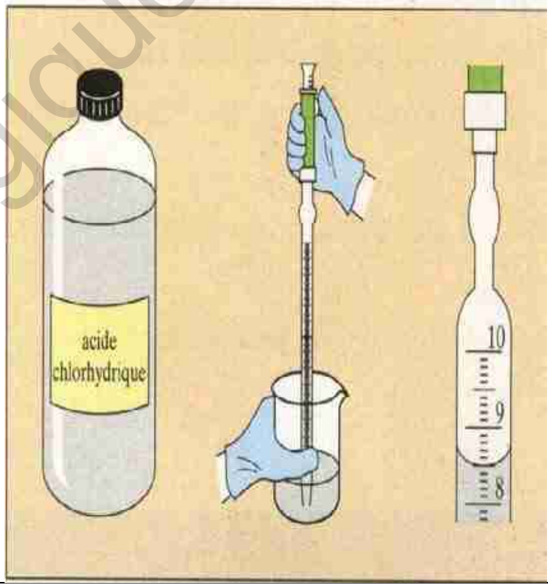
Physique-Chimie

(6AS)



Les Auteurs :

Dah Ould Mohamed El Moctar	*Conseiller pédagogique (IPN)*
Mohamed Ould Levdal	*Conseiller pédagogique (IPN)*
Mohamed Ould Sidi Salem	*Conseiller pédagogique (IPN)*
Abdellahi Ould Veten	*Conseiller pédagogique (IPN)*
Souleymane Ould Amar	*C.P.E.S*

TABLE DES MATIERES

AVANT- PROPOS

L'institut Pédagogique National a le plaisir de présenter à la famille scolaire un projet de manuel de l'élève pour la 6ème année du secondaire conformément aux nouveaux programmes de la réforme de 1999. Ce document a été réalisé dans des conditions d'urgence.

Il a été procédé à l'adoption d'une méthodologie particulière :

- *L'essentiel du cours ;*
- *Applications ;*
- *Exercices.*

L'IPN souhaite que les utilisateurs de ce projet de manuel lui fassent parvenir leurs remarques et suggestions constructives pour une prise en compte dans l'édition définitive.

L'Institut Pédagogique National

Physique

Première partie :

Mécanique

Chapitre I : Cinématique

L'Essentiel :

I) Généralités

1) Définition :

La cinématique étudie les mouvements des solides sans se préoccuper de leurs causes (c'est-à-dire des forces).

2) Relativité du mouvement :

La notion de mouvement ou de repos est relative, d'où la nécessité de définir un référentiel.

3) le référentiel :

Le référentiel ou solide de référence est le solide par rapport auquel on décrit le mouvement d'un mobile.

4) Repère :

4-a) Repère d'espace :

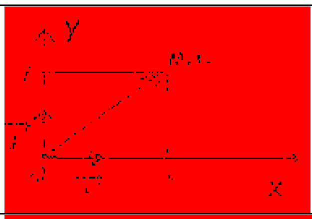
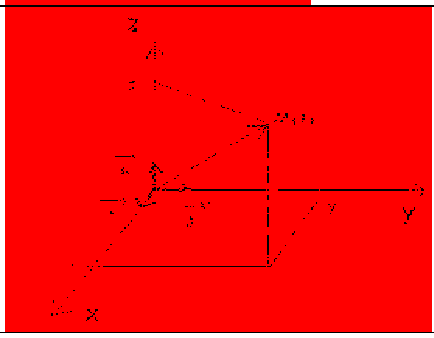
C'est une base $(o,\vec{i})$, $(o,\vec{i},\vec{j})$ ou $(o,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ dont on munit le référentiel pour positionner le mobile au cours du temps.

4-b) Repère de temps :

IL est défini par le choix d'une origine des dates (t=0) et d'une unité de temps (seconde en SI).

5) Vecteur position :

C'est le vecteur $(\overrightarrow{OM})$ qui donne la position du mobile à l'instant t

Mouvement sur une droite		$\overrightarrow{OM} = x\vec{i}$
Mouvement dans un plan		$\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$
Mouvement dans l'espace		$\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

6) Trajectoire :

C'est l'ensemble des positions occupées par le mobile au cours du temps. Si la trajectoire est une droite, le mouvement est rectiligne. Dans les autres cas le mouvement est curviligne.

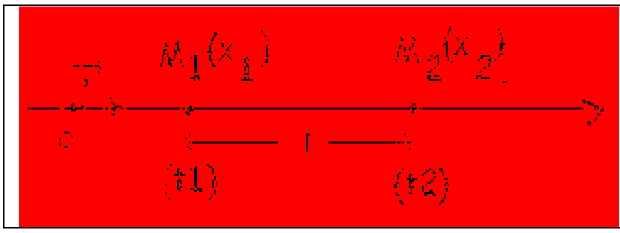
7) Vitesse d'un mobile

7-1) Vitesse moyenne :

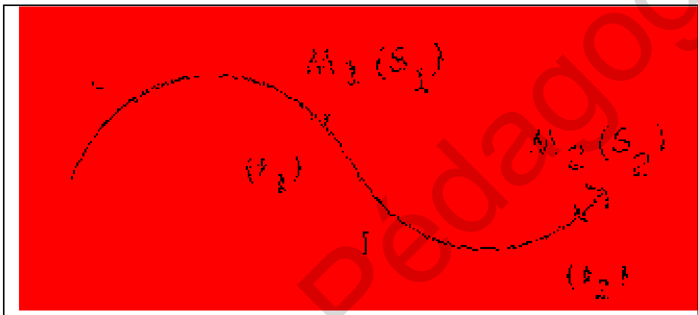
$$V_m = \frac{distance\ parcourue}{temps\ mis} = \frac{l}{t}$$

l en mètre et t en seconde

- Cas d'un mouvement rectiligne

	$V_m = \frac{d}{t}, V_m = \frac{M_1M_2}{t}\ donc\ V_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$

- Cas d'un mouvement curviligne

	$V_m = \frac{d}{t}, V_m = \frac{\overset{\frown}{M_1M_2}}{t}\ donc\ V_m = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$

7-2) Vitesse instantanée :

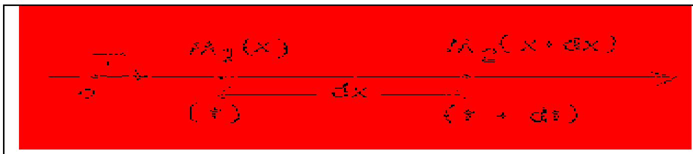
La vitesse instantanée V d'un mobile à l'instant t est la vitesse moyenne de ce mobile calculée sur un intervalle de temps très petit au voisinage de l'instant t.

$$\vec{V} = \lim_{t_1 \to t_2} V_m = \frac{d(\overrightarrow{OM})}{dt}$$

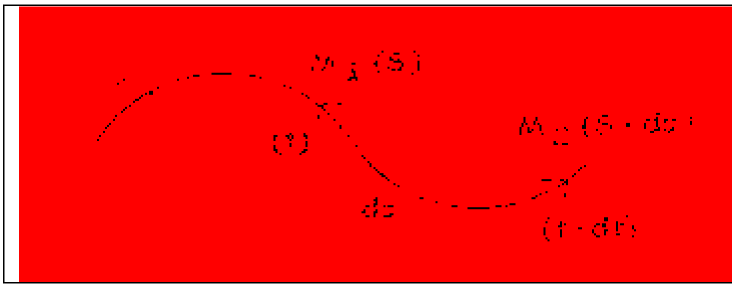
Soit dl la distance parcourue par le mobile pendant le temps dt. La vitesse instantanée ou vitesse à l'instant t est définie par :

$$v = \frac{dl}{dt}$$

- Cas d'un mouvement rectiligne :

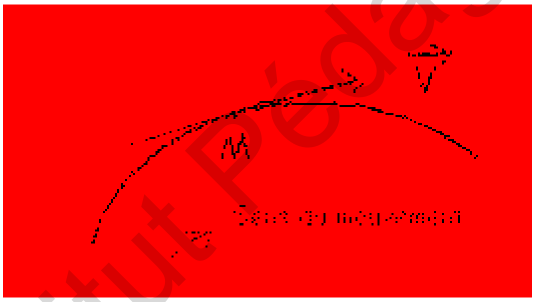
	$v = \dfrac{(x+dx)-x}{(t+dt)-t} = \dfrac{dx}{dt}$

- Cas d'un mouvement curviligne:

	$v = \dfrac{(s+ds)-s}{(t+dt)-t} \Rightarrow \dfrac{ds}{dt}$

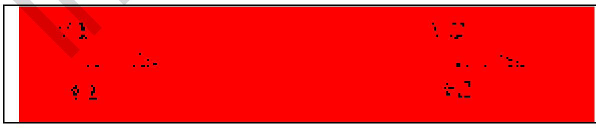
7-3) Caractéristiques du vecteur vitesse :

- Origine : la position du mobile à l'instant t
- Direction : la tangente en M à la trajectoire
- Sens : celui du mouvement
- Norme : $v = \dfrac{d(OM)}{dt}$ $avec\ v\ en\ \ m/s$



8) Accélération d'un mobile :

8-1) Accélération moyenne :

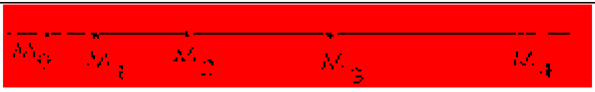
	$a_m = \dfrac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ $a_m = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ $avec\, a_m\, en\ m/s^2$

8-2)Accélération instantanée ou accélération à l'instant t

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \vec{a}_m = \frac{d(\vec{v})}{dt}$$

9) Les enregistrements

Dans un enregistrement la durée entre deux marquages successifs est constante et petite par rapport à la durée totale du mouvement notée τ .

	En un point $M_i : V_i = \dfrac{M_{i+1}M_{i-1}}{2\tau}$ $\quad a_i = \dfrac{v_{i+1} - v_{i-1}}{2\tau}$

II) Applications

<u>Application(1)</u> :

Les coordonnées d'un point M en mouvement dans le repère (O, i, j) sont données par : X = 2t + 1 et Y = t^2

a) Donner l'expression de $\overrightarrow{OM}$ et calculer son module à t = 0

b) Donner l'expression de $\vec{v}$ et calculer son module à t=0

c) Donner l'expression de $\vec{a}$ et calculer son module

d) Donner l'équation de la trajectoire et en déduire sa nature

Corrigé :

$$1°)\ \overrightarrow{OM} = x.\vec{i} + y.\vec{j} \qquad \overrightarrow{OM} = (2t+1)\vec{i} + t^2\vec{j}\ donc\ OM = \sqrt{(2t+1)^2 + (t)^2}$$

$$à\,t = 0 \quad OM_o = \sqrt{(2.0+1)^2 + (0)^2} \Rightarrow OM_o = 1m$$

$$2°)\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt} \qquad \vec{v} = 2.\vec{i} + 2t.\vec{j} \quad donc\ v = \sqrt{(2)^2 + (2t)^2}$$

$$à\,t = 0 \quad v_o = \sqrt{(2)^2 + (2.0)^2} \Rightarrow v_o = 2m/s$$

$$3°)\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow \vec{a} = 2.\vec{j}\ donc\ a = \sqrt{(2)^2} \Rightarrow a = a_0 = 2m/s^2$$

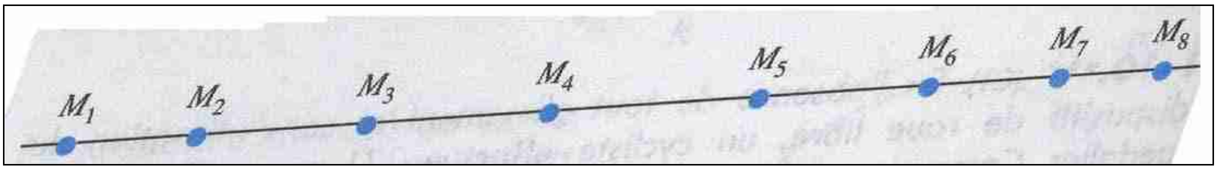
$$4°)\,x = 2t+1 \quad (1) \quad et \quad y = t^2 \quad (2) \quad de(1)\ t = \frac{x-1}{2} \quad dans(2)\ y = \left(\frac{x-1}{2}\right)^2 \ y = \frac{x^2}{4} - \frac{x}{2} + \frac{1}{4}$$

Nature de la trajectoire : parabole

<u>Application (2)</u> : Soit le mouvement rectiligne reproduit ci-dessous. Le mobile se déplace de la gauche vers la droite a inscrit ses marques à des instants séparés par des intervalles de temps tous égaux $\tau = 80ms$.

a) Déterminer les vitesses moyennes entre les positions M_1 et M_5 ; puis entre M_3 et M_8

b) Déterminer les vitesses instantanées en M_4 et M_7.



Corrigé :

a) La vitesse moyenne est le rapport entre la distance parcourue et la durée correspondante.

On note $V_{1\text{-}5}$ la vitesse moyenne entre M_1 et M_5.

$$V_{1-5} = \frac{M_1M_5}{t_{1-5}} = \frac{M_1M_5}{4\tau} = \frac{5{,}3.10^{-2}}{4.80.10^{-3}} = 0{,}17 m/s$$

De la même manière :

$$V_{3-8} = \frac{M_3M_8}{t_{3-8}} = \frac{M_3M_8}{5\tau} = \frac{6{,}1.10^{-2}}{5.80.10^{-3}} = 0{,}15 m/s$$

b) Les vitesses ne peuvent qu'être rapprochées

$$V_4 \approx V_{3-5} = \frac{M_3M_5}{t_{3-5}} = \frac{M_3M_5}{2\tau} = \frac{3.10^{-2}}{2.80.10^{-3}} = 0{,}19 m/s$$

De la même manière :

$$V_7 \approx V_{6-8} = \frac{M_6M_8}{t_{6-8}} = \frac{M_6M_8}{2\tau} = \frac{1{,}8.10^{-2}}{2.80.10^{-3}} = 0{,}11 m/s$$

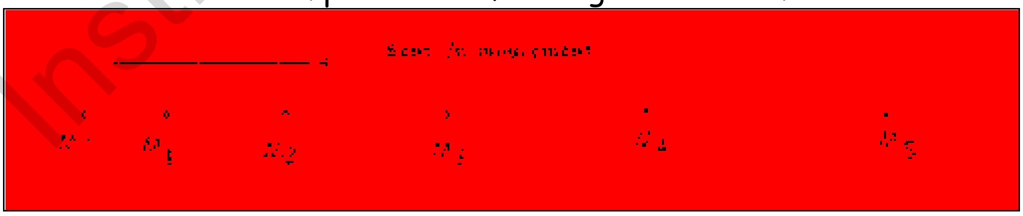
III) Exercices

Exercice 1 : Les équations paramétriques de la trajectoire d'un mobile sont:

$$\begin{cases} x(t) = t - 1 \\ y(t) = 2t + 3 \end{cases}$$

1) Donner les caractéristiques (composantes, module) du vecteur vitesse du mobile à l'instant t.
2) Donner les caractéristiques (composantes, module) du vecteur accélération à l'instant t
3) Donner l'équation de la trajectoire et préciser le sens du déplacement du mobile.

Exercice 2 : Un mobile parcourt les distances suivantes pendant des intervalles de temps successifs et égaux θ = 50ms.



Echelle: 1cm =deux carreaux

1. Calculer les vitesses de ce mobile aux points M_1, M_2, M_3, et M_4.
2. Calculer les accélérations de ce mobile aux points M_2 et M_3.

Exercice 3 : Les équations paramétriques du mouvement d'un point matériel sont données par

$$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x = 2t + 1 \\ y = \dfrac{1}{2}t^2 \end{cases}$$

- Donner les coordonnées du mobile aux instants: t=1 ; 3; 5 s.
- Donner les composantes du vecteur vitesse.
- Calculer la vitesse à l'instant t =3s.
- Donner les composantes du vecteur accélération.
- Donner l'équation de la trajectoire.

<u>Exercice 4</u> :

Calculer la distance qui sépare les surfaces de la terre et de la lune sachant qu'un signal lumineux produit par un laser et qui subit une réflexion sur un réfracteur déposé sur la lune par des astronautes d'une mission Apollo met un temps de 2,5s pour effectuer le trajet aller et retour.

On donne vitesse de la lumière dans le vide V=300 000Km/s

<u>Exercice 5</u> :

Un train roule sur une voie rectiligne à la vitesse de 260 Km/h. La longueur du convoi vaut 400m.

1) Un hélicoptère volant à 300 Km/h le long de la même voie et dans le même sens que le train arrive à l'aplomb de la queue du convoi. Quel temps mettra-t-il pour en atteindre la tête ? Même question si l'hélicoptère vole à 265 Km/h.
2) On suppose maintenant que le train roulant à 260 Km/h et l'hélicoptère volant à 300 Km/h se croisent sur la voie rectiligne. Calculer le temps pendant lequel l'hélicoptère va rester à l'aplomb du train. Même question si l'hélicoptère vole à 250 Km/h.

<u>Exercice 6</u> :

La photographie ci-contre est une chronophotographie d'une bille lors du lancement (sens du mouvement de bas en haut). La durée entre deux prises de vue consécutives est θ=0,01s.

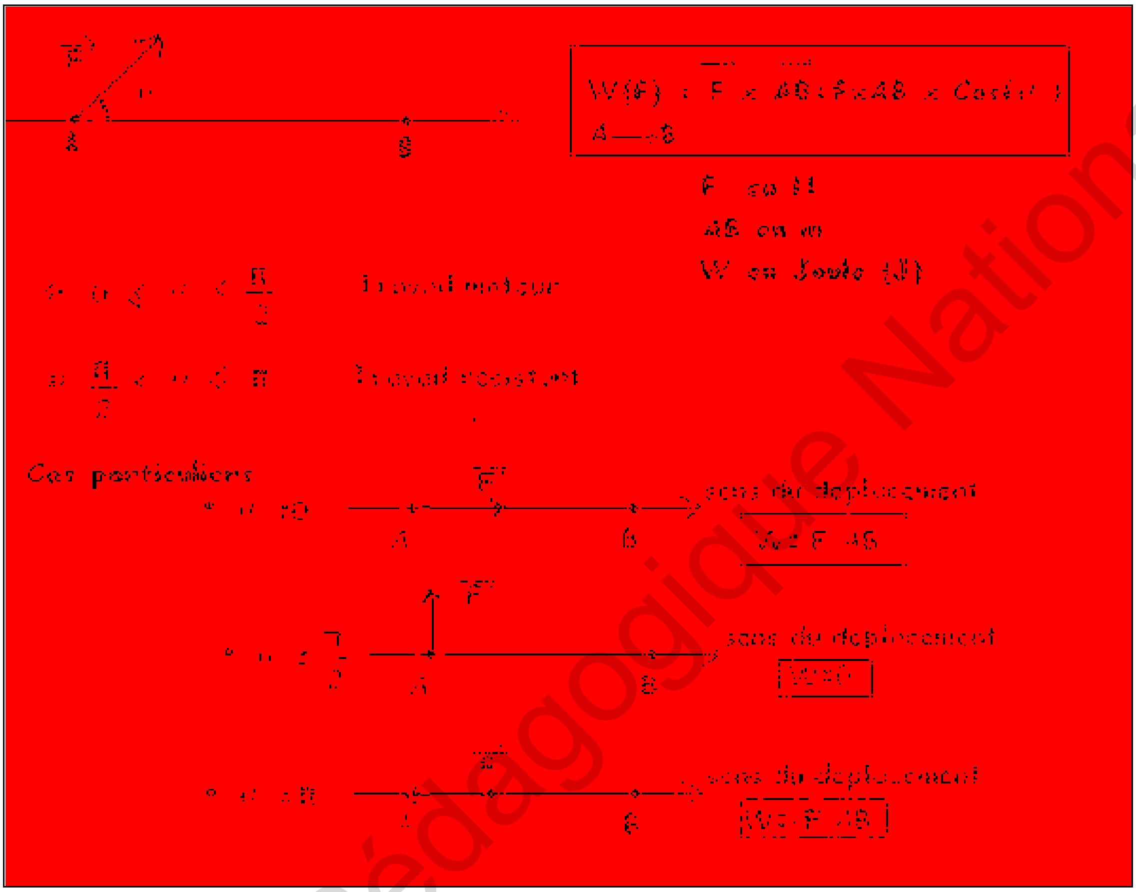
1) Quelle est la trajectoire du centre de la bille ? 2) Quelle est la nature du mouvement du centre de la bille ? Justifier la réponse. 3) L'échelle du document est $\frac{1}{4}$. Calculer la vitesse instantanée lors du passage par : a) la 3^{e} position photographiée. b) la 7^{e} position photographiée.	

Chapitre II : Théorème de l'énergie cinétique

L'Essentiel :

I Travail d'une force constante

1) Définition :



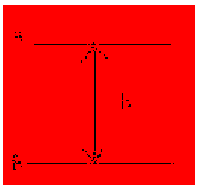
2) Exemples de travail de forces constantes :

- **Travail du poids :**

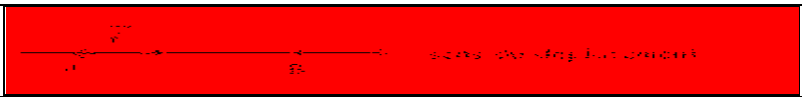
$W_{AB}(\vec{P})$ = m.g.h cas d'une descente

$W_{AB}(\vec{P})$ = - m.g.h cas d'une montée

Avec h différence de niveaux entre les plans horizontaux passant par A et B

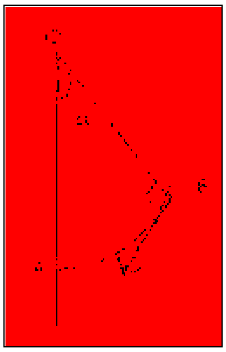


- Travail de la force de frottement
- Déplacement rectiligne :

$W_{AB}\left(\vec{f}\right) = -f.AB$	

- **Déplacement curviligne :**

OA=OB=R



$$W_{AB}(\vec{f}) = -f.\left(\widehat{AB}\right) \ avec \ \widehat{AB} = R.\alpha \ Donc \ W_{AB}(\vec{f}) = -f.R.\alpha$$

II. Notion de puissance

1) Puissance moyenne

La puissance moyenne P_m d'une force est le quotient du travail W qu'elle effectue par le temps Δt mis pour l'effectuer.

$$P_m = \frac{W\left(\vec{F}\right)}{\Delta t} \ ; \ W \ en \ J \ ; \ \Delta t \ en \ s \ ; P_m \ en \ watt \ (W)$$

2) puissance instantanée

$$P = \lim_{\Delta t \to 0} P_m = \frac{dW}{dt} \ ; \ dW = \vec{F}.\vec{dl} \ \ donc \ P = \frac{\vec{F}.\vec{dl}}{dt} = \vec{F}.\vec{V}$$

III. Energie cinétique

1) Définition

a) Cas d'un point matériel :

$Ec = \frac{1}{2} m V^2$ m masse du point matériel ; v la vitesse du point matériel et Ec l'énergie cinétique du point matériel. Ec en joule, m en kg et v en m/s

b) Cas d'un solide en translation :

Tous les points ont la même vitesse : $Ec = \sum \frac{1}{2} m_i V^2 = \frac{1}{2} V^2 \sum m_i = \frac{1}{2} M V^2$ avec $M=\sum m_i$

2) Théorème de l'énergie cinétique

Enoncé : « La variation de l'énergie cinétique d'un solide entre les instants t_1 et t_2 est égale à la somme algébrique des travaux de toutes les forces qui lui sont appliquées pendant la durée de la variation »

$\Delta Ec = \sum W\left(\vec{F_{ex}}\right)$; $Ec_2 - Ec_1 = \sum W\left(\vec{F_{ex}}\right)$

IV. Applications :

Application (1) : Calculer l'intensité de la force motrice permettant à un véhicule de masse m = 1 tonne de faire passer sa vitesse de V_1 =72km/h à V_2= 108km/h, sur une route horizontale parfaitement lisse pour un parcours de 100m.

