

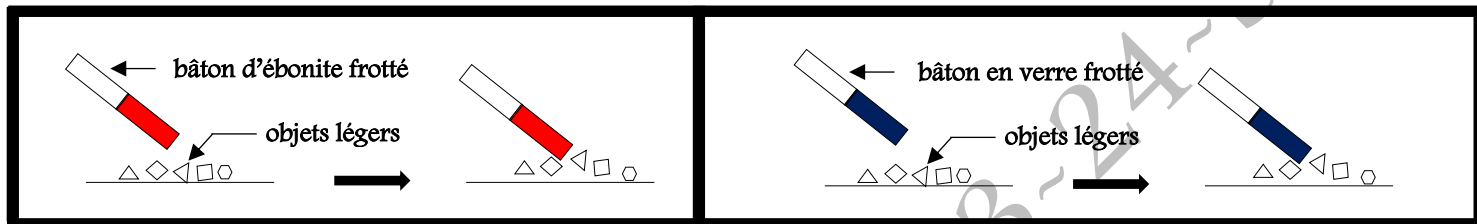
CHAPITRE P1: PHENOMENE D'ELECTRISATION

I/ QUELQUES MODES D'ELECTRISATION :

I-1/ ELECTRISATION PAR FROTTEMENT :

I-1-1/ EXPERIENCE :

Frottons un bâton en verre contre de la laine ou un bâton d'ébonite contre de la fourrure (peau d'animal) puis approchons les extrémités frottées des deux bâtons de quelques objets légers.



I-1-2/ OBSERVATIONS :

On constate que l'extrémité frottée du bâton en verre ou d'ébonite attire les objets légers.

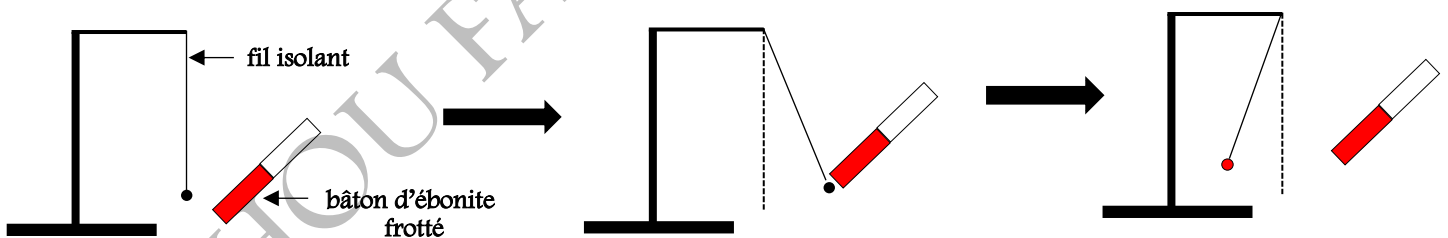
I-1-3/ CONCLUSION :

Tout corps qui par frottement acquiert la propriété d'attirer des corps légers est électrisé par frottement. **On dit que ce corps a acquis une charge électrique.**

I-2/ ELECTRISATION PAR CONTACT :

I-2-1/ EXPERIENCE :

Approchons l'extrémité frottée d'un bâton d'ébonite à un pendule électrostatique (dispositif constitué d'une boule légère recouverte d'une couche conductrice suspendu à une potence par un fil isolant).



I-2-2/ OBSERVATIONS :

On constate que la boule est attirée par l'extrémité frottée du bâton puis entre en contact avec ce dernier. Après le contact, la boule est repoussée par le bâton.

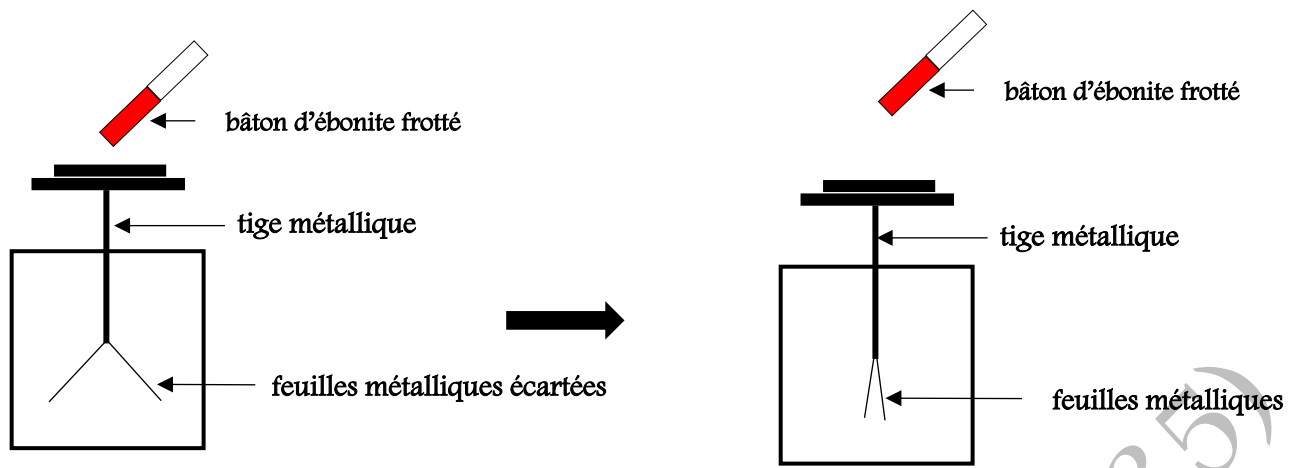
I-2-3/ CONCLUSION :

La boule est repoussée parce qu'elle s'est électrisée par contact avec le bâton d'ébonite.

I-3/ ELECTRISATION PAR INFLUENCE :

I-3-1/ EXPERIENCE :

Approchons l'extrémité frottée d'un bâton d'ébonite à un électroscope à feuilles (dispositif constitué d'une tige métallique supportant deux feuilles métalliques dont l'ensemble est placé dans une enceinte transparente et isolante).



I-3-2/ OBSERVATIONS :

On constate que les feuilles métalliques de l'électroscope s'écartent. Si on éloigne le bâton d'ébonite, les feuilles retombent.

I-3-3/ CONCLUSION :

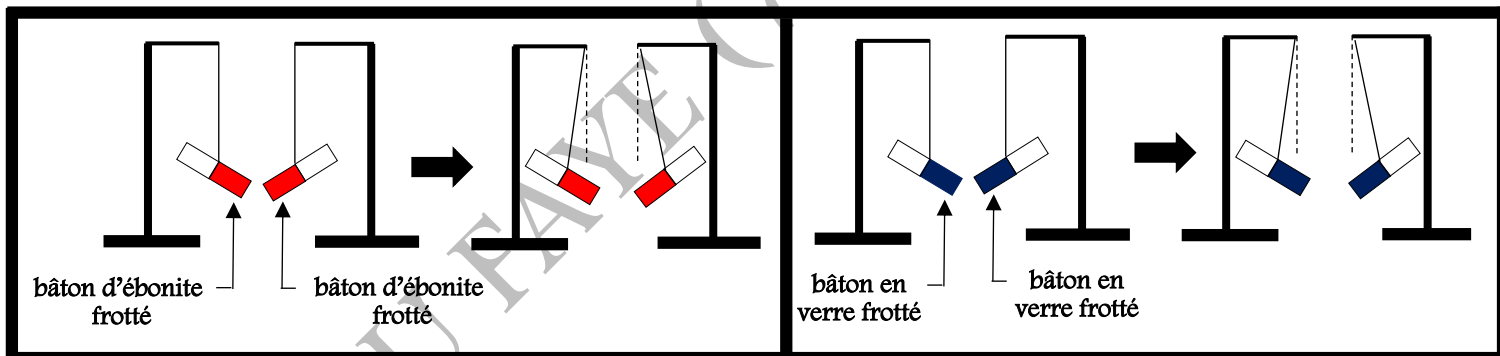
Les feuilles se repoussent parce qu'elles sont électrisées sous l'influence du bâton d'ébonite.

II/ CHARGES ELECTRIQUES :

II-1/ LES DEUX ESPECES D'ELECTRICITES :

II-1-1/ EXPERIENCES 1 :

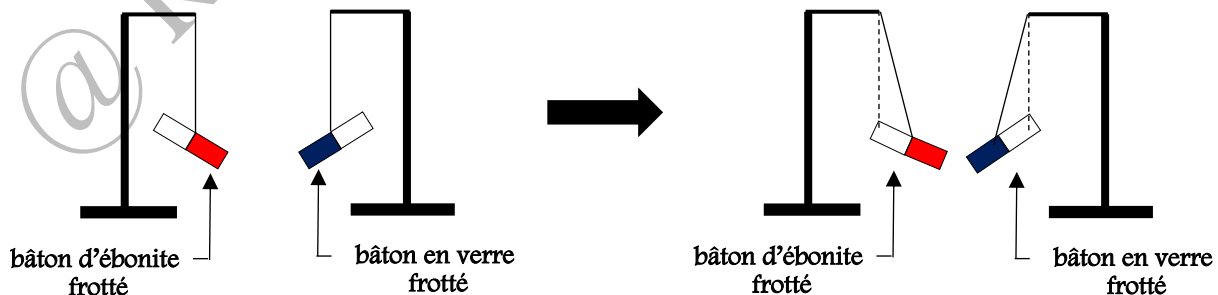
Approchons deux extrémités de deux bâtons de verre frottés contre de la soie ou bien deux extrémités de deux bâtons d'ébonite frottés contre de la soie.



On constate que les deux extrémités des deux bâtons se repoussent.

II-2-2/ EXPERIENCES 2 :

Approchons les extrémités frottées d'un bâton de verre et d'un bâton d'ébonite contre de la soie.



On constate que les deux extrémités des deux bâtons s'attirent.

II-2-3/ CONCLUSION :

Il existe deux sortes d'électricité. Par convention l'électricité qui apparaît sur le verre est **positive** et celle qui apparaît sur l'ébonite est **négative**.

N.B : deux corps chargés d'électricité de même nature se repoussent et deux corps chargés d'électricité de nature différente s'attirent.

II-2/ INTERPRETATION DE L'ELECTRISATION :

II-2-1/ RAPPEL SUR LA STRUCTURE DE LA MATIERE :

La matière est faite d'atomes. Un atome, dans son état normal est électriquement neutre. Il n'est pas porteur de charges électriques: le nombre de protons dans le noyau est égal au nombre d'électrons qui gravitent autour de ce noyau.

II-2-2/ INTERPRETATION DE L'ELECTRISATION PAR FROTTEMENT :

En frottant une matière (bâton en verre ou en ébonite), ses atomes deviennent des porteurs de charges électriques par une perte ou un gain d'électrons.

REMARQUES:

- ▶ **L'électrisation par frottement apparaît comme un transfert d'électrons d'un corps à un autre**
- ▶ **Lors de l'électrisation par frottement, le nombre d'électron perdus par un corps est égale au nombre d'électrons gagnés par l'autre corps: on dit qu'il y a conservation d'électricité.**

II-2-3/ INTERPRETATION DE L'ELECTRISATION PAR CONTACT :

Lorsqu'un corps négatif touche un corps neutre, des électrons peuvent passer sur le corps neutre qui devient ainsi négatif.

Lorsqu'un corps positif touche un corps neutre, il attire des électrons du corps neutre qui devient ainsi positif.

II-2-4/ INTERPRETATION DE L'ELECTRISATION PAR INFLUENCE :

Contrairement à l'électrisation par frottement et à l'électrisation par contact, l'électrisation par influence ne se fait pas par transfert d'électrons mais par déplacement de charges électriques appelées **électrons libres**.

Si le bâton approché du plateau de l'électroscope est chargé négativement, il repousse les électrons libres de l'électroscope qui se retrouvent en excès sur les feuilles métalliques qui deviennent négatives et se repoussent.

Si le bâton approché du plateau de l'électroscope est chargé positivement, il attire des électrons libres de l'électroscope qui se retrouvent en défaut sur les feuilles métalliques qui deviennent positives et se repoussent.

III/ CONDUCTEURS ET ISOLANTS ELECTRIQUES :

III-1/ CONDUCTEUR ELECTRIQUE :

Un conducteur est un corps dans lequel les charges électriques peuvent se déplacées.

Exemples: les métaux ; l'air humide ; le corps humain ; le bois humide...

III-2/ ISOLANT ELECTRIQUE :

Un isolant est un corps dans lequel les charges électriques ne peuvent pas se déplacées.

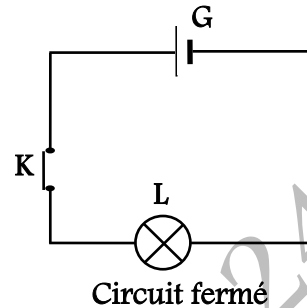
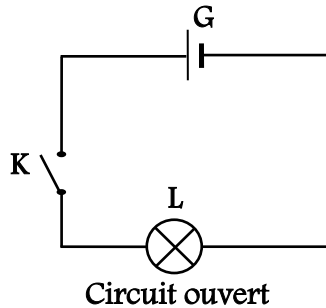
Exemples: verre ; les matières plastiques ; le bois sec...

CHAPITRE P2: GENERALITES SUR LE COURANT ELECTRIQUE

I/ LE CIRCUIT ELECTRIQUE :

I-1/ EXEMPLE D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE SIMPLE :

On dispose comme matériels: une pile plate (G), une lampe (L), un interrupteur (K) et des fils de connexions. Réalisons les circuits électriques simples ci-dessous et observons la lampe (L).



I-1-1/ OBSERVATIONS :

- ▶ Lorsque l'interrupteur K est ouvert, la lampe ne s'allume pas.
- ▶ Lorsque l'interrupteur K est fermé, la lampe s'allume.
- ▶ Si on enlève la pile plate quelle que soit la position de l'interrupteur la lampe ne s'allume pas.


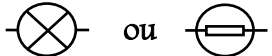
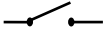



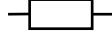

I-1-2/ INTERPRETATIONS :

- ▶ En circuit ouvert, la lampe ne s'allume pas: **le courant électrique ne circule pas.**
- ▶ En circuit fermé, la lampe s'allume: **le courant électrique circule.**
- ▶ La pile est le dipôle qui fait circuler le courant dans un circuit électrique: c'est **un générateur électrique.**

I-2/ DEFINITIONS :

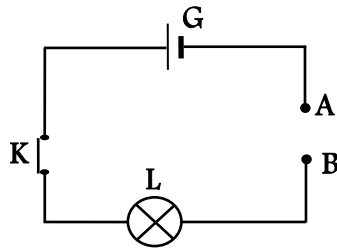
- ▶ Une chaîne continue de dipôles reliés entre eux par des fils de connexion et comportant au moins un générateur est un circuit électrique.
- ▶ Un courant électrique ne peut circuler que si le circuit électrique est fermé.
- ▶ Un dipôle est un élément de circuit possédant deux bornes ou pôles de branchement.

I-3/ SYMBOLES NORMALISES DE QUELQUES DIPOLES :

Générateur 	Lampe 	Interrupteur ouvert 	Interrupteur fermé 
Moteur 	Fil électrique 	Résistor 	Diode 

II/ CONDUCTEURS ET ISOLANTS ELECTRIQUES:

Réalisons le circuit électrique suivant.



Intercalons aux extrémités A et B divers objets de matières différentes (métaux, graphite, verre, matière plastique...)

II-1/ OBSERVATIONS :

- ▶ La lampe s'allume lorsqu'on intercale un métal ou du graphite. **Ces matières sont des conducteurs électriques.**
- ▶ La lampe ne s'allume pas lorsqu'on intercale du verre ou de la matière plastique. **Ces matières sont des isolants électriques.**

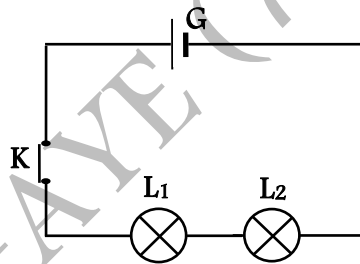
II-1/ CONCLUSION :

- ▶ On appelle conducteur électrique toute matière qui conduit le courant électrique.
- ▶ On appelle isolant électrique toute matière qui ne conduit pas le courant électrique.

III/ CIRCUITS EN SERIE ET CIRCUITS EN DERIVATION (OU PARALLELE) :

III-1/ CIRCUIT EN SERIE :

Un circuit électrique est en série, lorsque les appareils électriques sont branchés les uns à la suite des autres. En circuit série, les appareils électriques sont parcourus par le même courant.



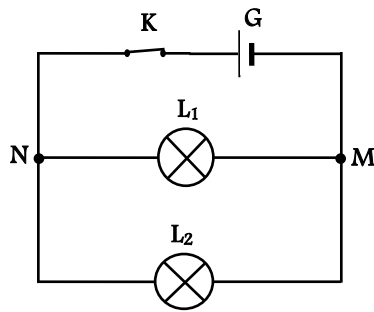
REMARQUES:

En circuit série,

- ▶ **Les appareils électriques ne fonctionnent pas de façon optimale (ici les lampes ne fonctionnent pas correctement).**
- ▶ **Si un appareil électrique est détérioré, les autres ne fonctionnent plus (ici si on dévisse une lampe l'autre s'éteint).**

III-2/ CIRCUIT EN DERIVATION :

Un circuit électrique est en dérivation, lorsque les appareils électriques sont branchés en parallèles. En circuit parallèle, le courant délivré par le générateur est réparti entre les différents appareils électriques.



REMARQUES :

En circuit dérivation,

- ▶ Les appareils électriques fonctionnent de façon optimale (ici les lampes fonctionnent correctement).
- ▶ Si un appareil électrique est détérioré, les autres fonctionnent (ici si on dévisse une lampe l'autre fonctionne).

III-3/ DEFINITIONS :

Nœud d'un circuit : c'est le point de jonction d'au moins de trois fils électriques.

Exemples: point M et N.

Branche d'un circuit : c'est la ligne électrique qui relie deux nœuds.

Exemples: NL_1M , NL_2N , NGM .

- ▶ La branche principale est celle qui contient le générateur.
- ▶ Les autres branches sont appelées branches dérivées.

Courant principale et courants dérivés :

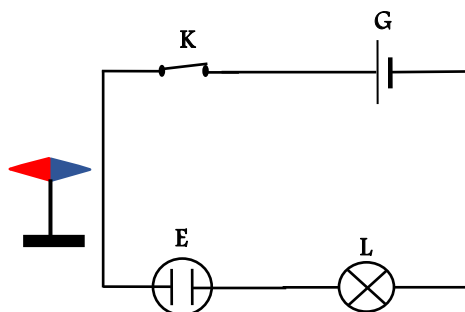
- ▶ Le courant principal est le courant qui circule dans la branche principale.
- ▶ Les courants dérivés sont les courants qui circulent dans les branches dérivées.

IV/ SENS CONVENTIONNEL DU COURANT ELECTRIQUE :

Par convention, le courant électrique circule à l'extérieur d'un générateur de la borne positive (+) vers la borne négative (-).

V/ LES EFFETS DU COURANT ELECTRIQUE :

Réalisons le montage électrique suivant. Fermons l'interrupteur K.



V-1/ OBSERVATIONS :

- ▶ La lampe brille: **c'est l'effet lumineux.**

► La lampe s'échauffe: **c'est l'effet thermique.**

► L'aiguille aimantée placée au voisinage du fil dénudé parcouru par un courant dévie: **c'est l'effet magnétique.**

► Il apparait des bulles de gaz au niveau des électrodes de l'électrolyseur: **c'est l'effet chimique.**

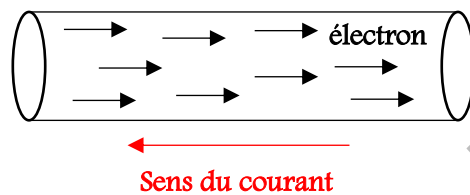
V-2/ CONCLUSION :

Les effets du courant électrique sont: l'effet lumineux, l'effet thermique, l'effet magnétique et l'effet chimique.

VI/ NATURE DU COURANT ELECTRIQUE :

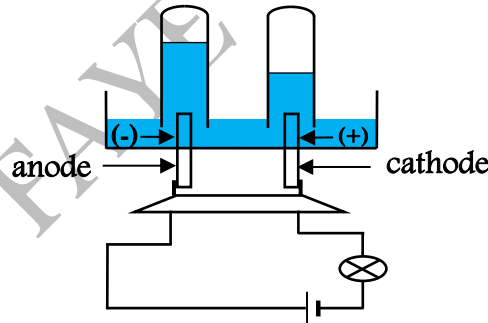
VI-1/ DANS UN CONDUCTEUR ELECTRIQUE :

Dans un conducteur métallique, le courant électrique est dû au déplacement de porteurs de charges appelés **électrons libres** circulant dans le sens opposé au sens conventionnel du courant.



VI-2/ DANS UNE SOLUTION ELECTROLYTIQUE :

Dans un électrolyte (solution contenant des ions) le courant électrique est dû au déplacement **des ions positifs (cations)** dans le sens conventionnel du courant et **des ions négatifs (anions)** dans le sens inverse.



VI-3/ GENERALISATION :

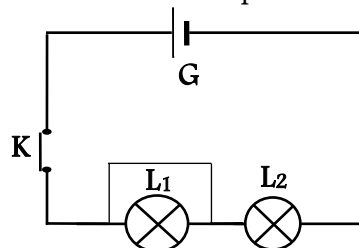
Le courant électrique est un mouvement de porteurs de charges. Dans les conducteurs les porteurs de charges sont les électrons et dans les électrolytes les porteurs de charges sont des ions.

VII/ DANGERS DU COURANT ELECTRIQUE ET MESURE DE SECURITE :

VII-1/ COURT-CIRCUIT :

Réalisons un circuit comprenant un générateur qui alimente deux lampes en série.

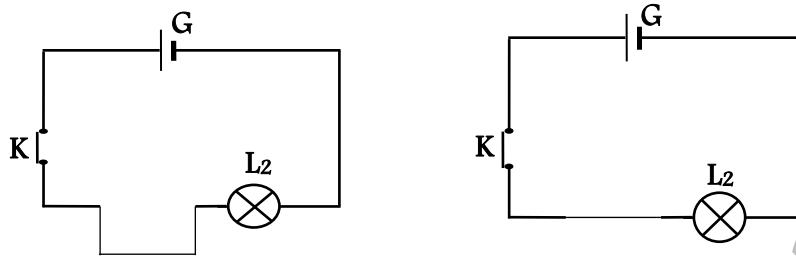
Branchons un fil en dérivation entre les bornes de la lampe L₁.



VII-1-1/ OBSERVATIONS :

On constate que la lampe L_1 s'éteint alors que la lampe L_2 brille d'avantage: **on dit que la lampe L_1 est court-circuitée.**

Le circuit équivalent est:

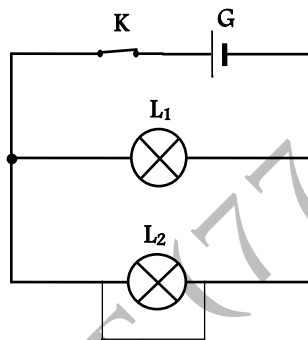


VII-1-2/ DEFINITION :

Un dipôle dont les bornes sont reliées par un fil de connexion, est mis en court-circuit.

VII-2/ DANGERS D'UN COURT-CIRCUIT (RISQUE D'INCENDIE) :

Réalisons un circuit comprenant un générateur qui alimente deux lampes en dérivation et court-circuitons la lampe L_2 .

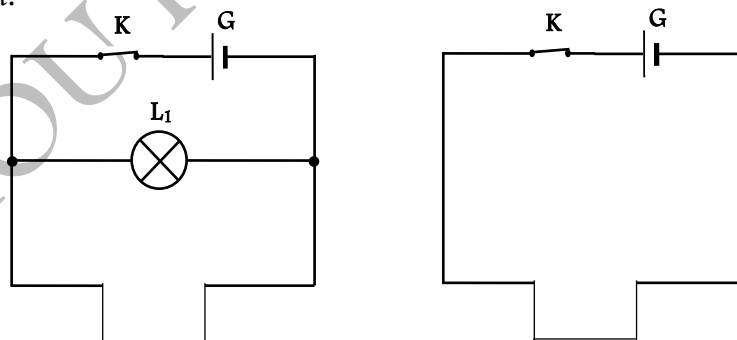


VII-2-1/ OBSERVATIONS :

On constate que les deux lampes s'éteignent: le courant devient plus intense et les fils s'échauffent.

Un court-circuit peut donc provoquer un incendie.

Le circuit équivalent est:



VII-3/ MESURE DE SECURITE :

Pour éviter les dangers d'un court-circuit:

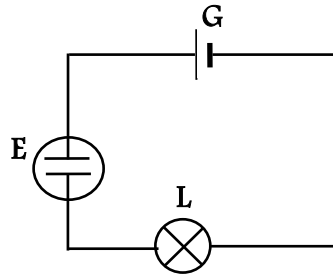
- ▶ On entoure les conducteurs d'une gaine isolante.
- ▶ On place sur les installations électriques, des fusibles et des disjoncteurs.
- ▶ On évite de brancher trop d'appareils sur une multiprise pour ne pas la détériorer ou de provoquer un incendie.

CHAPITRE P3: INTENSITE DU COURANT ELECTRIQUE

I/ NOTION D'INTENSITE DU COURANT ELECTRIQUE:

I-1/ EXPERIENCE:

Considérons le montage du circuit électrique suivant:



Versons progressivement de petites quantités de sel dans l'électrolyseur.

I-1-2/ OBSERVATION :

On constate que la lampe brille progressivement.

I-1-3/ INTERPRETATION :

En ajoutant du sel, on augmente le débit des porteurs de charges (**ions**) et la lampe brille d'avantage: le courant devient plus intense.

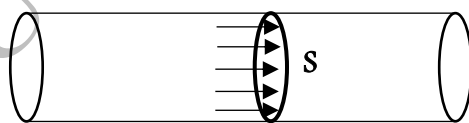
I-1-4/ CONCLUSION :

La variation du débit des porteurs de charges (**électrons ou ions**) est liée à une grandeur électrique appelée **intensité du courant électrique**.

I-2/ DEFINITION :

L'intensité du courant électrique à travers un conducteur est la quantité d'électricité **Q** qui traverse chaque section **S** de ce conducteur pendant l'unité de temps **t**.

Elle est notée **I** et s'exprime en ampère (**A**) dans le système international.



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

Si **N** est le nombre d'électrons qui traversent une section du conducteur pendant la durée **t**, alors:

$$Q = N.e$$

Soit **D** le débit des électrons (**nombre d'électrons par unité de temps**):

$$D = \frac{N}{t}$$

Il vient donc:

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{Ne}{t} = D.e$$

N.B: il existe aussi des sous-multiples de l'ampère:

$$1\text{mA} \rightarrow 10^{-3} \text{ A}$$

$$1\mu\text{A} \rightarrow 10^{-6} \text{ A}$$

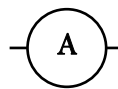
$$1\text{nA} \rightarrow 10^{-9} \text{ A}$$

II/ MESURE DE L'INTENSITE DU COURANT :

L'appareil qui permet de mesurer l'intensité du courant est **l'ampèremètre**.

On distingue deux types d'ampèremètre: les ampèremètres à aiguille et les ampèremètres à affichage numérique (multimètres utilisés comme ampèremètres).

Son symbole normalisé est:



II-1/ BRANCHEMENT D'UN AMPEREMETRE :

Pour mesurer l'intensité du courant qui traverse un dipôle dans un circuit électrique, on place l'ampèremètre avant ou après le dipôle et tel que le courant lui entre par sa borne positive et sort par sa borne négative.

L'ampèremètre et le dipôle sont branchés en série.

II-2/ CALIBRE D'UN AMPEREMETRE :

II-2-1/ DEFINITION :

On appelle calibre d'un ampèremètre l'intensité maximale qu'il peut mesurer.

II-2-2/ CHOIX DU CALIBRE :

Pour éviter de détériorer l'ampèremètre, il faut toujours choisir le meilleur calibre possible en procédant comme suit:

- ▶ On commence à utiliser le calibre le plus grand existant sur l'ampèremètre.
- ▶ On choisit le calibre sur lequel l'aiguille de l'ampèremètre s'arrête dans le tiers du cadran.

II-3/ EXEMPLE DE LECTURE :

Pour mesurer l'intensité I d'un courant électrique avec un ampèremètre à aiguille comportant N divisions, branché sur le calibre C dont l'aiguille s'immobilise devant la graduation n , on applique la relation:

$$I = C \frac{n}{N}$$

II-4/ QUALITE D'UNE MESURE :

Un ampèremètre n'est pas un appareil parfait. Le fabricant inscrit une donnée technique appelée **classe de l'ampèremètre**.

La classe d'un ampèremètre permet d'estimer **l'incertitude absolue ΔI** .

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

II-5/ PRESENTATION DU RESULTAT :

Soit I_{mes} l'intensité mesurée et I la valeur approchée de l'intensité.

La présentation du résultat est donnée par:

$$I = (I_{mes} \pm \Delta I)$$

II-6/ ENCADREMENT DU RESULTAT :

$$I_{mes} - \Delta I \leq I \leq I_{mes} + \Delta I$$

II-7/ PRECISION OU TAUX D'INCERTITUDE :

C'est l'erreur de mesure exprimée en pourcentage et donnée par:

$$\frac{\Delta I}{I_{mes}}$$

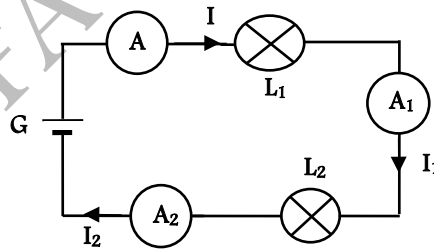
REMARQUE:

Plus le taux d'incertitude est faible plus la mesure est précise.

III/ LOIS DE L'INTENSITE DU COURANT ELECTRIQUE :

III-1/ LOI D'UNICITE DE L'INTENSITE DU COURANT ELECTRIQUE: CIRCUIT SERIE :

Considérons le montage du circuit série suivant:



On constate que les trois ampèremètres indiquent la même valeur. L'intensité du courant électrique est la même aux différents points: **c'est la loi d'unicité du courant électrique.**

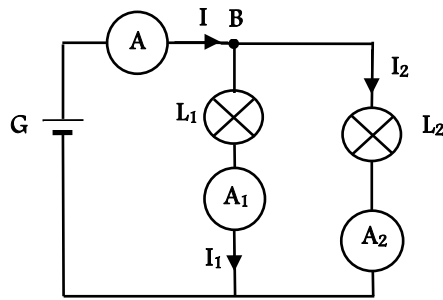
Enoncé de la loi d'unicité du courant électrique:

Dans un circuit série fermé, l'intensité du courant est la même en tout point de ce circuit.

$$I = I_1 = I_2$$

III-2/ LOI DES NEUDS: CIRCUIT EN DERIVATION :

Considérons le montage du circuit en dérivation suivant:



On constate que la valeur indiquée par l'ampèremètre A est égale à la somme des valeurs indiquées par A₁ et A₂: **c'est la loi des nœuds.**

Énoncé de la loi des nœuds:

La somme des intensités des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui en repartent.

$$\text{Au nœud B: } I = I_1 + I_2$$

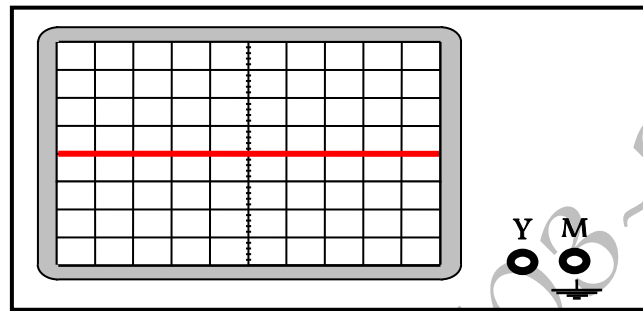
CHAPITRE P4: TENSION ELECTRIQUE

I/ NOTION DE TENSION ELECTRIQUE :

I-1/ MISE EN EVIDENCE :

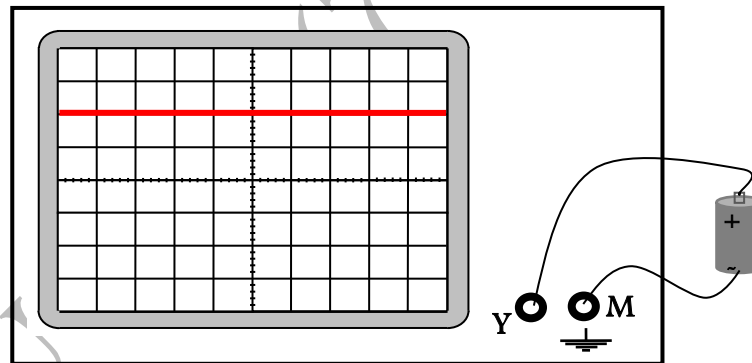
Considérons un oscilloscope comportant deux bornes: l'une étant la voie d'entrée Y et l'autre étant la masse M.

