur le plan horizontal.



#### 6.3.1. Pente d'un plan incliné

Le rapport entre l'élévation de niveau BH et la distance AB à parcourir est appelée "Pente du plan incliné". Soit :  $\text{Pente} = \frac{BH}{AB} \Rightarrow \text{Pente} = \frac{h}{l}$  avec  $BH = h$  et  $AB = l$ .

Or dans le triangle rectangle AHB, l'angle d'inclinaison  $\alpha$  est opposé au côté BH.

D'où :  $\sin \alpha = \frac{BH}{AB} = \frac{h}{l}$  ; Ce qui permet de calculer aussi la pente par :  $\text{pente} = \sin \alpha$

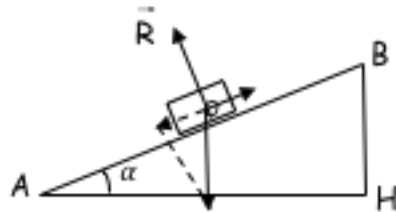
**Exemple** : Lorsqu'on se trouve sur une hauteur BH de 6 cm par rapport à une distance AB de 100m, la pente du plan est de 0,6 c'est-à-dire 6%.

## 6.3.2. Équilibre d'un corps sur un plan incliné

Considérons un petit chariot chargé de poids  $P$ , mobile d'un long d'un plan incliné poli de longueur  $l = AB$  ; il s'agit de déterminer quel poids  $P'$  il faudrait placer sur le plateau suspendu à la charge de la poulie pour maintenir l'équilibre.



### Représentation géométrique



**Conditions d'équilibre :** Les triangles ABH et OPxP étant semblables, les côtes homologues sont proportionnels c'est-à-dire  $\frac{OP}{BH} = \frac{OP}{AB}$  ou  $\frac{Px}{h} = \frac{P}{l} \Rightarrow P' \times l = P \times h$  avec  $P' = Px$

Ainsi :  $P_x = Px$  ou  $P_x = P \times \text{pente}$ . Or  $\text{pente} = \sin \alpha$ , alors  $P_x = P \times \sin \alpha$ .

Telle est la condition d'équilibre du plan incliné :  $F \times l = P \times h$ .

## EXERCICES RESOLUS

1. Pour charger un tonneau sur un wagonnet un ouvrier le fait rouler le long d'un plan incliné. Le tonneau pèse 2000 N et le plancher du wagonnet est à 1,05 m au-dessus du sol. Quelle longueur faut-il donner au plan incliné pour que l'ouvrier développe seulement une force de 300 N ? Quel travail l'ouvrier a-t-il accompli ?

### Résolution

Soit  $l$  la longueur du plan incliné, le principe de conservation du travail permet d'écrire:  $F \times l = P \times h \Rightarrow 300 \times l = 2000 \times 1,05$ , donc  $l = 7\text{m}$ .

Le travail accompli par l'ouvrier est :  $W = F \times l \Rightarrow W = 300 \times 7 = 2100\text{ J}$ .

2. Un journalier conduit une brouette de sable pesant 4500 N sur une rampe de 36 m de long et dont le niveau s'élève sur une hauteur de 9 m. calculer la pente de cette rampe et quelle force le journalier a-t-il déployé pour conduire cette brouette ?

### Résolution

La pente du plan incliné est :  $\text{Pente} = h / l = 9 / 36 \Rightarrow \text{Pente} = 0,25$  ou 25 %.

L'intensité de la force déployée par le journalier est :  $F \times l = P \times h$

$$F \times 36 = 4500 \times 9 \Rightarrow F = 1125\text{ N}$$

3. Pour charger un corps de poids  $P$  sur un camion, un ouvrier le fait rouler le long d'un plan incliné dont la pente est de 12 %. Sachant que la plate-forme du camion est à 60 cm du sol et que l'ouvrier déploie une force de 45 N, on demande de calculer : 1) la longueur du plan incliné ainsi que la longueur du plan horizontal, 2) le poids du corps.

### Résolution

La longueur du plan incliné est :  $\text{Pente} = h / l \Rightarrow 0,12 = 60 / l$ , donc  $l = 5\text{ m}$ .

La longueur du plan horizontal est :  $AH^2 = AB^2 - BH^2$ ,  $AH^2 = 5^2 - 0,6^2 \Rightarrow AH = 4,96\text{m}$

Le poids du corps est :  $P = F \times l / h \Rightarrow P = 45 \times 5 / 0,6 \Rightarrow P = 375\text{ N}$ .

1. Un ouvrier pour embarquer un tonneau rempli dans un camion, le fait rouler le long d'un plan incliné. Le tonneau pèse 2400 N et le plancher du camion est à 1,10 m du sol. Quelle longueur doit avoir le plan pour que l'ouvrier développe seulement une force de 40 N ? Quel travail a-t-il effectué ?

**Rép. : 6,6 m, 2940 J**

2. Un portefaix traîne une charrette de provisions sur une pente qui s'élève de 7,5%, en admettant que la longueur de cette pente est de 40 m et que le portefaix exerce une force de 630 N, l'on demande de : 1) calculer la hauteur de la pente 2) déterminer le poids des provisions si la charrette seule pèse 2500 N.

**Rép. : 3m, 5900 N**

3. On utilise un plan incliné pour tirer un fardeau roulant pesant 6250 N. La pente du plan incliné s'élève de 6 cm par mètre et que le plan a une longueur de 75 m. On demande : 1) l'élévation de niveau du plan incliné 2) la longueur du plan horizontal 3) la force nécessaire qu'il faut exercer pour rouler le fardeau ?

**Rép. : 45 m, 74,86 m, 375 N**

4. Un corps pesant est en équilibre le long d'un plan incliné dont les points extrêmes sont distants de 12 m. La hauteur du sommet du plan horizontal est de 5 m. Calculer le poids du corps lorsqu'on développe une force de 550 N pour maintenir l'équilibre. Montrer que le travail moteur est égal au travail résistant.

**Rép. : 1320 N,  $W_m = W_r = 6600 J$**

5. On désire déposer un bloc de métal pesant 5250 N sur la plate-forme d'un plan incliné de 20 m de long et 16 m de base. 1) Quelle hauteur doit-on donner à la pente du plan ? 2) Quelle force doit-on exercer pour maintenir le bloc en équilibre ? 3) Quel est le rendement du plan lorsque les frottements sont de l'ordre de 1350 N ?

**Rép. : 12 m, 3150 N, 70%**

6. On fait monter une charge de 800 N le long d'un plan incliné faisant un angle de 60 degré avec l'horizontal. 1) Calculer la force de poussée qu'il convient d'exercer 2) Le travail effectué contre la pesanteur pour un déplacement de 5 m le long du plan. Trouver la hauteur du plan et quelle en est la pente ?

**Rép. : 692,8 N, 3464 J, 4,32 m, 86,5 %**

## 6.4. Etude du Treuil

### 6.4.1. Définition

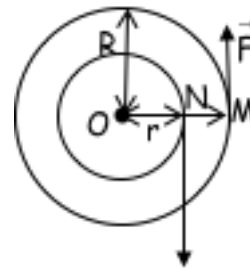
C'est un cylindre de rayon, mobile autour d'un axe  $OO'$  et autour duquel est enroulée une corde dont une extrémité lui est solidement attachée. A l'autre extrémité est sous-tendue la charge à soulever. Le cylindre est manœuvré à l'aide d'une manivelle de rayon  $R$ .

### 6.4.2. Equilibre dans un treuil

La condition d'équilibre dans un treuil est :

$$P \times ON = F \times OM \text{ ou } P \times r = F \times R. \text{ D'où } \Rightarrow F = P \times r / R.$$

La force  $F$  sera toujours inférieure au poids  $P$  à soulever.



## EXERCICES RESOLUS

1. La manivelle d'un treuil a 54 cm de rayon et l'axe 12 cm de diamètre. Un ouvrier fait 40 tours de manivelle par minute en soulevant un poids de 300 N. Quelle est la force exercée par l'ouvrier ? Quelle en est la puissance développée ? On suppose qu'il n'y a pas frottement.

### Résolution

Soit  $NN'$  le diamètre de l'axe du treuil et son rayon  $ON$ .

Ainsi :  $r = ON = NN' / 2$ . D'où  $r = 12/2 = 6 \text{ cm}$

Soit  $F$  la force exercée par l'ouvrier. Le principe de conservation de l'équilibre permet d'écrire :  $F \times R = P \times r$ , ce qui donne :  $54 \times F = 300 \times 6$ , puis  $F = 33,3 \text{ N}$ .

Pour un tour complet de la manivelle, le poids  $P$  monte de  $2\pi r$  :

$$2 \times 3,14 \times 6 = 37,7 \text{ cm ou } 0,377 \text{ m}$$

Le travail a pour mesure :  $W = F \times d = 300 \times 0,377 = 113 \text{ J}$

Pour 40 tours, il effectue un travail :  $W = 40 \times 113 = 4520 \text{ N}$

La puissance est :  $P = W/t = 4520/60$  ; Puis  $P = 79,3 \text{ J}$ .

2. Un treuil dont l'axe à 12 cm de diamètre et la manivelle 36 cm de rayon sert à un ouvrier pour soulever un poids de 1200 N à 8 m de hauteur. 1) Quelle est la force déployée par l'ouvrier ? 2) Quel travail a-t-il effectué ? 3) S'il met 5 s pour faire 2 tours, quelle puissance moyenne a-t-il fourni ?

### Résolution

1) Le rayon de la manivelle mesure 36 cm et celui de l'axe 6 cm le principe de la conservation de l'équilibre permet d'écrire  $F \times R = P \times r$  ;

Ce qui donne  $F \times 36 = 1200 \times 6$ . D'où :  $F = 200 \text{ N}$

2) Le travail accompli a pour mesure :  $W = P \times h = 1200 \times 8 = 9600 \text{ J}$ .

3) Pour un tour complet l'arbre se déplace de  $2\pi r$  :  $2 \times 3,14 \times 0,06 = 0,377 \text{ m}$

Pour une hauteur de 8 m, il a effectué un nombre de tours égal à :  $N = 8/0,377 = 22 \text{ tours}$

La durée des 22 tours est :

2 tours ..... 5s

22 tours ..... X ; Alors :  $X = 55 \text{ secondes}$

La Puissance moyenne fournie :  $P = W / t = 9600 / 55$  ; ce qui donne  $P = 174,5 \text{ watts}$ .

## EXERCICES D'APPLICATION

1. Dans un treuil, la manivelle a 60 cm de rayon et l'axe 12 cm de diamètre. L'ouvrier dépense une puissance de  $1/12$  de cheval-vapeur pour soulever un poids de 250 N. Sachant que le rendement du treuil est de 60%. On demande 1) Combien l'ouvrier fera de tours du cylindre par minute et quelle force exercera-t-il à l'extrémité de la manivelle ?

**Rép. : N=24 tours, 41,7 N**

2. Sachant que la puissance moyenne du manœuvre qui actionne un treuil simple est 0,153 ch.v et que le rendement du treuil est 0,9. On demande a) La hauteur dont s'élève la charge par minute, quand cette charge pèse 900 N. b) La vitesse de rotation, en tours par minute, du cylindre du treuil dont le rayon est de 5 cm. c) L'intensité F de la force qu'exerce le manœuvre perpendiculairement à la manivelle de longueur 30 cm.

**Rép. 6,75 m ; 21,5 tours/minute ; 166,7 N.**

3. On désire placer sur un socle de 1,5 m de hauteur une masse de fer pesant 2400 N. On dispose à cet effet, un treuil placé au sommet d'un plan incliné mesurant 12m de longueur : le rayon du cylindre est 0,15 m et celui de la manivelle 0,30 m. 1) Quel effort faut-il exercer perpendiculairement à l'extrémité de la manivelle pour déplacer la masse de fer ? 2) Quel est le travail total accompli ? 3) Calculer la puissance développée s'il a fallu 1mn 30s pour faire le travail ?

**Rép : 150 N ; 3600 J ; 40 watts**

# NOTIONS DE FORCES PRESSANTES ET DE PRESSION 7

Dans ce chapitre, vous apprendrez à :

1) Appréhender le rôle de la pression dans des situations courantes.

- Mettre en évidence l'augmentation ou la diminution de la pression produite par une force sur une surface.
- Observer la transmission d'une force pressante par l'intermédiaire d'un solide.

## Activité 1

Aline, âgée de 15 ans, marche sur la plage avec sa petite sœur Vanessa âgée de 6 ans. Elles ont laissé des empreintes derrière elles.

1) Entre les empreintes d'Aline et celles de Vanessa, quelles sont celles qui s'enfoncent beaucoup plus dans le sable ? Pourquoi ?

On peut alors conclure :

«plus la force exercée est plus l'enfoncement de l'empreinte est \_\_\_\_\_ »  
Ensuite, Vanessa met les sandales d'Aline et continue de marcher sur la plage.

2) Entre les empreintes à pieds nus de Vanessa et celles avec les sandales, quelles sont celles qui s'enfoncent beaucoup plus dans le sable ? Pourquoi ?

On peut alors conclure :

«plus la surface sur laquelle la force distribuée est \_\_\_\_\_, plus l'enfoncement est \_\_\_\_\_ ».

## Activité 2

Peter veut trancher un pain et par erreur il utilise la lame non aiguisée du couteau.

1) Arrive-t-il à trancher correctement le pain ? Pourquoi ?

IL tourne ensuite le couteau et utilise la lame aiguisée.

2) Tranche-t-il correctement le pain ? Pourquoi ?

3) Quelle conclusion faites-vous ?

## Activité 3

Mistral observe des véhicules < Poids lourds > sur un chantier de construction où il y a des pentes et des rampes. Il voit des tracteurs à chenilles et des tracteurs à roues. Il se demande pourquoi ?

1) Pouvez-vous l'expliquer pourquoi des chenilles dans certains tracteurs et des roues dans d'autres ?

Il voit un ouvrier qui, avec un marteau, essaie d'enfoncer un clou dans une planche, mais n'arrive pas. L'ouvrier jette alors le clou, puis en prend un autre qui s'enfonce facilement, Expliquer ce qui s'est passé.

## **7. Forces pressantes**

Nous avons vu dans les chapitres précédents que l'action d'une force sur un corps rigide. Parmi les différents exemples de forces, indiquons l'action du vent sur les ailes d'un moulin ou sur la voile d'un navire, ces forces s'exercent sur toute une surface de contact, on les appelle **forces pressantes**.

### **7.1. Pression d'un solide**

#### **Faits d'observation**

a) Sur du sable fin et bien sec, posons délicatement un bloc sur l'une de ses grandes faces, le bloc enlevé, nous observons que le sable a une empreinte.

b) Le même bloc posé sur l'une de ses petites faces laisse une empreinte plus profonde.

**Conclusion** : Donc le bloc s'enfonce d'autant plus profondément si sa petite face se trouve en contact avec le sable.

Dans cette observation, nous disons que le sable a subi une « **Pression** » de la part du bloc ; et cette pression est plus grande en (b) qu'en (a).



Recherchons les facteurs de cette grandeur physique qu'est la pression. Parce qu'il est pesant, le bloc exerce sur le sable une force  $F$  de même droite d'action, sens et intensité que son poids  $P$  dont l'action se répartit sur toute l'étendue de la surface ( $S$ ) en contact avec la base d'appui. A la force  $F$  on donne le nom de force pressante et la surface ( $S$ ) est appelée surface pressée.

Dans la (fig. a) la force pressante est la même qu'à la (fig. b) mais la surface pressée est plus grande en (a) qu'en (b).

La conclusion de cette expérience est donc que la pression est d'autant plus grande que la force pressante est plus grande et que la surface pressée est plus petite. Ainsi admet-on, à titre de définition de la « pression » que :

Si la force pressante est normale à la surface pressée et s'exerce uniformément sur toutes les parties de cette surface, la valeur  $P$  de la pression s'obtient en divisant l'intensité  $F$  de la force pressante par l'aire  $S$  de la surface pressée.

$$P = F/S.$$

En d'autres termes : "la pression est la valeur de la force pressante qui s'exerce normalement sur l'unité de surface".

### Unités de pression

o Dans le système international d'unités (SI),  $F$  est exprimée en newtons et la surface en  $m^2$ , la pression est exprimée en  $N/m^2$  ou Pa.

o On utilise aussi d'autres unités de la pression comme le bar, le millibar, l'atmosphère et le cm de mercure.

1 bar = 105  $N/m^2$  ou Pa ; 1 millibar = 100  $N/m^2$  ou Pa ;

1 atm = 76 cm de mercure = 101300 Pa;

### 7.2. Applications des pressions exercées par les corps solides

Suivant l'effet recherché, on augmente ou on diminue la surface pressante.

- Pour diminuer la pression, on augmente la surface de contact. En voici un exemple.

Un homme s'enfonce dans la neige avec ses chaussures ; s'il prend des skis ou des raquettes, la surface de contact avec la neige augmente, et celle-ci peut alors le soutenir sans qu'il s'y enfonce.

- Pour augmenter la pression, on réduit la surface de contact ; la surface étant petite, on obtient des effets tranchants ou saillants.

Ex : pince, lame de couteau, épingle.

- Pour construire un immeuble sur un sol relativement mou, l'ingénieur doit fixer sous les colonnes des « semelles » pour que la pression de l'immeuble ne dépasse pas la limite permise par la nature du sol.

### Problèmes résolus sur la pression

1. Un homme pesant 65 kg se tient debout sur la neige, chacun de ses pieds recouvrant une surface de 2  $dm^2$ . Calculez la pression exercée sur la neige, on suppose que chaque pied supporte la même charge. Que deviendra cette pression lorsque, les chaussures sont munies de skis d'une surface de 16  $dm^2$  chacun ?

Résolution

Le poids de cet homme est :  $P = m \times g$  ;  $P = 65 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N/kg}$  ;  $P = 637 \text{ N}$ .

La surface totale pressée est :  $S = 2 \text{ dm}^2 \times 2 = 4 \text{ dm}^2$  ou 0,04  $m^2$

La pression exercée a pour valeur :

Surface totale des skis  $S = 16 \text{ dm}^2 \times 2 = 32 \text{ dm}^2$  ou 0,32  $m^2$

La nouvelle pression est alors :

2. Dans un ouragan le vent exerce une pression de 245000 Pa sur une palissade. Calculer dans ces conditions la force pressante exercée sur une palissade de 10 m de longueur et de 4 m de hauteur orientée perpendiculairement dans la direction du vent.