Corrigé :

$\Delta Ec = \sum W(F_{ex})$; $Ec_2 - Ec_1 = \sum W(F_{ex}) = Wp + W_R + W_F$; $W_R=0$ et $W_P=0$

$\frac{1}{2} m(V_2^2 - V_1^2) = F\,l \quad F = \frac{1}{2} m(V_2^2 - V_1^2)/l$

AN: V_2= 108km/h= 108x1000/3600= 30m/s V_1= 72km/h= 72x1000/3600= 20m/s

et m= 1t=1000kg

$F = \frac{1}{2}\, 1000(30^2 - 20^2)/100 = 2500N.$

Application (2): Une automobile de masse m= 900 kg lancée à 100 km/h freine brutalement en bloquant ses 4 roues. On suppose qu'elle poursuit son mouvement dans l'axe de la route horizontale. Elle s'arrête au bout de 97,0 m, ce qui représente une durée de 6,54 s.

1) Calculer l'énergie cinétique initiale de la voiture. Dans quel référentiel est-elle définie ?

2) On suppose que la force de frottement $\vec{F}$ de la route sur les pneus est constante, de même direction et de sens opposé à la vitesse de la voiture. Préciser les forces extérieures agissant sur la voiture et déterminer la valeur F de la force de frottement.

3) Calculer la puissance moyenne de cette force au cours du freinage.

Corrigé

1) référentiel terrestre galiléen

exprimer la vitesse en m/s : 100 / 3,6 = 27,77 m/s.

énergie cinétique juste avant le freinage :$0,5 \times 900 \times 27,77^2$ = 347 000 J = 347 kJ

énergie cinétique finale nulle à l'arrêt de la voiture

variation énergie cinétique : 0 -347 000 = -347 000 J.

<u>2) la voiture est soumise à</u> :

Poids vertical vers le bas 900x9,8 N, perpendiculaire à la vitesse donc le poids ne travaille pas.

Action du sol perpendiculaire au sol vers le haut ; cette action perpendiculaire à la vitesse ne travaille pas.

La force de freinage parallèle à la route de sens opposé à la vitesse.

travail résistant des frottements = - 97 F

Le travail des frottements est égal à la variation de l'énergie cinétique :

- 347 000 = -97 F

F = 3580N.

3) La puissance moyenne des frottements =travail des frottements / durée du freinage

- 347 000 / 6,54 = -53 000 watts.

V. Exercices :

Exercice 1:

Su rune route horizontale, un véhicule de masse 900Kg, 90Km/H au compteur, aborde une phase de freinage. Le conducteur immobilise son véhicule sur une distance de 100m. L'ensemble des frottements est équivalent à une action globale $\vec{f}$, d'intensité supposée constante durant la phase de freinage.

1°) Quelles sont les différentes causes du frottement subi par le véhicule ?

2°) Représenter au centre d'inertie G du véhicule, toutes les actions qu'il subit.

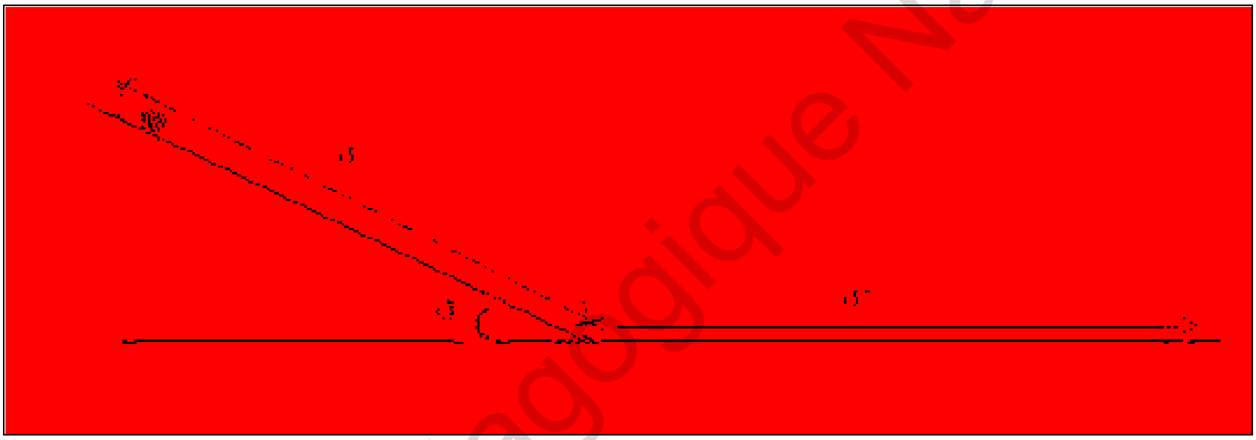
3°) Calculer f ?

Exercice 2 :

Un solide de S de masse 400g abandonné sans vitesse initiale, glisse sur un plan incliné d'un angle α=35° par rapport au plan horizontal. Le plan incliné est raccordé à un plan horizontal. On prend $g=9{,}80 m/s^2$.

S assimilable à un point matériel, a été lâché d'une distance d=2m de la ligne de raccordement. (On admettra que le passage de S sur cette ligne ne produit pas de choc susceptible de modifier la valeur v de sa vitesse).

Quelle distance d' le solide S parcourt-il sur le plan horizontal avant de s'arrêter si on suppose que les frottements sont représentés par une force unique $\vec{f}\,'$ d'intensité f'= 0,75N pendant toute la durée du mouvement.



Exercice 3 :

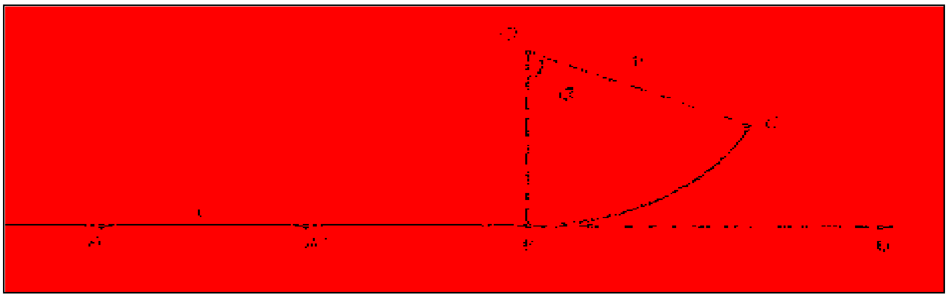
On lance un projectile M de masse m sur une piste dont la trace ABC est représentée dans un plan vertical.

AB est horizontal, BC est circulaire de rayon R tangente en B à AB, les frottements ainsi que la résistance de l'air sont négligeables. Le lancement est effectué en faisant agir sur M initialement au repos en A une force $\vec{F}$ horizontale, d'intensité F constante, sur la longueur AA'=l.

1°) Déterminer la vitesse Vc du projectile au point C en fonction de F, m, R, l,g et α. Quelle doit être la valeur minimale de F pour que M atteigne C ?

Application numérique : m=0,1Kg, R=0,8m, α=60°, l=0,5m, $g=10 m/s^2$

2°) Représenter les vecteurs vitesse $\vec{V_c}$ au point C où le projectile quitte la piste et au point D ou il reprend contact avec le sol horizontal.



<u>Exercice 4</u> :

On étudie le mouvement d'un skieur nautique lors d'un saut au tremplin.

<u>1</u>

<u>$1^{ère}$ Phase :</u>

Le skieur de masse 70Kg partant sans vitesse initiale du point A est tracté par un canot par l'intermédiaire d'un câble tendu, parallèle au plan d'eau.

Après un parcours de 200m le skieur atteint la vitesse de 72Km/h au point B. Le frottement de l'eau est équivalent à une force constamment opposée à la vitesse, d'intensité moyenne 2000N.

1) Quelle est l'énergie cinétique du skieur au point B ?

2) Quel est, au cours de cette phase, l'intensité moyenne de la force de traction exercée par le câble sur le skieur ?

3) Calculer la puissance moyenne du moteur du canot au cours de cette phase, si elle dure 20 S.

<u>2^{eme} Phase :</u>

Le skieur lâche le câble et aborde un tremplin de longueur BC= 10m et de hauteur CH= 5m au dessus du plan d'eau. Les frottements moyens le long du tremplin sont équivalents à une force de 500N.

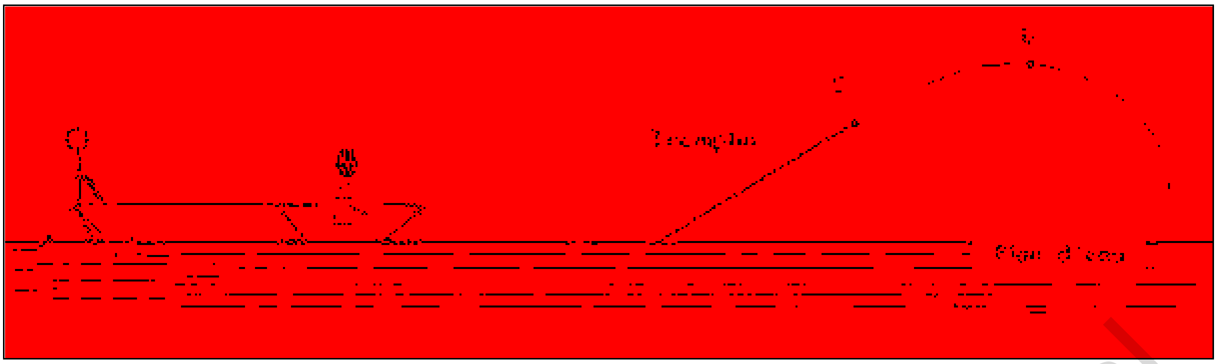
4) Calculer la vitesse du skieur au point C, sommet du tremplin.

<u>3^{eme} Phase :</u>

Le skieur effectue le saut. On suppose les frottements de l'air négligeables.

5) La vitesse au sommet de la trajectoire du skieur est V=9m/s. Quelle est la hauteur du point D, sommet de sa trajectoire ?

6) Quelle est la vitesse V_E du skieur lorsqu'il reprend contact avec l'eau. Indiquer le sens et la direction des vecteurs vitesse en C et D ($g=10m/s^2$)

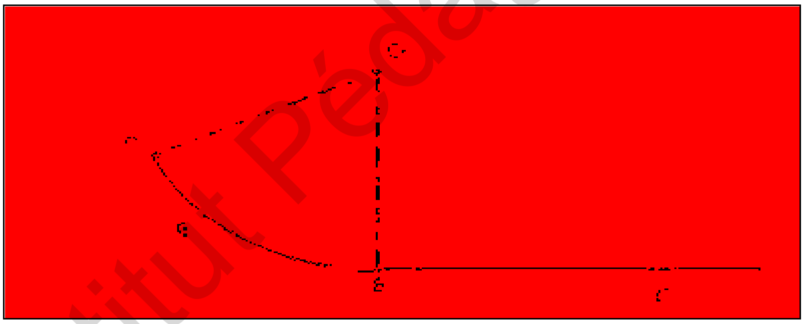


Exercice 5 :

Un cube M de masse m=1Kg assimilable à un point matériel glisse sur une piste formée de deux parties AB et BC contenues dans un même plan vertical. $\widehat{AB}$ Représente 1/6 de circonférence, de centre O, de rayon r=15m et BC une partie rectiligne de longueur l=15m.

Le cube est lancé en A avec une vitesse initiale $\overrightarrow{V_A}$ telle que $V_A = 6m/s$.

1) On néglige les frottements. Calculer la vitesse acquise au point E tel que $\widehat{AOE} = \frac{\pi}{6}$ ainsi que celle acquise au point C.
2) En fait sur le trajet ABC existent des forces de frottement assimilables à une forces unique $\vec{f}$, tangente à la trajectoire, d'intensité considérée comme constante. Sachant que le mobile arrive en C avec la vitesse 12,5 m/s, en déduire l'intensité de la force de frottement ($g=9,8m/s^2$)



Exercice 6 :

Une bille est en chute libre sans vitesse initiale.

1) Représenter la/les forces s'exerçant sur la bille. A partir du travail du poids, déterminer la vitesse v du centre d'inertie du corps en fonction de la hauteur h de chute.
   - Un enfant laisse tomber sans vitesse initiale une bille de verre, de masse m=13 g, d'un balcon au 5ème étage situé à une hauteur h=14,0 m. Calculer la vitesse de la bille quand elle arrive au sol.
   - Quelle serait la vitesse pour une bille de masse 17 g ?

2) Le centre d'inertie G d'un solide est initialement à l'altitude z_0 et on le lance en lui communiquant une vitesse verticale vers le haut $\vec{V}_o$. La chute est libre.

- À partir du travail du poids, donner la relation exprimant la vitesse v de G en fonction de son altitude z.
- Si on néglige les forces de frottement de l'air, avec quelle vitesse doit- on lancer une bille en acier vers le haut, depuis l'altitude z_0= 0, pour que G atteigne une altitude maximale de 10 m ? De 100 m ?

<u>Exercice 7</u> :

Un parachutiste saute d'un avion volant à l'altitude H =800mà la vitesse V =3000Km/h. Il arrive au sol à la vitesse V =8m/s.

1) Quel est au cours de la chute la variation de son énergie cinétique.

Masse du parachutiste et de son équipement: M =80Kg.

2) Quel est le travail W($\vec{P}$) effectué par son poids pendant la descente ? En déduire la valeur du travail W($\vec{R}$) de la résistance de l'air $\vec{R}$ pendant le même temps. Commenter. On donne g =9,8N/Kg.

Chapitre III : L'Energie potentielle et l'Energie mécanique

L'Essentiel :

I. L'Energie potentielle :

1°) Définition

On appelle énergie potentielle de pesanteur d'un solide (S), de masse m, située à l'altitude z, la quantité Epp= m.g.z

Epp en joule ; m en kg et z en m

2°) Remarques

- L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide dépend de son altitude z, c'est-à-dire de sa position par rapport à la terre. Elle est due à l'interaction du solide avec la terre.
- Par convention Epp= 0 pour z=0 (normalement au sol), mais il est possible de choisir le niveau de référence pour l'énergie potentielle (Epp=0) à une altitude quelconque.
- Propriétés

L' énergie potentielle augmente avec l'altitude : ΔEpp= -W($\vec{P}$)

II. L'Energie mécanique

On appelle énergie mécanique totale d'un solide, la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle Em=Ec+ Epp

III. Théorème de la variation de l'Energie mécanique

La variation de l'énergie mécanique d'un solide est égale à la somme algébrique des travaux des forces extérieures et intérieures qui s'exercent sur le solide entre les deux instants considérés.

ΔEm = $\sum$ W($\vec{F}$ ext) + $\sum$ W($\vec{F}$ int)nc

$\sum$ W($\vec{F}$ ext) : somme algébrique des travaux des forces extérieures qui s'exercent sur le solide entre les deux instants considérés.

$\sum$ W($\vec{F}$ int)nc : somme algébrique des travaux des forces intérieures non conservatives qui s'exercent sur le solide entre les deux instants considérés.

IV) Conservation de l'Energie mécanique :

- Si on a : $\sum$ W($\vec{F}$ ext) + $\sum$ W($\vec{F}$ int)nc =0, on aura ΔE= 0 donc $E_1 = E_2$; Em est constante.

Dans ce cas, l'énergie mécanique est constante : le système est dit isolé.

- $\sum W(\vec{F}\,\text{int})nc \neq 0$ on aura $E_1 \neq E_2$ donc Em est non conservée.

V. Applications :

Application (1) : Une pierre de masse 2Kg est lancée verticalement vers le haut, d'un point que l'on choisit comme origine des altitudes. La vitesse initiale de la pierre est de 10m/s.

1) Calculer son énergie cinétique, son énergie potentielle et son énergie mécanique au départ du mouvement.
2) Que peut-on dire de l'énergie mécanique du projectile s'il n'y a pas de forces de freinage dues à l'air ? En déduire la valeur maximale que peut prendre son énergie potentielle ainsi que la hauteur maximale atteinte par la pierre ? On prendra $g=10m/s^2$

Corrigé :

1) L'énergie cinétique : $Ec_o = \frac{1}{2}M.Vo^2 = 0,5.2.10^2 = 100\,J$

L'énergie potentielle : $Ep = 0$

L'énergie mécanique : $Em_0 = Ep_0 + Ec_0 = Ec_0 = 100\,J$

2) Les forces de frottement sont nulles, le système (Terre ; pierre) est conservatif

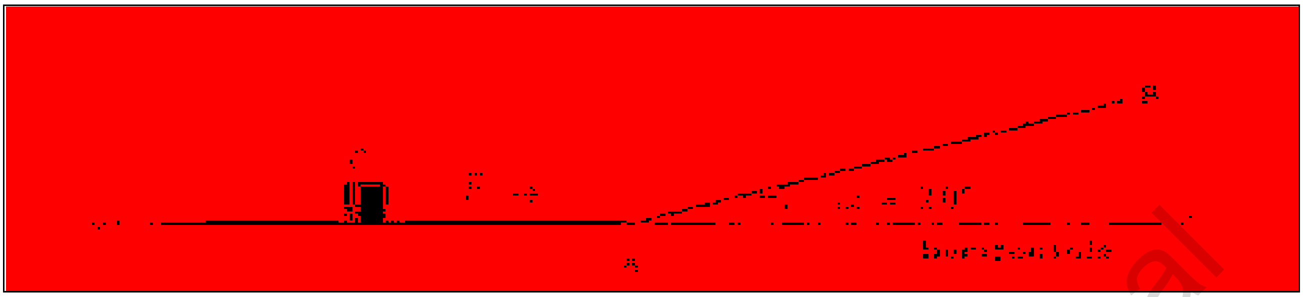
$$Em_0 = Em_f \Leftrightarrow Ec_0 + Ep_0 = Ec_f + Ep_f \Leftrightarrow Ec_0 = Ep_f$$

$$\frac{1}{2}.M.V_o^{\,2} = M.g.h_{\max} \Rightarrow h\max = \frac{V_o^{\,2}}{2.g} = 5m$$

Application (2) : Un petit cube C, de masse m=2Kg, glisse à la vitesse V=10m/S sur un plan horizontal X'X parfaitement lisse. Il aborde en A une montée AB, inclinée d'un angle 20° sur l'horizontale, le long de laquelle il se déplace en étant soumis à une force de frottement d'intensité f=1,96 N, parallèle au déplacement mais de sens opposé.

1) L'énergie potentielle du cube est nulle lorsqu'il est en contact avec le plan horizontal X'X. Calculer son énergie mécanique lorsqu'il se déplace entre X' et A.
2) Quelle distance L le cube parcourt-il le long de AB avant de faire demi-tour ? Quelle est alors la valeur de son énergie mécanique ?

3) Avec quelle vitesse le cube repasse-t-il au point A ? Quelle est sa nouvelle énergie mécanique ?



Corrigé :

1) $E_m = E_C + E_{PP}$ or $E_{PP} = 0$ donc $E_m = E_C = \frac{1}{2}.m.V_A^2$ $AN : E_m = \frac{1}{2}.2.(10)^2 = 100J$

2) $\Delta E_C = W(\vec{P}) + W(\overrightarrow{R_N}) + W(\vec{f})$ or $W(\overrightarrow{R_N}) = 0$

$E_{Cf} - E_{CI} = -m.g.L.sin(\alpha) - f.L$ or $E_{Cf} = 0$

$$-\frac{1}{2}.m.V_A^2 = -m.g.L.sin(\alpha) - f.L \Rightarrow L = \frac{V_A^2}{2(g.\sin\alpha + \frac{f}{m})}$$

$$AN : L = \frac{(10)^2}{2(10.\sin 20° + \frac{1,96}{2})} = 11,4m$$

$E_m = E_C + E_{PP}$ or $E_C = 0 \Rightarrow E_m = E_{PP} = m.g.L.sin(\alpha)$

$AN : E_m = 2.10.11,4.\sin(20°) = 78J$

A la descente les forces de frottement vont dissiper en valeur absolue la même énergie qu'au cours de la montée car la distance parcourue dans les deux cas est la même (à savoir L).

Au cours de la montée :

3) $\left|W(\vec{f})\right| = |78 - 100| = 22J$

$\left|W(\vec{f})\right| = 22J$ Au point A $E_C = E_m = 78 - 22 = 56J$

$$E_C = \frac{1}{2}.m.V^2 \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2E_C}{m}} = 7,4m/s$$

VI. Exercices :

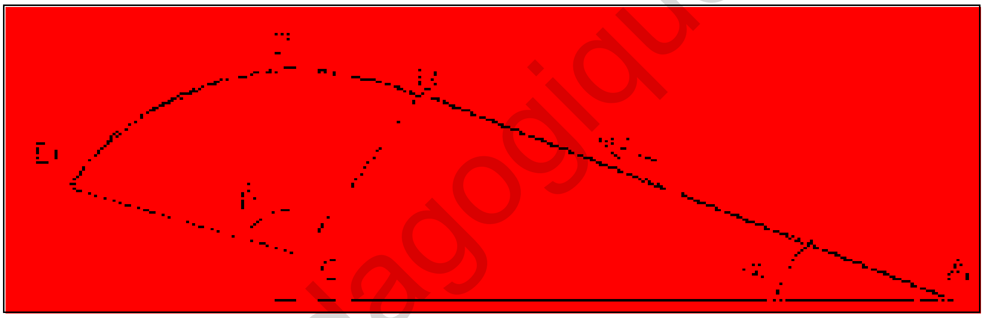
Exercice 1 :

Une bille de masse m lancée de A à la vitesse V, se déplace vers D, sur un plan incliné au sommet arrondi. Les frottements sont négligeables. L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est le point le plus bas (A).

On Donne: m=1 kg; OB=0,5 m ;AB=2 m ; α=0,3rad ; β=0,9 rad. 1 m s^{-1} =3,6 km h^{-1}.

La vitesse initiale en A : 18 km h^{-1}.

1) Calculer les altitudes de B , C et D.
2) Calculer l'énergie mécanique en A
3) Calculer la vitesse en D en km h^{-1}.
4) la vitesse initiale est divisée par deux, que deviennent
   - l'énergie mécanique ?
   - la vitesse en C et en D ?