En l'absence de branchement électrique sur les entrées Y et M, on voit au milieu de l'écran une tracée lumineuse horizontale.



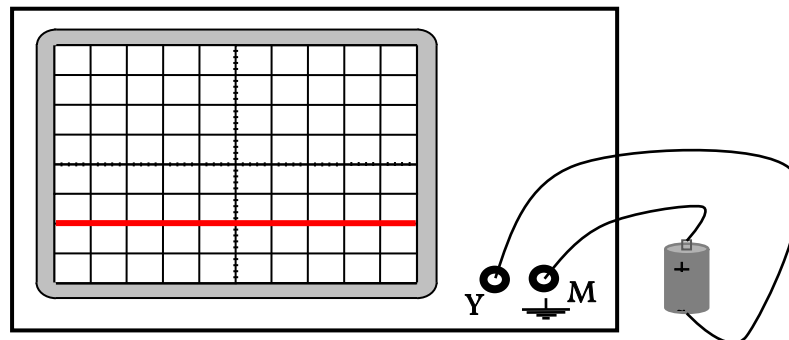
I-1-1/ EXPERIENCE 1 :

Relions respectivement la voie d'entrée Y et la masse M de l'oscilloscope aux pôles positif et négatif d'une pile plate. On constate un déplacement vertical de la tracée lumineuse vers le haut.



I-1-2/ EXPERIENCE 2 :

Relions maintenant la borne positif de la pile à la masse M de l'oscilloscope et la borne négatif de la pile à la voie d'entrée Y de l'oscilloscope. On constate un déplacement vertical de la tracée lumineuse vers le bas.



I-1-3/ CONCLUSION :

Du point de vue électrique les bornes positive et négative de la pile ne sont pas dans le même état électrique: on dit qu'il existe une tension électrique entre les deux bornes de la pile.

I-2/ DEFINITION :

L'état électrique d'un point d'un circuit est évalué par une grandeur électrique appelée **potentiel électrique noté V**.

La tension électrique est la différence de potentiel (d.d.p) entre deux points du circuit.

I-3/ NOTATION :

La tension électrique entre deux points A et B pris dans cet ordre est notée:

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

I-4/ ALGEBRISATION DE LA TENSION ELECTRIQUE :

La tension électrique est une grandeur algébrique.

Exemple:

$$\text{Si } U_{AB} = V_A - V_B > 0 \text{ alors } U_{BA} = V_B - V_A < 0$$

I-5/ REPRESENTATION D'UNE TENSION :

Par convention la tension électrique aux bornes d'un dipôle est représentée par un segment flèche.

Exemple:

Soit le dipôle D ci-dessous:



I-6/ UNITE DE LA TENSION ELECTRIQUE :

Dans le système international la tension électrique s'exprime en **volt (V)**.

II/ APPAREILS DE MESURE DE LA TENSION ELECTRIQUE: LE VOLTMETRE :

Pour mesurer une tension électrique on utilise des appareils comme le **voltmètre à aiguille ou le voltmètre à affichage numérique (multimètre)**.

Dans un circuit électrique, on symbolise un voltmètre par:

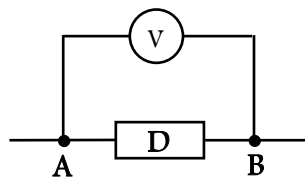


II-1/ BRANCHEMENT :

Un voltmètre est toujours branché en dérivation aux bornes d'un dipôle.

Le voltmètre est un appareil polarisé.

Ainsi si on veut mesurer une tension électrique positive aux bornes d'un dipôle, on doit brancher le voltmètre de façon que sa borne (+) soit reliée à la borne (+) du dipôle et sa borne (-) soit reliée à la borne (-) du dipôle.



II-2/ CALIBRE :

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

Un voltmètre utilisé sur calibre 10 V ne peut mesurer qu'une tension inférieure à 10 V.

Le meilleur calibre est le plus petit parmi les calibres strictement supérieurs à la tension qu'on mesure.

II-3/ LECTURE D'UNE TENSION :

Soit un voltmètre possédant D divisions. Et l'aiguille indique d divisions.

$$U = \frac{d}{D} \cdot \text{calibre}$$

II-4/ CLASSE D'UN APPAREIL ET INCERTITUDE DE MESURE :

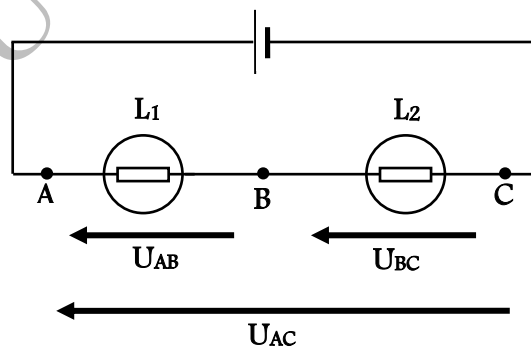
Elle est donnée par le constructeur de l'appareil, elle permet de calculer l'incertitude absolue (ΔU) sur la mesure de la tension.

$$\Delta U = \frac{\text{classe}}{100} \cdot \text{calibre}$$

III/ PROPRIETES DES TENSIONS :

III-1/ LOI D'ADDITIVITE DE LA TENSION :

Soit le circuit ci-dessous dans lequel on peut mesurer les tensions U_{AB} , U_{BC} .



D'après la loi d'additivité de la tension:

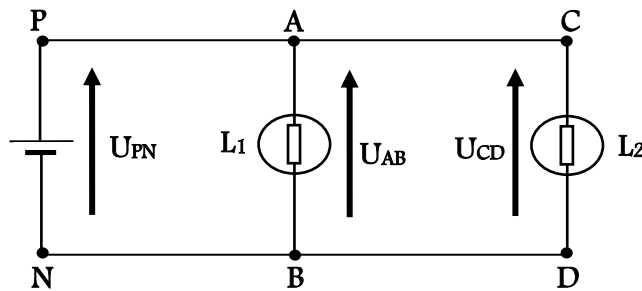
$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$$

Enoncé:

La tension entre deux points quelconques d'une portion de circuit est égale à la somme des tensions aux bornes des différents dipôles placés successivement entre ces deux points.

III-2/ LOI D'UNICITE DES TENSIONS :

Soit le circuit ci-dessous dans lequel on a placé la lampe L₁ en dérivation avec la lampe L₂.



D'après la loi d'unicité des tensions:

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

Enoncé:

La tension aux bornes de plusieurs dipôles d'un même circuit est la même lorsqu'ils sont branchés en dérivation.

NB:

- ▶ La tension aux bornes d'un fil de jonction est nulle.
- ▶ Il en est de même de la tension aux bornes d'un interrupteur fermé et d'un ampèremètre.

IV/ TENSIONS VARIABLES :

IV-1/ DEFINITIONS :

IV-1-1/ TENSION CONTINUE :

On dit que la tension est continue entre deux points A et B si sa valeur U_{AB} reste constante en grandeur et en signe au cours du temps.

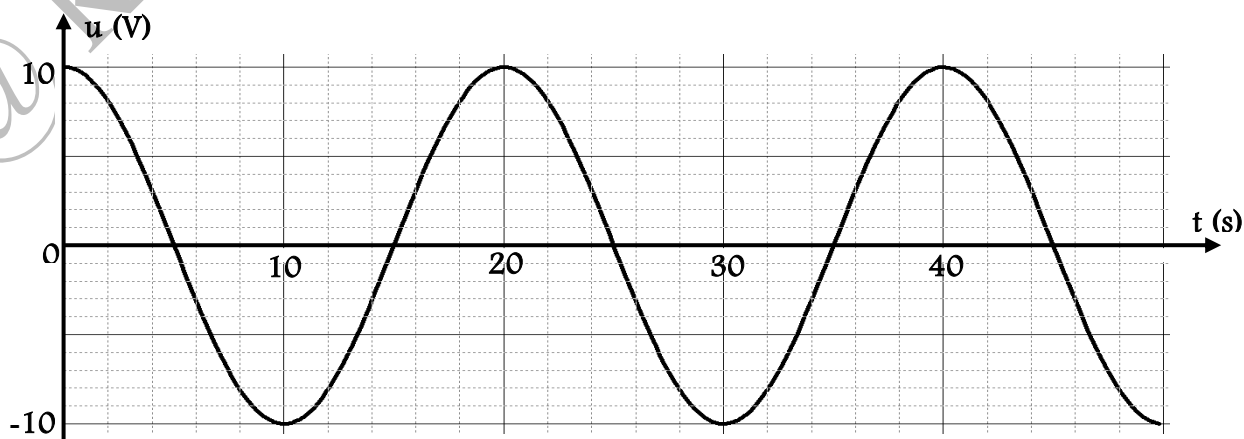
IV-1-2/ TENSION VARIABLE :

On dit que la tension est variable entre deux points A et B si sa valeur U_{AB} varie au cours du temps.

IV-1-2-1/ ETUDE D'UNE TENSION ALTERNATIVE SINUSOÏDALE :

IV-1-2-1-1/ TRACE D'UNE TENSION ALTERNATIVE SINUSOÏDALE :

Considérons le tracé de la courbe ci-dessous représentant la tension u aux bornes d'un générateur basse fréquence (G.B.F) en fonction du temps.



IV-1-2-1-2/ CARACTERISTIQUES DE LA TENSION U EN FONCTION DU TEMPS :

- ▶ La tension électrique u prend **des valeurs tantôt positives tantôt négatives**: on dit que la tension électrique u est **alternative**.
- ▶ La courbe est constituée **d'un motif élémentaire** qui se répète au bout de chaque 20s : on dit que la tension électrique u est **périodique**.
- ▶ Le motif élémentaire est une **sinusoïde** : la tension est dite **sinusoïdale**.

Par conséquent, la tension électrique u aux bornes du G.B.F est une tension variable, alternative, périodique et sinusoïdale.

IV-1-2-1-2-1/ PERIODE (T) ET FREQUENCE (N OU f) D'UNE TENSION ALTERNATIVE :

- ▶ On appelle période d'une tension alternative, la durée du motif élémentaire. Elle est notée T et s'exprime en **seconde (s)** dans le système international.

Exemple: la période de la tension alternative étudiée est de 20s.

- ▶ On appelle fréquence d'une tension alternative, le nombre de période par seconde. Elle est notée (N ou f) et s'exprime en **Hertz (Hz)** dans le système international.

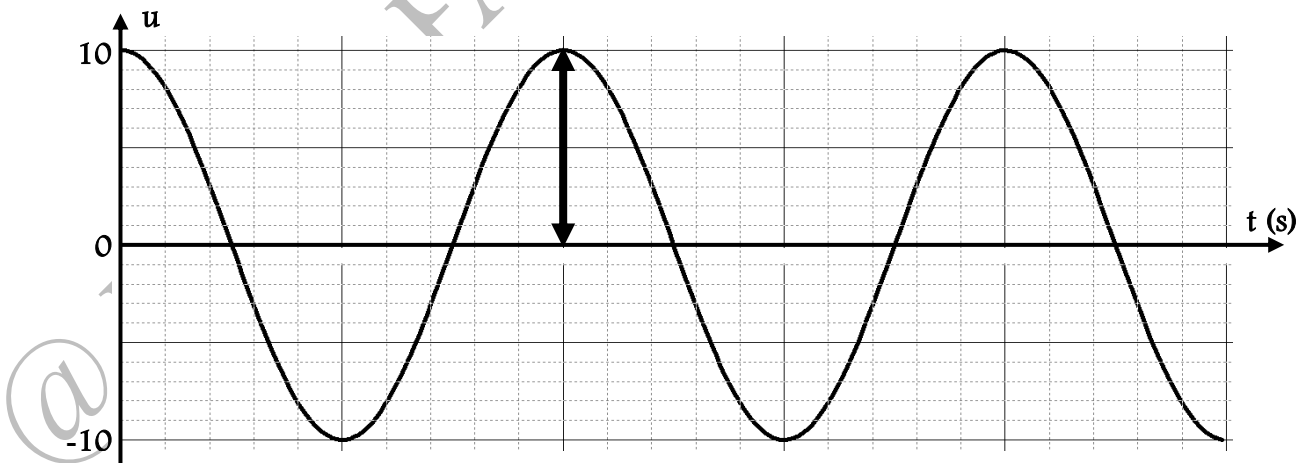
$$N = \frac{1}{T}$$

Exemple: la fréquence de la tension alternative étudiée est de 0,05 Hz.

IV-1-2-1-2-2/ TENSION MAXIMALE ET TENSION EFFICACE :

La tension alternative étudiée varie entre deux valeurs extrêmes:

- ▶ Un maximum positif que l'on note **U_{\max}**
- ▶ Un minimum négatif que l'on note **U_{\min}**



- ▶ On appelle tension maximale la «hauteur par rapport à l'axe des temps» de la sinusoïde. Elle est notée **U_m ou U_{\max}** et s'exprime en Volt.

Exemple: la tension maximale étudiée est de 10 V.

► On appelle tension efficace la tension mesurée par un voltmètre en position alternative. Elle est notée U_{eff} ou U .

C'est la valeur qu'aurait une tension continue (une pile) produisant les mêmes effets que la tension alternative.

La tension efficace et la tension maximale sont deux grandeurs liées par la relation suivante:

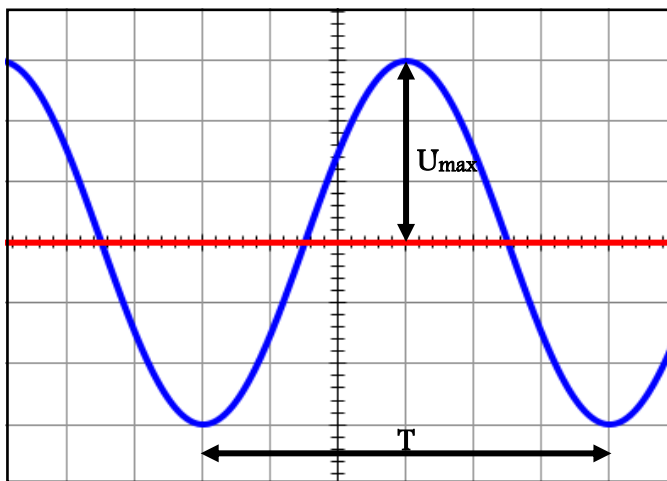
$$U_{\text{max}} = \sqrt{2} U_{\text{eff}} \quad U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

Exemple: la tension efficace étudiée est de 7,07 V.

IV-1-2-1-3/ VISUALISATION D'UNE TENSION ALTERNATIVE SINUSOÏDALE A L'OSCILLOSCOPE :

Un oscilloscope est un appareil qui permet de visualiser l'évolution de la tension électrique en fonction du temps et d'en déduire les caractéristiques.

L'image qui apparaît sur l'écran est appelée **oscillogramme**.



Sensibilité verticale: 2 V/division

$$U_{\text{max}} = 3 \times 2 = 6 \text{ V}$$

Sensibilité horizontale: 2 ms/division

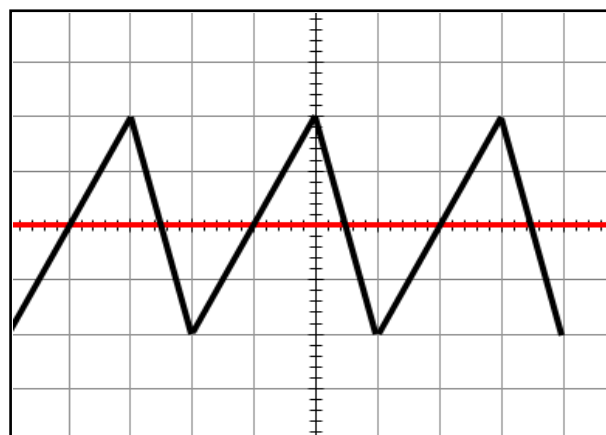
$$T = 6 \times 2 = 12 \text{ ms} = 0.012 \text{ s}$$

N.B: Connaissant les valeurs de la période T et de la tension maximale U_{max} , on peut facilement déduire les valeurs de la fréquence N et de la tension efficace U_{eff} .

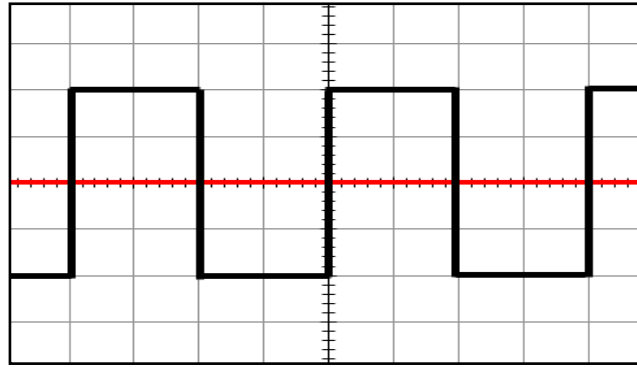
IV-1-2-2/ AUTRES TYPES DE TENSION ALTERNATIVE :

Il existe des tensions alternatives non sinusoïdales. On distingue:

IV-1-2-2-1/ TENSION ALTERNATIVE TRIANGULAIRE OU EN DENTS DE SCI :



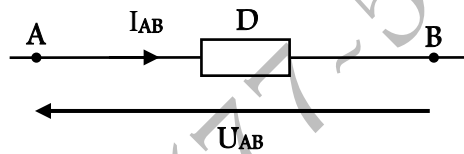
IV-1-2-2-2/ TENSION ALTERNATIVE RECTANGULAIRE OU EN CRENEAU :



V/ CONVENTION RECEPTEUR :

Considérons un dipôle D parcouru par un courant I_{AB} . Il existe entre ses bornes A et B une tension ou (d.d.p) notée U_{AB} .

Dans la convention récepteur la flèche qui indique la tension U_{AB} et celle qui représente l'intensité du courant I_{AB} sont de sens contraires.



N.B:

Dans la convention récepteur, la tension U_{AB} et l'intensité du courant I_{AB} ont même signe.

CHAPITRE P5: DIPOLES PASSIFS

I/ DIPOLES :

I-1/NOTION DE DIPOLE :

Un dipôle est un composant électrique ayant deux bornes.

I-2/ CATEGORISATION :

Un dipôle est dit actif si la tension à ses bornes est non nulle ($U \neq 0$) même en circuit ouvert ($I = 0$).

Un dipôle est dit passif si la tension à ses bornes est nulle ($U = 0$) en circuit ouvert ($I = 0$).

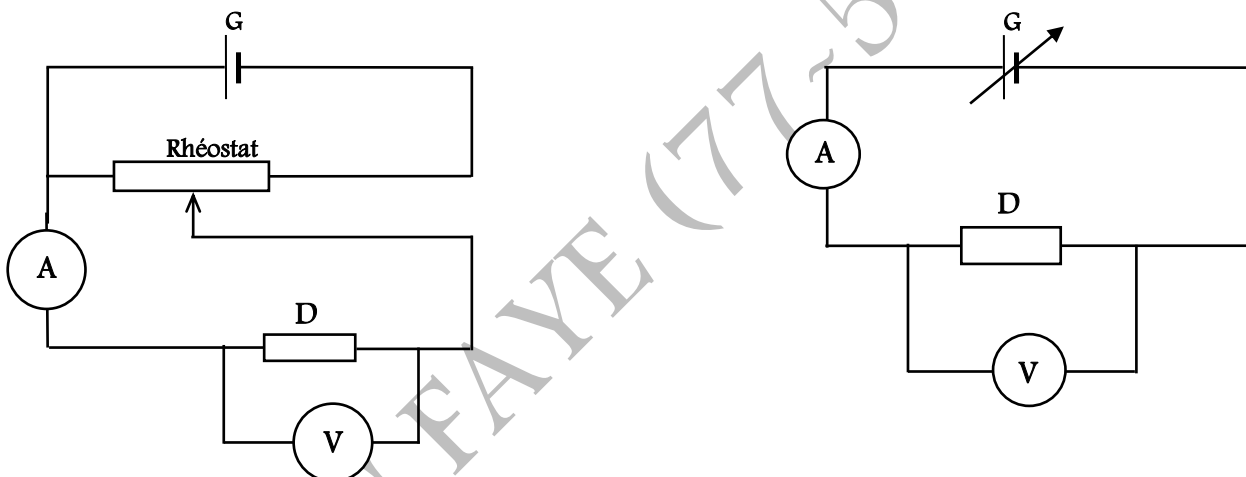
II/ CARACTERISTIQUES DE QUELQUES DIPOLES PASSIFS :

La caractéristique d'un dipôle est définie comme la fonction qui relie la tension U entre ses bornes et l'intensité I du courant qui le traverse: $U = f(I)$ ou $I = f(U)$.

Le dipôle est dit passif si sa caractéristique passe par l'origine (c'est à dire $U = 0$ pour $I = 0$).

II-1/ MONTAGE EXPERIMENTALE :

Pour tracer la caractéristique d'un dipôle passif (D) on utilise l'un des deux montages suivants:



II-2/ CARACTERISTIQUE D'UN DIPOLE PASSIF LINEAIRE (LE CONDUCTEUR OHMIQUE OU RESISTOR) :

Symbole d'un conducteur ohmique:

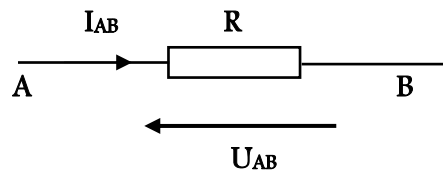
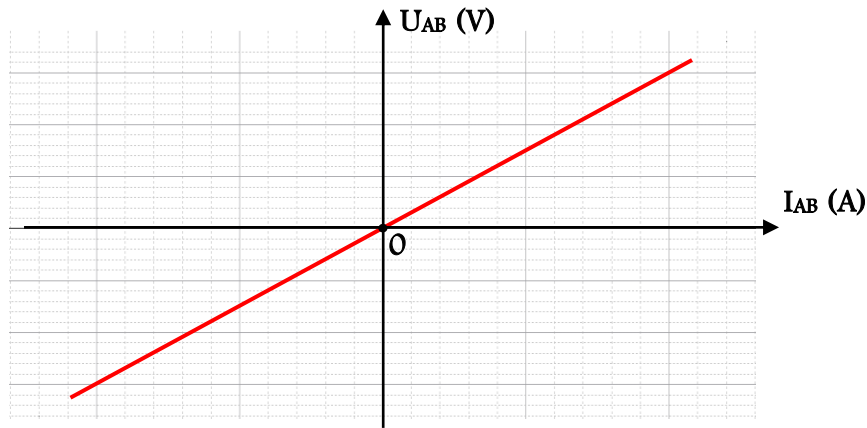


Tableau des résultats obtenus et tracé de la caractéristique:

U_{AB} (V)	0,18	0,15	0,125	0,075	0	-0,075	-0,125	-0,15	-0,18
I_{AB} (A)	1,2	1	0,8	0,5	0	-0,5	-0,8	-1	-1,2



- ▶ La caractéristique passe par l'origine O, donc le conducteur ohmique est un dipôle passif.
- ▶ La caractéristique est symétrique et linéaire donc les bornes du conducteur ohmique jouent le même rôle.

II-2-1/ LOI D'OHM DU CONDUCTEUR OHMIQUE DE RESISTANCE R :

L'équation de la caractéristique est de la forme: $U_{AB} = a \times I_{AB}$

$a = R = \frac{\Delta U}{\Delta I}$ est le coefficient de proportionnalité entre U_{AB} et I_{AB} appelé résistance du résistor.

$$U_{AB} = R \cdot I_{AB} \text{ est la loi d'ohm du résistor}$$

U en volt (V)
R en ohm (Ω)
I en ampère (A)

N.B:

Pour un conducteur ohmique filiforme (conducteur de longueur L et de section s), on exprime sa résistance par:

$$R = \rho \frac{L}{s}$$

R : résistance du conducteur (Ω)
L : longueur du conducteur (m)
s : section du conducteur (m^2)
 ρ : résistivité du matériau ($\Omega \cdot m$)

II-2-2/ LA CONDUCTANCE (G) D'UN RESISTOR :

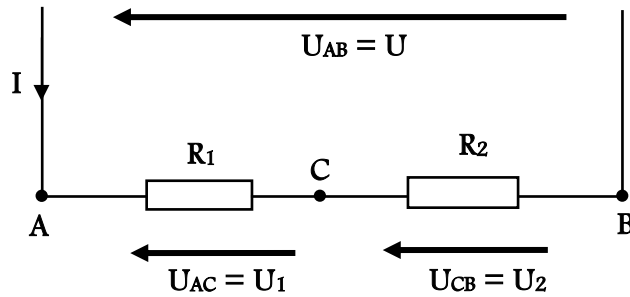
On définit la **conductance du résistor notée (G)** comme étant égale à l'inverse de sa résistance. Elle s'exprime en **Siemens (S)** dans le système international.

$$G = \frac{1}{R}$$

II-2-3/ LOIS D'ASSOCIATION DES RESISTORS: RESISTANCE EQUIVALENTE (R_{EQ})

II-2-3-1/ ASSOCIATION EN SERIE:

Considérons deux résistors de résistances respectives R_1 et R_2 montés en série entre deux points A et B d'un circuit.



{ Loi des mailles : $U = U_1 + U_2$
 { Loi d'unicité du courant $I = I_1 = I_2 \Rightarrow$ d'après la loi d'ohm : $R_{eq}I = R_1I + R_2I \Rightarrow$

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

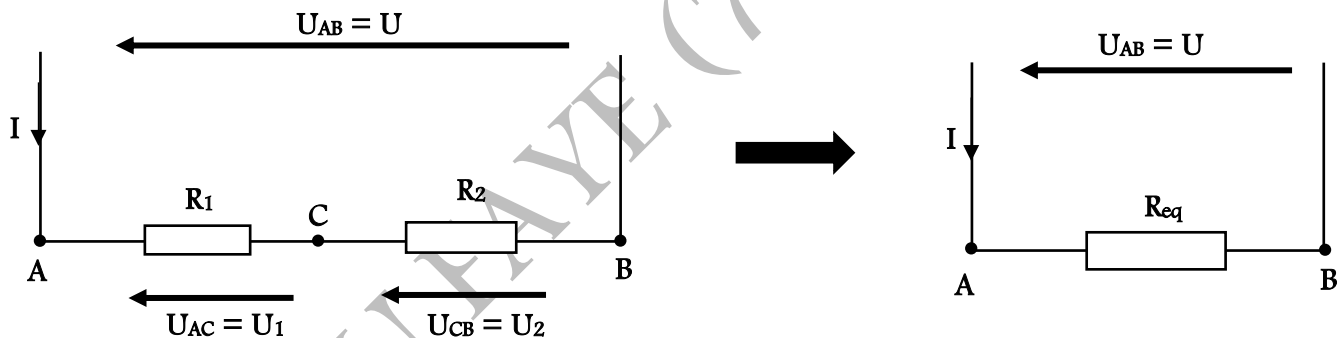
Dans une association de résistors en série, la résistance équivalente est égale à la somme des résistances.

Généralisation :

Pour n résistors en série de résistances respectives R_1, R_2, \dots, R_n ; la résistance équivalente est:

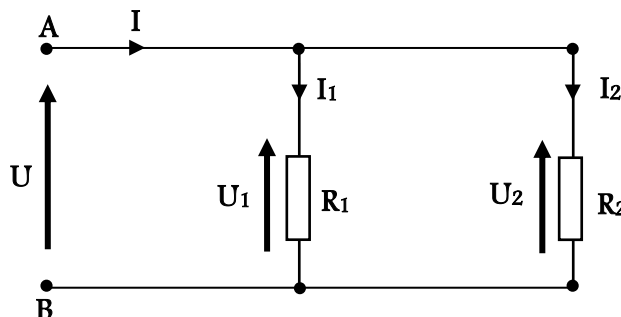
$$R_{eq} = \sum_{i=1}^n R_i$$

Le circuit équivalent est :



II-2-3-1/ASSOCIATION EN DERIVATION :

Considérons deux résistors de résistances respectives R_1 et R_2 montés en dérivation entre deux points A et B d'un circuit.



{ Loi des mailles : $U = U_1 = U_2$
 { Loi d'additivité du courant : $I = I_1 + I_2 \Rightarrow$ d'après la loi d'ohm : $G_{eq}U = G_1U + G_2U \Rightarrow$

$$G_{eq} = G_1 + G_2 \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

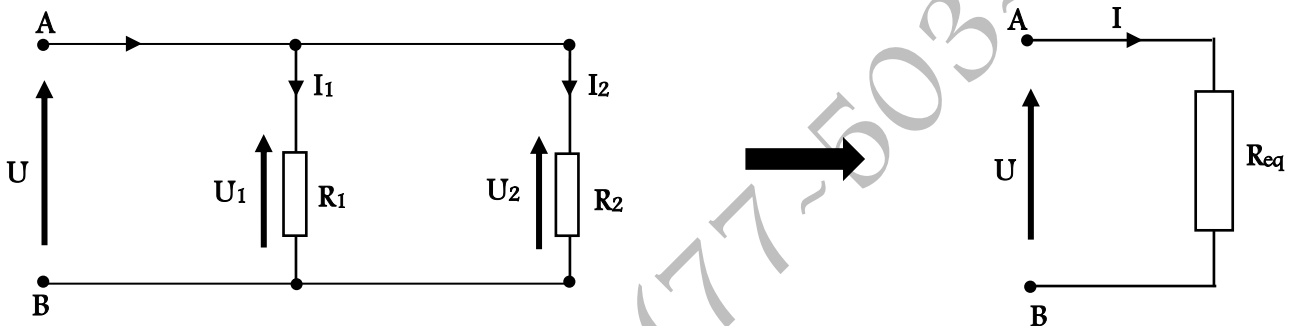
Dans une association de résistors en parallèle, la résistance équivalente a une conductance égale à la somme des conductances de résistors en dérivation.

