

# COURS DE PHYSIQUE ET CHIMIE DE LA

## 2<sup>nd</sup>e INDUSTRIELLE et ESF

« Ce cours est subdivisé en deux parties »

### PARTIE A : CHIMIE

**HABILETE COGNITIVE : STRUCTURE DE LA MATIÈRE, PREVOIR, ANALYSER ET INTERPRETER LES PHENOMENES CHIMIQUE**

**Catégorie d'action : INTERPRETER LES CHANGEMENTS PHYSICO-CHIMIQUE**

#### SEQUENCE1 : LA STRUCTURE DE L'ATOME

##### LEÇON 1 : LE NUAGE ELECTRONIQUE

**Activité : Mise en évidence du noyau atomique : Expérience d'Ernest Rutherford (1911)**

Les substances qui nous entourent sont constituées de particules infiniment petites appelées les **atomes**. Ces particules invisibles au microscope ordinaire sont assimilables à des sphères dont le rayon varie entre 50 et 300 pico mètre (pm) ( $1\text{pm} = 10^{-12}\text{m}$ ,  $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ ,  $1\text{mm} = 10^{-6}\text{m}$ ,  $1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$ ,  $1\text{fm} = 10^{-15}\text{m}$ ).

**Activité : (P 245)** La figure ci-dessous représente le dispositif d'une expérience réalisée par **d'Ernest Rutherford en 1911**. Dans ce dispositif, une mince feuille d'or est bombardée par un faisceau de particule  $\alpha$  qui sont des noyaux d'hélium chargés d'électricités positive. (**Schéma ci-dessous**). **En vous servant de l'activité ci-dessus et du schéma ci-dessous, répondre aux questions suivantes :**

**Questions :**

1. En combien de parties se subdivise le rayon incident de la particule  $\alpha$  qui entre en contact avec la mince feuille d'or ?

2. Comparer le nombre de particule  $\alpha$  du rayon incident au nombre de particule  $\alpha$  de chaque partie.

Quelle conclusion pouvez-vous tirer ?

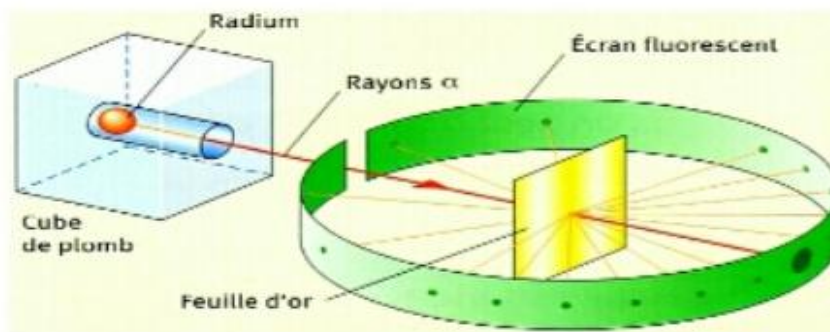
3. Comment peut-on expliquer que certaines particules soient déviées après la traversée de la feuille d'or ?

4. Comment peut-on expliquer que certaines particules soient parfois renvoyées vers l'arrière ?

### 1. Le noyau de l'atome

#### a) Description

Entre une **source radioactive** émettant des particules chargées d'électricité positive (particules  $\alpha$  qui sont des noyaux d'hélium  $He^{2+}$ ) et un **écran fluorescent**, plaçons un **diaphragme** afin de canaliser les rayonnements, depuis leur sortie de la source jusqu'à l'écran.



Expérience de Rutherford.

#### b) Observation

- En absence de la feuille d'or, on observe sur l'écran une **tache centrale très brillante**.
- En présence de la feuille d'or, on observe sur l'écran **une tache centrale brillante et d'autres taches lumineuses de moindres importances** dues à la fluorescence provoquée par l'impact des particules  $\alpha$ .

#### c) Interprétation

La présence d'une tache centrale très brillante montre que la plupart des particules  $\alpha$  traversent la feuille d'or sans déviation, donc ne rencontrent pas d'obstacle. Il existe donc dans la matière de grands espaces vides. On dit que la matière a **une structure lacunaire**. La déviation de certaines particules  $\alpha$  s'explique par la présence, dans la feuille d'or, de corpuscules chargés d'électricité positive qui repoussent les particules passant à proximité. Ces particules sont appelées **noyaux atomiques**.

La matière étant électriquement neutre, les atomes qui la constituent le sont aussi ; on admet alors la présence dans la matière de corpuscules d'électricités négatives appelés **électrons**, ceux-ci gravitent autour du noyau.

#### d) Conclusion

L'atome est électriquement neutre et comprend deux parties :

- Une partie centrale appelée noyau et chargée d'électricité positives.
- Une partie superficielle contenant des électrons chargés d'électricité négative.

## 2. DIMENSION ET MASSE DU NOYAU

### 2.1. Les dimensions du noyau

Les atomes sont des sphères dont le rayon est de l'ordre de  $10^{-10}$ m tandis que les rayons des noyaux atomiques sont de l'ordre de  $10^{-15}$ m. Exemple :  $r_H = 0,53 \cdot 10^{-15}$ m .

### 2.2. La masse du noyau

Puisque la matière contient de grands espaces vides, toute la masse de l'atome est pratiquement concentrée dans son noyau. Le noyau atomique a pratiquement la même masse que l'atome.

### 2.3. Les constituants du noyau

Le noyau est constitué des particules appelées nucléons. Ces nucléons sont de deux types : les **protons** et les **neutrons**.

- Les protons sont chargés d'électricité positive, la charge d'un proton élémentaire est  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  kg. Sa masse vaut  $1,67 \cdot 10^{-27}$  kg ;  $q_p = + 1,6 \cdot 10^{-19}$  C ;  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg
- Les neutrons sont des particules neutres c à d qu'elles ne portent pas des charges électriques. La masse d'un neutron est sensiblement égale à celle d'un proton.  $q_N = 0$  ;  $m_N = m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg

## 3. STRUCTURE DE L'ATOME

### 3.1. Représentation Conventiennelle du Noyau Atomique : Notion D'isotopes

Le noyau atomique est caractérisé par son nombre de charge (Z) et par son nombre de masse (A). Par convention, on représente le noyau d'un atome par le symbole X de l'élément correspondant à gauche duquel on place le nombre de masse en haut et le nombre de charge en bas.  ${}^A_Z X$  **Exemple** :  ${}^{12}_6 C$  ;  ${}^{14}_7 N$  ;  ${}^{35}_{17} Cl$  ;



**Activité** : La représentation ci-dessous est un extrait d'une case du tableau de classification périodique

${}^{12}_6 C$  . Donner la signification du nombre 12, du chiffre 6 et de la lettre C

On appelle **isotopes** d'un élément les atomes de cet élément qui ont le même numéro atomique Z mais de nombres de masse A différents. Ces noyaux possèdent donc le même nombre de protons mais leur nombre de neutrons sont différents. **Exemple** : isotope de l'élément carbone :  ${}^{12}_6 C$  ;  ${}^{13}_6 C$

isotope de l'élément hydrogène :  ${}^1_1 H$  ;  ${}^2_1 H$  ;  ${}^3_1 H$  .

### 3.2. Nombre de charge, nombre de masse

#### a) Nombre de charge (Z)

Le nombre de charge encore appelé numéro atomique est égal au nombre de proton contenu dans le noyau ; c'est aussi égal au nombre d'électron. Un élément chimique est défini par son numéro atomique.

b) Nombre de masse (A)

Il est égal au nombre de nucléons contenu dans le noyau.

**N.B.** soit N le nombre de neutron,  $A = Z + N$

3.3. La masse d'un atome

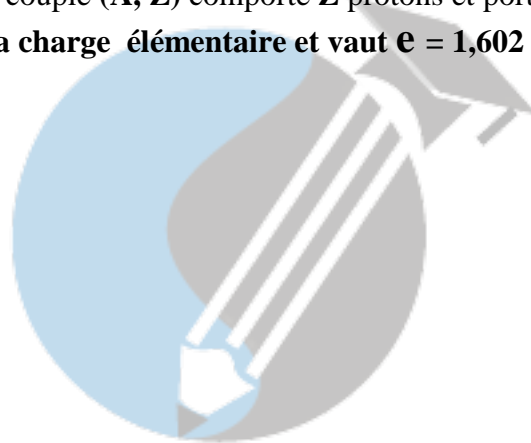
La masse d'un atome s'obtient en additionnant la masse de son noyau et la masse de ses électrons

$$m(\text{atome}) = m(\text{noyau}) + m(\text{électron})$$

$$m_{\text{at}} = Zm_e + Zm_p + Nm_N = Zm_e + (Z + N)m_p = Zm_e + Am_p.$$

**m (atome) = A x m<sub>p</sub> + Z x m<sub>e</sub>. De plus, m<sub>p</sub> >> m<sub>e</sub> on a alors ,m (atome) = A x m<sub>p</sub> = m<sub>noyau</sub>**

**NB**: Un noyau atomique décrit par le couple (A, Z) comporte Z protons et porte la charge électrique totale Q tel que :  $Q = +Z \times e$ . **e** est la charge élémentaire et vaut  $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$



Xetudes

## LEÇON 2 : STRUCTURE ELECTRONIQUE DES ATOMES

### Exemple d'action : Détermination de la structure électronique d'un atome

#### 1. REPARTITION DES ELECTRONS AUTOUR DU NOYAU

##### 1.1. Caractéristiques de l'électron

L'électron a une charge négative égale en valeur absolue à la charge élémentaire. Sa masse vaut  $9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$  et est très faible par rapport à celle des protons. On peut admettre que la masse de l'atome est pratiquement

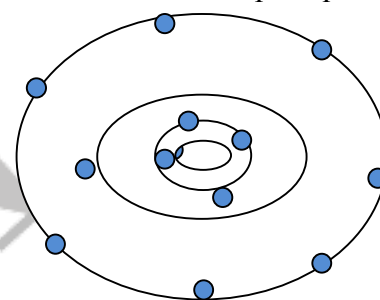
celle de son noyau.  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg} = \frac{m_p}{1836}$

##### 1.2. Répartition des électrons autour du noyau

**Activité** : La figure ci-contre représente le modèle atomique de Rutherford

**Répondre aux questions suivantes** :

- Identifier sur la figure à l'aide d'une légende les différents constituants de l'atome
- Comment sont repartis les électrons de cet atome autour du noyau ?



##### Retenons :

Les études ont montré que l'on ne peut pas connaître avec précision la position d'un électron à un moment donné autour du noyau néanmoins, on peut évaluer les chances de trouver cet électron à un moment donné à une position précise autour du noyau. Ces positions où l'on a le plus de chance de trouver les électrons autour du noyau sont appelés **niveaux d'énergies**. Les électrons appartenant au même niveau d'énergie sont des électrons d'une même couche électronique, chaque couche étant caractérisée par un nombre entier positif noté  $n$  et appelé **nombre quantique principal**. Les valeurs possibles de  $n$  sont : 1 (première couche), 2 (deuxième couche), 3, 4, 5 ....

##### Remarque :

- Les électrons sont d'autant plus liés au noyau que la couche à laquelle ils appartiennent à un nombre quantique principal plus petit.
- Pour distinguer les niveaux de nombre quantique  $n = 1, 2, 3, \dots$  on utilise souvent des lettres K, L, M ... tel que :

n	1	2	3	4	5
lettres	K	L	M	N	O

**La couche externe ou couche périphérique ou couche de valence** est la

dernière couche occupée, les autres couches sont appelées **couches internes**. La couche K est donc plus proche du noyau. L'ensemble des électrons qui gravitent autour du noyau forment **le cortège électronique**.

#### 2. REPLISSAGE DES COUCHES

Le remplissage des couches obéit à des règles bien précises :

- Une couche ne peut contenir qu'un nombre limité d'électron. Si  $n$  est le nombre quantique principal d'une couche, cette couche peut contenir au maximum  $2n^2$  électrons.

Exemple : la couche K où  $n = 1$  contiendra au maximum  $2 \times 1^2 = 2e^-$

L où  $n = 2$  contiendra au maximum  $2 \times 2^2 = 8e^-$

M où  $n = 3$  contiendra au maximum  $2 \times 3^2 = 18e^-$

- Les électrons remplissent les couches en suivant l'ordre croissant des nombres quantiques principaux. Une couche ne commence à se remplir que si la précédente est saturée (contient son nombre maximal d'électron).

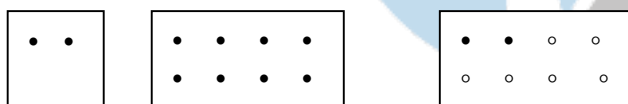
**N.B.** Ces deux règles s'appliquent jusqu'à l'argon  $Z = 18$ .

La structure électronique d'un atome est représentée par une formule électronique dans laquelle les couches électroniques sont représentées par des lettres portant en exposant le nombre d'électron contenu dans la couche correspondante.

**Exemple** : H ( $Z = 1$ ) :  $K^1$  ; C ( $Z = 6$ ) :  $K^2L^4$  ; Mg ( $Z = 12$ ) :  $K^2L^8M^2$  ; Ar ( $Z = 18$ ) :  $K^2L^8M^8$

Les couches électroniques peuvent être remplacées par des rectangles portant autant de points que de places disponibles dans une couche bien déterminée dans laquelle les électrons sont mis suivant les règles ci-dessus énoncées.

**Exemple** : Représentation de la structure de l'atome de magnésium ( $Z = 12$ )



### 3. REPRESENTATION DE LEWIS

Les électrons de la couche la plus éloignée du noyau (couche externe appelé électrons périphériques, où l'électron de valence) sont d'une grande importance pour l'atome car ils sont les seuls responsables des propriétés chimiques de l'atome. Les électrons de valence peuvent être soit :

- Groupés par deux et forment des doublets électroniques
- Restés seuls et sont alors dit électrons célibataires.

**Définition :** La valence d'un atome est le nombre d'électron célibataire qu'il possède. La représentation de Lewis permet de mettre en évidence les électrons de la couche externe. Les électrons célibataires sont représentés par un point (•) et les doublets par un tiret (-).

**Exemple :** C ( $Z = 6$ )  $K^2L^4$  • $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{C}}$ • ; O ( $Z = 8$ )  $K^2L^6$  • $\overline{O}$ • ; N ( $Z = 7$ )  $K^2L^7$  • $\overline{N}$ • ; Cl ( $Z = 17$ )  $K^2L^8M^7$

$\overline{Cl}$ •

# Tableau périodique des éléments

		Numéro atomique: 6 C																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		Principaux nombres d'oxydation: (Le plus fréquent est en gras)																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		Nom: Carbone																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		(2c): deux électrons célibataires																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		(3p): trois paires d'électrons																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		Symbole de l'élément																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		Masse atomique																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		Electronegativité																																																																																																																																																																																																																																																																																												
1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300

Métaux	Métaux de transition	Non métaux	Gaz rares et IFOIDS
Éléments artificiels			

## LEÇON 3 : LA CLASSIFICATION PERIODIQUE

### 1. Activité

Considérons la figure ci-dessous.

	1																	18
1	<sup>1</sup> H Hydrogène 1,008																	<sup>2</sup> He Hélium 4,003
2	<sup>3</sup> Li Lithium 6,94	<sup>4</sup> Be Béryllium 9,012											<sup>5</sup> B Bore 10,81	<sup>6</sup> C Carbone 12,01	<sup>7</sup> N Azote 14,01	<sup>8</sup> O Oxygène 16,00	<sup>9</sup> F Fluor 19,00	<sup>10</sup> Ne Néon 20,18
3		<sup>12</sup> Mg Magnésium 24,31											<sup>13</sup> Al Aluminium 27,00	<sup>14</sup> Si Silicium 28,9	<sup>15</sup> P Phosphore 31,00	<sup>16</sup> S Sulfure 32,06	<sup>17</sup> Cl Chlore 35,5	<sup>18</sup> Ar Argon 39,95
4	<sup>19</sup> K Potassium 39,01	<sup>20</sup> Ca Calcium 40,08																
5																		
6																		
7																		

- Ce tableau est constitué de combien de colonne ?
- Ce tableau est constitué de combien de ligne ?
- Que représente chaque symbole en lettre dans les cases de ce tableau ?
- Quel nom peut-on donner à ce tableau ?
- Que représente chaque nombre à côté du symbole en lettre dans les cases de ce tableau ?
- Quelles autres informations peuvent nous donner ce tableau ?
- Donner la position des symboles leurs noms et leur masse molaire atomique <sup>12</sup>Mg ; <sup>15</sup>P.
- Ce tableau présente des vides, compléter le en utilisant les symboles suivants. Na (Z=11) ; C(Z=6) ; S(Z=16).

#### 1.1. Définition

Le Tableau de Classification Périodique des Éléments TCPE est un tableau comportant 7 lignes ou périodes et 18 colonnes ou groupes ou encore familles. Il regroupe tous les éléments chimiques connus.

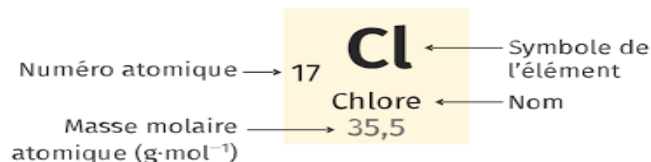
##### a) Règle de classification périodique

Dans le TCPE, les éléments sont classés de la gauche vers la droite par ordre croissant de leur numéro atomique Z, chaque élément occupant une seule case. Tous les éléments d'une même colonne possèdent des propriétés chimiques semblables : ils constituent donc une famille d'éléments.

#### 1.2. Utilisation du TCPE

Le TCPE permet de :

- Identifier le symbole d'un élément chimique X
- Identifier son numéro atomique Z et sa masse molaire M (g/mol)
- Situer un élément connaissant son Z c'est-à-dire indiqué la période (ligne) et la famille (colonne) auxquelles appartient cet élément.



#### 1.3. Familles chimiques

Tous les éléments d'une même colonne ont les mêmes propriétés chimiques et constituent une famille, ainsi on a :

1<sup>ère</sup> colonne : métaux alcalins

2<sup>ème</sup> colonne : métaux  
alcalinoterreux

7<sup>ème</sup> colonne : halogènes

8<sup>ème</sup> colonne : gaz inertes.

H								He
Li	Be	Elément de	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Transition	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca							

### Règle de l'octet

« Au cours des réactions chimiques, les atomes tendent à saturer leurs couches électronique externes à huit électrons (1octet) exception faite de l'hydrogène qui sature la sienne à 2 électrons (doublet)

## 2. REPRESENTATION DE LEWIS

Les électrons de valence (périphériques) sont responsables des propriétés chimiques es éléments. Ces électrons peuvent être seul (célibataires) ou appariés. Ils peuvent se grouper à deux pour former les doublets.

« La représentation de Lewis permet de mettre en évidence les électrons de la couche externe »

-Chaque électron est représenté par un point •

-Les doublets sont représentés par un trait autour du symbole de l'élément.

-Lors du remplissage des couches, les électrons se placent d'abord de façon non appariés et sont ensuite appariés si possible. M

Les éléments avaient été classés pour la première fois par Mendeleïev par ordre croissant de leur numéro atomique Z. le tableau de classification périodique de Mendeleïev a 18 colonnes (groupes) et 7 lignes (périodes), Chaque élément occupent une case.

*- Tous les éléments de la même ligne ont un même nombre de couches.*

*-Tous les éléments de la même colonne ont un même nombre d'électrons périphériques (électrons de la dernière couche).*

### Exemple :

- La 1<sup>ère</sup> ligne du tableau correspond à la couche externe K

Tous les éléments chimiques sont classés dans un tableau à 18 colonnes ou groupes et 7 lignes ou périodes par ordre croissant de leur numéro atomique. Chaque période correspond au remplissage d'une couche électronique. Lorsqu'une couche est remplie on passe à la période suivante de sorte que tous les éléments d'une même colonne possèdent le même nombre d'électron périphérique. Ainsi les éléments d'une même colonne ont des propriétés chimiques semblables et constituent une famille ou un groupe.

- Les éléments de la première colonne à l'exception de l'hydrogène constituent le groupe des alcalins et possède chacun un électron de valence : Li, Na, K.
- Les éléments de la 2<sup>ème</sup> colonne sont des alcalino-terreux et possède deux électrons de valence : Mg, Be, Ca.
- Les halogènes forment le 17<sup>ème</sup> groupe, il possède chacun 7 électrons périphériques (trois doublets et un électron célibataire).  $\overline{F} \bullet$ ,  $\overline{Cl} \bullet$ ,  $\overline{Br} \bullet$ ,  $\overline{I} \bullet$

- La dernière colonne constitue le groupe de gaz rares. Les éléments de ce groupe ont leur dernière couche pleine c'est-à-dire 8 électrons périphériques groupés en 4 doublets : ils sont dit saturés. Ils n'interviennent pratiquement pas dans les réactions chimiques : on dit pour cela qu'ils sont stables ou chimiquement inertes.

$|\overline{Ne}|$ ,  $|\overline{Ar}|$ ,  $|\overline{Xe}|$



# Xetudes

## LECON 4 : LES EDIFICES CHIMIQUES

### Compétences :

- Modéliser une molécule
- Déterminer de la structure d'une molécule
- Utiliser les modèles moléculaires
- Représenter la structure d'une molécule
- Utiliser un volume molaire

### 1. LES MOLECULES

#### 1.1. Formation des molécules-liaison covalente.

##### Activité :

1. Définir les termes suivants : molécules ; liaison covalente
2. Sachant que la liaison covalente concerne les électrons célibataires de la couche de valence, établir en représentation par un tiret, une liaison de covalence entre l'atome de chlore et l'atome d'hydrogène pour former la molécule de HCl.
3. Donner la représentation de Lewis des atomes d'oxygène, d'azote, et de carbone. Combien de liaison covalente chacun de ces atomes peut-il établir ? Établir à l'aide des tirets des liaisons covalentes pour former les molécules de O<sub>2</sub> ; N<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>
4. Dénombrer le nombre de liaison de covalence dans les molécules de HCl , O<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>

##### Retenons :

- Une **molécule** est un assemblage électriquement neutre forme d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes ou liaisons de valence.
- On appelle **atomicité** d'une molécule, le nombre d'atomes présent dans celle-ci.  
**Exemples** : CH<sub>4</sub> : Cette molécule referme 1 C et 4 H, son atomicité est donc 1+4=5. C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O (9), HCl (2), K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ( ?).

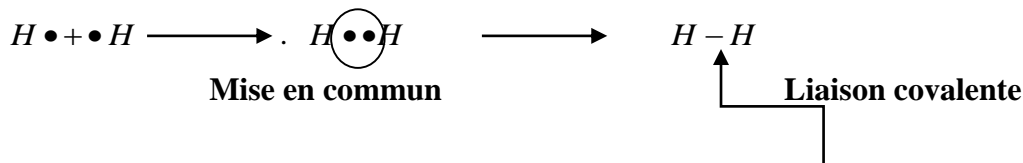
#### 1.2. La liaison covalente.

##### a) Définitions

- On appelle **valence** d'un atome, le nombre de liaison covalente que peut former cet atome. Elle est égale au nombre d'électrons célibataires de sa dernière couche
- Une **liaison covalente** ou de covalence est la mise en commun par deux atomes d'une ou de plusieurs paires d'électrons appelées doublet de liaison.

##### b) Formation et représentation de la liaison covalente.

Considérons la molécule de dihydrogène ( $H_2$ ) d'atomicité égal à 2, la représentation de Lewis de l'atome d'hydrogène est  $H \cdot$ . Si chaque atome de la molécule apporte son électron, nous aurons :



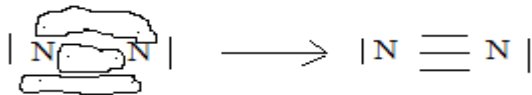
- Cas de  $O_2$

La représentation de Lewis du dioxygène est :



on a donc :

- Cas de  $N_2$



**Remarque :**

- Seuls les électrons célibataires peuvent être engagés dans une liaison covalente. Ainsi, un atome pourra former autant de liaison de covalence qu'il possède d'électrons célibataires sur sa couche externe.
- Un atome est dit respectivement monovalent, divalent, trivalent ou tétravalent s'il possède 1, 2, 3 ou 4 électrons célibataires sur sa couche externe.
  - Une liaison est dite **simple** lorsque les deux atomes ont mis en commun un doublet d'électron. Elle est dite **double** ou **triple** si les deux atomes ont mis en commun respectivement deux doublets ou trois doublets d'électrons respectivement.
  - Chaque atome qui participe à la formation de la molécule est entouré de 8 électrons (Règle de l'octet) exception faite à l'atome d'H qui est entouré de deux électrons.

**Exemples**



## Le chlorure de potassium KCl ; l'oxyde de potassium K<sub>2</sub>O ; le chlorure de magnésium Mg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> et le fluorure de lithium LiF

Dans les métaux comme le cuivre, le zinc, le fer, la cohésion entre les atomes est assurée par une liaison chimique appelée **liaison métallique**. On peut considérer les atomes métalliques comme un assemblage de cations baignant dans une mer d'électron de valence qui constitue **la liaison métallique**.

### 1.4. Représentation de la molécule.

#### Activité :

1. Donner avec exemple à l'appui deux modes de représentation des molécules.
2. Proposer une représentation de Lewis des molécules de N<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub> et O<sub>2</sub>

On représente une molécule par 2 types de formules

#### a) Formule brute

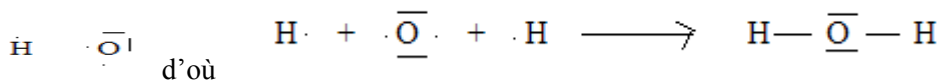
La formule brute d'une molécule est une écriture simplifiée qui renseigne sur la nature et le nombre des atomes qui la composent.

Elle s'obtient en juxtaposant les symboles des éléments constituant la molécule, en indice, en bas et à droite, chaque symbole porte le nombre d'atome de l'élément considéré. Lorsque le nombre est 1, il n'est pas porté. Elle permet dans certains cas d'attribuer des noms aux molécules et vice versa.

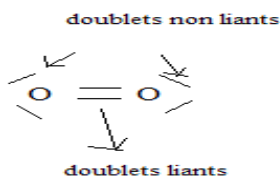
**Exemples :** L'eau (H<sub>2</sub>O), 2H et 1O ; O<sub>2</sub> (2O) ; Éthanol C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O (2C, 6H, 1O) ; KMnO<sub>4</sub> (1K, 1Mn, 4O).