### Résolution

Surface de la palissade :  $S = l \times h$ ,  $S = 10 \times 4 = 40 \text{ m}^2$

Force pressante exercée par le vent :  $F = p \times S$

Donc  $F = 245000 \times 40$  ; ce qui donne :  $F = 9,8 \times 10^6 \text{ N}$

3. Une pierre parallélépipédique dont les arêtes mesurent respectivement 2 m; 1,8 m et 1 m, repose sur le sol par sa grande base. Quelle pression exerce-t-elle sur le sol ?

Densité de la pierre : 2,6.

### Résolution

Le volume de la pierre :  $V = 1 \text{ m}^3 \times 2 \times 1,8 \times 1 = 3,6 \text{ m}^3$

La masse de la pierre :  $m = V \times \rho$  avec  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \times$  densité

Il vient :  $m = 3,6 \text{ m}^3 \times 1000 \times 2,6$ . D'où :  $m = 9360 \text{ kg}$

Poids de la pierre :  $P_{ds} = m \times g = 9360 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ N/kg}$ . Ce qui donne :  $P_{ds} = 91728 \text{ N}$

Surface de la grande base :  $S = 1 \text{ m}^2 \times 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ m}^2$

Pression exercée :  $p = P_{ds} / S = 91728 / 3,6 = 25480 \text{ N/m}^2$  ou pa

## EXERCICES D'APPLICATION

1) Un camion de six roues pèse avec sa cargaison de marchandises 7500 tonnes. Chacune de ses roues recouvre sur le sol une surface de 0,25 cm<sup>2</sup>. Calculer la pression exercée par le camion et sa cargaison sur le sol. Quelle serait cette pression dans le cas où les roues sont munies de chenilles reposant sur une surface de 40 dm<sup>2</sup> chacune ?

**Rép** 49 × 10<sup>6</sup> N/m<sup>2</sup> ; 30645 × 10<sup>3</sup> N/m<sup>2</sup>

2) Une fillette transporte sur sa tête une caisse de marchandises dont le poids total est de 40 livres. La caisse repose sur sa tête sur un coussinet circulaire de 12 cm de diamètre. Quelle pression supporte-t-elle ? La fillette seule pèse 52 kg et chacune de ses chaussures recouvre une surface de 0,13 m<sup>2</sup>. Quelle pression l'enfant et sa cargaison exercent-elles sur le sol ? Prendre : 1 kg équivaut à 2,2 livres.

**Rép** 15762 Pa ; 2645 Pa

3) Un cylindre de métal pesant 490 g repose sur sa section de base. Il a 5 cm de hauteur et exerce une pression de 3822 Pa sur le sol. On demande : 1°) La densité et la nature du métal. 2°) Le rayon de base et la circonférence du cylindre.

**Rép.** : 1°) 7,8 2°) 2 cm ; 1256 cm.

4) Une colonne de pierre exerce une pression de 39,24 × 10<sup>3</sup> N/m<sup>2</sup> sur une base horizontale. Elle pèse 2,5 tonnes. Quelle est la hauteur de cette colonne sachant que la densité de cette pierre est 2,6 ?

**Rép.** : 1,54 m

5) La tour Eiffel pèse 8000 tonnes. Elle repose sur 4 piliers en contact avec le sol par une surface de  $45\text{m}^2$  pour chacun d'eux. Quelle est, en Pa et en bars, la pression supportée par le sol ?

**Rép. : 435555 Pa ; 4,35 bars.**

6) Un coffret en diamant parallélépipédique mesure 0,12 m de longueur 8 cm de large et la hauteur inconnue. Ce coffret repose sur un tabouret par sa grande base et y exerce une pression de 1770 Pa. On demande de calculer 1°) Le poids du coffret 2°) sa hauteur et la pression qu'il exercerait dans le cas où il touche le tabouret par sa base moyenne ? Masse volumique du diamant :  $3,52\text{ g/cm}^3$

**Rép: 1°) 17 kg ; 2°) 5 cm ; 3°) 2816 Pa**

# PRINCIPE FONDAMENTAL DE L'HYDROSTATIQUE - FORCES PRESSANTES DANS UN LIQUIDE

## 8

Dans ce chapitre, vous apprendrez à :

- 1) Réaliser des expériences prouvant l'existence de la pression dans un liquide.
- 2) Mettre en évidence les caractéristiques de la pression dans un liquide.
- 3) Identifier les paramètres influençant la différence de pression entre deux points d'un liquide.
- 4) Appliquer le principe fondamental de l'hydrostatique.

## Activité 1

Jean-Claude perce trois petits trous dans un ballon mince en plastique (blade), puis gonfle et remplit ce ballon d'eau.

- 1) L'eau sort-elle à travers les trous ?
- 2) Comment sort-elle, en coulant tout simplement ou sous forme de jet d'eau ?
- 3) Vu la façon dont l'eau sort, des forces du liquide la poussent à sortir. Comment sont la direction des forces à la surface de la paroi du ballon ?
- 4) En pressant le ballon, les jets d'eau sortent-ils plus énergiquement ou moins énergiquement ? On conclut alors que: « \_\_\_\_\_ exercée en un point d'un liquide est transmise à tous les points du liquide ».

## Activité 2

Abel, de son côté, utilise un long ballon (blade) en perçant trois trous à des hauteurs différentes, puis gonfle et remplit le ballon d'eau.

- 1) Les trois jets d'eau sortant des trous, sortent-ils avec la même force ? Expliquer.
- 2) Les jets des trous plus bas sont-ils plus forts ou plus faibles par rapport aux jets des trous plus haut ?
- 3) On conclut alors que: « La pression \_\_\_\_\_ avec la profondeur du liquide ».

## Activité 3

Marjorie remplit trois verres d'eau. Le premier contient de l'eau ordinaire, le second de l'eau salée et troisième de l'eau très salée. Il plonge doucement un œuf dans chacun des verres. Elle constate que l'œuf se comporte différemment dans chaque verre. Expliquer le phénomène.

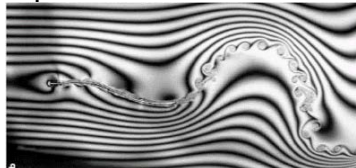
**8. Fluide, Définition**

On appelle fluide tout corps qui peut s'écouler et qui n'a pas de forme propre. Tels sont les liquides qui ont un volume propre et les gaz qui n'ont ni forme propre, ni volume propre. Les gaz, par suite de leur expansibilité, occupent tout le volume qui leur est offert, ils sont compressibles.

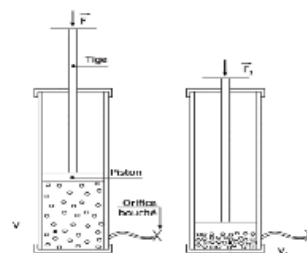
Nous commencerons par étudier les liquides en supposant qu'ils sont parfaits. Cela entraîne les qualités suivantes :

1) Incompressibilité : leur volume est constant, ce qui a pour conséquence l'invariabilité de leur masse volumique

représentation d'un fluide

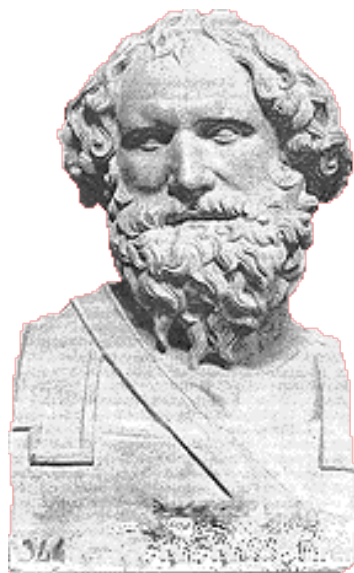


compressibilité d'un gaz



2) Fluidité : Ils sont parfaitement mobiles, on dit qu'ils n'ont aucune viscosité, ils coulent parfaitement.

L'hydrostatique étudie les propriétés des liquides en équilibre, toutes les parties étant parfaitement immobiles. Elle fut pendant longtemps très mal connue. Archimède (287 à 212 avant J.C) lui-même malgré la découverte son fameux principe ne fonda pas l'hydrostatique. Il a fallu attendre le génie de Pascal qui introduisit la notion de pression hydrostatique et créa véritablement la science des liquides en équilibre.



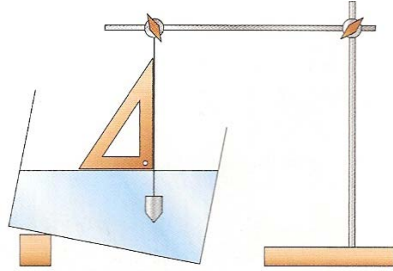
Archimede (287 à 212)



Blaise Pascal (1623 - 1662)

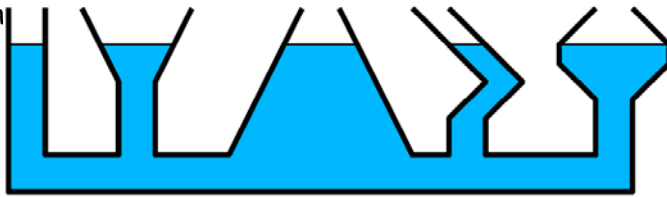
## 8.1. Surface libre d'un liquide en équilibre

Versons de l'eau ou tout autre liquide dans un récipient de forme quelconque et attendons qu'il soit au repos. Si nous approchons de la surface libre du liquide une équerre, nous vérifions



## 8.2 Vases communicants

La forme d'un récipient n'a aucune importance, si nous plongeons la main dans l'eau, le niveau du liquide s'élèvera peut-être, mais sa surface libre sera toujours plane et horizontale bien qu'ayant maintenant une forme plus compliquée qu'avant, la surface libre peut être divisée en plusieurs fractions



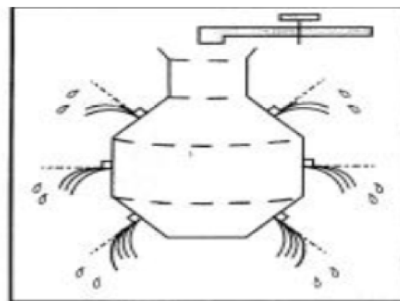
Cet énoncé est le Principe des vases communicants

« Lorsque plusieurs vases communiquent par la base, le liquide s'élève au même niveau dans tous les vases »

## 8.3 Pressions dans les parois d'un vase

Supposons que nous avons un récipient percé d'un trou et que nous y versons de l'eau en plaçant un doigt sur le vase pour empêcher celle-ci de fuir. L'eau exerce sur le doigt une force pressante, il se produit un jet d'eau et nous remarquons qu'au départ le jet est perpendiculaire à la paroi du récipient. On peut en conclure qu'il existe des forces pressantes analogues en tout point de la paroi du récipient et qu'elles sont normales à cette paroi, puisqu'en chaque point le jet d'eau qui se produit, si l'on perçait, un trou sortirait normalement à la paroi. Cette propriété est d'ailleurs vraie quelle que soit l'orientation de la paroi.

Forces pressantes exercées par un liquide



Nous pouvons énoncer la loi suivante : "Un liquide en équilibre exerce sur les parois du vase qui le contient des forces pressantes normales à la paroi en chaque point".

## 8.4 Théorème De Pascal

Soient deux points quelconques A et B au sein d'un liquide en équilibre, leur dénivellation étant h. La formule fondamentale de l'hydrostatique s'écrit :  $P_b - P_a = h \times \gamma$

Supposons par un moyen quelconque, la pression  $P_a$  augmente de  $\Delta P$ . Le liquide étant incompressible, son poids volumique conserve la même valeur  $\gamma$ , La différence  $P_b - P_a$  ne change pas, il faut donc que la pression en B,  $P_b$  augmente aussi de  $\Delta P$ . Nous pouvons énoncer la proposition suivante connue sous le nom de **Théorème de Pascal** :

“Les liquides transmettent intégralement les variations de pression.”

En d'autres termes, si en un point quelconque d'un liquide en équilibre la pression vient à être modifiée, cette modification affecte les pressions en tous les autres points du liquide.

## 8.5. La presse hydraulique

Cette machine simple est une application immédiate du théorème de Pascal et peut servir à sa vérification expérimentale.

Soient deux cylindres verticaux de section  $S_1$  et  $S_2$  communiquant par leurs parties inférieures et munis chacun d'un piston dont nous supposons le poids négligeable. Les surfaces du liquide étant dans un même plan horizontal dans les vases, plaçons sur le grand piston de section  $S_2$  un poids  $F_2$  et cherchons quel poids  $F_1$  il faut placer sur le petit piston de section  $S_1$  pour que l'équilibre soit maintenu. La force pressante  $F_2$  provoque une augmentation de pression  $F_2/S_2$  dans tout le liquide (Théorème de Pascal) et il en résulte sur le petit piston une force pressante :  $(F_2/S_2) \times S_1$  qui devra être équilibrée par  $F_1$ . Donc  $F_1 = (F_2/S_2) \times S_1$  d'où l'égalité des rapports :

$$F_1 / S_1 = F_2 / S_2$$

Les forces sont proportionnelles aux surfaces des pistons et on voit tout l'intérêt de cette machine pour la multiplication des forces ; c'est en somme un levier hydraulique et comme dans toute machine simple, le travail se conserve. Les presses hydrauliques sont très employées dans les industries : pièces à forger, à emboutir, à agglomérer des poudres...

Historiquement, lors de la construction de la **Tour Eiffel**, chaque pied était supporté par 4 vérins hydrauliques et on régla ainsi la verticalité de la tour. Lorsqu'on répara la cathédrale de Strasbourg, la flèche fut soulevée par 4 presses hydrauliques.

Vue des Barrages



L'épaisseur de la base d'un barrage est toujours importante car l'eau exerce plus de pression au fond que sur les bords, c'est comme le tonneau de Pascal.



1- Un flacon cylindrique a 8 cm de diamètre extérieur. Quel effort faudrait-il développer pour maintenir ce flacon enfoncé verticalement dans un bain de mercure sur une hauteur de 7,6 cm : le poids du flacon étant négligeable  $\rho(\text{Hg}) = 13,6 \text{ g/cm}^3$ .

### Résolution

- La section du flacon est :  $S = \pi d^2/4 \Rightarrow S = (3,14 \times 64) / 4 = 50,24 \text{ cm}^2$
  - Le volume du flacon est de :  $V = S \cdot h = 50,24 \times 7,6 = 381,824 \text{ cm}^3$  ou  $0,000381824 \text{ m}^3$
  - Le mercure exerce de bas en haut sur le fond extérieur du flacon une force pressante de :  $F = V \cdot \rho$ , soit  $F = V \cdot \rho \cdot g = 0,000381824 \times 13600 \times 10 = 519 \text{ N}$ .
- Pour maintenir le flacon enfoncé verticalement dans le mercure il faudrait exercer de haut en bas une force pressante de 519 N.

2- Une presse hydraulique contient de l'eau, les sections des pistons sont respectivement  $S=10 \text{ cm}^2$  et  $S'= 1000 \text{ cm}^2$ . On suppose que ces pistons sont de poids négligeable et mobiles sans frottement 1) On place sur le petit piston un poids de 50 N, quel poids faut-il mettre sur l'autre piston pour que les deux se trouvent dans un même plan horizontal. 2) Quel poids faudra-t-il ajouter sur le petit piston pour qu'il s'enfonce de 0,5 cm ?

### Résolution

- Soit  $P'$  le poids qu'il faudra placer sur le grand piston, l'équation d'équilibre s'écrit :  $P/S = P'/S' \Rightarrow 50/10 = P'/1000$  d'où  $P'=5000 \text{ N}$ , il faudra donc placer sur le grand piston un poids de 5000 N.
  - Si le petit piston doit s'enfoncer de 0,5 cm de plus il en résultera une variation de volume de  $V = S \cdot h = 10 \times 0,5 = 5 \text{ cm}^3$  ou  $5 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ .
- Déterminons le poids d'eau correspondant à cette variation de volume :
- $$v = 5 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times 10000 \text{ N/m}^3 = 50 \times 10^{-3} \text{ N}$$
- Il faudra donc ajouter sur le petit piston un poids de 0,05 N pour qu'il s'enfonce de 0,5 cm de plus.

3- Deux corps de pompe verticaux communicants par leurs bases contiennent du mercure .Les surfaces libres sont surchargées de pistons qui peuvent glisser sans frottement : l'un de section  $S = 100 \text{ cm}^2$  et de poids  $P = 35 \text{ N}$ , l'autre de section  $S'= 50 \text{ cm}^2$  et de poids 4 N. On demande la différence de hauteur des deux niveaux du mercure.

### Résolution

- La pression exercée sur le mercure par le grand piston :  $p = P/S = 35/0,01 = 3500 \text{ Pa}$
  - La pression exercée sur le mercure par le petit piston :  $p'= P'/S' = 4/0,0050 = 800 \text{ Pa}$
  - Il en résulte une différence de pression :  $\Delta p = 3500 - 800 = 2700 \text{ Pa}$ .
- A cette différence de pression est associée une différence de hauteur :
- $$\Delta p = h \cdot \rho \cdot g \Rightarrow h = \Delta p / \rho \cdot g = 2700 / (13600 \times 10) \text{ d'où } h = 0,0198 \text{ cm}$$
- La différence des deux niveaux du mercure est de 1,98 cm

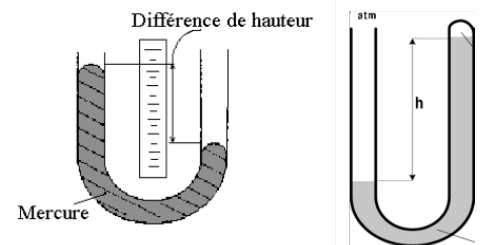
IV- La tour Eiffel pèse 8000 tonnes, elle repose sur les grands pistons de 16 presses hydrauliques dont le diamètre est de 6,2 m. Chacun des pistons a un diamètre de 17,3cm. Quelle force faut-il exercer sur chacun d'eux pour soulever légèrement la tour.

## EXERCICES D'APPLICATION

I- On considère deux vases cylindriques verticaux V et V' communiquant entre eux par un tube de volume négligeable .Ils ont respectivement pour diamètre 2 cm et 3 cm et contiennent un liquide exerçant sur leurs fonds une pression de 25 kPa .Déterminer l'intensité de la force pressant exercée par le liquide sur le fonds des vases.

Rép. : 25,5 N.

II- Un tube cylindrique a un diamètre intérieur de 6cm.Il est muni d'un obturateur qui pèse 2 N. On l'enfonce verticalement dans un liquide de masse volumique  $\rho = 1,16\text{g/cm}^3$  ; l'obturateur étant à 25 cm de la surface libre. Quelle est la force appliquée par l'obturateur ? Quel poids doit on déposer sur l'obturateur à l'intérieur du tube, pour qu'il se détache ? A quelle profondeur minimale doit on enfoncer le tube pour que l'obturateur y reste toujours appliqué ?