Généralisation :

Pour n résistors en parallèle de résistances respectives R_1, R_2, \dots, R_n ; la résistance équivalente est:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

Le circuit équivalent est :



II-3/ CARACTERISTIQUE D'UN DIPOLE PASSIF NON LINEAIRE :

II-3-1/ CARACTERISTIQUE D'UNE DIODE NORMALE A JONCTION :

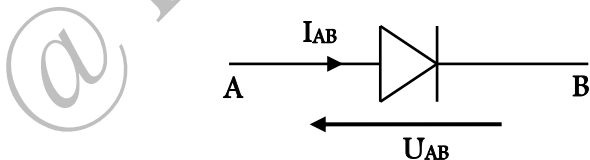
La diode normale à jonction est constituée d'un semi-conducteur: le silicium (Si) ou le germanium (Ge) dopé.

Le dopage est l'introduction dans le semi-conducteur de très faibles quantités d'un corps étranger appelé **dopeur**.

Pour les semi-conducteurs (Ge ou Si), les dopeurs sont: soit l'Arsenic (As) ou le phosphore (P).

Ces dopeurs sont introduits à très faible dose (de l'ordre de 1 atome du dopeur pour 10^6 atomes du semi-conducteur).

Symbole d'une diode normale à jonction :

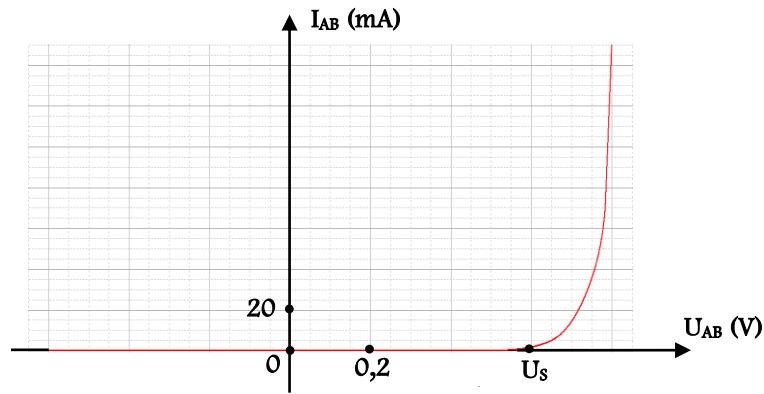


De A à B : sens direct ou sens passant

De B à A : sens indirect ou sens bloquant

Tableau des résultats obtenus et tracé de la caractéristique :

U_{AB} (V)	0,8	0,79	0,78	0,7	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	-0,4	-0,6
I_{AB} (mA)	150	100	50	10	0	0	0	0	0	0	0



La tension seuil est $U_s = 0,6 \text{ V}$

- ▶ La caractéristique passe par O, donc la diode normale à jonction est un dipôle passif.
- ▶ Pour $U_{AB} < U_s$, la diode normale à jonction ne laisse pas passer le courant électrique.
- ▶ La diode normale à jonction laisse passer le courant électrique pour $U_{AB} \geq U_s$
- ▶ En conclusion, la diode normale à jonction est un dipôle passif non symétrique et non linéaire. Elle ne laisse passer le courant que dans le sens direct si la tension à ses bornes est supérieure ou égale à la tension seuil.

II-3-2/ CARACTERISTIQUE D'UNE DIODE ZENER :

Une diode Zener est un assemblage de deux semi-conducteurs.

Contrairement à une diode normale, la diode Zener laisse passer le courant électrique dans les deux sens.

Symbole d'une diode Zener :

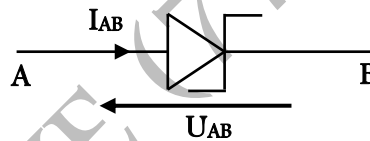
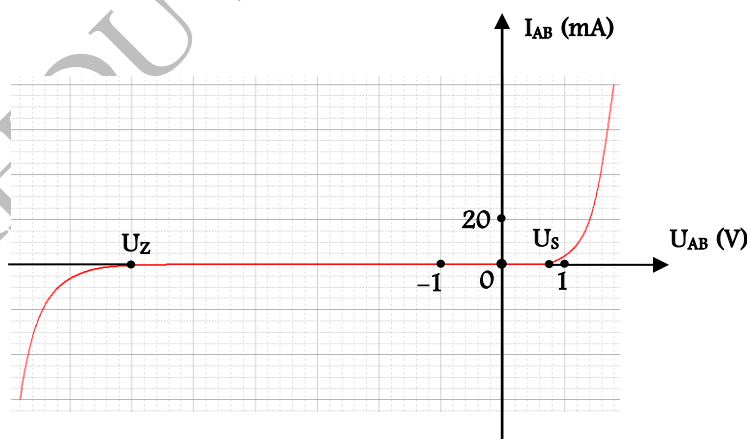


Tableau des résultats obtenus et tracé de la caractéristique:

$U_{AB} \text{ (V)}$	1,8	1,6	1,4	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-2	-4	-6	-7	-7,6	-7,8
$I_{AB} \text{ (mA)}$	80	40	10	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	-20	-60



La tension Zener est $U_z = 6 \text{ V}$

La tension seuil est $U_s = 0,8 \text{ V}$

- ▶ La caractéristique passe par O, donc la diode Zener est un dipôle passif.
- ▶ La caractéristique est asymétrique et non linéaire donc les bornes de la diode Zener ne jouent pas le même rôle.

- ▶ Dans le sens direct la diode Zener se comporte comme une diode normale.
- ▶ Dans le sens inverse la diode Zener laisse passer le courant électrique si la tension à ses bornes est supérieure à la tension Zener ($U_{AB} \geq U_Z$).

II-3-3/ CARACTERISTIQUE D'UNE VARISTANCE OU VDR:

La varistance ou VRD est un résistor dont la résistance dépend de la tension.

VRD provient de l'expression anglaise «voltage dépend resistor»

Symbole d'une varistance ou VDR:

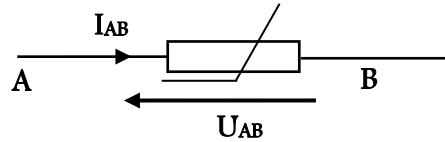
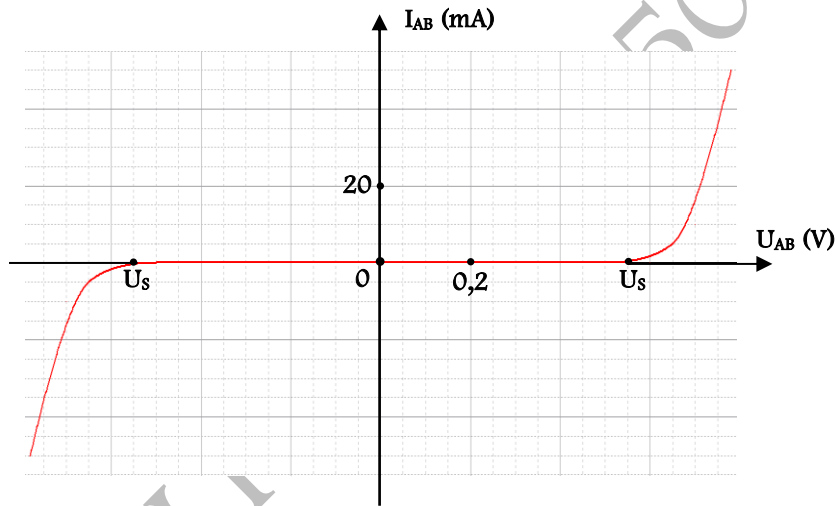


Tableau des résultats obtenus et tracé de la caractéristique:

U_{AB} (V)	0,78	0,7	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,7	-0,78
I_{AB} (mA)	50	10	0	0	0	0	0	0	0	-10	-50



La tension seuil est $U_s = 0,55$ V

- ▶ La caractéristique passe par O, donc la varistance ou VDR est un dipôle passif.
- ▶ La caractéristique est symétrique et non linéaire donc les bornes de la varistance ou VDR jouent le même rôle.
- ▶ La varistance ou VDR laisse passer le courant électrique pour $U_{AB} \geq U_s$

CHAPITRE P6: DIPOLES ACTIFS

I/ RAPPELS ET COMPLEMENTS DES DIPOLES ACTIFS :

I-1/ DEFINITION :

Un dipôle est dit actif si la tension à ses bornes est non nulle ($U \neq 0$) même en circuit ouvert ($I = 0$).

La tension aux bornes d'un dipôle actif en circuit ouvert est appelée tension à vide notée U_0 .

Parmi les dipôles actifs, on distingue:

► Les dipôles actifs générateurs :

Exemples: les piles (générateurs) et les photopile ou cellules photovoltaïques.

► Les dipôles actifs réversibles : ce sont des dipôles actifs pouvant fonctionner en générateur ou en récepteur.

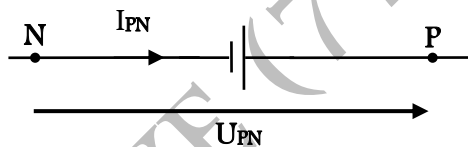
Exemples: piles rechargeables ; batterie d'automobile (accumulateur) ; moteur à courant continu ; dynamo

► Les dipôles actifs récepteurs :

Exemples: électrolyseur

I-2/ CONVENTION GENERATEUR :

Dans la convention générateur la flèche qui indique la tension U_{PN} aux bornes du générateur et celle qui représente l'intensité du courant I_{PN} ont même sens.



II/ DIPOLES ACTIFS LINEAIRES:

Un dipôle est dit actif linéaire si sa caractéristique est une droite ne passant pas par l'origine.

II-1/ ETUDE D'UN GENERATEUR:

II-1-1/ DISPOSITIF EXPERIMENTAL:

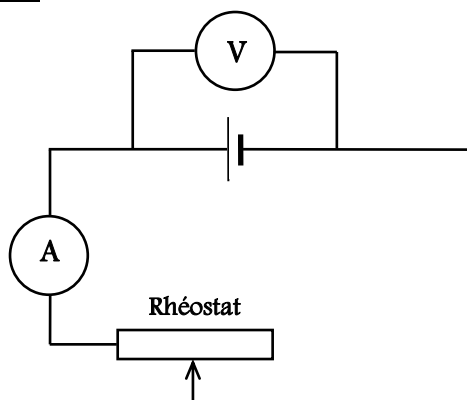
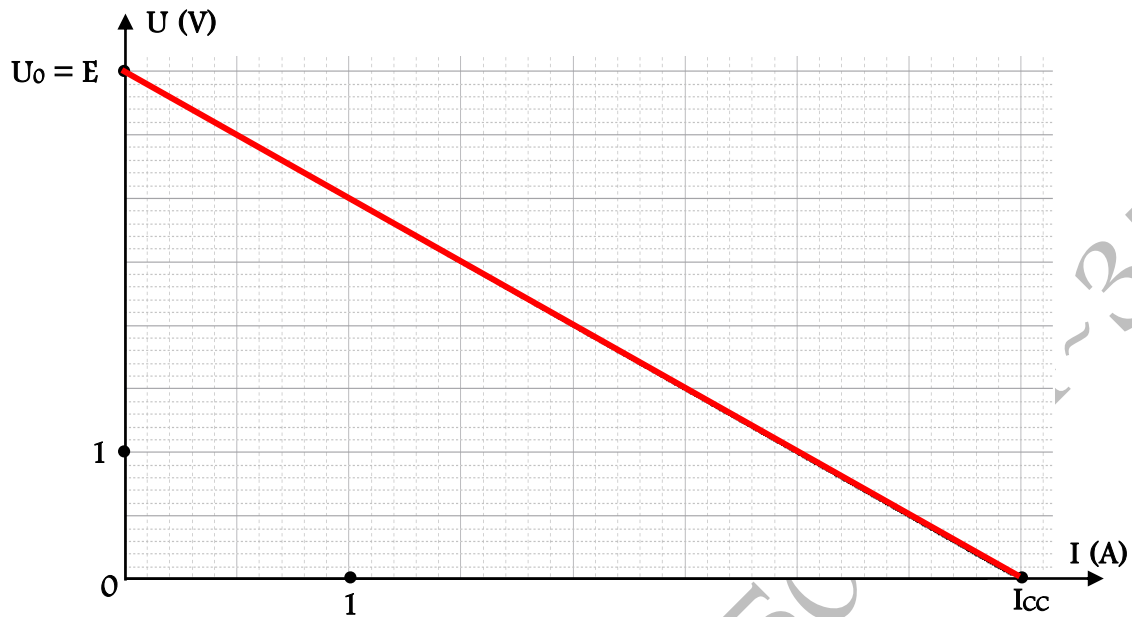


Tableau des résultats obtenus lors de l'étude expérimentale

I(A)	0	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	3
$U_{PN}(V)$	4	3,9	3,8	3,7	3,5	2,5	2	1

II-1-2/ CARACTERISTIQUE INTENSITE-TENSION :

La caractéristique intensité-tension est la représentation graphique $U = f(I)$

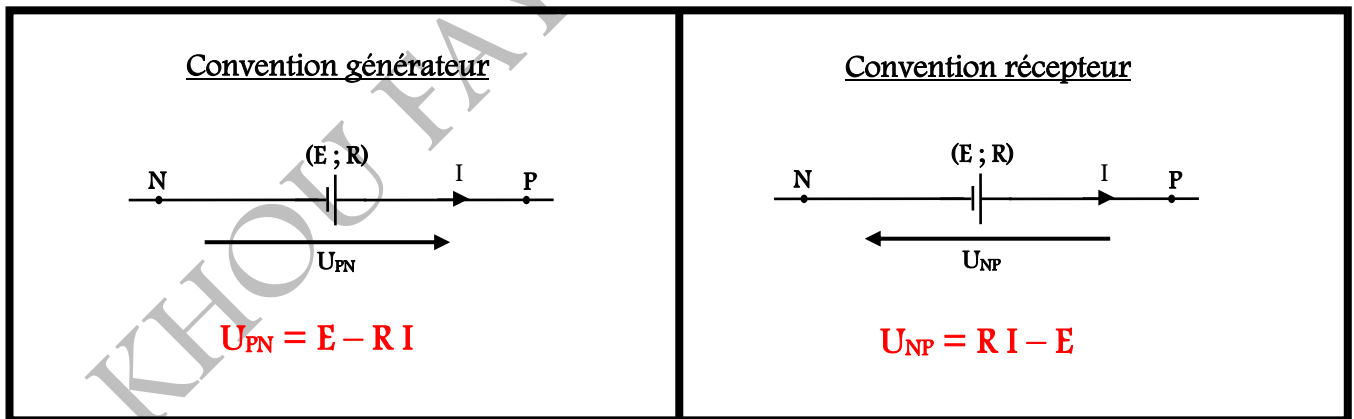


L'équation de la caractéristique est de la forme:

$$\boxed{U = a I + b} ; \text{ avec } \begin{cases} a = \frac{\Delta U}{\Delta I} = -R : \text{représente résistance interne du générateur} \\ b = U_0 = E : \text{représente la force électromotrice (f.e.m) du générateur} \end{cases}$$

$$\boxed{U = E - R I} \text{ avec } \begin{cases} E = 4 \text{ V} \\ R = 1 \Omega \end{cases}$$

II-1-3/ LOI D'OHM DU GENERATEUR :



II-1-4/ INTENSITE DE COURT-CIRCUIT (I_{cc}):

Elle correspond à l'intensité du courant pour laquelle la tension aux bornes du générateur est nulle.

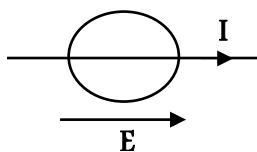
$$\boxed{I_{cc} = \frac{E}{R}}$$

II-1-5/ GENERATEUR IDEAL DE TENSION :

II-1-5-1/ DEFINITION :

Un générateur idéal de tension est un générateur qui délivre toujours la même tension quelque soit la valeur de l'intensité du courant qu'il débite (un tel générateur a une résistance interne presque nulle).

II-1-5-2/ SYMBOLE D'UN GENERATEUR IDEAL DE TENSION:



La tension à ses bornes est souvent notée E, qui est appelée force électromotrice du générateur.

II-1-5-3/ CARACTERISTIQUE INTENSITE-TENSION D'UN GENERATEUR IDEAL DE TENSION:



III/ ASSOCIATION DE GENERATEURS :

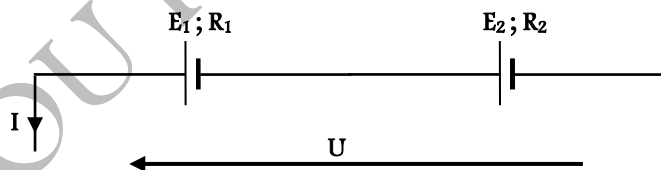
III-1/ ASSOCIATION EN SERIE:

III-1-1/ ASSOCIATION EN SERIE DIRECTE:

III-1-1-1/ DEFINITION:

Des dipôles actifs (générateurs) sont en série directe, lorsque la borne négative de l'un est reliée à la borne positive de l'autre.

III-1-1-2/ EXEMPLE AVEC DEUX GENERATEURS :



On a : $U = U_1 + U_2$ avec
$$\begin{cases} U = E_s - R_s I \\ U_1 = E_1 - R_1 I \\ U_2 = E_2 - R_2 I \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E_s = E_1 + E_2 \\ R_s = R_1 + R_2 \end{cases}$$

III-1-1-3/ GENERALISATION DE LA LOI POUR UNE ASSOCIATION DE N (GENERATEURS) EN SERIE DIRECTE :

$$\begin{cases} E_s = E_1 + E_2 + \dots + E_N : \text{les tensions à vide s'ajoutent} \\ R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_N : \text{les résistances internes s'ajoutent} \end{cases}$$

REMARQUES :

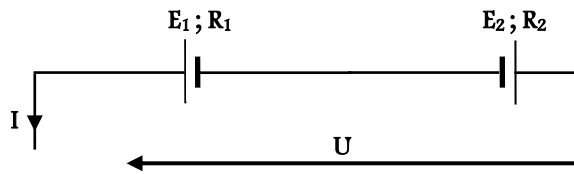
- ▶ Si les N générateurs sont identiques, on aura $\begin{cases} E_s = N.E \\ R_s = N.R \end{cases}$
- ▶ L'association en série directe permet d'augmenter la tension mais pas l'intensité.

III-1-2/ ASSOCIATION EN SERIE INVERSE :

III-1-2-1/ DEFINITION :

Des dipôles actifs (générateurs) sont en série inverse, lorsque les bornes de même signe sont reliées entre elles.

III-1-2-2/ EXEMPLE AVEC DEUX GENERATEURS:



$$\text{On a : } U = U_1 + U_2 \text{ avec } \begin{cases} U = E_s - R_s I \\ U_1 = E_1 - R_1 I \\ U_2 = E_2 - R_2 I \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E_s = E_1 - E_2 \\ R_s = R_1 - R_2 \end{cases}$$

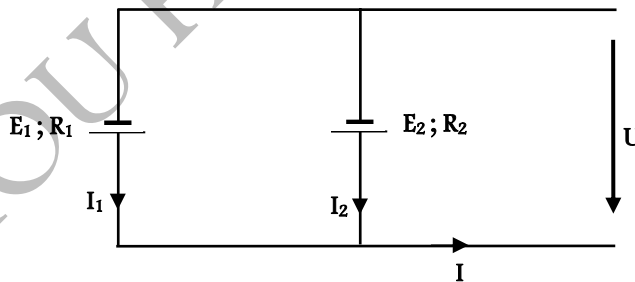
III-2/ ASSOCIATION EN PARALLELE :

III-2-1/ ASSOCIATION EN PARALLELE DIRECTE :

III-2-1-1/ DEFINITION :

Des dipôles actifs (générateurs) sont en parallèle directs, lorsque les bornes de même signe sont reliées entre elles.

III-2-1-2/ EXEMPLE AVEC DEUX GENERATEURS :



$$\text{On a : } I = I_1 + I_2 \text{ avec } \Rightarrow \begin{cases} I = \frac{E_p}{R_p} - \frac{U}{R_p} = I_{p(cc)} - U.G_p \\ I_1 = \frac{E_1}{R_1} - \frac{U}{R_1} = I_{1(cc)} - U.G_1 \\ I_2 = \frac{E_2}{R_2} - \frac{U}{R_2} = I_{2(cc)} - U.G_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{p(cc)} = I_{1(cc)} + I_{2(cc)} \\ \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ G_p = G_1 + G_2 \end{cases}$$

III-2-1-3/ GENERALISATION DE LA LOI POUR UNE ASSOCIATION DE N (GENERATEURS) EN PARALLELE DIRECTE :

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{P(CC)} = I_{1(CC)} + I_{2(CC)} + \dots + I_{N(CC)} : \text{les courants de court-circuit s'ajoutent} \\ G_P = G_1 + G_2 + \dots + G_N : \text{les conductances internes s'ajoutent} \\ \frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N} : \text{les résistances internes se mettent en parallèle} \\ E_P = I_{P(CC)} \cdot R_P \end{array} \right.$$

REMARQUES :

► Si les N dipôles sont identiques, on aura :

$$\left\{ \begin{array}{l} E_P = E \\ R_P = \frac{R}{N} \end{array} \right.$$

► L'association en parallèle directe permet d'augmenter l'intensité mais pas la tension.

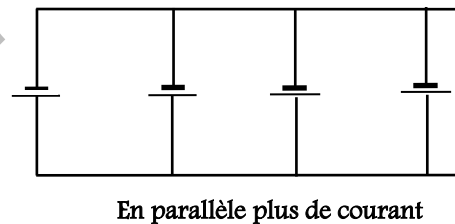
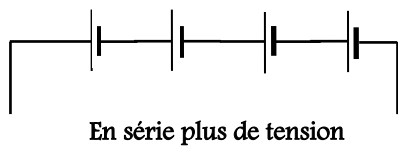
IV/ GENERATEURS USUELS:

IV-1/ BATTERIE D'ACCUMULATEURS:

IV-1-1/ DEFINITION:

Une **batterie d'accumulateurs** ou généralement une batterie, est un ensemble d'accumulateurs électriques reliés entre eux de façon à créer un générateur de courant **continu** de la capacité et de la tension désirée. Ces accumulateurs même s'ils sont seuls sont parfois appelés éléments de la batterie.

Exemple d'ensemble d'accumulateur en parallèle et en série:



IV-1-2/ DOMAINES D'UTILISATION :

Les batteries d'accumulateurs sont utilisées pour alimenter en électricité les accessoires des véhicules routiers, des appareils électroniques autonomes tels que (les téléphones mobiles, les baladeurs numériques, appareil photo, etc).

IV-2/ LES PHOTOPILES:

IV-2-1/ DEFINITION:

Les photopiles sont des dipôles qui engendrent un courant électrique lorsqu'ils ont exposés à la lumière.

IV-2-2/DOMAINES D'UTILISATION:

Les photopiles sont utilisées pour alimenter en électricité une maison domestique, un chauffage

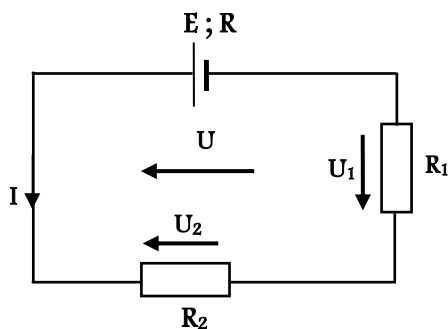
V/ LOI DE POUILLET:

La loi de Pouillet permet de calculer l'intensité du courant qui circule dans un circuit simple (sans dérivation).

Prenons l'exemple du circuit ci-dessous constitué:

► d'un générateur G (E, R)

- ▶ d'un résistor de résistance R_1
- ▶ d'un résistor de résistance R_2



D'après la loi des mailles:

$$U = U_1 + U_2 \Rightarrow E - RI = R_1 I + R_2 I \Rightarrow$$

$$I = \frac{E}{R + R_1 + R_2} : \text{Loi de Pouillet}$$

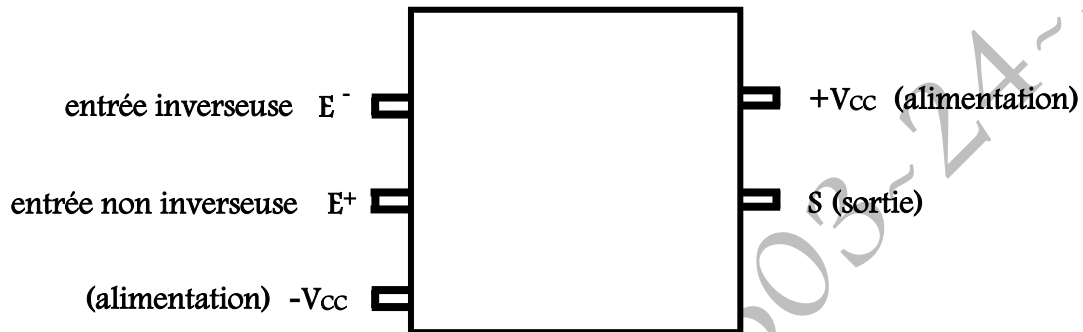
CHAPITRE P7: AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL : AMPLIFICATION D'UNE TENSION

I/ AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL :

I-1/ DESCRIPTION DE L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL :

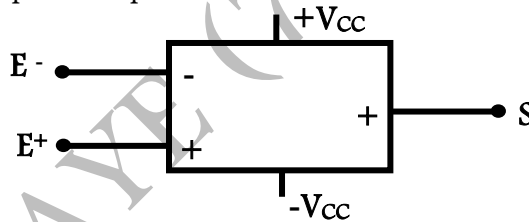
Un amplificateur opérationnel (A.O) comprend cinq bornes d'accès:

- ▶ deux entrées (une entrée non inverseuse notée E^+ et une entrée inverseuse notée E^-),
- ▶ une sortie S ,
- ▶ deux bornes d'alimentation continue ($+V_{CC}$ et $-V_{CC}$)



I-2/ REPRESENTATION SYMBOLIQUE DE L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL (A.O) :

Le symbole normalisé de l'A.O est représenté par:

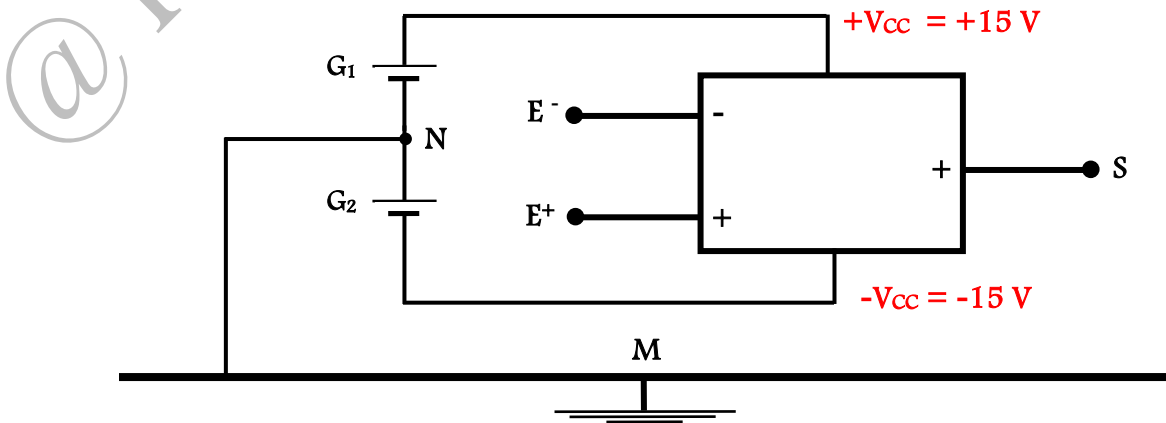


I-3/ ALIMENTATION DE L' A.O :

Alimenter ou mieux polariser un A.O, c'est lui appliquer deux tensions qui vont lui permettre de fonctionner.

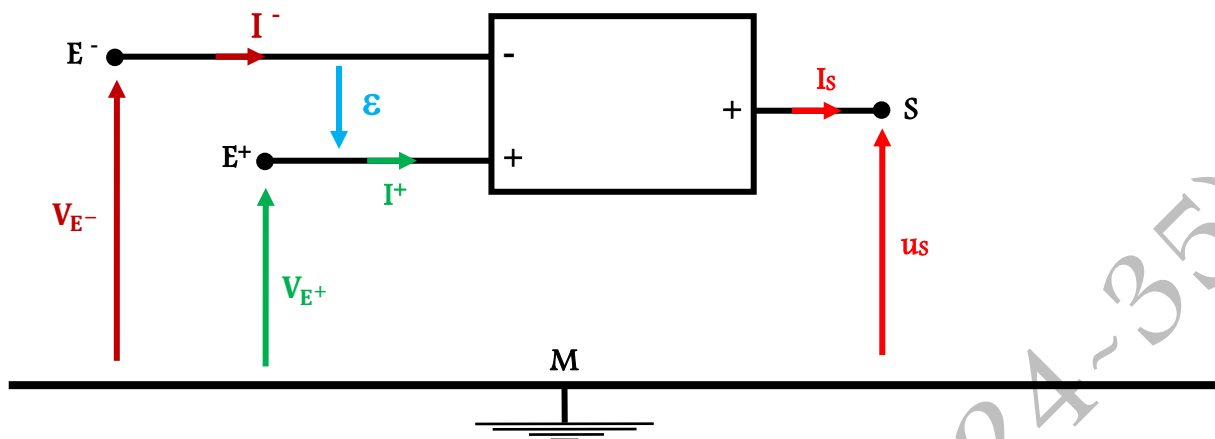
On applique à ces bornes d'alimentation $+V_{CC}$ et $-V_{CC}$ les tensions respectives $+15\text{ V}$ et -15 V par rapport à un point N relié à la masse (M).

On peut réaliser l'opération en utilisant deux générateurs G_1 et G_2 de f.é.m. égale à 15 V .



I-4/ ENTREE ET SORTIE :

Dans l'amplificateur opérationnel les tensions sont évaluées par rapport à la masse (M).