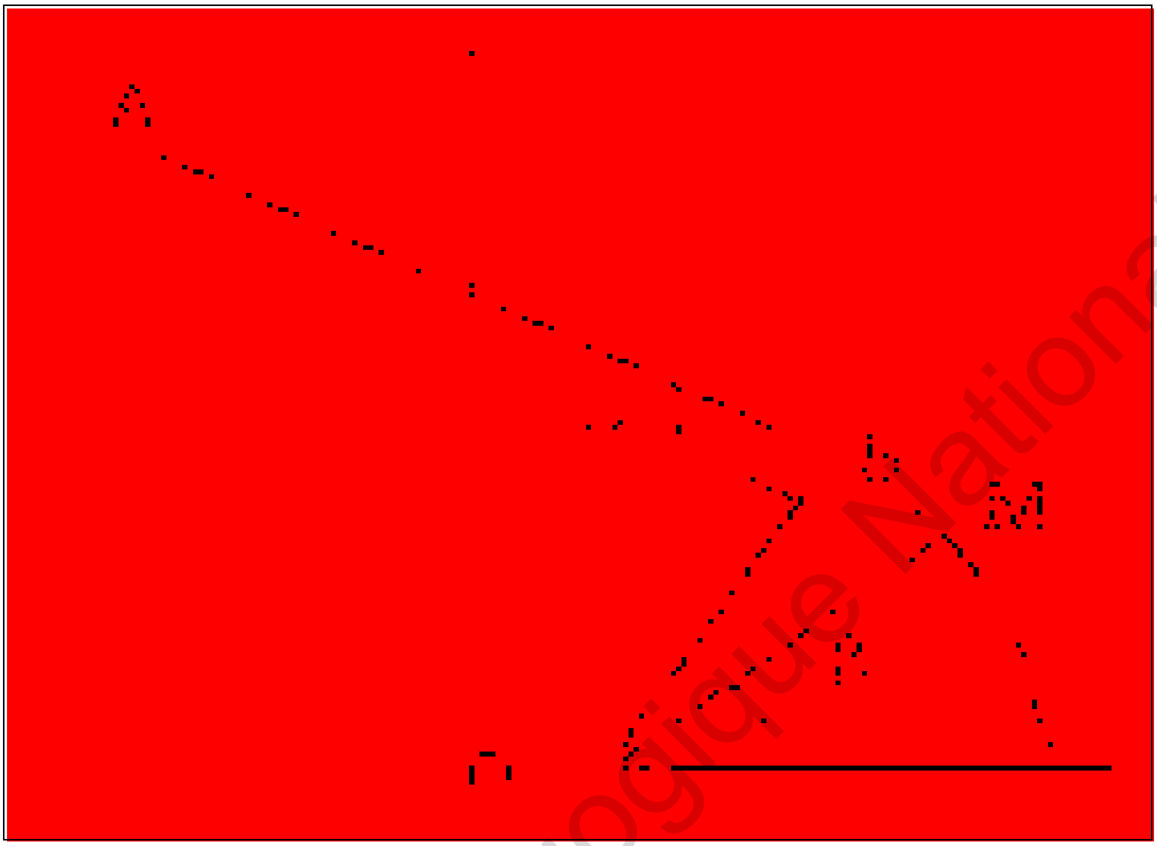
Exercice 2 :

Une bille de masse m, lancée de A à la vitesse V se déplace vers M. L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est le point le plus bas O. Le solide décolle après être passé en M. Les frottements sont négligeables.

Données : m=1 kg; OB=0,8 m ;AB=2 m ; α =0,1 rad ; β =1,06 rad. La vitesse initiale en A : 3,6 km h^{-1}. 1 m s^{-1} =3,6 km h^{-1}.

1) Calculer les altitudes de A , B et M.
2) Calculer l'énergie mécanique en A
3) Calculer la vitesse en M en km h^{-1}.
4) la vitesse initiale est nulle, que deviennent

- l'énergie mécanique ?
- la vitesse en B ?



Exercice 3 :

Une bille de masse m lancée de A à la vitesse V, sur une glissière, se déplace vers D. L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est le point A. Une force constante de valeur F=2 N agit entre A et B; l'énergie mécanique en A augmente de FxAB sur le trajet AB Les frottements sont négligeables.

Données : m=100 g; OD=1 m ;AB=2 m ; α=0,5 rad ; β=0,2 rad.
vitesse initiale en A : 7,2 km h^{-1}. 1 m s^{-1} =3,6 km h^{-1}.

1) Calculer les altitudes de B et D.
2) Calculer l'énergie mécanique en A et en B
3) Calculer la vitesse en C puis en D en km h^{-1}.
4) La valeur de F est 0,5 N, que deviennent

- l'énergie mécanique ?
- la vitesse en B et D ?

Exercice 4 :

Un pendule simple est constitué d'un fil inextensible de longueur OA=l, dont une extrémité est fixée en un point O et dont l'autre extrémité porte une petite bille sphérique de masse m.

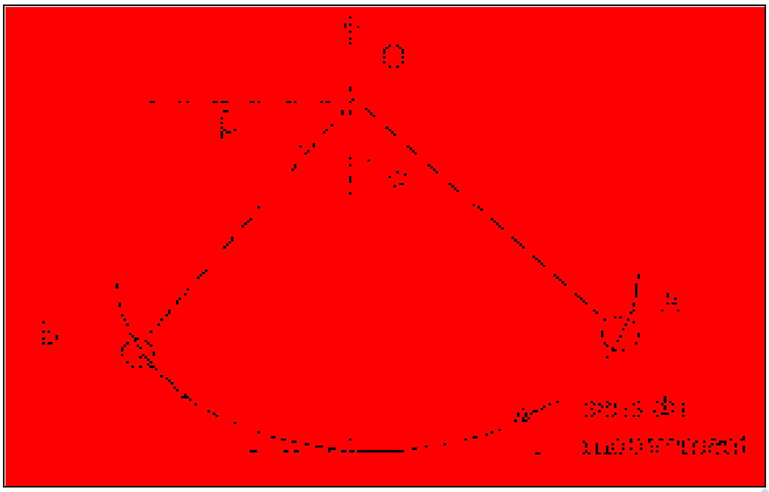
Les frottements sont négligeables. La bille est suspendue à un fil de masse négligeable. L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est le point le plus bas.

Données: m=200 g; OA=0,5 m ; α=0,6rad ; β=1 rad.

vitesse initiale en A : 7,2 km h^{-1}. 1 m s^{-1} =3,6 km h^{-1}.

1) Calculer les altitudes de A et B
2) Calculer l'énergie mécanique en A
3) Calculer la vitesse en B en km h^{-1}.
4) La masse de la bille double, que deviennent

- l'énergie mécanique ?
- la vitesse en B ?

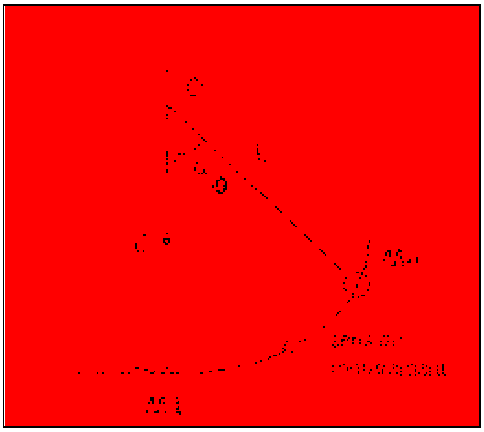


Exercice 5 :

Un pendule est constitué d'un fil inextensible et de longueur L=1m attaché à une de ses extrémités en O et portant à son autre extrémité un solide M supposé ponctuel de masse m=100g (figure). On néglige la masse du fil ainsi que tout frottement. A la verticale du point O et la distance OC=L/2, on place un clou C sur lequel le fil vient buter. Le fil est écarté de $\alpha_0=50°$ par rapport à la verticale et il est ensuite lâché sans vitesse initiale.

1) Déterminer la vitesse de M à son passage à la verticale de O.
2) Déterminer l'angle maximal βm que fait le fil avec la verticale lors de sa remontée à gauche.

3) Reprendre les deux mêmes questions en prenant $\alpha'_0=30°$ $\alpha''_0=70°$. On prendra g=9,8N/Kg

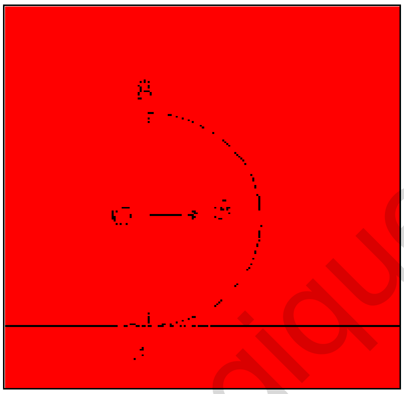


Exercice 6 :

Un demi cylindre creux de rayon R et de masse m est maintenu en contact avec le plan horizontal, comme l'indique la figure ci-dessous ; On lâche le cylindre, celui-ci roule, à l'instant t, le diamètre AB fait un angle θ avec la verticale.

1) déterminer dans cette position l'énergie potentielle de pesanteur du cylindre, en prenant pour référence la position initiale. La position du centre d'inertie est définie par :

$$OG = a = \frac{2.R}{\Pi}$$



2) Déterminer l'énergie potentielle E_P pour la position d'équilibre du solide

Deuxième partie:

Calorimétrie

Chapitre VI : Travail et chaleur. Calorimétrie

L'Essentiel :

I) Généralités

Le travail et la chaleur sont des modes de transferts de l'énergie ;

- La quantité de chaleur échangée par un corps de masse m lorsque sa température varie de θi à θ s'exprime de la manière suivante :
  $Q = m\,C\,(\theta - \theta i)$ avec Q en (J) ; m en (Kg) C enJ $Kg^{-1}\,K^{-1}$ et $(\theta - \theta i)$ en kelvin (K).
  C : constante liée à la nature du corps et appelée chaleur massique du corps. Elle représente la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un 1 K la température de l'unité de masse (1kg) de ce corps
- Si $\theta > \theta i$ on aura $Q>0$: la chaleur est reçue par le corps.
- Si $\theta < \theta i$ on aura $Q<0$: la chaleur est cédée par le corps.

Remarque : La formule précédente s'applique aux solides, liquides et gaz (dans ce dernier cas, il faut distinguer les effets thermiques à pression constante et volume constant) ; Elle n'est plus valable si une modification d'état physique intervient.

- **Capacité calorifique** : dans l'expression de la quantité de chaleur le produit m.C est appelé Capacité calorifique du corps. $\boxed{\mu = m.C}$; elle représente la quantité de chaleur que le corps doit absorber pour s'échauffer de 1 K (ou qu'i cède pour se refroidir d'un 1k).

avec μ en ($J.Kg^{-1}$); m en (Kg) et C en ($JKg^{-1}\,K^{-1}$) . On aura donc : $\boxed{Q = \mu\,(\theta - \theta i\,)}$.

- **Remarque : Si le corps comporte plusieurs parties :**
- partie 1 : masse m_1 capacité C_1 ; partie 2 : masse m_2 capacité C_2
- partie 3 :. . . . . .

On obtient la capacité calorifique du corps en faisant la somme des capacités calorifiques des diverses parties : $\mu = \sum mi.\,Ci$

- **Principe des échanges de chaleur :**

Lorsque plusieurs corps sont en contact dans une enceinte thermiquement isolée, la somme algébrique des quantités de chaleur échangées pour atteindre l'équilibre thermique est nulle : $\sum Qi = 0$

- Un moteur thermique est un convertisseur d'énergie qui transforme une partie de la chaleur qu'il reçoit en travail mécanique.
- **Rendement :**

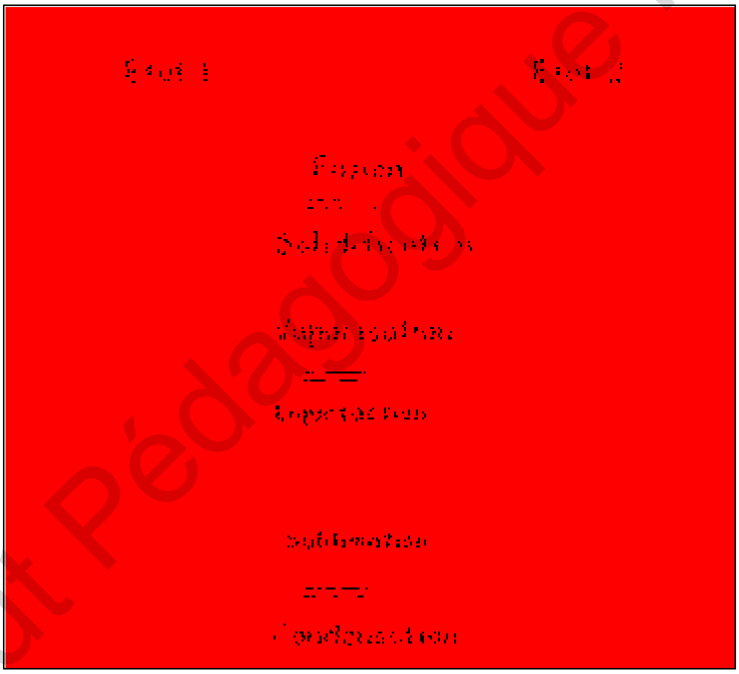
$$\eta = \frac{|W|}{Q} \quad or \quad |W| = Q - |Q'| \quad donc \quad \eta = \frac{Q - |Q'|}{Q} = 1 - \frac{|Q'|}{Q}$$

Remarque : le rendement thermique étant toujours inférieur à 1, il est possible de transformer intégralement de la chaleur en travail.

- **Les chaleurs latentes :**

La chaleur latente L de changement d'état est la quantité de chaleur nécessaire pour produire un changement d'état d'une masse unité (1Kg) d'un corps. La quantité de chaleur nécessaire pour transformer une masse m d'un état à un autre est : $Q = \pm m.L$. L est la chaleur latente de fusion L_f ou de d'évaporation L_v, elle s'exprime en $J.Kg^{-1}$.

L dépend de la nature de la substance, de la pression (ou de la température) à laquelle se fait le changement d'état. On distingue différentes chaleurs latentes selon le changement d'état.



- Dans le sens Etat1 $\longrightarrow$ Etat2 les chaleurs latentes sont positives.
- Dans le sens Etat2 $\longrightarrow$ Etat1 les chaleurs latentes sont négatives.

L_{fusion}=- $L_{solidification}$; $L_{vaporisation}$=- $L_{liquefaction}$; $L_{sublimation}$=- $L_{condensation}$

Q= $mL_f > 0$; passage de l'état solide à l'état liquide.

Q= $-mL_f < 0$; passage de l'état liquide à l'état solide.

Q= $mL_v > 0$; passage de l'état liquide à l'état gazeux.

Q= $-mL_v < 0$; passage de l'état gazeux à l'état liquide.

II) Applications

Application (1) : Quelle quantité de chaleur faut-il fournir pour augmenter la température de:

1) 150 l d'eau d'un ballon de chauffe eau de 20°C à 80°C ?
2) Une casserole en cuivre de masse 450g, de 20°C à 150°C ?
3) Une poutre d'acier de masse 200Kg de 24°C à 600°C ?

On donne : C(eau) =4180 $JKg^{-1}K^{-1}$; C(cuivre) =384 $JKg^{-1}K^{-1}$; C(acier) =450 $JKg^{-1}K^{-1}$

Corrigé

$$1)\ Q = m.C.\Delta\theta\ \ AN: Q = 150.4180.60\ \ Q = 37620Kj$$

$$2)\ Q = m.C.\Delta\theta\ \ AN: Q = 0,45.384.130\ \ Q = 22,230Kj$$

$$3)\ Q = m.C.\Delta\theta\ \ AN: Q = 200.450.576\ \ Q = 51840Kj$$

Application (2) :

Un calorimètre contient une masse m_1=250g d'eau. La température initiale de l'ensemble est θ_1=18°C. On ajoute une masse m_2=300g d'eau à la température θ_2=80°C.

1. Quelle serait la température d'équilibre thermique θ_e de l'ensemble si la capacité calorifique du calorimètre et de ses accessoires était négligeable?
2. On mesure en fait une température d'équilibre thermique θ_e=50°C. Déterminer la capacité calorifique µ du calorimètre et de ses accessoires.

Données:
Chaleur massique de l'eau : c_e=4185 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Masse volumique de l'eau : μ=1000 $kg.m^{-3}$.

Corrigé:

1. Quantité de chaleur captée par l'eau froide: $Q_1=m_1.c_e.(\theta_e - \theta_1)$.
Quantité de chaleur cédée par l'eau chaude: $Q_2=m_2.c_e.(\theta_e - \theta_2)$.
Le système {eau + calorimètre} est isolé: $Q_1+Q_2=0$

$$m_1.c_e.(\theta_e - \theta_1) + m_2.c_e.(\theta_e - \theta_2) = 0$$

$$\theta_e = \frac{m_1\theta_1 + m_2\theta_2}{m_1 + m_2}$$

$$\theta_e = \frac{250.10^{-3}.18 + 300.10^{-3}.80}{250.10^{-3} + 300.10^{-3}} = 51,8°C$$

2. Quantité de chaleur captée par l'eau froide et le calorimètre:

$$Q_1=(m_1.c_e + C).(\theta_e - \theta_1).$$

Quantité de chaleur cédée par l'eau chaude: $Q_2=m_2.c_e.(\theta_e - \theta_2)$.

Le système {eau + calorimètre} est isolé: $Q_1 + Q_2= 0$

$$(m_1.c_e + C).(\theta_e - \theta_1) + m_2.c_e.(\theta_e - \theta_2) = 0$$

$$C.(\theta_e - \theta_1) = -m_1.c_e.(\theta_e - \theta_1) -m_2.c_e.(\theta_e - \theta_2) = 0$$

$$\mathbf{C = \frac{-m_1c_e(\theta_e-\theta_1)-m_2c_2(\theta_e-\theta_2)}{\theta_e-\theta_1}}$$

$$\mathbf{C = \frac{m_1c_e(\theta_e-\theta_1)+m_2c_2(\theta_e-\theta_2)}{\theta_1-\theta_e}}$$

$$\mathbf{C = \frac{250.10^{-3}.4185.(50-18)+300.10^{-3}.4185(50-80)}{18-50} = 130,8J.K^{-1}}$$

III) Exercices:

Exercice 1 :

On désire obtenir un bain d'eau tiède à la température $\theta = 37°C$, d'un volume total V=250 litres, en mélangeant un volume V_1 d'eau chaude à la température initiale $\theta_1 = 70°C$ et un volume V_2 d'eau froide à la température initiale $\theta_2 = =15°C$.

Déterminer V_1 et V_2 en supposant négligeables toutes les fuites thermiques lors du mélange.

Données:

Chaleur massique de l'eau : $c_e=4185\ J.kg^{-1}.K^{-1}$

Masse volumique de l'eau : $\mu=1000\ kg.m^{-3}$.

Exercice 2 :

Un morceau de fer de masse $m_1=500g$ est sorti d'un congélateur à la température $\theta_1=-30°C$.

Il est plongé dans un calorimètre, de capacité thermique négligeable, contenant une masse $m_2=200g$ d'eau à la température initiale $\theta_2=4°C$

Déterminer l'état final d'équilibre du système (température finale, masse des différents corps présents dans le calorimètre).

Données:

Chaleur massique de l'eau : c_e=4185 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur massique de la glace: c_g=2090 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur massique du fer: c_{Fe}=460 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur latente de fusion de la glace: L_f=3,34.10^5 $J.kg^{-1}$

Exercice 3 :

Quelle est la quantité de chaleur nécessaire pour transformer 10g de glace à -10°C en 10g d'eau à +10°C ? Lf= 335000 J/Kg

Exercice 4 :

Un calorimètre de capacité calorifique μ=150$J.K^{-1}$ contient une masse m_1=200g d'eau à la température initiale θ_1=70°C. On y place un glaçon de masse m_2=80g sortant du congélateur à la température θ_2=-23°C.

Déterminer l'état final d'équilibre du système (température finale, masse des différents corps présents dans le calorimètre).

Données:

Chaleur massique de l'eau : c_e=4185 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur massique de la glace: c_g=2090 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur latente de fusion de la glace: L_f=3,34.10^5 $J.kg^{-1}$

Exercice 5 :

Un calorimètre de capacité calorifique μ=150$J.K^{-1}$ contient une masse m_1=200g d'eau à la température initiale θ_1=50°C. On y place un glaçon de masse m_2=160g sortant du congélateur à la température θ_2=-23°C.

Déterminer l'état final d'équilibre du système (température finale, masse des différents corps présents dans le calorimètre).

Données:

Chaleur massique de l'eau : c_e=4185 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur massique de la glace: c_g=2090 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
Chaleur latente de fusion de la glace: L_f=3,34.10^5 $J.kg^{-1}$

Exercice 6 :

1) L'énergie mécanique reçue par un dynamo est, en 1 heure, 180 KJ. Calculer sa puissance électrique sachant que, dans les conditions de fonctionnement étudiées, son rendement est de 80%

2) Ce générateur alimente un conducteur ohmique qui transforme intégralement l'énergie électrique reçue en chaleur. Quelle est la quantité de chaleur fournie en 15 minutes ?
3) On place ce conducteur ohmique dans un calorimètre supposé thermiquement isolé. Ce calorimètre, de capacité calorifique μ=50 $J.K^{-1}$, contient initialement 100g d'eau à la température ambiante, soit 20°C. On y place alors 5g de glace à -10°C.
   a) Le conducteur ohmique n'est pas alimenté. Donner la composition du contenu du calorimètre une fois l'équilibre thermique atteint.
   b) Le conducteur ohmique est alimenté pendant 3 minutes. Quelle est la composition du contenu du calorimètre lorsque le nouvel équilibre thermique est atteint ?

Données :
- Chaleur massique de l'eau liquide : Ce= 4,19 $Kj.Kg^{-1}.K^{-1}$
- Chaleur massique de la glace : Cg= 2,1 $Kj.Kg^{-1}.K^{-1}$
- Chaleur latente de fusion de la glace (0°) L_f= 334 $Kj.Kg^{-1}$

   c) On ajoute alors dans le calorimètre un glaçon de masse 5g à la température -10°C. Déterminer la température lorsque l'équilibre thermique est atteint.

Troisième partie:

Electricité

Chapitre V : Notion de champ électrique

L'Essentiel

I) Généralités

On appelle champ électrique $\vec{E}$ toute région de l'espace où une charge électrique q est soumise à une force électrique donnée par la relation :

$$\overrightarrow{F_e} = q\overrightarrow{E}$$

- Le champ électrique crée par une charge ponctuelle Q fixe en un point situé à la distance r de la charge a pour module :

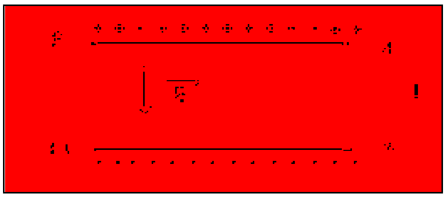
$$E = K.\frac{|Q|}{r^2} \quad avec\, K = 9.10^9\ SI$$

Q en coulomb (C) ; r en mètre (m) et E en N/C

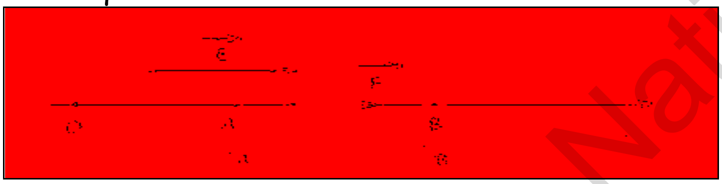
- Le sens du champ électrique est lié au signe de Q :
  - si Q>0 le champ est centrifuge
  - si Q<0 le champ est centripète
- Si en un point existent plusieurs champs électriques $\vec{E}_i$ le champ résultant est égal à la somme vectorielle de chacun de ces champs. $$\overrightarrow{E} = \sum_{i=1}^{n} \overrightarrow{E_i}$$
- On appelle ligne de champ toute courbe tangente au vecteur champ $\vec{E}$ en chacun de ses points. Les lignes de champ d'un champ électrique uniforme (constant en direction, sens et norme) sont des droites parallèles.
- Lorsqu'une charge ponctuelle q passe d'un point A à un point B d'un champ électrique quelconque, le travail de la force électrique qui s'exerce sur la charge ne dépend pas du chemin suivi entre A et B. On peut mettre ce travail sous la forme W= q (V_A – V_B) W en joule (J); q en (C) et (V_A – V_B) en volt (V) par définition, (V_A – V_B) est la différence de potentiel entre A et B
- Entre deux plaques métalliques parallèles P et N, portant des charges égales en valeur absolue et de signes contraires existent à la fois un champ électrique uniforme E et une différence de potentiel (V_p – V_N), liée par la relation :

$$E = \frac{(V_P - V_N)}{l}$$

avec E en V/m ou N/C ; $(V_p - V_N)$ en (V) et l en (m). Le champ est dirigé dans le sens des potentiels décroissants.