La représentation de Lewis nous permet de voir comment sont liés les atomes entre eux, elle met en évidence les **doublets liants** et **non liants**. A partir des formules de Lewis des atomes, on déduit celles des molécules. Les **doublets liants** représentent les liaisons de covalence alors que les **doublets non liants** représentent les doublets d'électrons de la couche de valence de l'atome ; ils ne sont pas impliqués dans les liaisons covalentes.

**Exemples : H<sub>2</sub>O**



O<sub>2</sub> :



#### b) Formule développée

La représentation en formule développée d'une molécule est une représentation de Lewis où les doublets non liants ne sont pas représentés

**Exemples :**

Pour H<sub>2</sub>O on a :  $H—O—H$  ; Pour O<sub>2</sub> on a :  $O=O$

**Application : compléter le tableau ci-dessous :**

Molécules	Représentation de Lewis	Formule développée
NH <sub>3</sub>		
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O		
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>		
CO <sub>2</sub>		O=C=O

### 1.5. Structure géométrique de quelques molécules

**Matériel :** modèles moléculaires.

**Activité :** à l'aide des modèles moléculaires, déduire la structure géométrique des molécules suivantes :

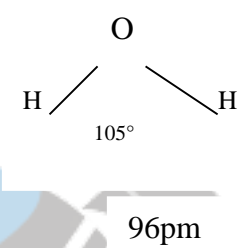
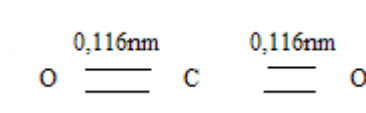
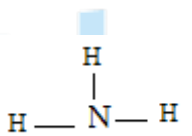
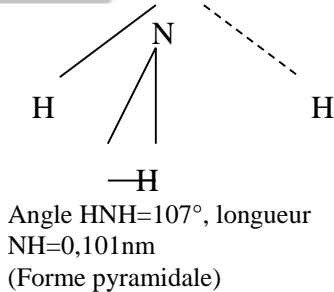
Cl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> ; H<sub>2</sub>O ; CH<sub>4</sub> ; CO<sub>2</sub>

**Retenons :**

La formule développée ne représente pas la forme géométrique (disposition spatiale) d'une molécule. Par des techniques expérimentales, on peut déterminer les positions respectives des atomes dans une molécule. L'étude de la structure spatiale des molécules s'appelle la **stéréochimie**. Généralement pour cette étude, on utilise des modèles moléculaires et, il en existe deux types :

- **Les modèles éclatés** ou les atomes sont représentés par des petites boules reliées par des tiges représentant les liaisons covalentes et,
- **Les modèles compacts** ou les atomes sont représentés par des boules tronquées (ayant une surface plane orange coupée en deux). Ils donnent une meilleure idée de la forme des molécules mais pas les longueurs et les angles de liaisons.

## STRUCTURE DE QUELQUES MOLÉCULES.

Noms	Formule brute	Formule développée	Géométrie	Géométrie
Dihydrogène	H <sub>2</sub>	H—H	H $\xrightarrow{0,074\text{nm}}$ H 75pm	Linéaire
Dichlore	Cl <sub>2</sub>	Cl—Cl	Cl $\xrightarrow{0,199\text{nm}}$ Cl	Linéaire
Chlorure d'hydrogène	HCl	H—Cl	H $\xrightarrow{0,127\text{nm}}$ Cl 125pm	Linéaire
Eau	H <sub>2</sub> O	H—O—H	 O / \ H   H 105° 96pm	(Forme en V)
Dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	O=C=O	 0,116nm      0,116nm O = C = O	Linéaire
Ammoniac	NH <sub>3</sub>	 H   H—N—H	 N / \ \ H   H   H —H Angle HNH=107°, longueur NH=0,101nm (Forme pyramidale)	Pyramide à base triangulaire

Rappel : 1nm=10<sup>-9</sup>m, 1pm=10<sup>-12</sup>m ; 1µm=10<sup>-6</sup>m ; 1A°=10<sup>-10</sup>m et 1fm=10<sup>-15</sup>m.

### 1.6. La masse molaire moléculaire

#### a) Définition

C'est la masse d'une mole de molécules d'un corps. Elle s'exprime en g/mol.

#### b) Calcul de la masse molaire moléculaire

La molaire d'une molécule est la somme des masses molaires atomiques de tous les atomes de cette molécule

$$M(\text{H}_2\text{O})=2M(\text{H})+M(\text{O})=2 \times 1 + 16 = 18 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{CO}_2)=M_{\text{C}}+2M_{\text{O}}=12+2 \times 16 = 44 \text{ g/mol}$$

## 2. LE VOLUME MOLAIRE – LOI DES GAZ PARFAITS

### 2.1. Notion de volume molaire

#### Activité :

On a mesuré la masse d'un même volume de gaz différents à 20°C sous une pression de 1 bar. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous

Gaz	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Volume en L	12	12	12
Masse en g	32	22	8
Quantité de matière			
Volume occupé par une mole de gaz			

1. Reproduire et compléter le tableau ci-dessous.
2. Quelles conclusions peut-on tirer ?
3. Définir volume molaire

#### Retenons :

Des volumes égaux de gaz différents, pris dans les mêmes conditions de température et de pression, renferment le même nombre de molécule : **hypothèse d'Avogadro Ampère**.

Dans les mêmes conditions de température et de pression, le volume occupé par une mole de gaz est indépendant de la nature de ce gaz ; on l'appelle **volume molaire** noté **V<sub>m</sub>** ou **V<sub>0</sub>**.

**N.B.** Le volume molaire dépend des conditions de température et de pression, dans les conditions normales de température et de pression (T = 0°C, p = 1,013.10<sup>5</sup> Pa), le volume molaire vaut 22,4 l.mol<sup>-1</sup>

#### **L'utilisation du volume molaire.**

Si V est le volume d'un échantillon de corps purs gazeux, la quantité de matière s'obtient en divisant le

volume V par le volume molaire.  $n = \frac{V}{V_0}$  n en mol ; V en litre et V<sub>0</sub> en litre par mol.

**Remarque** : cette relation ne s'applique qu'aux gaz.

## SEQUENCE 2 : LES SOLUTIONS AQUEUSES

### LECON 5 : LES IONS, LES SOLUTIONS AQUEUSES IONIQUES

#### Compétences

- Connaître le principe de la liaison ionique, -là définir ;
- Acquérir les notions de base de l'oxydoréduction.

#### Activité

**Q1** : Qu'est – ce qu'une solution aqueuse ? Citer quelques exemples.

**Q2** : Qu'est – ce qu'un solvant ?

**Q3** : Qu'est-ce qu'un soluté ?

Le petit Albert a contracté la grippe depuis une semaine et présente aussi des signes de fatigue. Rendu à l'hôpital, le médecin lui prescrit les médicaments consignés sur l'ordonnance suivante :

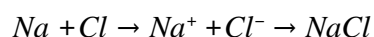
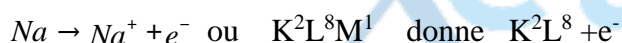
- **Tamiflu 100mg** : un comprimé matin et soir pendant 5 jours
- **Vitamine C 500 mg** : un comprimé par jour pendant 30 jours

Une fois à la pharmacie, la maman d'Albert ne trouve que du **Tamiflu 25 mg et la vitamine C 1000 mg**. Embarrassée, la maman ne sait comment faire pour respecter les prescriptions du médecin.

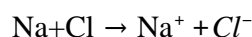
#### 1-LES IONS DANS UN CORPS CRISTALLISE : LE CHLORURE DE SODIUM (NaCl)

##### 1.1-La liaison ionique

La stabilité du chlorure de sodium et son abondance laisse penser que les atomes de sodium (Na) et de chlore (Cl) sont unis fortement entre eux par une liaison dont la formation doit être facile.



Il suffit d'un choc pour que l'atome de chlore arrache un électron à l'atome de sodium et devenir simultanément l'ion chlorure et l'ion sodium. Les ions de signe contraire s'attirent mutuellement en formant la molécule de chlorure de sodium. Ce mode de liaison est appelé liaison ionique. Nous avons :



**Une liaison ionique** est une liaison assurée par une forte attraction entre deux ions chargés d'électricité différente.

##### 1.2-les ions

C'est un atome où un groupe d'atome qui a gagné ou perdu un ou plusieurs électrons.

**Exemples** : ion sodium  $Na^+$ , ion chlorure  $Cl^-$  (monoatomique), ion sulfate  $SO_4^{2-}$  (poly atomique).

Les ions positifs sont appelés cations et les ions négatifs anions.

L'électrovalence d'un élément chimique est le nombre d'électrons que peut céder ou gagner un atome de cet élément, elle est positive ou négative. Exemple : dans NaCl, l'électrovalence de Na est +1 et de Cl est -1.

## 2-CORPS PUR IONIQUE LIQUIDE OU DISSOUS

### 2.1-Hydratation des ions : dissolution dans l'eau des solides ionique

La solution aqueuse de chlorure de sodium ne renferme aucune molécule de NaCl mais plutôt les ions  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ . Les ions se séparent et restent entourer par les molécules d'eau, on dit qu'ils sont hydratés.

#### Activité

Constitue les groupes de manipulation et met à la disposition des apprenants plusieurs fioles jaugées

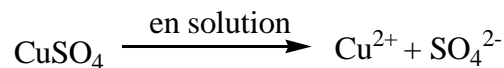
Demande aux apprenants :

- Introduisons quelques cristaux de sulfate de cuivre  $\text{CuSO}_4$  anhydre de couleur blanche dans un bécher contenant de l'eau
- Observer la dissolution du  $\text{CuSO}_4$  par l'eau

#### Je retiens :

On constate que la solution devient bleue et si l'on touche le bas du bécher il chauffe ; la couleur bleue est due à la présence des ions  $\text{Cu}^{2+}$  dans la solution. L'hydratation est donc un phénomène exothermique qui est à l'origine de la coloration de certains ions en solutions.

L'équation de la dissolution s'écrit alors :



L'énergie nécessaire pour dissocier et disperser les cristaux notée  $Q_d$  est comptée positivement et celle nécessaire pour hydrater les cristaux notée  $Q_h$  est compté négativement ; Il en résulte donc que, l'énergie de dissolution notée  $Q_{dis}$  est la somme algébrique des énergies de dissociation et de dispersion du cristal d'où  $Q_{dis} = Q_d + Q_h$ . La dissolution d'un solide ionique est une réaction chimique qui peut être : Athermique ( $Q_{dis} = 0$ ), exothermique ( $Q_{dis} < 0$ ) ou endothermique ( $Q_{dis} > 0$ ).

### 2.2-Neutralité électronique

Dans la solution aqueuse du NaCl on a autant de charges négatives que de charges positives. La solution est dite électriquement neutre.

### 2.3-Condition électrique

La solution aqueuse de chlorure de sodium ainsi que la solution fondue sont des solutions ioniques dont conductrice du courant électrique.

## 3-ELECTROLYSE DE NA CL

L'électrolyse est la décomposition d'une substance chimique, grâce au passage du courant électrique.

### 3.1-Electrolyse de NaCl fondue

Les ions positifs ( $\text{Na}^+$ ) sont attirés par l'électrode négative (cathode) et les ions négatifs ( $\text{Cl}^-$ ) sont attirés par l'électrode positive (Anode).

- A la cathode :  $\text{Na}^+ + e^- \rightarrow \text{Na}$  ;
- A l'anode :  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e^-$

L'anode nous avons toujours un gain d'électron ou oxydation. A la cathode nous avons toujours une perte d'électron ou réduction. Le courant électrique a permis de transformer les ions de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  en atome neutre.

### 3.2-Electrolyse de la solution aqueuse de NaCl.

Cathode :

Les ions  $\text{Na}^+$  sont attirés par la cathode mais ils ne réagissent pas, les molécules d'eau moins stable que ces derniers ( $\text{Na}^+$ ), vont se décomposer d'après l'équation :  $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$  (réduction)

Anode : les ions ( $\text{Cl}^-$ ) se déchargent selon l'équation :  $2\text{Cl}^- \rightarrow 2e^- + \text{Cl}_2$  (Oxydation)



### 3.3-Loi de Faraday

On a  $q = It = Ne = n_e \cdot Ne$  ; équi  $n_e = \frac{m}{M} = \frac{It}{xF} = \frac{V}{Vo} \left\{ \begin{array}{l} m \text{ en (g), } M \text{ en (g/mol), } I \text{ en (A), } t \text{ en} \\ \text{(s), } V \text{ en (L) et } V_m \text{ en (L/mol)} \\ F = Ne = 96500\text{C le Faraday ;} \end{array} \right.$

$x$  (le degré d'oxydation du métal et nombre d'électron échangés)

Xetudes



$4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$  (équation équilibrée appelée équation bilan)

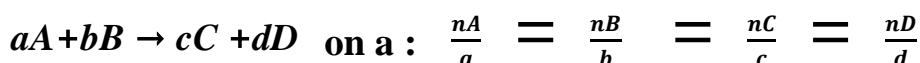
Les nombres placés devant les molécules sont appelés **coefficients stœchiométrique**.

### 2.3-Enoncé de la loi de Lavoisier

La masse des produits formés au cours d'une réaction chimique est égale à celle des réactifs consommés.

### 3-STOECHIOMETRIE D'UNE REACTION CHIMIQUE

Les réactifs A et B donnent naissance aux produits de réaction C et D suivant l'équation bilan :



#### Exercice d'application

Dans un laboratoire de chimie, on forme 1,4 mol d'eau à partir du dioxygène et du dihydrogène dans les conditions où le volume molaire est de 22,4 L.

- 1-Ecrire l'équation bilan de la réaction
- 2-Calculer le nombre de mole de dioxygène utilisées.
- 3-Quel est le volume de dihydrogène qui a réagi
- 4-Calculer la masse d'eau ainsi formée.

## LEÇON 7 : TEST D'IDENTIFICATION DES IONS

### 1-LES METHODES D'IDENTIFICATIONS

#### 1.1-LA couleur de la solution

Certains ions ont une couleur spécifique qui permet de les identifier. Par exemple l'ion  $Cu^{2+}$  (cuivre II) est **bleu** en solution aqueuse.

#### 1.2-La formation des précipités

Lorsqu'on mélange deux solutions ioniques, il y'a parfois incompatibilité entre certains ions et formation de précipité (solide) caractéristique des ions présents. Par exemple, lorsqu'on verse une solution aqueuse de nitrate d'argent ( $AgNO_3$ ) dans une solution aqueuse contenant des ions chlorure, il se forme un précipité blanc de chlorure d'argent ( $AgCl$ ), qui noircit à la lumière. Certains précipités disparaissent dans un excès de réactifs.

#### 1.3-Le dégagement gazeux

Au cours de certaines réactions chimiques se produisent des dégagements gazeux facilement identifiables, caractéristiques de certains ions. Par exemple l'identification du dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) qui se dégage lors de l'action de l'acide chlorhydrique sur le carbonate de calcium permet de mettre en évidence les ions carbonates ( $CO_3^{2-}$ )

### 2-TABLEAU RECAPITULATIF DES TESTS SPECIFIQUES A CERTAINS IONS

Test \ Cations	Zn <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>
Couleur en solution			Vert pâle	Bleu
Précipités avec OH <sup>-</sup> (soude ou ammoniacale)	Zn(OH) <sub>2</sub> blanc se dissout dans un excès de soude ou d'ammoniacale	Al(OH) <sub>3</sub> blanc Se dissout dans un excès de soude mais pas dans un excès d'ammoniacale	Fe(OH) <sub>2</sub> vert	Cu(OH) <sub>2</sub> bleu Se dissout dans un excès d'ammoniacale mais pas de soude

Précipités \ Anions	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Précipités	Avec Ag <sup>+</sup> , AgCl blanc, noircit à la lumière	Avec Ca <sup>2+</sup> , CaCO <sub>3</sub> blanc	Avec Ba <sup>2+</sup> , BaSO <sub>4</sub> blanc	
Dégagement gazeux		Avec H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> , CO <sub>2</sub> qui trouble l'eau de chaux		Avec H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> et Cu, NO <sub>2</sub> roux (vapeurs rousses)

## LECON 8 : LES SOLUTIONS AQUEUSES D'ACIDES ET DES BASES

### 1-DEFINITION DES ACIDES

On appelle acide, tout corps susceptible de céder des protons H<sup>+</sup> au cours d'une réaction chimique.

**Exemples:** HCl (acide chlorhydrique), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (acide sulfurique), HNO<sub>3</sub> (acide nitrique),

HCOOH (acide méthanoïque)

#### 1.1-Acide fort

Un acide est dit **fort** lorsqu'il se dissocie totalement dans l'eau :  $AH + H_2O \rightarrow A^- + H_3O^+$

**Exemples :**

HCl (acide chlorhydrique), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (acide sulfurique), HNO<sub>3</sub> (acide nitrique)

#### 1.2-Acide faible

Un acide est dit **faible** lorsqu'il se dissocie partiellement dans l'eau :  $AH + H_2O \rightarrow A^- + HO_3^+$

**Exemples:**

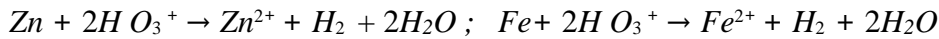
NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (ion ammonium),

HCOOH (acide méthanoïque),

CH<sub>3</sub>COOH (acide éthanoïque)

## 2-ACTION DES ACIDES SUR LES METAUX

Les solutions d'acide chlorhydrique attaquent certains métaux tels que le zinc et le fer avec dégagement de dihydrogène. Les équations-bilan s'écrivent :



Au cours de ces réactions, les métaux sont passés à l'état d'ions positif. Ils ont perdu des électrons. Ces électrons sont captés par les ions hydroniums :  $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 + 2H_2O$

## 3-DEFINITION DES BASES

On appelle base, tout corps susceptible de fixer des protons H<sup>+</sup> au cours d'une réaction chimique.

Exemple : la soude NaOH, la potasse KOH ; l'ammoniac NH<sub>3</sub>

### 3.1-Bases fortes

Une base est dite forte lorsqu'elle se réagit totalement dans l'eau.  $B + H_2O \rightarrow BH^+ + OH^-$

Exemple : la soude NaOH, la potasse KOH

### 3.2-Bases faibles

Une base est dite faible lorsqu'elle réagit partiellement dans l'eau.  $B + H_2O \rightarrow BH^+ + OH^-$

Exemple : l'ammoniac NH<sub>3</sub>, l'ion éthanoate CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>

## 4-REACTION ACIDO-BASIQUE

A l'équivalence, la réaction entre un acide fort et une base forte donne l'eau :



## 5-NOTION DE P<sup>H</sup>

### 5.1-Définition

Le P<sup>H</sup> (potentiel d'hydrogène) représente la quantité des ions hydronium [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] contenue dans une solution.

### 5.2-Relation entre [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] et P<sup>H</sup>

On a :  $[H_3O^+] = 10^{-P^H}$

Remarque : -Toute solution dont le P<sup>H</sup> > 7 est basique

-Toute solution dont le P<sup>H</sup> < 7 est acide

-Toute solution dont le P<sup>H</sup> = 7 est neutre (ni acide, ni basique)

## PARTIE B : PHYSIQUE

Habilité cognitive : Identifier, Appliquer,  
Analyser et Evaluer des phénomènes physiques

### Séquence 1 : MECANIQUE

Compétence 1 : Traiter des situations mettant  
en jeu le mouvement d'objets en utilisant des  
concepts de mécanique

Xetudes

# Leçon 1 : LE MOUVEMENT, SA RELATIVITE.

## Compétences visées :

- Définir référentiel et repère ; exemples de référentiels usuels (terrestre, géocentrique, héliocentrique)
- Donner les paramètres cinématiques du mouvement d'un mobile : vecteur position, vecteur vitesse, vecteur accélération ; trajectoire d'un mobile
- Définir et étudier quelques exemples de mouvements : rectiligne uniforme, circulaire uniforme, rectiligne uniformément varié)

## A / LA RELATIVITE DU MOUVEMENT

### I/ Notion de référentiel

**ACTIVITE 1** : Un bus roule lentement dans une ville.  
Alain (A) est assis dans le bus, Bertin (B) marche dans l'allée vers l'arrière du bus.  
Claude (C) est au bord de la route.



**Complète le tableau suivant :**

Est en mouvement par rapport à	A	B	C	Le bus	La route
A	-				
B		-			
C			-		
Le bus				-	
La route					-

**JE RETIENS :**

- Le mouvement d'un corps ne peut être étudié que par rapport à un **solide de référence** appelé **référentiel**. L'état de mouvement ou de repos d'un corps dépend du référentiel choisis. On dit que **le mouvement d'un système est relatif au référentiel choisis**.

**Exemple :** Dans le référentiel route, les systèmes A et le bus sont en mouvement et les systèmes B et C sont immobiles

- Pour que la description du mouvement soit précise, il faut indiquer la position du point considéré et l'instant auquel il occupe cette position. Cela impose de définir un référentiel d'étude.

- **Un référentiel est constitué :**

**\*D'un solide de référence par rapport auquel on repère les positions du système.**

**\* D'une horloge permettant un repérage de l'instant.**

- On peut citer les types de référentiels suivants :

\* **Référentiel terrestre ou du laboratoire :** C'est le référentiel constitué à partir de n'importe quel solide de référence fixe par rapport à la Terre. C'est un référentiel adapté à l'étude des mouvements de courtes durées sur Terre.

\* **Référentiel géocentrique :** Le référentiel géocentrique a pour origine le centre de gravité terrestre, et ses axes sont définis par rapport à trois étoiles fixes. Deux de ces étoiles sont l'Etoile Polaire et Beta du Centaure. La Terre n'est pas immobile dans le référentiel géocentrique. La trajectoire d'un point de la surface de la Terre dans le référentiel géocentrique est un cercle qui porte le nom de parallèle. Ce référentiel est bien adapté à l'étude du mouvement de la Lune autour de la Terre, ainsi que celui des satellites artificiels.

\* **Référentiel héliocentrique :** Le référentiel héliocentrique est défini par le centre de gravité du soleil et des étoiles lointaines considérées comme fixes.

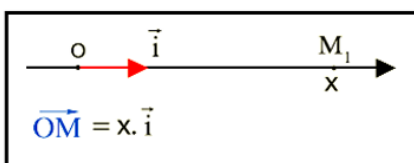
Dans le référentiel héliocentrique, les planètes ont une trajectoire elliptique.

## II/ Notion de repère

### II.1 –Repère d'espace

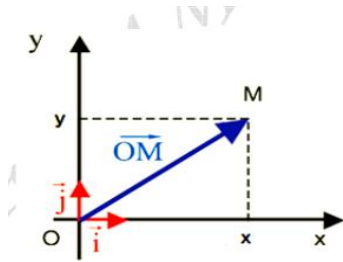
Le repère d'espace permet de déterminer la position du mobile (l'objet en mouvement) par rapport à une position arbitraire choisie comme origine. Le choix du repère d'espace se ramène au choix d'un système d'axes liés à la référence.

a) Sur une droite



La position du mobile est déterminée par la connaissance de l'abscisse  $x$  du vecteur- position  $\overrightarrow{OM}$ .

b) Dans le plan

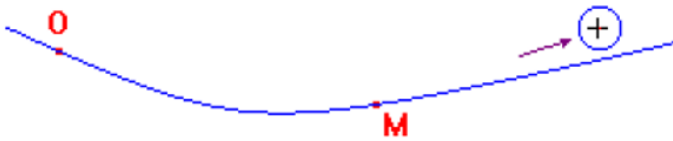


Coordonnées de M dans un plan repéré par  $(O, \vec{i}, \vec{j})$

Lorsque le mouvement s'effectue dans un plan, il est intéressant de travailler dans un repère orthonormé pour repérer la position du mobile. Le vecteur position est :  $\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$ .

### c) Sur une courbe quelconque

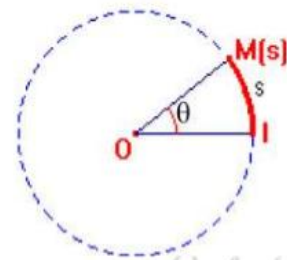
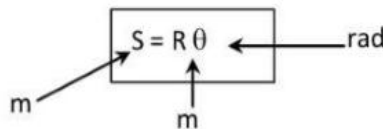
Le mobile M est repéré par son abscisse curviligne  $s = \widehat{OM}$  (mesure algébrique de l'arc  $\widehat{OM}$ )



### d) Sur un cercle

La position du mobile M peut être repérée en utilisant l'abscisse curviligne  $s = \widehat{IM}$  ou l'abscisse angulaire  $\theta$  (s et  $\theta$  sont proportionnels)

$$\left. \begin{array}{l} \theta = 2\pi \rightarrow s = 2\pi R \\ \theta \rightarrow s \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{2\pi}{\theta} = \frac{2\pi R}{s} \Rightarrow s = R\theta$$



## II.2 – Repère de temps

Pour repérer un mobile dans le temps il est nécessaire de choisir une origine des temps qui correspond à un événement connu, une unité de mesure du temps (seconde, heure, jour, année) et un appareil de mesure du temps (une horloge). Tout événement est repéré par une date  $t$  bien connue.

**Remarque** : la durée est l'intervalle de temps qui sépare deux dates (elle est toujours positive) :

$$\Delta t = t_{final} - t_{initial}$$

## III / La trajectoire

### III.1-Definition

**La trajectoire d'un mobile est l'ensemble des positions successives occupées par ce mobile dans un référentiel donné, au cours du mouvement.**

**Remarque** : La trajectoire d'un point dépend du référentiel d'étude.

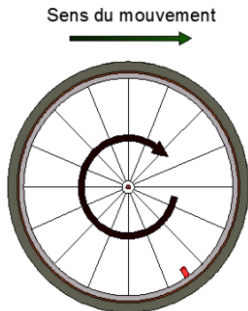
### III.2-Trajectoires particulières

En reliant les positions occupées par un point mobile, au cours du temps, on reconstitue la trajectoire.

- Si la trajectoire est une droite, le mouvement est rectiligne.
- Si la trajectoire est un cercle, le mouvement est circulaire.
- Si la trajectoire est une courbe, alors le mouvement est curviligne.