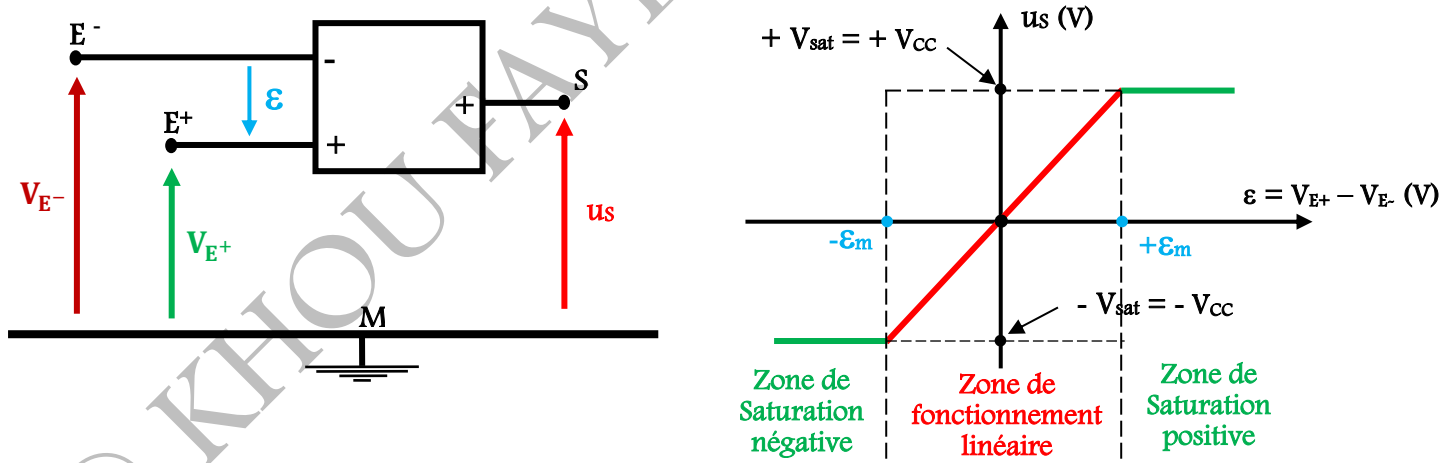


V_{E^-} représente la tension entrée inverseuse
 V_{E^+} représente la tension entrée non inverseuse
 u_S représente la tension de sortie
 $\varepsilon = V_{E^+} - V_{E^-}$ représente la tension différentielle d'entrée

I^- représente le courant d'entrée inverseuse
 I^+ représente le courant d'entrée non inverseuse
 I_S représente le courant de sortie

I-5/ CARACTERISTIQUES D'UN AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL (A.O) :

La caractéristique d'un A.O est la courbe représentative de la fonction $u_S = f(\varepsilon)$ avec $\varepsilon = V_{E^+} - V_{E^-}$



I-5-1/ EN REGIME DE FONCTIONNEMENT LINEAIRE :

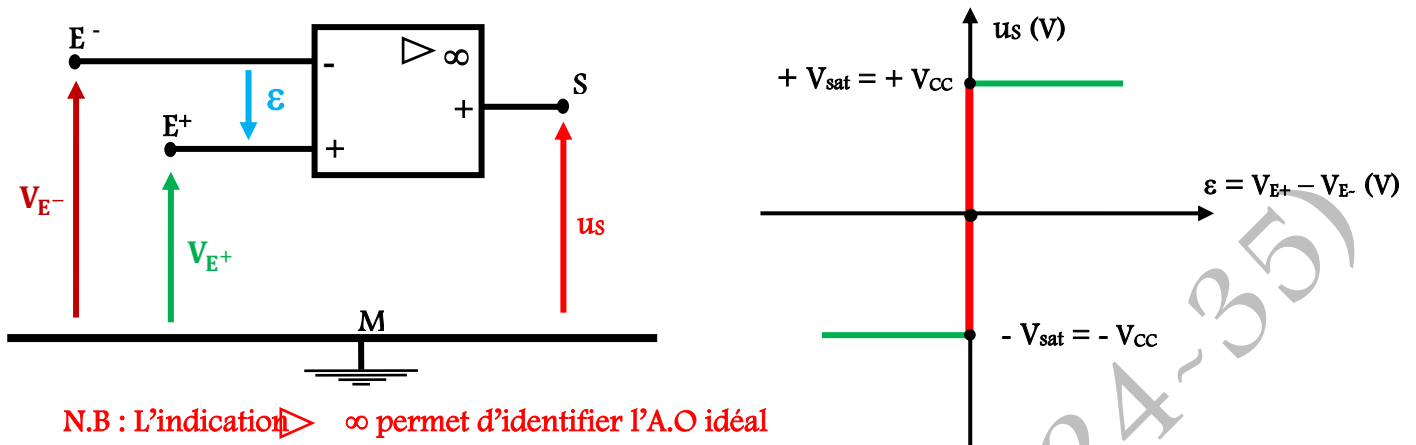
C'est lorsque : $\begin{cases} u_S = \mu \cdot \varepsilon \text{ avec } \mu = 10^5 \text{ est le coefficient directeur appelé coefficient d'amplification} \\ -V_{sat} < u_S < +V_{sat} \text{ avec } V_{sat} \text{ la tension de saturation} \\ -\varepsilon_m < \varepsilon < +\varepsilon_m \end{cases}$

I-5-2/ EN REGIME DE SATURATION :

C'est lorsque : $\begin{cases} \varepsilon > \varepsilon_m \text{ alors } u_S = +V_{sat} = 15 \text{ V} \\ \varepsilon < -\varepsilon_m \text{ alors } u_S = -V_{sat} = -15 \text{ V} \end{cases}$

I-6/ CARACTERISTIQUES DE L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL IDEAL :

Un amplificateur opérationnel est idéal lorsque le coefficient d'amplification μ est égal à l'infini ($\mu = \infty$)



I-6-1/ EN REGIME DE FONCTIONNEMENT LINEAIRE :

C'est lorsque : $\left\{ \begin{array}{l} \epsilon = 0 \text{ alors } V_{E+} = V_{E-} \\ u_s \text{ appartient à l'intervalle }] - V_{sat}, + V_{sat} [\end{array} \right.$

I-6-2/ EN REGIME DE SATURATION :

C'est lorsque : $\left\{ \begin{array}{l} \epsilon > 0 \text{ alors } u_s = + V_{sat} \\ \epsilon < 0 \text{ alors } u_s = - V_{sat} \end{array} \right.$

I-6-3/ REGLES D'OR DE L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL IDEAL :

- Si $\epsilon = V_{E+} - V_{E-} = 0 \Rightarrow V_{E+} = V_{E-}$: on est en régime de fonctionnement linéaire
- Si $\epsilon = V_{E+} - V_{E-} \neq 0 \Rightarrow V_{E+} \neq V_{E-}$: on est en régime de saturation
- Les courants d'entrée de l'A.O I^+ et I^- ont des intensités nulles : $I^+ = I^- = 0$
- Le courant de sortie I_s peut sortir de l'A.O ou y pénétrer : son intensité n'est pas nulle
- La tension de sortie u_s est en valeur absolue inférieure à la tension d'alimentation : $|u_s| < V_{sat} = 15 \text{ V}$

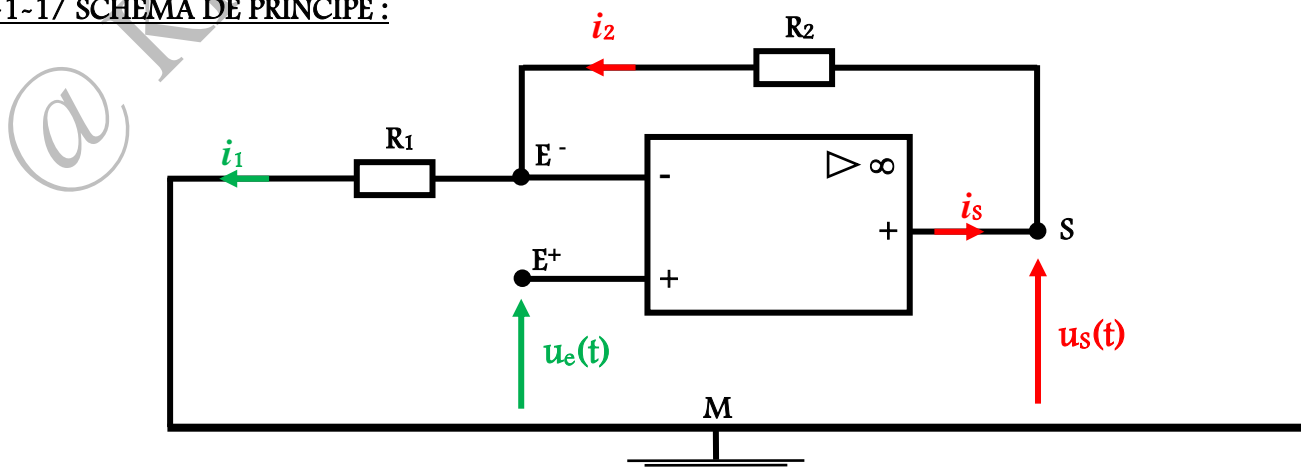
Remarque importante:

Le cas idéal important de l'A.O parfait en régime linéaire sera retenu et utilisé pour toute la suite.

II/ AMPLIFICATION D'UNE TENSION :

II-1/ MONTAGE AMPLIFICATEUR NON INVERSEUR :

II-1-1/ SCHEMA DE PRINCIPE :



Dans un montage amplificateur non inverseur:

- La tension d'entrée $u_e(t)$ est directement appliquée sur l'entrée non inverseuse E^+
- L'entrée inverseuse E^- est reliée à la masse (M) à travers une résistance R_1
- L'A.O est bouclé par une résistance R_2
- En régime linéaire $V_{E^+} = V_{E^-}$ et $I^+ = I^- = 0$

II-1-2/ LES EQUATIONS DE FONCTIONNEMENT DE L'A.O :

► Loi des noeuds au point E^- :

$$i_2 = i_1 + I^- \Rightarrow \boxed{i_2 = i_1} \text{ car } I^- = 0$$

► Loi d'ohm des résistors R_1 et R_2 :

Considérons le résistor R_1 entre les points M et E^- :

$$V_{E^-} - V_M = R_1 \times i_1 \text{ avec } \begin{cases} V_{E^+} = V_{E^-} = u_e \\ V_M = 0 \end{cases} \Rightarrow \boxed{i_1 = \frac{u_e}{R_1}}$$

Considérons le résistor R_2 entre les points S et E^- :

$$V_S - V_{E^-} = R_2 \times i_2 \text{ avec } \begin{cases} V_S = u_s \\ V_{E^-} = u_e \end{cases} \Rightarrow \boxed{i_2 = \frac{u_s - u_e}{R_2}}$$

Les équations de fonctionnement de l'A.O. sont donc :

$$\begin{cases} i_2 = i_1 & (1) \\ i_1 = \frac{u_e}{R_1} & (2) \\ i_2 = \frac{u_s - u_e}{R_2} & (3) \end{cases}$$

II-1-3/ GAIN DE L'AMPLIFICATEUR (G) :

Par définition le gain de l'amplificateur (G) est le rapport entre sa tension de sortie (u_s) sur sa tension d'entrée (u_e).

D'après les relations (2) et (3) compte tenu de (1):

$$\frac{u_e}{R_1} = \frac{u_s - u_e}{R_2} \Rightarrow$$

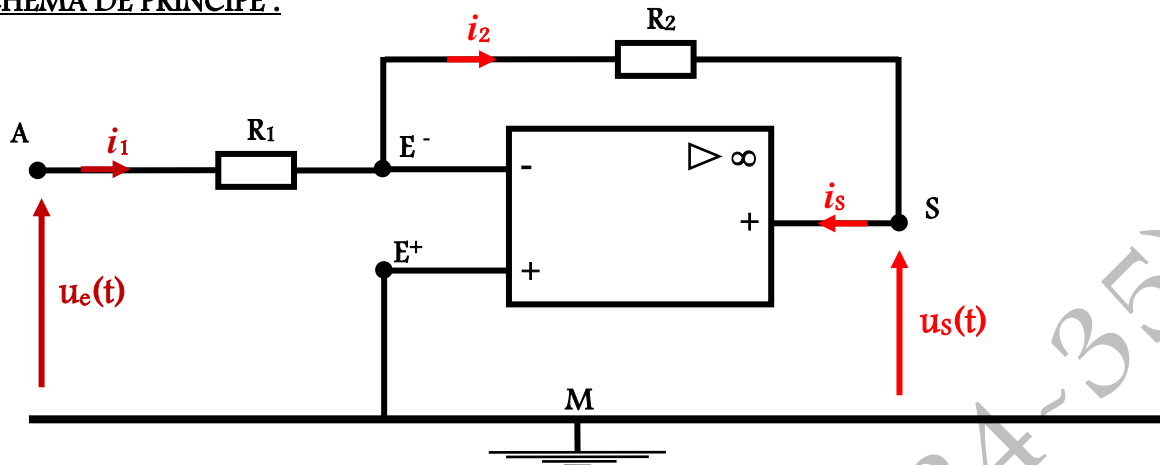
$$\boxed{u_s = u_e \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = G \cdot u_e}$$

Dans un montage amplificateur non inverseur:

- La tension d'entrée (u_e) et la tension de sortie (u_s) sont reliées par la relation $u_s = u_e \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$
- Le gain en tension de l'amplificateur est positif et supérieur à 1 $G = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

II-2/ MONTAGE AMPLIFICATEUR INVERSEUR :

II-2-1/ SCHEMA DE PRINCIPE :



Dans un montage amplificateur inverseur:

- La tension d'entrée $u_e(t)$ est appliquée sur l'entrée inverseuse E^- à travers une résistance R_1
- L'entrée non inverseuse E^+ est reliée directement à la masse (M)
- L'A.O est bouclé par une résistance R_2
- En régime linéaire $V_{E^+} = V_{E^-}$ et $I^+ = I^- = 0$

II-2-2/ LES EQUATIONS DE FONCTIONNEMENT DE L'A.O.:

► Loi des nœuds au point E^- :

$$i_1 = i_2 + I^- \Rightarrow \boxed{i_2 = i_1} \text{ car } I^- = 0$$

► Loi d'ohm des résistors R_1 et R_2 :

Considérons le résistor R_1 entre les points A et E^- :

$$V_A - V_{E^-} = R_1 \times i_1 \text{ avec } \begin{cases} V_A = u_e \\ V_{E^+} = V_{E^-} = 0 \end{cases} \Rightarrow \boxed{i_1 = \frac{u_e}{R_1}}$$

Considérons le résistor R_2 entre les points S et E^- :

$$V_{E^-} - V_S = R_2 \times i_2 \text{ avec } \begin{cases} V_S = u_s \\ V_{E^-} = 0 \end{cases} \Rightarrow \boxed{i_2 = -\frac{u_s}{R_2}}$$

Les équations de fonctionnement de l'A.O. sont donc :

$$\begin{cases} i_1 = i_2 & (1) \\ i_1 = \frac{u_e}{R_1} & (2) \\ i_2 = -\frac{u_s}{R_2} & (3) \end{cases}$$

II-2-3/ GAIN DE L'AMPLIFICATEUR (G) :

D'après les relations (2) et (3) compte tenu de (1):

$$\frac{u_e}{R_1} = - \frac{u_s}{R_2} \Rightarrow$$

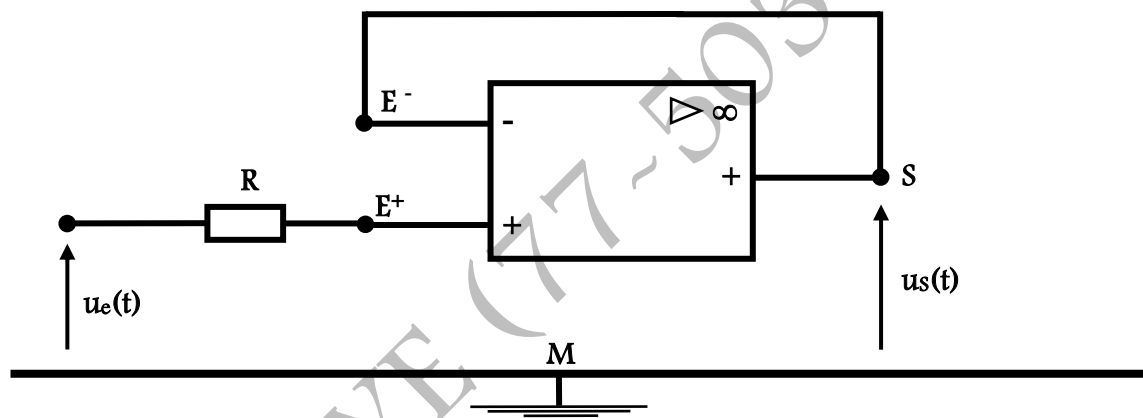
$$u_s = - \frac{R_2}{R_1} u_e = G \cdot u_e$$

Dans un montage amplificateur inverseur:

- La tension d'entrée (u_e) et la tension de sortie (u_s) sont reliées par la relation $u_s = -u_e \frac{R_2}{R_1}$
- Le gain de l'amplificateur est négatif $G = -\frac{R_2}{R_1}$

II-3/ MONTAGE SUIVEUR :

II-3-1/ SCHEMA DE PRINCIPE :



Dans un montage suiveur:

- La tension d'entrée (u_e) est appliquée sur l'entrée non inverseuse E^+ à travers une résistance R (de protection)
- L'A.O. est bouclé par un court-circuit ($R_1 = \infty$ et $R_2 = 0$)
- La tension de sortie (u_s) est toujours égale à la tension d'entrée (u_e) $u_s = u_e$
- Le gain en tension de l'amplificateur est égal à 1 $G = 1$

CHAPITRE P8: GENERALITES SUR LE MOUVEMENT~VITESSE

I/ GENERALITES SUR LE MOUVEMENT :

I-1/ NOTION DE MOUVEMENT :

Un corps est en mouvement lorsqu'il change de position au cours du temps par rapport à d'autres corps appelés **corps de référence** ou **référentiel**.

Exemple: le professeur qui explique son cours, en marchant est en mouvement par rapport à ses élèves assis.

I-2/ CARACTERE RELATIF DU MOUVEMENT :

Un voyageur assis dans une voiture qui se déplace est:

- ▶ Immobile par rapport aux autres voyageurs assis
- ▶ En mouvement par rapports aux piétons et aux arbres.

Le mouvement d'un corps a un caractère relatif, car il dépend au choix d'un corps ou d'un ensemble de corps appelé référentiel

II/ REFERENTIEL ET REPERES :

II-1/ REFERENTIEL :

II-1-1/ DEFINITION :

Un référentiel est un solide ou un ensemble de solide par rapport (s) au (x) quel (s) on étudie le mouvement.

II-1-2/ EXEMPLES DE REFERENTIELS :

- ▶ **Référentiel terrestre ou du laboratoire:** il est utilisé pour étudier le mouvement des objets sur la terre.
- ▶ **Référentiel géocentrique:** il est utilisé pour étudier le mouvement de rotation de la terre sur elle-même, ou le mouvement des satellites autour de la terre.
- ▶ **Référentiel de Copernic (Héliocentrique):** il est utilisé pour étudier le mouvement des corps autour du soleil.

II-2/ REPERES :

Pour faire la description complète du mouvement d'un corps ; il faut en plus du référentiel, définir un repère d'espace et un repère de temps.

II-2-1/ REPERE DE TEMPS :

Le choix d'un repère de temps se ramène au choix d'une origine des dates, appelée instant initial (t_0) et au choix d'une unité de temps.

Dans le système international le temps s'exprime en seconde (s).

REMARQUE:

La position d'un mobile en mouvement coïncide avec une date t bien définie. La date t est une grandeur algébrique, elle est obtenue à partir de l'intervalle de temps séparant un événement de l'instant initial.

- ▶ t est négative si l'instant considéré est antérieur à l'instant initial.
- ▶ t est positive si l'instant considéré est postérieur à l'instant initial.
- ▶ La durée Δt est l'intervalle de temps séparant deux dates t_f et t_i . Elle est toujours positive: $\Delta t = t_f - t_i$

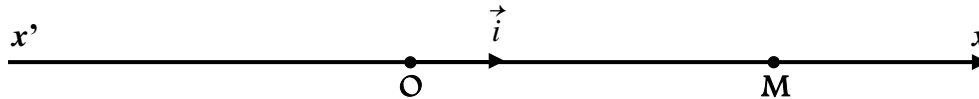
II-2-2/ REPERE D'ESPACE :

Un repère d'espace est l'association

- ▶ D'un point O fixé au référentiel, appelé origine ;
- ▶ D'un système d'axes.

II-2-2-1/ REPERAGE SUR UNE DROITE :

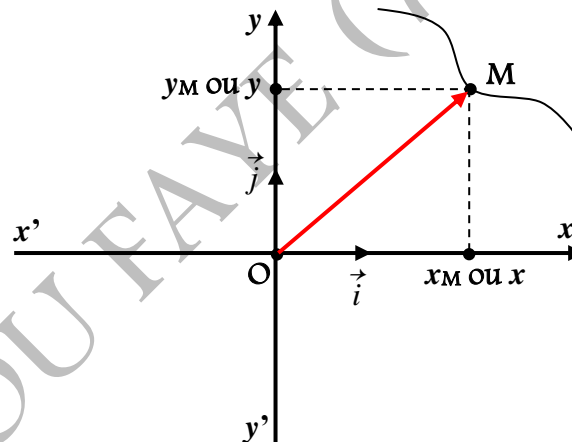
Il est utilisé lorsque le mobile se déplace sur une droite.



- ▶ $\overrightarrow{OM} = x \vec{i}$: vecteur position du mobile M
- ▶ x : abscisse du mobile
- ▶ O : origine du repère
- ▶ \vec{i} : vecteur unitaire. $\|\vec{i}\| = 1$
- ▶ $\|\overrightarrow{OM}\| = |x|$: norme du vecteur position du mobile M

II-2-2-2/ REPERAGE DANS UN PLAN :

Il est utilisé lorsque le mobile se déplace sur un plan.

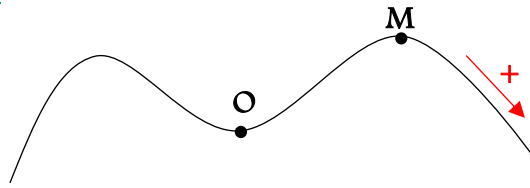


- ▶ $\overrightarrow{OM} = x \vec{i} + y \vec{j}$: vecteur position du mobile M
- ▶ x : abscisse du mobile
- ▶ y : ordonnée du mobile
- ▶ $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$: repère orthonormé à deux dimensions
- ▶ $\|\overrightarrow{OM}\| = \sqrt{x^2 + y^2}$: norme du vecteur position du mobile M

II-2-2-3/ REPERAGE SUR UNE COURBE :

Lorsque le mobile se déplace sur une courbe sa position peut être repérée par son **abscisse curviligne (s)** ou son **abscisse angulaire (θ)**.

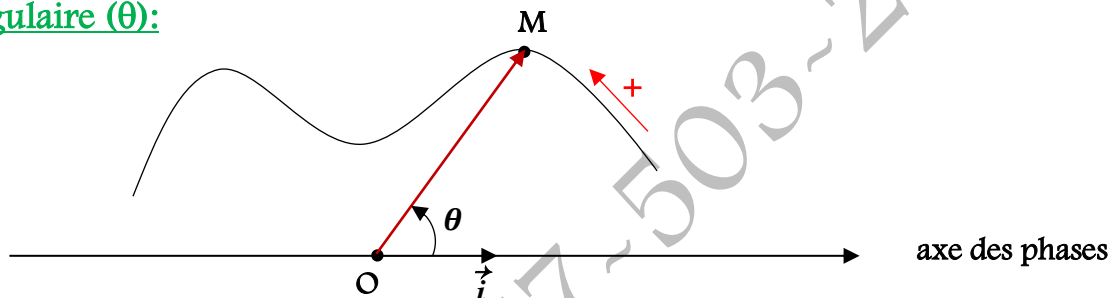
► **Abscisse curviligne (s):**



► **O : origine des abscisses curvilignes**

► **$s = \widehat{OM}$: abscisse curviligne**

► **Abscisse angulaire (θ):**

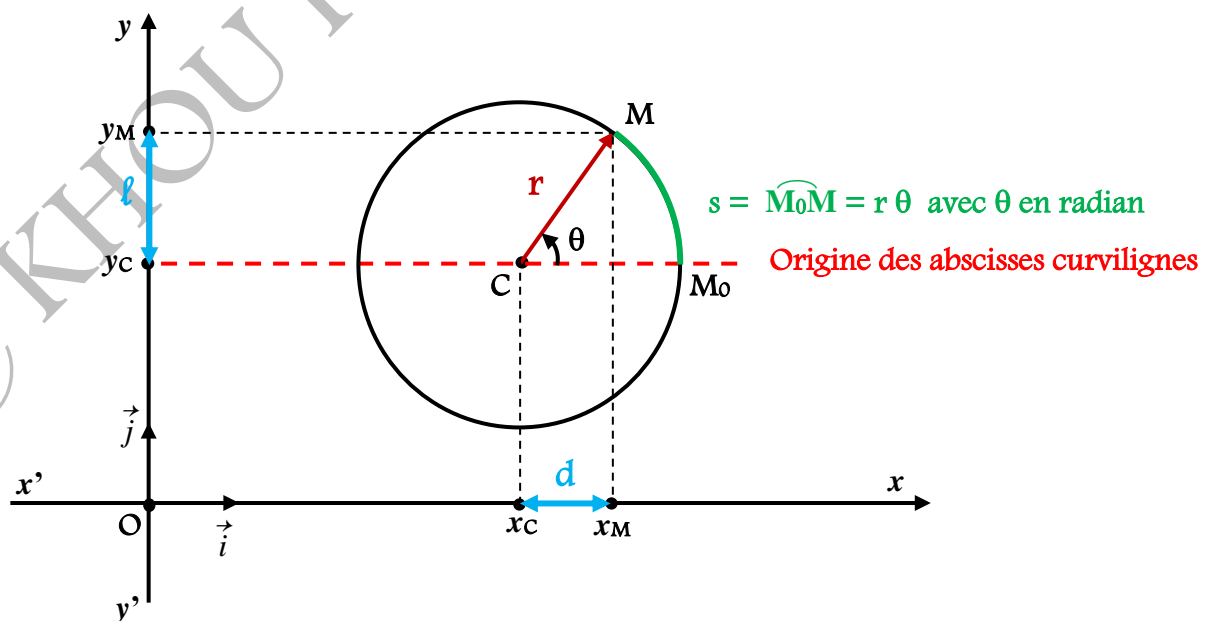


► **$r = OM$: rayon polaire**

► **$\theta = (\vec{i}, \vec{OM})$**

REMARQUE: CAS PARTICULIER DU CERCLE

Lorsque le mobile se déplace sur un cercle sa position peut être repérée par **ses coordonnées cartésiennes (x_M et y_M)** ou par son **abscisse curviligne (s)** ou encore par ses **coordonnées polaires (r et θ)**.



$$\begin{cases} x_M = x_C + d \\ y_M = y_C + \ell \end{cases} \text{ avec } \begin{cases} d = r \cos \theta \\ \ell = r \sin \theta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_M = x_C + r \cos \theta \\ y_M = y_C + r \sin \theta \end{cases}$$

II-2-3/ EQUATION HORAIRE :

On appelle équation horaire toute relation mathématique liant l'une des coordonnées du mobile au temps.

Exemples:

$$x(t) = 2t + 4 \quad ; \quad y(t) = t^2 - 2t + 1 \quad ; \quad s(t) = 2t - 5 \quad ; \quad \theta(t) = \frac{\pi}{2}t - \frac{\pi}{6}$$

II-3/ TRAJECTOIRE D'UN MOBILE :

II-3-1/ DEFINITION :

La trajectoire d'un point mobile est l'ensemble des positions occupées successivement par ce point mobile au cours du temps.

II-3-2/ EQUATION DE LA TRAJECTOIRE :

Pour obtenir l'équation de la trajectoire, on élimine le temps t dans les équations horaires.

Dans le cas où l'équation de la trajectoire est de la forme:

- ▶ $y = ax + b$: on a une droite
- ▶ $(x - x_C)^2 + (y - y_C)^2 = r^2$: on a un cercle de centre $C \begin{pmatrix} x_C \\ y_C \end{pmatrix}$ et de rayon r .
- ▶ $y = ax^2 + bx + c$: on a une parabole

II-3-3/ CARACTERE RELATIF DE LA TRAJECTOIRE :

La trajectoire dépend du référentiel choisi.

Exemple: mouvement d'un point P d'une roue



Par rapport au cycliste
P décrit un cercle



Par rapport à la route P
décrit un cycloïde

III/ VITESSE :

III-1/ NOTION DE VITESSE :

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.

III-2/ VITESSE MOYENNE :

La vitesse moyenne d'un mobile (V_m) est définie comme étant le rapport de la distance parcourue (d) sur la durée du parcours (Δt).

$$V_m = \frac{d}{\Delta t} \quad \left\{ \begin{array}{l} V \text{ en m.s}^{-1} \\ d \text{ en m} \\ \Delta t \text{ en s} \end{array} \right.$$

N.B: la vitesse moyenne est définie toujours entre deux instants.

► En coordonnées cartésiennes :

Dans un repère $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$, la distance entre les points $M_1 \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}$ et $M_2 \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix}$ est:

$$d = M_1M_2 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

► En coordonnées curvilignes :

$$d = \widehat{M_1M_2} = s_2 - s_1 = r \theta_2 - r \theta_1 \text{ avec } \theta \text{ en radian}$$

III-3/ VITESSE INSTANTANEE :

III-3-1/ DEFINITION :

La vitesse instantanée est une grandeur définie à chaque instant pour un point en mouvement.

Il s'agit par exemple de la valeur affichée en permanence par le compteur de vitesse d'une voiture (tachymètre).

III-3-2/ DETERMINATION PRATIQUE :

Pour déterminer la vitesse instantanée d'un mobile on enregistre les différentes positions prises par le mobile pendant des intervalles de temps successifs et égaux à une durée notée τ (taux).

III-3-2-1/ CAS D'UN MOUVEMENT RECTILIGNE :

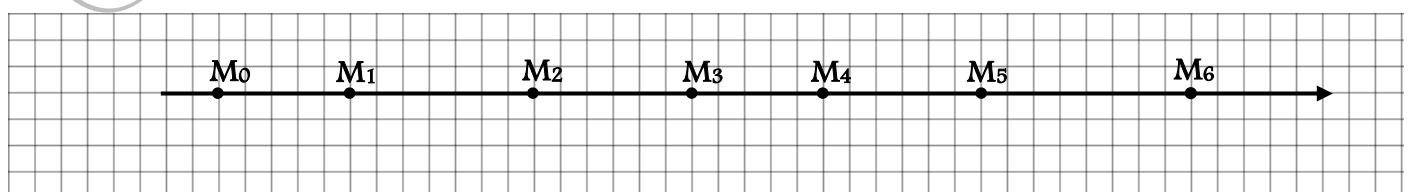
Un mouvement est rectiligne lorsque les différentes positions prises par le mobile forment une droite.

A une date (t_i) quelconque:

$$V(t_i) = \frac{M_{(i-1)}M_{(i+1)}}{2\tau} ; \text{ avec } i = 1, 2, 3, \dots$$

Exemple: $\tau = 20 \text{ ms}$

Dates (t)	0	τ	2τ	3τ	4τ	5τ	6τ
Positions (M)	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6



► $V(t_1) = V_1 = \frac{M_0M_2}{2\tau}$ AN/ $V_1 = 1,5 \text{ m.s}^{-1}$

► $V(t_5) = V_5 = \frac{M_4M_6}{2\tau}$ AN/ $V_5 = 1,75 \text{ m.s}^{-1}$

III-3-2-2/ CAS D'UN MOUVEMENT CURVILIGNE :

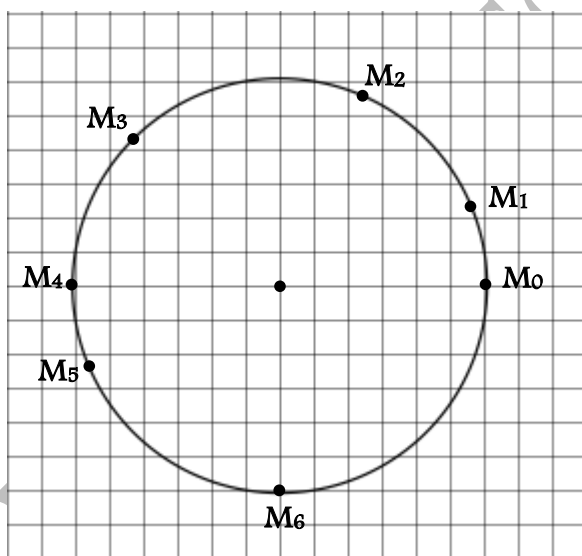
Un mouvement est curviligne lorsque les différentes positions prises par le mobile forment une courbe.