- L'énergie potentielle électrostatique Ep d'une charge q situé en un point d'un champ électrique ou le potentiel est V s'exprime par $E_p=q.V$ avec Ep en (J) ; q en (C) et V (V)
- Potentiel électrique :

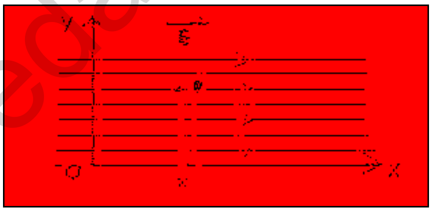


Le travail de $\overrightarrow{F_e}$ au cours du déplacement de q de A vers B, dans un champ électrostatique uniforme est : $W= q.E.AB$ $\quad AB= OB-OA=X_B-X_A$

$W= q.E.(X_B-X_A)= -q.E.X_A- (-q.E.X_B)=q(-E.X_A-(-E.X_B))$

On pose : $V_A= -E.X_A+ Cte$ $\quad V_B= -E.X_B+ Cte$

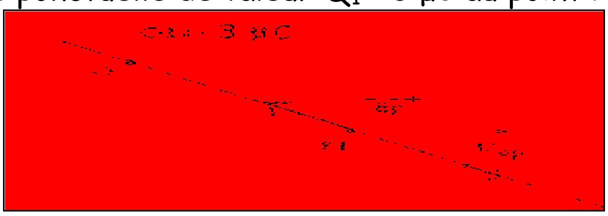
Ainsi pour tout point P d'abscisse x dans un champ électrique uniforme $\vec{E}$ on définit le potentiel V(x) par rapport à un potentiel Vo d'un point O par :
$V_x= -E.X+ V_o$, avec Vo (Voir figure ci-dessous)



II) Applications :

Application (1) :

Quelles sont les caractéristiques du champ électrostatique crée
1) par une charge ponctuelle de valeur $Q_1=-3$ μC au point P_1 situé à 2cm ?
2) par une charge ponctuelle de valeur $Q_2=3$ μC au point P_1 situé à 2cm ?
3) par la charge ponctuelle de valeur $Q_1=-3$ μC au point P_3 situé à 1cm ?



Corrigé :

1) soit O le point où se trouve placée la charge de valeur Q_1= -3µC. Par définition, le champ électrostatique qui existe en P_1 est caractérisé par le vecteur

$$\vec{E}_{p1} = K.\frac{Q_1}{OP_1^2}\vec{u}_{op_1}$$

Le champ électrostatique $\vec{E}_{p1}$ a pour direction la droite OP_1 pour sens l'opposé de celui $\vec{u}op_1$, car Q_1 est négative, et pour intensité

$$Ep_1 = K.\frac{|Q_1|}{OP_1^2} = 6,8.10^7\ N/C$$

Application (2) :

Deux plaques métalliques P_1 et P_2 parallèles et verticales, sont reliées aux pôles d'une machine électrostatique. La distance d entre les deux plaques P_1 et P_2 est d= 10cm ; la différence de potentiel entre P_1 et P_2 est V_{P1}- V_{P2}= 500V.

1) Préciser quelle plaque est reliée au pôle positif de la machine ; caractériser le champ électrique $\vec{E}$ entre les plaques.

2) On place entre P_1 et P_2 un pendule électrique OA dont la petite boule A, de masse m=2g, a été chargée par contact. On assimile la charge portée par la boule à une charge ponctuelle. Sachant sue le pendule dévie d'un angle α=8° par rapport à la verticale du coté de la plaque P_1, déterminer le signe et la valeur de la charge Q_A portée par la boule ; g=10N/Kg

Corrigé :

1) Le champ électrostatique crée entre les plaques P_1 et P_2 est uniforme, le vecteur-champ $\vec{E}$ est donc un vecteur constant, de direction perpendiculaire au plan des plaques. Le potentiel de la plaque P_1 étant supérieur à celui de la plaque P_2. $\vec{E}$ est dirigé de P_1 vers P_2, donc la plaque P_1 est reliée au pôle positif de la machine électrostatique. On peut écrire : $E = \frac{Vp_1 - Vp_2}{d}$ $AN: E = 5.10^3 V/m$

2) On étudie le système formé par la boule A. Les forces extérieures appliquées à A sont :

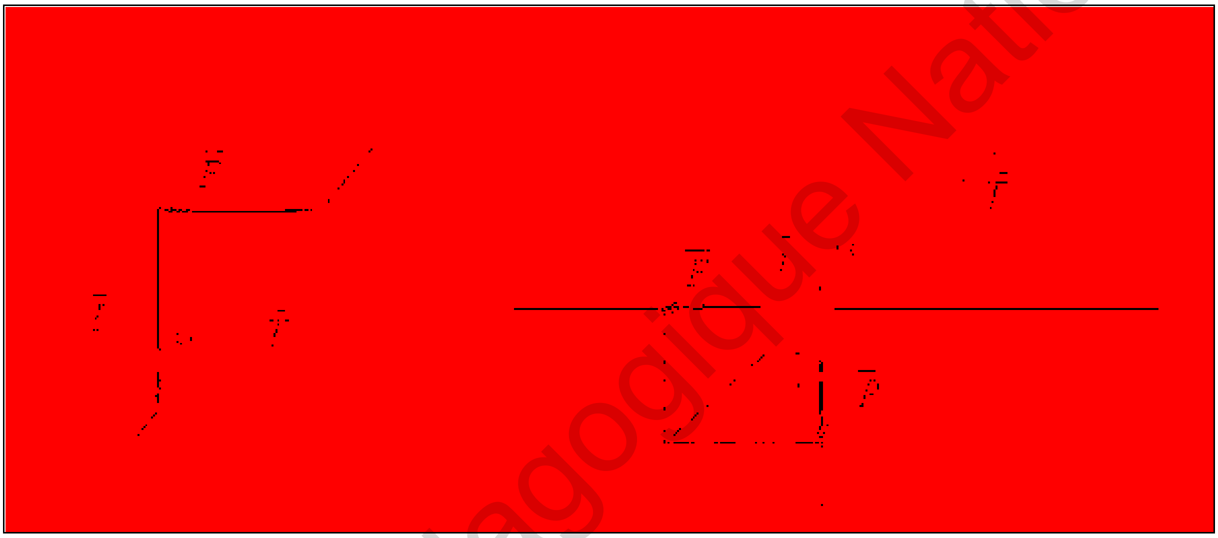
- son poids $\vec{P}$, de direction verticale, dirigé vers le bas, d'intensité P = m.g connue ;

- la tension du fil, $\vec{T}$, de direction oblique (angle α avec la verticale) ; $\vec{T}$ est dirigée vers le haut, son intensité T est inconnue ;
- une force électrostatique $\vec{F}$ telle que $\vec{F_e} = q.\vec{E}$ de direction horizontale ; le pendule dévie vers P_1, donc $\vec{F}$ est de sens opposé à $\vec{E}$, par conséquent la charge électrique q a une valeur négative.

L'intensité F=q.E a une valeur inconnue.

Quand la boule A est en équilibre, les supports des trois vecteurs-forces sont coplanaires et concourants. Les vecteurs-forces vérifient la relation vectorielle : $\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$

Qui traduit l'équilibre mécanique de A



La construction vectorielle montre que :

$$\frac{F}{P} = \tan(\alpha), \quad soit \quad F = m.g.\tan(\alpha) = |q|.E \Rightarrow$$

$$|q| = \frac{m.g.\tan(\alpha)}{E} \quad AN : |q| = 5,6.10^{-7}\,C \quad soit \quad q = -5,6.10^{-7}\,C$$

III) Exercices :

Exercice 1 :

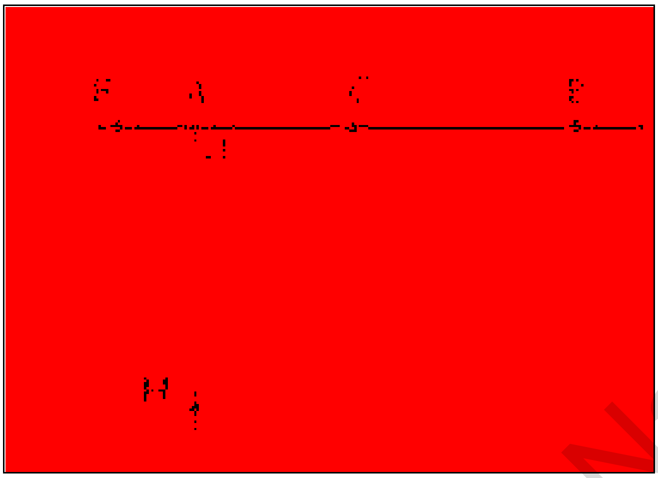
On considère une région de l'espace où règne un champ électrostatique que l'on assimile à celui crée par deux charges ponctuelles de valeurs positives q_1 et q_2 placées aux points A et B distants de AB=d. définir le champ électrostatique par son vecteur- champ associé $\vec{E}$, en différents points.

1) $\vec{E}_C$ au point C, à la distance d_1 de A.

2) $\vec{E}_C$ au point F, à la distance d_2 de A.

3) $\vec{E}_C$ au point H, tel que AH=d.

Application numérique : q_1=2μC; q_2=3μC; d_1=4cm; d_2=2cm; d=10cm



Exercice 2 :

Soit un losange ABCD de coté a=10cm ; on appelle O le point de concours des diagonales AC et BD et α l'angle de sommet A (cotés AD et AB) ;α=60°.

Définir le vecteur champ électrostatique en O si les valeurs des charges sont : q_A=1μC ; q_B=-2μC ; q_C=-1μC ; q_D=-1μC.

Les charges ponctuelles correspondantes sont placées aux sommets A, B, C ,D de ce losange.

Exercice 3 :

On considère une région de l'espace où règne un champ électrostatique que l'on assimile à celui créé par deux charges ponctuelles de valeurs négatives, notées q_1 et q_2, placées en A et en B. On pose AB=a

1) Trouver la position du point C, situé entre A et B, ou une charge de valeur q_3 est soumise à une force électrostatique d'intensité nulle.

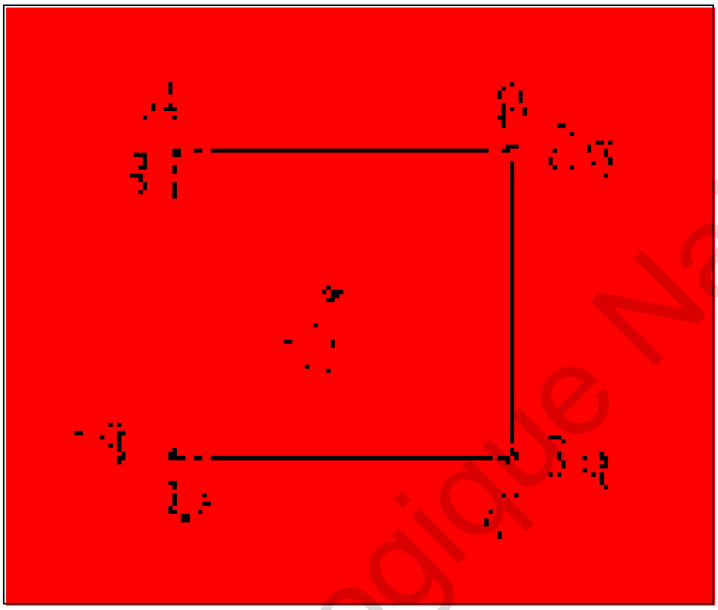
Application numérique : a=20cm ; q_1=-1μC ; q_2=-3μC ; q_3=-3μC ;

2) Quelles seraient les distances AC' si q_3=+3μC ? ;AC'' si q_3=-5μC ?

Exercice 4 :

Aux sommets A, B, C et D d'un carré de côté a=50cm sont placées les charges q, 2q, 3q et –q avec q=10μC.

Déterminer les caractéristiques de la force subie par une charge Q=-1μC, placée au centre du carré.



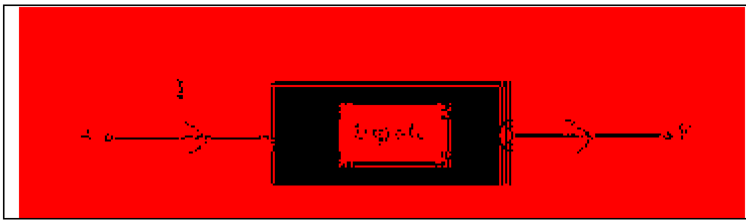
Chapitre VI : Puissance électrique dans une portion de circuit

L'Essentiel

I) Généralités

- Puissance électrique reçue par un dipôle :

La puissance reçue par un dipôle AB ne comportant pas de générateur est le produit de l'intensité du courant électrique I qui le traverse par la tension U_{AB} à ses bornes.



$$P = U_{AB}.I$$

P en watt (W); U_{AB} en volt (V) et I en ampère (A)

- Cas des résistances électriques : loi de Joule

On appelle effet Joule le dégagement de chaleur qui accompagne toujours le passage du courant électrique dans un conducteur.

- Enoncé : Un conducteur ohmique de résistance R parcouru par un courant d'intensité I reçoit la puissance électrique telle que

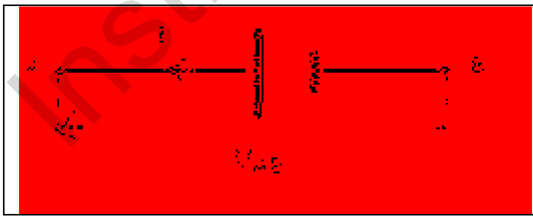
$$P = R.I^2$$

Si I est constant, l'énergie W qu'il reçoit pendant la durée t s'exprime par :

$$W = R.I^2.t$$

Cas des générateurs :

- Loi d'Ohm pour un générateur :



$$U_{AB} = E - r.I$$

U_{AB} : tension ou ddp aux bornes du générateur en (V) ;
E : Force électromotrice (V) ;
r : résistance interne en (Ω)
I : intensité du courant qui traverse le générateur en A

- Le générateur produit une puissance électrique totale d'expression : $P_t = E.I$; il consomme une partie lui-même ($r.I^2$). Il reste une puissance disponible (ou utile), communiquée au circuit représentée par le terme U.I.

Le bilan s'écrit :

- $P_u = U.I$: Puissance utile
- $P_t = E.I$: Puissance totale
- $P_j = r.I^2$: Puissance dissipée

$$P_t = P_u + P_j$$

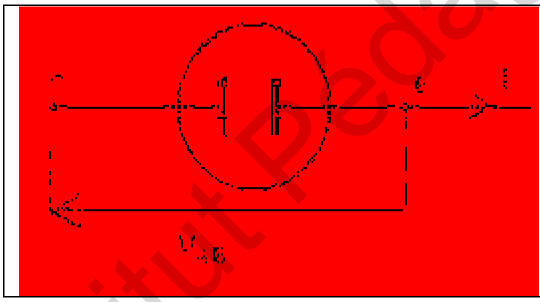
- **Rendement d'un générateur :**

Le rendement d'un générateur est défini comme suit

$$\rho = \frac{Puissance\ utile}{Puissance\ totale} = \frac{U.I}{E.I} = \frac{U}{E}$$

Cas des récepteurs

- Définition : Un récepteur est un appareil qui consomme de l'énergie électrique et qui convertit une partie de cette énergie en une forme autre que la chaleur (énergie thermique) par effet Joule.
- Loi d'Ohm :

	$U_{AB} = E' + r'.I$

U_{AB} : Tension aux bornes du récepteur en (V)
E' : Force contre- électromotrice en (V)
r' : Résistance interne du récepteur en (Ω)
I : Intensité du courant qui traverse le récepteur (A)

- Puissance électrique reçue par le récepteur de la part du circuit est :

$$P_t = U_{AB}.I$$

D'après la loi d'Ohm pour un récepteur :

$P_t = (E' + r'.I).I \Rightarrow P_t = E'.I + r'.I^2$ Cette puissance se décompose en deux termes :

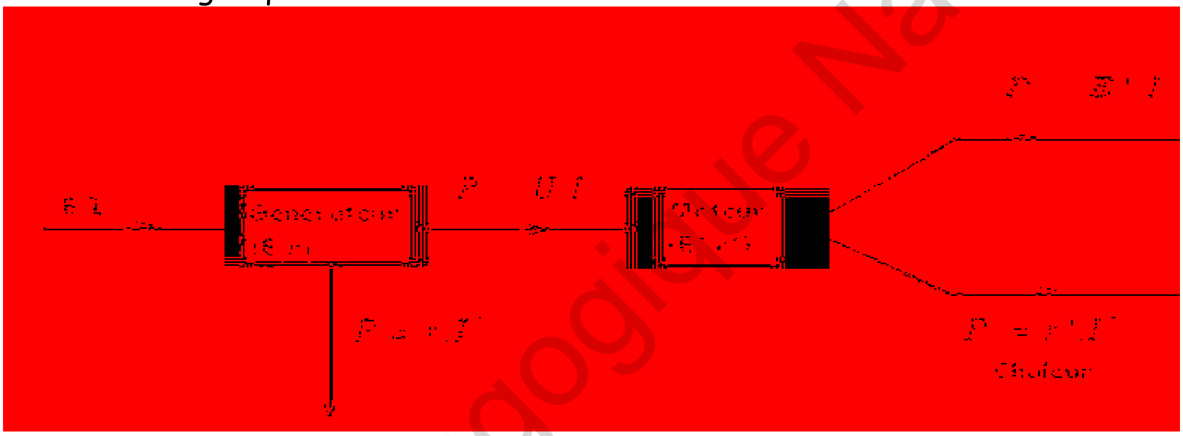
- ➢ $P_j = r'.I^2$: puissance consommée par effet Joule à l'intérieur du même récepteur.
- ➢ $P_u = E'.I$: puissance convertie (utile) par le récepteur en puissance chimique (pour un électrolyseur) ou mécanique (pour un moteur) ;

- Rendement d'un récepteur :

Le rendement d'un récepteur est défini comme suit :

$$\rho = \frac{Puissance\ utile}{Puissance\ totale\ reçue} = \frac{E'.I}{U.I} = \frac{E'}{U}$$

- Bilan énergétique d'un circuit :



- Loi de Pouillet : l'intensité I du courant dans un circuit série est donnée par la relation $I = \dfrac{\sum E - \sum E'}{\sum r}$

II) Applications :

<u>Application</u> (1) : Un générateur (E,r) alimente un conducteur ohmique de résistance R.

1) Quelle doit être la valeur de R pour que la puissance libérée par effet Joule dans le conducteur ohmique soit maximale ? 2) Quelle est l'expression de cette puissance ? Quelles sont alors l'intensité du courant, la puissance libérée par effet Joule dans le générateur, la tension à ses bornes ? A.N :E=4,5 V ; r=1,5 Ω

Corrigé

1) Le bilan énergétique s'écrit

$E.I = r.I^2 + P_J \quad Avec\, P_J = RI^2$, *Puissance consommée par le conducteur ohmique*

$$d'ou\, E.I = r.I^2 + RI^2 \Rightarrow I = \frac{E}{r+R} donc\, P_J = RI^2 = E^2.\frac{R}{(r+R)^2}$$

Pour obtenir le maximum de cette fonction P de R, dérivons P par rapport à R :

$P' = E^2.\left[\frac{1(r+R)^2 - R.2.(r+R)}{(r+R)^2}\right]$ Cherchons la valeur de R qui annule la dérivée. On en déduit l'équation résolvante, R étant l'inconnue

$$(r+R)^2 - 2.R(r+R) = 0 \Leftrightarrow r^2 + R^2 + 2.r.R - 2.r.R - 2.R^2 = 0 \quad d'ou \quad r = R = 1\Omega$$

2) Le générateur fournit le maximum de puissance au circuit qu'il alimente lorsque la résistance de ce circuit est égale à sa résistance interne. La puissance P fournit vaut :

$P = E^2.\frac{r}{(2r)^2} = \frac{E^2}{4r} = 5w$; L'intensité du courant est : $I = \frac{E}{2r} = 2,25A$

La puissance libérée par effet Joule dans le générateur s'exprime par $P_J = r.I^2$ et, comme r = R, elle est égale à celle fournie par le conducteur ohmique, soit : $\frac{E^2}{4.r}$; La tension aux bornes du générateur est : $U = E - r.I$

Soit : $U = E - r.\frac{E}{2r} = \frac{E}{2} = 2,25V$

__Application (2)__ : Un générateur de f.e.m 24V et de résistance interne 1Ω est en série avec un moteur de résistance interne 5Ω.

Quelle est l'intensité du courant du circuit ?

a) Lorsque le moteur est bloqué ?

b) Lorsque le moteur fournit une puissance de 24w ?

Corrigé :

a) Lorsque le moteur est bloqué, la puissance mécanique E'.I est nulle. Le bilan de puissance dans le circuit s'écrit :

$$E.I = r.I^2 + r'.I^2 + E'.I \quad \Rightarrow I = \frac{E - E'}{r + r'} \quad AN : I = 4A$$

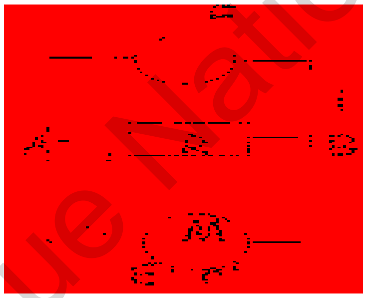
b) Lorsque le moteur tourne, le bilan de puissance s'écrit :

$$E.I' = rI'^2 + r'.I'^2 + E'.I' \Rightarrow I' = \frac{E - E'}{r + r'} \quad An : I' = 2A$$

III) Exercices :

Exercice 1 :

Soit le circuit électrique ci-contre :
E=20V ; R=200Ω E'= 16 V r' =10Ω



1) Quelle est valeur de la tension U_{AB} ?
2) Que vaut l'intensité i_1 ?
3) Que vaut l'intensité i ?
4) Quelle est la puissance fournie par le générateur ?
5) Quel est le rendement du moteur ?

Exercice 2 :

On utilise une batterie d'accumulateurs pour alimenter une veilleuse dont les caractéristiques sont (5Ω ; 12V). La résistance interne de la batterie est r = 120 mΩ, sa f.é.m E = 12V et sa capacité est Q = 35Ah.On suppose que la valeur de E reste constante tant que la batterie délivre un courant électrique.

1) Calculer la résistance de la lampe, puis calculer l'intensité qui traverse la batterie en fonctionnement.
2) Calculer la durée de l'éclairage de la veilleuse.
3) La batterie complètement déchargée est mise en charge par l'intermédiaire d'un chargeur maintenant une tension U' = 13,9V à ses bornes. La f.c.é.m de la batterie est alors E' = 13,2V.

Calculer l'intensité I' du courant électrique passant dans la batterie.
Calculer la puissance électrique P' consommée au cours de cette charge.

Exercice 3 :

Un générateur de force électromotrice E=6V et de résistance interne r=1Ω alimente un moteur de force contre –électromotrice E'=4V et de résistance interne r'=2Ω.

1) Après avoir fait le bilan énergétique du circuit, en déduire l'intensité du courant.
2) Que devient cette intensité si l'on bloque le moteur ?
3) Quelle est l'intensité du courant obtenu en mettant le générateur en court-circuit ?