### III.3- Exemples de trajectoire

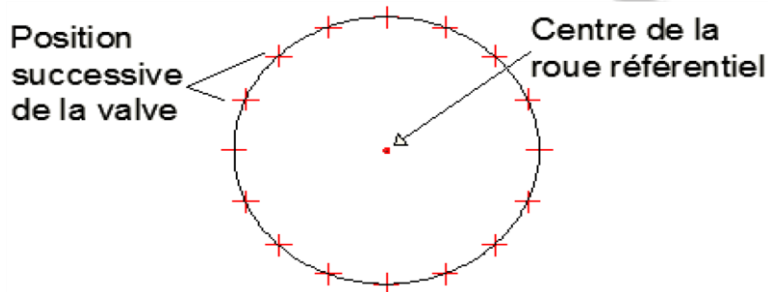
On considère une roue de vélo comme la suivante :



\*La trajectoire du centre de la roue dans le référentiel route est une **droite**. Le mouvement est donc **rectiligne** :

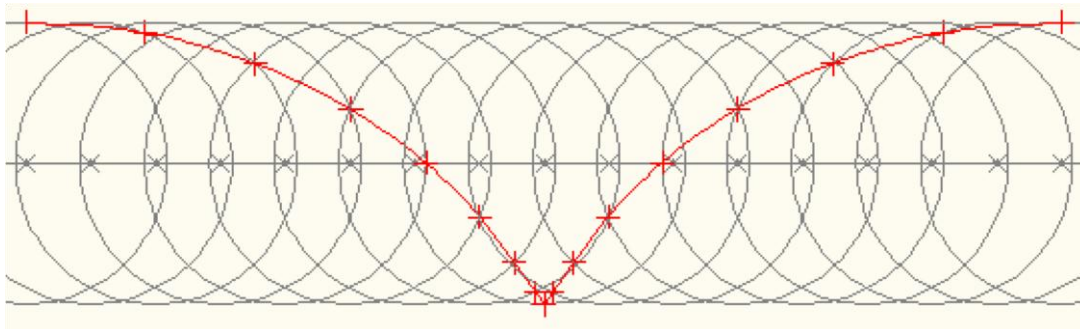


\*La trajectoire de la valve dans le référentiel "centre de la roue" est un **cercle**. Le mouvement est



donc **circulaire** :

\*La trajectoire de la valve dans le référentiel route est une **courbe**. Le mouvement est donc **curviligne**. Si la vitesse du mouvement reste **constante**, la trajectoire se répétera. On parle alors de **trajectoire cycloïde**.



## IV-La vitesse

### IV.1-Définition

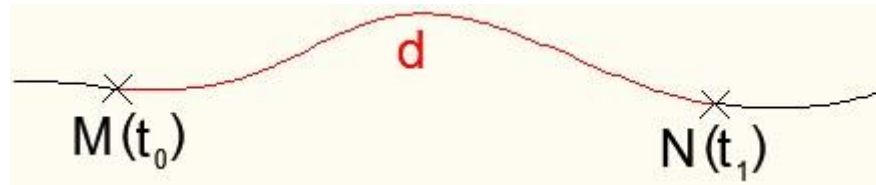
On caractérise la rapidité d'un mouvement par une grandeur physique appelée vitesse. Cette grandeur est liée à la distance parcourue et à la durée du parcours.

### IV.2- Vitesse instantanée

On appelle vitesse instantanée d'un objet, la vitesse de celui-ci à un instant donné. Elle est indiquée par un compteur ou par un tachymètre.

### IV.3- Vitesse moyenne

La vitesse moyenne d'un corps (notée  $V_m$ ) entre deux instants  $t_0$  et  $t_1$  se calcul en divisant la distance parcourue (notée  $d$ ) par la durée du parcours.



$$V_m = \frac{d}{\Delta t} = \frac{d}{t_1 - t_0}$$

$V_m$  : Vitesse moyenne en  $m.s^{-1}$   
 $d$  : Distance parcourue en m  
 $\Delta t$  : (Intervalle de temps) Durée du parcours en s

### Exercice d'application

Un gendarme arrête un automobiliste et lui certifie qu'il vient de le flasher à  $157,6 \text{ km.h}^{-1}$ . Le conducteur lui répond que c'est impossible car il ne roule que depuis 2 heures et il n'a parcouru que 120 km.

- 1- Calculer la vitesse moyenne en  $\text{km.h}^{-1}$  de l'automobiliste. Convertir en  $\text{m.s}^{-1}$
- 2- Que représente alors la vitesse indiquée par le gendarme ?

### V- L'accélération

L'accélération d'un mobile est la variation de la vitesse en fonction du temps. Elle s'exprime en  $\text{m.s}^{-2}$ .

2. L'accélération moyenne s'écrit :  $a_m = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

## B/ ETUDE DE QUELQUES MOUVEMENTS

### I/ Mouvement rectiligne uniforme

#### Activité

Le tableau suivant donne la position en fonction du temps d'un train se déplaçant à vitesse constante.

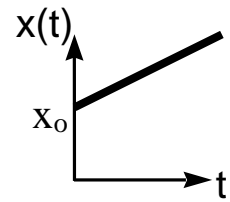
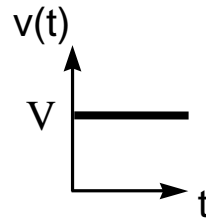
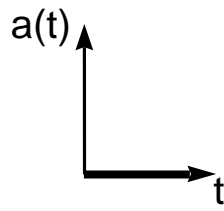
Position (km)	38	85,5	133	171	285
Temps (min)	20	45	70	90	150

- 1) Tracer le graphe de la distance en mètres en fonction du temps en secondes.
- 2) On obtient une droite, écrire son équation.
- 3) Calculer la pente K de cette équation. Donner son unité.
- 4) En déduire la vitesse du train.

#### Je retiens :

- Un mouvement rectiligne uniforme (**MRU**) est un mouvement rectiligne à **vitesse constante** ( $V = \text{cte}$ ).
- Pour un MRU ; la position **X** du mobile, sa vitesse **V** et son accélération **a** sont décrites à chaque instant **t** par les 3 relations mathématiques suivantes (dans ces équations : t est une variable ;  $t_0 = 0$  ; V et  $x_0$  sont des constantes) et par les 3 représentations graphiques qui en découlent :

$$\begin{cases} x(t) = V \cdot t + X_0 \\ v(t) = V \\ a(t) = 0 \end{cases}$$



**Exercice d'application :** Une voiture se déplace avec un MRU, le chronomètre est enclenché lorsqu'elle se trouve à 120 m de l'observateur, après 15 s elle se trouve à 1020 m de celui-ci. Calculer sa vitesse  $V$ .

## II/ Mouvement rectiligne uniformément varié (MRUV).

### Activité

Etudions le mouvement d'un train qui accélère à partir d'une vitesse de 10 m/s .

Vitesse (m/s)	10	22	40	70	82
Temps (s)	0	10	25	50	60

- 1) Tracer le graphe de la vitesse en m/s en fonction du temps en seconde.
- 2) On obtient une droite, écrire son équation.
- 3) Calculer la pente  $K$  de cette équation. Donner son unité.
- 4) En déduire l'accélération du train.

### Je retiens :

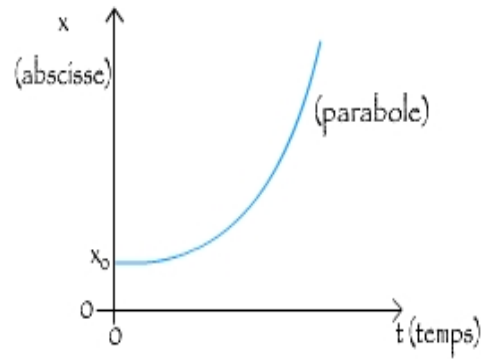
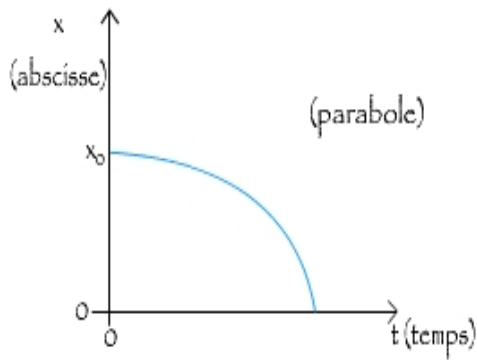
- Un mouvement rectiligne uniformément varié (**MRUV**) est un mouvement rectiligne avec **accélération constante** et donc une **vitesse qui varie** régulièrement au cours du temps. Il est dit **accéléré** (MRUA) si la **vitesse augmente** en fonction du temps et **décéléré ou ralenti** (MRUD ou MRUR) si la **vitesse diminue** en fonction du temps.
- Le mouvement est décrit par 3 équations horaires ( $x(t)$ ,  $v(t)$  et  $a(t)$ ) :

$$\begin{cases} x(t) = \frac{1}{2}a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + x_0 \\ v(t) = a \cdot t + v_0 \\ a(t) = a = \text{constante} \\ V^2 - V_0^2 = 2a(x - x_0) \end{cases}$$

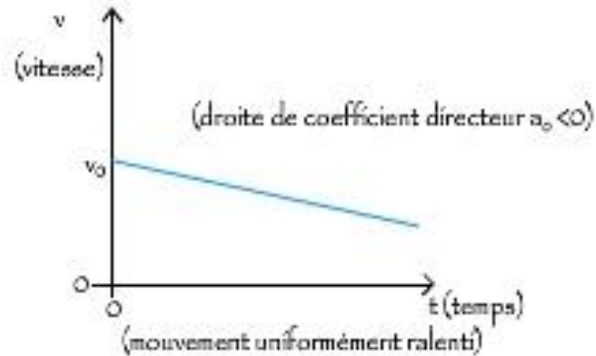
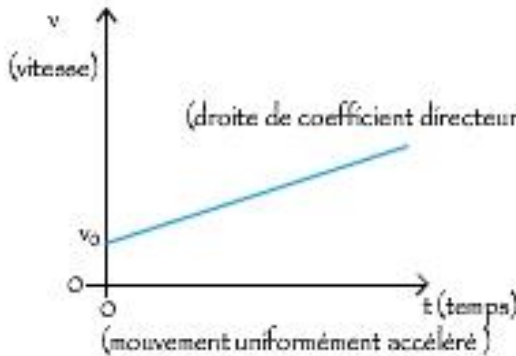
#### REMARQUE :

- Si  $a > 0$  : MRUA
- Si  $a < 0$  : MRUD.

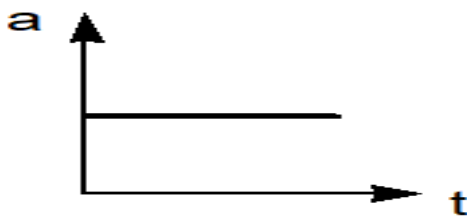
-Diagrammes des espaces : MRUR et MRUA



- Diagrammes des vitesses : MRUA et MRUR



-Diagrammes des accélérations :



Exercice d'application : Un mobile arrive en un point M ( $x_M = 10$  m) de sa trajectoire avec une vitesse  $V = 3$  m.s<sup>-1</sup> en 20 s pour une accélération de 2 m.s<sup>-2</sup>. Déterminer sa vitesse et sa position initiales.

### III/ Mouvement circulaire uniforme

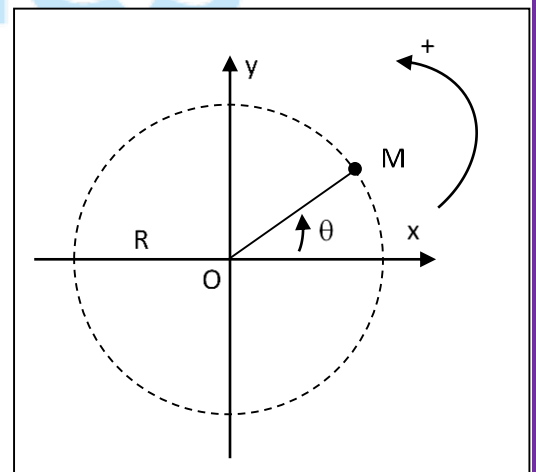
**Activité** : On étudie expérimentalement le mouvement circulaire d'un mobile ponctuel M. Pour cela on mesure la durée  $t$  mise par le mobile pour effectuer  $n$  tours complets. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

- 1- Compléter la deuxième ligne du tableau.
- 2- Tracer sur un papier millimétré, la courbe représentant  $\theta = f(t)$ .
- 3- Déduire, à partir de la courbe, l'équation horaire du mouvement du mobile M. Préciser la nature du mouvement.
- 4- Calculer pour ce mouvement :

La vitesse angulaire  $\omega$  du mouvement.

La période  $T$  et la fréquence  $N$ .

- 5- Sachant que le rayon  $R$  du cercle décrit par le mobile M est égal à 50 cm, calculer : La vitesse linéaire et l'accélération linéaire.



n (tours)	1	2	3	4	6	8
$\theta$ (rad)						
t(s)	0,5	1,0	1,49	2,01	3	3,99

## Je retiens :

- Le mobile se déplace le long d'un **cercle** et son vecteur **vitesse est de norme constante** ( $V=cte$ ).
- L'équation horaire s'écrit alors :  $\theta(t) = \dot{\theta}.t + \theta_0$  où  $\theta_0$  est l'élongation angulaire initiale ; c'est l'abscisse angulaire à la date  $t=0$  s.
- Le mobile met le même temps **T** pour faire un tour de cercle. Ce temps est appelé **Période du mouvement**.
- A l'abscisse T, on a :  $\theta = \omega.T + \theta_0$ . L'angle balayé ou L'angle de rotation est :  $\omega.T = \theta - \theta_0 = 2\pi n$  ; avec  $\theta$  (rad) ,  $\omega$  en rad/s et  $n$  est le nombre de tours.
- **La fréquence du mouvement N** est le nombre de tours effectués par seconde.

$$N = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} ; \text{ on en déduit } \omega = 2\pi N . \text{ N s'exprime en Hertz ( Hz).}$$

- Lorsque la trajectoire est circulaire, le système décrit un cercle de centre O et de rayon R (en m) et :
  - La vitesse linéaire est définie par :  $V = R\omega = R\dot{\theta}$   
Avec : V en ( m/s ) ; R en ( m ) et  $\omega$  et  $\dot{\theta}$  et ( rad/s )
  - La vitesse de angulaire est définie par :  $\omega = \dot{\theta} = 2\pi N$   
Avec : N en ( Hz ) ;  $\omega$  et  $\dot{\theta}$  et ( rad/s )
  - La vitesse de rotation est définie par :  $N = \frac{n}{t}$  ; Avec N en (tr/s) ; t en (s) et n : nombre de tours.
  - L'angle de rotation est définie par :  $\theta = 2\pi n$  ; avec  $\theta$  en (rad)
- L'accélération du mobile est dirigée vers le centre du mouvement et est dite **normale ou radiale** : c'est une accélération **centripète**. On la note  $a_n$  ( en  $m.s^{-2}$  ) et est obtenue par la relation :  $a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2$

### Exercice d'application :

- 1-Un solide en mouvement circulaire uniforme effectue 10 tours complets.
  - a) Calculer l'angle balayé  $\theta$  par ce solide.
  - b) Pour un angle de rotation  $\theta = 16\pi$  rad, en déduire le nombre de tours effectués par ce solide.
2. Un disque de rayon 10 cm tourne à la vitesse de 300 tours par minute.
  - a) Exprimer sa vitesse de rotation en tr/s.
  - b) Calculer sa vitesse angulaire  $\omega$ .
  - c) En déduire la vitesse linéaire d'un point situé au bord du disque.

# Leçon (2+3) : Généralités sur les forces et Exemples de forces

## Compétences visées :

- Définir et caractériser une force ;
- Donner l'effet de rotation d'une force, la notion de moment d'une force et la notion de couple de force
- Enoncer le principe des actions réciproques ;
- Donner les exemples de forces : Poids d'un objet, Tension d'un câble, d'un ressort, Forces d'appui, Forces de frottement, Forces magnétiques et Forces électriques

**NB : bien vouloir représenter les flèches sur les vecteurs forces dans cette leçon**

## I. Mise en évidence des interactions entre objets.

### 1. Exemples d'interactions

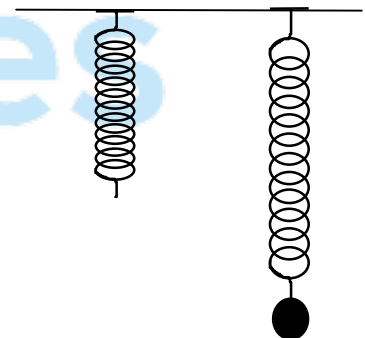
#### a) Interaction entre aimant



Deux aimants A et B reliés par un fil présentent leurs faces nord en regard. Lorsqu'on brûle le fil l'aimant A est repoussé par l'aimant B et s'éloigne vers la gauche. L'aimant B est repoussé par l'aimant A et s'éloigne vers la droite. On dit que l'aimant A et l'aimant B sont en interaction.

#### b) Interaction bille - ressort

La bille exerce une action sur le ressort qui s'allonge. Le ressort exerce réciproquement une action sur la bille qui reste en équilibre. Le ressort et la bille sont en interaction.



#### c) Autres interactions

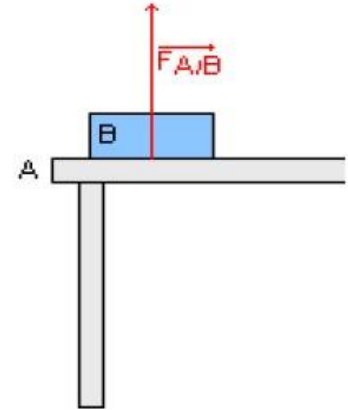
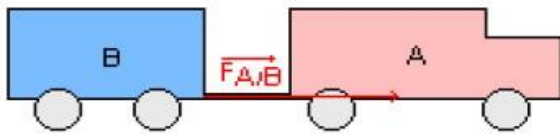


- L'action mécanique qu'exerce l'haltérophile **maintient en équilibre** les charges.
- L'action mécanique du sportif **met en mouvement** le javelot.
- L'action mécanique que le sol exerce sur le ballon **modifie** son mouvement.

- L'action mécanique qu'exerce le karatéka **déforme** la planche en bois.

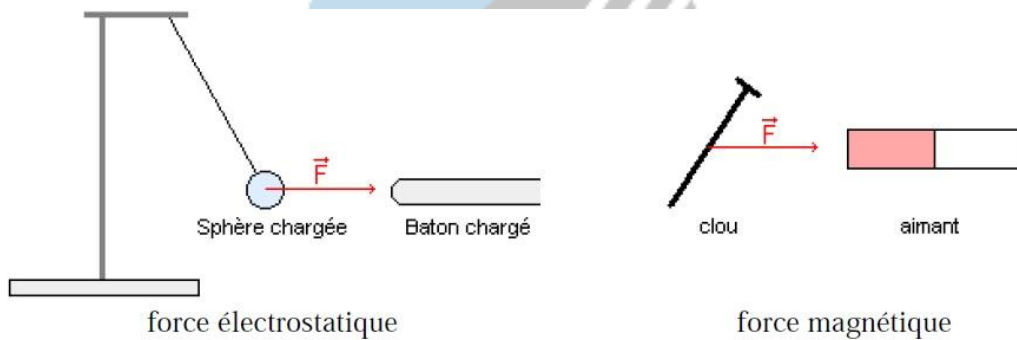
## 2. Différentes types d'interactions

- Certaines interactions ne s'exercent que lorsque les objets en interaction se touchent ; on les appelle des **interactions de contact**.



Exemples : interaction musculaire, interaction ressort – bille

- D'autres interactions au contraire s'exercent à distance, on les appelle des **interactions à distance**



### Remarque

- ☞ On appelle **force électrique** ou force électrostatique toute force agissant en interaction sur deux corps chargés d'électricité. **Exemple** : Bic frotté sur la chevelue attire les morceaux de papier légers...
- ☞ On appelle **force magnétique** toute force agissant en interaction magnétique sur deux corps aimantés

**Exemple** : rapprochement entre un aimant et un objet ferromagnétique, ou entre deux aimants.

## II. Notion de force

L'action qu'un objet A s'exerce sur un autre objet B se traduit par la notion de force. On dit que A agit sur B ou A exerce une force sur B.

### 1. Définition

Une force est une action mécanique capable d'avoir un effet :

- Statique : déformer des objets, empêcher des mouvements
- Dynamique : mettre un corps en mouvement ou modifier son mouvement.

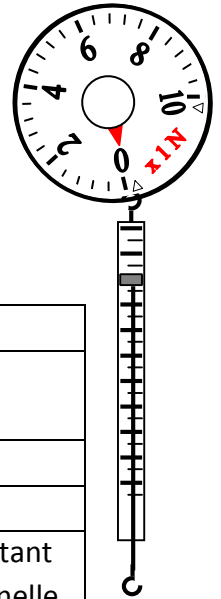
### 2. Vecteur force

Une force est modélisée par un vecteur dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Point d'application :

- Direction : celle suivant laquelle s'exerce l'action
- Sens : droite suivant laquelle agit la force
- Valeur : l'intensité de l'action ; elle se mesure en Newton (symbole: N) à l'aide d'un appareil appelé dynamomètre.

Il existe des dynamomètres circulaires et des dynamomètres à ressort



### 3. Exemples et représentation d'une force

#### 3.1. Cas général

Une force est représentée par une flèche ou vecteur force

<u>Force</u>	<u>Vecteur force</u>
Point d'application	Origine du vecteur
Droite d'action	Droite support du vecteur
Sens	De l'origine vers l'extrémité
Intensité	Longueur du vecteur (une unité de longueur étant choisie, la longueur du vecteur est proportionnelle à l'intensité)

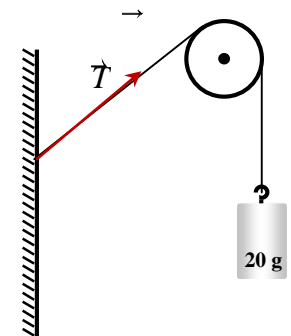
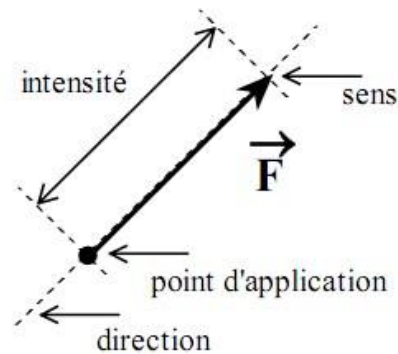
#### Exemple : Représente la force exercée sur un tendeur

Anaïs tire sur le tendeur avec sa main. Représente la force  $F$  exercée par la main (M) sur le tendeur (T) sachant qu'elle a pour valeur 5N. Échelle : 1cm pour 2 N

Les caractéristiques de la force  $F$  sont :

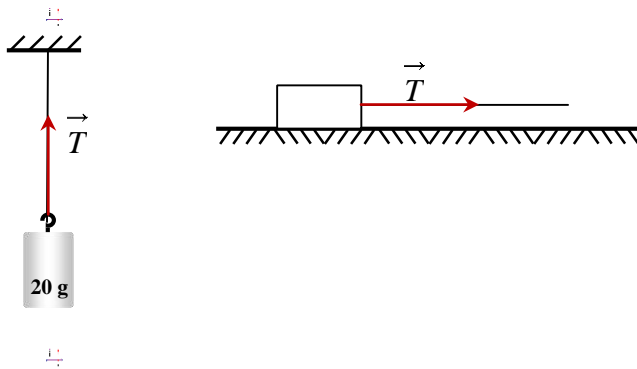
- Point d'application : M
- Direction : droite d'action du tendeur (T)
- sens : du tendeur vers Anaïs
- Valeur :  $F = 5 \text{ N}$  (1,5 cm)

#### Représentation d'une force par une flèche :



### a) Tension d'un fil

La tension d'un fil est l'action qu'un fil tendu exerce sur un objet, elle est notée  $T$



La tension d'un fil est toujours dirigée suivant le fil

### b) Tension d'un ressort

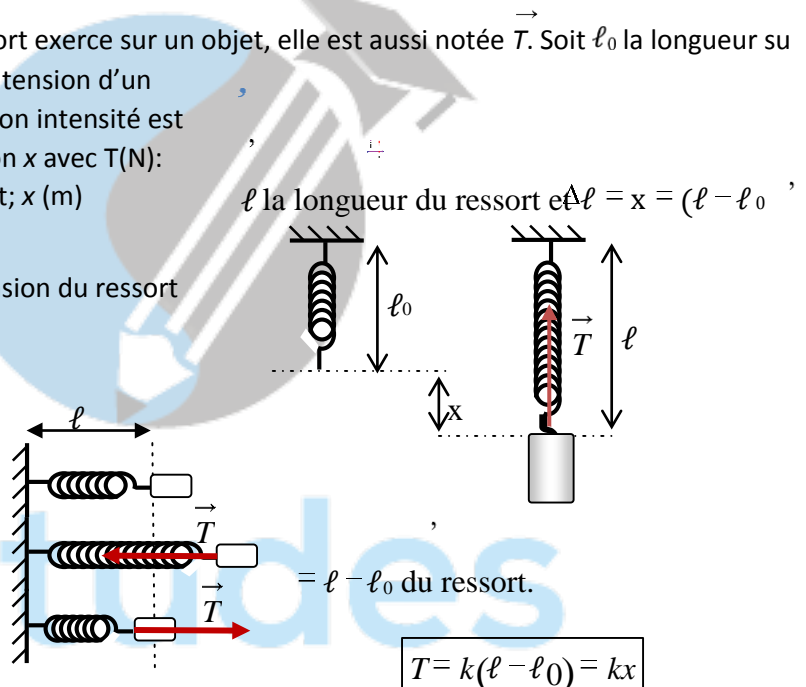
La tension d'un ressort est l'action qu'un ressort exerce sur un objet, elle est aussi notée  $T$ . Soit  $\ell_0$  la longueur du ressort à vide,  $x$  l'allongement du ressort. La tension d'un ressort est dirigée suivant l'axe du ressort et son intensité est proportionnelle à l'allongement ou à l'élongation  $x$  avec  $T$  (N): tension du ressort;  $k$  ( $\text{Nm}^{-1}$ ): raideur du ressort;  $x$  (m) allongement.