Rép. : 8,2 N ; 6,2 N ; 18,9 cm

III- Deux vases communicants verticaux et cylindriques ont respectivement pour sections 0,6 dm<sup>2</sup> et 20 cm<sup>2</sup>. Le volume du tube de raccordement est négligeable. On verse quatre litres d'eau dans l'un des vases. Calculer à quelle hauteur s'élèvera l'eau dans chaque vase ? quel en est le volume dans chacun d'eux ?

Rép. : 50 cm ; 3000 cm<sup>3</sup> ; 1000 cm<sup>3</sup>.

IV- Dans un tube en U contenant un liquide de densité 1,26 surmonté dans l'une des branches d'une colonne d'un second liquide de hauteur h = 15 cm et de densité d'= 0,75. Quelle hauteur d'eau faut-il verser dans l'autre branche pour que les deux surfaces libres soient dans un même plan horizontal ; les liquides sont supposés non miscibles ?

Rép. : 29,42 cm

V- Dans un tube en U contenant du mercure (Hg) on verse d'un côté de l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) de densité 1,84 et de l'autre de l'alcool de densité 0,8 de façon que les niveaux supérieurs de l'acide et de l'alcool soient dans un même plan horizontal. La hauteur de l'acide au-dessus du mercure étant de 24cm. Quelle est la hauteur de l'alcool et quelle est la variation du niveau de l'acide, la densité du mercure étant de 13,6 ?

Rép. : 22,05 cm ; 1,95 cm.

VI- Deux récipients cylindriques et verticaux communiquent par leur base par un tube de volume négligeable. Ils ont pour sections 35cm<sup>2</sup> et 15cm<sup>2</sup> ; on verse dans le premier 3 litres de lait de densité 1,03. A quel niveau montera le lait dans chacun des récipients ? Quel en est son poids

dans chacun d'eux ?

Rép. : 60 cm ; 21,63 N ; 9,27 N.

VII- Dans un tube en U contenant de la glycérine on verse d'un côté de l'huile de densité 0,92 et de l'autre du benzène de densité 0,88 de façon que les niveaux supérieurs de l'huile et du benzène soient dans un même plan horizontal. La hauteur de l'huile au-dessus de la glycérine est de 25 cm. Trouvez la hauteur du benzène et la variation du niveau de la glycérine. Densité de la glycérine : 1,25

Rép. : 22,3 cm ; 2,7 cm

VIII- Dans trois vases contenant des liquides différents se trouvent plongés trois tubes de verre verticaux communicants entre eux par un tube horizontal muni d'un robinet. On ouvre le robinet et on aspire de l'air de manière à faire monter les liquides dans les tubes et on ferme le robinet. On constate que le liquide de l'une des cuves s'élève dans le cuve d'une hauteur de 11,5 cm et que sa masse volumique est  $0,8 \text{ g/cm}^3$ . a) Déterminer la pression exercée par ce liquide dans le tube b) le poids volumique des deux autres liquides sachant qu'ils montent dans leur tube de 10 cm et de 7,36 cm. c) Quelle est la nature de ces liquides. NB : Les trois cuves étant situés dans un même plan horizontal.

Rép. : 920 Pa ;  $9200 \text{ N/m}^3$  ;  $12500 \text{ N/m}^3$

IX- Un tube en forme de fer à cheval contient un liquide de densité 1,24. Dans l'une des branches on verse un second liquide de hauteur 12 cm et densité 0,7. Quelle hauteur d'eau faut-il verser dans l'autre branche pour que les deux surfaces soient dans un même plan horizontal ? Quelle est la pression exercée par l'eau ?

Rép. : 27 cm ; 2700 Pa

X- Le rayon de courbure d'un niveau à bulle est de 20 m. Calculer le déplacement de la bulle en dehors de ses traits de repère lorsqu'on place l'instrument suivant la ligne de plus grande pente d'un plan faisant avec l'horizontale un angle de 1 minute.

Rép. : 5,8mm.

XI- La cabine d'un ascenseur hydraulique est portée par un piston qui plonge dans un cylindre vertical, le poids de la cabine est de 6000 N, le diamètre du piston est de 30 cm. On fait arriver sous le piston l'eau d'une canalisation dont la surface libre est à 20 m au-dessus du fonds du cylindre.

a) Quelle surcharge empêchera l'ascenseur de monter ?

b) A quelle hauteur montera-t-il si la cabine contient une charge de 3000 N ?

Rép: 8130 N; 7,26 m

# POUSSÉE D'ARCHIMÈDE FLOTTAISON 9

Dans ce chapitre, vous apprendrez à :

1) Expérimenter la poussée d'Archimède et la flottaison des corps.

Énoncer le principe d'Archimède.

2) Inventorier les applications courantes de la flottaison des corps et du principe d'Archimède.

## Activité 1

Marjorie remplit trois verres d'eau. Le premier contient de l'eau ordinaire, le second de l'eau salée et le troisième de l'eau très salée. Elle introduit doucement un œuf dans chacun des verres. Elle constate que l'œuf se comporte différemment dans chaque verre.

- 1) Expliquer le phénomène qui se produit.

## Activité 2

Marilyne debout à côté d'un bassin rempli d'eau, y jette une pierre et un morceau de planche.

- 1) Qu'arrive-t-il à la pierre ? Expliquer.
- 2) Qu'arrive-t-il au morceau de planche ? Expliquer.

## Activité 3

Sandie habite tout près d'un wharf. Elle observe de gros et de petits bateaux défilier au jour le jour. Elle se demande un jour qu'est-ce qui retiennent les bateaux sur la mer ? Pourquoi ils ne coulent pas car ils paraissent si lourds ?

- 1) Expliquer à Sandie ce qui produit ce phénomène qu'elle observe.

Un jour elle a vu à la télé un bateau sur la mer qui s'est progressivement enfoncer dans la mer sans qu'il ne coule. Elle n'a pas du tout compris.

- 2) Comment appelle-t-on ces bateaux qui peuvent s'enfoncer dans les profondeurs sous-marines, puis en ressortit ?
- 3) Expliquer à Sandie comment cela arrive-t-il ?

## 9.1. Pousée d'Archimède

### 9.1.1 Principe D'Archimède

La légende raconte que le roi Hiéron ayant proposé à Archimède de trouver si un orfèvre n'avait pas substitué de l'argent à une partie de l'or qui lui avait été fourni pour en faire une couronne. Le physicien découvrit la solution du problème en prenant son bain et, oubliant qu'il était nu, s'élança à travers les rues de Syracuse en criant « **Eurêka** ». Il venait de remarquer avec quelle facilité il soulevait son bras dans l'eau, de découvrir la pousée exercée par les liquides sur les corps immergés et de résoudre par là le problème posé par le roi. Nous savons que toute surface immergée dans un liquide en équilibre est soumise à une force pressante normale à cette surface : il en est ainsi si la surface est celle d'un solide immergé.

- **Tout corps immergé dans un fluide en équilibre subit une force dirigée de bas en haut et en module égale au poids du volume du fluide déplacé.**

Le centre de gravité du liquide déplacé s'appelle centre de pousée. Il coïncide avec le centre de gravité du corps immergé si celui-ci est homogène. En résumé tout corps immergé est soumis à deux forces : son poids  $P$  et la pousée d'Archimède  $F$ , résultante de toutes les forces pressantes sur l'ensemble de la surface du corps.

#### Formule résultant du principe d'Archimède

Soit  $V$  le volume de liquide déplacé et  $\gamma$  le poids volumique du liquide, la pousée d'Archimède est égal à  $P = V \times \gamma$ . A noter que  $\gamma = \rho \times g$ .

### 9.1.2 Corps immergé dans plusieurs liquides non miscibles

Le principe d'Archimède est général, il est applicable pour un solide plongé dans deux liquides non miscibles, d'où l'énoncé suivant : lorsqu'un solide se trouve entièrement immergé dans deux liquides non miscibles la pousée qu'il subit est verticale dirigée vers le haut et égale au poids des liquides déplacés. Si  $V'$  est le volume de la portion immergée dans le liquide de poids volumique  $\gamma$  et  $V''$  le volume de la portion immergée dans le liquide de poids volumique  $\gamma''$ , la pousée d'Archimède a pour valeur :  $F = V' \cdot \gamma + V'' \cdot \gamma''$ . Quant au point d'application de cette pousée, il est au centre de gravité de l'ensemble des liquides déplacés.

I- Un morceau de métal pèse 3,10 N plonge dans l'eau il ne pèse plus que 2,40 N. On demande :

- son volume ;
- son poids lorsqu'il est plongé dans un liquide de poids volumique  $18200 \text{ N/m}^3$  ;
- le poids volumique d'un liquide qui exercerait sur ce corps une poussée de 0,588g.

II- Un cube de métal pesant 5 N subit dans l'alcool de poids volumique  $8000 \text{ N/m}^3$  une poussée d'Archimède égale à 0,512 N. Dans la glycérine la poussée est de 0,80 N. Calculer le volume du cube, la longueur de son arête, le poids volumique du métal et celui de la glycérine ?

**Rép. :  $64 \text{ cm}^3$  ;  $4 \text{ cm}^3$  ;  $78125 \text{ N/m}^3$  ;  $12500 \text{ N/m}^3$**

III- Une masse solide dont la densité est 7,1 pèse 15,975 N. On l'attache à un fil et on le suspend au plateau d'une balance. En supposant que la balance est juste, quel poids devrait on placer dans l'autre plateau pour maintenir le fléau horizontal ? a) lorsqu'on plonge le solide dans l'eau b) lorsqu'on l'immerge dans l'essence minérale de densité 0,7.

**Rép. : 13,725 N ; 14,40 N.**

IV- On réalise les trois équilibres suivants :

- tare = corps +126 g
- tare = corps immergé dans l'alcool +138g
- tare = corps immergé dans l'acide sulfurique +154,8g

Calculer la masse volumique de l'acide sachant que celle de l'alcool est  $0,8 \text{ g/cm}^3$

**Rép. :  $1,92 \text{ g/cm}^3$ .**

V- Un anneau en or pèse 38,6 g dans l'air ; 36,08 g dans la glycérine de densité 1,26 et 37,2 g dans un autre liquide. Quels sont les densités de l'or et du liquide ?

**Rép. : 19,3 ; 0,7**

VI- On suspend sous l'un des plateaux d'une balance une sphère de plomb de rayon 3cm et au -dessous de l'autre plateau un cylindre de cuivre ayant le même rayon. On fait plonger la sphère dans l'eau et le cylindre dans un liquide de densité 0,79. Quelle doit être la hauteur du cylindre pour qu'il y ait équilibre ? On suppose que la balance est juste. Densité du plomb : 11,35 ; densité du cuivre : 8,92.

**Rép. : 5 cm.**

9.2. FLOTTAISON ET FLOTTABILITE

9.2.1. Loi des corps flottants

En général lorsqu'un solide se trouve plongé dans un liquide, il ne peut être en équilibre. Si on désigne par  $P$  le poids du solide et par  $P'$  la poussée d'Archimède, trois (3) cas peuvent se présenter :

1) ( $P > P'$ ) alors le solide va au fond du contenant, c'est le cas d'un solide homogène dont la densité est supérieure à celle du liquide.

Ex : Une pierre ou une bille d'acier abandonnée dans l'eau.

2) ( $P = P'$ ) Dans ce cas, le corps reste en équilibre au sein du liquide.

3) ( $P < P'$ ) Dans ce cas, le corps flotte à la surface du liquide. Le poids du corps est égal au poids du liquide déplacé.



9.2.2. Application des corps flottants

Les sous-marins

Ce sont des navires capables de naviguer tantôt sous l'eau tantôt sur l'eau. Pour y arriver le sous-marin est muni de réservoirs sur ses flancs appelés **water ballast**. Lorsque ces derniers se remplissent d'eau, le sous-marin descend au fond de la mer, pour y remonter on laisse échapper l'eau de ces réservoirs et le sous-marin devenu moins lourd remonte en surface.



Sous Marins



Bateaux





L'iceberg est un amas de glace formé d'eau douce essentiellement flottant sur la mer, très dangereux pour les bateaux car la partie immergée représente 90 % environ du volume total et est d'une grande dureté.

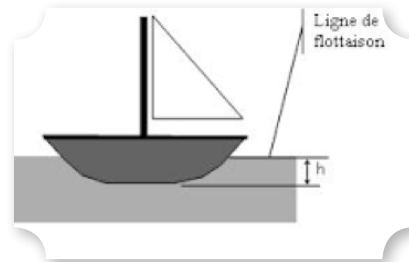
exemple d'iceberg:



- Ligne de flottaison :

C'est la ligne qui sépare la partie immergée de la coque d'un navire de celle qui est émergée.

exemple de ligne flottaison :



I. Une sphère pleine de volume de  $100\text{cm}^3$  constituée par un solide de densité  $0,95$  flotte sur l'eau. On verse de l'huile de densité  $0,92$  de manière à recouvrir entièrement la sphère. Quel est le volume immergé et quel est le poids de la partie recouverte par l'huile ?

### Résolution

Déterminons la masse de la sphère :

$$m = V \times \rho \rightarrow m = 0,000100 \times 0,95 \times 1000 ; \text{d'où } m = 0,095 \text{ kg}$$

Soit  $x \text{ cm}^3$  le volume de la partie immergée dans l'eau et  $y \text{ cm}^3$  le volume recouvert par l'huile, donc on a une première équation:  $x + y = 100$  (1).

Le poids du corps étant égal à la somme des poussées d'Archimède exercées par l'eau et par l'huile on a donc la deuxième équation:  $x(1) + y(0,92) = 95$  (2).

En résolvant donc le système on trouve :  $x = 37,5 \text{ cm}^3$  et  $y = 62,5 \text{ cm}^3$ .

Le poids de la portion recouverte par l'huile est donc :

$$P = V \cdot \rho \cdot g \rightarrow P = 0,00006253 \times 920 \times 10. \text{ D'où : } \underline{P = 0,575 \text{ N.}}$$

II- Un morceau d'iceberg pesant  $300 \text{ g}$  flotte à la surface de l'eau. Calculer le volume total de la glace et le volume immergé. Masse spécifique de la glace  $0,92 \text{ g/cm}^3$ .

### Résolution

Déterminons le volume de la glace :  $V = m/\rho \rightarrow V = 300/0,92$  d'où  $V = 326 \text{ cm}^3$

Lorsqu'un corps flottant est en équilibre, le poids du liquide déplacé est égal au poids du corps, donc le masse d'eau déplacée est de  $300 \text{ g}$ .

Le volume d'eau déplacée est donc :  $V = 300/1 \Rightarrow V = 300 \text{ cm}^3$

Le volume d'eau déplacée est également le volume de la partie immergée, soit  $300 \text{ cm}^3$

III- La densité moyenne du corps humain est  $1,07$ . Quel volume doit avoir une ceinture de sauvetage en liège de densité  $0,24$  pour maintenir à la surface de l'eau un homme pesant  $700 \text{ N}$ , la partie du corps située hors de l'eau ayant un volume de  $3 \text{ dm}^3$ .

### Résolution

Déterminons le volume du corps de cet homme :  $V = P/\gamma \rightarrow V = 700/10700 \rightarrow V = 0,0654 \text{ m}^3$

Volume du corps situé dans l'eau :  $V = 0,0654 - 0,003 = 0,0624 \text{ m}^3$

Soit  $V \text{ dm}^3$  le volume de la ceinture en liège ; le volume total du corps et de la ceinture est de :  $0,0624 + V$ .

Le poids de la ceinture de liège est :  $P = V \times \rho \times g$

$$\text{Poids total du corps et de la ceinture : } P = 700 + 2400 V \quad (1)$$

L'homme avec sa ceinture déplace un volume d'eau égal :  $0,0624 + V$

$$\text{Poids d'eau déplacée : } P' = (0,0624 + V) \times 1 \times 1000 \quad (2)$$

Poids du corps = Poids du liquide déplacé (Principe d'Archimède)

$$700 + 2400 V = 0,0624 + V$$

En résolvant cette équation de premier degré, on trouve :  $V = 10 \text{ dm}^3$

C'est donc le volume que doit avoir la ceinture de sauvetage

**NB : Prendre  $g = 10 \text{ N/kg}$  dans les exercices suivants.**

I- Un morceau de liège flotte à la surface de l'eau, son volume est de  $50 \text{ cm}^3$  et de poids spécifique  $0,25 \text{ g/cm}^3$ . a) Trouver la valeur de la poussée qu'il subit de la part du liquide b) Quel est le volume de la partie de liège qui émerge. On place sur le liège un disque de fer pesant  $20 \text{ g}$ . Quel est le nouveau volume de la partie de liège qui émerge ?

**Rép. :  $0,125 \text{ N}$  ;  $37,5 \text{ cm}^3$  ,  $12,5 \text{ cm}^3$**

II- Un solide en cube de forme sphérique pèse  $10,12 \text{ N}$ , immergé dans une solution saline de densité  $1,32$ , il ne pèse plus que  $8,4040 \text{ N}$ . Quel est le volume réel du solide sachant que la densité du cuivre est  $8,8$  ? Le solide est-il creux ? Si oui trouve le volume de la cavité.

**Rép. :  $115 \text{ cm}^3$ , oui,  $15 \text{ cm}^3$**

III- Un corps de masse  $315 \text{ g}$  et de masse volumique  $10,5 \text{ g/cm}^3$  est entièrement immergé dans un liquide de densité  $1,8$ . Déterminer : a) l'intensité de la poussée d'Archimède b) le poids apparent du corps immergé c) l'allongement du ressort auquel il est suspendu quand il est complètement immergé dans le liquide sachant que l'allongement est de  $7 \text{ cm}$  lorsque le corps est dans l'air.

**Rép. :  $0,54 \text{ N}$ ;  $2,61 \text{ N}$  ;  $5,8 \text{ cm}$ .**

IV- Un morceau de liège pesant  $9,5 \text{ g}$  est lié à une tige de métal pesant  $31,5 \text{ g}$ , le système étant en équilibre au milieu de l'eau déterminer la densité du liège sachant que celle du métal est de  $10,5$ .

**Rép. :  $0,25$**

V- Un lingot d'or et de cuivre a une masse de  $1 \text{ kg}$ , immergé dans l'eau il subit une poussée de  $0,60 \text{ N}$ . Calculer sa composition en masse et en volume. On admettra comme densité de l'or et du cuivre les valeurs respectives  $20$  et  $9$ . En supposant qu'il n'y a pas de variation de volume.