Exercice 4 :

Durant une électrolyse réalisée dans une enceinte thermiquement isolée, la température de l'électrolyte s'est élevée de 1,5°C en 10 minutes. La capacité calorifique de l'électrolyte et du calorimètre est $\mu=500J.K^{-1}$.L'intensité du courant vaut 1A.

1) Quelle est la puissance Joule apparue dans l'électrolyseur ?
2) Quelle est la résistance interne de l'électrolyseur ?
3) Quelle est la force contre électromotrice sachant que son rendement est de 80%.
4) Le rendement global du circuit est de 0,56. Déterminer la force électromotrice et la résistance interne du générateur.

Exercice 5 :

On associe en série une batterie d'accumulateurs G (E=12V ; r=1Ω), un moteur M (E' ;r') et un conducteur ohmique de résistance R=3,2Ω.

1) Faire le schéma du circuit électrique.
2) Faire le schéma énergétique du montage :
a) Le moteur étant libre.
b) Le moteur étant bloqué.
3) Lorsque le moteur est bloqué, l'intensité passant dans le circuit est de 2,5A. Lorsque le moteur est libre, l'intensité est de 0,6A. Déterminer la force contre- électromotrice E' et la résistance interne r' du moteur.
4) Calculer les rendements, lorsque le moteur est libre :
   a) de la batterie d'accumulateurs.
   b) du moteur.
   c) de l'ensemble du circuit électrique (c'est-à-dire le rapport entre l'énergie mécanique fournie par le moteur et l'énergie chimique consommée dans la batterie).
5) Le moteur est destiné à faire monter une charge de masse m=200g sur un plan incliné sans frottement faisant un angle de 30° avec l'horizontale. Le rendement des transmissions est de 60%. A quelle vitesse constante cette masse se déplace-t-elle si l'intensité du courant dans le moteur est 0,6A ? g=9,8N/Kg.

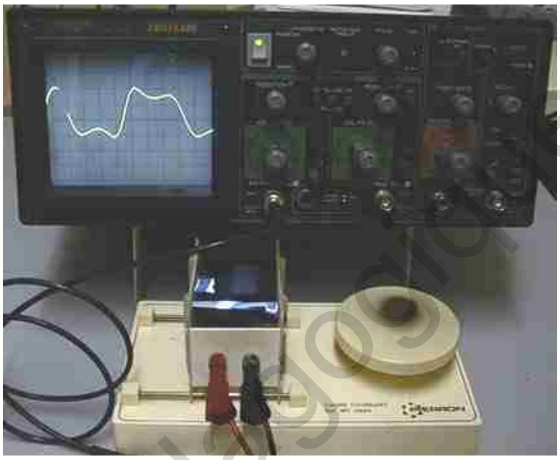
Chapitre VII : Courant alternatif sinusoïdal

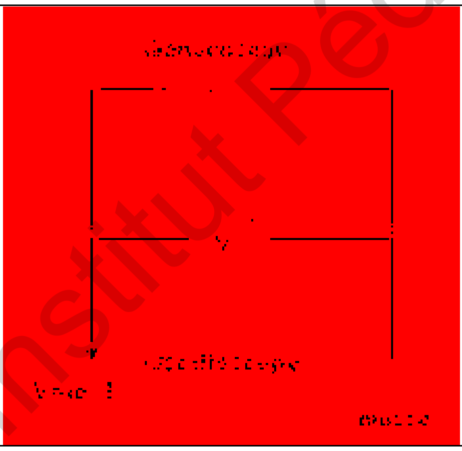
L'Essentiel

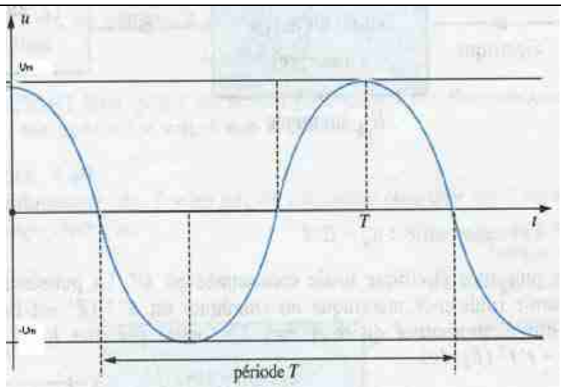
I) Généralités

- Si on fait tourner un aimant droit régulièrement devant une bobine fixe (alternateur), une tension électrique périodique alternative apparaît aux bornes de la bobine : $u = U_m . Cos(Wt + \varphi)$
- La tension sinusoïdale peut être visualisée sur l'écran d'un oscilloscope en réalisant le montage ci-après :

Tension fournie par un alternateur







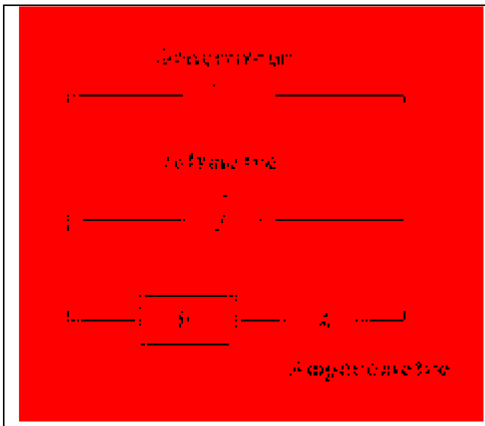
- ➢ Tension maximale U_m : valeur maximale de u en (V)
- ➢ Période T : est le temps au bout duquel u retrouve la même valeur.
- ➢ Fréquence f ou N : c'est l'inverse de la période : $N = \frac{1}{T}$

T en seconde (S) et N en hertz (Hz).

- Pulsation W : $W = \frac{2\pi}{T}$ W en radian/seconde (rd/s)
- Tension efficace U_{eff} : c'est la tension affichée par le voltmètre :

$$U_{eff} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

- Dans le montage suivant :

<table>
<tr>
<td></td>
<td>

$U_m = R.i \quad (\text{loi d'ohm})$ or $U_R = U_m.Cos(Wt)$

$donc\ R.i = U_m.Cos(Wt) \Rightarrow i = \left(\frac{U_m}{R}\right).Cos(Wt)$

On pose : $I_m = \frac{U_m}{R}$

On aura : $i = I_m.Cos(Wt)$

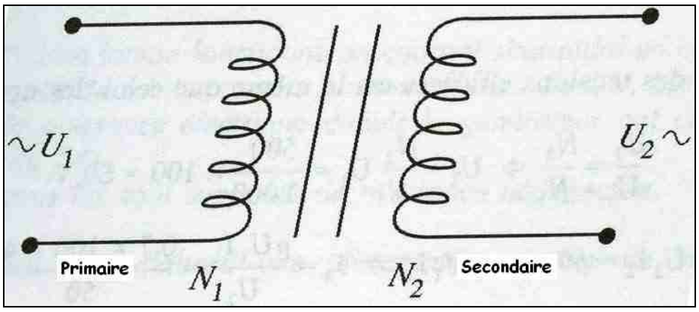
Im en (A)
Um en (V)
R en (Ω)

</td>
</tr>
</table>

L'ampèremètre utilisé dans le montage donne la valeur de l'intensité efficace

Ieff : $I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

- Transformateur :
  - Un transformateur est constitué de deux bobines comprenant respectivement N_1 et N_2 tours. Ces enroulements se font autour d'une même carcasse de fer en forme d'anneau.
  - N_1 : Nombre de tours du bobinage primaire
  - N_2 : Nombre de tours du bobinage secondaire



- Un transformateur reçoit de l'énergie électrique sous la tension efficace U_1(tension primaire), il redistribue cette énergie électrique sous la tension efficace U_2 (tension secondaire).
- Suivant la nature du transformateur le rapport :
  $U_1/U_2 = N_1/N_2$ peut être
  - supérieur à 1 : transformateur élévateur de tension
  - inférieur à 1 : transformateur abaisseur de tension
- Rendement d'un transformateur :

C'est le rapport de la puissance fournie par la puissance absorbée

$\rho = \frac{P_s}{P_p} \prec 1$	Ps : Puissance fournie par le secondaire Pp : Puissance fournie au primaire

Remarque : Un transformateur ne présente aucun intérêt en régime continu. Il ne fonctionne pas.

II) Applications :

Application (1) :

Le primaire d'un transformateur possède 1000 spires le secondaire 500 spires. En fonctionnement, la tension efficace aux bornes du primaire est de 100 V, l'intensité efficace du courant qui le traverse 4A. Sachant que le rendement du transformateur est de 70%, calculer la tension efficace aux bornes du secondaire ainsi que l'intensité efficace du courant débité par le secondaire.

Corrigé :

Le rapport des tensions efficaces est le même que celui des nombres de spires :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow U_2 = \frac{N_2}{N_1}.U_1 \qquad AN : U_2 = \frac{500}{1000}.100 = 50V$$

$$P_{él2} = U_2.I_2 = \rho.P_{él1} = \rho.U_1.I_1 \Rightarrow I_2 = \frac{\rho.U_1.I_1}{U_2} \quad AN : I_2 = \frac{0,7x100x4}{50} = 5,6A$$

Application (2) :

Un transformateur abaisseur de tension alimente un jouet sous une tension efficace de 6V à partir de la tension du secteur de 220V. Le primaire comportant 880 spires est traversé par un courant d'intensité efficace I_1=0,10A. Le rendement du transformateur est de 90%.

1) Quel est le nombre de spires du secondaire ?
2) Quelle est l'intensité efficace du courant au secondaire ?

Corrigé :

1)

$$\frac{U_2}{U_1}=\frac{N_2}{N_1}\Rightarrow N_2=\frac{U_2}{U_1}.N_1 \qquad AN: N_2=\frac{6}{220}.880=24$$

Le secondaire comporte 24 spires

2)

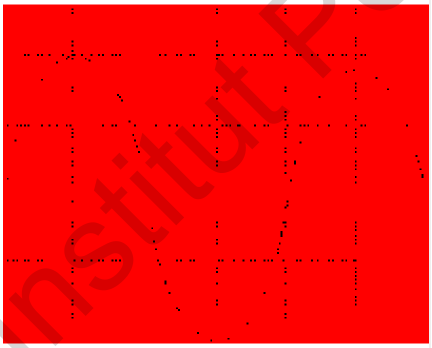
$$P_{él2}=\rho.P_{él1} \Leftrightarrow U_2.I_2=\rho.U_1.I_1 \Rightarrow I_2=\frac{\rho.U_1.I_1}{U_2} \quad AN: I_2=\frac{0,9x220x0,10}{6}=3,3A$$

III) Exercices :

Exercice 1 :

1) On applique sur l'entrée Y d'un oscilloscope une tension en dents de scies symétrique de valeur maximale 5 V de fréquence f = 40 kHz . 2 V par div; 5 µs par div. Représenter la courbe observée sur l'écran .

2) Avec la même tension, quelle serait l'allure de la courbe si la sensibilité est égale à 10 µs. par div ?

	5 V par div et 2 ms par div Déterminer la valeur maximale de la tension observée. Déterminer sa valeur efficace. Déterminer sa période et sa fréquence.

Exercice 2 :

Un transformateur pour poste de soudure à l'arc est traversé par un courant d'intensité 42A sous la tension de 220V. Calculer la valeur approximative de la tension au secondaire quand il débite 210A.

<u>Exercice</u> 3 :

Une lampe fonctionne en courant sinusoïdal en consommant une puissance de 6 W sous une tension efficace de 6 V. Les fils et 1 et 2 amenant la puissance électrique depuis le générateur ont chacun une résistance de 2Ω. Tous les autres fils sont supposés de résistances négligeables.

1) On réalise tout abord une alimentation directe de la lampe (figure 1).

a) Après avoir fait le bilan énergétique de la lampe, déterminer l'intensité efficace du courant qui la traverse.

b) En déduire la puissance Joule dégagée dans les fils 1 et 2.

c) Donner la puissance électrique fournie par le générateur ainsi que la tension efficace à ses bornes.

2) L'alimentation est cette fois indirecte et utilise deux transformateurs supposés idéaux (figure 2). Le transformateur proche de la lampe possède N1=500 spires au primaire et N2=5 spires au secondaire.

a) Déterminer l'intensité efficace du courant circulant dans les fils 1 et 2. En déduire la puissance Joule consommée dans ces fils.

b) Calculer la puissance électrique fournie par le générateur. La comparer avec celle déterminée à la question a).

c) Quel doit être le rapport de transformation m (tension secondaire/ tension primaire) du transformateur proche du générateur pour que la tension aux bornes du générateur soit la même que dans la question 1) ?

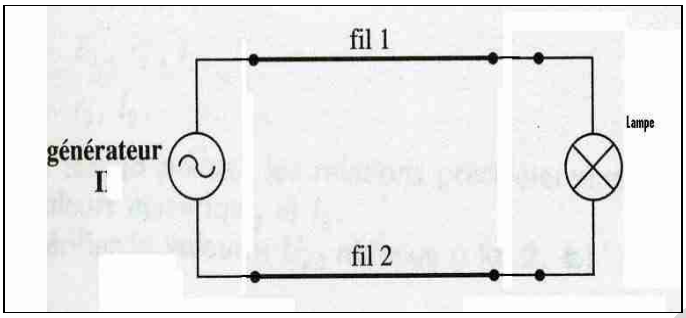


Figure 1

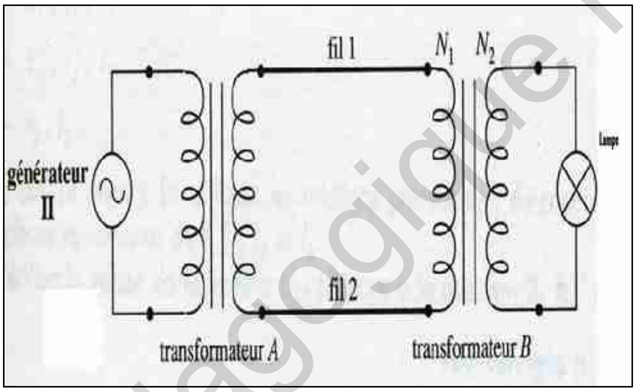


Figure 2

Quatrième partie :

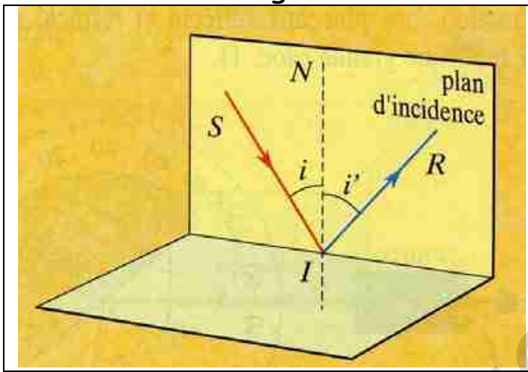
Optique

Chapitre VIII : Réflexion et Réfraction

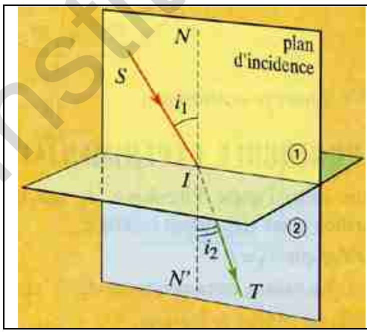
L'Essentiel

I) Généralités

- Dans un milieu transparent et homogène, la lumière se propage en ligne droite.
- Le rayon lumineux est une représentation géométrique qui modélise le trajet suivi par la lumière pour aller d'un point à un autre :il est représenté par une droite munie d'une flèche qui indique le sens de propagation.
- Lois de Descartes de la réflexion:
  - $1^{ére}$ loi : Le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence.
  - $2^{éme}$ loi: L'angle de réflexion i' est égal à l'angle d'incidence i

	NI : la normale I : point d'incidence i : angle d'incidence i' : angle de réflexion

- **Dioptre plan :**
  - Un dioptre plan est l'ensemble de deux milieux transparents homogènes et isotropes d'indices différents, séparés par une surface plane.
  - Lorsque la lumière traverse un dioptre plan, elle subit un brusque changement de direction : c'est le phénomène de la réfraction.
  - A la surface du dioptre, on peut observer simultanément les phénomènes de la réflexion et de réfraction.
- **Lois de Descartes de la réfraction :**

	$n_1.\sin(i_1) = n_2.\sin(i_2)$

La lumière passe d'un milieu dans un autre plus réfringent ($n_2 > n_1$) :

L'équation $n_1.\sin(i_1) = n_2.\sin(i_2)$ montre que l'angle de réfraction i_2 croit en même temps que l'angle d'incidence i_1. Quand celui atteint sa plus grande valeur soit 90° (Incidence rasante, i_2 prend lui aussi sa plus grande valeur λ tel que : $i = 90° \Rightarrow \sin(\lambda) = \frac{n_1}{n_2}$ (λ) : Angle de réfraction limite

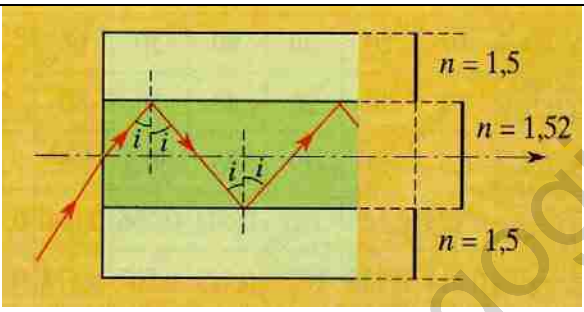
La lumière passe d'un milieu dans un autre moins réfringent ($n_2 < n_1$) :

Quand i_2 (angle d'incidence dans ce cas) croit de 0 à λ, i_1 (angle de réfraction) croit de 0 à 90° et surpasse toujours i_2 donc la réfraction écarte le rayon de la normale.

A la valeur λ de l'angle d'incidence i_2 correspond un angle de réfraction limite égale à 90° (émergence rasante)

- **Réflexion totale :**

Le phénomène de réflexion totale se produit à la surface de séparation de deux milieux d'indices n_1 et n_2. Si l'angle d'incidence est supérieur à l'angle limite λ le faisceau réfracté n'existe plus, toute la lumière incidente est réfléchie : il y a réflexion totale.

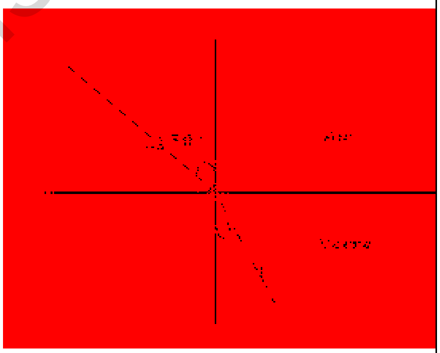
<table>
<tr>
<td>
</td>
<td>- l'indice n_1 du 1e milieu est tel que $n_1 > n_2$
- L'angle d'incidence i est tel que $i > \lambda$ avec
$\sin(\lambda) = \frac{n_2}{n_1}$</td>
</tr>
</table>

II) Applications

<u>Application (1)</u> : Considérons le passage de la lumière de l'air d'indice 1 dans le verre d'indice 1,5.

1. Construire la marche du rayon lumineux pour i=30°.
2. Calculer l'angle de réfraction correspondant.

Corrigé :

<table>
<tr>
<td>1.
</td>
<td>2 .
$n.\sin(i) = n'.\sin(i') \Rightarrow \sin(i') = \frac{n}{n'}.\sin(i)$
$AN : \sin(i') = \frac{1}{1,5}.0,5$
$\sin(i') = 0,33 \Rightarrow i' = 19,5°$</td>
</tr>
</table>

Application (2) : Un rayon lumineux passe de l'air d'indice 1 dans l'eau d'indice 4/3 sous une incidence rasante. Calculer l'angle de réfraction limite λ.

Solution :

$$n.\sin(i) = n'.\sin(\lambda) \Rightarrow \sin(\lambda) = \frac{n}{n'}.\sin(i)$$

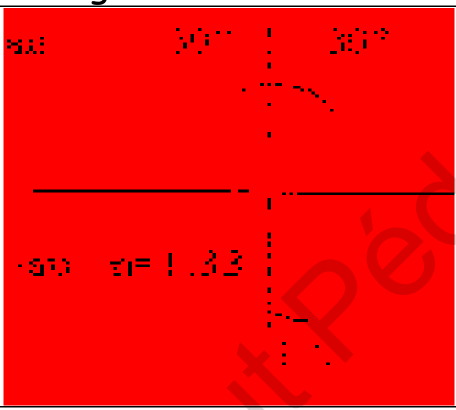
$$AN : \sin(\lambda) = \frac{1}{4/3}.1$$

$$\sin(\lambda) = 0,75 \Rightarrow \lambda = 49°$$

Application (3):

Un rayon lumineux cheminant dans l'air arrive sur de l'eau d'indice n=1,33. Dessiner le rayon réfléchi et le rayon réfracté et calculer les angles de réflexion et de réfraction.

Corrigé :



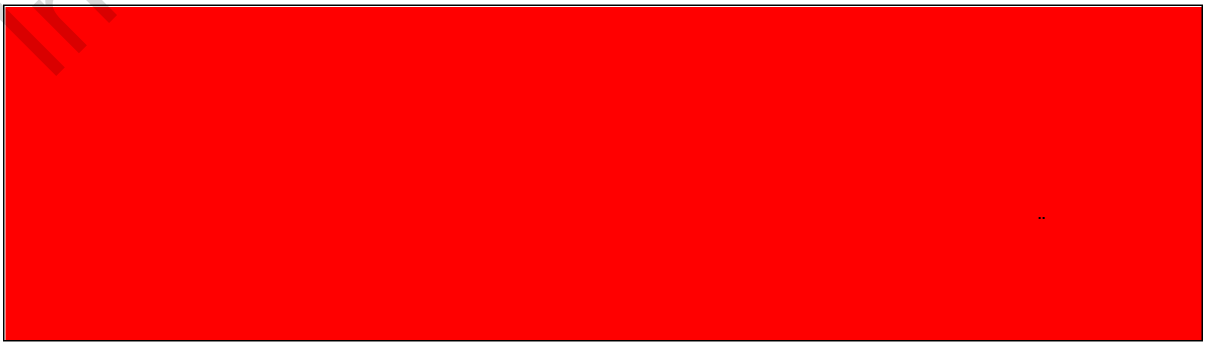
angle d'incidence = angle de réflexion =30°

$$n_{air}.\sin(30°) = n_{eau}.\sin(i_2) \Rightarrow \sin(i_2) = \frac{n_{air}.\sin(30°)}{n_{eau}}$$

$$AN : \sin(i_2) = \frac{1x0,5}{1,33} \Rightarrow i_2 = 19,5°$$

Application (4):

Tracer la marche du rayon lumineux jusqu'à la sortie du prisme d'indice n=1,50, plongé dans l'air dans les deux cas de figure.

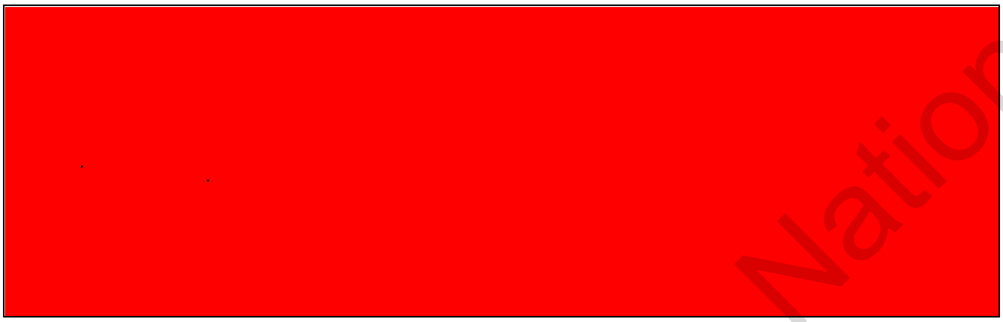


Corrigé :

Un faisceau perpendiculaire à la surface séparant deux milieux transparents, n'est pas dévié.