Exemples : représenter dans chaque cas la tension du ressort

a) Ressort à vide ( $T=0$ )

b) Ressort allongé ( $T=k(\ell-\ell_0)$ )

c) Ressort comprimé ( $T=k(\ell_0-\ell)$ )

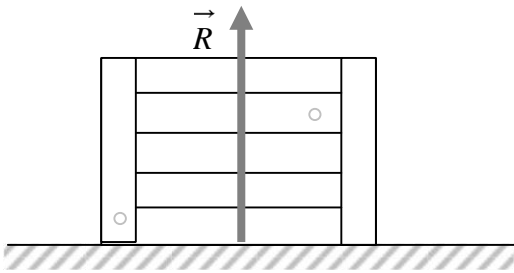


La tension d'un ressort est une force de rappel qui tend à ramener toujours le système à sa position d'équilibre.

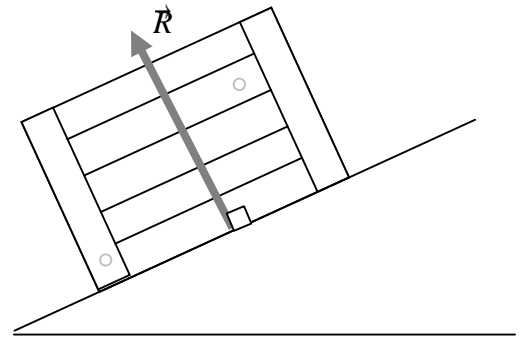
### 3.3. Réaction du support

#### a) Contact sans frottement

La réaction d'un support, notée  $\vec{R}$ , est l'action exercée par le support sur les objets en contact avec ce dernier. Dans le cas des contacts sans frottement, la réaction  $R$  est perpendiculaire au support.

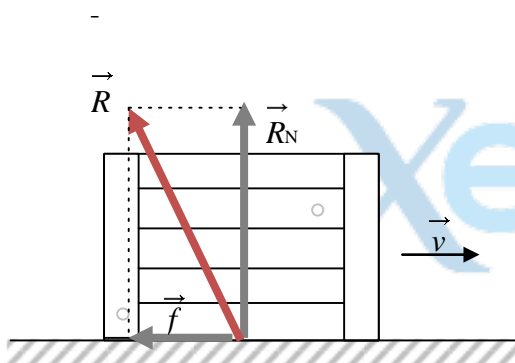


Support horizontal

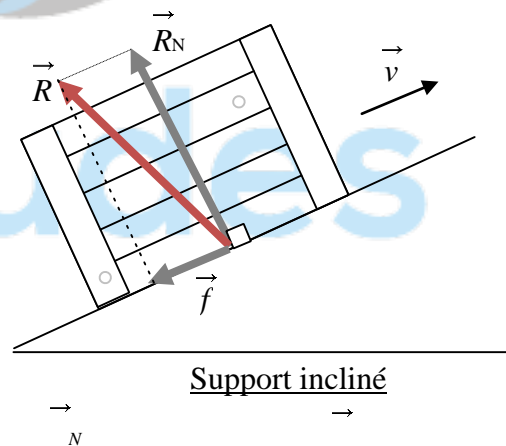


Support incliné

### b) Contact avec frottement



Support horizontal



Support incliné

La réaction peut se décomposer en deux composantes :  $R$  réaction normale et  $f$  réaction tangentielle ou force de frottement.

### 3.4. Le poids d'un corps

a) MISE EN EVIDENCE

Les objets sont attirés par la terre vers son centre (suivant une direction appelée verticale), sous l'effet de leurs poids. Le poids d'un objet provoque l'allongement d'un ressort ; celui-ci n'est pas le même pour tous les objets.

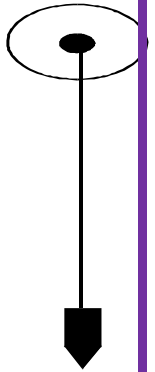
b) DEFINITION

Le poids d'un corps pour un observateur terrestre est l'attraction que la terre exerce sur ce corps.

c) CARACTERISTIQUES

Le poids d'un objet est une force modélisée par un vecteur dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Point d'application : est le centre de gravité du corps (ou centre d'inertie).
- Direction : suivant la verticale
- Sens : vers le bas (celui qui va du centre de gravité vers le centre de la terre)
- Intensité : elle est déterminée à l'aide d'un dynamomètre et s'exprime en N (Newton)

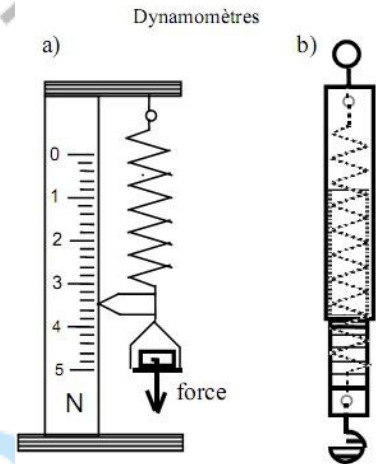


### 3.5. Relation entre poids et masse

1. MANIPULATION

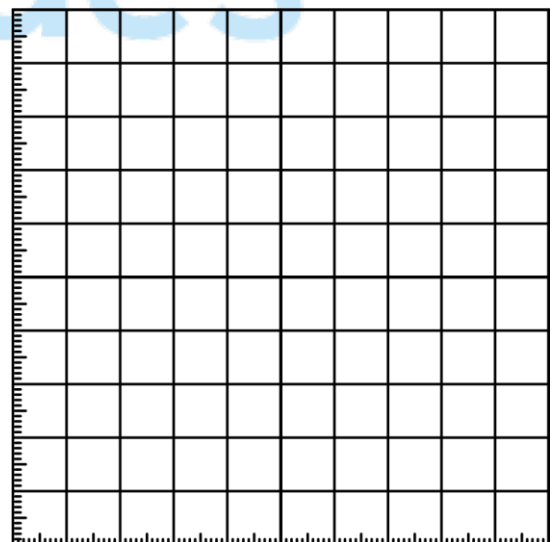
On détermine le poids d'un objet à l'aide d'un dynamomètre et la masse de ce même objet à l'aide d'une balance.

Masse (kg)									
Poids (N)									



Sur un graphe on place la masse (m) en abscisses et l'intensité du poids (P) en ordonnées.

- Nous constatons que les points de coordonnées (m , P) sont Donc l'intensité du poids est à la masse.
- La relation liant l'intensité du poids à la masse est donc :  $P = m \times g$  ; g caractérise la pesanteur sur le lieu de la manipulation
- unités : P en Newton, m en kg donc g s'exprime en N/kg.



2. CONCLUSION

La masse d'un corps est la quantité de matière contenue dans ce corps. C'est une grandeur scalaire qui ne dépend ni du lieu, ni de l'état physique de l'objet, son unité est le **kilogramme (Kg)**. Le poids est lié à la masse par la relation

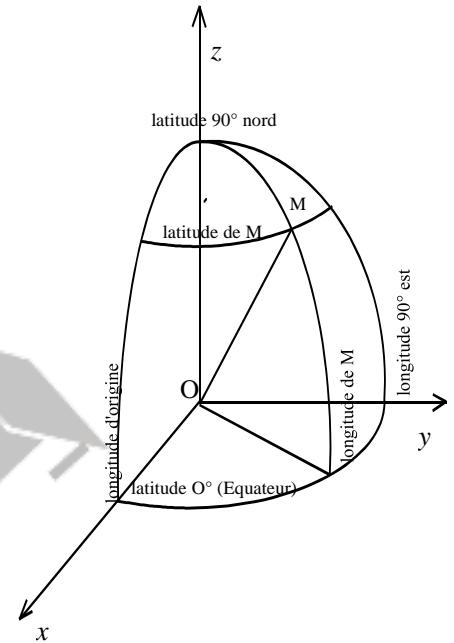
$P = m.g$  ou g est l'intensité de la pesanteur(N/Kg) m la masse du corps en Kg

### 3. LE POIDS DEPEND DU LIEU

De nombreux expériences montrent que la masse est invariable quel que soit le lieu alors que le poids d'un objet varie avec :

- L'altitude : il diminue lorsque l'altitude augmente.
- La latitude : un même objet a un poids plus élevé aux pôles qu'à l'équateur

Ville	Pays	Latitude (degré)	Longitude (degré)	Valeur du poids (newton)
Paris	France	49	2	9,81
Quito	Équateur	0	-78	9,77
Douala	Cameroun	4	10	9,78
Montréal	Canada	45	-73	9,81
Djakarta	Indonésie	-6	107	9,78
Reykjavik	Islande	64	-22	9,82
Kinshasa	Ouganda	-4	15	9,78
Kimberley	Afrique du Sud	-29	25	9,79
Cordoba	Argentine	-31	-64	9,79



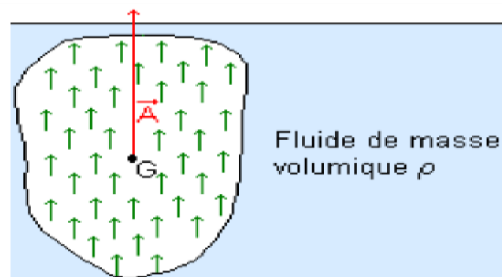
### 4. VECTEUR CHAMP DE PESANTEUR

Le poids est une force à distance c'est-à-dire une force de champ. La terre en son voisinage un espace champ de forces telles qu'en tout point de cet espace, nous associons un vecteur champ de pesanteur)

$$\vec{p} = m \times \vec{g}$$

### 3.5. La Poussée d'Archimède

L'objet subit une poussée verticale répartie de bas en haut d'intensité égale au poids du volume de fluide déplacé.



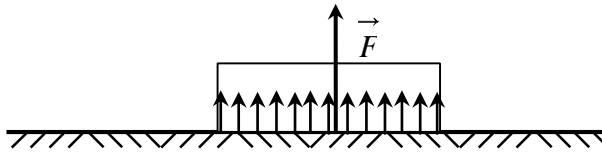
$$A = \rho \cdot V \cdot g$$

avec

A: Poussée d'Archimède en N  
 $\rho$ : Masse volumique du fluide en kg.m<sup>-3</sup>.  
 g: intensité de la pesanteur: g=9,81 N.kg<sup>-1</sup> à Paris

### 3.6. Forces localisées et forces réparties d'appui ou force pressante

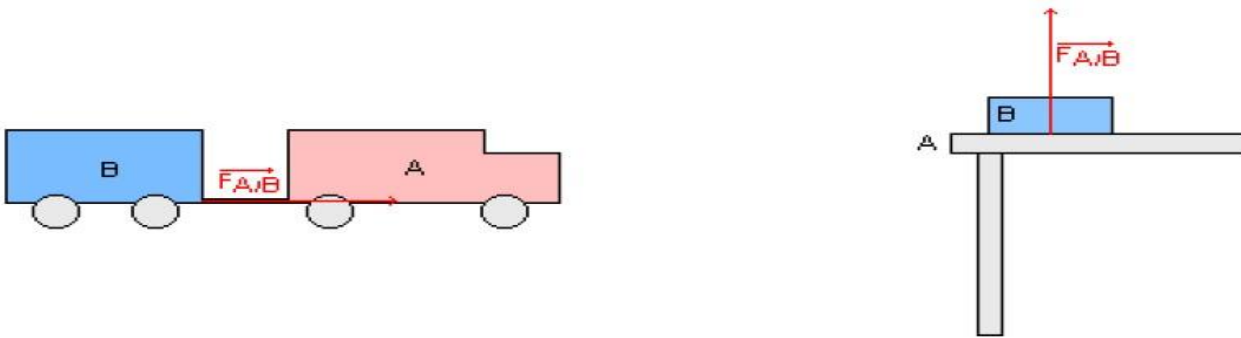
Une action mécanique est répartie si elle s'exerce sur une large surface du solide ou sur la totalité de son volume. Une action mécanique qui n'est pas répartie est dite localisée (elle s'exerce en un point du solide)



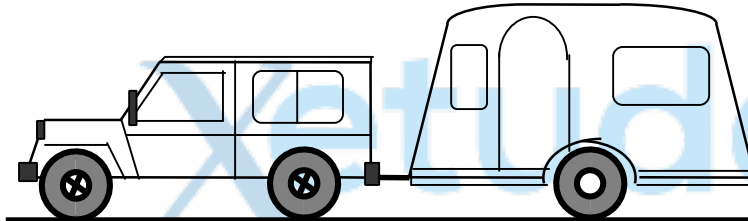
Le point d'application de  $\vec{F}_n$  est pas connue à priori.

### 3.7. Forces extérieures et forces intérieures

Un solide ou un ensemble de solides déformables ou non constitue (nt) un système matériel. Le milieu extérieur est tout ce qui n'appartient pas au système choisi et le milieu intérieur étant tout ce qui appartient au système.



- ☞ On appelle **force extérieure** toute force exercée par l'extérieur sur le système
- ☞ On appelle **forces intérieures**, les forces résultant des interactions entre les éléments du système choisi.



Lorsque le système est la "Jeep et la caravane" les tensions des câbles constituent des forces intérieures.

## 4. Principe des interactions

### 4.1. Énoncé du principe

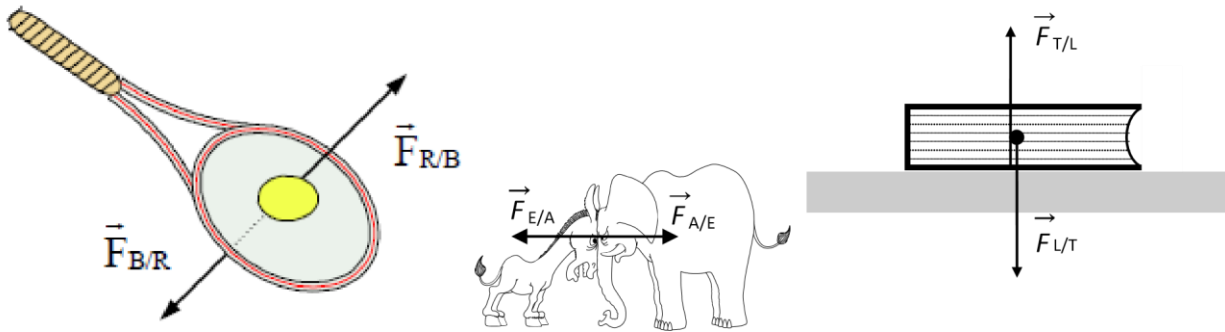
« Lorsque deux solides  $S_1$  et  $S_2$  sont en interaction, le vecteur force  $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$  exercé par le solide  $S_1$  sur le solide  $S_2$  est directement opposé au vecteur force  $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$  exercé par le solide  $S_2$  sur le solide  $S_1$ . »

$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1} \text{ soit } \|\vec{F}_{1 \rightarrow 2}\| = \|\vec{F}_{2 \rightarrow 1}\|$$

Remarque : ces deux forces ont même direction, même intensité et de sens opposé

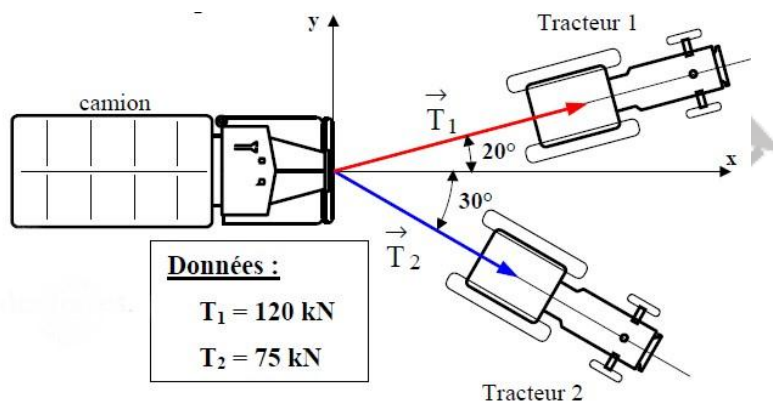
### 4.2. Exemple

## 2. Exemples d'interactions



### 4.3. Applications sur les vecteurs forces

**Exemple 1: coordonnées cartésiennes d'une force** Un camion embourbé est tiré horizontalement par deux tracteurs.  $T_1$  et  $T_2$  modélisent les actions des câbles sur le camion.

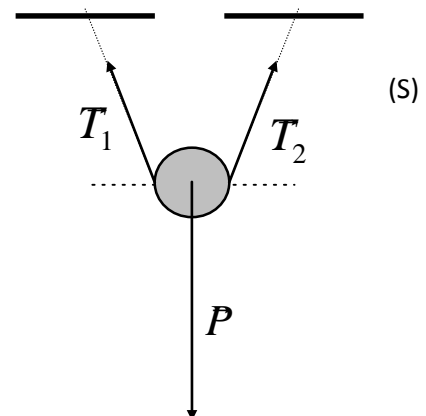


#### Questions :

1. Écrire algébriquement les coordonnées de  $\vec{T}_1$
2. Écrire algébriquement les coordonnées de  $\vec{T}_2$
3. Déterminer la résultante  $\vec{R}$  des forces. Calculer son intensité.
4. Calculer  $\varphi = (\vec{i}, \vec{R})$

#### Exemple 2 : solide en suspension

Déterminer la tension des deux câbles retenant en suspension un solide dont la force pesante est  $P=800\text{N}$  sachant que leur longueur est la même, qu'ils sont inclinés d'un angle  $\alpha = 20^\circ$  sur l'horizontale et que la somme de toutes les forces appliquées est nulle.



### a) Méthode algébrique

Choisissons un repère d'axe et projetons la relation vectorielle  $\vec{P} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = 0$ . Dans cette résolution il n'est pas nécessaire de représenter à l'échelle les vecteurs. On pose  $\alpha = 20^\circ$

### b) Méthode graphique

☞ Choisissons une échelle de représentation : 1 cm = 400 N.

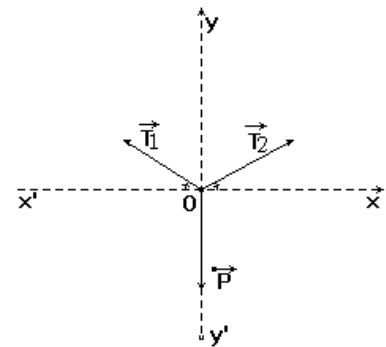
☞ Après la représentation du vecteur  $\vec{P}$  (2 cm) à l'échelle, on trace les lignes d'action  $D_1$  et  $D_2$  respectives de  $\vec{T}_1$  et  $\vec{T}_2$ .

☞  $\vec{T}_2 + \vec{T}_1 + \vec{P} = 0$ , le polygone des forces est fermé d'où l'extrémité de  $\vec{T}_2$  coïncide avec l'origine de  $\vec{P}$

☞ La mesure directe de la longueur des vecteurs  $\vec{T}_1$  et  $\vec{T}_2$  donne 2,9 cm

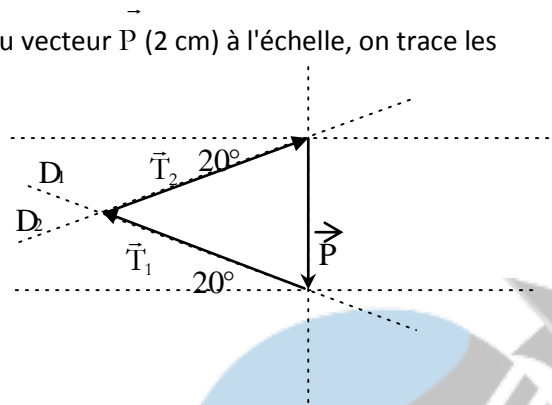
$$2,9 \text{ cm} = 400 \text{ N}$$

égale à 1160 N. On trouve donc  $T_1 = T_2 = 1160 \text{ N}$



polygone des forces est fermé d'où l'extrémité de  $\vec{T}_2$  coïncide avec l'origine de  $\vec{P}$

chacun soit une intensité



**Remarque :** la détermination graphique n'est pas une méthode précise. On fera appel souvent à la méthode algébrique qui reste précise.

### Exercices à faire à la maison

#### Exercice 1:

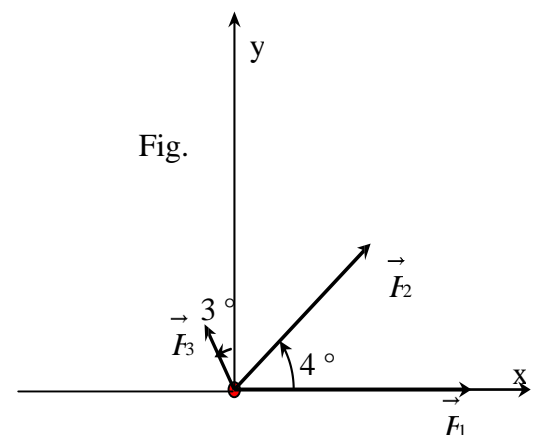
Trouver la résultante des forces suivantes (méthode géométrique puis analytique) agissant sur un corps au point O (fig.2). L'intensité de la force  $F_1$  est égale à 1200 N, celle de  $F_2$  à 900 N et celle de  $F_3$  à 300 N. Les directions et sens sont indiqués sur la figure à l'échelle : 1 cm pour 300 N.

**NB :** Pour la détermination géométrique, vous pouvez travailler directement sur la figure.

#### Exercice 2:

Soit deux forces  $F_1$  et  $F_2$  d'intensité  $F_1 = 2 \text{ N}$  et  $F_2 = 4 \text{ N}$  faisant un angle  $\alpha = 120^\circ$ .

- 1) Représenter  $F_1$  et  $F_2$  : échelle : 1 cm pour 1N.
- 2) Déterminer graphiquement puis par le calcul l'intensité de la force  $F$  telle que :  $F_1$
- 3) On considère deux forces  $F_3$  et  $F_4$  de même intensité et faisant un angle de  $\alpha = 60^\circ$ . Déterminer l'intensité commune sachant que l'intensité de leur résultante  $F''$  est de 17,3N.



## Leçon 4 : NOTION DE PRESSION

### Compétences visées :

- ☞ Définir forces pressantes,
- ☞ Expliquer la notion de pression,
- ☞ Donner l'unité de la pression et ses effets pressions
- ☞ Donner la théorie cinétique des fluides

### 1- Propriétés physiques des fluides

#### Activité 1 :

- a- Renseigne-toi et trouve la définition du mot fluide.
- b- Après avoir cité les états de la matière, quels sont ceux qui peuvent être considérés comme des fluides ?
- c- Quelle est la différence entre un liquide et un gaz ?

### Je retiens :

- Les liquides et les gaz sont regroupés sous l'appellation fluide par opposition aux solides. Les fluides sont caractérisés par un ensemble de molécules en mouvement qui leur confère la principale particularité de prendre la forme de leur contenant.
- Un fluide est un corps qui n'a pas de forme propre et qui est facilement déformable. Les liquides et les gaz sont des fluides. Ils se déforment et s'écoulent facilement.
- La différence entre un liquide et un gaz se situe au niveau de la "liberté" des molécules :
  - Dans un liquide, les molécules interagissent fortement les unes avec les autres et sont donc spatialement très proches.
  - Dans un gaz, les molécules sont beaucoup plus éloignées et n'interagissent pas ou peu entre elles. Elles sont donc libres d'occuper tout l'espace disponible.
- Les liquides n'ont aucune propriété élastique : on dit qu'ils sont **incompressibles**.
- Les gaz par contre sont **compressibles** ; ils possèdent donc des propriétés élastiques.

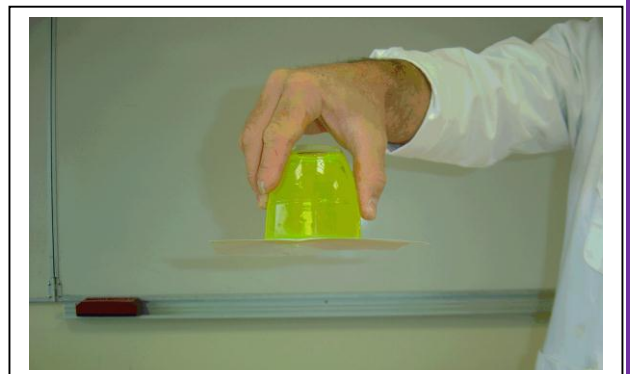
### 2- Forces pressantes.

#### Activité 1 :

Soit un verre rempli d'eau à ras bord. Pose sur le verre rempli d'eau, au contact de l'eau et du bord du verre, une feuille de papier rigide. Au-dessus d'une bassine retourne rapidement l'ensemble en tenant la feuille de papier, puis lâche la feuille de papier. *L'eau s'écoule-t-elle ? Pourquoi ?*

#### Réponse attendue !

***L'eau ne s'écoule pas. L'air atmosphérique qui frappe la partie extérieure du papier est constitué de molécules agitées (l'agitation est d'autant plus importante que la température est élevée). Celles-ci exercent des forces microscopiques perpendiculaires à la surface de contact de l'eau, du bord du verre et la feuille de papier. C'est la résultante de ces forces notée  $\vec{F}$  appelée force pressante qui s'oppose au poids de l'eau contenue dans le verre.***

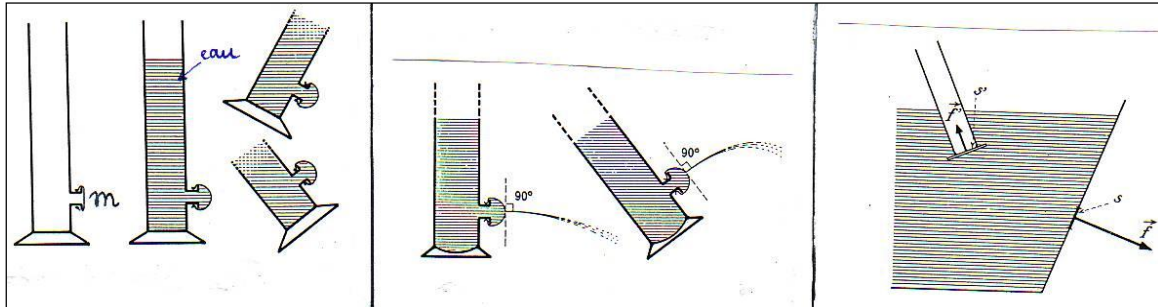


## Activité 2 : On dispose d'un vase muni d'une membrane en plastique souple (m)

1) On remplit d'eau le vase

2) On perce la membrane souple

3) force exercée par l'eau sur la paroi



- Donner la direction et le sens de la force pressante exercée par l'eau sur la paroi.  
Je retiens :
- Tout corps plongé dans un fluide (liquide ou un gaz) subit de la part de ce dernier une force de poussée appelée **force pressante**.
- Cette force pressante s'exerce toujours :
  - Selon une direction perpendiculaire à la surface de l'objet
  - En tout point de l'objet
  - La valeur de ces forces pressantes dépend de plusieurs paramètres, tels que la température, la quantité de matière, le volume de fluide...