A une date (t_i) quelconque:

$$V(t_i) = \frac{\widehat{M_{(i-1)}M_{(i+1)}}}{2\tau} ; \text{ avec } i = 1, 2, 3, \dots$$

Exemple: $\tau = 20 \text{ ms}$

Dates (t)	0	τ	2τ	3τ	4τ	5τ	6τ
Positions (M)	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6



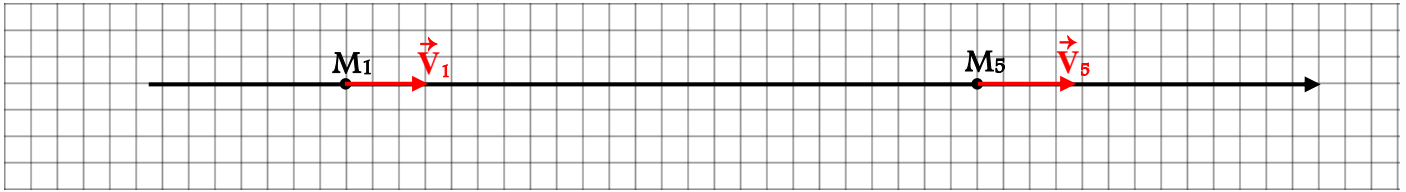
► $V(t_1) = V_1 = \frac{M_0M_2}{2\tau}$ AN/ $V_1 = 0,88 \text{ m.s}^{-1}$

► $V(t_5) = V_5 = \frac{M_4M_6}{2\tau}$ AN/ $V_5 = 1,18 \text{ m.s}^{-1}$

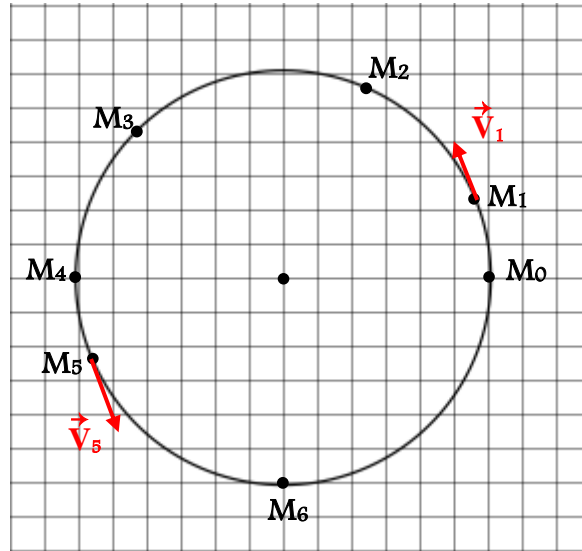
III-3-3/ CARACTERISTIQUES DU VECTEUR VITESSE INSTANTANEE :

- **Point d'application:** le point considéré de la trajectoire
- **Direction:** suivant la tangente à la trajectoire au point considéré
- **Sens:** celui du mouvement
- **Norme:** valeur numérique de la vitesse instantanée à l'instant considéré

III-3-3-1/ CAS D'UN MOUVEMENT RECTILIGNE :



III-3-3-2/ CAS D'UN MOUVEMENT CURVILIGNE :



IV/ ETUDES DE QUELQUES MOUVEMENTS :

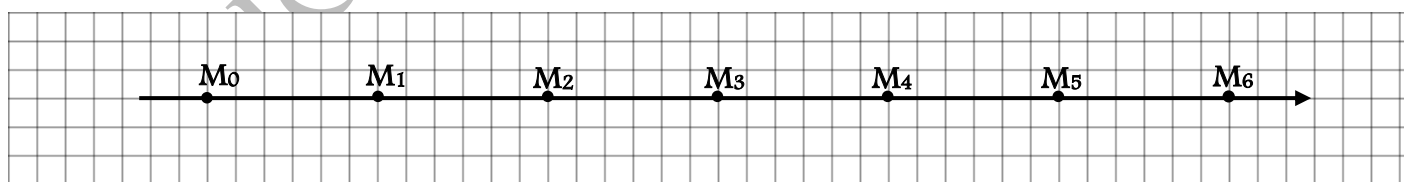
IV-1/ MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORME (M.R.U) :

IV-1-1/ DEFINITION :

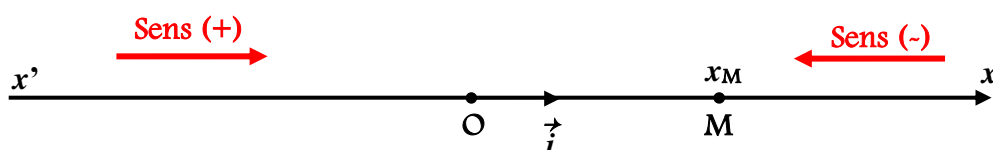
Un mobile est animé d'un mouvement rectiligne uniforme si sa trajectoire est une droite et son vecteur vitesse instantanée constante au cours du mouvement.

Autrement dit le mobile parcourt les mêmes distances pendant les mêmes intervalles de temps égaux à une durée τ .

L'enregistrement d'un tel mouvement est de la forme:



IV-1-2/ EQUATION HORAIRE :



$$x_M(t) = \bar{V}(t - t_0) + x_0$$

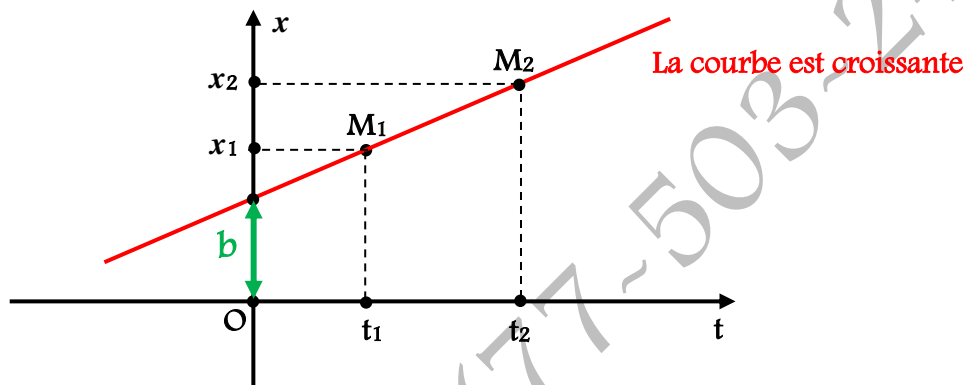
- ▶ x_M : position du mobile M à l'instant t
- ▶ x_0 : position du mobile M à l'instant t_0
- ▶ \overline{V} : valeur algébrique de la vitesse

* Si le mobile se déplace dans le sens positif alors $\overline{V} = V$

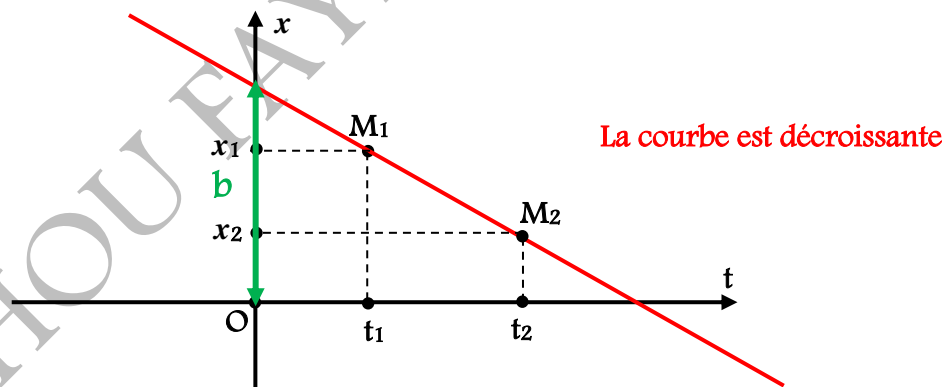
* Si le mobile se déplace dans le sens négatif alors $\overline{V} = -V$

IV-1-3/ REPRESENTATION GRAPHIQUE DE $x = f(t)$:

▶ Cas où le mobile se déplace dans le sens positif:



▶ Cas où le mobile se déplace dans le sens négatif :



Dans les deux cas on a une droite d'équation:

$$x = at + b$$

▶ $a = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \overline{V}$: coefficient directeur ou pente de la droite

▶ b : ordonnée à l'origine

IV-2/ MOUVEMENT RECTILIGNE UNIFORMEMENT VARIE (M.R.U.V) :

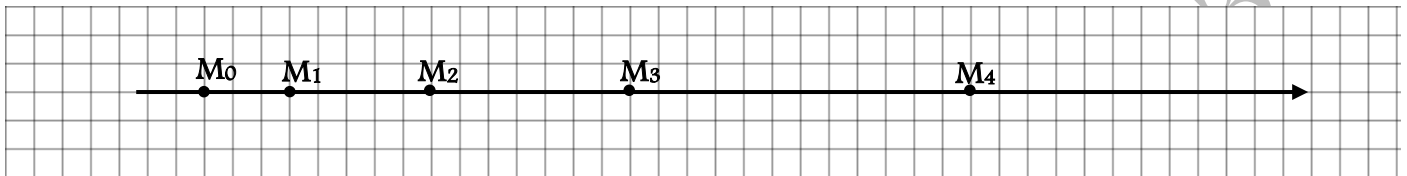
IV-2-1/ DEFINITION :

Un mobile est animé d'un mouvement rectiligne uniformément varié si sa trajectoire est une droite et la norme de son vecteur vitesse instantanée varie au cours du mouvement.

Autrement dit le mobile parcourt les distances inégales pendant les mêmes intervalles de temps égaux à une durée τ .

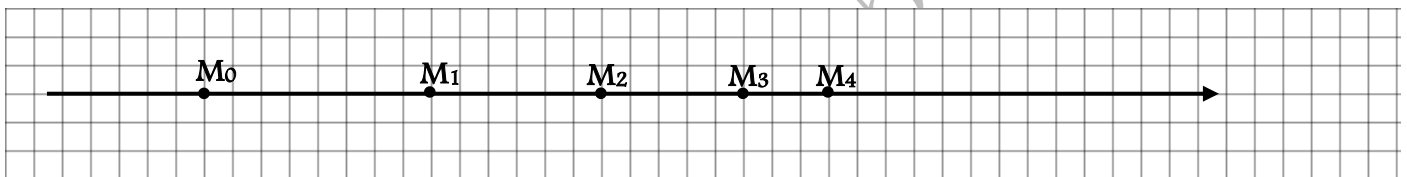
► Dans le cas où la norme du vecteur vitesse instantanée augmente au cours du temps: **on dit que le mouvement est rectiligne uniformément accéléré.**

L'enregistrement d'un tel mouvement est de la forme:

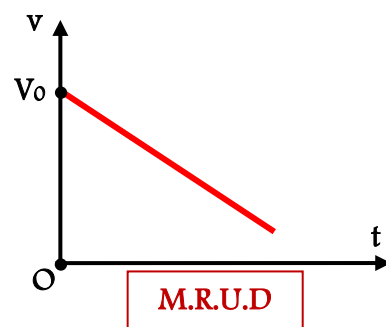
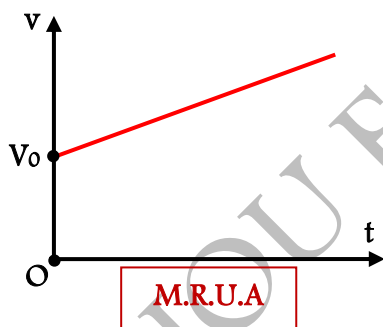


► Dans le cas où la norme du vecteur vitesse instantanée diminue au cours du temps: **on dit que le mouvement est rectiligne uniformément décéléré ou retardé.**

L'enregistrement d'un tel mouvement est de la forme:



IV-2-2/ REPRESENTATION GRAPHIQUE DE $v = f(t)$:



Dans les deux cas on a une droite d'équation:

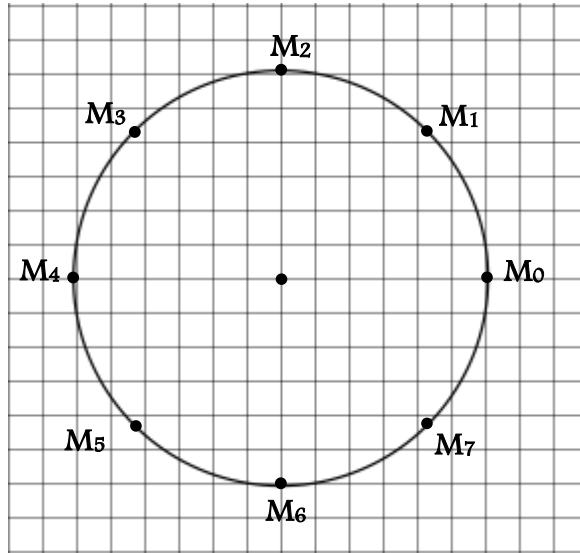
$$V = at + b$$

IV-3/ MOUVEMENT CIRCULAIRE UNIFORME (M.C.U):

IV-3-1/ DEFINITION:

Un mobile est animé d'un mouvement circulaire uniforme si sa trajectoire est un cercle et si la norme de son vecteur vitesse instantanée est constante.

L'enregistrement d'un tel mouvement est de la forme:



IV-3-2/ VITESSE ANGULAIRE (ω) :

C'est l'angle balayé (θ) par le mobile pendant l'unité de temps (t).

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad \left\{ \begin{array}{l} \omega \text{ en rad.s}^{-1} \\ \theta \text{ en rad} \\ t \text{ en s} \end{array} \right.$$

IV-3-3/ RELATION ENTRE VITESSE ANGULAIRE (ω) ET VITESSE LINEAIRE (V) :

$$V = R\omega \Rightarrow \omega = \frac{V}{R}$$

IV-3-4/ PERIODE DU MOUVEMENT CIRCULAIRE :

Un phénomène périodique est un phénomène qui se répète pendant des intervalles de temps successifs et égaux à une durée appelée période notée T .

Le mouvement circulaire uniforme est périodique.

On appelle période la durée effectuée par un mobile pour faire un tour de cercle c'est-à-dire pour parcourir le périmètre ($d = 2\pi R$). Elle s'exprime en seconde (s).

$$V = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} d = 2\pi R \\ \Delta t = T \end{array} \right.$$

$$V = \frac{2\pi R}{T} \quad \text{avec} \quad V = R\omega \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

IV-3-5/ FREQUENCE (N OU f) :

C'est le nombre de tours effectué en une seconde. On l'appelle aussi l'inverse de la période. Elle s'exprime en Hertz (Hz).

$$N = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{V}{2\pi R}$$

IV-3-6/ EQUATIONS HORAIRES :

IV-3-6-1/ EQUATION HORAIRE LIEE A L'ABSCISSE CURVILIGNE :

$$s(t) = V(t - t_0) + s_0 \quad \left\{ \begin{array}{l} s \text{ (abscisse curviligne à l'instant } t) \\ s_0 \text{ (abscisse curviligne à l'instant } t_0) \\ V \text{ (vitesse linéaire)} \end{array} \right.$$

IV-3-6-2/ EQUATION HORAIRE LIEE A L'ABSCISSE ANGULAIRE :

On sait que: $s(t) = V(t - t_0) + s_0$

En divisant l'égalité par R on a: $\frac{s(t)}{R} = \frac{V}{R} (t - t_0) + \frac{s_0}{R} \Rightarrow$

$$\theta(t) = \omega(t - t_0) + \theta_0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \theta \text{ (abscisse angulaire à l'instant } t) \\ \theta_0 \text{ (abscisse angulaire à l'instant } t_0) \\ \omega \text{ (vitesse angulaire)} \end{array} \right.$$

V/ MOUVEMENT DE TRANSLATION ET MOUVEMENT DE ROTATION :

II-4-1/ MOUVEMENT DE TRANSLATION :

Un mobile est animé d'un mouvement de translation si à chaque instant tous ces points ont la même vitesse linéaire (V).

II-4-1/ MOUVEMENT DE ROTATION :

Un mobile est animé d'un mouvement de rotation si à chaque instant tous ces points ont la même vitesse angulaire (ω).

CHAPITRE P9: GENERALITES SUR LES FORCES

I/ INTERACTION ENTRE OBJETS :

I-1/ DEFINITION :

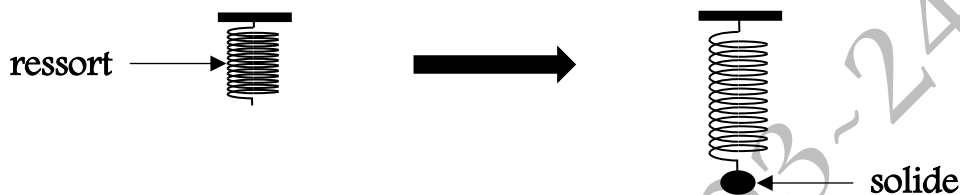
Deux objets sont en interaction lorsqu'ils exercent simultanément une action l'un sur l'autre.

On distingue deux types d'interaction: des interactions de contact et des interactions à distance.

I-2/ INTERACTIONS DE CONTACT :

I-2-1/ MISE EVIDENCE :

Accrochons à l'extrémité libre d'un ressort un solide.



I-2-2/ OBSERVATION :

On constate que le ressort en contact avec le solide se déforme donc le solide exerce une **action de contact** sur le ressort: **on parle d'interaction de contact.**

I-3/ INTERACTIONS A DISTANCE :

I-3-1/ MISE EVIDENCE :

Approchons un aimant d'une bille en acier immobile sur un plan horizontal



I-3-2/ OBSERVATION :

On constate que la bille vient se coller à l'aimant donc l'aimant exerce **une action à distance** sur la bille: **on parle d'interaction à distance.**

II/ LA FORCE :

II-1/ DEFINITION :

La force est l'action que subit un objet en interaction avec un autre.

II-2/ LES EFFETS D'UNE FORCE:

II-2-1/ EFFET DYNAMIQUE OU EFFET DE MOUVEMENT:

C'est lorsque la force a tendance à produire un mouvement ou à modifier un mouvement.

Exemples:

- ▶ Une chaise tirée à la main
- ▶ Un ballon lancé peut être dévié à la tête ou du pied.

II-2-2/ EFFET STATIQUE OU EFFET DE DEFORMATION:

C'est lorsque la force a tendance à déformer le corps qui subit cette force.

Exemples:

- ▶ Suspension d'un solide à l'extrémité libre d'un ressort.
- ▶ Lorsqu'on presse une éponge à la main.

II-3/ CARACTERISTIQUES D'UNE FORCE:

Une force est une grandeur vectorielle c'est-à-dire représentée par un vecteur qu'on caractérise par:

- ▶ **Son point d'application:** c'est le point où agit la force
- ▶ **Sa direction ou droite d'action:** c'est la droite suivant laquelle agit la force
- ▶ **Son sens:** celui du mouvement que la force tend à produire
- ▶ **Son intensité ou sa norme:** valeur numérique de la force

II-4/ MESURE DE L'INTENSITE D'UNE FORCE:

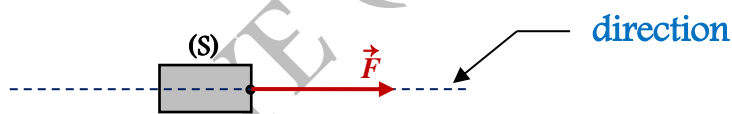
La force est une grandeur physique mesurable à l'aide d'un appareil appelé **dynamomètre**.

Dans le système international l'intensité d'une force s'exprime en **Newton (N)**.

II-5/ REPRESENTATION VECTORIELLE D'UNE FORCE:

Représenter la force \vec{F} qui s'exerce horizontalement sur le solide (S) au point A vers la droite et d'intensité $F = 4 \text{ N}$.

Echelle: $1 \text{ cm} \rightarrow 2 \text{ N}$

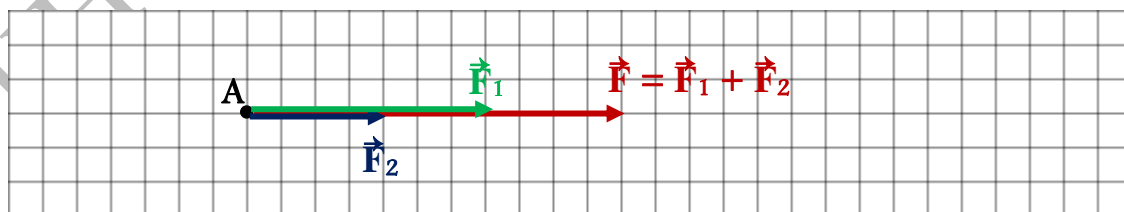


II-6/ SOMME ET DECOMPOSITION DE FORCES:

II-6-1/ SOMME DE FORCES:

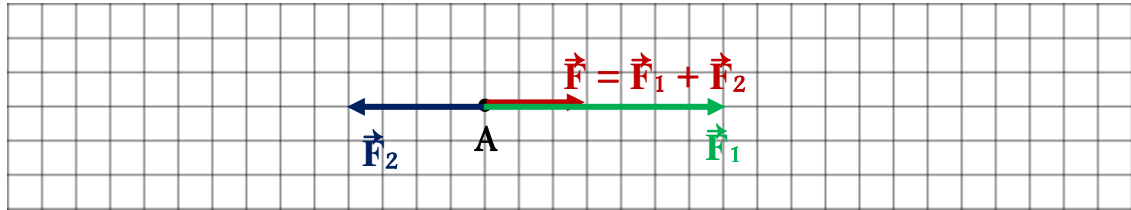
II-6-1-1/ CAS DE DEUX FORCES \vec{F}_1 ET \vec{F}_2 TEL QUE $F_1 > F_2$:

II-6-1-1-1/ CAS OU \vec{F}_1 ET \vec{F}_2 ONT LA MEME DIRECTION ET MEME SENS ($\vec{F}_1 ; \vec{F}_2$) = 0° :



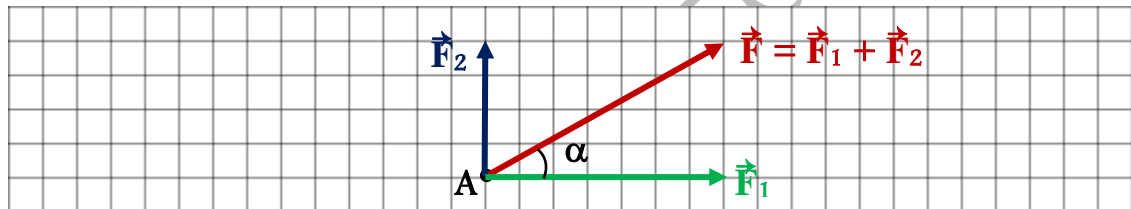
- ▶ **Point d'application:** le point A
- ▶ **Direction ou droite d'action:** même direction que \vec{F}_1 et \vec{F}_2
- ▶ **Sens:** même sens que \vec{F}_1 et \vec{F}_2
- ▶ **Intensité ou norme:** $F = F_1 + F_2$

II-6-1-1-2/ CAS OU \vec{F}_1 ET \vec{F}_2 ONT LA MEME DIRECTION MAIS DES SENS OPPOSES ($\vec{F}_1; \vec{F}_2$) = 180°:



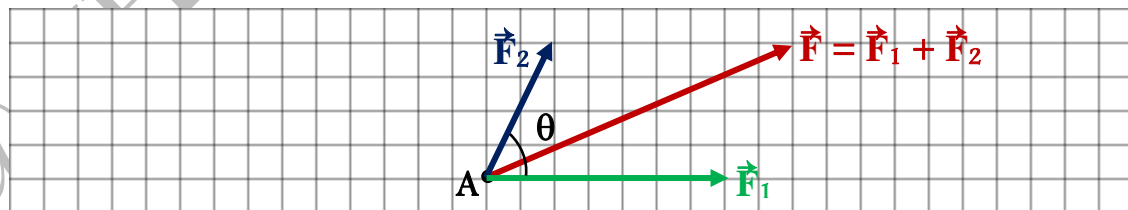
- ▶ **Point d'application:** le point A
- ▶ **Direction ou droite d'action:** même direction que \vec{F}_1 et \vec{F}_2
- ▶ **Sens:** même sens que \vec{F}_1
- ▶ **Intensité ou norme:** $F = F_1 - F_2$

II-6-1-1-3/ CAS OU \vec{F}_1 ET \vec{F}_2 FORMENT UN ANGLE DROIT ($\vec{F}_1; \vec{F}_2$) = 90°:



- ▶ **Point d'application:** le point A
- ▶ **Direction ou droite d'action:** faisant un angle $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{F_2}{F_1}\right)$ par rapport à \vec{F}_1
- ▶ **Sens:** du haut vers la droite
- ▶ **Intensité ou norme:** $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

II-6-1-1-4/ CAS OU \vec{F}_1 ET \vec{F}_2 FORMENT UN ANGLE θ QUELCONQUE :



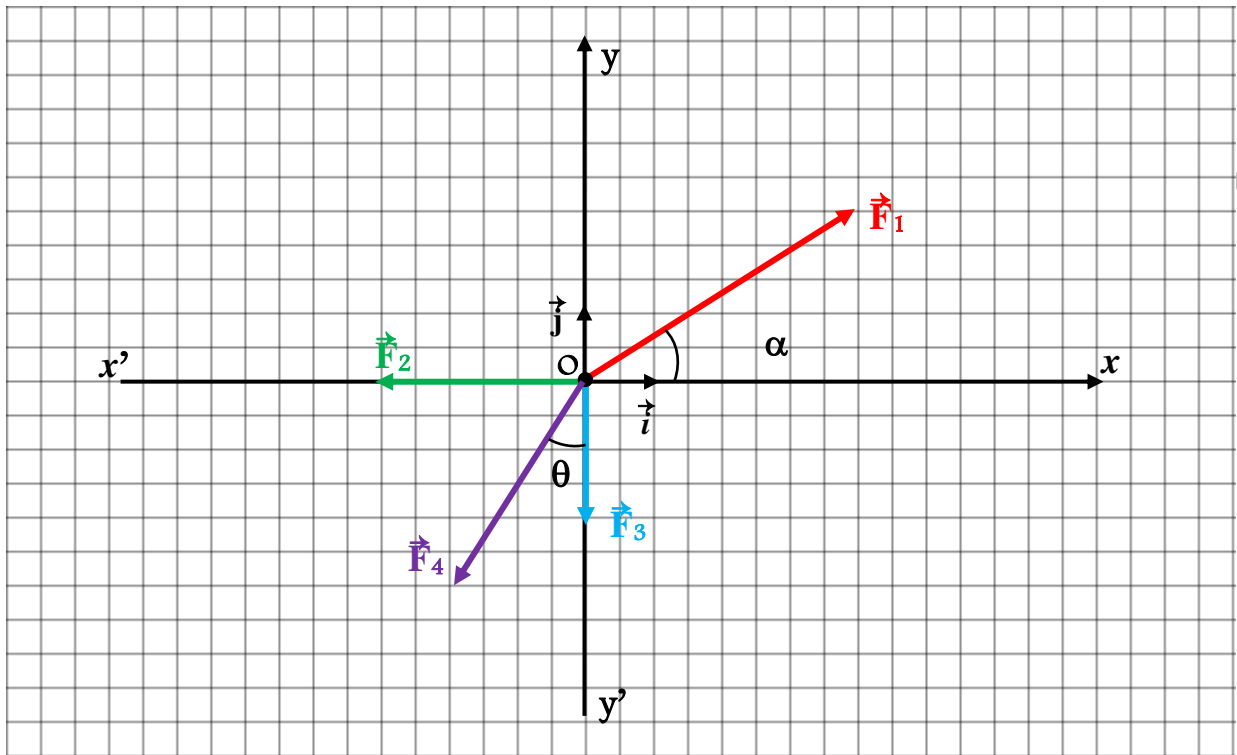
$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 \cdot F_2 \cos \theta}$$

N.B:

Dans le cas de plusieurs forces on fait la somme des forces deux à deux jusqu'à obtenir la résultante.

II-6-2/ DECOMPOSITION DE FORCES :

Décomposer une force revient à déterminer ces coordonnées dans un repère orthonormé.



Pour \vec{F}_1 :

$$\vec{F}_1 = F_{1x}\vec{i} + F_{1y}\vec{j} \text{ avec } \begin{cases} F_{1x} = F_1 \cos \alpha \\ F_{1y} = F_1 \sin \alpha \end{cases}$$

$$\vec{F}_1 = (F_1 \cos \alpha) \vec{i} + (F_1 \sin \alpha) \vec{j}$$

ou

$$\vec{F}_1 = \begin{cases} F_{1x} = F_1 \cos \alpha \\ F_{1y} = F_1 \sin \alpha \end{cases}$$

Pour \vec{F}_2 :

$$\vec{F}_2 = F_{2x}\vec{i} + F_{2y}\vec{j} \text{ avec } \begin{cases} F_{2x} = -F_2 \\ F_{2y} = 0 \end{cases}$$

$$\vec{F}_2 = -F_2 \vec{i}$$

ou

$$\vec{F}_2 = \begin{cases} F_{2x} = -F_2 \\ F_{2y} = 0 \end{cases}$$

Pour \vec{F}_3 :

$$\vec{F}_3 = F_{3x}\vec{i} + F_{3y}\vec{j} \text{ avec } \begin{cases} F_{3x} = 0 \\ F_{3y} = -F_3 \end{cases}$$

$$\vec{F}_3 = -F_3 \vec{j}$$

ou

$$\vec{F}_3 = \begin{cases} F_{3x} = 0 \\ F_{3y} = -F_3 \end{cases}$$

Pour \vec{F}_4 :

$$\vec{F}_4 = F_{4x}\vec{i} + F_{4y}\vec{j} \text{ avec } \begin{cases} F_{4x} = -F_4 \sin \theta \\ F_{4y} = -F_4 \cos \theta \end{cases}$$

$$\vec{F}_4 = (-F_4 \cos \theta) \vec{i} + (-F_4 \sin \theta) \vec{j} \quad \text{ou} \quad \vec{F}_4 = \begin{cases} F_{4x} = -F_4 \sin \theta \\ F_{4y} = -F_4 \cos \theta \end{cases}$$

REMARQUE :

La norme de chaque force \vec{F}_i est définie par :

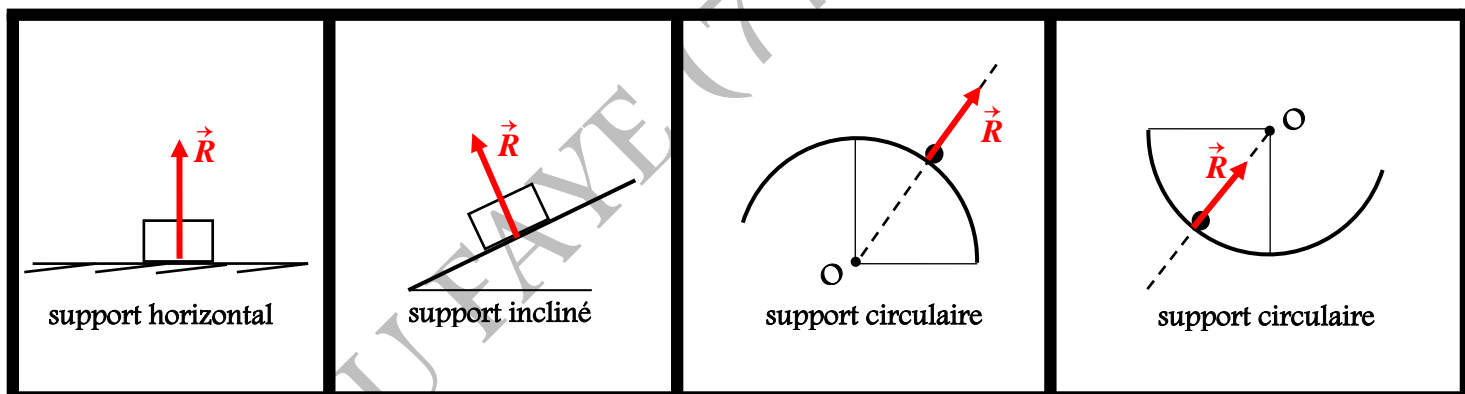
$$F_i = \sqrt{F_{ix}^2 + F_{iy}^2}$$

II-7/ EXEMPLES DE FORCES :

II-7-1/ REACTION D'UN SUPPORT (\vec{R}) :

C'est l'action exercée par un support sur les objets en contacts avec lui.