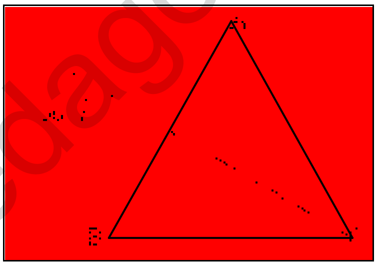
Le faisceau réfracté existe si l'angle d'incidence est inférieur à i_{max} tel que $\sin i_{max} = 1/n_2$; $\sin i_{max} = 1/1{,}50 = 0{,}667$ soit $i_{max} = 42°$.

Or l'angle d'incidence vaut 45°, valeur supérieure à i_{max} : il y a réflexion totale.

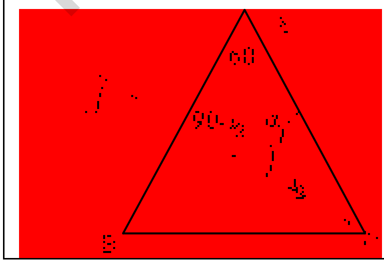
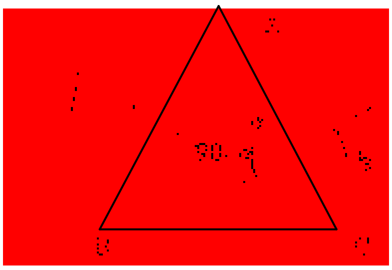


Application (5):

L'indice de réfraction du prisme (la section du prisme est un triangle équilatéral) est 1,5. Dessiner les rayons obtenus par réfraction sur les 2 faces AB et AC et calculer l'angle du rayon émergent avec la normale à la face.



Corrigé :

$\sin(30) = 1{,}5 \sin(i_2)$ d'où $i_2 = 19{,}5°$ et $\alpha = 49{,}5°$ 	$1{,}5 \sin(90-49{,}5) = \sin(i_3)$ d'où $i_3 = 77°$ 

III) Exercices :

Exercice 1 :

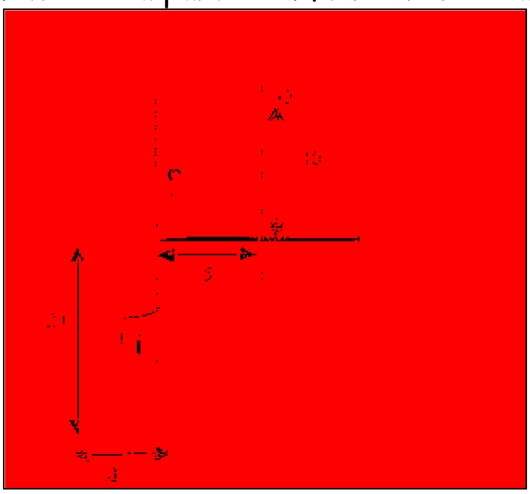
Un rayon monochromatique arrive sur une vitre faite de verre d'indice n=1,5 et d'une épaisseur e =5 mm. L'angle d'incidence est i =30°.

1) Calculer l'angle de réfraction du rayon dans le verre puis tracer ce rayon.
2) Calculer l'angle d'incidence de ce rayon sur le dioptre verre/air.
3) Avec quel angle de réfraction le rayon émerge-t-il de la vitre ? Tracer ce rayon émergent.
3) Comparer la direction du rayon qui arrive sur la vitre et celle de celui qui en sort. Cela dépend il de la valeur de l'indice n ?
4) Le rayon lumineux incident est de couleur blanche. Comment seront les rayons des différentes couleurs à la sortie de la vitre ? Comparer l'effet d'un prisme et l'effet d'une vitre sur la lumière blanche.

Exercice 2 :

Un disque opaque de diamètre D =10cm flotte, immobile, à la surface de l'eau d'un cristallisoir. La hauteur d'eau est H=20cm. L'indice de l'eau est n=1,33. Un oeil est placé en O à la verticale du centre du disque et à une distance h=10cm au dessus de celui-ci.

1) Quelle est la forme de la partie du fond du cristallisoir qui sera masquée par le disque ?
2) Calculer l'angle de réfraction r de ce rayon dans l'air; en déduire l'angle d'indice i dans l'eau.
3) Calculer le diamètre de la partie du fond invisible à partir du point O.



Exercice 3 :

1) Lorsque la lumière traverse la surface séparant deux milieux transparents, elle subit un changement de direction. Comment appelle-t-on ce phénomène ? Citer deux milieux transparents.

2) On dirige un faisceau lumineux monochromatique issu d'un laser vers la surface plane d'un demi-cylindre en plexiglas. On mesure les angles i_1 et i_2 appelés respectivement angle d'incidence et angle de réfraction. Définir le terme monochromatique. Faire un schéma en faisant apparaître les angles i_1 et i_2.

On souhaite montrer que la loi qui donne l'angle de réfraction i_2 en fonction de i_1 est donnée par la relation suivante : $n_1.\sin i_1=n_2.\sin i_2$ (1). En faisant varier l'angle d'incidence i_1, on obtient le tableau 1

3) - Quel est le nom de cette loi ? (elle porte le même nom que le physicien qui l'a découverte).
   - Quel est le nom des constantes n_1 et n_2 qui apparaissent dans l'expression (1) ?
   - Dans notre cas d'étude, n_1=1. Quel est le milieu 1 ? Comment se simplifie l'expression (1) ?
   - Compléter le tableau 1.

4) Construire la courbe $\sin i_1=f(\sin i_2)$. On placera $\sin i_1$ en ordonnée (verticale), $\sin i_2$ en abscisse (horizontale) puis on prendra la même échelle sur les 2 axes : 1 cm pour 0,1. En déduire, à l'aide du graphique, le coefficient directeur puis l'équation de la droite obtenue. Que vaut n_2?

5) Déterminer graphiquement l'angle de réfraction i_2 pour un angle d'incidence i_1=35°.

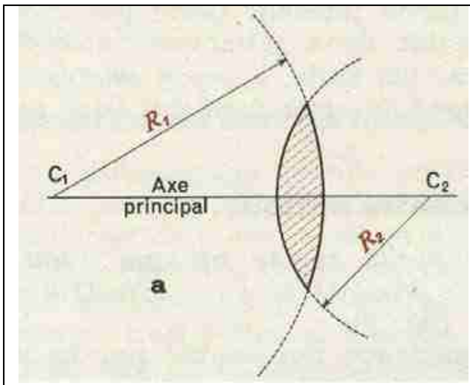
i_1	0	10	20	30	40	50	60	70
i_2	0	7	13	20	25	30	35	38
$\sin i_1$								
$\sin i_2$								

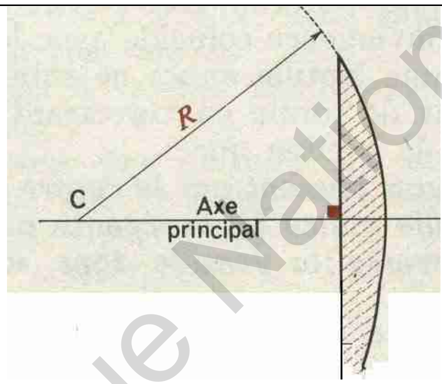
Chapitre IX : Lentilles minces

L'Essentiel

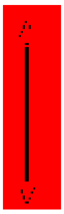
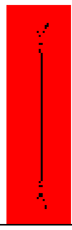
I) Lentilles minces :

- Une lentille est un milieu transparent limité par deux calottes sphériques (ou une calotte sphérique et un plan).





- Les rayons R_1, R_2 ou R de ces calottes sphériques sont appelés rayons de courbures ; la droite passant par leurs centres C_1 et C_2 (ou passant par l'unique centre C et perpendiculaire à la surface plane) est un axe de symétrie de révolution : On l'appelle l'axe principal de la lentille.
- Le centre optique d'une lentille est le point O par lequel passe l'axe principal de la lentille.
- Une lentille est dite mince quand son épaisseur mesurée sur l'axe principal est très petite, comparée aux rayons de courbures.
- Les lentilles à bords minces sont des lentilles convergentes.
- Les lentilles à bords épais sont des lentilles divergentes.
- Représentation schématique des lentilles minces :

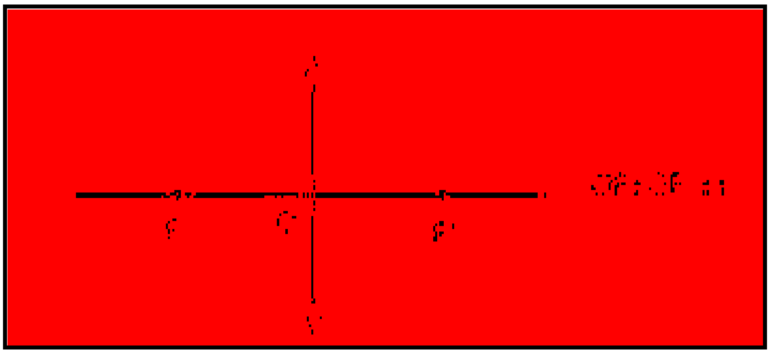
➢ **Lentille convergente :**	➢ **Lentille divergente :**
	

- Une lentille convergente a deux foyers principaux réels symétriques par rapport au centre optique :

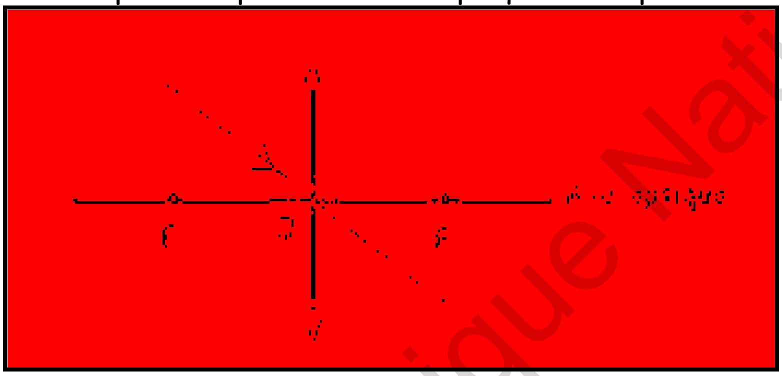
➢ Le foyer image est du côté de la lumière émergente.

➢ Le foyer objet est du côté de la lumière incidente.

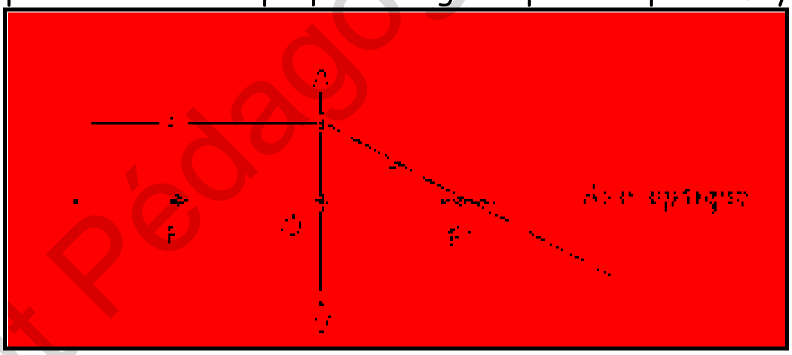
- La distance de ces foyers au centre optique est la distance focale de la lentille.



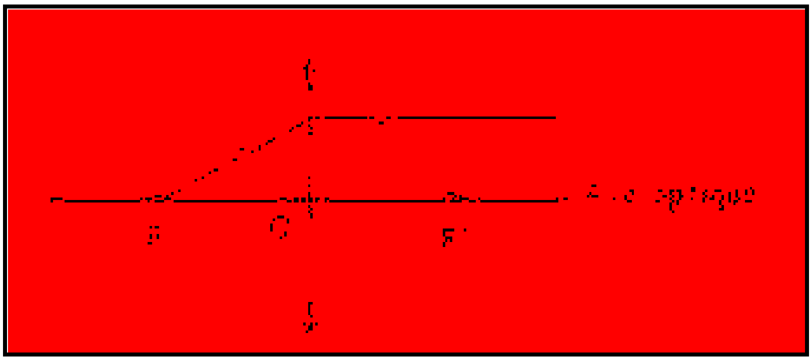
➢ le rayon incident passant par le centre optique n'est pas dévié.



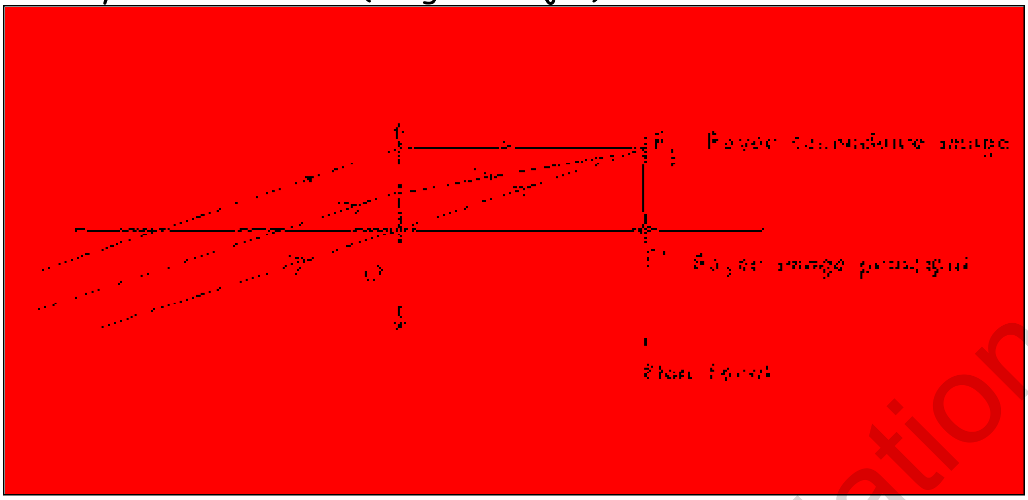
➢ Un rayon parallèle à l'axe optique émerge en passant par le foyer image F' :

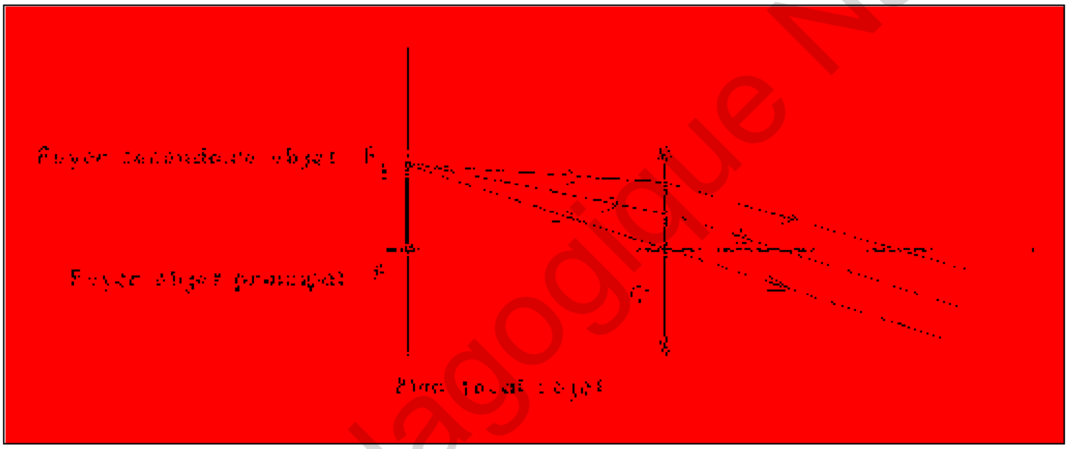


➢ Un rayon incident passant par le foyer objet F donne un rayon émergent parallèle à l'axe optique :



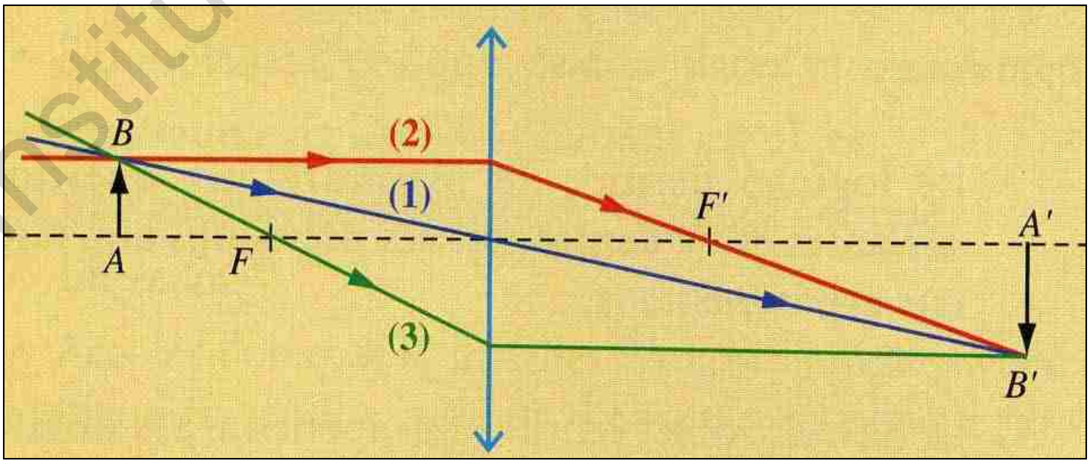
- Par chacun des foyers principaux passe un plan focal (image ou objet) lieu des foyers secondaires (image ou objet)



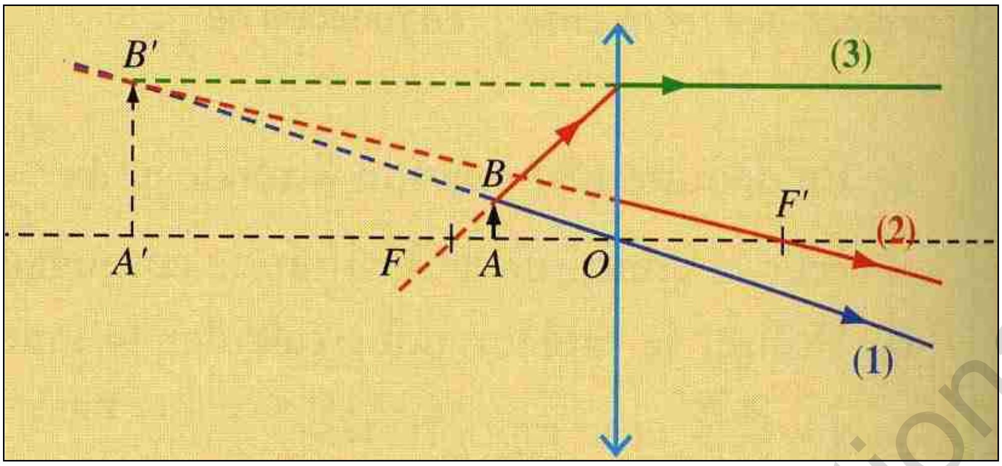


- **Construction géométrique des images :**

Pour construire l'image B' d'un point B formée par une lentille, il faut tracer le cheminant à travers la lentille de rayons particuliers. Le point B' se trouve à l'intersection de ces rayons ou de leurs prolongements.



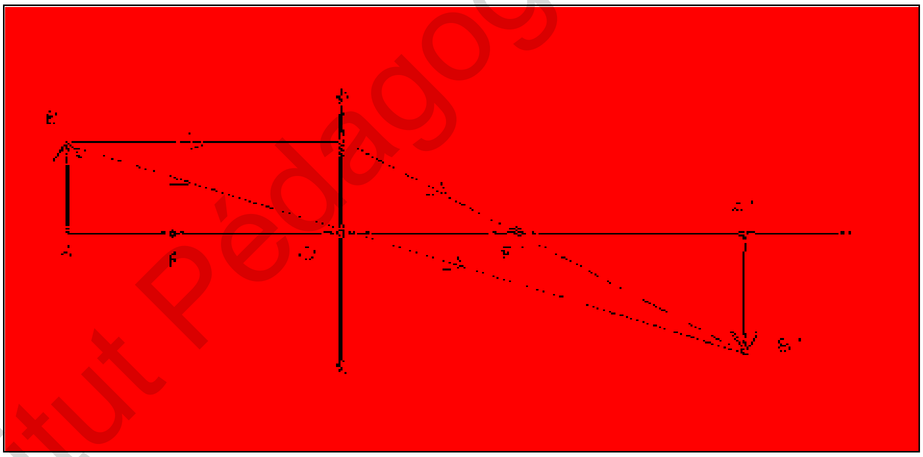
Construction de l'image A'B' du segment AB, donné par une lentille convergente.



Construction de l'image A'B' du segment AB, donné par une lentille convergente utilisée en loupe.