**Rép. : Au :  $836 \text{ g}$  ; Cu :  $164 \text{ g}$  ;  $41,8 \text{ cm}^3$  d'or et  $18,2 \text{ cm}^3$  de cuivre.**

VI- La couronne de Hiéron, tyran de Syracuse pesait  $7465 \text{ g}$ , immergé dans l'eau elle recevait une poussée de  $4,67 \text{ N}$ . Calculer la composition de cette couronne sachant qu'elle contient de l'argent et de l'or. Trouver les volumes d'argent et d'or qu'elle contient sachant que  $\rho_{\text{Ag}} = 10,5 \text{ g/cm}^3$  et  $\rho_{\text{Au}} = 19,3 \text{ g/cm}^3$

**Rép.:  $1847,2 \text{ g}$  d'argent et  $5617,8 \text{ g}$  d'or ----  $175,92 \text{ g}$  d'argent et  $291,08 \text{ cm}^3$  d'or**

VII- Dans un grand verre contenant de l'eau, on met  $115 \text{ g}$  de glace flottant à la surface du liquide. Trouver le volume total de la glace contenu dans le verre et celui de la partie émergée.

**Rép. :  $125 \text{ cm}^3$  ;  $10 \text{ cm}^3$**

VIII- Un solide de volume  $V=150 \text{ cm}^3$  flotte à la surface d'un liquide de densité  $1,80$ . La masse volumique du solide est  $1,2 \text{ g/cm}^3$ . Quel est le volume du liquide déplacé ? Quel poids d'huile faudrait-il y verser pour recouvrir le solide entièrement. Densité de l'huile =  $0,92$ .

**Rép. :  $100 \text{ cm}^3$  ;  $46 \text{ g}$ .**

IX- Un alliage d'osmium et d'argent pèse  $350 \text{ g}$ , on le plonge dans un bain de mercure de

masse volumique  $13,6 \text{ g/cm}^3$  et il ne pèse que  $0,78 \text{ N}$ . Déterminer la composition de cet alliage sachant qu'il n'y a pas eu de variation de volume.

Densités Osmium :  $22,5$  -- Argent :  $10,5$ .

**Rép. : Osmium :  $87,5\text{g}$ , Argent :  $262,5\text{g}$**

X- Pour trouver la densité d'un morceau de sucre, on est obligé de mesurer son volume en lui faisant déplacer un liquide dans lequel il n'est pas soluble. On a constaté qu'un morceau de cuivre de  $10 \text{ g}$  a déplacé un poids d'essence de térébenthine égal à  $0,05 \text{ N}$ . Calculer la densité du sucre sachant que celle de l'essence de térébenthine est  $0,8$ .

**Rép :  $1,6$**

XI- Une sphère en argent de  $4 \text{ cm}$  de rayon est suspendu au fléau d'une balance à  $18 \text{ cm}$  du couteau central. Une sphère en aluminium de rayon  $6 \text{ cm}$  est suspendu a  $20,6 \text{ cm}$  de l'autre côté du couteau central. Les deux sphères se font équilibre. Calculer la masse volumique de l'argent sachant que celui de l'aluminium est de  $2,7 \text{ g/cm}^3$

**Rép. :  $10,4 \text{ g/ cm}^3$ .**

# DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DE L'ELECTRISATION CONDUCTEURS ET ISOLANTS 10

Dans ce chapitre, vous apprendrez à :

- 1) Décrire les différents constituants de l'atome.
- 2) Interpréter les phénomènes d'électrification.
- 3) Distinguer les conceptions des isolants et des semi-conducteurs

## Activité 1

Allonce prend sa plume en matière plastique, la frotte énergiquement sur ses cheveux, puis l'approche de petits morceaux de papier. Il constate que la partie frottée de la plume attire les morceaux de papier.

- 1) Que s'est-il passé entre la plume et les cheveux pendant le frottement ?
- 2) Comment appelle-t-on ce phénomène qui arrive à la plume ?

### **Activité 2**

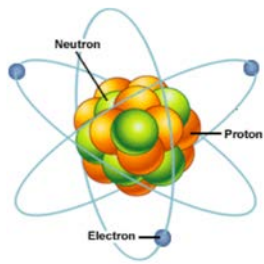
Billy observe son petit frère Grégory qui joue avec des objets dans une prise de courant. En effet, lorsque Grégory introduit un morceau de bois sec et une brosse à dents en plastic dans la prise de courant, Billi ne réagit pas. Mais quand Grégory prend une tige métallique (fer cerceau) pour l'introduire dans la prise, Billi court vite lui enlever la tige entre les mains.

- 1) Expliquer les comportements de Billy par rapport aux activités de Grégory. Parmi les trois objets utilisés par Grégory, distinguer les conducteurs des isolants.

## 10. Constituants de l'atome

Dans ce cours de physique, on a vu que l'atome est constitué d'un noyau central autour duquel

gravitent des électrons chargés négativement. Le noyau est constitué de protons chargés positivement et de neutrons qui ne sont pas chargés.



Les constituants du noyau sont appelés « **nucléons** ».

Les nucléons sont liés entre eux par l'**interaction forte**. Cette force est la plus puissante de l'univers, mais elle ne s'exerce que sur quelques millièmes de milliardième de millimètre.

Dans la nomenclature de la physique nucléaire, le **nom du noyau** est suivi par son nombre de nucléons. Par exemple, le carbone 12 contient 12 nucléons. Un **élément** est défini par son nombre de protons. Ainsi, le carbone se caractérise par un noyau à 6 protons, l'azote par un noyau à 7 protons, etc.

**Les isotopes** sont les atomes d'un élément dont les noyaux ont un même nombre de protons mais un nombre différent de neutrons. Par exemple : les isotopes naturels du carbone possèdent six protons mais six ou huit neutrons. **Les noyaux exotiques** n'existent pas naturellement sur Terre. Ils se caractérisent par un fort déséquilibre entre leurs nombres de protons et de neutrons.

## 10.1.1 Charges électriques

On distingue deux types de charges électriques :

- Les charges positives
- Les charges négatives.

L'expérience montre clairement que :

- Les charges de **même signe** se repoussent ;
- Les charges de **signes contraires** s'attirent.

La matière est constituée d'atomes (de rayon  $r = 10^{-10}\text{m}$ ). Chaque atome étant formé d'un noyau compact (de rayon  $r = 10^{-15}\text{m}$ ) contenant des protons de charges positives et des neutrons électriquement neutres dont le rôle est essentiel à la stabilité des noyaux. Autour du noyau, des électrons de charges négatives constituent des nuages de formes diverses.

Un atome possède un même nombre d'électrons et de protons. Par conséquent, il est électriquement neutre car la charge d'un électron est l'opposée de la charge d'un proton.

On peut charger un corps, entre autres, par frottement. La proportion des atomes de la surface d'un corps qui perdent ou gagnent un électron est de l'ordre de 1 sur 105.

## 10.1.2 Unités de la charge électrique

Le coulomb correspond à une très grande quantité de charge : en général, la charge qui apparaît sur un corps frotté est de l'ordre de  $10^{-8}\text{C}$ . Alors que la foudre fait passer jusqu'à 20 C entre un nuage et la terre. La plus petite charge électrique qu'on ait pu isoler jusqu'à présent est celle qui est portée par un proton et est désignée par « **e** ». Elle a été mesurée pour la première fois par Millikan en 1909 et vaut à peu près :  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  **Coulomb**. Elle est appelée **charge élémentaire**.

L'unité de la charge électrique est le **coulomb (C)**

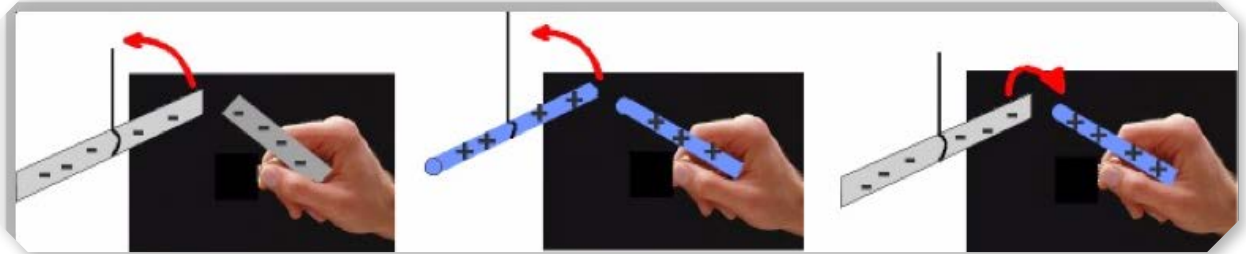
Les charges du proton et de l'électron valent donc :  $q_p = + e$  et  $q_e = - e$

## 10.2. Electricité Par Frottement

Si on frotte vigoureusement deux règles en plastique avec un chiffon, celles-ci se repoussent. On peut le constater en suspendant une d'elles à un fil par son milieu, ce qui lui permet de

tourner librement (voir figure IV.1.a).

L'extrémité de l'autre règle est approchée de la règle mobile en la tenant à la main. De même lorsqu'on approche deux tiges de verre frottées de la même manière, elles se repoussent aussi. Par contre lorsqu'on approche celle de verre de celle en plastique ou réciproquement, elles s'attirent.



(voir figure b et c).

### 10.2.1. Conducteurs et isolants

Un conducteur est un matériau comportant une certaine concentration d'électrons libres susceptibles de se déplacer facilement sous l'effet d'un champ électrique (pour créer un courant, par exemple). Les métaux et les solutions ioniques sont des milieux conducteurs. Un gaz ionisé peut également être considéré comme un milieu conducteur. Dans un isolant, il y a très peu d'électrons libres. Ils sont fortement liés à des sites moléculaires donnés (contrairement à un bon conducteur) et il faut leur donner beaucoup d'énergie pour les libérer et générer un courant électrique. Le caoutchouc, les plastiques, le verre, la soie et le bois sont des isolants.

**Remarque :** La quantité d'électrons libres est précisément ce qui distingue les conducteurs des isolants

Un **semi-conducteur** se comporte comme un isolant lorsqu'il est très pur, mais on peut modifier son pouvoir conducteur en le dopant, c'est-à-dire en y ajoutant des impuretés dans des proportions bien déterminées. Le germanium et le silicium sont des semi-conducteurs.

### 10.2.2. La Conservation de la Charge

Lorsqu'on électrise la règle en plastique ou la tige en verre, il n'y a pas création de charges électriques. Seulement un certain nombre d'électrons passent du chiffon à la règle ou de la tige au chiffon. Il y a transfert de charges d'un objet à l'autre : si un objet acquiert une charge  $+Q$ , l'autre acquiert une charge  $-Q$ . La somme des charges des deux objets reste nulle. Il s'agit d'un exemple de la loi de conservation de la charge électrique d'après laquelle.

**La quantité nette de charge électrique produite au cours de n'importe quelle transformation est nulle.**

Cette loi peut aussi s'exprimer sous la forme :

**La charge électrique totale d'un système isolé reste constante.**

### 10.2.3. Charge par conduction et par induction

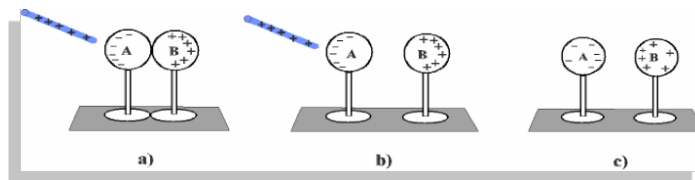
Un objet peut être chargé par conduction, c'est-à-dire en le mettant en contact avec un autre objet chargé, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un conducteur, comme c'est le cas sur



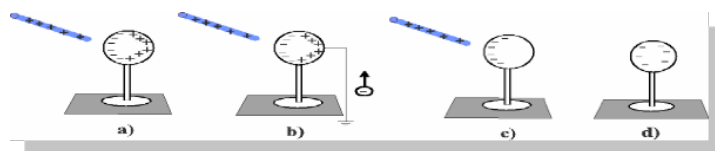
la figure IV.5.a. Un objet métallique isolé peut aussi être chargé sans entrer en contact avec un corps chargé. Ce processus de charge sans contact est appelé induction. La figure IV.5 représente deux sphères métalliques A et B, posées sur des socles isolants. À la figure IV.5.a elles sont en contact et forment de la sorte un seul conducteur. On approche de la sphère A une tige chargée positivement, mais sans toucher la sphère (fig IV.5). Les électrons libres du conducteur A + B sont attirés par la charge positive de la tige et tendent à s'accumuler sur la face gauche de A, ne pouvant rejoindre la tige puisqu'il n'y a pas contact. Ces électrons laissent des ions positifs sur la face droite de B, le plus loin possible de la tige : la présence de la tige a provoqué, ou induit une séparation de charges. À la figure IV.5.b, on sépare les deux sphères en présence de la tige, à la figure IV.5.c

on retire la tige : les deux sphères ont acquis une charge opposée par induction, sans qu'il y ait eu contact avec la tige.

Une sphère métallique unique peut également se charger par induction. Lorsqu'on approche la



tige chargée positivement (voir figure IV.6.a), elle provoque la séparation de charges, négatives sur le côté gauche, positives, sur le côté droit de la sphère. On relie ensuite la sphère à la terre, au moyen d'une tige conductrice, comme le montre la figure IV.6.b. Le symbole représente le contact avec le sol, on parle alors de prise de terre compte tenu de sa grosseur et de sa nature conductrice, la terre peut facilement recevoir ou céder des électrons ; elle sert ainsi de réservoir de charges électriques. Dans le cas de la figure IV.6.b, des électrons du sol vont être attirés par la charge positive, la qui apparaît sur la face droite de la sphère et vont la neutraliser, on coupe à ce moment la connexion avec la terre, si la sphère comporte un excès de charges négatives (figure IV.6.c). Lorsqu'on retire la tige, cette charge négative se répartit uniformément à la surface de la sphère (figure IV.6.d)



# COURANT ELECTRIQUE 11

Dans ce chapitre, vous apprendrez à :

- 1) Réaliser un circuit électrique.
  - Expliquer le Rôle d'un générateur dans un circuit électrique.
- 2) Utiliser correctement un multimètre comme voltmètre ou ohmmètre.
  - Déterminer la résistance d'un résistor à partir de ses caractéristiques ou par le calcul.
  - Mesurer la tension aux bornes d'un appareil.
  - Mesurer la résistance d'un conducteur.

## Activité 1

Albert enroule du carton sous la forme d'un cylindre et introduit trois piles à l'intérieur du cylindre en carton formé. Ensuite, il prend une portion de fil électrique reliée à 3 ampoules de Noël et branche chacune des deux extrémités du fil aux extrémités des piles. Il constate que les ampoules s'allument.

- 1) Comment peut-on appeler ce dispositif qu'Albert vient de monter ? Qu'est-ce qui permet aux ampoules de s'allumer ?
- 2) Quel est le rôle des piles dans un tel dispositif ?
- 3) Quel est le rôle des ampoules dans un tel dispositif ?
- 4) Quel est le rôle des fils électriques dans un tel dispositif ?  
Albert débranche l'une des extrémités du fil. Il voit que les ampoules s'éteignent.
- 5) Expliquer ce qui s'est passé dans ce cas.

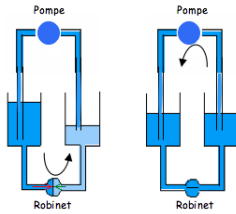
## Activité 2

Franck vient en classe avec une lampe de poche. Il y introduit deux piles, puis passe le bouton pour l'allumage de l'ampoule. Il constate que l'ampoule ne s'allume pas. Jeanne lui dit que les piles sont défectueuses. Harry lui demande les piles pour mesurer leurs tensions électriques à l'aide d'un multimètre.

- 1) Quelle fonction du multimètre Harry va-t-il utiliser : l'ampèremètre, le voltamètre ou l'ohmmètre ?  
Harry trouve que les piles sont bien chargées. Il les remet dans la lampe de poche et en passant le bouton, l'ampoule s'allume correctement.
- 2) Explique alors ce qui s'était passé. Quelle erreur Franck avait-il commis ?
- 3) Quel rôle joue le bouton d'allumage de la lampe ?  
Quel type de courant les piles produisent-elles ?

## 11. Introduction

Considérons deux réservoirs reliés entre eux par deux systèmes de canalisation (comme indiqué au schémas). L'eau des réservoirs sont placés à de niveaux différents,



si on ouvre le robinet qui se trouve en 2, l'eau du réservoir 1 s'écoule à travers la canalisation vers le réservoir 2. Pendant un certain temps, l'eau du réservoir 1 va se trouver dans le réservoir 2. C'est la différence de niveau qui a permis que l'écoulement s'effectue.

Si on veut que l'eau soit à nouveau dans le réservoir 1, on doit allumer la pompe installée dans le système de canalisation. Une fois que la pompe soit allumée l'eau se met à s'écouler dans la canalisation. On peut dire que la pompe a créé une différence de niveau artificielle qui a permis l'écoulement de l'eau dans la canalisation.

### 11.1. Différence de Potentiel

Le courant électrique que nous connaissons aujourd'hui, a été réalisé pour la première fois en



1800 par l'italien Volta. Ce physicien réalisa un appareil qu'il appela pile à cause de sa forme. Chaque élément de sa pile est constitué par une lame de zinc et une lame de cuivre séparées l'une de l'autre par une rondelle de drap Imbibée d'eau acidulée. Un grand nombre d'éléments sont empilés les uns sur les autres pour former l'appareil complet. En réunissant par un fil de cuivre le zinc du premier élément



avec le cuivre du dernier élément de la pile, il obtient le courant électrique.

### 11.2. Générateurs d'énergie électrique

Tout le monde connaît les accumulateurs de radio, d'automobile ou de lampe de poche. Leur description ne peut se comprendre qu'après l'étude de courant. Nous verrons donc leur effet avant de les décrire. Sur un accumulateur, il y a deux pôles ordinairement marqués de signes + et -, ou par les mots positifs et négatifs. L'accumulateur ne produit rien tant que ses deux bornes ne soient pas réunies par un fil conducteur.

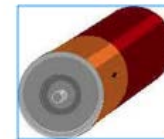
L'accumulateur est un générateur de courant au même titre que : les piles, les dynamos et les couples thermoélectriques.



Génératrice



Dynamo



Pile électrique



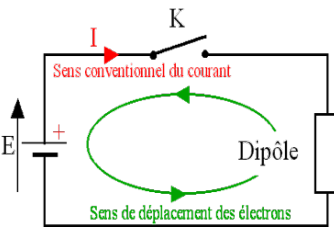
### 11.3. Courant électrique

Quand on réunit par un fil de métal les deux bornes d'un générateur de courant on admet que le fil est le siège d'un transport d'électricité que l'on appelle courant électrique. Mais l'électricité est invisible et c'est uniquement par ses effets que le courant se manifeste à nous.