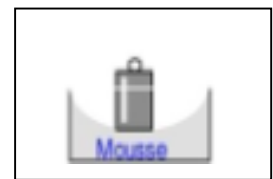
### 3- La pression :

#### 3.1- Pression exercée par un solide

##### Activité :

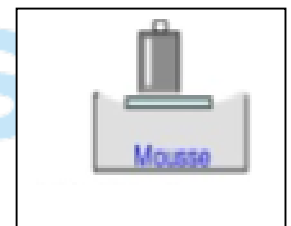
On dispose d'une masse m et d'un morceau de mousse.

- ☞ Cas 1 : Place la masse m dans le morceau de mousse. Que remarques-tu ?



**Réponse attendue** : la mousse s'crase sous l'effet de la masse.

- ☞ Cas 2 : Place maintenant une plaque sur le morceau de mousse, puis la masse sur la plaque. Que remarques-tu ?



**Réponses attendues** : - La masse utilisée est la **même** dans les deux cas. **La force pressante F** exercée par la masse sur la mousse est **identique** dans les deux cas.

##### Remarque :

-La surface pressée S est plus grande dans le cas 2, mais pourtant l'effet de la masse sur la mousse est négligeable par rapport au cas 1. Il est évident donc qu'il existe une grandeur physique telle que  $\frac{F}{S}$ . Celle-ci est grande lorsque la surface pressée est petite et est faible lorsque la surface pressée est grande. Cette grandeur s'appelle la pression et est notée P.

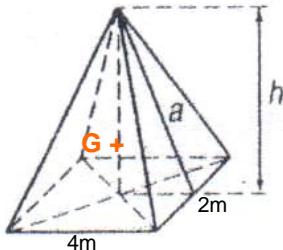
##### Je retiens :

- L'effet d'une force pressante est :
  - Inversement proportionnel à l'aire de la surface pressée ;
  - Proportionnel à l'intensité de la force pressante.

- La pression est égale au quotient de l'intensité  $F$  de la force pressante par l'aire  $S$  de la surface pressée.

$$P = \frac{F}{S} ; P \text{ en Newton (N) , } S \text{ en m}^2 .$$

- L'unité de la pression est le pascal ( Pa). On utilise aussi : l'hectopascal : 1hPa = 100 Pa et le bar : 1 bar =  $10^5$  Pa.



### Application 1

La pyramide ci-contre de centre de gravité  $G$  a un poids  $P=3500\text{N}$ . Calculer la pression exercée par cette pyramide à base rectangulaire sur un plan horizontal

### Application 2 :

Calculer la valeur de la force pressante exercée par une colonne lindrique d'eau sur base de surface  $10 \text{ cm}^2$  sachant que la pression au niveau de la se est de  $2000 \text{ hPa}$

## 3.2- Pression exercée par un liquide

### Activité :

- 1- On remplit un flacon d'eau sur lequel on a placé des bouchons qui empêchent l'eau de s'écouler par des orifices situés à différentes hauteurs :
  - Remplir le flacon.
  - Enlever le bouchon situé le plus près du goulot de la bouteille. Dis ce que tu observes.

***L'eau s'écoule perpendiculairement à la surface des parois du récipient.***

- 2- A l'aide de la capsule manométrique reliée au tube en U rempli d'eau colorée, mesure la hauteur  $h$  lorsque la profondeur varie. Complète ensuite le tableau. Que remarques-tu ?

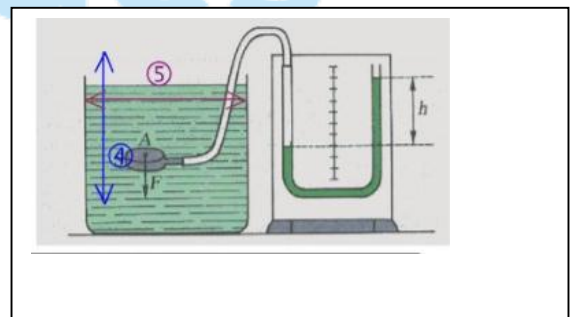
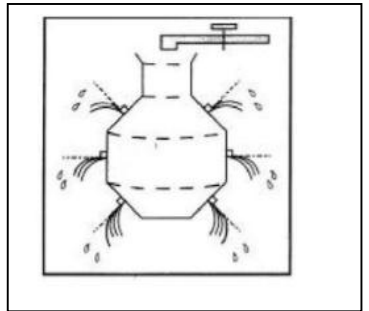
Profondeur (cm)	2	4	6	8
Hauteur $h$ (cm)	2	4	6	8

***La pression indiquée par le tube en U augmente lorsque la profondeur augmente.***

- Déplace la capsule manométrique horizontalement, puis incline-la, la hauteur  $h$ , change-t-elle ?  
**Non, A profondeur constante, la pression est constante.**

### Je retiens :

- Dans un liquide, les forces pressantes sont **perpendiculaires** aux parois du récipient.
- La pression est unique en un point donné d'un liquide



- Dans un même liquide, les points sur un même plan horizontal sont à la même pression : **on dit qu'ils sont isobares.**
- Dans un liquide, la pression augmente avec la profondeur
- A profondeur égale, la pression augmente avec la masse volumique (densité) du liquide.
- La pression dans un liquide se mesure avec une **capsule manométrique.**
- L'inclinaison de la capsule manométrique est sans effet sur la valeur de la pression.
- La pression est due aux chocs entre les molécules du liquide et les parois.

### 3.3- Pression exercée par un gaz

#### Je retiens :

- Dans un flacon, la pression d'un gaz est également due aux **chocs** entre les molécules du gaz et les parois.
- La pression est la même en tout point du gaz (ceci est dû au fait qu'un gaz est très peu dense) : elle se mesure avec un **manomètre.**
- La **pression atmosphérique** correspond à la pression de l'air :
  - Elle dépend de plusieurs paramètres : principalement l'**altitude** et la **météo.**
  - Elle se mesure à l'aide d'un **baromètre.** La valeur normale est d'environ **1 bar ou 100.000 Pa.**

### 4-Transmission des pressions

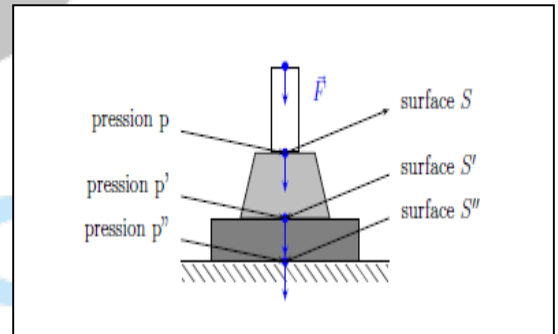
#### 4.1- Cas d'un solide

Activité : On réalise le dispositif suivant constitué d'une tige sur laquelle on exerce une force  $\vec{F}$ , un cône, un bloc et une table.

- Compare les surfaces  $S$ ,  $S'$  et  $S''$  ainsi que les pressions  $P$ ,  $P'$  et  $P''$ .
- Un dispositif a permis de trouver que :  

$$P \times S = P' \times S' = P'' \times S''$$
. Que peut-on conclure ?

La force  $\vec{F}$  exercée du haut sur la tige supérieure est transmise intégralement de la tige au cône, puis au bloc et enfin à la table. Elle conserve ses caractéristiques (Ligne d'action, sens, intensité).



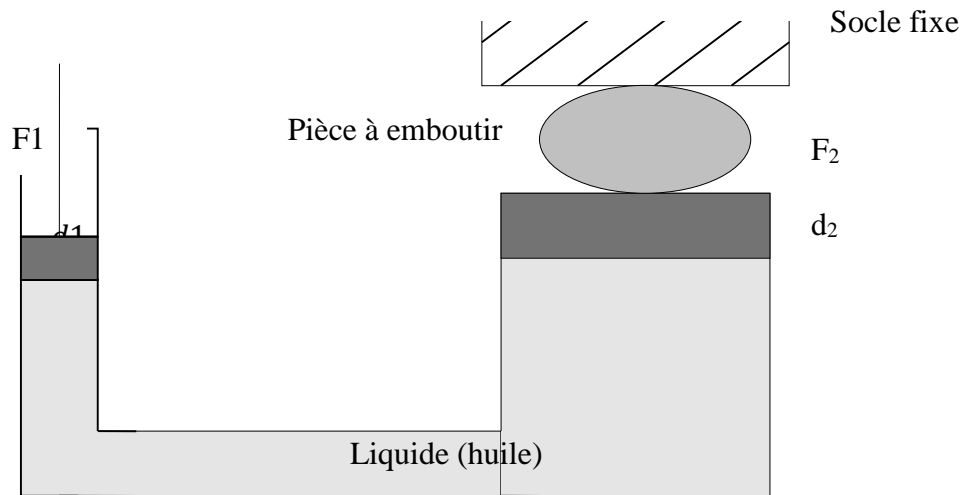
#### Je retiens :

Un solide transmet intégralement la force pressante qui s'applique sur lui, alors que la pression qu'il transmet est différente de celle qu'il reçoit.

#### 4.2- Cas d'un fluide

##### Activité :

Soit le schéma de principe d'une presse hydraulique :

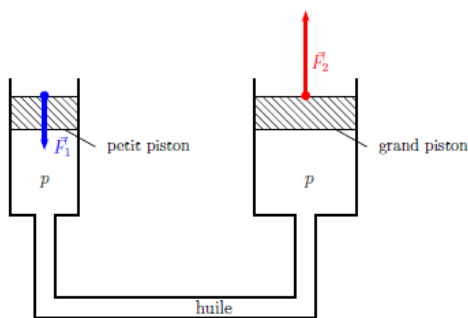


On donne  $F_1 = 100 \text{ N}$  et  $d_1 = 10 \text{ cm}$  (diamètre du piston),  $d_2 = 1 \text{ m}$  (diamètre du grand piston),  $F_2 = 10.000 \text{ N}$ , Calculer  $P_1$  et  $P_2$ . Les comparer, puis conclure.

### Je retiens :

Un fluide transmet la pression (par les molécules du Liquide ou du gaz) dans toutes les directions avec la même intensité.

- Pour une presse hydraulique :  $P_1 = P_2$  d'où :  $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$



# Leçon 5 : STATIQUE DES SOLIDES

## Compétences :

- Délimité un système et faire le bilan des forces ;
- Appliquer les relations d'équilibre ;
- Exemples de quelques solides

**NB : bien vouloir représenter les flèches sur les vecteurs forces dans cette leçon**

## I. Équilibre d'un solide soumis à deux forces

Un solide est en équilibre, dans un repère déterminé, si tous les points sont immobiles dans ce repère.

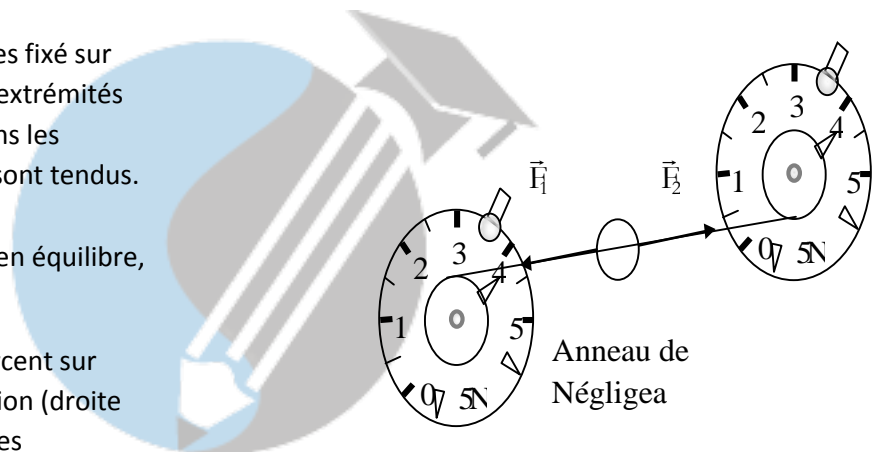
### 1.1 Activité

A l'aide de deux dynamomètres circulaires fixé sur un tableau magnétique, accrochons aux extrémités un anneau de masse négligeable. Étudions les interactions sur l'anneau lorsque les fils sont tendus.

On observe

- l'anneau est immobile : il est donc en équilibre,

- $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  (actions que les fils exercent sur l'anneau) ont la même ligne d'action (droite support), des sens contraires et des intensités égales (remarquer que les dynamomètres indiquent la même valeur).



### 1.2. CONDITIONS D'EQUILIBRE

Si un solide est en équilibre sous l'action de deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  alors on a :

- $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont la même ligne d'action
- $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  sont de sens contraires
- $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont la même intensité ( $F_1 = F_2$ )

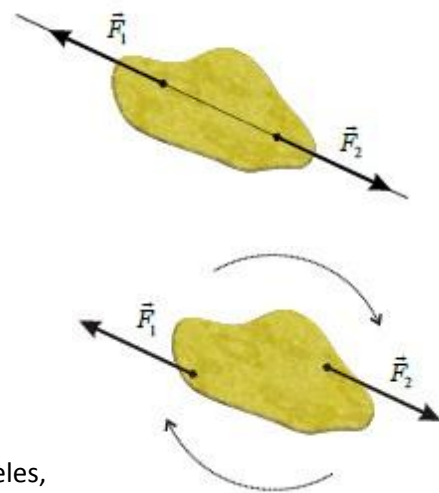
On résume ces trois situations par la relation mathématique :

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$$

Remarque : cette condition est nécessaire mais non suffisante.

(Le couple de force est un contre-exemple)

Dans le cas d'un couple de forces (deux forces de lignes d'action parallèles, de sens contraires et de même intensité), le système n'est pas en équilibre bien que la somme vectorielle des forces soit nulle. Un tel système tourne autour de son centre.

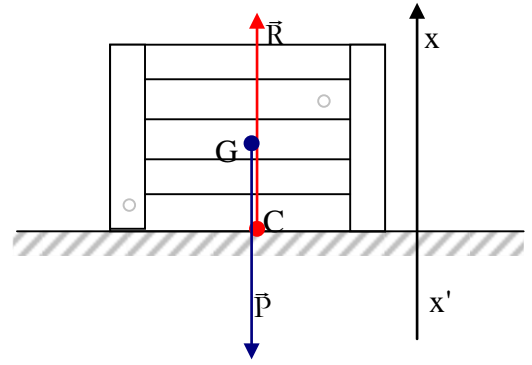


### 1.3. QUELQUES APPLICATIONS

### a) Réaction d'un support horizontal

Considérons une caisse de masse  $m$  posée sur le sol horizontal. Étudions son équilibre. Le système caisse est soumis à deux forces extérieures.

- Système : caisse
- Référentiel terrestre supposé galiléen
- Bilan des forces :
  - ❖ Poids  $\vec{P}$  exercée par la Terre sur la caisse
  - ❖  $\vec{R}$  Réaction du plan sur la caisse



#### Caractéristiques :

- Direction : verticale
- Point d'application : G
- Sens de  $\vec{P}$  vers le bas ;
- Norme  $P = mg$

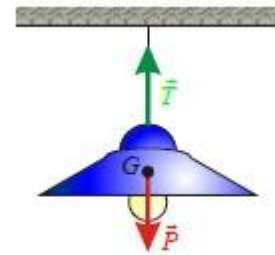
**Condition d'équilibre :**  $\vec{R} + \vec{P} = 0$  d'où  $R = P$  donc  $R - P = 0$  suivant l'axe Ox

$$R = P = mg$$

### b) Tension d'un fil supportant un solide

Un lustre de masse  $m$  suspendu au plafond est en équilibre. L'ensemble constitue un pendule simple.

- Système : lustre
- Référentiel terrestre supposé galiléen
- Bilan des forces :
  - ❖ Le poids  $\vec{P}$  exercé par la Terre sur le lustre
  - ❖ La tension  $\vec{T}$  exercée par le fil sur le lustre



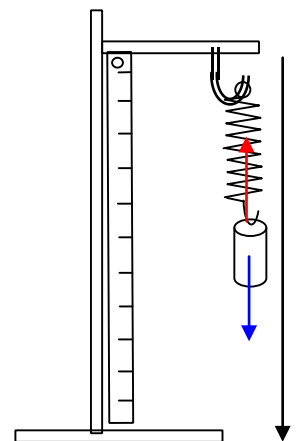
- Condition d'équilibre :  $\vec{T} + \vec{P} = 0 \Rightarrow T = P \Rightarrow T = P = mg$

### c) Tension d'un ressort supportant un solide

Soit un solide de masse  $m$  suspendu à l'aide d'un ressort de raideur  $k$  et de longueur à vide  $\ell_0$ . L'ensemble constitue un pendule élastique.  $\ell$  étant la longueur du ressort à l'équilibre.

- Système : solide
- Bilan des forces :
  - Le poids  $\vec{P}$
  - La tension du ressort  $\vec{T}$
- Condition d'équilibre :  $\vec{T} + \vec{P} = 0$

En projetant la relation sur l'axe Ox, on trouve :  $-T + P = 0 \Rightarrow T = P$  d'où  $k(\ell - \ell_0) = mg$



## II. Équilibre d'un solide soumis à trois forces

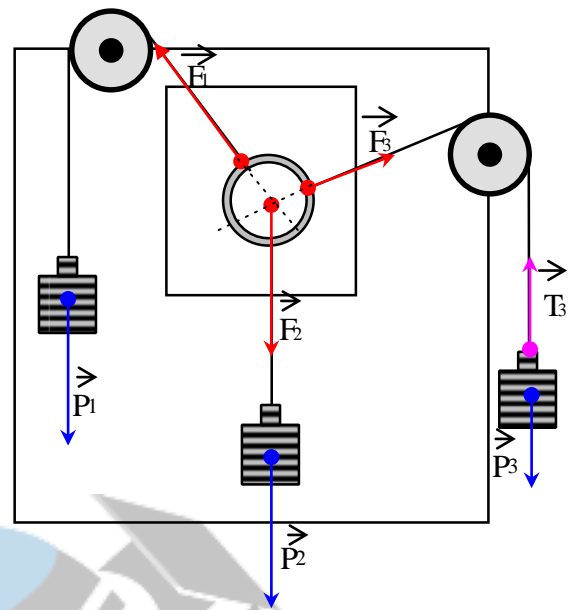
### 1.1. ACTIVITE

Réalisons à l'aide d'un tableau magnétique, de deux poulies à support magnétique, d'un anneau de masse négligeable et de trois masses de poids connus ( $P_1 = 1,94 \text{ N}$ ;  $P_2 = 2 \text{ N}$  et  $P_3 = 1,23 \text{ N}$ ) le dispositif suivant. Les vecteurs sont à l'échelle :  $1 \text{ cm} \Rightarrow 1 \text{ N}$ .

Étudions le solide (3) sur lequel s'exercent deux forces.

- Système : solide (3)
- Référentiel terrestre supposé galiléen
- Bilan des forces :  $P_3$  et  $T_3$
- Condition d'équilibre :

Le fil étant inextensible, la tension est donc partout la même d'où  $T_3 = F_3$ . Par conséquent,  $F_3 = P_3$ . On montre aussi par analogie que :  $F_1 = P_1$  et  $F_2 = P_2$ .

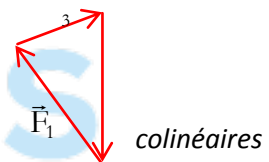


Remarques importantes :

- ❖ Le long d'un fil inextensible tendu, l'intensité de la tension est par la même.
- ❖ Une poulie modifie la direction et le sens d'une force tout en gardant la même valeur de l'intensité.

Étudions maintenant l'équilibre de l'anneau

- Système : anneau
- Référentiel terrestre supposé galiléen
- Bilan des forces :  $F_1$  ;  $F_2$  et  $F_3$
- Les forces  $F_1$  ;  $F_2$  et  $F_3$  sont dans un même plan : elles sont dites *colinéaires*
- Les lignes d'action de  $F_1$  ;  $F_2$  et  $F_3$  se rencontrent en un même point : les trois forces sont *concourantes*.
- Les forces  $F_1$  ;  $F_2$  et  $F_3$  forme un polygone de forces fermé donc leur *somme vectorielle est nulle*.  
Les forces se compensent à l'équilibre du système.



## 1.2. CONDITIONS D'EQUILIBRE

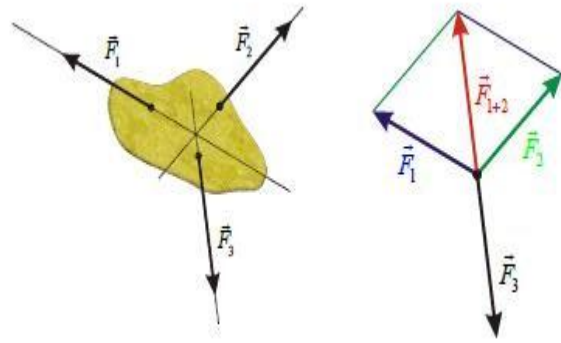
Lorsqu'un solide soumis à trois forces est en équilibre :

- ❖ Les trois forces sont coplanaires et concourantes ;
- ❖ Leur somme vectorielle est nulle :

### 1.3. APPLICATIONS

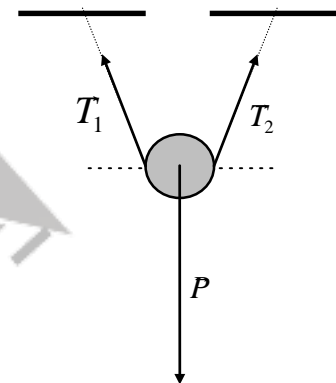
#### a) Suspension d'un solide

Déterminer, à l'équilibre, la tension des deux câbles retenant en suspension un solide (S) de masse  $m = 80 \text{ kg}$  sachant que leur longueur est la même et qu'ils sont inclinés d'un angle  $\alpha = 20^\circ$  sur l'horizontale. On donne  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ .



#### Propositions de solutions

- Système : la suspension
- Forces extérieures reçues
  - le poids  $P$  ( $P = mg = 800 \text{ N}$ )
  - $T_1$  tension exercée par le câble (AB)
  - $T_2$  tension exercée par le câble (BC)
- Condition d'équilibre :
  - les trois forces sont concourantes et coplanaires
  - $\vec{T}_1 + \vec{P} + \vec{T}_2 = 0$

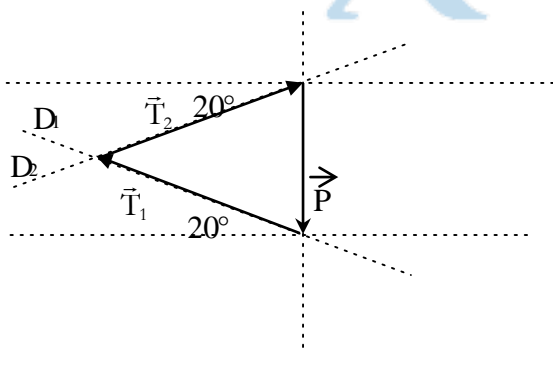


#### Méthode graphique

☞ Choisissons une échelle de représentation :  $1 \text{ cm} \rightarrow 400 \text{ N}$ .

☞ Après la représentation du vecteur  $P$  (2 cm) à l'échelle, on trace les lignes d'action  $D_1$  et  $D_2$  respectives de  $T_1$  et  $T_2$ .

☞  $\vec{T}_1 + \vec{P} + \vec{T}_2 = 0$  le polygone des forces est fermé d'où l'extrémité de  $T_2$  coïncide avec l'origine de  $\vec{P}$



☞ La mesure directe de la longueur des vecteurs  $T_1$  et  $T_2$  donne 2,9 cm chacun soit une intensité

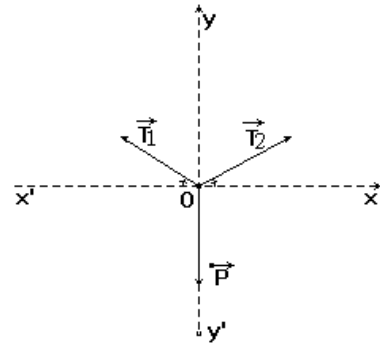
2,9 cm  $\rightarrow$  400 N égale à 1160 N. On trouve donc  $T_1 = T_2 = 1160 \text{ N}$  1 cm

#### Méthode algébrique

L'échelle des vecteurs.

$$\vec{P} \begin{cases} 0 \\ -P \end{cases} + \vec{T}_1 \begin{cases} -T_1 \cos \alpha \\ T_1 \sin \alpha \end{cases} + \vec{T}_2 \begin{cases} T_2 \cos \alpha \\ T_2 \sin \alpha \end{cases} = 0$$

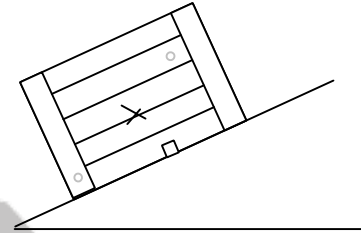
**Remarque :** la détermination graphique n'est pas une méthode précise. On fera appel souvent à la méthode algébrique qui reste précise.



### b) Force de frottement

Une male de masse  $m = 1,5 \text{ kg}$  repose sur un plan très rugueux. Il existe donc d'importants frottements entre la male et le plan. Le plan est incliné d'un angle  $\alpha = 30^\circ$ . Le solide reste immobile.

- 1) Analyser les forces agissant sur le solide.
- 2) Déterminer et représenter la réaction du plan sur le solide à l'équilibre.
- 3) En déduire la valeur des frottements exercés sur le solide.



Proposition de solution :

#### 1) analyse des forces

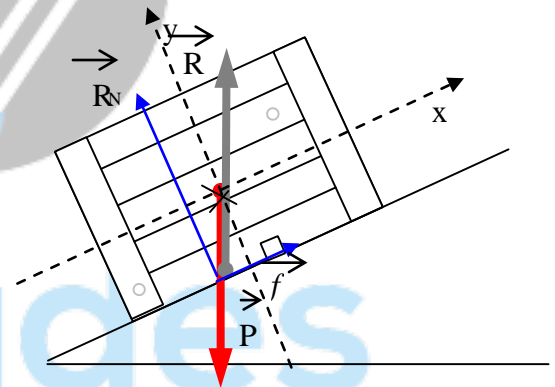
- Système : male
- Bilan des forces : le poids  $P$  et la réaction  $R$  du support

#### 2) détermination de $R$

La male soumise à deux forces est en équilibre :  $\vec{R} + \vec{P} = 0$

d'où :  $R = P = 1,5 \times 9,8 = 14,7 \text{ N}$

$\vec{R}$  et  $\vec{P}$  ont la même direction, la même intensité et sont de sens contraires.