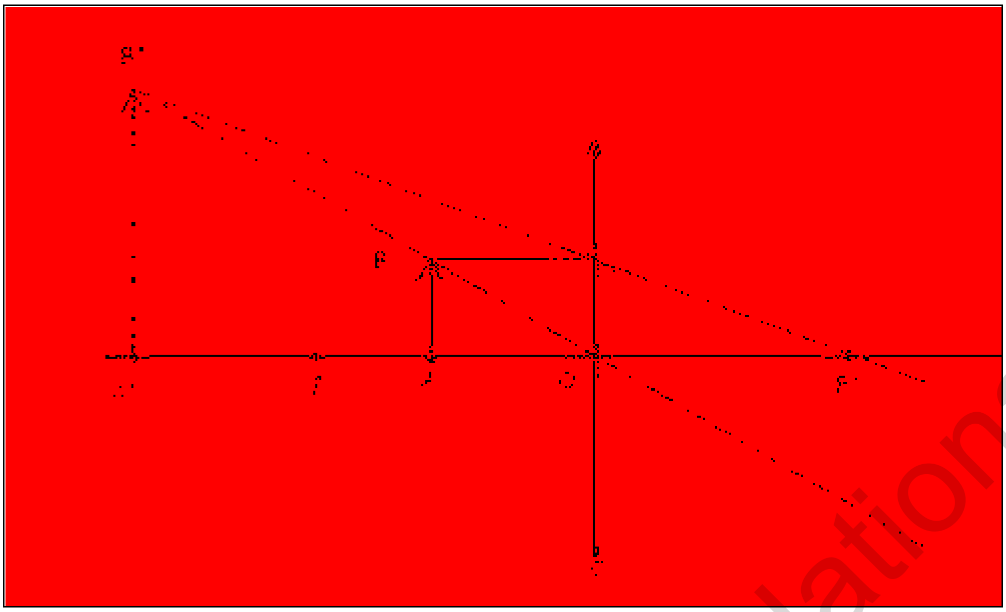
- Objet réel et image réelle :
-

AB : objet réel
A'B' : image réelle



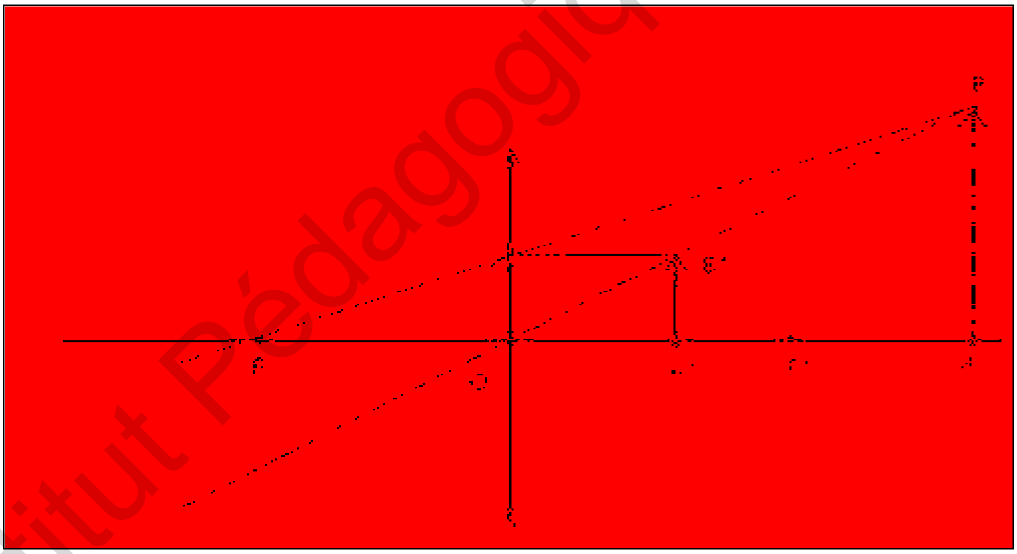
- Objet réel et image virtuelle :

Si l'objet est entre le plan focal objet et la lentille l'image est virtuelle.
AB : objet réel et A'B' image virtuelle



- Objet virtuel et image réelle :

Si l'image est entre le plan focal image et la lentille, l'objet est virtuel.
AB : objet virtuel   et A'B' image réelle



- **Formule de conjugaison :**

La relation algébrique liant la position de l'objet OA et la position de l'image OA' est appelée relation de conjugaison :

$1/OA' + 1/OA = 1/f$

On appelle C=1/f la vergence de la lentille ; avec C en dioptrie (δ) et f en mètre (m) ;

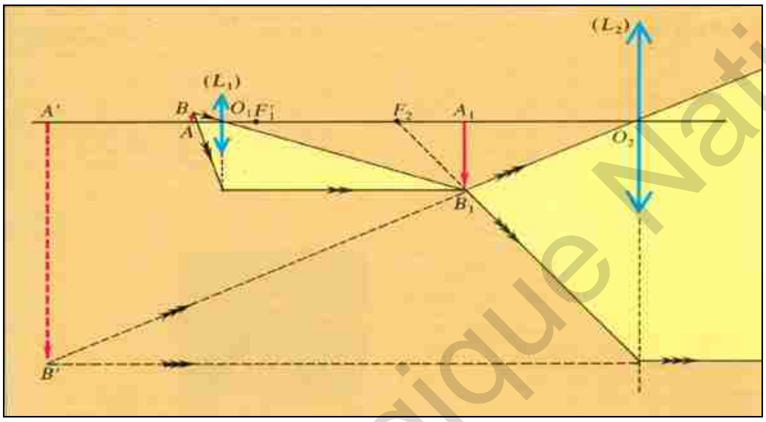
- **Grandissement :**

Le rapport de la dimension algébrique de l'image A'B' à celle de l'objet AB donne le grandissement ∂ avec

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

- Si $\overline{A'B'}$ > 0 l'image est droite
- Si $\overline{A'B''}$ < 0 l'image est renversée

- **Etude d'un système d'optique simple : le microscope**
  - Construction géométrique de l'image



On remarque que l'angle α' (diamètre apparent de l'image), à travers lequel, l'œil observe l'image finale A'B' de l'objet AB (par l'intermédiaire du microscope), est plus grand que l'angle α (diamètre apparent de l'objet).

$$Tan(\alpha) = \frac{AB}{AM} = \alpha \,; \quad Tan(\alpha') = \frac{A'B'}{A'M} = \alpha'$$

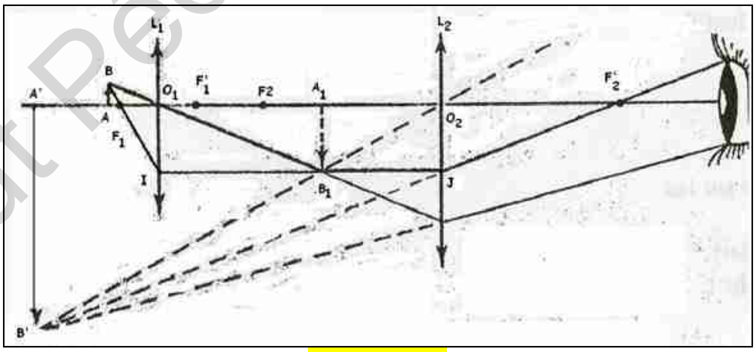


Figure 1

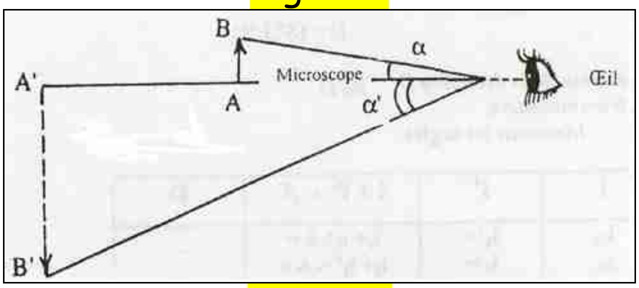


Figure 2

- Grandeurs caractéristiques d'un microscope :
  - On appelle grandissement du microscope le rapport :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \;;\; \overline{A'B'} \;;\; \overline{AB} \;; et\; \gamma \quad \text{des valeurs algébriques}$$

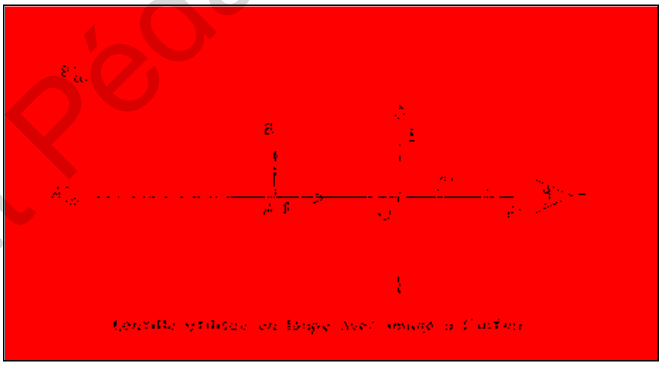
  - On appelle grossissement du microscope : $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$
  - On appelle puissance du microscope : $P = \dfrac{\alpha'}{AB}$

La puissance est mesurée en dioptrie :δ ; α : diamètre apparent de l'image ; α : diamètre apparent de l'objet.

II) Applications :

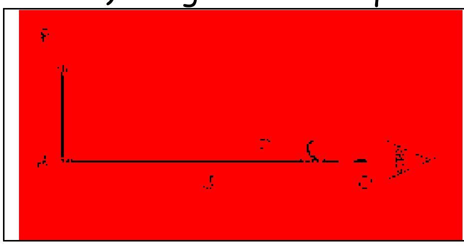
Application (1) :

1) Un objet AB, de dimension 1cm, est placé à une distance d=25cm de l'œil d'un observateur. Sous quel Angle θ, cet objet est-il vu ?
2) L'objet AB est placé dans le plan focal objet d'une loupe de distance focale f=5cm. Le point A est confondu avec le foyer objet F.
   a) Justifier la construction de l'image A'B' donnée sur le document ci-dessous.
   b) L'œil est placée en F'. Déterminer la valeur de l'angle θ' sous lequel l'œil voit l'image. c) Comparer θ et θ'. Conclure.



Corrigé :

1) L'angle θ sous lequel est vu l'objet AB à ,l'œil nu est tel que :

	$\theta \approx \tan(\theta) = \dfrac{AB}{d};\ \theta = \dfrac{1}{25} = 0,04rd$

2)

a) le rayon BI est parallèle à l'axe et émerge en passant par le foyer F'. Or : BI=OF'=f ; les deux directions BO et IF' sont parallèles. Les deux rayons issus de B émergent selon des directions parallèles ; leur intersection est à l'infini. Le point B', image de B, est à l'infini. Le point A', image de A, est aussi à l'infini.

b) L'angle θ' est donné par la relation :

$$\theta' \approx \tan(\theta') = \frac{OI}{OF'} = \frac{AB}{OF'} \qquad \theta' = \frac{1}{5} = 0,2rd$$

c) Comparons les deux angles en calculant leur rapport.

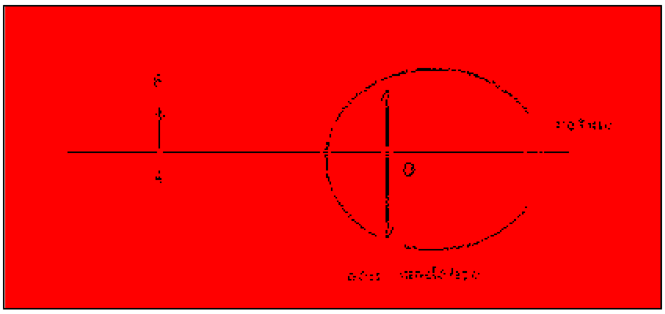
$$\frac{\theta'}{\theta} = \frac{0,2}{0,04} = 5$$

La loupe permet d'observer AB sous un angle 5 fois plus grand que l'œil nu et donc d'en percevoir les détails.

Application (2) :

La partie transparente de l'œil (cristallin,cornée…) peut être modélisée par une lentille mince convergente qui forme les images des objets observés sur un écran : la rétine. La distance rétine – lentille est fixe et égale à 25mm.De ce fait, pour avoir une vision nette quelque soit la position de l'objet,la distance focale de la lentille doit varier : lorsque l'œil accommode, les muscles oculaires modifient la courbure du cristallin,ce qui modifie ainsi la distance focale. La rétine est tapissée de cellule de sensible (cônes et bâtonnets). L'ordre de grandeur de la dimension d'une cellule de la rétine est de 4 µm.

1) reproduire le schéma ci-contre et construire l'image d'un objet AB placé à 25 cm devant l'œil (œil accommode pour avoir une vision nette). Justifier cette construction.
2) déterminer, sur le schéma, la position du foyer image.
3) a) trouver la dimension maximale d'une image sur la rétine pour qu'elle soit vue comme un simple point.
   b) calculer alors l'ordre de grandeur de la dimension de l'objet.
4) dans la situation précédente, quelle est la vergence du cristallin.



Corrigé :

1) Pour déterminer la position de B' image du point B par la lentille, on trace le rayon issu de B qui passe par O et qui n'est pas dévié. L'image devant se former sur la rétine, le point B' se trouve à l'intersection de la rétine et de ce rayon particulier.
2) On trace le rayon issu de B parallèle à l'axe optique qui converge en B'. Le point F' est l'intersection de l'axe optique et de ce rayon particulier.
3) a) Une image détectée par une seule cellule de la rétine apparaît comme un point. Une cellule ayant une dimension de 4µm , si l'image est inférieure à 4µm, elle apparaîtra comme un point.

   b) La formule du grandissement étant : $\gamma = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$, on obtient avec $\overline{0A'} = 2,5cm \quad et\, \overline{OA} = -25cm : \gamma = -0,1$

Si la taille est de 4µm, la taille de l'objet se calcule par la relation : $\overline{AB} = \dfrac{\overline{A'B'}}{\gamma}; soit \ \overline{AB} = \dfrac{-4}{-0,1} = 40\mu m = 0,04mm$

4) Utilisons la formule de conjugaison :

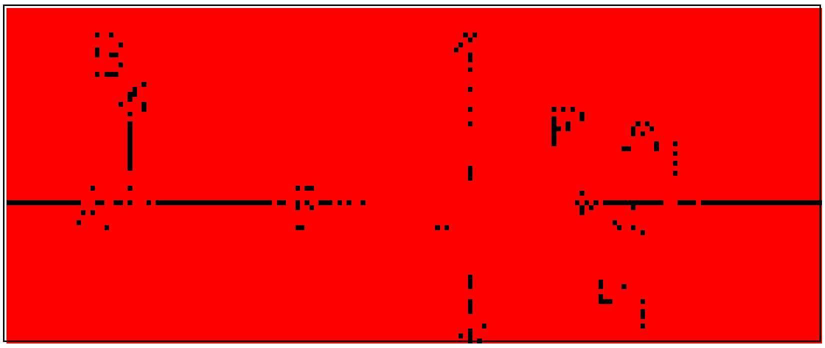
$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = C \ \ d'ou \ \ C = \frac{1}{2,5.10^{2}} - \frac{1}{-25.10^{-2}} = 44\delta$$

III) Exercices :

Exercice 1 :

On considère une lentille convergente f '=3 cm, de centre optique O. A 9 cm devant la lentille, on place un objet AB (2 cm de haut).

1) Déterminer par construction et par calculs les caractéristiques de l'image.
2) En utilisant cette lentille, on désire projeter sur un écran situé à 2 m de la lentille une diapositive (36*24 mm) . L'image doit être nette. Déterminer la position de la diapositive et les dimensions de l'image.



Exercice 2:

Un élève dispose d'un banc d'optique muni d'une source lumineuse éclairant une lettre " d ", d'un écran opaque et d'une boite comportant :

- un miroir plan
- cinq lentilles minces de vergence 2, 3, 8, -2, -3 dioptries

La lettre " d " éclairée qui constitue l'objet, sera par la suite et notamment pour la construction, appelée l'objet AB. L'image intermédiaire donnée par la première lentille sera appelée A'B'. L'image finale donnée par la deuxième lentille sera appelée A_1B_1.

L'objet AB est situé à l'extrémité du banc d'optique. L'élève ne déplace que la lentille et l'écran. L'élève réalise sur le banc l'image A'B' de l'objet AB situé à 50 cm de la lentille.

1) Observe-t-il la lettre " d " ou la lettre " p " ? Justifier la réponse à l'aide d'un schéma.
2) Le banc d'optique a une longueur d'environ 2 m. Si l'élève place la lentille à une distance légèrement supérieure à 33 cm de l'objet, peut-il observer une image sur l'écran en déplaçant celui-ci sur le banc d'optique ?
3) L'élève positionne maintenant la lentille L 3 à 20 cm de l'objet. Lorsqu'il déplace l'écran le long du banc, il ne trouve pas d'image. Comment peut-il l'expliquer ?. Faire la construction graphique de l'image.
4) Quelle est la nature de l'image ? Sa taille, par rapport à celle de l'objet, est-elle plus grande ? Plus petite ? Si on place l'œil après la lentille, celle-ci peut servir de loupe.
5) Montrer, à l'aide d'un schéma, que si on remplace la lentille par une lentille de vergence -3 dioptries placée à la même distance de l'objet, celle-ci ne peut servir de loupe.
6) Étude du grandissement : Écrire la formule de conjugaison des lentilles ainsi que celle du grandissement γ.
7) Calculer le grandissement γ pour la lentille (v = 3dioptries) pour un objet situé à 43 cm , puis à 63 cm devant la lentille . En déduire ce qu'il faut faire pour diminuer la taille de A'B' sur l'écran.
8) Pour une position donnée de l'objet, si on remplace la lentille de vergence 3δ par la lentille de vergence 8δ, dans quel sens faudra-t-il déplacer l'écran pour observer l'image A'B' ?

Chimie

Première partie :

Chimie Organique

Chapitre I : Les Alcanes

L'Essentiel

I) Généralités

- Les alcanes sont des hydrocarbures saturés à chaînes carbonées non cycliques de formule général: C_nH_{2n+2}
- Nomenclature :
  - **Cas des chaînes linéaires :**

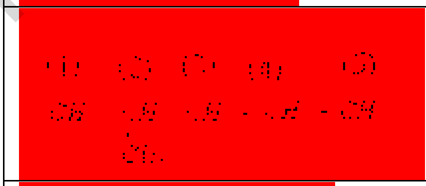
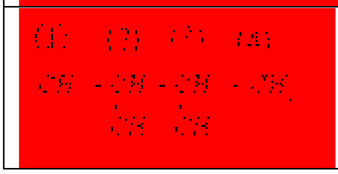
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Formule	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	C_6H_{14}	C_7H_{16}	C_8H_{18}	C_9H_{20}	$C_{10}H_{22}$
Nom	Méthane	Ethane	Propane	Butane	Pentane	Hexane	Heptane	Octane	Nonane	Décane

- **Cas des chaînes ramifiées**

Règle :

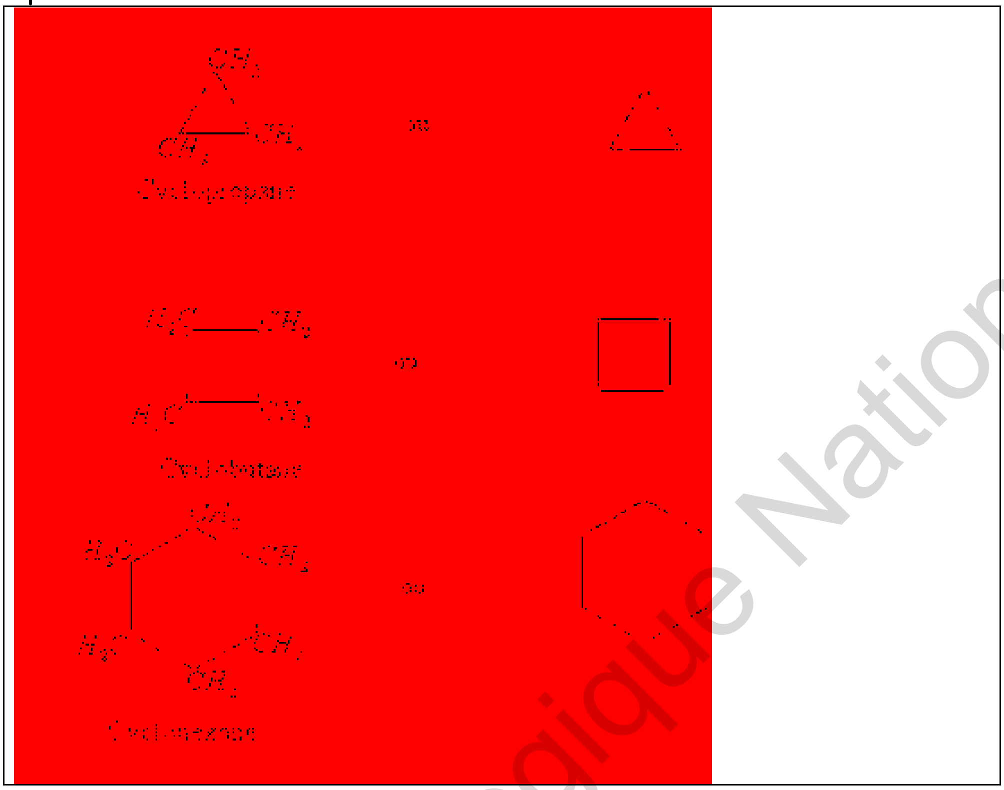
- Identifier et nommer l'alcane à chaîne linéaire servant de référence, c'est à dire chercher la chaîne carbonée la plus longue.
- Identifier et nommer les groupements alkyls qui remplacent des atomes d'hydrogène.
- Identifier la position de ces groupements sur la chaîne carbonée principale numérotés de façon à avoir les numéros de position les plus faibles.
- Nom = Position(s) /tiret/groupement(s) alkyle(s) sans le « e »final /alcane substitué.
- Groupement (radical alkyle) : - C_nH_{2n+1} Le nom du radical dérive de celui de l'alcane correspondant en remplaçant la terminaison « ane » par « yl »
  - Exemples : Méthane CH_4 $\leftrightarrow$ méthyl - CH_3 ; éthane C_2H_6 $\leftrightarrow$ éthyl - C_2H_5

Exemples :

	2-méthylbutane :
	2, méthylpentane
	2,3 diméthylbutane

- **Alcanes à chaîne cyclique (cycloalcanes)**
  - Formule générale : C_nH_{2n}

Exemples :



- **Propriétés physiques :**

Dans les conditions habituelles les alcanes sont :

- Gazeux jusqu'à quatre atomes de carbone.
- Liquides entre cinq et seize atomes de carbone
- Solides au-delà de seize atomes de carbone.
- Insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques ;

- **Propriétés chimiques :**
  - Combustion complète :

$$C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2} O_2 \rightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O$$

$$Exemple : C_4H_{10} + \frac{13}{2} O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5 + H_2O$$

- Substitution : Elle consiste à remplacer un atome d'hydrogène par un autre atome ou groupe d'atomes monovalents.

Exemple : Substitution avec le chlore :

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{lumiere} CH_3Cl + HCl$$

$$CH_3Cl + Cl_2 \xrightarrow{lumiere} CH_2Cl_2 + HCl$$

$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \xrightarrow{lumiere} CHCl_3 + HCl$$

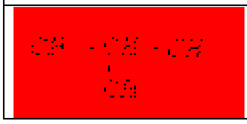
$$CHCl_3 + Cl_2 \xrightarrow{lumiere} CCl_4 + HCl$$

CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$ et CCl_4 (mono, di, tri et tétra chlorométhane)

- Isomères :

Ce sont des composés ayant la même formule brute mais des formules semi-développées différentes.

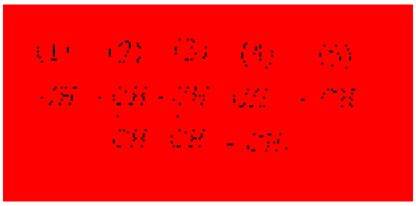
Exemples : C_4H_{10} Cette formule brute correspond à deux isomères :

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	butane
	méthylpropane

II) Applications :

Application 1 :

a) Nommer l'alcane suivant :



Solution :

3- éthyl, 2méthyl pentane

b) Donnez les formules semi-développées et les noms des isomères ayant la formule brute C_3H_7Cl

Solution :

$CH_3-CH_2-CH_2Cl$	1 -chloropropane
$CH_3-CHCl-CH_3$	2 -chloropropane

Application 2 :

La composition centésimale massique d'un alcane est : %C=81,8 %H=18,2.

Déterminer sa formule brute sachant que sa masse molaire moléculaire est M=44g/mol

Solution :

$$\frac{M}{100}=\frac{12x}{\%C}=\frac{y}{\%H}$$

$$\left\{\frac{M}{100}=\frac{12x}{\%C} \Leftrightarrow x=\frac{44.81,8}{12.100} \Rightarrow \boxed{x=3}\right.$$

$$\left\{\frac{M}{100}=\frac{12x}{\%y} \Leftrightarrow x=\frac{44.18,2}{100} \Rightarrow \boxed{y=8}\right.$$

$$La\ formule\ brute\ est\ donc : C_3H_8$$

III) Exercices :

Exercice 1 :

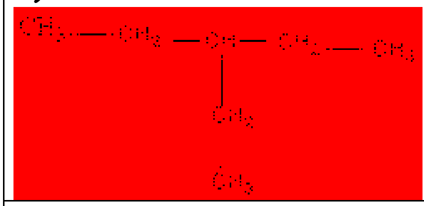
Ecrire les formules semi développées des composés ci- dessous ?

a) 2,3 diméthylbutane.
b) 3,3 diméthylhexane.

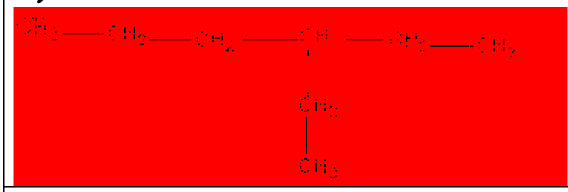
Exercice 2 :

Donner le nom de chacun des composés suivants :

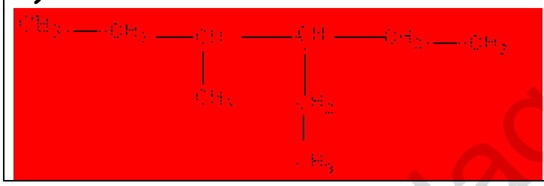
a)



b)



c)



d- $(CH_3)_4C$

e- $(CH_3)_3C-CH_3$

Exercice3 :

Donner les formules et les noms des isomères de l'hexane.