II-7-1-1/ CAS OU LE CONTACT SE FAIT SANS FROTTEMENT :



\vec{R} $\left\{ \begin{array}{l} \text{point d'application : milieu de la surface de contact} \\ \text{direction : perpendiculaire au support} \\ \text{sens : du support vers le solide} \\ \text{intensité : valeur numérique de la réaction} \end{array} \right.$

II-7-1-1/ CAS OU LE CONTACT SE FAIT AVEC FROTTEMENT :

Dans ce cas la réaction n'est plus perpendiculaire au support mais inclinée d'un angle α .

La réaction du support \vec{R} aura deux composantes :

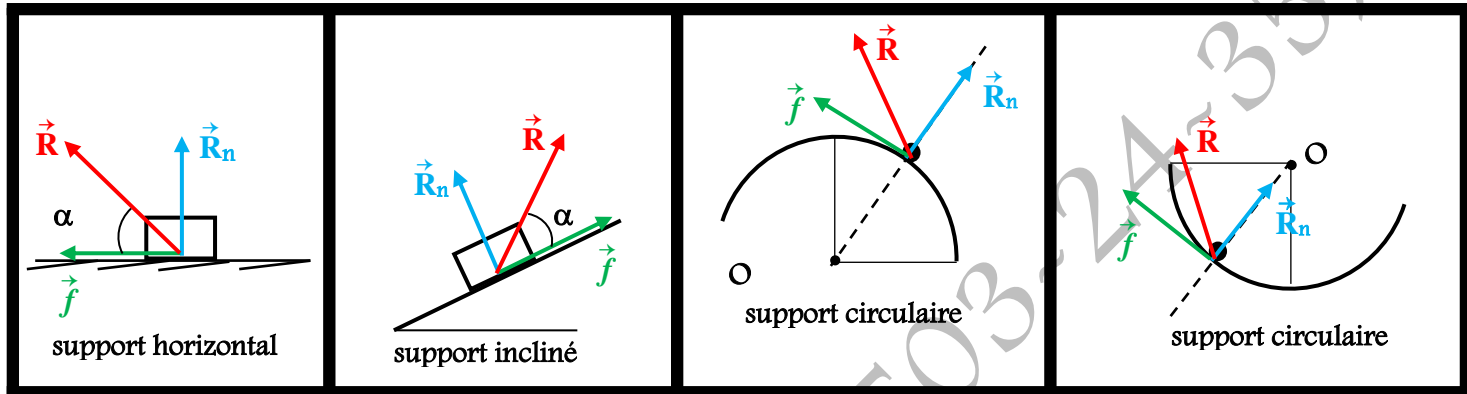
- ▶ Une composante normale appelée la réaction normale (\vec{R}_n)
- ▶ Une composante tangentielle appelée la réaction tangentielle (\vec{R}_t) ou force de frottement (\vec{f})

La réaction du support sur le solide est la résultante des deux composantes:

$$\vec{R} = \vec{R}_n + \vec{f}$$

La norme de la réaction du support est définie par:

$$R = \sqrt{R_n^2 + f^2}$$

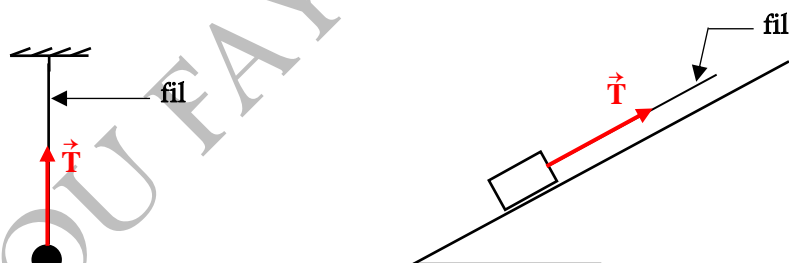


REMARQUE:

Le rapport $\frac{f}{R_n}$ est appelé coefficient de frottement.

II-7-2/ TENSION D'UN FIL OU D'UN CÂBLE (\vec{T}):

C'est la force exercée par un fil ou un câble tendu.

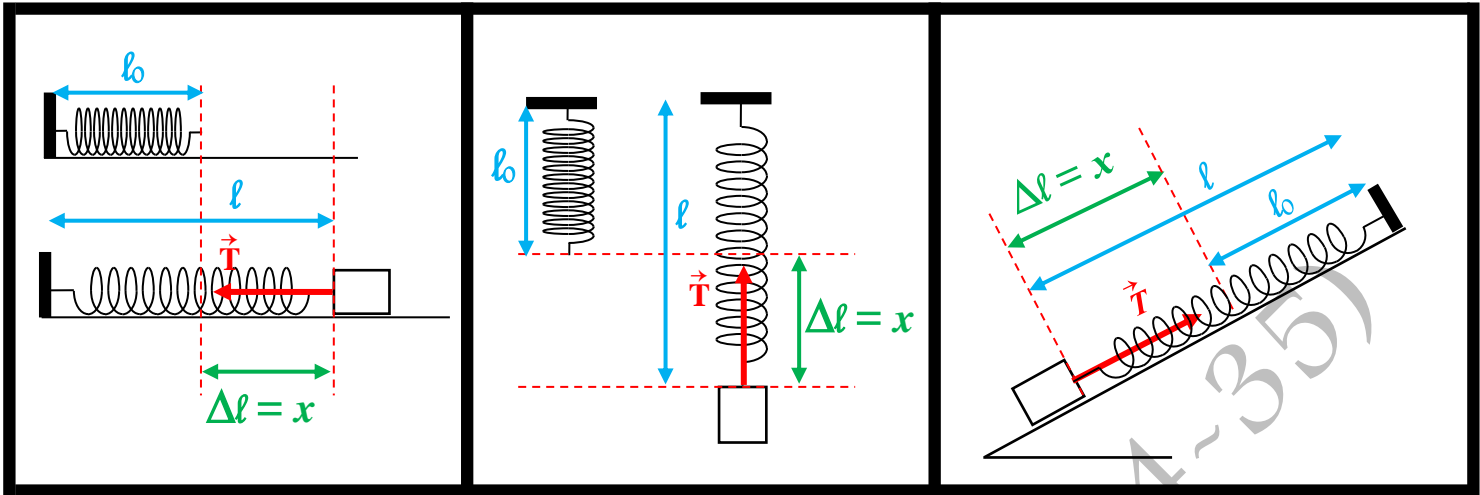


- \vec{T} { point d'application: le point d'attache du fil
- direction ou droite d'action: celle du fil
- sens: toujours vers l'intérieur du fil
- intensité ou norme: valeur numérique de la tension du fil

II-7-3/ TENSION D'UN RESSORT (\vec{T}):

C'est la force exercée par un ressort tendu ou comprimé.

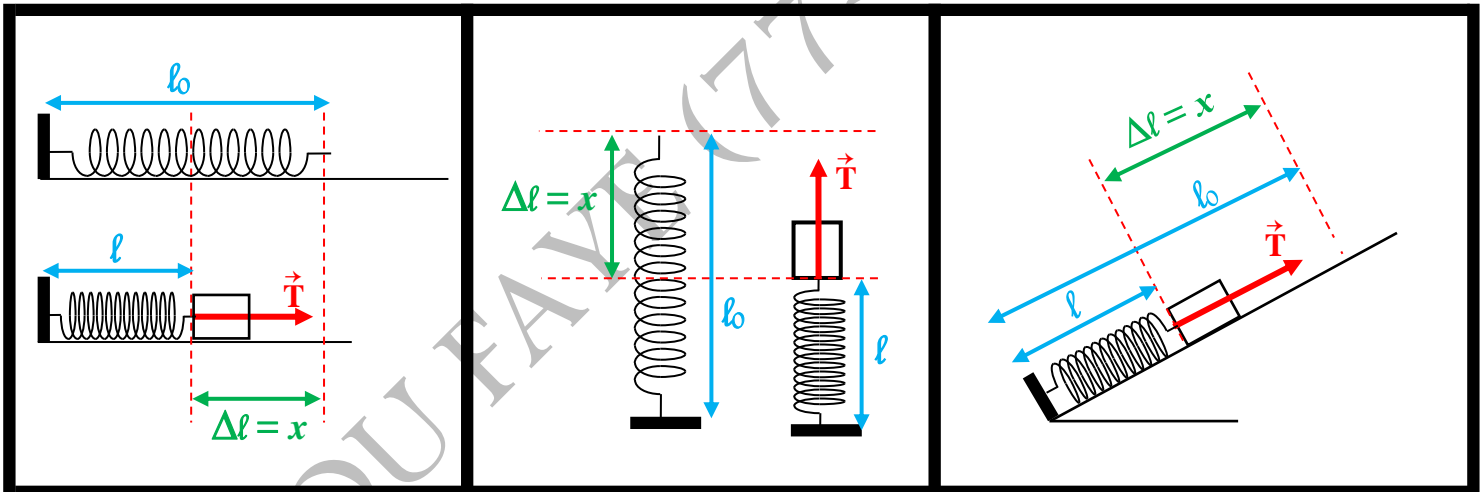
II-7-3-1/ CAS D'UN RESSORT TENDU OU ALLONGÉ :



\vec{T} { **point d'application: point d'attache**
direction ou droite d'action: l'axe du ressort
sens: du solide vers le ressort
intensité ou norme: $T = k \cdot \Delta l = kx$

; avec { **k : constante de raideur du ressort ($N \cdot m^{-1}$)**
 $\Delta l = x = l - l_0$: allongement du ressort (m)

II-7-3-2/ CAS D'UN RESSORT COMPRIME :

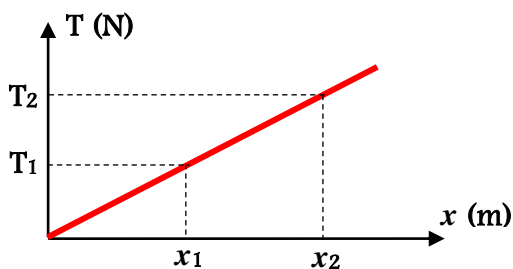


\vec{T} { **point d'application : point d'attache**
direction : l'axe du ressort
sens: du ressort vers le solide
intensité : $T = K \cdot \Delta l = kx$

; avec $\Delta l = x = l_0 - l$

II-7-3-3/ COURBES D'ETALONNAGE D'UN RESSORT :

► **Courbe $T = f(\Delta l)$ ou $T = f(x)$:**



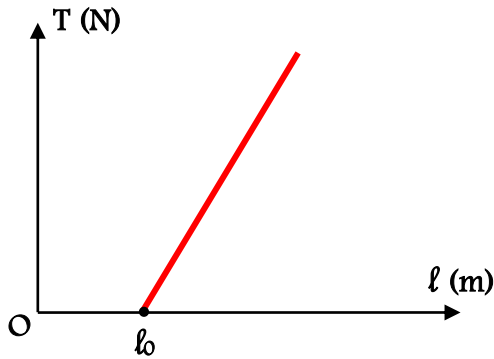
On a une droite d'équation:

$T = a \cdot x$; avec $a = k = \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1}$

► Courbe $T = f(\ell)$:

Cas d'un allongement

$$T = k(\ell - \ell_0) = k\ell - k\ell_0$$

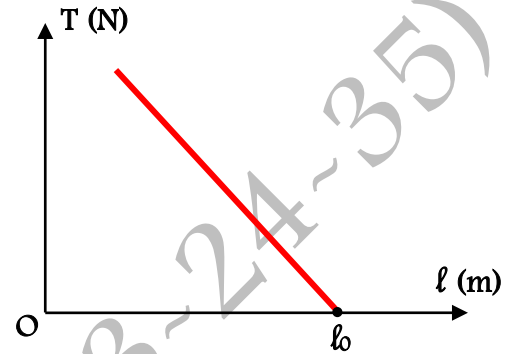


On a une droite d'équation :

$$T = a\ell + b ; \text{ avec } a = k \text{ et } b = -k\ell_0$$

Cas d'une compression

$$T = k(\ell_0 - \ell) = -k\ell + k\ell_0$$



On a une droite d'équation :

$$T = a\ell + b ; \text{ avec } a = -k \text{ et } b = k\ell_0$$

II-8/ FORCE LOCALISEE ~ FORCE REPARTIE

II-8-1/ FORCE LOCALISEE:

Une force est dite **localisée** lorsqu'elle s'exerce à un point bien précis du solide.

Exemple: la force de tension.

II-8-2/ FORCE REPARTIE :

Une force est dite **répartie** lorsqu'elle s'exerce sur une large surface du solide ou sur la totalité de son volume.

On prendra comme point d'application pour une telle force: le milieu de la surface ou le centre de gravité du solide.

Exemple: la force de réaction, la force de pesanteur...

II-9/ FORCES EXTERIEURES ; FORCES INTERIEURES A UN SYSTEME :

On appelle **système matériel (S)**, un solide ou un ensemble de solides que l'on se propose d'étudier. Tout ce qui n'appartient pas au système (S) constitue son **milieu extérieur**.

II-9-1/ FORCE EXTERIEURE :

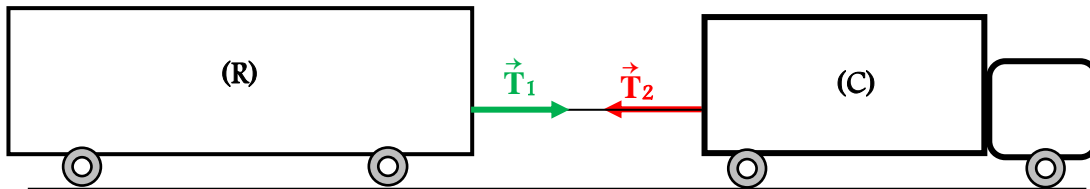
Toute force exercée par le milieu extérieur sur le système est appelée **force extérieure**.

II-9-2/ FORCE INTERIEURE :

Toute force exercée par une partie du système sur une autre partie du système est appelée **force intérieure**.

Exemple

Un camion (C) tire une remorque (R) par l'intermédiaire d'un câble.



► Si nous considérons le **système constitué par la remorque**, la force (\vec{T}_1) exercée par le camion sur la remorque est une **force extérieure**.

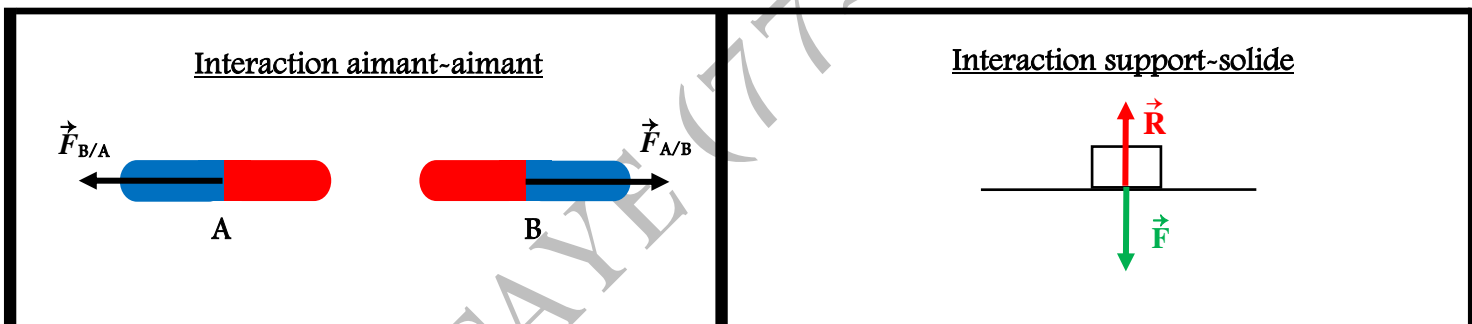
► Si nous considérons le **système formé par le camion et la remorque**, la force (\vec{T}_1) exercée par le camion sur la remorque est une **force intérieure**.

III/ PRINCIPE DES ACTIONS RECIPROQUES :

III-1/ ENONCE :

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

III-2/ EXEMPLES D'ILLUSTRATION :



CHAPITRE P10: LA MASSE~LE POIDS~RELATION ENTRE POIDS ET MASSE

I/ LA MASSE :

I-1/ MISE EN EVIDENCE :

Considérons deux sacs A et B de même capacité. A est rempli complètement de mil et B est rempli à moitié. Si nous essayons de les déplacer, on constate que B est plus facile à être déplacé car il contient une quantité de mil inférieure à celui de A.

I-2/ DEFINITION :

La masse d'un corps représente la quantité de matière que contient ce corps.

I-3/ CARACTERISTIQUES DE LA MASSE :

La masse est une grandeur:

- ▶ **scalaire positive**
- ▶ **invariable c'est-à-dire elle est indépendante du lieu où se trouve le corps.**

I-4/ MESURE ET UNITES :

I-4-1/ APPAREIL DE MESURE :

La masse d'un corps est mesurée à l'aide d'une **balance**.

I-4-2/ UNITE DE LA MASSE :

Dans le système international (SI), l'unité de la masse est le **kilogramme (kg)**.

REMARQUE:

Les sous multiples du kilogramme sont souvent utilisés au laboratoire pour préparer des échantillons de matière de masse très faible.

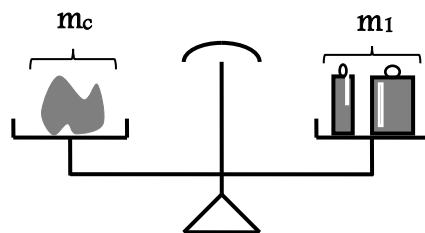
I-5/ DETERMINATION DE LA MASSE D'UN CORPS :

Pour déterminer la masse d'un corps, on effectue une pesée en utilisant une balance et des masses marquées.

On distingue **la simple pesée et la double pesée**.

I-5-1/ LA SIMPLE PESEE :

Elle consiste à poser sur l'un des plateaux le corps à peser puis on équilibre la balance en posant sur l'autre plateau des masses marquées.



$$m_c = m_1$$

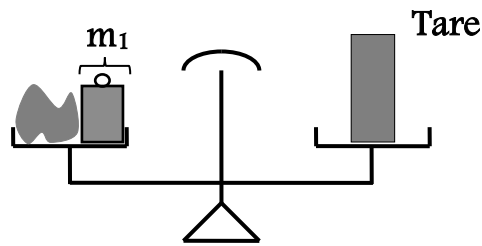
$\left\{ \begin{array}{l} m_c = \text{masse du corps} \\ m_1 = \text{somme des masses marquées} \end{array} \right.$

I-5-2/ LA DOUBLE PESEE :

Elle se fait en deux étapes.

Première étape :

On pose le corps à peser sur l'un des plateau de la balance et un corps de masse plus grande que appelé (tare) sur l'autre plateau puis on rétabli l'équilibre de la balance en posant des masses marquées. Soit m_1 la somme des masses marquées utilisées.



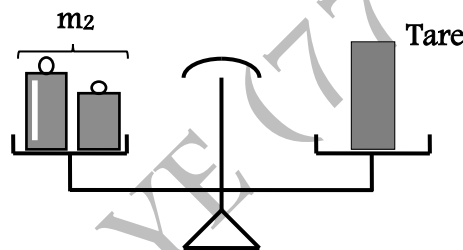
A l'équilibre:

$$m_c + m_1 = m_{\text{tare}} \quad (1)$$

Deuxieme étape :

Elle consiste à équilibrer la tare à l'aide de masses marquées.

Soit m_2 la somme des masses marquées utilisées.



A l'équilibre:

$$m_2 = m_{\text{tare}} \quad (2)$$

D'après (1) et (2):

$$m_c = m_2 - m_1$$

II/ MASSE VOLUMIQUE ET DENSITE :

II-1/ MASSE VOLUMIQUE :

II-1-1/ DEFINITION :

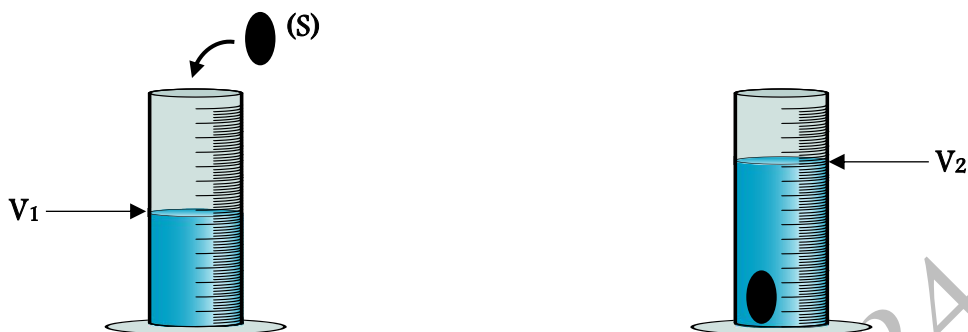
La masse volumique d'un corps est égale à la masse (m) de ce corps sur son volume (V). Elle est notée ρ (rho) ou μ (mu). Elle s'exprime en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ dans le système international.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \left\{ \begin{array}{l} \rho \text{ (kg}\cdot\text{m}^{-3}) \\ m \text{ (kg)} \\ V \text{ (m}^3) \end{array} \right.$$

II-1-2/ DETERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE D'UN CORPS :

II-1-2-1/ CAS D'UN SOLIDE (S) :

On détermine sa masse (m_s) à l'aide d'une balance par pesée et son volume (V_s) par déplacement d'eau à l'aide d'une éprouvette.



$$\rho = \frac{m_s}{V_s} ; \text{ avec } V_s = V_2 - V_1$$

REMARQUE:

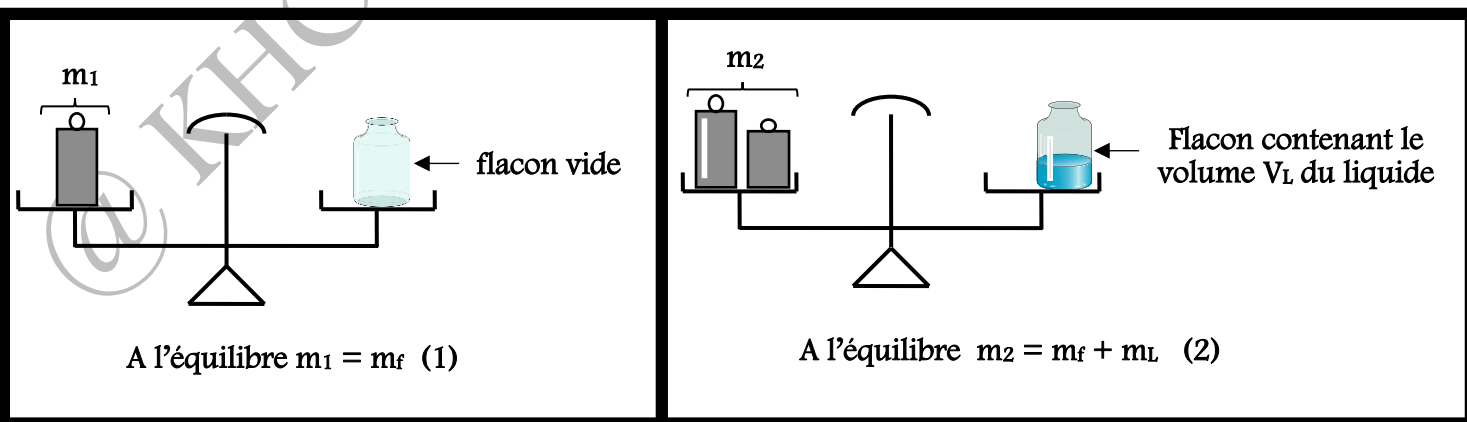
Dans le cas où l'objet a une forme particulière, on peut calculer son volume à l'aide de ses dimensions.

Exemples:

- Pour un cylindre: $V = \pi.r^2.h$; avec r (rayon de base) et h (hauteur du cylindre)
- Pour une sphère: $V = \frac{4}{3} \pi.r^3$; avec r (rayon de la sphère)
- Pour un cube: $V = a^3$; avec a (arête du cube)

II-1-2-2/ CAS D'UN LIQUIDE (L) :

On détermine sa masse (m_L) à l'aide d'une balance par pesée et son volume (V_L) à l'aide d'une éprouvette.



D'après (1) et (2):

$$m_L = m_2 - m_1$$

N.B:

Dans le cas d'un mélange, sa masse volumique n'est pas égale à la somme des masses volumiques de ces différents constituants mais plutôt de la masse du mélange sur le volume du mélange.

$$\rho = \frac{m_{\text{mélange}}}{V_{\text{mélange}}}$$

Exemple:

Pour un mélange constitué d'un corps A (m_A ; V_A) et d'un corps B (m_B ; V_B).

$$\rho = \frac{m_{\text{mélange}}}{V_{\text{mélange}}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} = \frac{\rho_A V_A + \rho_B V_B}{V_A + V_B}$$

II-2/ DENSITE:

La densité d'un corps est définie par rapport à un corps de référence.

II-2-1/ DEFINITION :

C'est le rapport de la masse du corps sur la masse d'un égal volume du corps de référence.

$$d = \frac{m_{\text{corps}}}{m_{\text{référence}}} ; \text{ avec } \begin{cases} m_c = \rho_c V_c \\ m_r = \rho_r V_r \\ V_c = V_r = V \end{cases} \Rightarrow d = \frac{m_{\text{corps}}}{m_{\text{référence}}} = \frac{\rho_c}{\rho_r}$$

N.B: la densité n'a pas d'unité

II-2-2/ DENSITE DES CORPS SOLIDES ET LIQUIDES :

Pour ces corps on prend généralement l'eau comme corps de référence.

$$d = \frac{\rho_{\text{corps}}}{\rho_{\text{eau}}} ; \text{ avec } \rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg.L}^{-1}$$

II-2-3/ DENSITE DES CORPS GAZEUX:

Pour les gaz on prend généralement l'air comme corps de référence.

$$d = \frac{\rho_{\text{gaz}}}{\rho_{\text{air}}} ; \text{ avec } \rho_{\text{air}} = 1,29 \text{ g.L}^{-1}$$

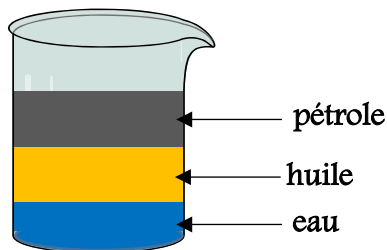
Remarque:

En mélangeant plusieurs liquides de densité différentes, celui qui a la densité la plus grande se retrouve au fond du récipient suivi du second ainsi de suite.

Exemple:

Mélange eau + huile + pétrole

$$d_{\text{eau}} = 1 \text{ kg.L}^{-1}; d_{\text{huile}} = 0,9 \text{ kg.L}^{-1}; d_{\text{pétrole}} = 0,8 \text{ kg.L}^{-1}$$



III/ LE POIDS D'UN CORPS :

III-1/ DEFINITION :

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

III-2/ MESURE ET UNITE :

Le poids est mesuré à l'aide d'un appareil appelé **le dynamomètre**.

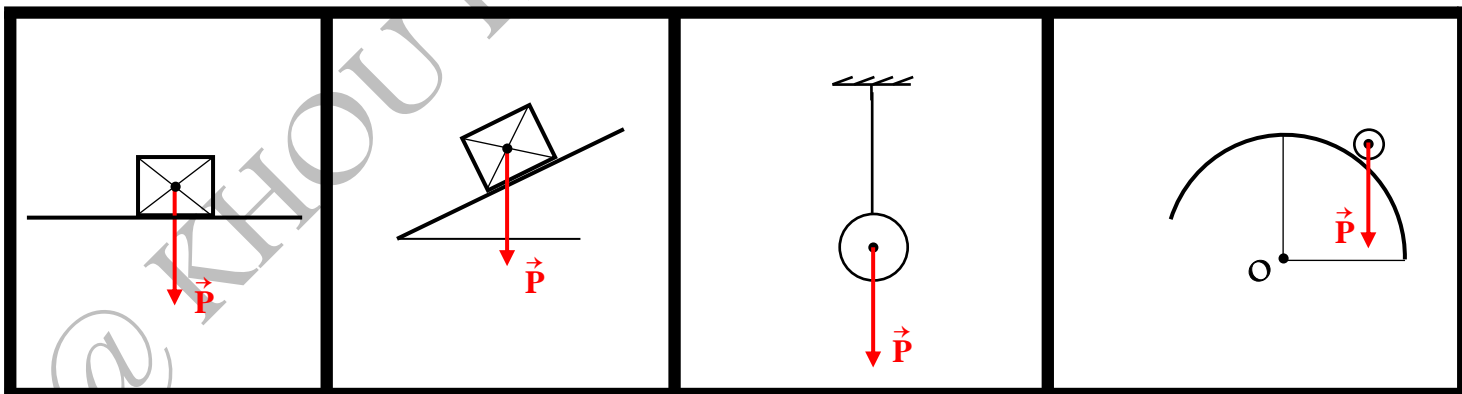
Le poids est une force. Son unité est le newton (**N**) dans le système international.

III-3/ CARACTERISTIQUES DU POIDS D'UN CORPS :

Le poids est une grandeur vectorielle. Il est noté \vec{P} est caractérisé par:

- ▶ **Son point d'application:** c'est le centre d'inertie G (ou le centre gravité) du corps.
- ▶ **Sa direction:** c'est la verticale passant par G
- ▶ **Son sens:** du haut vers le bas
- ▶ **Sa norme ou son intensité:** valeur numérique du poids

III-4/ REPRESENTATION VECTORIELLE DU POIDS \vec{P} :



N.B: le poids \vec{P} est toujours vertical et perpendiculaire au plan horizontal.

IV/ RELATION ENTRE POIDS ET MASSE :

IV-1/ INTENSITE DE LA PESANTEUR :

A l'aide d'une balance mesurons la masse de différents objets de nature et de forme quelconques. Puis mesurons le poids de ces mêmes objets à l'aide d'un dynamomètre. Les résultats obtenus sont consignés dans

le tableau ci-dessous.

Objets	1	2	3	4	5
Masse (kg)	0,1	0,15	1,1	1,25	1,3
Poids (N)	0,98	1,47	10,78	12,25	12,74
$\frac{P}{m}$	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8

On constate qu'en un lieu donné, le rapport du poids sur la masse est une constante. Cette constante notée **g** est appelée **intensité de la pesanteur**.

Elle varie en fonction où on se trouve.

$$g = \frac{P}{m}$$

IV-2/ RELATION ENTRE POIDS ET MASSE :

Le poids P et la masse m d'un corps sont liés par la relation fondamentale.