#### 4) Valeur de $f$ .

\*Projection suivant  $(xx')$  :  $P_x - f = 0$  or  $P_x = P \sin \alpha$  et  $P = mg \Rightarrow f = mg \sin \alpha$

\*Projection suivant  $(yy')$  :  $R - P_y = 0$  or  $P_y = P \cos \alpha \Rightarrow R = mg \cos \alpha$

Le vecteur  $R$  peut être décomposé suivant la relation :  $R = R_N + f$ .  $R_N$  est la composante normale de la réaction et  $f$  est sa composante tangentielle appelée aussi *force de frottement*. La relation  $\vec{R} + \vec{P} = 0$  devient  $R_N + f + P = 0$ . Soit le repère  $(O, x, y)$ , projections la relation vectorielle.

On peut vérifier que  $R^2 = R_N^2 + f^2 = (14,7)^2 \text{ N}$ .

### 1.4. Généralisation

D'une manière générale, un solide soumis à l'action de plusieurs forces est en équilibre :

- Si les forces sont concourantes et coplanaires
- Si la somme vectorielle de l'ensemble de ces forces appliquées au système est nulle.

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \text{ (extérieures)} = \vec{0}$$

### III. Équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe

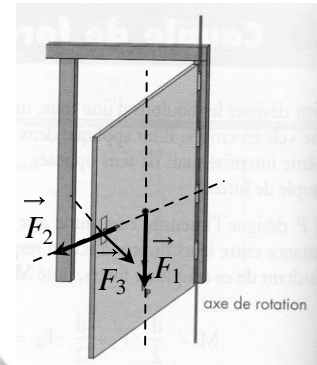
#### 1. Rotation autour d'un axe

##### 1.1. Axe de rotation

Un solide est mobile autour d'un axe fixe si deux au moins de ses points restent immobiles au cours d'un mouvement quelconque de ce solide. La droite qui joint les deux points fixes constitue l'axe de rotation.

Exemple : une porte est mobile autour de ses gonds dans un référentiel terrestre.

Attention : une roue de voiture est en rotation autour d'un axe mobile (nous nous limiterons à des solides mobiles autour d'un axe fixe).



##### 1.2. Force orthogonale à l'axe

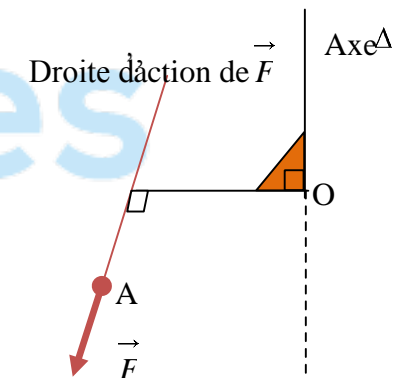
###### a. Observations

- si on exerce sur une porte ouverte une force  $F_1$  parallèle à l'axe de rotation, celle-ci ne tourne pas.
- si on exerce sur cette porte une force  $F_2$  dont la droite d'action coupe l'axe, elle ne tourne pas non plus.
- une force  $F_3$  perpendiculaire à l'axe de rotation provoque une rotation. L'efficacité de la rotation dépend de l'intensité de la force et de la position de la droite d'action, par rapport à l'axe de rotation.

###### b. Définition d'une force orthogonale à un axe

Une force est orthogonale à l'axe si sa droite d'action est contenue dans un plan perpendiculaire à cet axe.

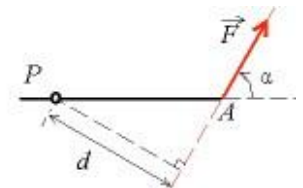
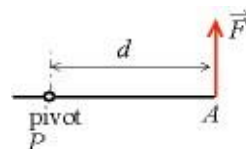
Remarque : dans la suite, toutes les forces considérées seront des forces orthogonales



##### 1.3. Distance de la ligne d'action d'une force à l'axe de rotation : bas de levis

La distance  $d$  séparant la droite d'action de la force et l'axe est appelée "bras de levier". Le bras de levier est la longueur du segment perpendiculaire à la fois à :

- L'axe de rotation ( )
- La droite d'action de la force



## 2. Moment d'une force par rapport à un axe

### 2.1. Définition du moment d'une force

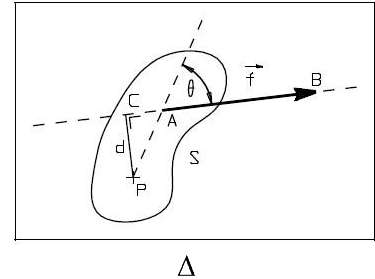
L'intensité du moment par rapport à un axe  $\Delta$  d'une force  $\vec{F}$  orthogonale à cet axe est le produit de l'intensité  $F$  de cette force par la longueur  $d$  du bras du levier.

$$M_{\Delta}(F) = F \times d$$

Le moment d'une force par rapport à un axe traduit son efficacité à produire un effet de rotation du solide autour de cet axe.

**Remarque :** une force parallèle à l'axe ou dont sa ligne d'action rencontre l'axe de rotation moment nul par rapport à cet axe.

**Exemple :** sur la porte

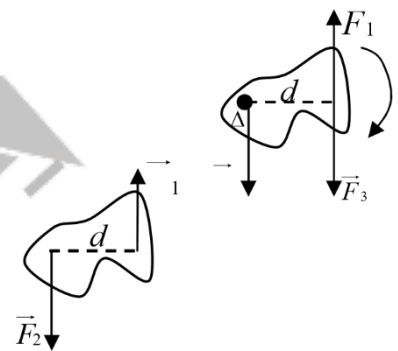


### 2.2. Moment : grandeur algébrique

Le moment d'une force  $F$  par rapport à un axe  $\Delta$  est égal au produit de l'intensité de la force par la distance  $d$  entre la droite d'action de la force et l'axe.  $M_{\Delta}(F) = F \cdot d$   $F$  en (N) ;  $d$  en (m) et  $M_{\Delta}$  en (Nm).

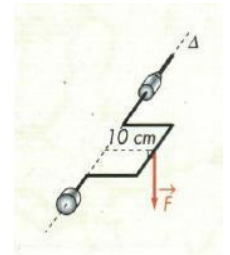
- Le moment est compté positivement suivant le sens positif choisi et négativement dans le sens contraire
- Le moment est nul pour une force dont la droite d'action rencontre l'axe.

**Exemple :**  $M_{\Delta}(F_1) = -F \cdot d_1$  ;  $M_{\Delta}(F_3) = F \cdot d_3$  et  $M_{\Delta}(F_2) = 0$



**Application :**

On exerce une force verticale de 20 N sur la poignée du vilebrequin. Quel est le moment de cette force par rapport à  $\Delta$  ?

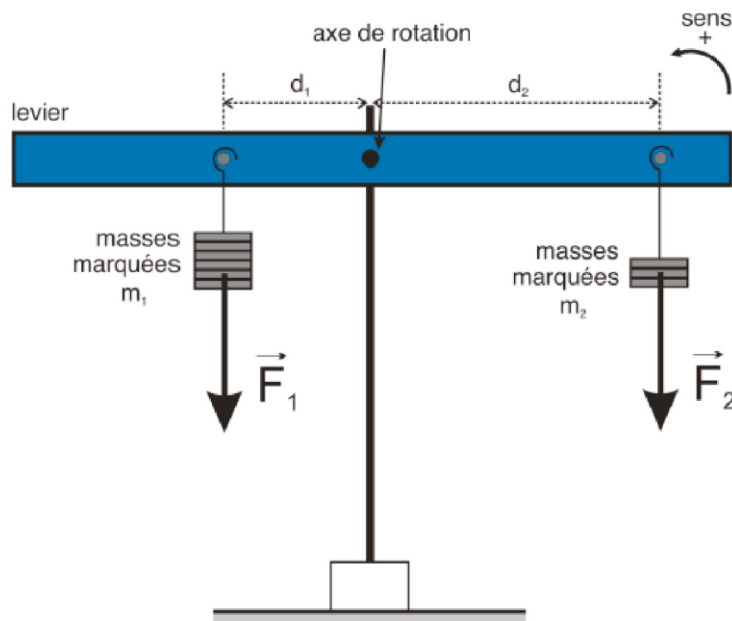


## 3. Équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe

### 3.1. Expérience

Réalisons le schéma du dispositif suivant en utilisant le matériel suivant : levier avec différents points d'attache; masses marquées; support pour les masses marquées, support (pied) pour le levier.

**Schéma du dispositif :**



Pour différentes positions  $d_1$  et  $d_2$  et pour différentes masses  $m_1$  et  $m_2$  (qui vont exercer des forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  égales en intensité aux poids des masses) accrochées au levier, repérer des combinaisons qui permettent d'équilibrer le levier. Essayer d'être aussi générale que possible !

Mesure n°	1	2	3
$d_1$ (m)	$2 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
$F_1$ (N)	0,2	0,2	0,4
$d_2$ (m)	$1 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$
$F_2$ (N)	0,4	0,6	0,8

Calculons pour chaque mesure les produits  $F_1 \cdot d_1$  et  $F_2 \cdot d_2$

$F_1 \cdot d_1$ (N.m <sup>-1</sup> )	$4 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$	$12 \cdot 10^{-3}$
$F_2 \cdot d_2$ (N.m <sup>-1</sup> )	$4 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$	$12 \cdot 10^{-3}$

On constate que le produit  $F \times d$  est constant d'où  $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2) = F_1 \times d_1 + F_2 \times d_2 = 0$

### 3.1. Théorème des moments

Lorsqu'un solide, mobile autour d'un axe fixe, est en équilibre, la somme algébrique des moments, par rapport à cet axe, de toutes les forces extérieures appliquées à ce solide est nulle. :

$$\sum M F_{(ext)} = 0$$

### 3.2. Conditions générales d'équilibre

$$-\sum F_{ext} = 0 \quad (1^{\text{ère}} \text{ condition d'équilibre})$$

- La somme des moments des forces extérieures est nulle

$$:\sum M F_{(ext)} = 0 \quad (2^{\text{ème}} \text{ condition d'équilibre})$$

### 3.3. Couples de forces

#### 3.3.1. Notion de couple de forces

Pour tourner le volant d'une voiture, on exerce deux forces parallèles de même intensité et dans de sens contraires : on dit que l'on applique au volant un couple de forces.



**3.3.2. Définition d'un couple de forces** couple de force est un système de deux forces parallèles, de sens contraires, de même intensité et n'ayant pas la même droite support.

$$= F \times d \text{ avec } \vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \text{ et } d = d_1 + d_2$$

$$\mathcal{M}_\Delta(\mathcal{C}) = F \times d$$

$d$  est la distance séparant les deux droites d'action.

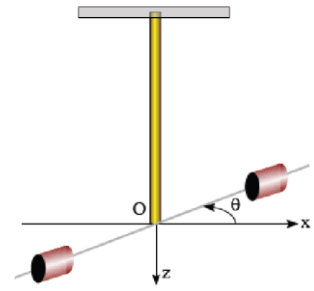
#### 3.3.4. Couple de torsion

Un pendule de torsion est un solide suspendu à un fil vertical, le centre de masse étant sur l'axe du fil, l'autre extrémité du fil étant maintenue fixe dans un support. Quand le solide tourne autour de l'axe du fil, celui-ci réagit à la torsion en exerçant des forces de rappel équivalentes à un couple dont le moment par rapport à l'axe est proportionnel à l'angle de torsion :

La constante  $C$  dite constante de torsion dépend de la longueur et du diamètre du fil (supposé cylindrique) et de la nature du matériau constituant le fil.

$$\mathcal{M}_A(\mathcal{C}) = -C\theta$$

$d(m)$ : diamètre du fil  
 $L(m)$ : longueur du fil  
 $K$ : constante caractéristique du matériau



## 4.Applications

### 4.1. Méthode de résolution d'un problème à moments

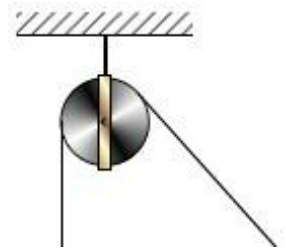
Pour résoudre un problème faisant intervenir des forces qui agissent sur un solide mobile autour d'un axe, nous allons systématiquement appliquer la procédure suivante :

- Indiquer le système étudié
- Faire le bilan des forces
- Déterminer l'axe de rotation et fixer un sens positif de rotation.
- Exprimer le moment des différentes forces et indiquer s'il est positif ou négatif
- Appliquez les relations suivantes :

### 4.2. Les poulies

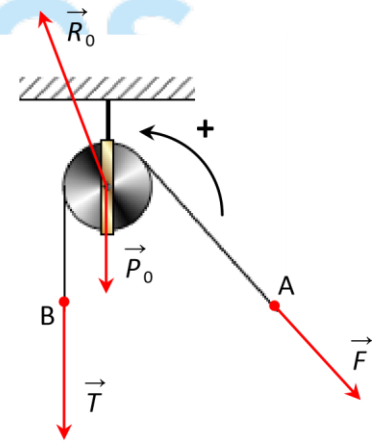
#### Exercice

Une poulie de poids  $P_0 = 20N$  est mobile sans frottement autour de son axe  $\Delta$  fixe fixe. Nous appliquons sur l'extrémité A d'une corde de poids négligeable, passant par la gorge d'une poulie, une force  $F$  d'intensité  $F = 300N$  dont la direction fait un angle de  $60^\circ$  avec la verticale.



- Déterminer la force  $T$  qu'il faut appliquer sur l'autre extrémité B de la corde pour réaliser l'équilibre.
- Déterminer alors la réaction  $R_0$  exercée par l'axe sur la poulie.

- détermination de  $\vec{T}$ 
  - système: l'ensemble (corde, poulie)
  - bilan des forces extérieures reçues:
    - le poids  $\vec{P}_0$  de la poulie
    - la force  $\vec{F}$  appliquée en A
    - la force  $\vec{T}$  appliquée en B
    - la réaction  $\vec{R}_0$  exercée par l'axe.
  - conditions d'équilibre:
    - immobilité de G:  $\vec{P}_0 + \vec{F} + \vec{T} + \vec{R}_0 = \vec{0}$



absence de rotation autour de  $\Delta$ :  $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}_0) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}_0) = 0$

exploitation des relations précédentes : choisissons un sens positif (voir schéma) et évaluons les moments.

$$T = F$$

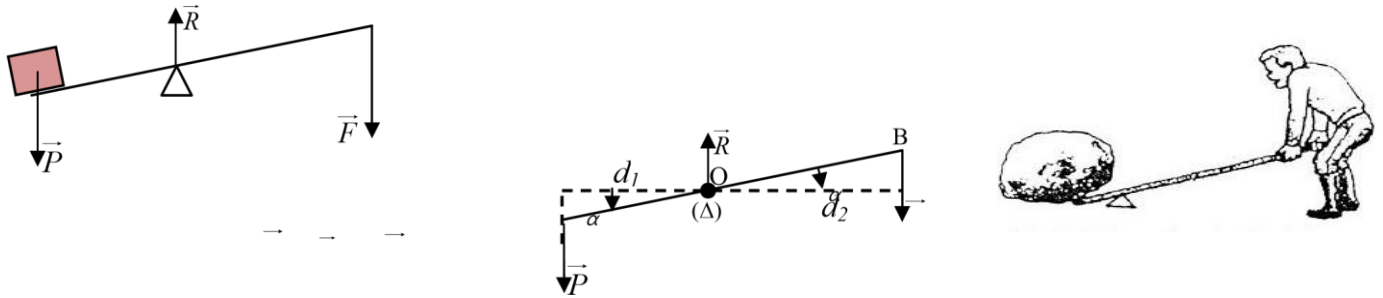
Les forces de part et d'autre de la poulie ont la même intensité. Seules leurs directions changent.

→

2) détermination de  $R_0$ 

## 4.3. Les leviers

Un levier est un solide mobile autour d'un axe à l'aide duquel on peut appliquer une grande force sur un objet en exerçant une petite force sur le levier. On distingue les leviers à deux bras et les leviers à un bras.

Exercice :

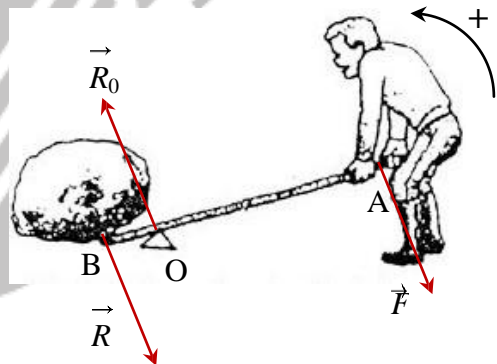
Un rocher, lorsqu'il est soulevé, exerce en A sur le levier une force résistante  $R$  ; d'intensité  $R = 2700\text{N}$  dont la direction est perpendiculaire à celle du levier (voir figure). Le poids du levier est négligeable.

$OA = 0,1\text{m}$  ;  $OB = 0,9\text{m}$

- 1) Déterminer la force motrice de  $\vec{F}$  qu'il faut appliquer orthogonalement au levier pour maintenir l'équilibre.
- 2) Déterminer la réaction  $\vec{R}_0$  de l'appui.

Réponse1) détermination de  $\vec{T}$ 

- Système : le levier
- Bilan des forces extérieures reçues :
  - Le poids  $P_0$  du levier que nous négligeons.
  - La force motrice  $F$
  - La réaction  $R$  exercée par le rocher
  - La réaction de l'appui  $R_0$
- Conditions d'équilibre :
  - immobilité de G:  $R \vec{\tau} \vec{T} + \vec{R}_0 = \vec{0}$
  - Absence de rotation autour de :



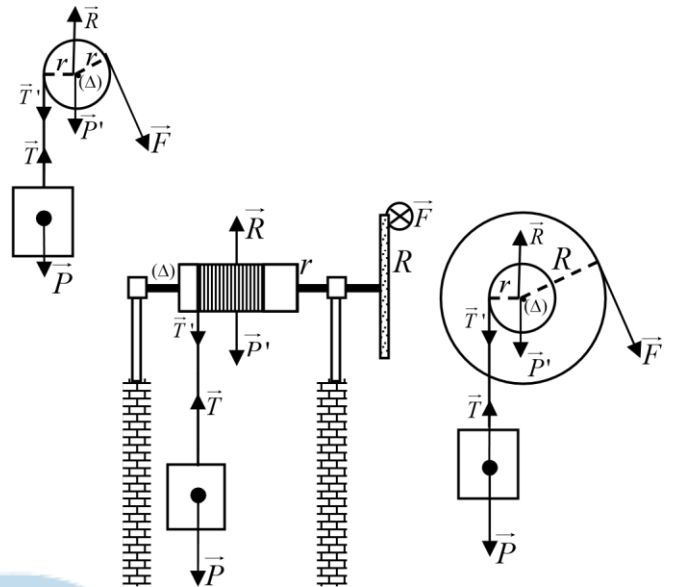
- Exploitation des relations précédentes : choisissons un sens positif (voir schéma) et évaluons les moments. Numériquement :  $F = 2700$  300N

La force motrice a une intensité beaucoup plus faible que la force résistante. Ceci est dû au rapport

$OA$  de bras de levier  $OB$ .

2) détermination de  $R_0$

Pour déterminer  $R_0$  il faut projeter la relation vectorielle  $\vec{F} + \vec{R}_0 + \vec{P} = \vec{0}$  dans un repère. Remarquer que les forces ont la même direction :  $R_0 R F 2700 300 3000N$

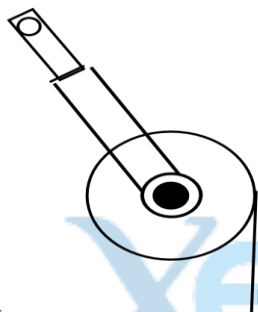


#### 4.4. Les treuils

##### Exercice

Un treuil mobile sans frottement est constitué d'un cylindre homogène de poids  $P_0 = 200N$  et de rayon  $r = 10cm$ , et d'une manivelle de poids négligeable et de longueur  $L = 40cm$ . un solide exerce à l'extrémité inférieure B de la corde de masse négligeable une force d'intensité  $T=200N$ .

Déterminer à l'équilibre la valeur de la force motrice  $F$  qu'il faut appliquer sur la poignée A (perpendiculairement à la manivelle) (voir figure).



Détermination de  $\vec{F}$

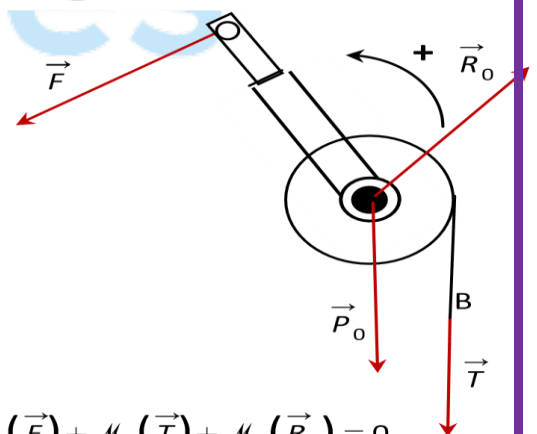
- système: l'ensemble (corde, treuil)
- bilan des forces extérieures reçues:
  - le poids  $\vec{P}_0$  de la poulie
  - la force  $\vec{F}$  appliquée en A
  - la force  $\vec{T}$  appliquée en B
  - la réaction  $\vec{R}_0$  exercée par l'axe.
- conditions d'équilibre:

$$\text{immobilité de G: } \vec{P}_0 + \vec{F} + \vec{T} + \vec{R}_0 = \vec{0}$$

$$\text{absence de rotation autour de } \Delta: \mathcal{M}_\Delta(\vec{P}_0) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}_0) = 0$$

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}_0) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}_0) = 0$$

$$0 - F \times r + T \times r + 0 = 0 \Rightarrow -F \times L + T \times r = 0 \text{ soit } \boxed{F = T \frac{r}{L}}$$



$$\frac{r}{L} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{T}{200}$$

# Leçon 6 : Hydrostatique

## Compétences visées :

- Appliquer le théorème de Pascal dans des contextes professionnels (presse hydraulique, vérins hydrauliques).
- Déterminer expérimentalement les variations de pression au sein d'un fluide (capsule manométrique).

## 1- Propriétés des fluides

L'étude des propriétés des fluides au repos constitue la statique des fluides

### 1.1- Définition d'un fluide

Un fluide est un corps qui n'a pas de forme propre et qui est facilement déformable. Les liquides et les gaz sont des fluides. Ils se déforment et s'écoulent facilement.

### 1.2- Caractéristiques

#### 1.2.1-Compressibilité

##### a) Les liquides

Ils sont **incompressibles**. Cette propriété est utilisée dans les systèmes hydrauliques.

##### b) Les gaz

Ils sont **compressibles**. Le coefficient de compressibilité est :

$$\frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{\text{diminution du volume}}{\text{Volume initial}}$$

#### 1.2.2-Masse volumique

##### a) Masse volumique

Les fluides sont caractérisés par leur masse volumique  $\rho = \frac{m}{V}$  exprimée en (kg/m<sup>3</sup>)

Fluides	eau pure	eau de mer	essence	huile	mercure	air	butane
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	1000	1030	700	900	13 600	1,293	2

##### b) Densité

La densité d'un liquide ou d'un solide est le rapport de la masse volumique d'un corps à la masse volumique de l'eau.

Exemples :  $d_{\text{eau}} = \frac{1000}{1000} = 1$  ;  $d_{\text{essence}} = \frac{700}{1000} = 0,7$

## 2- Principe fondamental de l'hydrostatique.

### 2.1- Enoncé du principe fondamental de l'hydrostatique :

## Activité : Déterminer la différence de pression entre deux points d'un liquide

### Expérience 1: Pression dans l'eau

- A l'aide d'un manomètre électronique, mesurer la pression atmosphérique  $p_{atm}$  (en Pa).  $p_{atm} = \dots\dots\dots$
- Remplir l'éprouvette d'eau jusqu'à la graduation 0 et mesurer la pression  $p_0$  (en Pa) à la surface libre de l'eau.  $p_0 = \dots\dots\dots$
- Plonger le tube en verre du manomètre dans l'éprouvette et mesurer la pression  $p$  en pascal (Pa) à différentes profondeurs  $h$  en mètre (m). Un groupe a trouvé les mesures consignées dans le tableau suivant :

$h$ (m)	5	10	15	20	25
$p$ (Pa)	150.000	200.000	250.000	300.000	350.000
$p - p_0$ (Pa)					

- Pour chaque profondeur, calculer la différence de pression  $p - p_0$  (en Pa). Compléter la dernière ligne du tableau précédent.
- Tracer la droite  $p - p_0 = f(h)$  ; préciser les échelles sur les axes.

### Expérience 2 : Pression dans l'alcool à brûler

- Recommencer l'expérience précédente, l'éprouvette est maintenant remplie d'alcool à brûler.
- Pression atmosphérique  $p_{atm}$  (en Pa).  $p_{atm} = \dots\dots\dots$
- Pression  $p_0$  (en Pa) à la surface libre de l'alcool à brûler.  $p_0 = \dots\dots\dots$
- Tableau de mesures :

$h$ (m)	5	10	15	20	25
$p$ (Pa)	140.500	181.000	221.500	262.000	302.500
$p - p_0$ (Pa)					

- Dans le repère précédent, tracer d'une autre couleur la droite  $p - p_0 = f(h)$ .

### Questions

- La pression  $p_0$  à la surface libre d'un liquide est-elle égale à la pression atmosphérique ?
- Dans un liquide, comment varie la pression  $p - p_0$  en fonction de la profondeur  $h$  ?
- Calculer le coefficient directeur  $a$  de la droite pour chaque liquide ? (on peut exploiter les mesures avec un tableur pour effectuer un ajustement linéaire et déterminer l'équation de chaque droite)

Eau : .....

Alcool : .....