“Le courant est formé d'un fluide sortant de la borne positive à la borne négative du générateur.”

### 11.3.1. Sens conventionnel du courant électrique

Le sens conventionnel du courant va de la borne positive à la borne négative. Au début, on avait cru que le courant était généré par des charges positives car on ne pouvait pas vérifier avec les moyens dont on disposait. Le sens de déplacement des électrons est contraire au sens conventionnel du courant électrique.

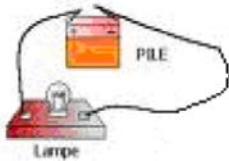


### 11.3.2. Réalisations expérimentales

Réalisons un circuit comprenant deux fils conducteurs AD et BC, une lampe L semblable à celles que l'on emploie pour l'éclairage des maisons.

1. Mettons les deux bouts A et B des fils en communication avec les bornes d'un accumulateur d'automobile. On ne voit pas la lampe allumée.

Scénario 1:



2. Mettons A et B en communication avec une prise de courant du secteur d'éclairage. La lampe s'allume aussitôt.

Scénario 2:



On conclut de là que toutes les sources de courant ne produisent pas des effets de même intensité. On exprime ce résultat en disant qu'elles ont des forces électromotrices ou de différences de potentiel différentes.

**L'intensité** - Elle s'exprime en ampères (A). Cette valeur quantifie le flux d'électrons dans un conducteur électrique. On peut la comparer au débit d'un fleuve. Plus le nombre d'appareils raccordés sur une même prise augmente, plus l'intensité augmente. C'est pourquoi les règles de sécurité imposent de respecter certains critères. Il faut veiller à ne pas brancher trop d'appareils gros consommateurs sur une même prise, sinon les fusibles peuvent sauter.

**Tension** - Elle s'exprime en volts (V). Elle quantifie la force avec laquelle les électrons, c'est-à-dire les "particules" électriques, sont mis en mouvement dans les fils conducteurs. En Haïti, les installations domestiques sont généralement alimentées avec une tension de 110 V.

On peut concevoir, comme nous l'avons vu plus haut, un générateur de courant comme une pompe, qui puise l'électricité à un certain niveau A et l'élève à un niveau supérieur B. Une pompe

établit une différence de niveau entre l'eau d'un réservoir inférieur A et celle d'un réservoir supérieur B. Un générateur de courant établit une différence de niveau électrique ou, comme on dit habituellement, une différence de potentiel entre les bornes A et B. La différence de potentiel est donc analogue à une différence de niveau.

L'appareil qui permet de mesurer la différence de potentiel dans un circuit est le **Voltmètre**.



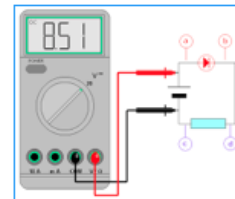
Pour mesurer la différence de potentiel à l'aide d'un voltmètre entre deux points d'un circuit, on doit :



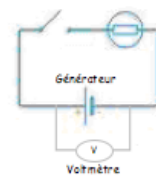
Mesure de la différence de potentiel de piles monté série



Mesure de la différence de potentiel d'un élément dans un circuit



Voltmètre placé aux bornes d'un générateur dans un circuit

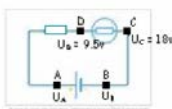


### 11.3.3. Détermination de la différence de potentiel

Si on désigne par  $U_A$  le potentiel en un point A d'un circuit et  $U_B$  le potentiel en B du circuit. La différence de potentiel  $U_{AB}$  est donnée par la formule.  $U_{AB} = U_A - U_B$

La différence de potentiel est exprimée en volt symbole (V)

#### Exemple



On considère un circuit comprenant un accumulateur et plusieurs appareils non identifiés. On sait qu'en un point C du circuit le potentiel est 18 volts et en un point D le potentiel est 9,5 volts. Calculer la différence de potentiel entre ces deux points.

#### Solution

Calculons la différence de potentiel entre C et D

Appliquons la formule :  $U_{CD} = U_C - U_D \rightarrow U_{CD} = 18 - 9,5$

$$U_{CD} = 8,5 \text{ V}$$

## 11.4. Etude des multimètres

### 11.4.1. Avantages des multimètres numériques par rapport à l'analogique

- Précision plus importante car résistance interne bien supérieure.
- Erreurs de lecture supprimées grâce à une lecture directe.
- Risques limités en cas de dépassement de calibre et/ou inversion de branchements



Cadran d'un multimètre



Multimètre numérique



Multimètre analogique

**Gamme** : On appelle gamme, la plage de calibres que couvre un contrôleur dans un type de courant donné. Exemple : 0 à 10V ou 0 à 1000V en continu.

**Parallaxe** : Erreur de lecture sur un appareil à aiguille due au mauvais positionnement de l'oeil, par rapport à l'aiguille.

**Résistance interne** : Comme son nom l'indique c'est la résistance interne du contrôleur, plus celle-ci sera élevée et plus il sera précis (car il consommera moins de courant). Le prix du contrôleur est donc, vous l'avez compris, lié à celle-ci. On estime que  $20000 \Omega / V$  est acceptable pour contrôler des circuits électriques simples. Pour des circuits électroniques, employant des signaux faibles, on préférera un modèle digital dont la résistance interne varie de 1 à  $100M\Omega$  suivant le calibre.

**Pointes de touches** : Pointes en forme de stylo isolées avec lesquelles on prend les mesures par contacts. Il existe aussi des pointes dites " gripfils " qui permettent de s'accrocher à un fil ou un composant, de même que les pinces "crocodiles"

**Calibre** : Valeur de la grandeur mesurée correspondant à la limite maximale à mesurer. Exemple : 0 à 30V.

**Echelle** : Ensemble de divisions permettant une lecture précise. Multiples sur les contrôleurs universels.

### 11.4.2. Précautions d'emploi

Ces appareils étant précis, donc fragiles, on doit les manipuler avec soin en évitant les chocs. Eviter de laisser brancher en permanence un appareil commuté sur un calibre d'intensité élevé, car cela provoquerait un échauffement du shunt interne au boîtier. Sont aussi à éviter les inversions de polarités et les dépassements prolongés de calibres surtout pour les contrôleurs à aiguilles. Bien sélectionner son type de courant (continu ou alternatif).

## ANOMALIES

**L'aiguille vibre** : Appareil commuté en continu mesurant un courant alternatif. Changer le type de courant.

**L'aiguille dévie à l'envers** : Inverser les pointes de touches.

**L'aiguille dévie à fond d'échelle** : Passer au calibre supérieur.

**L'aiguille ne dévie pas du tout** : vérifiez les fusibles internes à l'appareil.

**L'aiguille ne dévie pas ou pas assez en ohmmètre lorsque l'on court-circuite les pointes de touches** : Vérifiez la pile de l'appareil.

**L'afficheur d'un appareil digital ne s'allume pas** : Changez la pile

**L'afficheur d'un appareil digital donne une valeur trop importante par rapport au courant mesuré** : Exemple 400V pour le secteur 220V. Pile faible, changer la.

### 11.5. Résistance et Dipôle

- L'appareil qui permet de mesurer la résistance d'un dipole est le **ohmmètre**
- L'appareil qui permet de mesurer l'intensité d'un courant est l'**ampèremètre**
- Pour mesurer l'intensité du courant, l'ampèremètre doit - être placé en série dans le circuit

#### Montage

Réalisons un montage qui comprend, un long fil conducteur CD entre deux supports isolants. Les deux extrémités C et D sont réunies aux deux bornes d'une pile P. Un ampèremètre A est intercalé en série dans le circuit. Un voltmètre est placé en dérivation entre les bouts du fil CD.

Lisons l'intensité I du courant qui passe dans le fil CD et la différence de potentiel E qui existe à ses extrémités. Nous trouvons par exemple.

$$I = 1,5 \text{ Ampères}$$

$$E = 4,5 \text{ Volts}$$

Ajoutons une autre pile dans le circuit sans rien changer au reste du circuit nous trouvons

$$I' = 2,3 \text{ Ampères}$$

$$E' = 6,9 \text{ volts}$$

Ajoutons une troisième pile nous constatons que

$$I'' = 3,2 \text{ Ampères}$$

$$E'' = 9,6 \text{ Volts}$$

La différence de potentiel qui existe entre les extrémités d'un conducteur CD parcouru par un courant électrique, est proportionnelle à l'intensité de ce courant. **formule**

Pour un conducteur donné, le quotient **formule** est donc une quantité invariable, caractéristique du conducteur considéré. On l'appelle la **résistance** du conducteur.

On la désigne par la lettre **R**, on pourra écrire.

$$\text{formule} = R$$

La résistance est exprimée en Ohms ( $\Omega$ ). Cette formule nous donne une première définition de la résistance et nous permet de mesurer cette grandeur.

« La résistance d'un conducteur, c'est le quotient obtenu en divisant par l'intensité du courant qui la traverse, la différence de potentiel qui existe entre ses bornes. »

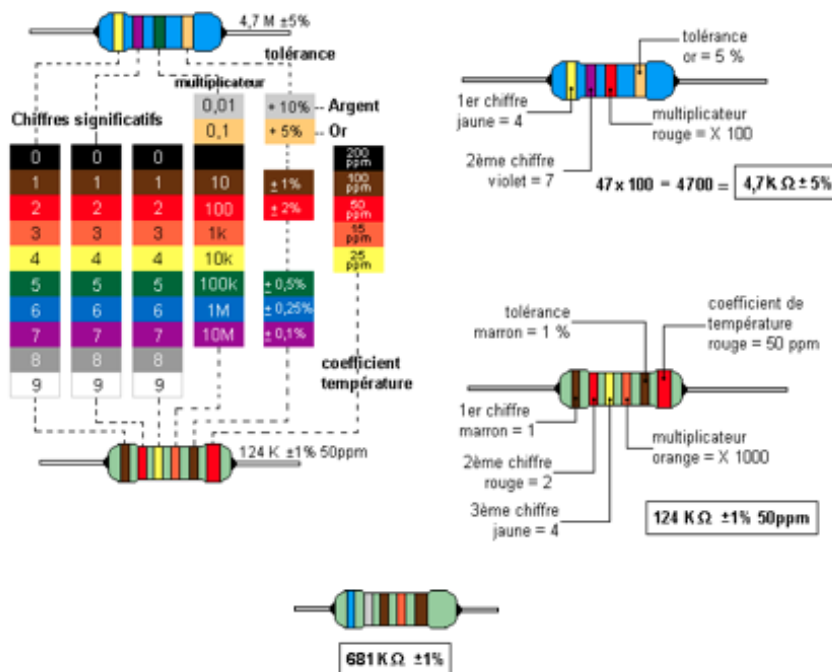


## 11.5.1. Etudes des résistances électriques

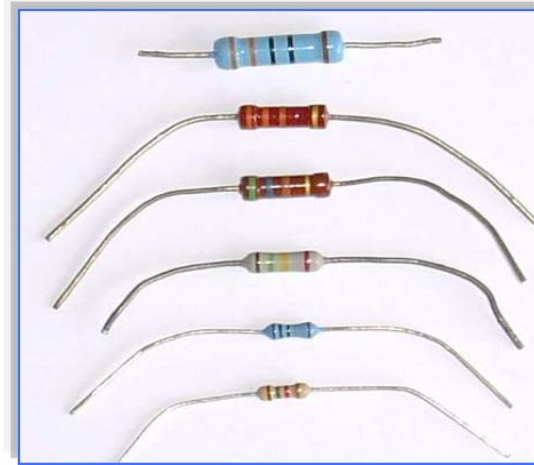
### Codes des Couleurs des Resistances Electriques

#### Code des couleurs pour les résistances

	1 <sup>er</sup> anneau gauche	2 <sup>e</sup> anneau gauche	3 <sup>e</sup> anneau gauche*	Dernier anneau gauche	Anneau droite	Anneau suppl.	Abrév.
Couleur	1 <sup>er</sup> chiffre	2 <sup>e</sup> chiffre	3 <sup>e</sup> chiffre	Multiplicateur	Tolérance	Coeff. temp.	Alpha.
 noir	0	0	0	$10^0=1$	$\pm 20 \%$	200 ppm	BK
 marron	1	1	1	$10^1$	$\pm 1 \%$	100 ppm	BN
 rouge	2	2	2	$10^2$	$\pm 2 \%$	50 ppm	RD
 orange	3	3	3	$10^3$		15 ppm	OG
 jaune	4	4	4	$10^4$		25 ppm	YW
 vert	5	5	5	$10^5$	$\pm 0,5 \%$		GN
 bleu	6	6	6	$10^6$	$\pm 0,25 \%$		BU
 violet	7	7	7	$10^7$	$\pm 0,10 \%$		VT
 gris	8	8	8	$10^8$	$\pm 0,05 \%$		GY
 blanc	9	9	9	$10^9$			WT
 or				0,1	$\pm 5 \%$		GD
 argent				0,01	$\pm 10 \%$		SR
(absent)					$\pm 20 \%$		



Déterminer la valeur des résistances suivantes



On considère un montage qui comprend : un voltmètre placé en dérivation a un fil conducteur en argent. Aux extrémités de C et D est attaché un circuit comprenant en série un ampèremètre et un générateur. On lit sur le voltmètre 15,7 volts et dans l'ampèremètre 3,7 ampères. Calculer la résistance du fil d'argent.

Solution

Calculons la résistance du fil d'argent en appliquant la formule :  $R = \frac{E}{I}$

$$R = \frac{15,7}{3,7} ; \text{D'où} : R = 4,24 \text{ ohm}$$

## 11.6. Interrupteur et diode

### 11.6.1. Interrupteur

Quand on réunit les deux bornes d'un générateur de courant par un conducteur ininterrompu, on réalise un circuit fermé. Dans un tel circuit, le courant circule toujours. Si l'on produit une interruption dans la série des conducteurs allant d'un pôle à l'autre, le circuit est ouvert ; aucun phénomène électrique ne se produit dans un tel circuit.



Interrupteur ouvert

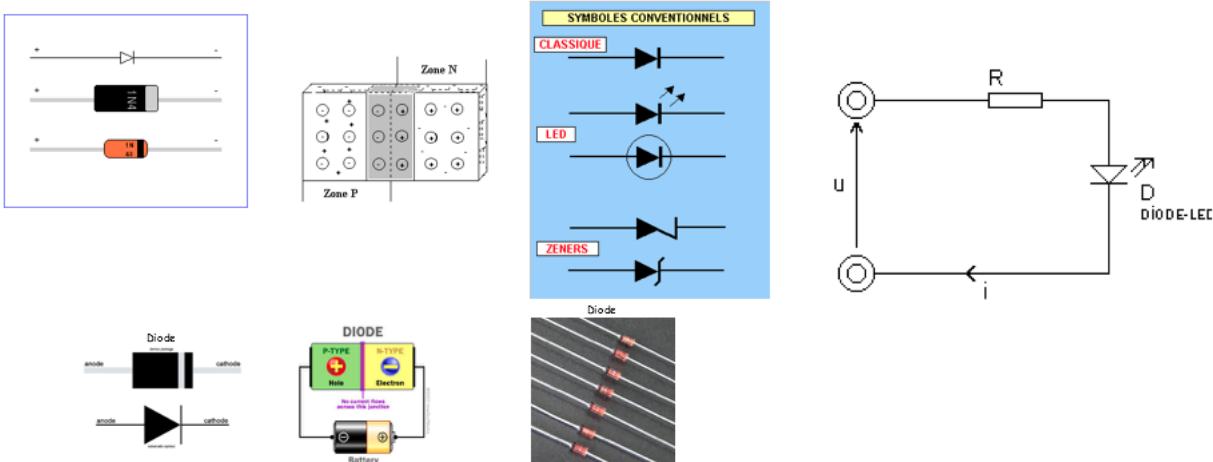


Interrupteur Fermé

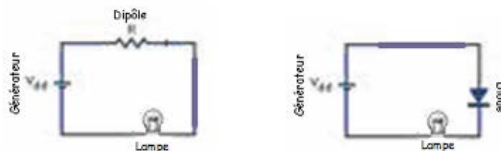
« On appelle interrupteur des appareils qui permettent d'ouvrir et de fermer, à volonté, un circuit électrique. »

## 11.6.2. Diodes

La diode sert à laisser passer le courant électrique dans un sens et bloquer le passage dans l'autre sens moyennant que le courant ne soit pas trop fort, ce qui peut d'endommager la diode. Dans un tel cas, elle se comporte comme un conducteur.



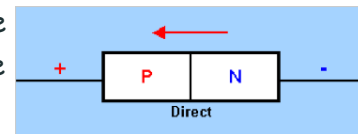
Réalisons un circuit qui comprend en série une résistance R, un interrupteur K et une lampe L alimentée par une pile. Si on ferme l'interrupteur, la lampe s'allume automatiquement même si on change le sens de connexion de la résistance R. Si dans le circuit on remplace la résistance par une diode, on constate que la lampe ne s'allume que pour un seul sens de branchement de la diode même quand on ferme l'interrupteur.



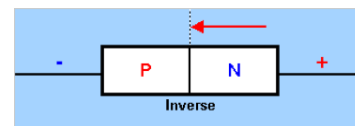
## 11.6.3. Fonctionnement d'une diode

L'effet de semi-conducteur (passage du courant dans un sens uniquement) s'obtient par le déplacement d'électrons, ces derniers changeant d'atomes grâce à une addition d'impuretés (dopage) lors de sa fabrication. Voici un résumé très succinct de son fonctionnement. La diode suivant son sens par rapport à un courant électrique se présente sous deux aspects : **direct et inverse**.

**Direct** : On appelle sens direct ou encore sens passant, celui qui laisse passer le courant (figure 2), il faudra qu'un seuil de 0,65V soit atteint pour que la diode soit passante, (1,5V pour une LED). Le courant traversera la diode de l'anode vers la cathode (anneau de repérage).