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} ; P = m \cdot g \quad \left\{ \begin{array}{l} P \text{ (N)} \\ m \text{ (kg)} \\ g \text{ (N.kg}^{-1}\text{)} \end{array} \right.$$

N.B: le poids \vec{P} et l'intensité de la pesanteur \vec{g} ont même direction et mêmes sens.

IV-3/ DISTINCTION ENTRE POIDS ET MASSE :

- ▶ Le poids est une grandeur vectorielle alors que la masse est une grandeur scalaire.
- ▶ Le poids varie avec le lieu alors que la masse reste constante quel que soit le lieu.

V/ FORCE DE LA POUSSEE D'ARCHIMEDE (F_a):

Un corps plongé dans un fluide est soumis à la force de poussée d'Archimède que le fluide exerce sur lui qui correspond au poids du fluide déplacé.



$$F_a = \text{poids du fluide déplacé} = m_{(\text{fluide déplacé})} \times g ; \text{avec } m_{(\text{fluide déplacé})} = \rho_{\text{fluide}} \times V_{\text{immergé}}$$

$$F_a = \rho_{\text{fluide}} \cdot V_{\text{immergé}} \cdot g \quad \left\{ \begin{array}{l} \rho_{\text{fluide}} : \text{masse volumique du fluide} \\ V_{\text{immergé}} : \text{volume du corps dans le fluide} \end{array} \right.$$

CHAPITRE P1 1: EQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS A DES FORCES NON PARALLELES

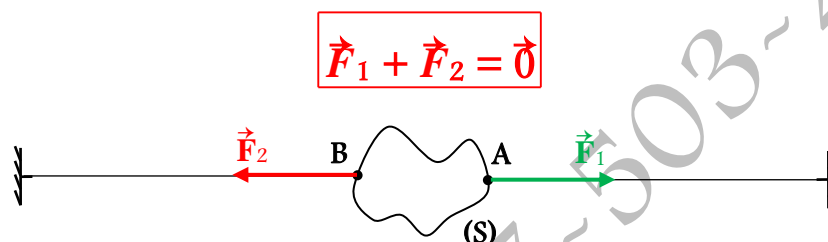
I/ EQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS A L'ACTION DE DEUX FORCES :

I-1/ CONDITION D'EQUILIBRE :

Lorsqu'un solide soumis à l'action de deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 est en équilibre alors:

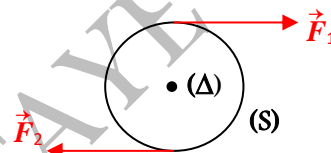
- ▶ \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont la même droite d'action.
- ▶ \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont des sens contraires
- ▶ \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont la même intensité

Ainsi on dit que \vec{F}_1 et \vec{F}_2 sont directement opposées c'est-à-dire que la somme vectorielle de ces deux forces est nulle.



REMARQUE:

La somme vectorielle $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$ est **une condition nécessaire mais non suffisante** pour dire qu'un solide est en équilibre. Le couple de forces est un contre-exemple.

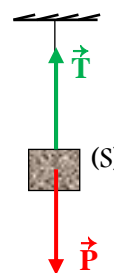


Dans ce cas $F_1 = F_2$ mais le solide (S) en rotation autour de l'axe (Δ) n'est pas en équilibre.

I-2/ EXEMPLES D'EQUILIBRE DE SOLIDE SOUMIS A L'ACTION DE DEUX FORCES :

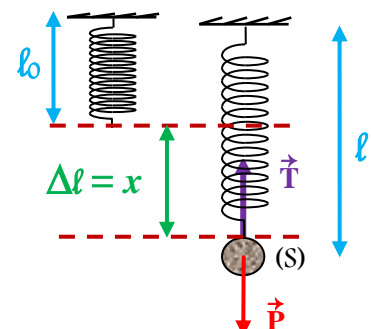
I-2-1/ EQUILIBRE D'UN SOLIDE (S) SUSPENDU A UN FIL :

A l'équilibre $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0} \Rightarrow \boxed{P = T = mg}$



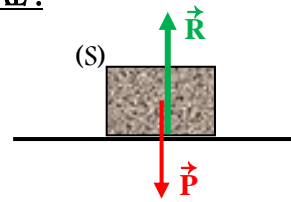
I-2-2/ EQUILIBRE D'UN SOLIDE (S) SUSPENDU A UN RESSORT :

A l'équilibre $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0} \Rightarrow \boxed{P = T \Rightarrow mg = k\Delta l}$



I-2-3/ EQUILIBRE D'UN SOLIDE (S) SUR UN PLAN HORIZONTAL :

A l'équilibre $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0} \Rightarrow \boxed{P = R = mg}$

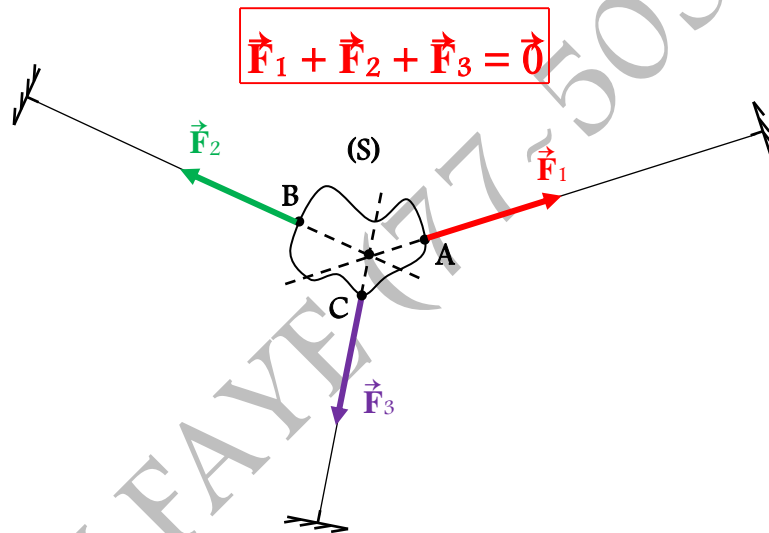


II/ EQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS A L'ACTION DE TROIS FORCES NON PARALLELES :

II-1/ CONDITION D'EQUILIBRE :

Lorsqu'un solide soumis à l'action de trois forces \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3 non parallèles est en équilibre alors:

- ▶ Les forces \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3 sont coplanaires c'est-à-dire appartiennent à un même plan
- ▶ Les forces \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3 sont concourantes c'est-à-dire leurs droites d'actions se rencontrent en un point
- ▶ La somme vectorielle des forces \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3 forces est nulle:



II-2/ APPLICATIONS :

Methodologie pour étudier l'équilibre d'un système:

Pour étudier l'équilibre d'un système il faut:

- ▶ Choisir un système d'étude: c'est-à-dire le solide dont on veut étudier l'équilibre ;
- ▶ Choisir un référentiel d'étude
- ▶ Faire le bilan de forces extérieures qui agissent sur le système
- ▶ Enoncer la condition d'équilibre $\sum \vec{F}_{\text{extérieures}} = \vec{0}$

On peut exploiter cette condition de deux manières:

- Par la méthode graphique
- Par la méthode de projection sur des axes perpendiculaires convenablement choisis.

CHAPITRE P12: EQUILIBRE D'UN SOLIDE MOBILE AUTOUR D'UN AXE FIXE

I/ ROTATION AUTOUR D'UN AXE :

I-1/ AXE DE ROTATION :

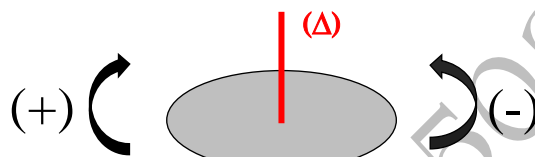
Un solide est animé d'un mouvement de rotation si tous ses points décrivent des cercles dont leurs centres appartiennent à une même droite appelée **axe de rotation**.

Exemples :

Une porte qui s'ouvre ou qui se ferme est animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe fixe (Δ) passant par les points fixes de la porte appelés gonds.

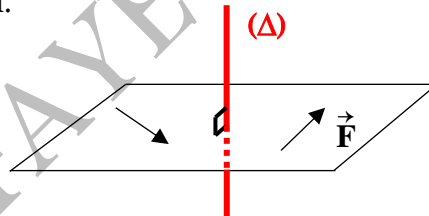
I-2/ SENS DE ROTATION :

Il y'a deux sens de rotation possible autour d'un axe fixe. Pour les distinguer on choisit arbitrairement un sens positif de rotation. L'autre sens sera considéré comme négatif.



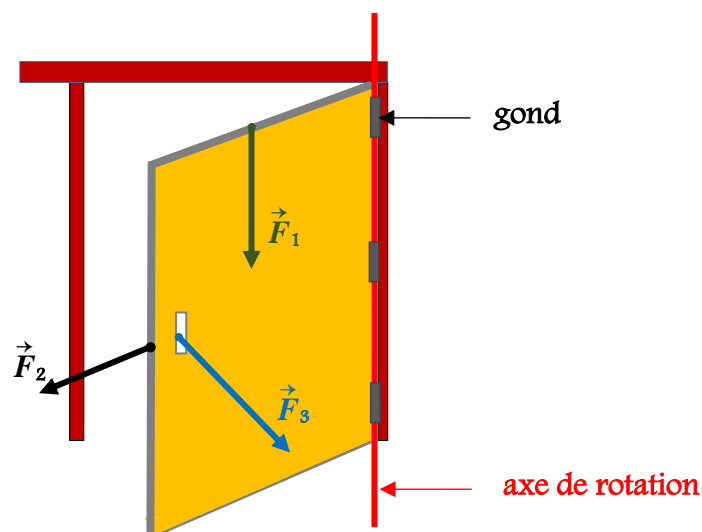
I-3/ FORCE ORTHOGONALE A UN AXE DE ROTATION :

Une force est orthogonale à un axe de rotation si sa droite d'action (direction) est contenue dans un plan perpendiculaire à cet axe de rotation.



I-4/ EFFET D'UNE FORCE SUR LE MOUVEMENT DE ROTATION D'UN SOLIDE:

Considérons une porte ouverte soumise à l'action de trois forces \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3 .



I-4-1/ OBSERVATIONS :

- ▶ Si on exerce sur une porte ouverte une force \vec{F}_1 dont sa **direction est parallèle à l'axe de rotation**, celle-ci **ne tourne pas**.
- ▶ Si on exerce sur une porte ouverte une force \vec{F}_2 dont sa **direction coupe l'axe de rotation**, celle-ci **ne tourne pas**.
- ▶ Si on exerce sur une porte ouverte une force \vec{F}_3 dont sa **direction est orthogonale à l'axe de rotation**, celle-ci **tourne**.

I-4-2/ CONCLUSION :

Toute force de direction non parallèle à l'axe de rotation et ne coupant pas l'axe de rotation peut provoquer un mouvement de rotation de la porte.

REMARQUES :

L'efficacité de rotation d'un solide mobile autour d'un axe fixe dépend:

- ▶ **De l'intensité de la force**
- ▶ **Des positions relatives (distances) de l'axe de rotation et de la droite d'action de la force.**

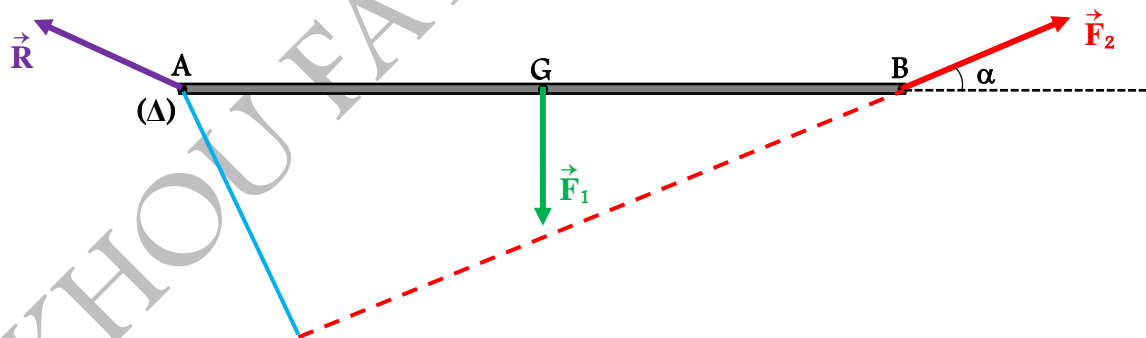
I-5/ DISTANCE DE LA LIGNE D'ACTION D'UNE FORCE A L'AXE DE ROTATION :

C'est la distance d séparant la droite d'action d'une force et l'axe de rotation. Cette distance est appelée «**bras de levier**».

Le bras de levier est la longueur du segment perpendiculaire à la fois à :

- ▶ **L'axe de rotation (Δ),**
- ▶ **La droite d'action de la force.**

Exemple:



▶ $d(\vec{F}_1) = d_1 = AG = \frac{AB}{2}$: bras de levier de \vec{F}_1

▶ $d(\vec{F}_2) = d_2 = AB \cdot \sin \alpha$: bras de levier de \vec{F}_2

▶ $d(\vec{R}) = d_3 = 0$: bras de levier de \vec{R}

II/ MOMENT D'UNE FORCE PAR RAPPORT A UN AXE DE ROTATION FIXE :

II-1/ DEFINITION DU MOMENT D'UNE FORCE :

Le moment d'une force \vec{F} par rapport à un axe (Δ) noté $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F})$ est une grandeur physique qui traduit l'efficacité de cette force à faire tourner un solide autour de son axe de rotation.

L'expression du moment d'une force \vec{F} par rapport à l'axe de rotation (Δ) est le produit entre l'intensité de la force \vec{F} et son bras de levier (d).

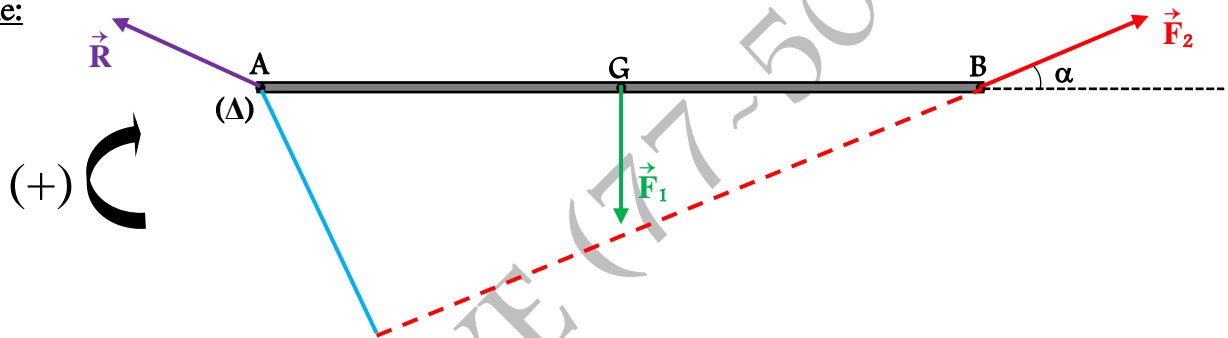
$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F.d$$

Dans le système international le moment d'une force s'exprime en N.m

II-2/ EXPRESSION ALGEBRIQUE :

Le moment d'une force est une grandeur algébrique c'est-à-dire il peut être positif, négatif ou nul. Pour déterminer le signe du moment d'une force, il faut choisir arbitrairement un sens positif de rotation.

Exemple:



$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) = F_1 \frac{AB}{2}$$

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2) = - F_2 .AB.\sin \alpha$$

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = 0$$

REMARQUES:

- ▶ Avant de déterminer le moment d'une force, il faut toujours choisir un sens positif arbitraire.
- ▶ Le moment d'une force est nul si sa direction est parallèle à l'axe de rotation ou coupe l'axe de rotation.

III/ EQUILIBRE D'UN SOLIDE MOBILE AUTOUR D'UN AXE FIXE :

III-1/ THEOREME DES MOMENTS :

Lorsqu'un solide mobile autour d'un axe est en équilibre, la somme algébrique des moments des forces qui lui sont appliquées est nulle.

$$\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_{ext}) = 0$$

N.B: cette condition bien que nécessaire n'est pas suffisante.

III-2/ CONDITIONS GENERALES D'EQUILIBRE :

Lorsqu'un solide mobile autour d'un axe est en équilibre, alors:

► La somme vectorielle des forces extérieures qui s'exercent sur le solide est nulle

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$$

► La somme algébrique des moments des forces extérieures appliquées au solide par rapport à l'axe de rotation est nulle:

$$\sum M_{\Delta} (\vec{F}_{\text{ext}}) = 0$$

IV/ COUPLES DE FORCES :

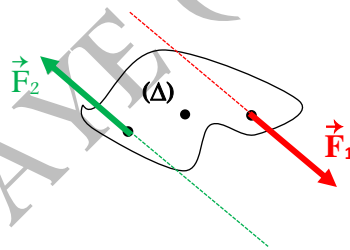
IV-1/ DEFINITION D'UN COUPLE DE FORCES :

On appelle couple de forces un système de deux forces parallèles, de sens contraire, de même intensité et ayant des directions parallèles.

(\vec{F}_1, \vec{F}_2) est un couple si et seulement si $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$.

IV-2/ MOMENT D'UN COUPLE DE FORCES :

Le moment d'un couple de forces ne dépend pas de la position de l'axe de rotation mais seulement de la distance entre les deux directions des deux forces.



$$\mathcal{M}_{\Delta} (\vec{F}_1) = F_1 \times d_1$$

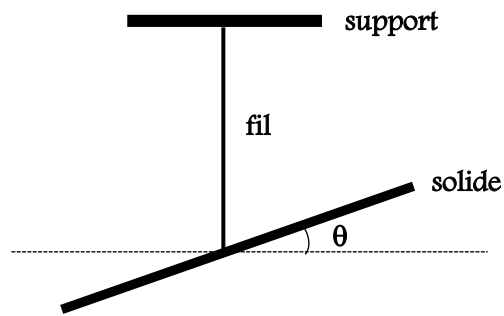
$$\mathcal{M}_{\Delta} (\vec{F}_2) = F_2 \times d_2$$

$$\mathcal{M}(\mathcal{C}) = \mathcal{M}_{\Delta} (\vec{F}_1) + \mathcal{M}_{\Delta} (\vec{F}_2) = F_1 \times d_1 + F_2 \times d_2 ; \text{ or } \begin{cases} F_1 = F_2 = F \\ d = d_1 + d_2 \end{cases}$$

$$\mathcal{M}(\mathcal{C}) = F.d$$

IV-3/ COUPLE DE TORSION :

Un pendule de torsion est constitué d'un solide suspendu à un fil vertical en son centre de gravité. L'autre extrémité du fil est maintenu fixe à un support.



Quand le solide tourne autour de l'axe du fil, celui-ci réagit à la torsion en exerçant un couple de torsion dont le moment est proportionnel à l'angle de torsion.

$$\mathcal{M}_\Delta(\odot) = - C \cdot \theta \quad \begin{cases} C \text{ (N.m.rad}^{-1}\text{)} \\ \theta \text{ (rad)} \end{cases}$$

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

CHAPITRE P13: PROPAGATION RECTILIGNE DE LA LUMIERE

I/ SOURCES ET RECEPTEURS DE LUMIERE :

I-1/ LES TYPES DE SOURCES LUMINEUSES :

Il existe deux types de sources lumineuses:

I-1-1/ LES SOURCES REELLES OU PRIMAIRES :

On appelle **source lumineuse primaire**, un corps ou un dispositif qui produit lui-même la lumière qu'il émet.

Une telle source peut être **naturelle** (Exemples: le soleil, les étoiles, la lave) ou **artificielle** (Exemples: bougie, lampe électrique, Laser).

I-1-2/ LES SOURCES APPARENTES OU SECONDAIRES :

On appelle **source lumineuse secondaire**, un corps ou un dispositif qui ne produit pas la lumière par lui-même, mais qui renvoie(ou diffuse) une partie de la lumière reçue d'autres sources.

Exemples : la lune, la terre, les autres planètes

I-2/ LES RECEPTEURS DE LUMIERE :

On appelle **récepteur de lumière**, un corps ou un dispositif sensible à la lumière, qui sous l'effet de la lumière subit une transformation.

Un tel récepteur peut être **naturel** (Exemples: feuilles de plantes chlorophylliennes, œil...) ou **artificiel** (Exemples: cellules photoélectriques, lunettes photosensibles, la pellicule ou plaque photographique, chlorure d'argent...)

II/ PROPAGATION RECTILIGNE DE LA LUMIERE :

II-1/ CLASSIFICATION DES MILIEUX MATERIELS:

II-1-1/ LES MILIEUX TRANSPARENTS:

Milieus qui laissent passer de la lumière et permettent de percevoir nettement des objets placés derrière eux.

Exemples: air ; eau ; verre...

II-1-2/ LES MILIEUX TRANSLUCIDES :

Milieus qui laissent passer une partie de la lumière et ne permettent pas de percevoir nettement des objets placés derrière eux.

Exemples: verre dépoli ; papier huilé....

II-1-3/ LES MILIEUX OPAQUES :

Milieus qui ne laissent pas passer de la lumière.

Exemples: bois ; pierre ; métaux....

II-2/ PROPAGATION RECTILIGNE DE LA LUMIERE :

Dans un milieu transparent, homogène et isotrope, la lumière se propage en ligne droite.

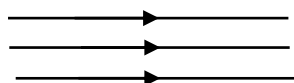
▶ **Homogène: qui a mêmes propriétés en tous points.**

▶ **Isotrope: qui a mêmes propriétés dans toutes les directions.**

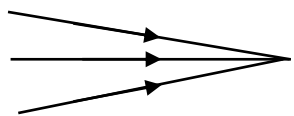
II-3/ FAISCEAU LUMINEUX, RAYON LUMINEUX :

La direction suivant laquelle se propage la lumière s'appelle **rayon lumineux**. Un tel rayon n'a cependant pas d'existence physique réelle (il ne peut pas être isolé). En réalité on dispose de **faisceaux lumineux** qui sont considérés comme des ensembles de rayons lumineux.

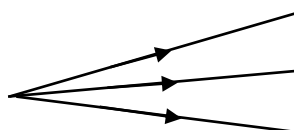
Parmi les **faisceaux lumineux**, on distingue:



Faisceau parallèle



Faisceau convergent (tous les rayons qui le composent se dirigent vers un point)



Faisceau divergent (tous les rayons qui le composent viennent d'un point)

II-4/ VITESSE OU CELERITE DE LA LUMIERE :

La vitesse de propagation de la lumière, appelée **célérité**, dépend en outre du milieu traversé. Dans le **vide** et approximativement dans **l'air**, la vitesse de la lumière s'élève à:

$$C = 300.000 \text{ km.s}^{-1} = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

II-5/ ANNEE LUMIERE :

On appelle **année-lumière** la distance parcourue par la lumière en une année dans le vide.

$$D = C.\Delta t \quad \text{avec} \quad \begin{cases} C = 300.000 \text{ km.s}^{-1} \\ \Delta t = 365,25 \text{ jours} = 31557600 \text{ s} \end{cases} \Rightarrow D = 9,46728.10^{12} \text{ km}$$

REMARQUE:

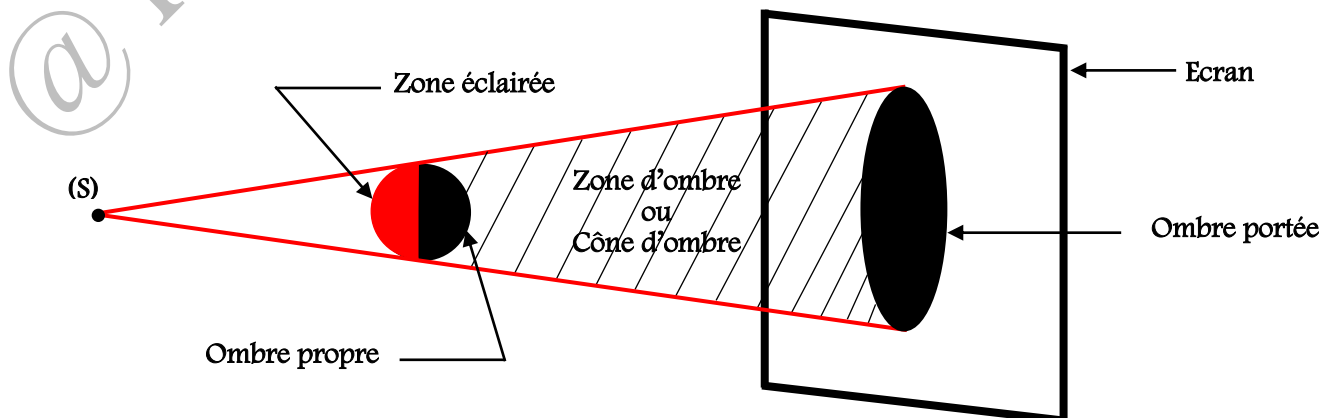
L'année lumière n'est pas une unité de temps mais plutôt une unité de longueur.

III/ OMBRES ET PENOMBRES :

III-1/ CAS D'UNE SOURCE PONCTUELLE (S) :

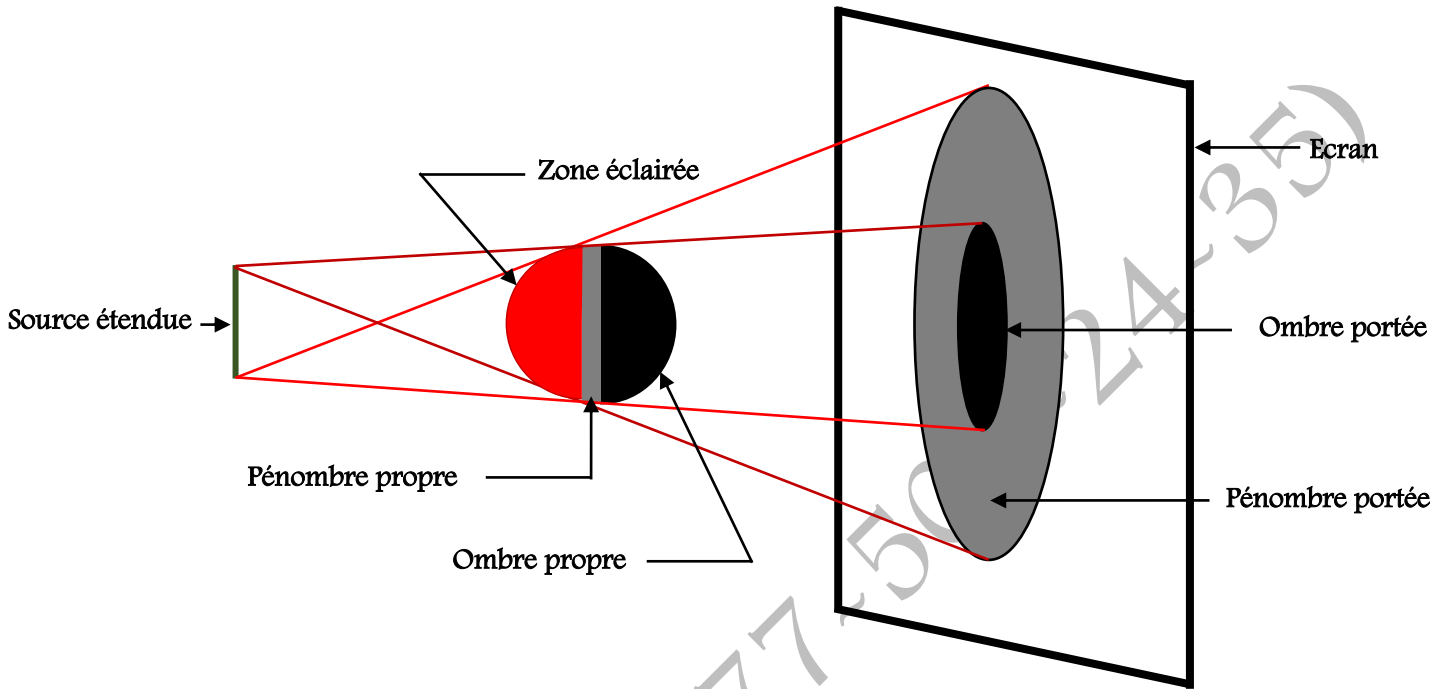
Une source ponctuelle est une source lumineuse tellement petite qu'on peut la considérer comme un point. Tous les rayons lumineux partent de ce point.

Plaçons une sphère opaque entre une source ponctuelle et un écran (E).



- Ombre portée: c'est la zone non éclairée sur l'écran**
- Ombre propre: c'est la zone non éclairée de la sphère**
- Zone d'ombre ou Cône d'ombre: c'est la zone entre la sphère et l'écran**

III-2/ CAS D'UNE SOURCE ETENDUE :



- Pénombre propre: c'est la zone non éclairée de la sphère entre la zone éclairée et l'ombre propre**
- Pénombre portée: c'est la zone non éclairée sur l'écran entre l'ombre portée et la partie éclairée sur l'écran**

IV/ APPLICATIONS :

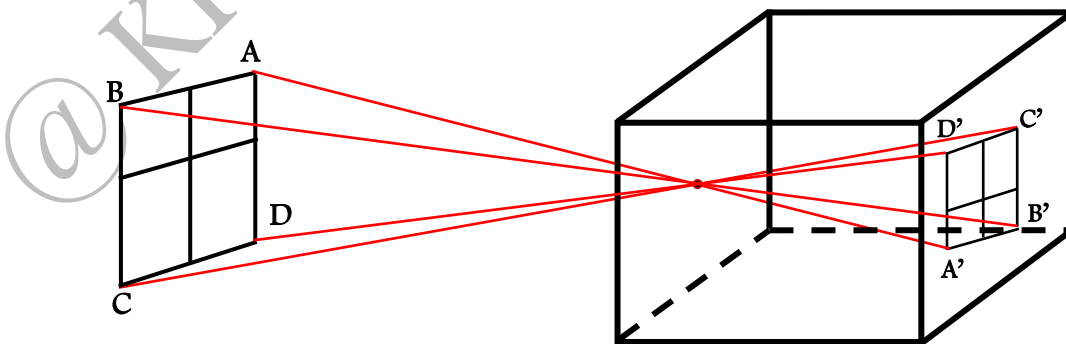
IV-1/ CHAMBRE NOIRE :

IV-1-1/ DEFINITION :

La chambre noire est une boîte opaque dont une face est translucide (verre dépoli, papier calque...) et dont la face opposée est percée d'un petit trou appelé sténopé.

IV-1-2/ EXPERIENCE DE LA CHAMBRE NOIRE :

Orientons le trou de la chambre noire vers un objet lumineux, la fenêtre par exemple.