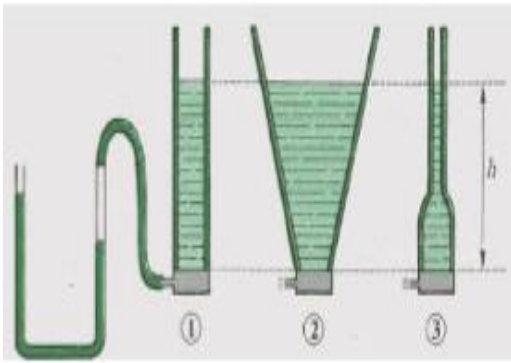
- Comparer la valeur de  $a$  au produit  $\rho_{\text{liquide}} \cdot g$  pour chaque liquide (prendre  $g = 10$  N/kg). Eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1\,000$  kg/m<sup>3</sup>

Alcool :  $\rho_{\text{alcool}} = 810$  kg/m<sup>3</sup>

- Exprimer  $p - p_0$  en fonction de  $\rho_{\text{liquide}}$ ,  $g$  et  $h$

### Expérience 3 :

On réalise le montage suivant : Observe et réponds aux questions posées :

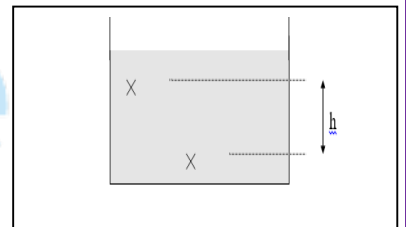


La quantité d'eau colorée dans ces trois récipients est-elle la même ? **Non, elle est beaucoup plus importante dans le récipient 2**  
 La hauteur d'eau est-elle la même dans les 3 cas ? **Oui, quelle que soit la forme du récipient**  
 Si on place de l'huile dans les récipients, la dénivellation dans le tube en U va-t-elle changer ? **Oui car l'huile est dense que l'eau la pression exercée sur la capsule manométrique sera moins importante et la dénivellation sera plus petite**

### Je retiens :

- La pression  $P$  en un point du liquide augmente avec la profondeur. Elle ne dépend pas de la quantité de liquide contenue dans le récipient, ni de la forme du récipient, elle dépend uniquement :
  - De la profondeur de ce point
  - De la masse volumique du liquide.
- Si la pression est mesurée avec un manomètre contenant le même liquide, la dénivellation dans le tube en U et la profondeur sont **identiques**.

**Enoncé :** La différence de pression entre deux points A et B d'un liquide au repos (en équilibre) est numériquement égale au produit d'une colonne de ce liquide de section  $1 \text{ m}^2$  et de hauteur  $h$  égale à la différence de niveau (dénivellation) entre A et B.



$$P_A - P_B = \rho \cdot g \cdot h$$

$P_A - P_B$  :  
différence de pression entre A et B en ( Pa)

$P_A$ : pression en A ( en Pa)  
 $P_B$ : pression en B ( en Pa)

$\rho$ : masse volumique du liquide en (  $\text{kg}/\text{m}^3$  )

$g$ : intensité de la pesanteur en ( N/kg )

$h$ : différence de niveau entre A et B en ( m )

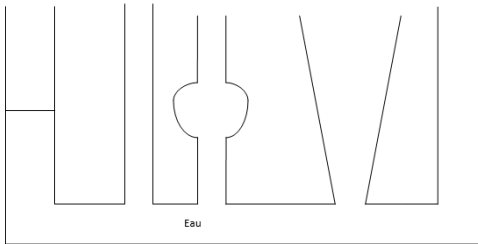
**NB : L'hydrostatique est l'étude des liquides au repos.**

**Exercice d'application** : Calculer la pression relative ( $\Delta P$ ) et la pression absolue ( $\Delta P + P_{atm}$ ) auxquelles est soumis un plongeur en mer à la profondeur de 31,6m. On donne  $\rho_{\text{eau de mer}} = 1025 \text{ kg/m}^3$

## 2.2- Applications du Principe fondamental de l'hydrostatique.

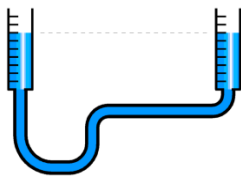
On a vu que dans un liquide, tous les points sur un même plan horizontal sont isobares. On a donc les applications suivantes :

### - Les vases communicants

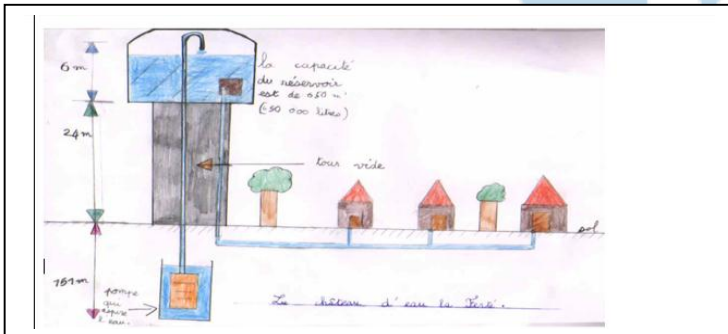


Des récipients qui communiquent entre eux se comportent comme un récipient unique de forme complexe. Au repos, le niveau d'eau est le même dans tous ces récipients.

### - Ce même principe est utilisé dans le bâtiment avec les « niveaux à eau »



### - La distribution de l'eau dans une ville



Le château d'eau est généralement situé au-dessus d'une colline afin d'être plus élevée que les résidences. L'eau contenue dans son réservoir s'écoule vers les domiciles à travers un circuit de distribution constitué de canalisations et est

recueillie à partir des robinets. La pression d'eau à la sortie des robinets diminue au fur et à mesure qu'on s'élève. Pour les robinets situés au-dessus du niveau d'eau du réservoir, ils ne seront pas alimentés.

## 3. Principe de Pascal.

Activité :

On dispose d'un flacon ayant trois ouvertures A, B et C avec les bouchons.

- Remplir le flacon d'eau pendant que les ouvertures B et C sont bouchées, puis fermer l'ouverture A. A l'aide d'un marteau, frapper sur le bouchon de l'ouverture A. Que constates-tu ? **On observe l'éjection des bouchons B et C.**

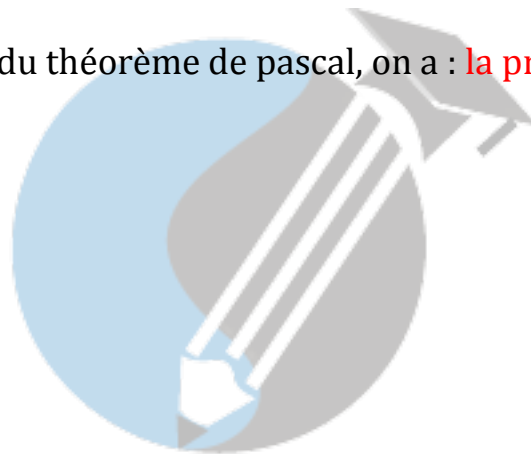
Justification : La pression produite en A par le coup de marteau se transmet intégralement en B et en C

- Enlever les bouchons des ouvertures B et C et y placer les tubes en U de telle sorte que l'eau remonte dans les tubes tout en étant pleine dans le tube. Enfoncer le bouchon en A. Que constate-t-on au niveau des tubes ? Pourquoi ? **On constate une montée d'égaux valeurs des niveaux d'eau dans les tubes : La variation de pression produite par l'enfoncement du bouchon A se transmet en tous les points du liquide.**

Je retiens :

**Enoncé du théorème de pascal** : Un liquide en équilibre transmet intégralement, et en tous ses points, toutes variations de pression produite en l'un quelconque de ses points.

Comme application du théorème de pascal, on a : **la presse hydraulique, le frein hydraulique....**



Xetudes

## SEQUENCE 2 : ELECTRICITE ET ELECTRONIQUE

**Compétence 2 : traiter des situations mettant en jeu les concepts d'électrodynamique et d'électronique**

### LECON 7 : Généralités sur le courant électrique

Compétences visées :

- Définir et expliquer un courant électrique
- Donner les éléments d'un circuit électrique
- Donner les effets du courant électrique

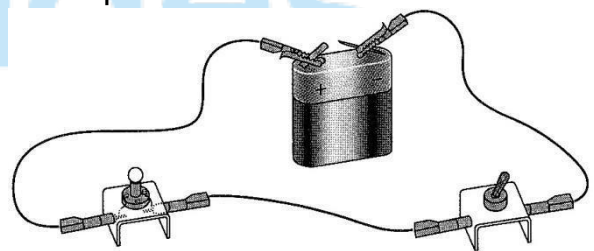
#### I. Le courant électrique

##### 1. Circuit électrique

###### a) Activité

Réalisons le circuit électrique suivant : on dispose comme matériel une pile plate, une lampe, un interrupteur, deux fils de connexion et deux pinces crocodiles.

- Lorsque l'interrupteur est abaissé, le circuit est fermé, la lampe s'allume.
- Dans le cas contraire, le circuit est ouvert: la lampe reste éteinte.

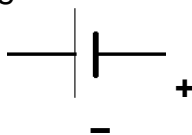
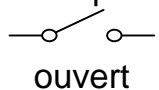
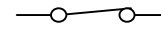
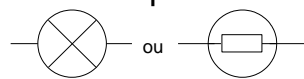
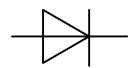
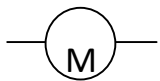

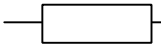
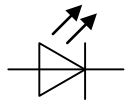
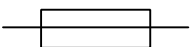


###### b) Définition

Un circuit électrique est une suite continue d'appareils électriques (dipôles) reliés entre eux par des fils de connexions ou fils électriques contenant au moins un générateur (ici pile plate).

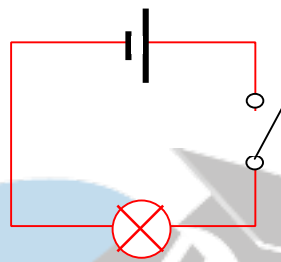
##### 2. Symboles

Chaque sorte de dipôles est représentée par un symbole normalisé.

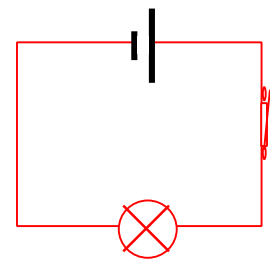
Pile, générateur 	Interrupteur ouvert 	Interrupteur fermé 	Lampe 	Diode 
Moteur 	Fil électrique 	Résistance 	Diode électroluminescente (DEL) 	Fusible 

### 3. Application

A l'aide des symboles normalisés, représenter ci-dessous le schéma de la figure 1.



a) Circuit ouvert



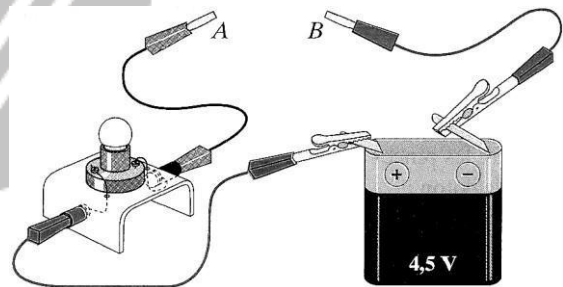
b) Circuit fermé

### 4. Conducteurs et isolants

Dans le montage, retirez le cavalier et enfichez des pinces crocodiles sur les deux cordons. Ces pinces seront reliées aux extrémités de divers matériaux.

Un **conducteur électrique** est un objet qui permet le passage du courant électrique (p.ex. : les métaux, le graphite, l'eau salée, ...)

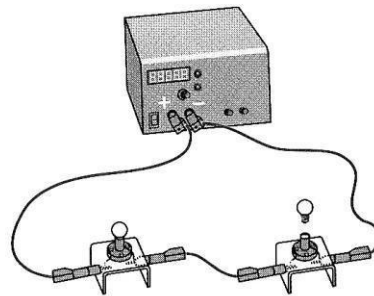
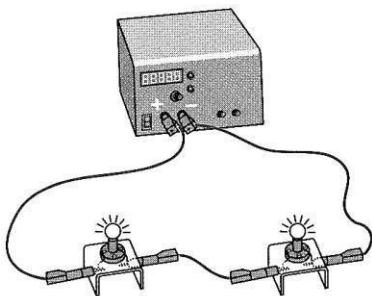
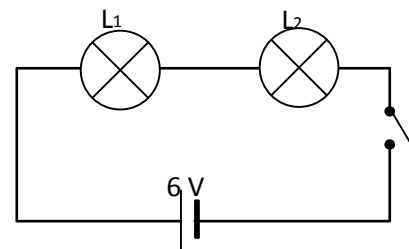
Un **isolant électrique** est un objet qui ne laisse pas passer le courant électrique (p.ex. : le verre, de nombreux matériaux plastiques, le caoutchouc, la toile, le bois sec...)



### 5. Exemples de circuit électriques

#### a) Circuit série (montage en série)

Le courant passe dans la première lampe ET dans l'autre. Il n'existe qu'un seul circuit possible pour le courant.



**Remarque :** Dans un circuit en série, tous les dipôles sont branchés les uns à la suite des autres : ils forment une seule boucle. Si l'un des dipôles tombe en panne, les autres ne fonctionnent plus.

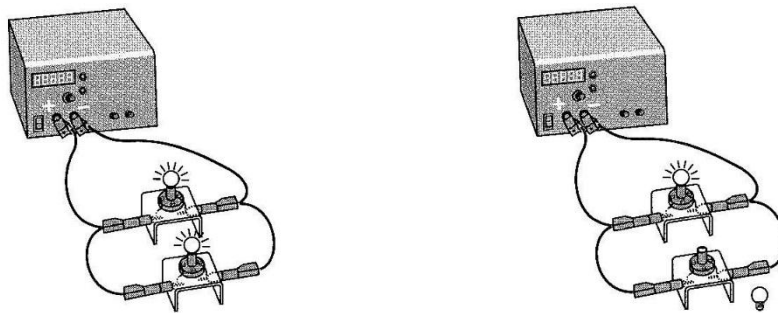
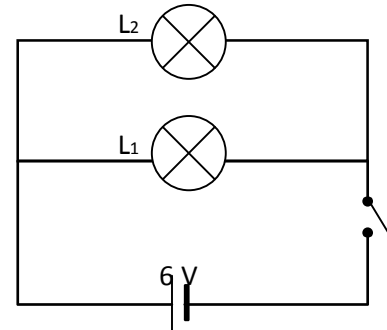
### c) Circuit parallèle (montage en dérivation)

Le courant passe dans la première lampe OU dans la deuxième lampe.

Le courant se partage en arrivant au carrefour (nœud). Une branche est une portion de circuit entre deux nœuds.

La branche principale est celle du générateur.

Les deux dipôles fonctionnent indépendamment l'un de l'autre.



**Remarque:** En associant deux lampes avec dérivation, quand une lampe est en panne, l'autre fonctionne

## II. Effets du courant électrique

### 1. Effets calorifiques

**Le courant électrique provoque l'échauffement de tous les conducteurs qu'il traverse. On appelle ce phénomène l'effet Joule.**

Le dégagement de chaleur est variable, il dépend de la nature et de la grosseur du conducteur ainsi que de l'intensité (grandeur) du courant

### 2. Effets chimique

**Lorsqu'un courant électrique circule dans un liquide conducteur (électrolyte), il se produit des réactions chimiques au niveau des électrodes (conducteur solide en contact avec le liquide):**

**dégagement gazeux, dépôt d'un métal...)**

Si on permute les bornes du générateur, on observe que les réactions s'inversent.

### 3. Effets magnétiques

**Une boussole placée près d'un fil parcouru par le courant est perturbée. Si l'on permute les bornes du générateur, la perturbation s'inverse.**

### 4. Effets lumineux

**Certains objets émettent de la lumière sans l'accompagnement d'un échauffement, s'ils sont parcourus par un courant électrique**



Document 1 : L'expérience d'Oersted (1819)

### III. Sens conventionnel du courant

Les effets magnétiques et chimiques s'inversent lorsqu'on permute les bornes du générateur. Les savants qui ignoraient la réalité de l'électron ont donc été amenés à choisir arbitrairement un sens au courant. Ils ont choisi celui qui part **de la borne positive vers la borne négative du générateur**.

Par convention : dans un circuit ne comportant qu'un générateur le courant électrique "sort" par la borne positive et "entre" par la borne négative du générateur.

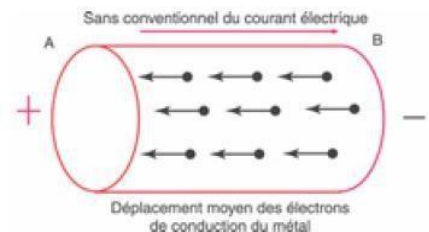
### IV. Nature du courant électrique

#### 1. Nature du courant dans les conducteurs métalliques

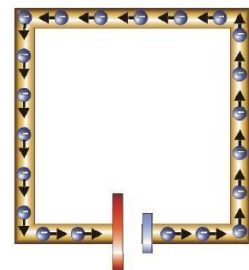
Entre les deux bornes d'une pile existe continuellement une différence de densité des électrons libres. La borne négative possède excès d'électrons tandis que la borne présente un déficit d'électrons.

**Si un circuit électrique est relié à la pile, les électrons libres du circuit sont attirés par la borne positive, repoussés par la borne négative de la pile. Ils circulent de la borne moins vers la borne plus à l'extérieur du générateur. Ce mouvement d'électrons constitue le courant électrique.**

Dans le schéma ci-contre, les boules bleues symbolisent les électrons libres se déplaçant dans les fils. Les électrons se déplacent très lentement dans les fils de connexion (souvent quelques fractions de millimètre par seconde).



Document 2

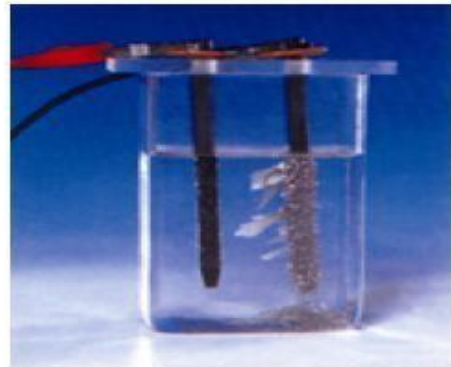


## 2. Nature du courant dans les solutions électriques

Dans un électrolyte il n'y a pas d'électrons libres. La circulation du courant électrique est expliquée par un double déplacement des ions. Les ions positifs se déplacent vers l'électrode reliée à la borne négative



**Document 1 : Passage du courant dans la solution aqueuse de chlorure d'étain  $\text{SnCl}_2$**



**Document 2 : Résultat de l'expérience représentée (document 1)**

de la pile appelée cathode et les ions négatifs vers l'électrode reliée à la borne positive de la pile ou anode.

## 3. Généralisation

Le courant électrique est un mouvement de porteur de charges. Dans les métaux les porteurs mobiles sont les électrons, dans les solutions électrolytes, les porteurs mobiles sont des ions (positifs et négatifs).

Xetudes

# LECON 8 : Intensité du courant électrique

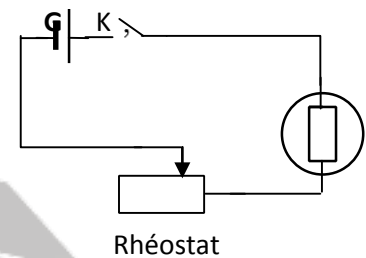
Compétences visées :

- Définir, mesurer et représenter une intensité de courant ;
- Utiliser les lois du courant pour résoudre des problèmes simples.

## I. Définition de l'intensité du courant électrique

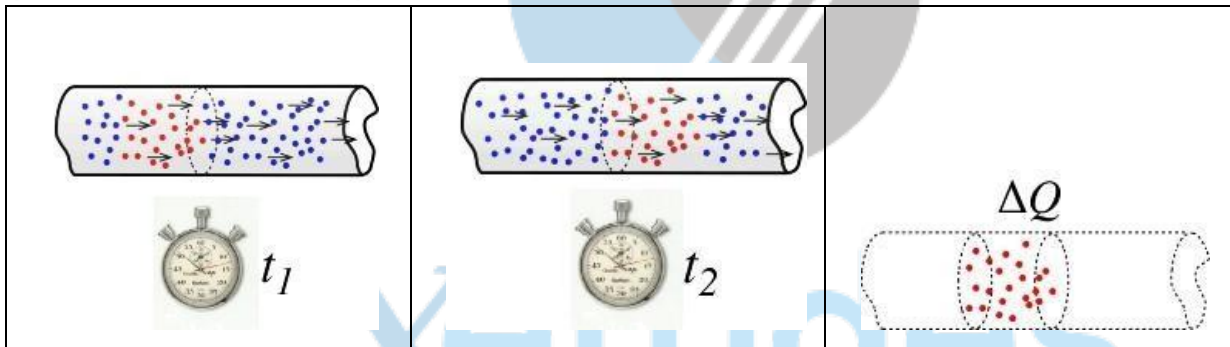
### 1. Activité

Fermons l'interrupteur K, la lampe s'allume. Déplaçons le curseur C vers la gauche, la lampe éclaire "de moins en moins", le courant devient moins intense ou que son intensité a diminué. L'intensité du courant est liée au débit des porteurs de charge.



### 2. DEFINITION

L'intensité du courant électrique à travers un conducteur est la quantité d'électricité qui traverse chaque section de ce conducteur pendant l'unité de temps.



D'une façon simplifiée, on compte le nombre d'électrons qui passent à un endroit donné du fil en un temps donné. Le nombre d'électrons représente une quantité de charge  $\Delta Q$ . On divise cette quantité par l'intervalle de temps  $\Delta t = t_2 - t_1$ . C'est le débit de charges électriques (*un débit est une quantité par unité de temps*).

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

Q en coulomb (C); t en secondes (s) et I en ampère (A)

Les porteurs de charges en mouvement transportent une quantité d'électricité  $Q$  multiple de la charge électrique  $e$

$$Q = n.e$$

### 3. MULTIPLES ET SOUS MULTIPLES D'AMPERE

- Multiples : Kilo ampère :  $1\text{kA}=10^3\text{ A}$
- Sous multiples : Milliampère :  $1\text{mA}=10^{-3}\text{A}$  ; Microampère:  $1\mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$  ; Nano ampère:  $1\text{nA}=10^{-9}\text{A}$
- 

### 4. ORDRE DE GRANDEUR

ampoule de lampe de poche	quelques dixièmes d'ampère
tube de télévision	10 à 20 mA
démarrateur électrique	50 à 100A
génératrice de centrale électrique	≈ 5kA
foudre	Jusqu'à 10 000A

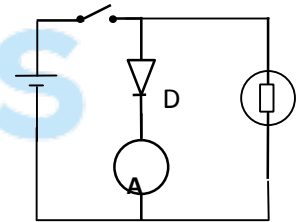
## II. Mesure de l'intensité du courant

L'intensité du courant électrique est mesurée à l'aide d'appareils appelés ampèremètres. On distingue deux types d'ampèremètres : les ampèremètres à aiguille et les ampèremètres à affichage numérique ou multimètre.



#### 1. BRANCHEMENT D'UN AMPEREMETRE

Pour mesurer l'intensité du courant qui traverse un dipôle D placé dans un circuit électrique, on ouvre immédiatement avant (ou après) D et on intercale l'ampèremètre. L'ampèremètre et le dipôle D sont en série. Le courant doit pénétrer l'ampèremètre par sa borne positive (+).



#### 2. CALIBRE D'UN AMPEREMETRE

##### a) Définition

Le calibre d'un ampèremètre est l'intensité maximale du courant traversant l'appareil lorsque l'aiguille se place à la dernière division de la graduation.

**Exemple:**  $C=3\text{A}$ ; graduation maximale 100, l'intensité  $I=3\text{A}$  lorsque l'aiguille est sur la division 100.

**NB:** le calibre est l'intensité maximale mesurable lorsque l'ampèremètre est réglé sur ce calibre.

### b) Choix du calibre

Pour éviter de détériorer l'ampèremètre il faut choisir le meilleur calibre possible en procédant de la manière suivante :

- On commence par utiliser le calibre le plus grand existant sur l'ampèremètre.
- On choisit le calibre sur lequel l'aiguille s'arrête le plus loin possible vers la droite du cadran.

### 3. LECTURE ET PRESENTATION DU RESULTAT

De manière générale on a :  $I = \frac{C \times L}{N}$

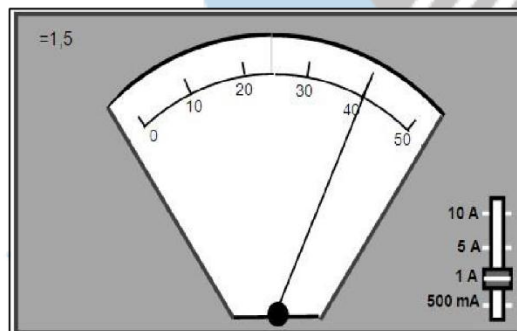
C=classe ; L=nombre de divisions lues ; N=nombre totale de divisions

Classe : la classe de l'ampèremètre est une donnée technique du constructeur

$$\Delta I = \frac{\text{calibre} \times \text{classe}}{100}$$

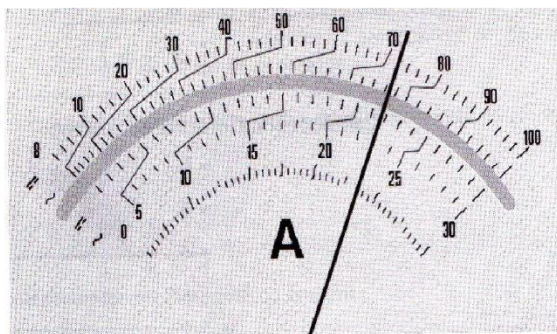
$$-\Delta I \leq I \leq I_{\text{mesure}} + \Delta I \text{ ou } I = (I_{\text{mesure}} \pm \Delta I)$$

Exemple:



$$I = \frac{401}{50} = 8,02 \text{ A}; \Delta I = \frac{11,5}{100} = 0,115 \text{ A}$$

Application : déterminer l'intensité du courant mesurée sur le schéma ci-dessous.

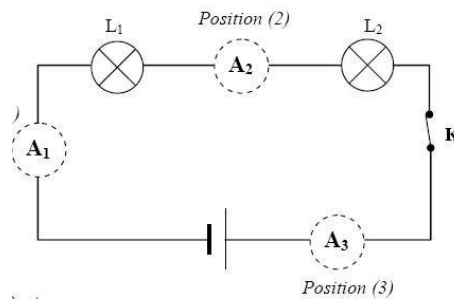


permettant d'évaluer l'incertitude absolue sur la mesure de l'intensité.