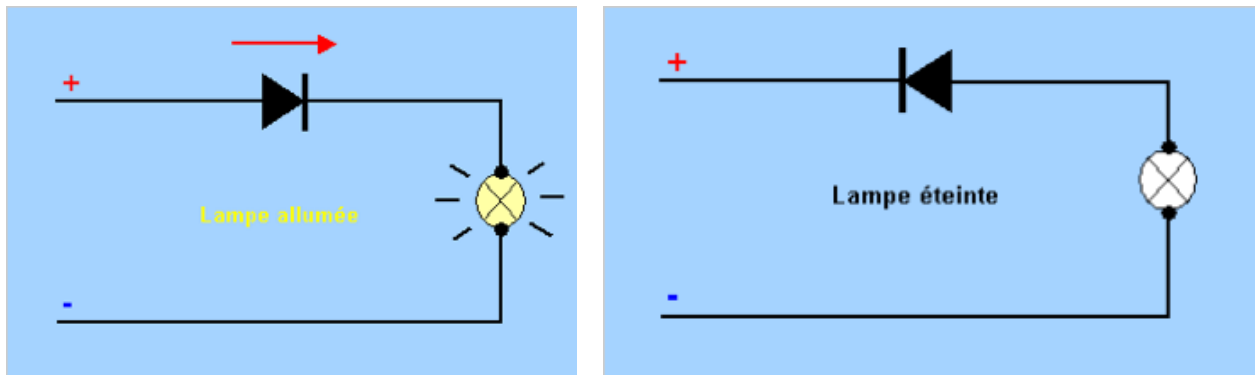


**Inverse** : En sens inverse, la diode se comporte comme un interrupteur ouvert, on dit qu'elle est bloquée c'est-à-dire qu'elle empêche le passage du courant (figure 3). Il faudra veiller à ne jamais dépasser la tension maximale admissible en inverse, sous peine de claquage de la jonction. On voit donc les nombreux avantages que l'on pourra tirer de ce phénomène.



## BRANCHEMENT

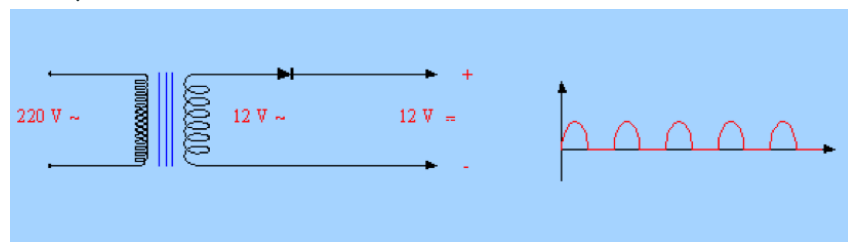
Pour résumer ces explications voici deux schémas très simples qui expliqueront mieux qu'un long discours leur fonctionnement.



On constate que la lampe de la figure 5 s'allume car la diode est branchée en sens direct, alors que la lampe de la figure 6 est éteinte car la diode est branchée en inverse. Le sens du courant (continu) n'ayant bien sûr pas changé.

### Redressement

Hormis le blocage, une diode a aussi pour rôle le redressement du courant alternatif, qui s'opère grâce à ses qualités de semi-conducteur. Considérons le courant secteur de 50Hz qui après avoir été abaissé par un transformateur à 12V traverse une diode. On constate que la diode ne laisse passer que les alternances positives.



### 11.6.4. Diodes Electroluminescent (DEL)

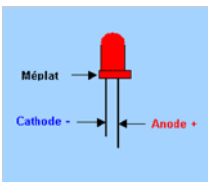


Il n'est plus besoin à ce jour d'expliquer à quoi sert une LED ou DEL (Diode Emitting Light) ou littérairement : Diode à Emission de Lumière. On en trouve sur tous les appareils électroniques, du walkman au lave-linge. Comme une diode, la LED classique, comprend une Cathode et une Anode, son boîtier translucide sera soit incolore, soit coloré. Quant à leur forme, on en trouve des cylindriques, carrées, triangulaires, rectangulaires, leurs faces avant peuvent être plates ou bombées. Leurs tailles aussi sont variables <math><1\text{mm}</math>, 1,8mm, 3mm, 5mm, 8mm, 10mm.... Elles sont de différentes couleurs, les plus classiques étant : Rouge, vert, jaune, orange ; depuis peu, on trouve des bleues et des blanches.

### Emploi des Dels

Elles sont généralement employées comme témoins de contrôle, on les emploie également pour les signaux, les feux de fin de convoi, les animations de ville, (feux tricolores, gyrophares, balisage, simulation de soudure à l'arc....).

## Branchement



La LED étant **polarisée**, on veillera en courant continu à respecter son branchement. En cas d'inversion elle ne s'allumera pas, mais il ne faut pas néanmoins dépasser sa tension inverse qui pourrait la faire claquer. L'anode reliée au + étant repérable par la plus longue patte, un méplat sur le corps de la LED indique la cathode -, (petite patte).

- Pour fonctionner, une LED doit être alimentée sous une tension de 1,6V à 1,8V à ses bornes, le courant la parcourant doit être limité afin d'éviter son claquage. C'est pour cette raison qu'une résistance est toujours placée en série dans son alimentation. Ce courant peut être de 2mA pour des LED dites à faible consommation, mais est en général de l'ordre de 10mA, 20mA pour les plus gourmandes. En cas de doute, on procèdera graduellement.

## Diodes Zener

Le rôle d'une diode zener est de réguler une tension. Dans une diode classique, une brusque élévation de la tension inverse entraîne le claquage de sa jonction à cause de l'élévation excessive de sa température. Par contre, dans une diode zener sa constitution est telle que l'élévation de sa température n'offre aucun risque. On utilise même cette particularité pour obtenir une régulation de tension donnée.

-Deux facteurs déterminent la plage utilisable : aux bas courants, la résistance croît et la tension décroît ; aux forts courants, la limite dépend de la puissance maximale à dissiper.

-Il existe des zeners de toutes tensions normalisées de 2,7 V à 100 V. Il faut par contre que sa puissance 0,5W à 1,3W soit adaptée au montage, sinon elle doit piloter un organe de puissance tel que : transistor, thyristor, relais....Sa tension inverse de claquage sera de 50 V maximum.

-Pour avoir un fonctionnement correct, une zener doit être parcourue par un courant minimal  $I_{min}$ . Celui-ci doit avoir une valeur comprise entre 5% et 10% de  $I_{max}$ . On considère que 5mA est une valeur moyenne correcte suffisante dans de nombreux cas.

**« La diode laisse circuler le courant dans un seul sens alors que le dipôle R le laisse passer dans tous les sens. »**

## EXERCICES D'APPLICATION

I- Si un ventilateur fonctionne sur une différence de potentiel de 110 volts et l'intensité du courant qui le traverse est de 9,5 A Calculer sa résistance ?

**Rép. : 11,58  $\Omega$**

II- On considère une pompe d'eau qui fonctionne sur une tension de 220 volts quand l'intensité du courant qui le traverse est 12,5 A. Déterminer sa résistance ?

**Rép. : 18,33  $\Omega$**

III- Un fer électrique de résistance 15 ohms est traversé par un courant de 8,5 A. quel est la valeur de la différence de potentiel qui peut lui faire fonctionner ?

**Rép. : 127,5 V**

IV- Sur le secteur d'éclairage où il existe une différence de potentiel de 100 volts, on a placé une lampe dans laquelle passent 5 ampères. Quelle est la valeur de sa résistance ? Si la différence de potentiel passe de 100 à 120 volts. Calculer l'intensité du courant qui traverse la lampe.

**Rép. : 20  $\Omega$  ; 6 A.**

# COURANT ALTERNATIF 12

Dans ce chapitre, vous apprendrez à :

- 1) Distinguer le courant continu du courant alternatif.
  - Représenter graphiquement le courant continu.
  - Représenter graphiquement le courant alternatif
- 2) Identifier les grandeurs alternatives.
  - Utiliser un oscilloscope pour déterminer les caractéristiques d'un courant continu ou d'un courant alternatif.
  - Mettre en relation les valeurs efficaces et les valeurs alternatives en courant alternatif.

## Activité 1

Agelaire affirme à Sabine qu'il est possible de visualiser les signaux d'un courant continu ou d'un courant alternatif.

- 1) Etes-vous d'accord avec Agelaire ?
- 2) Si oui, avec quel appareil peut-on réaliser cette visualisation ?
- 3) En réalisant cette visualisation, tracer une figure représentant:

-Un courant continu; -Un courant alternatif sinusoïdal.

## Activité 2

Tony discute avec Gaby sur les courants utilisés en Europe et en Amérique. Il lui dit qu'en Europe, la fréquence du courant utilisé est de 50 Hz et la tension efficace 220V, mais en Amérique, le courant utilisé est de fréquence 60Hz et la tension efficace 110V.

- 1) Etes-vous d'accord avec Tony ?
- 2) Si oui, c'est quoi pour vous la fréquence et la tension efficace d'un courant alternatif ?
- 3) D'après les informations de Tony, quelles sont la période et la tension maximum du courant utilisé:

-En Europe ?

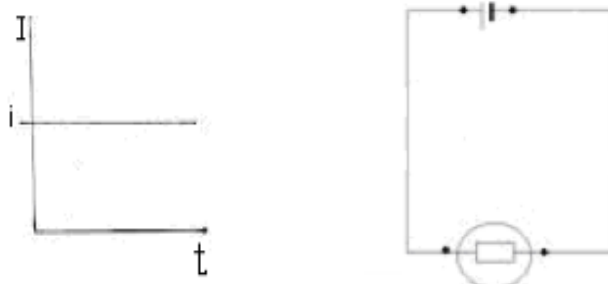
-En Amérique ?



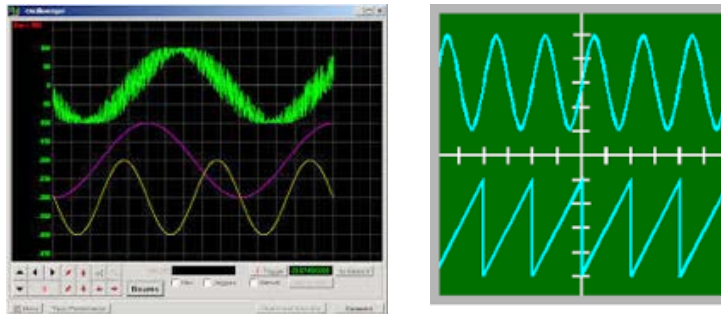
## 12.1. Courant Alternatif

Si on construit une courbe représentant en fonction du temps l'intensité d'un courant électrique, on peut se trouver en présence de plusieurs cas.

1. La courbe se réduit à une droite parallèle à l'axe des temps ; on a alors un courant continu. Son intensité est constante. C'est le cas qui se présente quand un accumulateur débite un courant dans une résistance fixe.



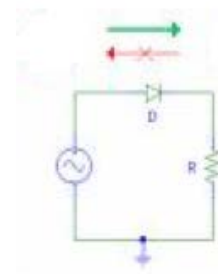
2. La courbe a une forme irrégulière. C'est le cas, quand on ferme un circuit sur une prise dans une maison ou aux bornes d'un alternateur. Une tension alternative varie en fonction du temps, cette variation se fait entre deux valeurs extrêmes constantes. Certains appareils électriques peuvent fonctionner, soit en courant continu, soit en courant alternatif sans problème ; c'est le cas des lampes ou des appareils électro-ménagers



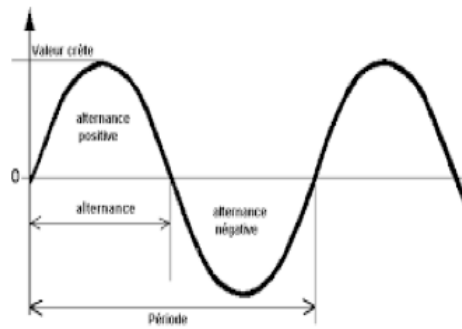
« Les générateurs de courant continu ont deux bornes distincts, différenciés par les signes + et - ou les couleurs rouge (+) et noir (-). »



L'alimentation alternative n'est pas polarisée, il n'y a pas une borne - et une borne +. Les deux bornes sont représentées par la même couleur.



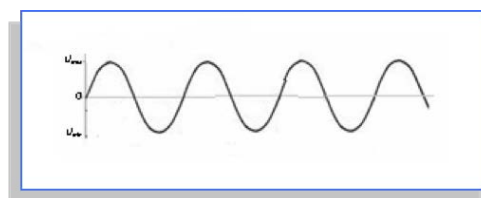
-Le courant alternatif le plus fréquent est celui dont la représentation graphique ressemble à celle de la fonction sinus. On l'appelle « courant alternatif sinusoïdal ». Mais tous les courants alternatifs ne sont pas sinusoïdaux. Il existe des signaux rectangulaires ou en dents de scie.



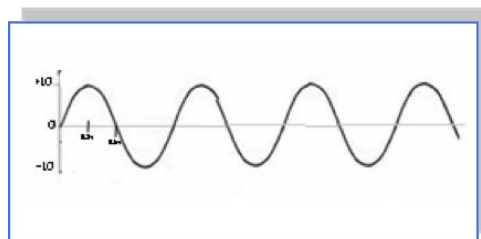
-L'appareil qui permet de déterminer de quel type de courant qu'on est en présence se nomme oscilloscope. L'oscilloscope est un appareil qui permet d'étudier le courant alternatif. Il aide aussi à identifier un courant continu.



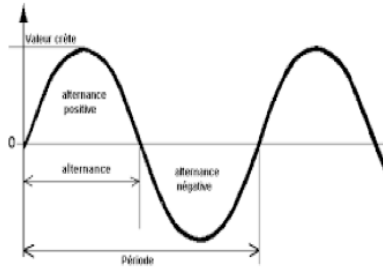
-Pour représenter une tension alternative, il faut connaître la forme du motif élémentaire et sa durée. La tension varie entre la valeur maximale positive et la valeur maximale négative ; sur l'axe horizontal, la tension est nulle.



Une tension alternative varie entre + 10 v et - 10 v. Sa période élémentaire est de 1.2 seconde. L'échelle est 1 cm pour 2 volts sur l'axe vertical et 1 cm pour 0,1 seconde sur l'axe horizontal.



Si on branche un oscilloscope sur une source de courant alternatif, on va avoir une courbe similaire.



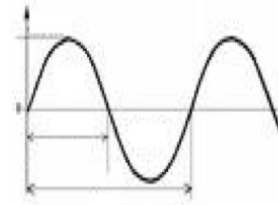
## 12.2. Des grandeurs alternatives

### Tension maximale

La valeur maximale de la tension est la plus grande valeur que peut prendre la tension au cours d'une période. On lit la tension maximale à l'oscilloscope, sur l'axe vertical en comptant les graduations entre l'horizontal et le sommet.

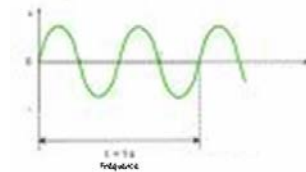
### Période

La période est le temps mis par la tension alternative pour prendre toutes les valeurs susceptibles. Pour mesurer une période sur un oscilloscope, on effectue d'abord les réglages qui permettent de centrer la courbe sur les axes. On compte le nombre de division. La période s'exprime en seconde ou milliseconde (s, ms).



### Fréquence

Le courant alternatif oscille régulièrement entre la phase et un neutre. Le courant du secteur, par exemple, oscille 50 à 60 fois par seconde. La fréquence est le nombre de fois qu'un phénomène se produit en une seconde (Symbole  $f$ , unité Hertz, Hz).



### Relation entre période et fréquence

Les deux grandeurs sont inversement proportionnelles

$$f = \frac{1}{T} \text{ ou } T = \frac{1}{f}$$

Sur un oscilloscope, on visualise la tension alternative maximale. Si on mesure cette même tension alternative à l'aide d'un voltmètre, on relève une valeur constante. C'est la tension efficace. Le rapport entre valeur maximale et valeur efficace est  $\sqrt{2}$

Soit  $U_m$  la valeur maximale, donc :

$$\frac{U_m}{U_e} = \sqrt{2} \quad (1) \quad U_m = \sqrt{2} U_e \quad (2)$$

### Intensité efficace

Similairement aux valeurs efficace et maximale de la tension, il existe une valeur maximale et une valeur efficace pour l'intensité. Si on fait la même expérience, mais en mesurant l'intensité, le rapport entre l'intensité maximale et l'intensité efficace est aussi donc :

$$\frac{I_m}{I_e} = \sqrt{2} \quad (1) \quad I_m = \sqrt{2} I_e \quad (2)$$

Une source de tension alternative a pour valeur efficace 120 volts. Déterminer la valeur maximale :

### Solution

Déterminons la valeur maximale de la tension. En utilisant la formule on a:

$$U_m = \sqrt{2}I \rightarrow U_m = \sqrt{2} \times 120 \rightarrow U_m = 1,41 \times 120$$

$$U_m = 169.2 \text{ V}$$

Un alternateur débite un courant d'intensité maximale 9,5 ampères. Calculer la valeur efficace de l'intensité

### Solution

Calculons la valeur efficace de l'intensité en appliquant la formule :  $I_e = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow I_e = \frac{9,5}{\sqrt{2}} \Rightarrow I_e = \frac{9,5\sqrt{2}}{2} \Rightarrow I_e = \frac{13,395}{2}$

$$I_e = 6,6975 \text{ ampères}$$

## 12.3. Oscilloscope

C'est un instrument de mesure destiné à visualiser un signal électrique variable, on l'utilise également pour visualiser des tensions et autres grandeurs physiques préalablement transformées en tensions.

### 12.3.1. Description

#### L'oscilloscope

L'oscilloscope est un appareil permettant de visualiser les variations d'une grandeur variable dans le temps. Il utilise un faisceau d'électrons pour traduire, par une courbe dessinée sur un écran, des variations de tension. Il y en a deux types : les oscilloscopes analogiques et les oscilloscopes numériques. Dans le tube cathodique de l'appareil, est émis un faisceau d'électrons qui se concentre sur l'écran pour former un « spot » (tache en anglais).

#### Appareil de télévision

L'appareil de télévision fonctionne selon le même principe de base, pour réduire l'encombrement, on a cherché à raccourcir le tube, et pour agrandir l'image, on a augmenté les dimensions de l'écran. Pour obtenir une grande déviation sur une courte distance, on a choisi la déviation magnétique.

#### Description du tube cathodique

Le tube cathodique est constitué de :

- une enveloppe à l'intérieur de laquelle règne un vide très poussé,
- un canon à électrons constitué d'une cathode émissive (tube de Wehnelt),
- une anode accélératrice,
- une anode de concentration (véritable « lentille électronique »),
- des plaques de déviation verticale,
- des plaques de déviation horizontale,
- un écran recouvert intérieurement d'une substance fluorescente.

Remarque. L'oscilloscope se distingue de l'oscillographe par le fait qu'il est dépourvu de dispositif d'enregistrement de l'image.

## 12.3.2. Principe de fonctionnement

### Déviaton d'un faisceau électronique

En l'absence de tension appliquée aux plaques, le spot est situé au centre de l'écran,

- Si une tension continue est appliquée entre les plaques de déviation horizontale, le faisceau d'électrons électriquement négatif, est dévié vers la plaque (D : le spot se déplace vers la droite (ou vers la gauche selon le sens de branchement du générateur);

- De même, si une tension continue est appliquée entre les plaques de déviation verticale, le spot se déplace vers le haut (ou vers le bas selon le sens de branchement du générateur).