IV-1-3/ OBSERVATIONS :

On observe sur l'écran (verre dépoli, papier calque...) une reproduction lumineuse de l'objet (la fenêtre):

- ▶ Assez peu lumineuse ;
- ▶ Inversée et
- ▶ Qui peut avoir des dimensions plus grandes que l'objet selon la distance qui sépare celui-ci du trou et selon également la profondeur de la chambre

IV-2/ ECLIPSES :

IV-2-1/ DEFINITION :

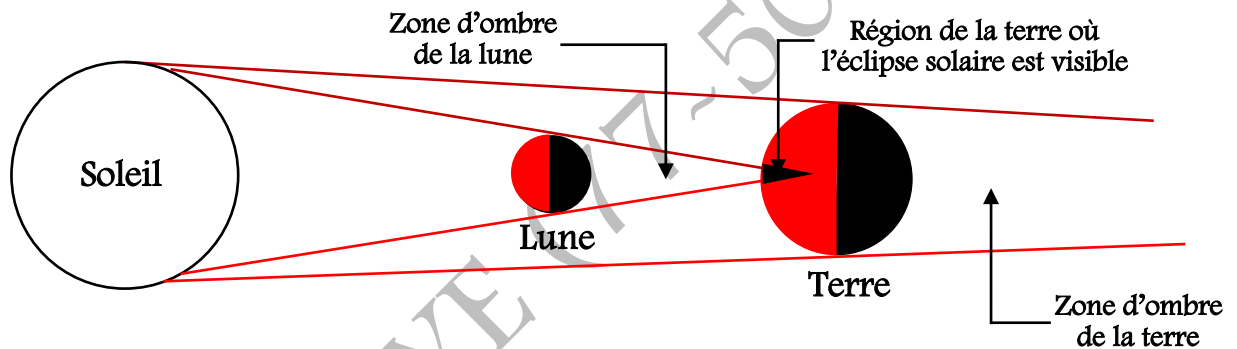
On parle d'éclipse d'un objet, la disparition temporaire de cet objet dans l'ombre ou la pénombre d'un autre corps.

- ▶ Lorsque l'ombre ou la pénombre de l'autre corps **masque complètement l'objet**: on parle **d'éclipse totale**.
- ▶ Lorsque l'ombre ou la pénombre de l'autre corps **masque une partie de l'objet**: on parle **d'éclipse partielle**.

IV-2-2/ EXEMPLES D'ECLIPSE :

IV-2-2-1/ ECLIPSE DU SOLEIL :

Lorsqu'une région de la Terre se trouve dans le cône d'ombre de la lune, il y'a éclipse de soleil dans cette région.



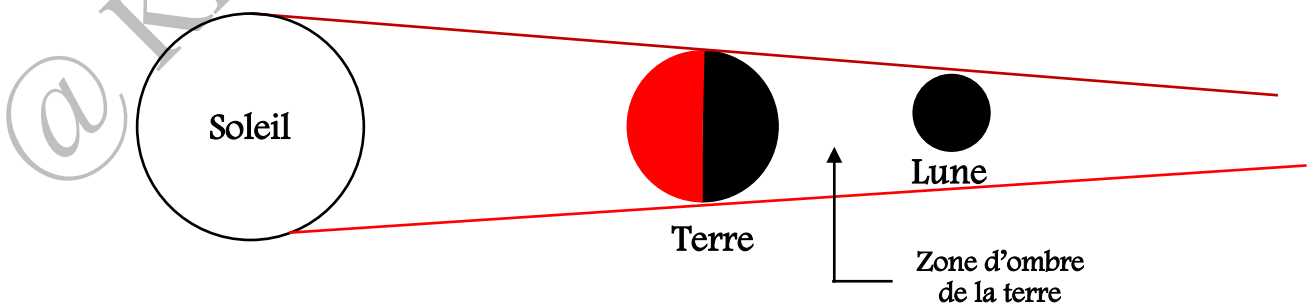
REMARQUE :

Une éclipse de soleil ne peut se produire qu'à la nouvelle lune. Elle est visible d'une petite région de la Terre, elle ne dure que quelques minutes au plus.

IV-2-2-2/ ECLIPSE DE LA LUNE :

Lorsqu'une région de la Terre se trouve dans le cône d'ombre de la lune, il y'a éclipse de soleil dans cette région.

Lorsque la lune se trouve complètement dans le cône d'ombre de la terre, il y'a éclipse de la lune.



REMARQUE :

L'éclipse lunaire ne peut se produire qu'à la pleine lune.

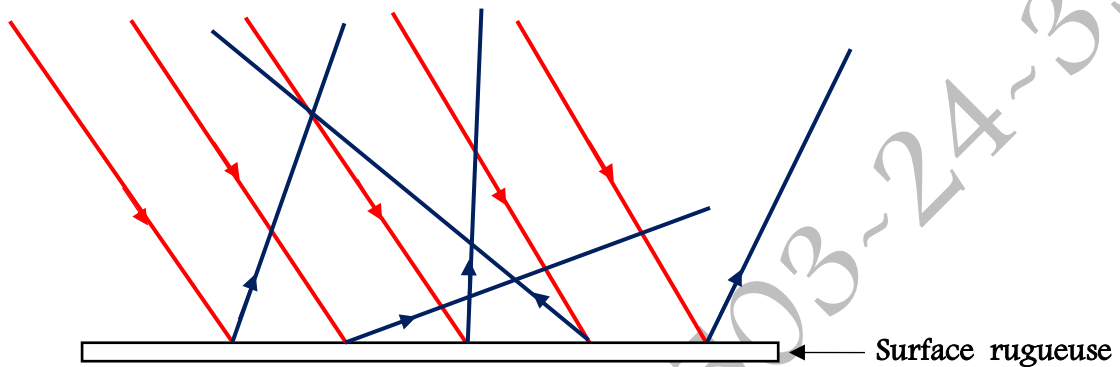
CHAPITRE P14: REFLEXION DE LA LUMIERE

I/ REFLEXION DE LA LUMIERE :

I-1/ REFLEXION DIFFUSE ET REFLEXION SPECULAIRE :

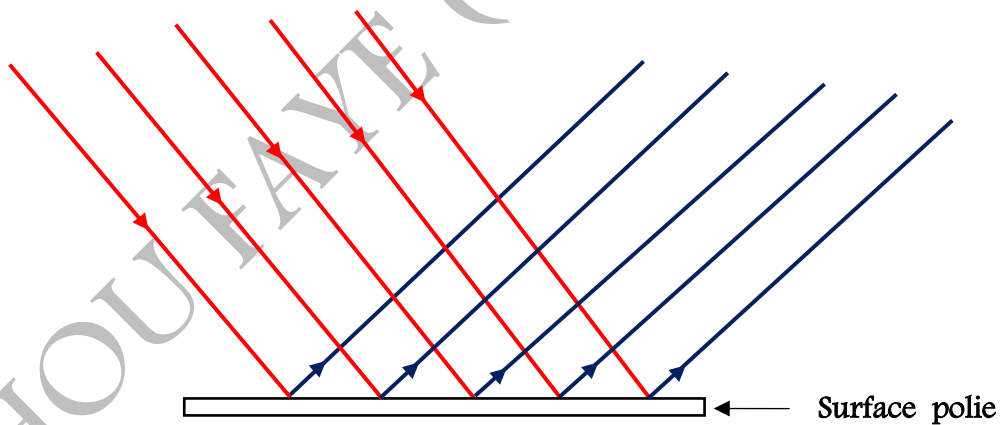
I-1-1/ REFLEXION DIFFUSE OU DIFFUSION :

Lorsque la lumière arrive sur une surface rugueuse ou pas bien polie ; elle est renvoyée dans toutes les directions: **on parle de réflexion diffuse ou diffusion.**



I-1-2/ REFLEXION REGULIERE OU SPECULAIRE :

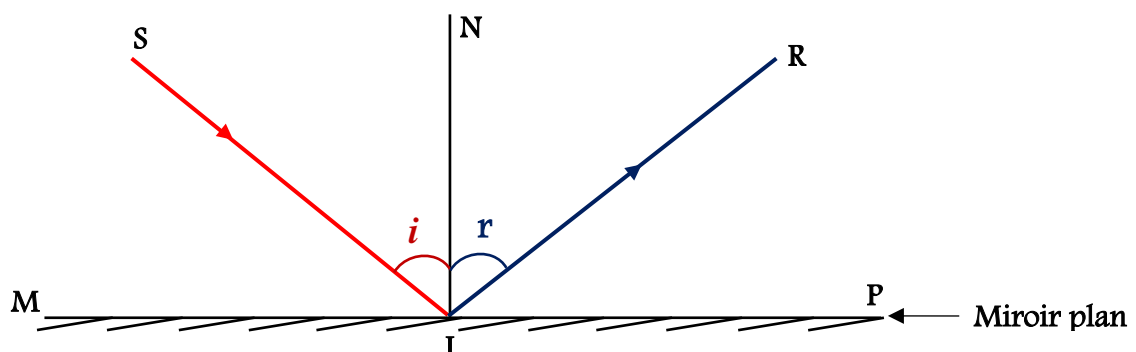
Lorsque la lumière arrive sur une surface bien polie (miroir plan) ; elle est renvoyée dans une direction privilégiée: **on parle de réflexion régulière ou spéculaire.**



I-2/ MIROIR PLAN:

On appelle miroir plan, un miroir dont sa surface est plane et réfléchissante.

I-3/ RAYON INCIDENT, RAYON REFLECHI, ANGLE D'INCIDENCE ET ANGLE DE REFLEXION:



MP : miroir plan

I : point d'incidence (point de rencontre entre la normale et le miroir)

NI : la normale au miroir au point d'incidence I

SI : rayon incident (rayon qui arrive sur le miroir au point d'incidence)

IR : rayon réfléchi (rayon qui repart du miroir au point d'incidence)

i : angle d'incidence (angle entre le rayon incident et la normale)

r : angle de réflexion (angle entre le rayon réfléchi et la normale)

I-4/ LOIS DE DESCARTES RELATIVE A LA REFLEXION :

► Première loi de Descartes relative à la réflexion:

Le rayon incident, la normale au miroir au point d'incidence et le rayon réfléchi sont situés dans un même plan.

► Deuxième loi de Descartes relative à la réflexion :

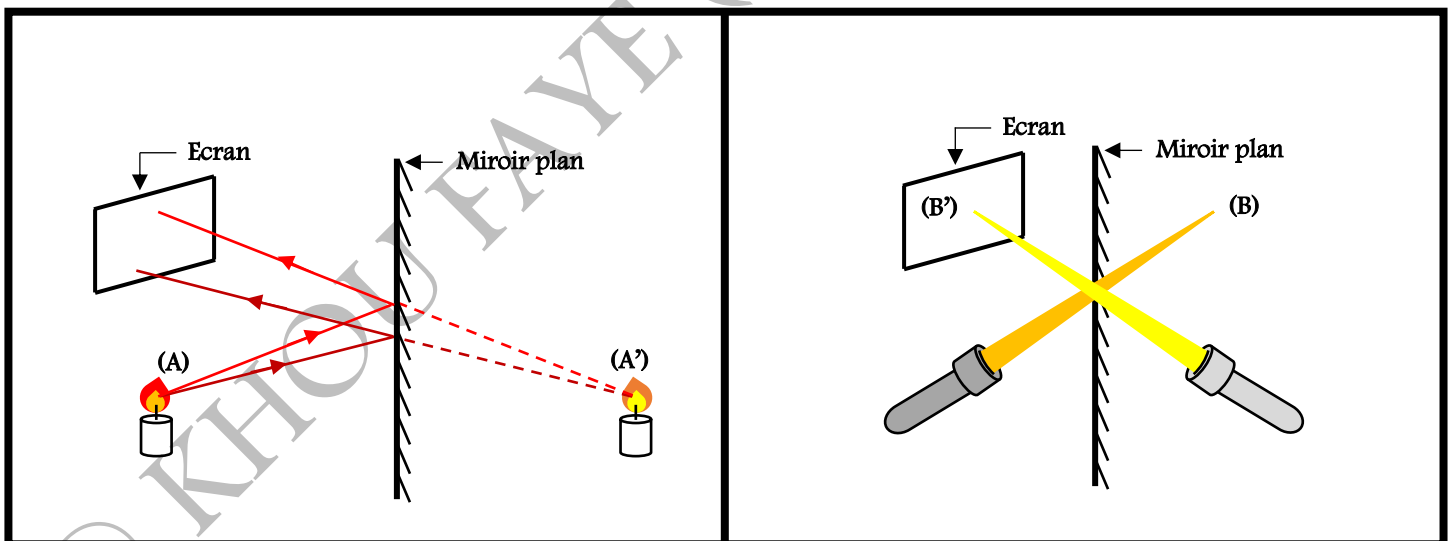
L'angle de réflexion r est égal à l'angle d'incidence i sont égaux ($i = r$).

I-5/ OBJET REEL, OBJET VIRTUEL, IMAGE VIRTUELLE, IMAGE REELLE :

I-5-1/ EXPERIENCES :

Soient les deux expériences suivantes:

- Dans l'**expérience (1)** on considère une bougie allumée placée en amont (devant) un système optique (miroir plan).
- Dans l'**expérience (2)** on remplace la bougie allumée contre une lampe torche.



I-5-2/ OBSERVATIONS :

On constate:

- Dans l'**expérience (1)** que les rayons lumineux provenant d'un point (A) de la bougie allumée, divergent au niveau du plan du système optique et que les rayons réfléchis par ce dernier semblent provenir d'un point (A') situé en aval (derrière) le système optique: le point (A'), l'image du point (A) ne se forme pas sur l'écran.

► Dans l'expérience (2) que le faisceau lumineux issu de la torche **semble converger** en un point (B) situé en aval (derrière) du système optique et que aussi ce faisceau lumineux réfléchi par le système optique converge en un point (B') situé en amont (devant) le système optique: le point (B'), l'image du point (B) se forme sur l'écran.

I-5-3/ CONCLUSIONS :

Dans l'expérience (1), le point (A) est un **objet réel** pour le miroir. Son image le point (A') est une **image virtuelle** car il ne peut pas apparaître sur un écran.

Dans l'expérience (2), le point (B) est un **objet virtuel** pour le miroir. Son image le point (B') est une **image réelle** car il peut apparaître sur un écran.

I-5-4/ DEFINITIONS :

► **Objet réel** : c'est un objet situé en amont (devant) de la face d'entrée du système optique dans l'espace objet réel. Des rayons (bien réels) partent des points qui constituent cet objet vers la face d'entrée du système optique.

► **Objet virtuel** : c'est un ensemble de points définis par la convergence de prolongement de rayons. Il est situé en aval (derrière) de la face d'entrée du système optique, dans l'espace objet virtuel. La convergence des rayons qui définissent un tel objet n'aurait réellement lieu qu'en l'absence du système optique.

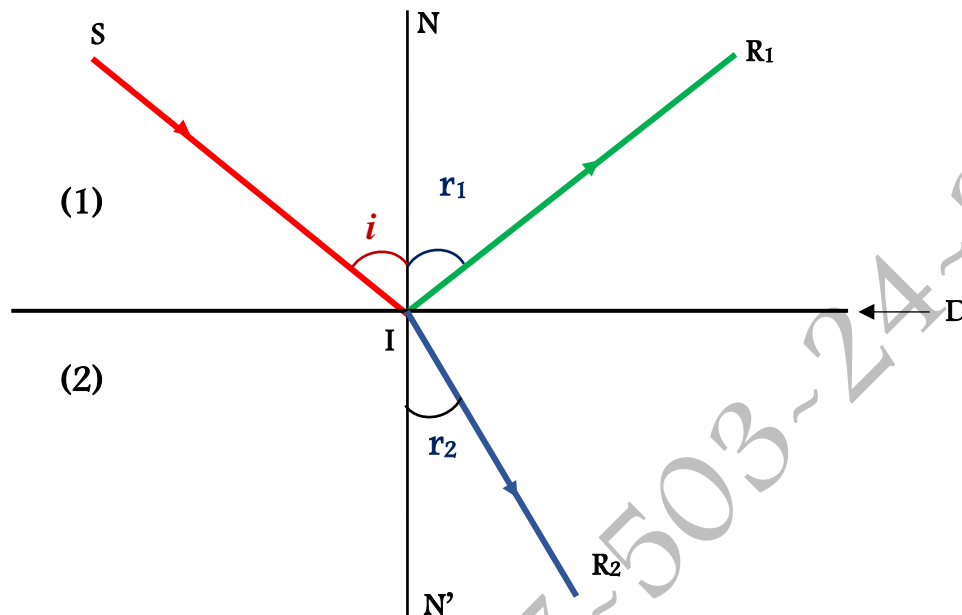
► **Image réelle** : c'est un ensemble de points définis par la convergence de prolongement de rayons situés en aval (derrière) de la face d'entrée du système optique.

► **Image virtuelle** : c'est un ensemble de points définis par la convergence de prolongement de rayons situés en amont (devant) de la face d'entrée du système optique.

CHAPITRE P15: REFRACTION ~ DISPERSION DE LA LUMIERE

I/ REFRACTION DE LA LUMIERE :

I-1/ MISE EN EVIDENCE :



(1) et (2) : deux milieux transparents

D : surface de séparation des deux milieux (on l'appelle surface réfringente ou dioptre)

I : point d'incidence

NN' : la normale en I au dioptre

SI : rayon incident

IR_1 : rayon réfléchi

IR_2 : rayon réfracté (rayon qui traverse la surface de séparation)

i = angle d'incidence

r_1 = angle de réflexion

r_2 : angle de réfraction (angle entre le rayon réfracté et la normale)

I-2/ DEFINITIONS :

► On appelle **réfraction** le brusque changement de direction que subit la lumière en traversant la surface de séparation de deux milieux transparents.

► On appelle **milieu réfringent** un milieu qui a la **capacité de réfracter la lumière**.

REMARQUES :

► La réfraction s'accompagne toujours de la réflexion sur la surface de séparation des deux milieux.

► Lorsque le rayon réfracté se rapproche de la normale NN' ; le second milieu est dit plus réfringent que le premier milieu.

► Lorsque le rayon réfracté s'éloigne de la normale NN' ; le second milieu est dit moins réfringent que le premier milieu.

I-3/ LOIS DE LA REFRACTION :

► **Première loi relative à la réfraction :**

Le rayon incident, la normale à la surface de séparation et le rayon réfracté sont situés dans un même plan. Rayon incident et rayon réfracté sont situés de part et d'autre de la normale au point d'incidence.

► **Deuxième loi relative à la réfraction :**

Pour un dioptre donné ; le rapport du sinus de l'angle d'incidence sur sinus de l'angle de réfraction est constant quelque soit la valeur de l'angle d'incidence.

$$n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r_2) \Rightarrow \frac{\sin(i)}{\sin(r_2)} = \frac{n_2}{n_1}$$

I-4/ NOTION D'INDICE DE REFRACTION :

I-4-1/ INDICE RELATIF :

La valeur du rapport constant $\frac{\sin(i)}{\sin(r_2)}$ est appelée **indice de réfraction du second milieu par rapport au premier milieu** et se note $n_{2/1} = \frac{n_2}{n_1}$. C'est donc **un indice relatif** qui caractérise le dioptre.

$$\frac{\sin(i)}{\sin(r_2)} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2/1}$$

► Si $n_{2/1} > 1$ alors le milieu (2) est plus réfringent que le milieu (1) $\Rightarrow \sin(i) > \sin(r_2) \Rightarrow (i) > (r_2)$: le rayon réfracté se rapproche de la normale.

► Si $n_{2/1} < 1$ alors le milieu (2) est moins réfringent que le milieu (1) $\Rightarrow \sin(i) < \sin(r_2) \Rightarrow (i) < (r_2)$: le rayon réfracté s'éloigne de la normale.

REMARQUE :

Une étude plus approfondie permet de relier cet indice relatif aux vitesses de propagation de la lumière dans les deux milieux. On a alors:

$$n_{2/1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{C_1}{C_2} \text{ avec } C_1 \text{ et } C_2 \text{ les célérités respectives des milieux (1) et (2)}$$

I-4-2/ INDICE ABSOLU :

On appelle **indice absolu** d'un milieu, son indice par rapport au vide on le note n_{milieu} .

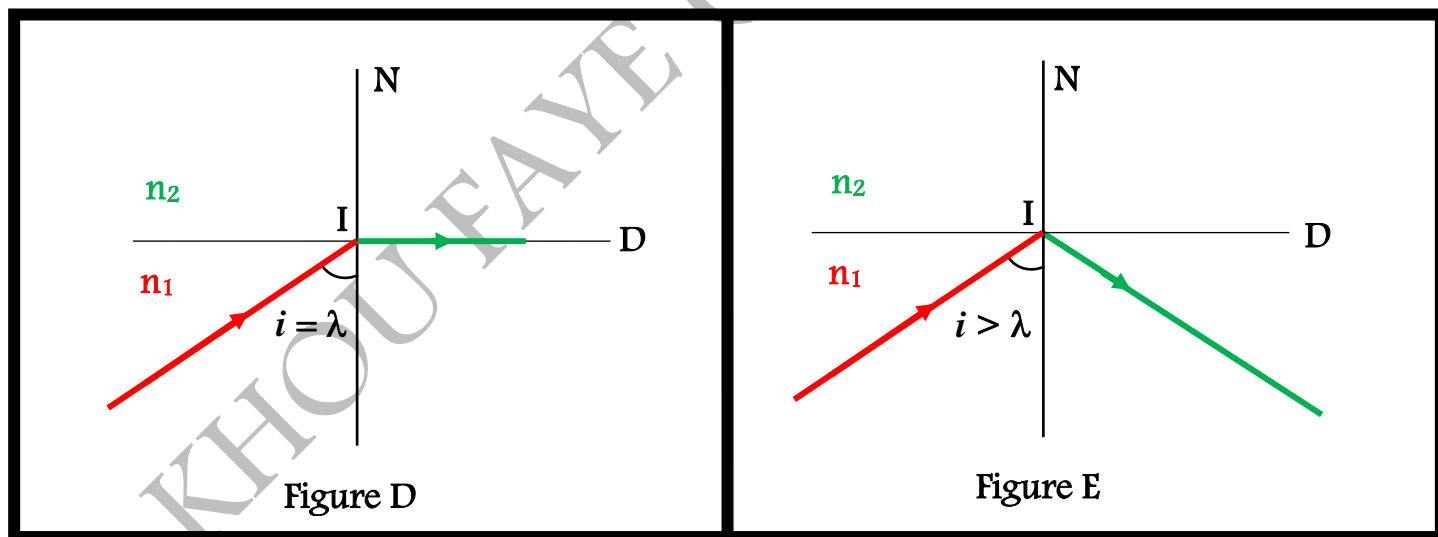
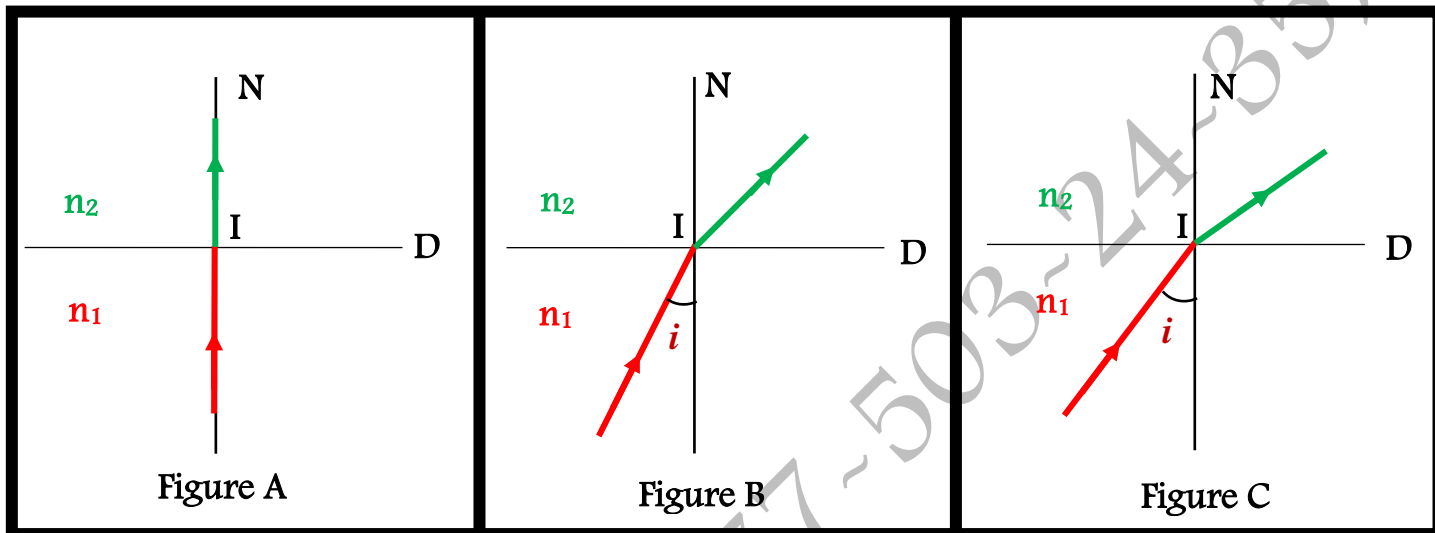
$$n_{\text{milieu}} = \frac{n_{\text{milieu}}}{n_{\text{vide}}} = \frac{C_{\text{vide}}}{C_{\text{milieu}}}$$

REMARQUE :

Comme $C_{\text{vide}} = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ est la plus grande vitesse que l'on connaisse, on a donc toujours l'indice absolu d'un milieu transparent quelconque supérieure à 1.

I-5/ ANGLE LIMITE DE REFRACTION ET REFLEXION TOTALE :

Envisageons le passage de la lumière d'un milieu donné (1) dans un autre milieu (2) moins réfringent ($n_1 > n_2$)



I-5-1/ ANGLE INCIDENT (D'INCIDENCE) NORMALE: FIGURE A :

$i = 0^\circ \Rightarrow r_2 = 0^\circ$: un **rayon normal** à la surface réfringente traverse cette surface **sans déviation**.

I-5-2/ AUGMENTATION DE L'ANGLE INCIDENT (D'INCIDENCE): FIGURE B ET C :

Comme ($n_1 > n_2$), on en déduit que $\sin(r_2) > \sin(i)$ et donc $(r_2) > (i)$. Le rayon réfracté s'écarte de la normale. De plus si (i) augmente (r_2) augmente également.

I-5-3/ ANGLE INCIDENT (INCIDENCE) ATTEINT UN ANGLE λ TEL QUE $\sin \lambda = \frac{n_2}{n_1}$: FIGURE D :

$i = \lambda \Rightarrow r_2 = 90^\circ$: le rayon réfracté est contenu dans le plan du dioptre. C'est l'émergence rasante.

I-5-4/ ANGLE INCIDENT (INCIDENCE) SUPERIEUR A λ : FIGURE E :

$i > \lambda \Rightarrow$ le rayon réfracté n'existe plus ; toute la lumière incidente est réfléchi. C'est la réflexion totale.

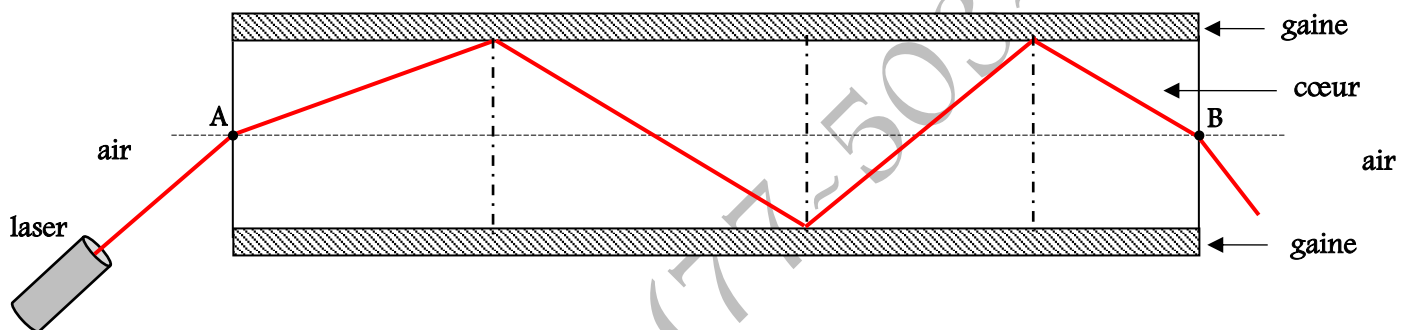
La surface réfringente se comporte donc comme un miroir parfaitement réfléchissant.

L'angle λ caractéristique du dioptre en question est appelé angle limite de la réflexion totale.

II/ Applications de la réflexion totale: les fibres optiques

Le rayon lumineux entrant en A subit un très grand nombre de réflexions totales ($i > \lambda$) et sort finalement en B.

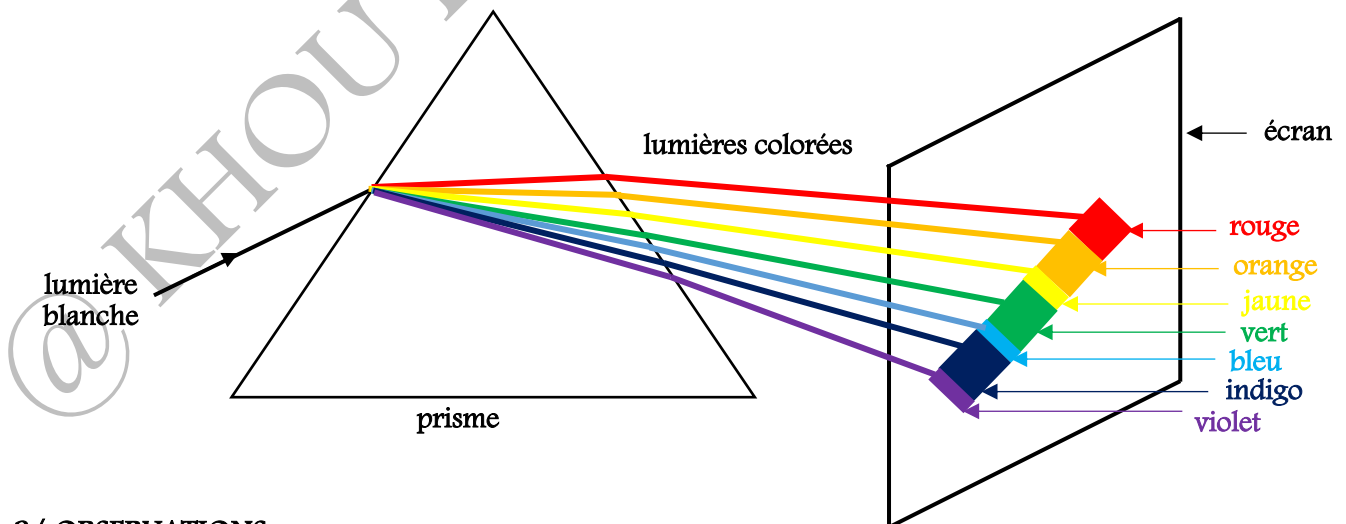
Applications en médecine (endoscopie) et en électronique (transmission de données)



III/ DISPERSION DE LA LUMIERE BLANCHE PAR UN PRISME :

III-1/ EXPERIENCE :

Faisant subir à un mince faisceau de lumière blanche deux réfractions successives à travers un prisme en verre.



III-2/ OBSERVATIONS :

On constate que:

- La lumière blanche, en passant à travers le prisme se décompose en un spectre (en lumières colorées) allant du rouge au violet (couleur de l'arc en ciel).

- ▶ La lumière rouge est moins déviée que la lumière violette.

III-3/ INTERPRETATION :

La lumière blanche est constituée de plusieurs lumières (ou radiations) colorés d'indices de réfraction différents.

IV/ LUMIERE MONOCHROMATIQUE ET LUMIERE POLYCHROMATIQUE :

- ▶ On appelle **lumière monochromatique**, une lumière constituée **d'une seule lumière**. Autrement dit c'est une lumière **qu'on ne peut pas décomposer en un spectre** (Exemple: lumière rouge d'un laser).
- ▶ On appelle **lumière polychromatique**, une lumière constituée **de plusieurs lumières (ou radiations)**. Autrement dit c'est une lumière **qu'on peut décomposer en un spectre** (Exemple: lumière blanche).

@ KHOU FAYE (77-503-24-35)