Présentation du résultat :  $I_{\text{mesure}}$

### III. Propriétés du courant électrique

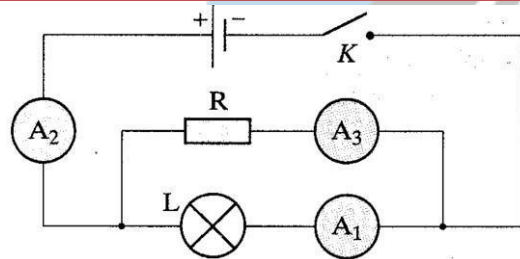
#### 1. LOI D'UNICITE DU COURANT : CIRCUIT SERIE



Les ampèremètres  $A_1$ ,  $A_2$ , et  $A_3$  indiquent la même valeur.

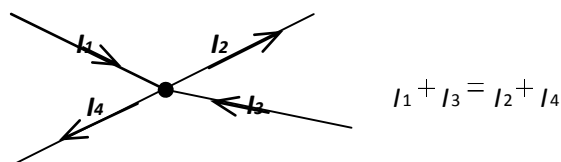
Énoncé : l'intensité du courant est la même en tout point d'un circuit série.

#### 2. LOI DES NŒUDS : CIRCUIT PARALLELE

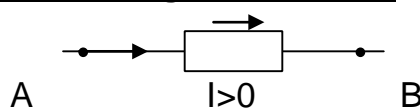


On observe toujours la relation suivante :  $I_2 = I_1 + I_3$

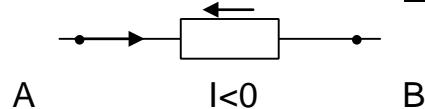
Énoncé : la somme des intensités des courants qui partent d'un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui parviennent à ce nœud.



Convention de signe : intensité



algébrique



#### 3. ÉVALUATION

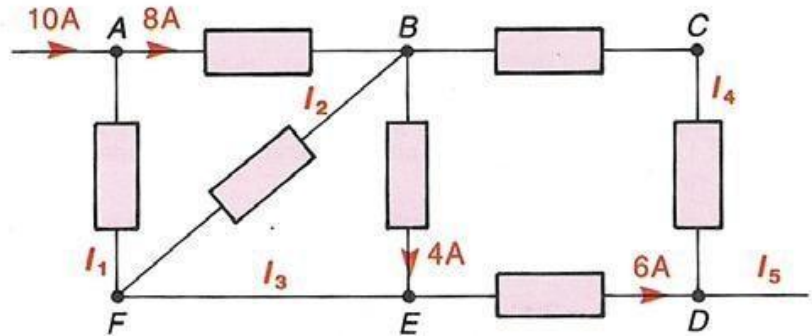
Application 1:  $Q=I.t$ 

Un fil conducteur métallique est parcouru par un courant d'intensité  $I=0,2A$  pendant une durée  $t=5min$ .

- Calculer la quantité d'intensité  $Q$  qui a traversé le conducteur.
- Calculer le nombre d'électrons ayant traversé chaque section du conducteur pendant ce temps.

Application 2: loi des nœuds

Déterminer les sens et les intensités des courants dans les autres branches.

Application 3:

Un fil conducteur comporte  $n$  porteur de charge par unité de volume. Soit  $S$  la section du fil. 1) Exprimer l'intensité du courant électrique circulant sur ce fil en fonction de la vitesse  $v$  des porteurs.

- Calculer cette vitesse  $v$  pour une intensité  $I = 1 A$  puis ;  $I = 1 mA$ . On donne  $S = 1 mm^2$  et un nombre de porteur  $n = 6,25 \cdot 10^{26}$  par  $m^3$ .

NB: les porteurs sont des électrons de charges électriques :  $q = 1,6 \cdot 10^{-19} C$

Xetudes

# LECON 9 : Tension électrique

Compétences visées :

- Définir, écrire, mesurer et représenter une tension ;
- Utiliser un oscilloscope pour visualiser et mesurer les caractéristiques d'une tension variable.

## I. Notion de tension électrique

### 1. Activité

En absence de tout branchement électrique, la trace lumineuse de l'oscilloscope est au milieu de l'écran.

Relions respectivement la borne d'entrée et la masse de l'oscilloscope aux pôles + et - d'une pile plate; on observe un déplacement vertical de la trace lumineuse. On dit qu'il existe une tension électrique entre les deux pôles de la pile.

### 2. Définition

Le niveau électrique d'un point d'un circuit est évalué par une grandeur appelée potentiel électrique notée  $V$ . La tension électrique est la différence de potentiel (en abréviation d.d.p.) entre deux points du circuit.

Remarque : la tension évolue donc la "dissymétrie électrique" entre deux points.

### 3. Notation

La tension entre deux points A et B pris dans cet ordre est notée :  $U_{AB} = V_A - V_B$

### 4. Algébrisation de la tension

Pour mettre en évidence la tension entre deux points **A** et **B** notée  $U_{AB}$ , on relie :

- Le point A à la borne d'entrée Y de l'oscilloscope
- Le point B à la masse de l'appareil.

Si le déplacement de la ligne lumineuse a lieu vers le haut, la tension  $U_{AB}$  est positive. Elle est négative si la ligne lumineuse se déplace vers le bas.

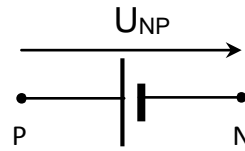
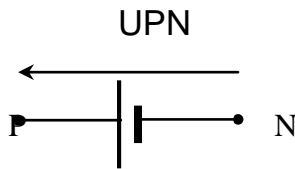
La tension est une grandeur algébrique, car elle peut être positive ou négative.

$$U_{AB} = V_A - V_B \rightarrow U_{BA} = (V_B - V_A) \text{ d'où } U_{AB} = -U_{BA}$$

### 5. Représentation d'une tension

Par convention, la tension  $U_{PN}$  est représentée par un segment fléché dessiné à côté du symbole du dipôle (P,N) et dont la pointe est du côté P. Le segment fléché est dessiné à côté du symbole du

dipôle (P,N).

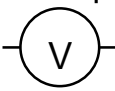


Remarque :  
simple représentation pratique.

ce segment fléché n'est pas un vecteur; c'est une

## II. Mesure de la tension

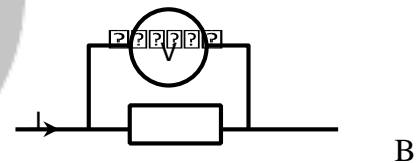
Pour mesurer une tension électrique on utilise un appareil appelé voltmètre ou un oscilloscope. Elle s'exprime en volts (symbole : V) du nom du physicien italien Alessandro Volta (1745 – 1827). On peut aussi utiliser la fonction voltmètre d'un multimètre à affichage numérique.

Symbole d'un voltmètre: 

### 1. Utilisation d'un voltmètre

#### a. Branchement

Pour mesurer une tension électrique entre deux points A et B, le voltmètre doit être monté en dérivation entre ces deux points.



Le voltmètre est un appareil polarisé; il doit être branché de façon que sa borne  $\ominus$  soit reliée (Éventuellement à travers certains appareils) au pôle  $\ominus$  du générateur que sa borne  $\oplus$  soit, de même, reliée au pôle  $\oplus$  du générateur.

#### b. Calibre

Le calibre d'un voltmètre représente la tension maximale que l'appareil peut mesurer.

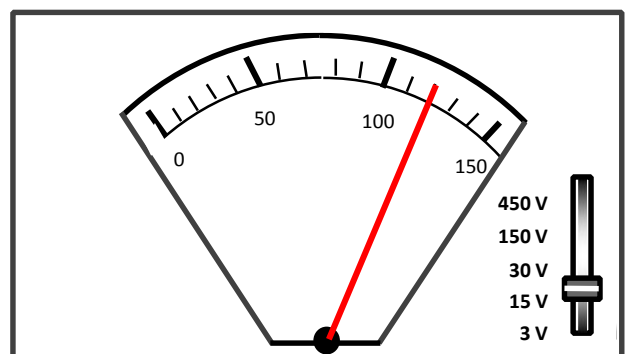
#### c. Lecture de la tension

Sur la figure ; le calibre choisi est 15V. L'aiguille se trouve sur la graduation 120. Le cadran comporte 150 graduations.

$$U = \frac{\text{Calibre} \times \text{Lecture}}{N} = \frac{15 \times 120}{150} = 12V$$

**Remarque :**

Si on ignore l'ordre de grandeur de la tension à mesurer, il faut d'abord utiliser le grand calibre et, ensuite, descendre dans l'échelle des calibres pour avoir la déviation maximale de l'aiguille.



#### d. Classe et incertitude

La classe du voltmètre est une donnée technique du constructeur permettant d'évaluer l'incertitude absolue sur la mesure de la tension.  $\Delta U = \frac{\text{Classe} \times \text{Calibre}}{N}$

Présentation du résultat :  $U = (U_{\text{mesurée}} \pm \Delta U)$

Exercice :

Pour mesurer la tension  $U$  aux bornes d'un générateur, on utilise un voltmètre dont le cadran comporte 150 graduations. Le calibre choisi est 30V. L'aiguille s'arrête devant la graduation 45.

- 1) Donner la valeur de  $U$ .
- 2) Devant quelle graduation  $X$  ou  $Y$ , s'arrêterait l'aiguille si on choisissait le calibre 15V ou le calibre 150V?
- 3) Peut-on choisir un calibre 3V? 4) Quel est le meilleur choix?

## 2. Utilisation d'un oscilloscope

### a) Description

L'oscilloscope est un appareil qui permet de visualiser une tension, continue et/ou variable dans le temps, et de déterminer ses caractéristiques

Balayage (base de temps)



voie I (entrée et masse)

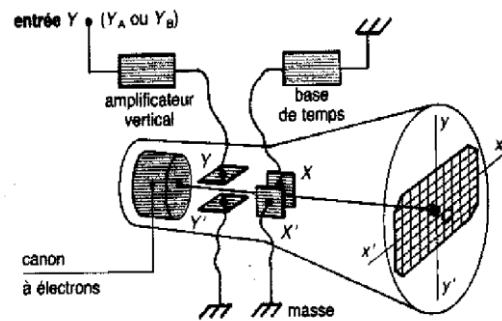
Sensibilité verticale : voie I

Sensibilité verticale : voie II

### b) Principe de fonctionnement

L'oscilloscope est constitué d'un **tube cathodique** qui contient un (ou deux) **canons à électrons** et un **système de plaques de déviation**. La partie du tube que l'on voit de l'extérieur est l'écran.

- **Tube cathodique** : c'est un tube de verre dans lequel règne un vide poussé.
- **Canon à électrons** : c'est un dispositif qui produit un faisceau d'électrons.
- **Écran fluorescent** : il est recouvert d'une substance fluorescente qui a la propriété d'émettre un faisceau lumineux quand elle est touchée par le faisceau d'électrons.
- Le point d'impact du faisceau sur l'écran est visualisé par une tache lumineuse appelée le spot.
- **Plaques de déviation** : le faisceau d'électrons passe entre deux paires de plaques et va frapper l'écran en son centre si aucune tension n'est appliquée sur ces plaques. Si une tension est appliquée entre ces plaques, le spot est dévié vers la plaque qui a le plus grand potentiel électrique. - si l'on applique une tension  $U_{AM}$  entre les plaques Y et Y', le spot se déplace verticalement, ce sont les plaques de déviation verticale.



- La déviation du spot est proportionnelle à  $U_{AM}$ :

$$U_{AM} = k_v * d_y \quad \text{où } k \text{ s'appelle la sensibilité de la voie verticale (en } V \cdot \text{div}^{-1}\text{) et}$$

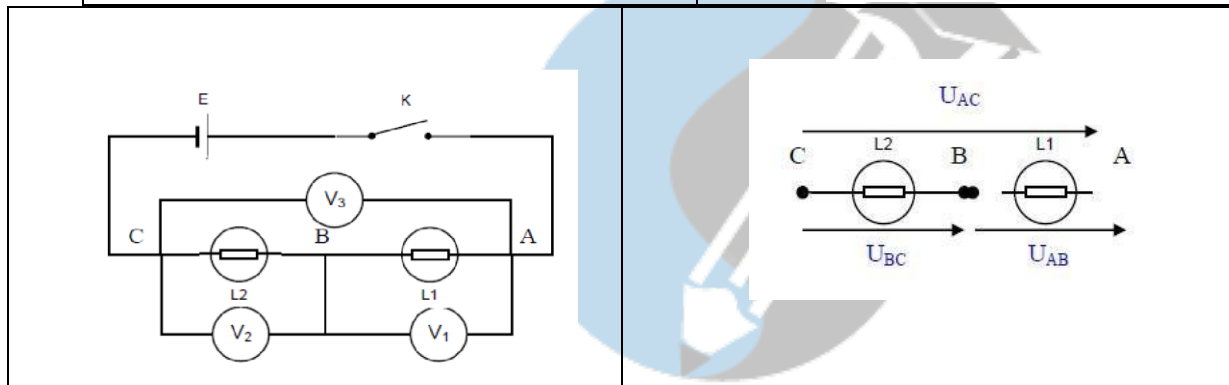
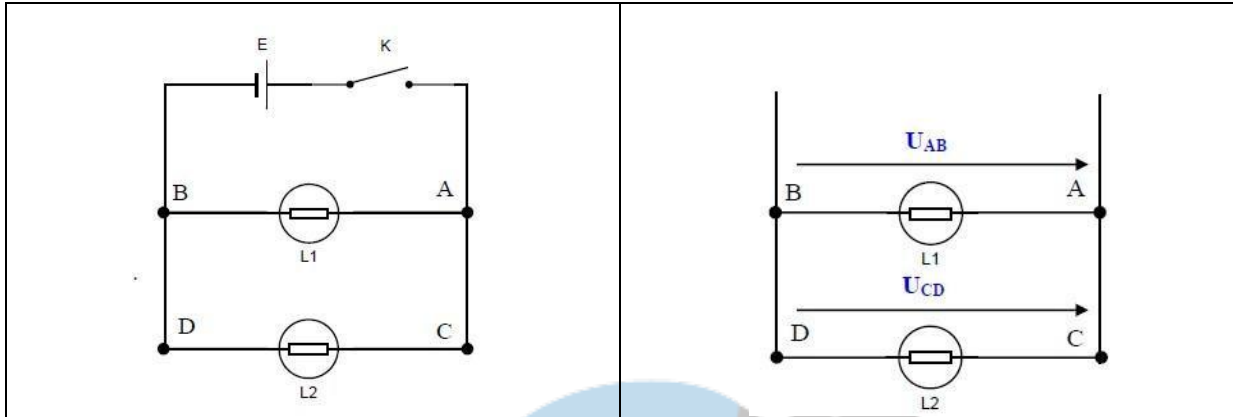
$d_y$  correspond à la déviation verticale (ou nombre de division verticale).

#### Remarque :

- si  $U_{AM} > 0$  on a  $d_y > 0$  et réciproquement ;
- si  $U_{AM} < 0$  on a  $d_y < 0$  et réciproquement

### III. Propriétés de la tension

#### 1. Dipôles en série: additivité des tensions



$$U_{PN} = U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$$

La tension aux bornes d'un ensemble de dipôles en série est égale à la somme des tensions aux bornes de chacun d'eux : **c'est la loi d'additivité des tensions.**

## 2. Dipôles en parallèles : loi d'unicité de la tension

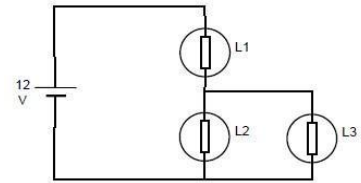
$$U_{PN} = U_{AB} = U_{CD}$$

Deux dipôles branchés en dérivation aux bornes d'un générateur sont soumis à la même tension qui est celle du générateur.

### Exercice

Calculer les tensions inconnues

- Le générateur fournit une tension de **12 V**
- $L_2$  a à ses bornes une tension de **5,4 V**.

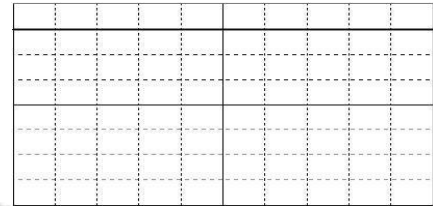


Calculer la tension aux bornes de  $L_1$  et celle aux bornes de  $L_3$ . En justifiant vos résultats

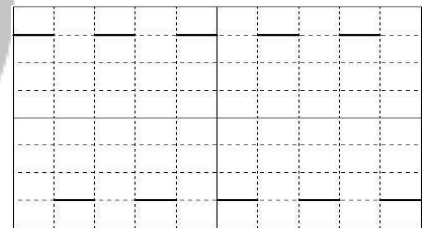
#### IV. Tension variables

##### 1. Définitions.

- **Une tension est dite continue** lorsque sa valeur reste constante au cours du temps ; sinon elle est variable.



- **Une tension variable** est une tension qui change de valeur au cours du temps. Lorsqu'elle peut reprendre les mêmes valeurs à intervalles de temps réguliers : elle est alors périodique. Un motif de base se répète régulièrement sur un oscillogramme.



- **La tension peut prendre des valeurs positives et négatives.** Si la moyenne des valeurs prises par la tension au cours du temps est nulle, la tension est alternative. Dans le cas étudié la tension est variable, alternative, sinusoïdale.

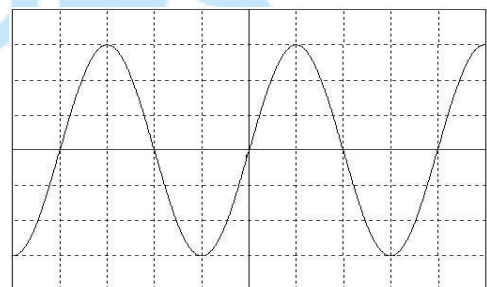
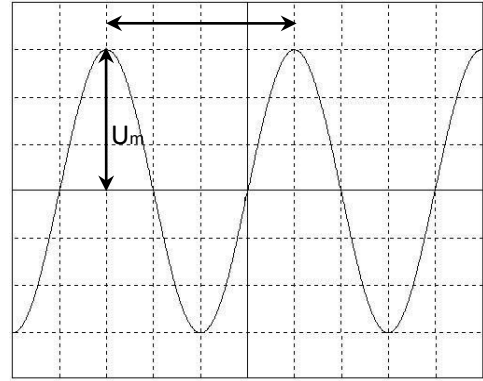


Figure 1: oscillogramme

##### 2. Période et fréquence.

- **Période** : la période **T** d'un phénomène périodique est la plus petite **durée** au bout de laquelle il se reproduit identique à lui-même. Elle s'exprime en **seconde (s)**.

- **Fréquence** : elle est égale à l'inverse de la période :  $f = \frac{1}{T}$ : **T** s'exprimant en seconde, elle s'exprime en **Hertz (Hz)**. (Elle représente le nombre de périodes effectuées en **1s**.)



### 3. Tension maximale et tension efficace.

- **Amplitude d'une tension sinusoïdale** : c'est la valeur maximale de la tension  $u$ . On la note  $U_{\max}$ . Elle s'exprime en Volt.
- **Tension efficace** : pour une tension alternative sinusoïdale, la tension efficace  $U$  est telle que:

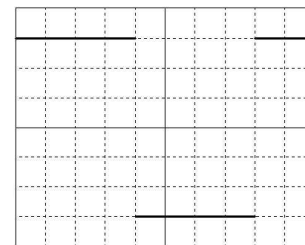
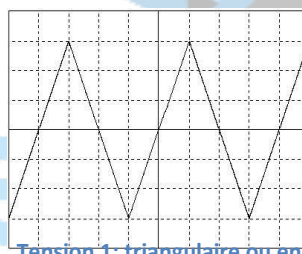
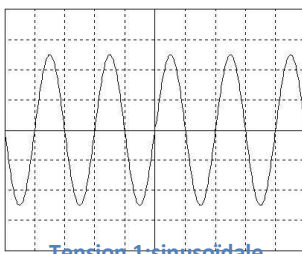
$$U_{\max} = \sqrt{2} \times U_{\text{eff}}$$

### Remarque

Un voltmètre sur le mode alternatif (AC ou ~ ) donne la valeur de la tension efficace pour des tensions alternatives sinusoïdales (dans un domaine de fréquences précisé par le constructeur).

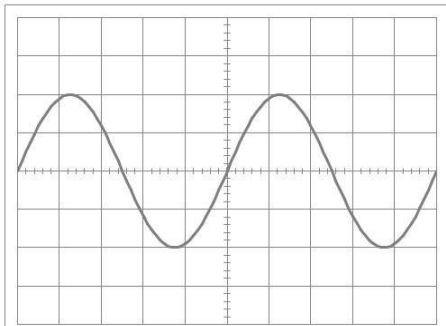
### 4. Le générateur basse fréquence (GBF).

Il permet de générer des signaux de formes différentes selon le sélecteur de tension.



### tension 3: créneau ou échelon de tension dents de scie

**Application** : Calculer la tension maximale  $U_{\max}$  et la période  $T$  des tensions représentées sur les 4 oscillogrammes ci-dessous :



Sensibilité verticale



2 V/div

Sensibilité horizontale

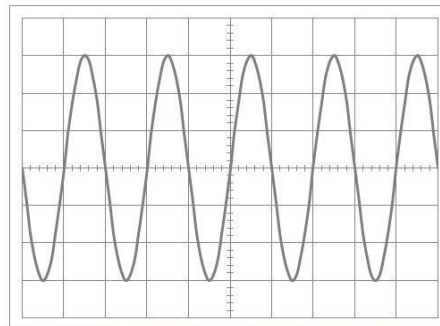


20 ms/div

donc

 $U_{\max} =$ 

donc

 $T =$ 

Sensibilité verticale



1 V/div

Sensibilité horizontale

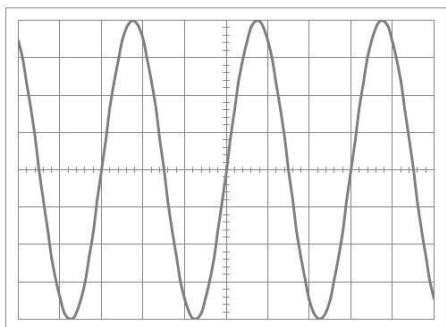


1 s/div

donc

 $U_{\max} =$ 

donc

 $T =$ 

Sensibilité verticale



5 V/div

Sensibilité horizontale

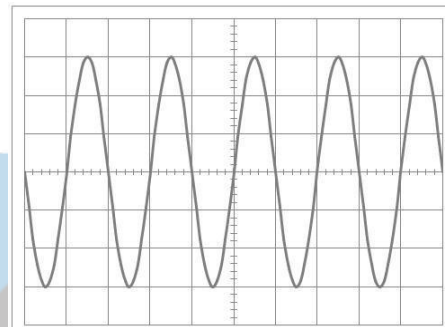


20 ms/div

donc

 $U_{\max} =$ 

donc

 $T =$ 

Sensibilité verticale



0,1 V/div

Sensibilité horizontale



10 μs/div

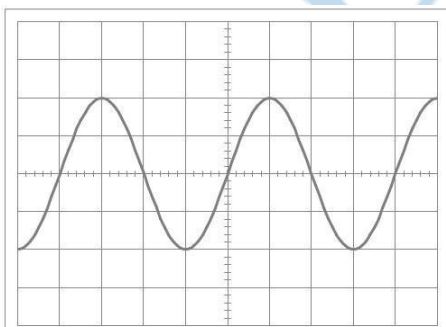
donc

 $U_{\max} =$ 

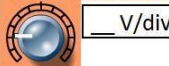
donc

 $T =$ 

**Application 2 :** A l'aide de l'oscillogramme et des valeurs indiquées pour  $U_{\max}$  et  $T$ , en déduire les réglages des boutons de sensibilités verticales et horizontales de l'oscilloscope dans les deux cas cidessous :



Sensibilité verticale



\_ V/div

Sensibilité horizontale

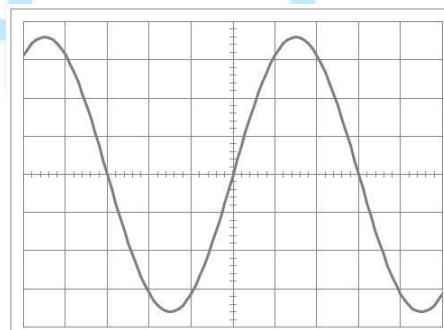


\_ ms/div

donc

 $U_{\max} = 10 \text{ V}$ 

donc

 $T = 8 \text{ ms}$ 

Sensibilité verticale



\_ V/div

Sensibilité horizontale



\_ ms/div

donc

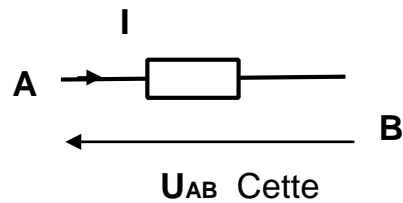
 $U_{\max} = 3,6 \text{ V}$ 

donc

 $T = 0,12 \text{ s}$ 

## V. Convention récepteur

Dans la convention récepteur la flèche de la tension et celle du courant sont opposées.



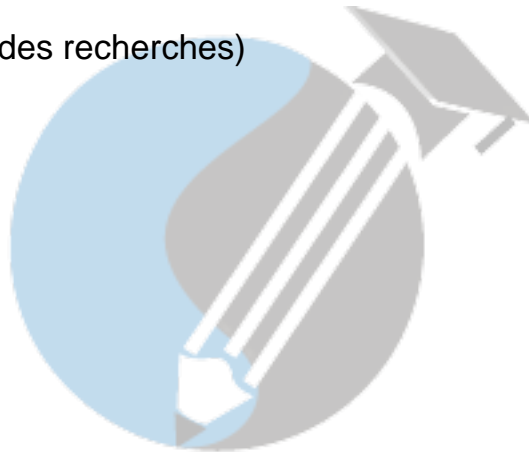
convention signifie que:

- ' L'intensité  $I_{AB}$  dans le dipôle AB est comptée positivement si le courant qui le parcourt réellement va de A vers B.
- ' L'intensité  $I_{AB}$  dans le dipôle AB est comptée négativement si le courant réel circule de B vers A.
- Si  $I_{AB}$  est positif alors  $U_{AB} > 0$

## VI. Mesure de sécurité

- tension de sécurité.
- intensité et tension limites '

(Demander aux élèves de faire des recherches)



# Xetudes