### Balayage horizontal : base de temps

La base de temps produit une tension périodique en dent de scie. Pendant la montée de tension, celle-ci imprime au spot un mouvement uniforme de gauche à droite (figure 13). En s'annulant brusquement, la tension provoque le retour rapide du spot vers la gauche : ce retour ne laisse pas de trace sur l'écran. Le mouvement étant rectiligne uniforme, la distance et le temps sont proportionnels : l'axe horizontal joue le rôle d'axe des temps.

### Visualisation d'une tension périodique

Si l'on applique une tension alternative sinusoïdale entre les plaques de déviation verticale, le spot monte et descend alternativement. La composition des deux déviations, horizontale (tension en dent de scie) et verticale (tension à étudier) donne sur l'écran une courbe qui représente, la variation de la tension que l'on souhaite visualiser. Balayage horizontal. Le spot monte et descend. Visualisation d'une tension sinusoïdale

### Utilisation

Pour une utilisation correcte de l'oscilloscope, suivre les consignes dans l'ordre en se référant à la description de la face avant de l'oscilloscope.

### Mise en fonctionnement et préréglage de l'appareil

- L'appareil est relié au secteur (120 V en général) ; un bouton **marche-arrêt** permet de le mettre sous tension, un voyant lumineux s'allume.

- Après quelques instants, le spot lumineux apparait sur l'écran (le temps suffisant pour que la cathode émissive soit portée à une certaine température et qu'il y ait émission d'électrons).

- Si après quelques secondes, le spot n'est toujours pas visible, utiliser le cadrage horizontal et le cadrage vertical pour le ramener sur la partie visible de l'écran.

- En utilisant les boutons concentration (ou focalisation) (qui agit sur l'anode de concentration) luminosité (qui agit sur l'anode accélératrice) réglez la netteté du spot.

- **Le spot ne doit pas rester trop longtemps concentré en un même point : cela finit par détériorer la substance fluorescente de l'écran ;** en agissant sur le bouton base de temps (ou durée de balayage) (qui agit sur les plaques de déviation horizontale), on imprime au spot un mouvement plus ou moins rapide : à faible vitesse, nous voyons le spot se déplacer sur l'écran, si la vitesse de balayage augmente, la persistance des impressions lumineuses permet de voir un trait continu appelé trace.

## Visualisation d'une tension

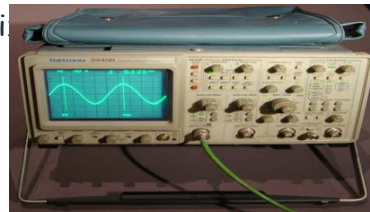
- Sélectionner une entrée (appelée voie) A ou B ;
  - Sélectionner le couplage direct (commutateur sur la position) ;
  - Choisir la sensibilité en V/cm ou mV/cm sur la voie sélectionnée, fonction de la tension à visualiser ;
  - Réaliser le montage en connectant d'abord la masse de l'appareil ;
  - Régler la base de temps de façon à faire apparaître sur l'écran, le nombre de périodes souhaité ;
- Si la courbe est instable, réglez la synchronisation en agissant sur le bouton.

## Visualisation de deux tensions

(Les appareils bicourbes ont deux entrées voies YA et YB : ils permettent de visualiser deux tensions.)

- Sélectionner les deux voies, bouton « A et B »
- Choisissez les sensibilités en fonction des tensions à visualiser.
- Réaliser les branchements de l'oscilloscope.
- La masse étant commune, dans le cas où celle-ci est située entre les deux dipôles aux bornes desquels on veut visualiser les tensions, il est nécessaire d'inverser la tension en YB en agissant sur le bouton « + B ».
- Choisissez les sensibilités en fonction des tensions à visualiser.
- Réaliser les branchements de l'oscilloscope.
- La masse étant commune, dans le cas où celle-ci est située entre les deux dipôles aux bornes desquels on veut visualiser les tensions, il est nécessaire d'inverser la tension en YB en agissant sur le bouton « + B ».
- Procéder au réglage du cadrage horizontal.

Signal d'un courant alternatif



## EXERCICES D'APPLICATION

1. Soit la source de tension alternative suivante :  $U_m = 100$  volts,  $T = 0,5$  ms. Calculer  $U$  et  $F$ .

**Rép : 70,7 V ; 2000 Hz**

2. On considère un secteur d'éclairage qui a les caractéristiques suivantes : tension maximale 210 volts, intensité efficace 12,5 ampère fréquence 50 Hz. Calculer :

- a. la tension efficace ?
- b. l'intensité maximale ?
- c. la période ?

**Rép : 148,5 V ; 17,67 A ; 0,02 s.**

3. Certaines maisons sont alimentées en biphasé donc la tension est 220v. Quelle est alors la valeur maximale ? Sachant que la période d'un signal électrique alternatif est égale à 0,0225s. Quelle est sa fréquence ? Sur la plaque d'un appareil électrique, on trouve les inscriptions suivantes : 120v, 60Hz. Donner la signification du symbole Hz et la valeur 60.

**Rép : 311 V ; 44,4 Hz ; Hz signifie Hertz, l'unité de la fréquence ; 60 est la valeur de la fréquence ou le nombre de période par seconde.**

# INSTALLATION ELECTRIQUE DOMESTIQUE

## 13

Dans ce chapitre, vous apprendrez à :

- 1) Réaliser de manière expérimentale, une installation électrique domestique.
  - Comprendre le circuit d'une lampe de poche.
  - Associer des appareils en série ou en dérivation.
- 2) Expliquer le rôle des différents composants d'une installation domestique courante.
  - Distinguer le neutre de la phase ;
  - Rechercher les causes d'un court-circuit ;
  - Respecter les consignes de sécurité.
- 3) Evaluer l'intensité efficace traversant un appareil alimenté par le secteur à partir de sa puissance nominale.



## Activité 1

Le père de Jacques a une lampe de poche qui fonctionne avec quatre piles. Jacques constate qu'il y a une seule façon de monter les piles pour que la lampe s'allume.

- 1) Expliquer alors le branchement des piles. Justifier votre explication par un schéma.
- 2) Les piles sont donc placées en série ou en parallèle ?

## Activité 2

Pour la Noël, Evens a utilisé un jeu de 24 ampoules de Noël pour faire la décoration du salon. Quelques jours après, il a constaté que 6 des ampoules ne s'allument pas. Quoiqu'il les ait enlevés du jeu, les 18 autres ampoules continuent de s'allumer.

- 1) Expliquer pourquoi les 18 peuvent s'allumer en absence des 6 autres.
- 2) Les ampoules sont-elles placées en série ou en parallèle ?
- 3) Si l'absence d'une des 24 ampoules empêchait aux autres de s'allumer, comment ces ampoules seraient-elles branchées ?

## Activité 3

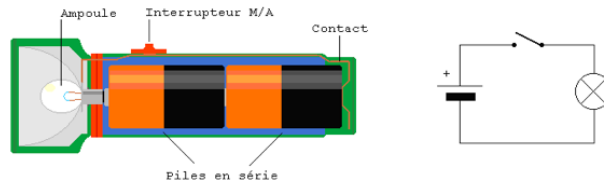
Daniel tient une ampoule à filament entre ses mains. Sur l'enveloppe il lit les informations suivantes : 60 watts et 110 volts, ce sont des valeurs nominales.

- 1) Que veulent dire ces valeurs nominales ?

Calculer l'intensité efficace qui traverse cette ampoule lorsqu'elle s'allume normalement.

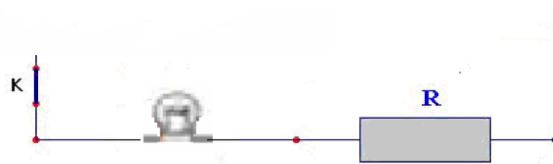
13. Montage

13.1.1. En série



Le circuit électrique d'une lampe de poche comprend de piles montées en série, une lampe et un interrupteur.

Dans une lampe de poche, pour que la lampe s'allume, il faut que le circuit soit fermé. S'il est ouvert la lampe ne s'allume pas. Dans ce circuit les appareils sont montés en série. Des appareils sont montés en série si la borne positive de l'une est en contact à la borne négative de l'autre. Ils sont traversés par la même intensité de courant.



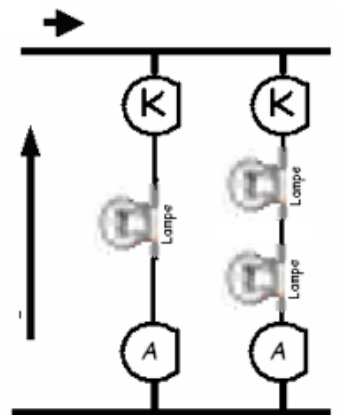
13.1.2. En parallèle

Considérons le circuit de la lampe de poche auquel on ajoute un circuit branché comprenant en série une lampe, un interrupteur  $K_2$  et un ampèremètre  $A_2$

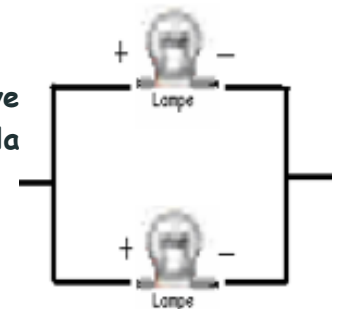
-Si on ferme les deux interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$ , on constate que les trois lampes s'allument, mais l'ampèremètre indique des intensités différentes. La lampe qui se trouve dans la première branche brille mieux et l'ampèremètre de cette branche indique une plus grande intensité.

-Si on ouvre l'interrupteur  $K_1$  les deux lampes de la seconde branche s'allument et l'ampèremètre  $A_2$  indique la même intensité que  $A_1$ .

-Si on ferme  $K_1$  et on ouvre  $K_2$ , on constate que la lampe s'allume comme dans le premier circuit et l'intensité du courant est égale à la même valeur dans le circuit de la lampe de poche.

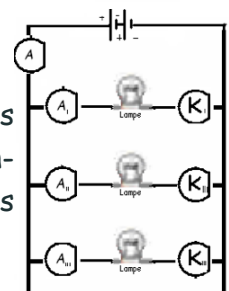


**"Deux appareils sont montés en parallèle quand leurs bornes positive et négative sont reliées entre eux. Ils ne sont pas traversés par la même intensité, mais la tension est la même."**



-Si dans le circuit on enlève  $L_3$  et on le place en parallèle avec  $L_2$  comme l'indique le schéma

-Si on ferme les trois interrupteurs, on constate que les trois lampes s'allument de la même façon et les ampèremètres indiquent la même intensité. Mais l'ampèremètre  $A$  indique une plus grande intensité et vaut trois fois l'une des intensités d'une branche.



$$I_A = 3I_{A1}$$

Comme  $I_{A1} = I_{A2} = I_{A3}$

$$I_A = I_{A1} + I_{A2} + I_{A3}$$

**“Dans un circuit parallèle ou (montage parallèle) l'intensité dans la branche principale est la somme des intensités de chaque branche.”**

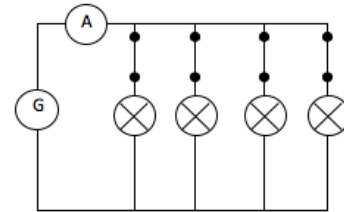
Considérons un circuit parallèle contenant deux branches ACB et ADB. Une branche contient une lampe L et l'autre un dipôle R. L'intensité du courant indiquée par l'ampèremètre dans la branche ABC est 4,5 ampères et celle de la branche ADC 3 ampères. Calculer l'intensité du courant de la branche principale ?

### Solution

Calculons l'intensité du courant de la branche principale.

En utilisant la formule  $I_A = I_{A1} + I_{A2}$ , on obtient  $I_A = 4,5 + 3$  ; d'où :  $I_A = 7,5$  ampères

Dans le montage ci-contre, les appareils sont montés en dérivation (parallèle). L'ampèremètre mesure l'intensité délivrée par la source de courant, dans ce cas, le générateur. Lorsqu'on ferme successivement les interrupteurs on constate une augmentation de l'intensité. Plus on allume d'appareils plus l'intensité du courant est importante. Si l'on ouvre certains interrupteurs, certains appareils s'éteignent et l'intensité totale délivrée par le générateur diminue à nouveau. Ce principe est la même pour les installations domestiques où les appareils sont branchés en parallèle, qu'il s'agisse des TV, des radios, des ventilateurs, des fers à repasser etc. Si on utilise simultanément les appareils, l'intensité totale est très importante, d'où la nécessité d'en limiter la valeur avec un disjoncteur. La tension quant à elle reste toujours la même soit 110 volts environ.



### Exemple

Dans une installation domestique, on relève l'intensité dans différents appareils en train de fonctionner. On obtient les valeurs suivantes.

- Fer à repasser : 10 A
- Lampes : 2.5A
- TV : 3.5 A
- Réchaud électrique : 10 A

Quelle la valeur de l'intensité totale ?

### Solution

Déterminons l'intensité totale. Utilisons la formule :  $I = I_1 + I_2 + I_3$  on obtient donc :

$$I = 10 + 2,5 + 3,5 + 10 \qquad I = 26 \text{ ampères}$$

### Question

- 1) Comment sont branchés les appareils électriques dans une maison ?
- 2) Comment évalue l'intensité totale quand on branche de plus en plus d'appareils ?
- 3) Comment évalue la tension quand on branche beaucoup d'appareils simultanément ?

## Exercice

Dans une maison, on relève l'intensité dans différents appareils en état de fonctionnement. On obtient les valeurs suivantes :

- Ordinateur : 4.5 ampères
- Réfrigérateur : 7.5 ampères
- Radio CD, cassette : 3.5 ampères
- Four électrique : 10 ampères
- Air conditionné : 8.5 ampères

- 1) Calculer l'intensité totale du courant si tous les appareils sont branchés ?
- 2) Calculer l'intensité totale si on débranche l'ordinateur et le four électrique ?
- 3) Si on branche un lecteur de DVD d'intensité 2.5 ampères pendant que tous les appareils fonctionnent. Que va-t-il se passer ?

## **13.2. Mesure de Sécurité**

### **13.2.1. Les risques**

Les risques liés au courant électrique sont de trois ordres : brûlure, électrocution, électrisation.

- Brûlure : Les brûlures plus graves peuvent être générées par des électrisations importantes, contact en haute tension avec courant important par exemple, ce cas ne nous concerne donc pas.
- Electrocutation : C'est le cas le plus grave, c'est comme une électrisation, mais à haut niveau. Elle contracte les muscles par téτανisation accompagnée de brûlures et entraîne la mort. Elle est généralement provoquée par des tensions et intensités élevées, mais peut être aussi causée par du 220V dans certaines conditions.
- Electrisation : On appelle électrisation, le fait que le courant traverse une partie du corps humain, ce que les électriciens appellent communément " prendre la bourre ". Ce fait est généré par le contact d'une partie du corps avec un potentiel, généralement une phase du secteur. Le courant cherchant à " rejoindre " la terre, le courant traversera donc la partie en contact jusqu'à retrouver le chemin de la terre ou une autre phase. L'électrisation provoquera une forte téτανisation des muscles traversés, avec une sensation de brûlures. Deux cas peuvent alors se produire, soit une contraction sur le contact, soit une brutale répulsion.

### **13.2.2. Facteurs Aggravants**

Tout ce qui peut faciliter le retour vers la terre, une autre masse ou une phase :

La tension en cause :

un carrelage ou une moquette	Parties métalliques proches
mains ou parties du corps humides en contact	Sol humide

Il y a des cas plus dangereux que d'autres, un carrelage est plus néfaste qu'une moquette par exemple.

## 13.2.3 Protection des Personnes

- **Mise à la terre des parties métalliques** : exemple : si vous réalisez un pupitre de commande ou un TCO en métal, il est recommandé de connecter toutes ses parties métalliques entre elles et de les relier à la terre de votre installation domestique, via une prise de courant par exemple. Il en sera de même pour les transformateurs 110/12V ou 110/24V. En règle générale, tout coffret ou équipement électrique conducteur abritant du 110V.
- **Emploi de disjoncteurs différentiels** : Un disjoncteur dit différentiel mesure comme son nom l'indique une différence de courant, c'est à dire que le courant le traversant " à l'aller " doit être égal à celui de " retour ". Si ce n'est pas le cas c'est que le courant " s'évade " vers la terre, dans ce cas le disjoncteur ne retrouve pas son compte et coupe le circuit sur défaut d'isolement. Ce courant est en général de 500mA pour un disjoncteur d'arrivée générale, de 30mA pour la distribution éclairage et prise de courant, il peut descendre jusqu'à 10mA pour alimenter par exemple de l'outillage électroportatif en extérieur.
- **Courant de sécurité** : On considère qu'un courant inférieur à 24V est dit de sécurité.  
-Il peut être employé sans grand risque pour l'utilisation de matériel électroportatif (perceuses, baladeuses, éclairage).

# SOURCES LUMINEUSES 14

Dans ce chapitre, vous apprendrez à :

- 1) Distinguer les différentes sources de lumière.
- 2) Expliquer les phénomènes de phases lunaires et d'éclipses.
- 3) Représenter les différents types de faisceau lumineux.
- 4) Étudier le comportement des corps face à la lumière.

## **Activité 1**

Joseph et Maxo discutent des corps et phénomènes célestes. Joseph affirme qu'il n'y a pas d'étoiles dans le ciel pendant la journée et que la Lune produit de la lumière le soir, comme le Soleil produit de la lumière le jour. Maxo, de son côté, affirme que tout ce qu'on voit le soir dans le ciel sont des étoiles à part la Lune, puis les étoiles sont plus petites que la Lune et le Soleil, et qu'elles produisent de la lumière différemment.

- 1) Etes-vous d'accord avec Joseph ? Sinon, corriger ses erreurs.
- 2) Etes-vous d'accord avec Maxo ? Sinon, corriger ses affirmations.
- 3) Classer en sources lumineuses primaires et sources lumineuses secondaires, les sources suivantes: soleil, lune, étoile, planètes, satellites, ampoules, phosphore, plume, lave de volcan, flamme, arbre.

## **Activité 2**

George dit à sa sœur Emilie qu'il aimerait que la lumière traverse les murs pour voir ce qui se trouve après. Emilie lui demande que dit-on de ces corps, comme le mur, qu'on ne peut voir à travers? Et les corps, comme une vitre, qu'on voit clairement à travers.

- 1) Répondre à Emilie à la place de Georges.
- 2) Existe-t-il d'autres corps après ces deux-là ? Si oui, lesquels ?

## **Activité 3**

Le soleil émet de la lumière, les phrases d'automobiles aussi.

- 1) Quelle différence y a-t-il entre ces deux faisceaux lumineux ?
- 2) Existe-t-il un autre type de faisceau lumineux ? Si oui, lequel ?

**14. Les différentes sources de lumière**

-Une source lumineuse est un corps qui envoie ou renvoie de la lumière à nos yeux. En ce sens, tout corps visible est une source de lumière. Les corps lumineux par eux-mêmes, comme les étoiles, la flamme d'une bougie, une lampe électrique allumée sont des sources lumineuses primaires.

-Les sources lumineuses secondaires ne produisent pas leur propre lumière. Elles renvoient à nos yeux une partie de la lumière qu'elles reçoivent d'une source primaire. C'est le cas des planètes, de la lune et de tous les objets visibles qui nous entourent.

**14.1. Corps opaques, transparents, translucides**

- Un corps opaque ne laisse pas passer la lumière.

Exemple : un mur, une porte en bois

- Un corps transparent laisse passer la lumière et laisse voir la forme des objets.

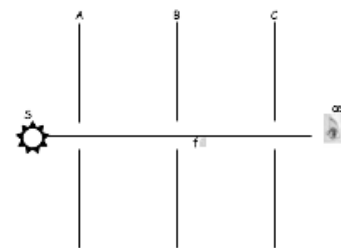
Exemple : le verre, l'eau, etc.

- Un corps translucide laisse passer une partie de la lumière et ne permet pas de voir la forme des objets. Exemple : verre dépoli, certains corps en plastique, etc.

Notons que les corps transparents et translucides finissent par devenir opaques sous une épaisseur importante : ainsi l'eau devient opaque à partir de 100 mètres d'épaisseur. De même, un corps opaque très mince peut laisser passer la lumière : une feuille d'or d'épaisseur 0,01 cm laisse passer une lumière verte. L'argent déposé en couche très mince sur le verre laisse passer une lumière violette.

**14.2. Propagation rectiligne de la lumière**

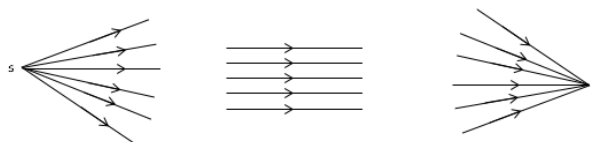
Prenons trois cartons A, B, C, percés chacun d'un petit trou. A l'aide d'un fil tendu, nous pouvons vérifier que les centres des trous sont en ligne droite. On peut observer au travers de ces trous, une source lumineuse S et en déplaçant l'un quelconque des trois cartons, S n'est plus visible.



Cette expérience montre que la lumière se propage en ligne droite dans l'air. Il en est de même dans le verre, dans l'eau et dans tout autre milieu transparent, homogène et isotrope.

**14.2.1. Rayons lumineux - Faisceaux lumineux**

Chaque ligne droite suivie par la lumière est un rayon lumineux. Cette ligne droite est un ensemble de particules appelées photon, de masses et de charges nulles. Un ensemble de rayons lumineux peut être un faisceau divergent, parallèle ou convergent.



Le faisceau est divergent quand les rayons lumineux partent d'un même point S. Il est convergent quand les rayons se dirigent vers un même point S.

Retenons qu'un faisceau de rayons venant d'une source éloignée est parallèle ou cylindrique. Les phares avant d'une voiture émettent des rayons divergents.



1. Citez 4 sources de lumière primaires et 4 sources de lumière secondaires.
2. Expliquez pourquoi les planètes sont des sources de lumière secondaire.
3. Expliquez ce qui se passe lorsqu'un rayon lumineux frappe un miroir plan.
4. Vérifier expérimentalement qu'un rayon lumineux qui passe de l'air dans l'eau change en général de direction. Dans quel cas, la direction ne change pas ?
5. Observer un matin, un faisceau de rayons solaires qui ont pénétré dans une chambre obscure par une petite ouverture, puis jeter de la fumée dans le jet de lumière pour le rendre plus visible. Dites la nature du faisceau observé.
6. Faire tomber, en plein midi, sur l'une des faces d'une loupe, un faisceau de rayons solaires et placer du côté de l'autre face, parallèlement et tout près d'elle, une feuille de papier. Rechercher la position pour laquelle la tache lumineuse sur le papier est plus nette et intense. Observer ce qui se passe après quelques minutes. Qu'est-il arrivé au faisceau venu du soleil ?
7. Observer le soir les faisceaux de rayons lumineux émis par les phares d'une voiture. Quelle est leur nature ?
8. Représenter après observation :
  - a) Un rayon lumineux qui passe de l'air dans l'eau sous un angle de  $90^\circ$  (incidence normale)
  - b) Un rayon lumineux qui passe de l'air dans l'eau presque parallèlement à la surface de l'eau (rayon rasant)
9. Un projecteur situé au fond d'une piscine est réglé de façon que le faisceau lumineux fasse un angle de  $60^\circ$  avec la normale à la surface. Expliquez après observation, ce qui se passe. Faites la même expérience quand l'angle a pour valeur  $48^\circ$

# APPAREILS IMAGEURS 15

Dans ce chapitre, vous apprendrez à :

- 1) Identifier les appareils imageurs.
- 2) Catégoriser les lentilles.
- 3) Représenter conventionnellement une lentille.
- 4) Représenter l'image d'un point lumineux à travers un instrument.

## Activité 1

Ludnie utilise une loupe pour capter la lumière du soleil et fixer cette lumière sur une feuille de papier. Elle voit d'abord apparaître un petit disque lumineux sur le papier.

- 1) Que représente ce disque lumineux ?
- 2) Le faisceau lumineux du soleil capté par la loupe est transformé en quel type de faisceau : convergent ou divergent ?

Elle voit ensuite que le papier change de couleur et commence par s'enflammer.

- 3) Expliquer alors ce qui s'est passé.

## Activité 2

Sacha vient en classe avec des pellicules déjà développées. Elle montre à ses amies les images gravées sur les pellicules. Christophe, de son côté, a apporté sa caméra numérique et présente à ses amis les images prises la veille lors d'une fête.

- 1) Expliquer clairement comment a-t-on pu graver ces images sur les pellicules.
- 2) A travers la caméra numérique y-a-t-il des pellicules ? Si non, comment les images se sont-elles enregistrées dans la caméra numérique ?

## Activité 3

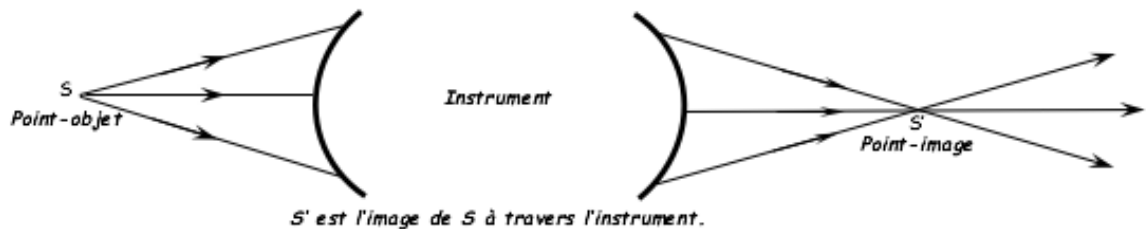
En fixant un œil de Claude, Aliette affirme qu'elle voit son image dans son œil. Et Claude à son tour vérifie ce qu'a dit Aliette et voit aussi son image dans l'œil d'Aliette.

- 1) Explique comment est-ce possible

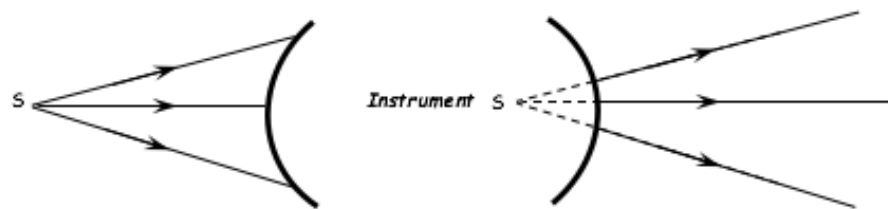
**15.1. Image d'un point lumineux à travers un instrument**

L'image d'un point  $S$  à travers un instrument d'optique (miroir, lentilles, lames, etc.) est le point  $S'$  où se coupent, après avoir traversé l'instrument, les rayons issus de  $S$ .

L'habileté de l'opticien consiste à trouver des dispositifs qui transforment un faisceau issu d'un point en un autre faisceau passant par un point. Ainsi, des faisceaux divergents peuvent devenir convergents ou parallèles et ainsi de suite.



Ainsi, dans la figure le faisceau lumineux issu du point  $S$  traverse l'instrument et sort transformé en un faisceau convergent dont tous les rayons se coupent réellement en un point unique  $S'$  : le point  $S'$  est l'image du point  $S$  à travers l'instrument.

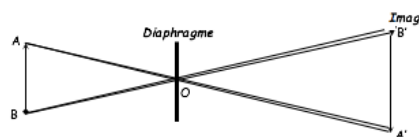


Le point  $S'$  où se rencontrent les prolongements des rayons est l'image de  $S$  à travers l'instrument.

**15.1.1. Images données par les petites ouvertures**

Considérons une salle obscure, où la lumière arrive par un petit trou. On peut voir se dessiner sur le mur une image renversée des arbres, quand ils sont fortement éclairés.

De même, dans une lanterne plaçons une bougie et laissons une petite ouverture à l'avant de la lanterne. On observe l'image renversée de la bougie sur le mur. Ce phénomène s'explique par la marche rectiligne des rayons lumineux.



- Images données par les petites ouvertures  
A cause de la propagation rectiligne, le point lumineux  $A$  ne peut envoyer de la lumière au travers du diaphragme, que dans la direction  $AOA'$ .  $B$  ne peut en envoyer que dans la direction  $BOB'$ . On a donc une image renversée.

Cette propriété des petites ouvertures est utilisée dans le sténopé, appareil photographique sans lentille. Sa partie antérieure est formée d'un diaphragme percé d'un petit trou. Les images fournies par le sténopé ne subissent pas certaines observations que donnent les

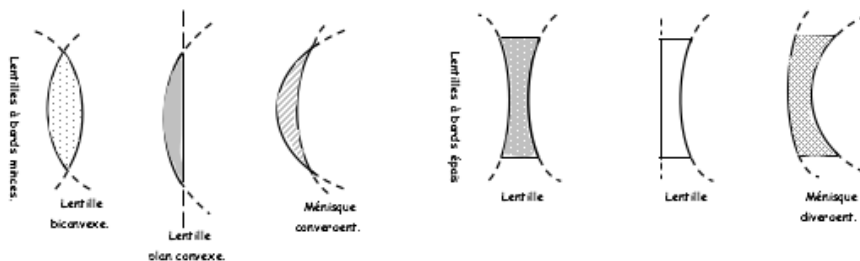
lentilles. Par contre, le temps de pose est extrêmement long.

## 15.2. Lentilles

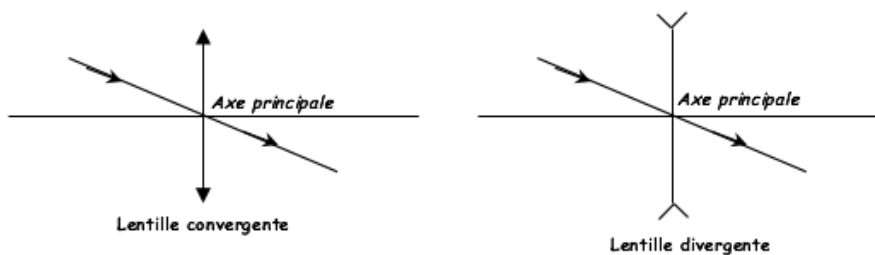
### 15.2.1. Définition et Catégories de lentilles

Une lentille est un milieu transparent limité par deux surfaces courbes, ou par une surface courbe et une surface plane.

- Si les surfaces courbes sont des portions de sphère, on a une lentille sphérique.
- Si les surfaces courbes sont des portions de cylindre, on a une lentille cylindrique.
- Si l'épaisseur de la lentille est plus petite sur les bords qu'au centre, on l'appelle lentille convergente.
- Si la lentille est plus épaisse sur les bords qu'au centre, on l'appelle lentille divergente.



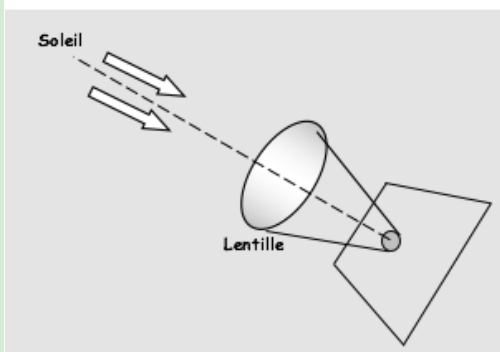
### 15.2.2. Représentation conventionnelle d'une lentille



Toute droite passant par le centre optique, autre que l'axe principal, est un

- L'axe principal est la droite qui passe par les deux centres de courbure. Dans le cas où l'une des faces est plane, l'axe principal est perpendiculaire à cette face.
- Le centre optique d'une lentille est le point de rencontre de cette lentille supposée infiniment mince, avec son axe principal.
- Dans une lentille infiniment mince, tout rayon passant par le centre optique traverse la lentille en ligne droite.

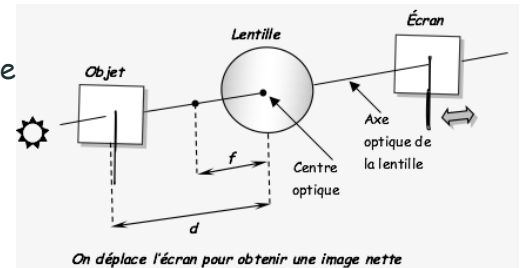
**15.2.3. Distance focale d'une lentille convergente**



La principale caractéristique d'une lentille est sa distance focale. Dans le cas d'une lentille convergente, pour l'obtenir, il suffit de placer la lentille face au soleil (ou d'une lampe très éloignée) et derrière la lentille une feuille de papier, jusqu'à obtenir une tâche lumineuse la plus petite possible. La distance entre le centre optique et cette tâche lumineuse est la distance focale :  $f$ . Au point de convergence du faisceau, le papier s'enflamme.

**15.2.4 Image donnée par une lentille convergente sur un écran**

- 1- L'objet doit être perpendiculaire à l'axe principal
- 2- La distance entre l'objet et la lentille doit être supérieure à la distance focale



On obtient une image renversée par rapport à l'objet.

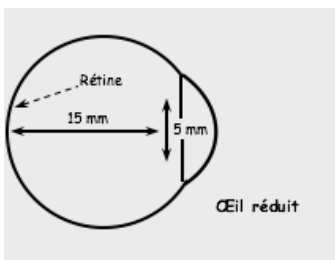
Si on éloigne l'objet il faut rapprocher l'écran de la lentille pour que l'image soit nette. Si l'objet est à l'infini (très éloigné), l'image se forme à une distance de la lentille égale à la distance focale. On peut observer directement l'image d'un objet en regardant à travers la lentille.

**-Règle de sécurité**

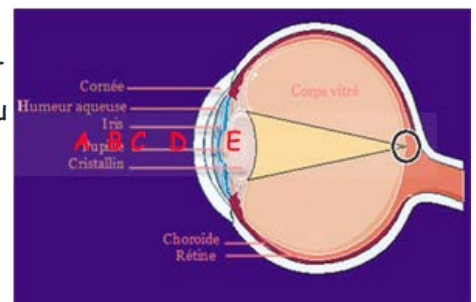
- Il ne faut jamais regarder à travers une lentille une source lumineuse très intense : soleil, lampe électrique, laser.

**15.3. L'Oeil**

L'œil est composé de plusieurs milieux transparents, il ressemble à un appareil photographique dont la rétine serait la pellicule sensible. Pour un objet éloigné, le cristallin est au repos. L'image se forme sur la rétine pour un objet proche,



le cristallin se courbe davantage et l'image se forme encore sur la rétine : c'est l'accommodation. On peut globalement assimiler l'œil à une lentille convergente dont le centre optique serait fixe et se trouverait à environ 15 mm en avant de la rétine et à 5mm en arrière de la cornée transparente.



**15.4. Appareils imageurs**

Ce sont des appareils qui permettent d'obtenir sur un écran, à l'aide de lentilles, l'image de l'objet sur lequel on fait la mise au point.

-Pour les appareils photographiques, l'écran est une pellicule contenant des sels d'argent.

-Les appareils très modernes (appareils photographiques numériques, caméscopes, Webcam) ont un écran constitué d'un capteur C.C.D. (Coupled Charge Device) comprenant environ 1 million

de petits récepteurs appelés pixels. Chaque récepteur transforme la lumière reçue en signal électrique qui est enregistré dans la mémoire de l'appareil ou sur le disque dur d'un ordinateur. Pour obtenir une image nette, on utilise un ensemble de plusieurs lentilles convergentes qui constitue l'objectif.

### EXERCICES D'APPLICATION

1. Sur un mur, se forme dans une chambre obscure, l'image d'un arbre sur une certaine hauteur. Les rayons lumineux arrivent par un petit trou distant de 5m du mur. Sachant que l'arbre est à 50 mètre du trou, quelle est la hauteur photographique, si celle de l'image est 20cm. N.B. Les hauteurs sont proportionnelles aux distances.

**Rép :** 2 mètres

2. On utilise un sténopé pour photographier une personne de hauteur 180cm placée à 4m de l'appareil. Sachant que le diaphragme est à 20cm de la pellicule, quelle est la grandeur de l'image ?

**Rép :** 9 cm

3. Comment peut-on trouver la distance focale d'une lentille convergente ? Qu'appelle-t-on alors distance focale d'une lentille convergente ?

**Rép :** i) En formant l'image d'un objet très éloigné (à l'infini) (expérience Loupe-Soleil) ; l'image se forme dans le plan focal image de la lentille dont la distance à la lentille représente la distance focale de cette lentille.

ii) la distance focale d'une lentille est alors la distance du centre optique au foyer principal image.

4. On veut former sur un mur, l'image d'un arbre très éloigné, à travers une lentille convergente.

a) Comment doit-on placer la lentille ?

b) L'image est-elle droite ou renversée ?

**Rép :** a) Parallèlement à l'arbre. b) L'image est renversée.

5. Une lentille a pour distance focale 40cm. Peut-on observer à travers cette lentille, sur un écran l'image d'un objet qui s'y trouve à 35cm.

**Rép :** L'image est virtuelle et ne peut être recueillie sur un écran