Exercice 4 :

En présence de lumière, on fait réagir le dichlore et le pentane. En supposant que l'on ne substitue un atome de chlore qu'à un seul atome d'hydrogène, écrire la formule des divers isomères que l'on obtient.

Exercice 5 :

Dans les conditions ordinaires, les alcanes de formule générale : C_nH_{2n+2} sont gazeux pour $n \leq 5$. Quels sont les alcanes gazeux plus denses que l'air?

Exercice 6 :

Ecrire l'équation de la r&action de la combustion complète d'une mole de butane : C_4H_{10} dans l'oxygène.

Expliquer pourquoi, par temps froid, les vitres d'une pièce chauffée par un appareil à gaz butane (fonctionnant sans cheminée) se couvrent de buée, ce qui n'est pas le cas si la pièce est chauffée par un radiateur électrique.

Chapitre II : Alcènes et Alcynes

L'Essentiel :

I) Généralités :

1) Alcènes : On appelle alcène des hydrocarbures insaturés non cycliques de formule C_nH_{2n} ($n \geq 2$) dont la molécule comporte une liaison double : ()

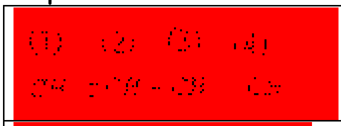
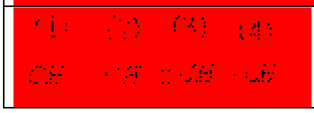
1-1) Nomenclature :

- Chaîne linéaire :

Le nom d'un alcène s'obtient à partir de l'alcane correspondant en remplaçant la terminaison « ane) par « ène » précédé entre tirets de l'indice de la position de la double liaison.

La position de la double liaison est indiquée par le numéro de l 'atome de carbone doublement lié qui possède l'indice le plus petit.

Exemples :

	But-1-ène
	But-2-ène

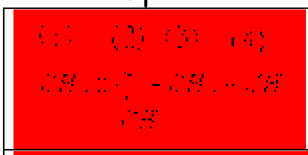
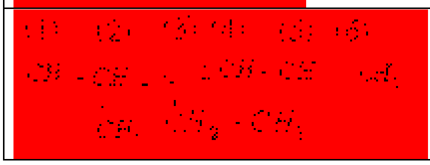
- **Chaîne ramifiée :**

-Identifier la chaîne carbonée la plus longue contenant la double liaison (chaîne principale)

-Numéroter la chaîne principale de l'extrémité la plus proche des atomes de carbone doublement liés

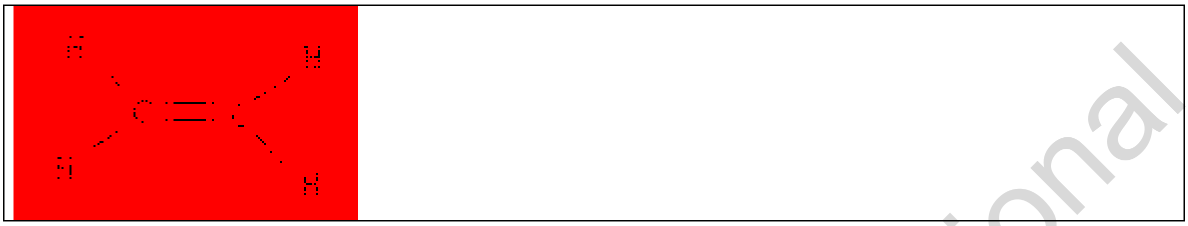
- Identifier la position des radicaux (Groupements alkyls) sur la chaîne principale.

- Exemples :

	2-but-1-ène
	3-éthyl-2-méthyl-hex-3-ène

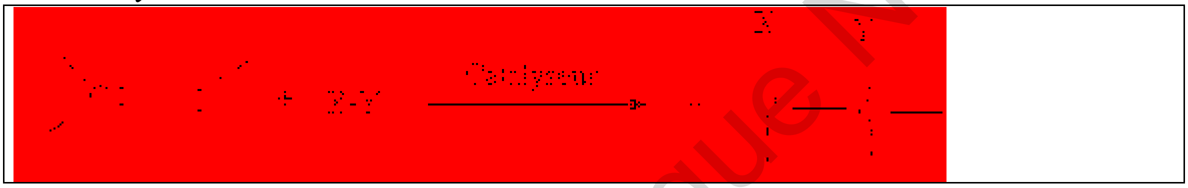
1-2) Structure de la molécule d'éthylène :

- La molécule d'éthylène est plane.
- Les angles valentiels : sont égaux à 120°.
- Distance (C=C)=1,33 Å
- (Distance (C-H)=1,09Å



1-3) Propriétés chimiques :

1-3-1) Réactions d'addition :



Exemples :

- Si XY=H_2 (Hydrogénation : addition d'hydrogène)

- Si XY=Cl_2, Br_2, I_2…etc. ((halogénation : Addition d'halogène)

$$CH_2 = CH_2 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl - CH_2Cl$$

$$\text{éthylène} \qquad\qquad 1-2-\text{dicloroéthane}$$

- Si XY=H_2 O(Hydratation : addition de l'eau

$$CH_3 - CH = CH_2 + HCl \longrightarrow \begin{cases} CH_3 - CHOH - CH_3 (propan-2-ol)(majoritaire) \\ CH_3 - CH_2 - CH_2OH (propan-1-ol)(\min oritaire) \end{cases}$$

$$\Pr opène$$

L' hydrogène se fixe de préférence sur le carbone le plus hydrogéné (Règle de Markownikov)

- *Remarque :* La règle de Markownikov est applicable lors d'addition d'halogénure d'hydrogène (HCl, HBr, HI…etc.)

Exemple :

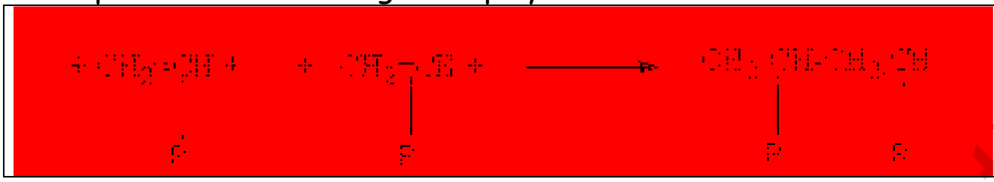
$$CH_3-CH=CH_2+HCl \longrightarrow \begin{cases} CH_3-CHCl-CH_3(2-chloroppane)(majoritaire) \\ CH_3-CH_2-CH_2Cl((1-chloroppane)(minoritaire) \end{cases}$$

1-3-2) Polymérisation :

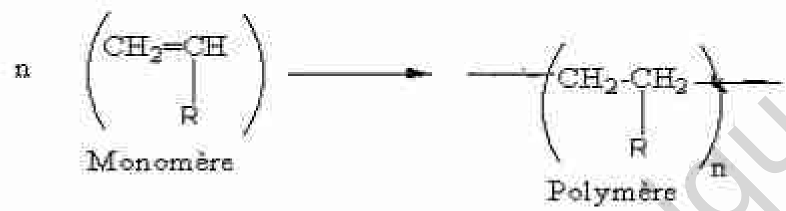
C'est une polyaddition d'un très grand nombre de molécules insaturées identiques appelées monomère.

Elle conduit à une macromolécule appelée polymère

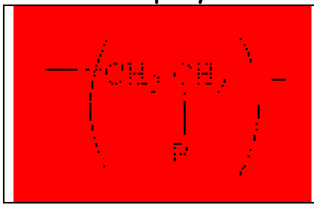
Exemple :n :Indice ou degré de polymérisation



Ou encore plus simplement



Motif du polymère



2) Alcynes

-On appelle alcynes les hydrocarbures insaturés de formule C_nH_{2n-2} $(n\geq 2)$ dont la molécule comporte une triple liaison ($C\equiv C$)

2-1) Nomenclature :

Les mêmes règles déjà vues dans les alcènes sont reconduites en remplaçant « ène » par « yne »

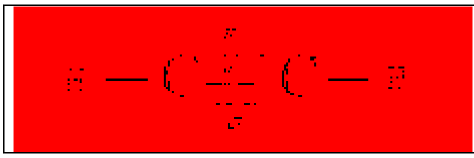
Exemples :

$CH_3-C\equiv C-CH_3$	but-2-yne
$CH_3-CH(CH_3)-C\equiv CH$	3-méthyl-but-1-yne

2-2) Structure de la molécule d'acétylène

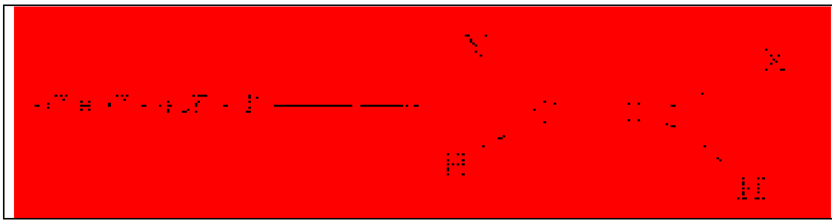
- La molécule est linéaire
  - les angles valentiels sont égaux à 180°

- Distance $C \equiv C$ 1,21 Å
- Distance $C-H$ 1,09 Å



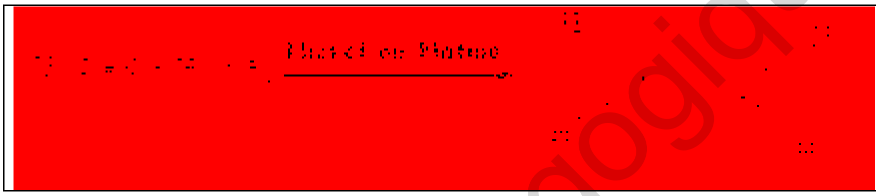
2-3) Propriétés chimiques :

Réaction d'addition :

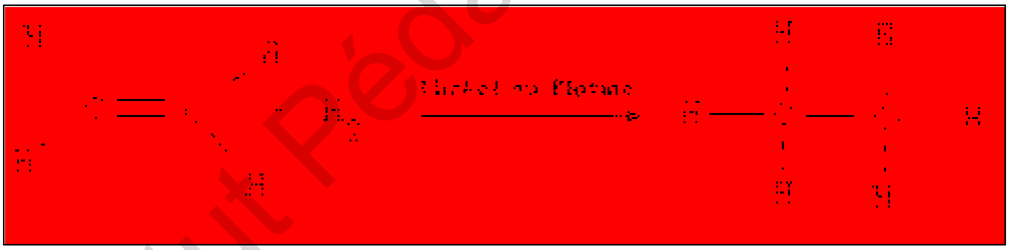


Une deuxième addition peut éventuellement avoir lieu sur le produit de la première :

- Si XY=H2 (Hydrogénation)

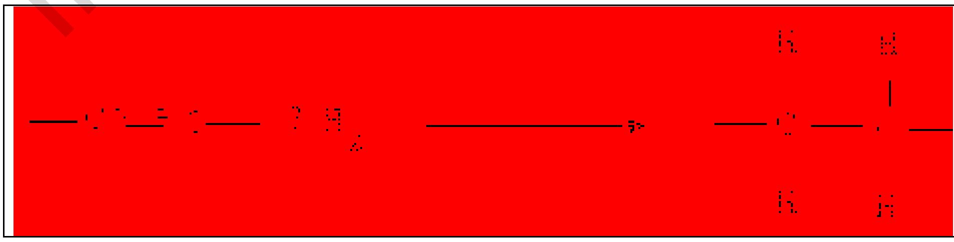


Suivi de :



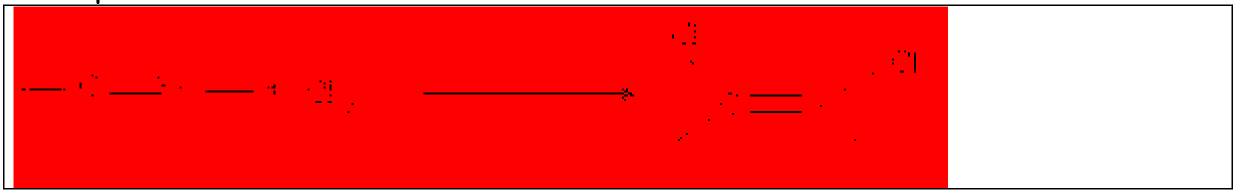
Ethylène Ethane

Si les conditions sont plus énergétiques, l'addition de deux molécules d'hydrogène peut se faire en une seule étape :



- Si XY=Cl_2, Br2, I2…etc. ((halogénation : addition d'halogène)

Exemples :



Remarque : Stéréo-isomères :

On appelle stéréo-isomères des composés qui ont la même formule brute, la même formule semi-développée mais des dispositions spatiales différentes.

Exemple :

Z :ensemble, E :opposé contre

- Si X=HCl, HBr, HI (halogénures d'hydrogène), l'alcyne donne un composé insaturé halogéné puis un composé saturé dihalogéné.

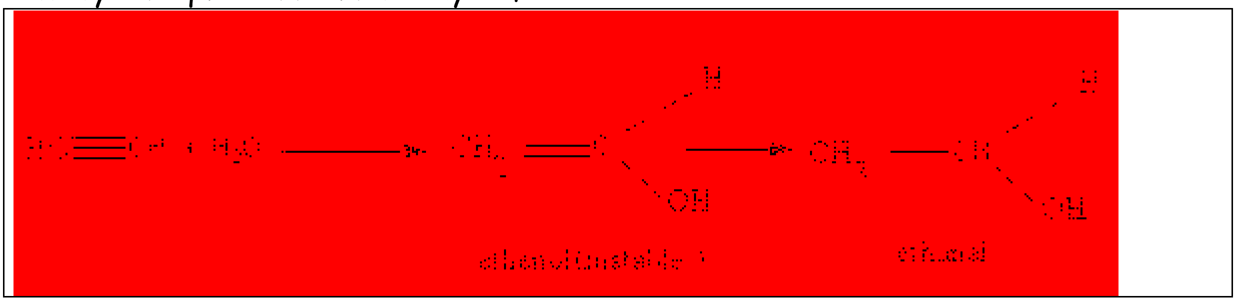
Il y a dissymétrie, la règle de Markownikov s'applique.

$H-C\equiv C-H+HCl\rightarrow H_2C=CHCl\ (monochloroéthylène)$ suivi de

$H_2C=CHCl+HCl\rightarrow CH_3CHCl_2(1-1dichloroéthane)$

- Si XY=H_2O en présence d'acide sulfurique et d'ions mercure (II) on a une hydratation..

L'alcyne donne un « énol » qui se transforme spontanément en cétone. Sauf l'acétylène qui donne un aldéhyde ;



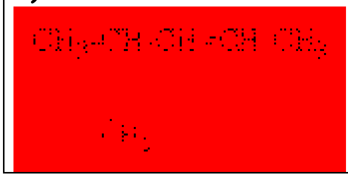
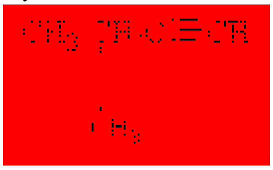
II) Applications :

Application 1 :

Donner les formules semi-développées :

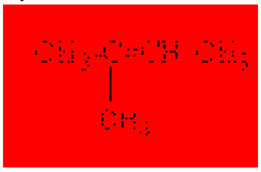
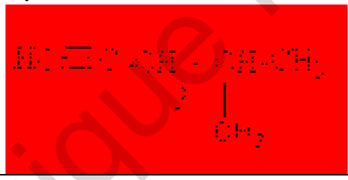
a) 4-méthyl-pent-2-ène
b) 3-méthyl-but-1-yne

Solutions :

a) 	b) 

Application 2 :

- Donner les noms des alcènes et alcynes suivants :

a) 	b) 

Solution:

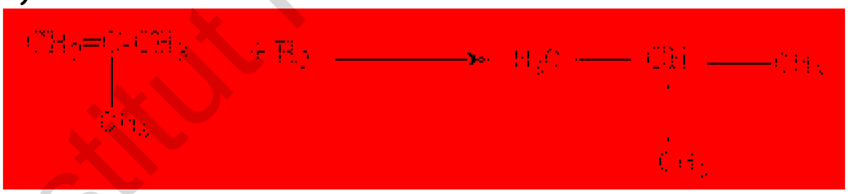
a) 2- méthylbut-2-ène	4-méthylpent-1-yne

- Ecrire les équations bilans complètes suivantes :

a) méthypropène + dihydrogène $\longrightarrow$
b) propène + chlorure d'hydrogène $\longrightarrow$
c) propyne + chlorure d'hydrogène $\longrightarrow$

Solution :

a)



Méthylpropène Méthylpropane

b)

$$CH_3-CH=CH_2+HCl\longrightarrow\left\{\begin{array}{l}CH_3-CHCl-CH_3(2-chloropropane)(majoritaire)\\ CH_3-CH_2-CH_2Cl(1-chloropropane)(\min oritaire)\end{array}\right.$$

$\Pr opène$

c)

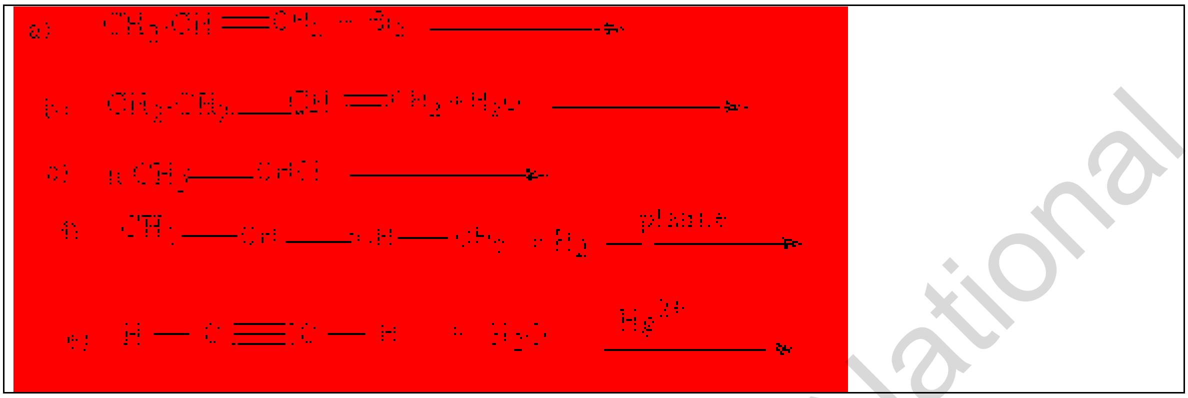
$$CH_3-C\equiv CH+HCl\longrightarrow\left\{\begin{array}{l}CH_3-CCl=CH_2(2-chloropropène)(majoritaire)\\ CH_3-CH=CHCl(1-chloropropène)(\min oritaire)\end{array}\right.$$

$\Pr opyne$

III) Exercices

Exercice 1 :

Compléter les réactions suivantes :



Exercice 2 :

Donner les formules des composés dont les noms suivants ;

a) diméthyl-2,6 heptyne-3
b) méthyl-5 héxène-2
c) méthyl-2 éthyl-4 héxène-2
d) cyclohexène

Exercice 3 :

On réalise l'addition d'eau sur le butène C_4H_8.

a) combien existe –t-il d'isomères du butène à chaîne carbonée non ramifiée.
b) écrire les équations des réactions possibles d'addition d'eau. Combien peut-on obtenir de butanols différents.

Exercice 4 :

Indiquer les formules développées des composés suivants :

- diméthyl-2,3 butène-1
- triméthyl-2,2,3 butène-3
- diméthyl-3,3 propène-1
- méthylcyclobutène

Certains des noms ci- dessus sont soit incomplets, soit incorrects : rectifiez –les.

Exercice 5 :

a) Un carbure d'hydrogène de la famille des alcynes (formule générale : C_nH_{2n-2} admet comme proportion en masse 12 fois plus de carbone que d'hydrogène.
   - En déduire la formule brute de ce carbure d'hydrogène.
   - En donner la formule développée.
   - Quels sont les types de liaison rencontrés dans cette structure

b) On réalise une hydrogénation complète de 20 cm^3 de carbure d'hydrogène (mesurés dans les conditions normales de température et de pression).
   - Ecrire l'équation de la réaction
   - Ecrire la formule développée du composé saturé obtenu.
   - Quels sont les types de liaisons rencontrés dans cette structure
   - Calculer la masse du composé obtenu

(Baccalauréat algérien 1976)

Exercice 6 :

Un composé organique de masse moléculaire molaire 147,5g/mol, contient 72,20% de chlore, 24,40% de carbone et 3,40% d'hydrogène.

a) Quelle est sa formule brute ?
b) Quels isomères répondent à cette formule
c) Le corps étudié peut être obtenu par addition de dichlore sur un alcène déjà chloré sur le carbone lié à l'un des carbones porteur de la double liaison.

Donner la formule semi-développée du composé étudié.

Chapitre III : Composés aromatiques

L'essentiel :

I) Généralités :

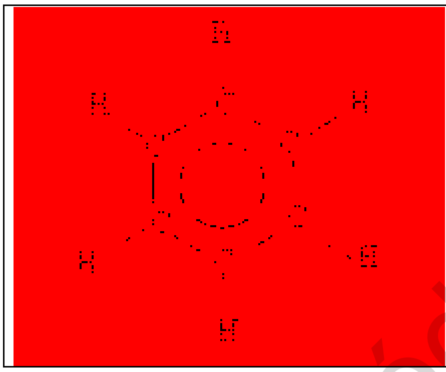
Les composés aromatiques sont des composés qui présentent des propriétés particulières ne correspondant pas tout à fait à celles des hydrocarbures saturés ni à celles des hydrocarbures insaturés. Le plus courant est le benzène.

1) Structure du benzène :

- Formule brute : C_6H_6
- La molécule est plane
- Les angles valentiels sont égaux à 120°
- d(C-C) : 1,41 Å.

Cette valeur ne correspond ni à la simple liaison (1,54Å.), ni à la double liaison (1,33 Å.)

- Représentation de la molécule de benzène

	Ou plus simplement 

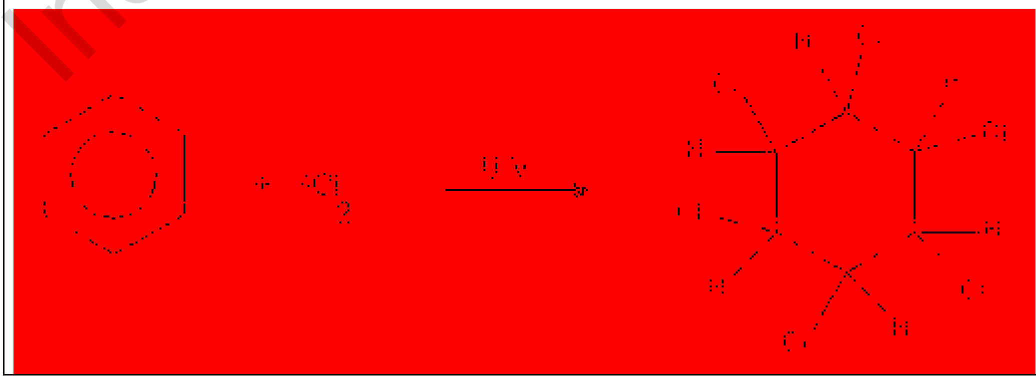
2) Propriétés chimiques :

Le benzène peut donner des réactions d'addition et des réactions de substitution.

2-1) Réactions d'addition :

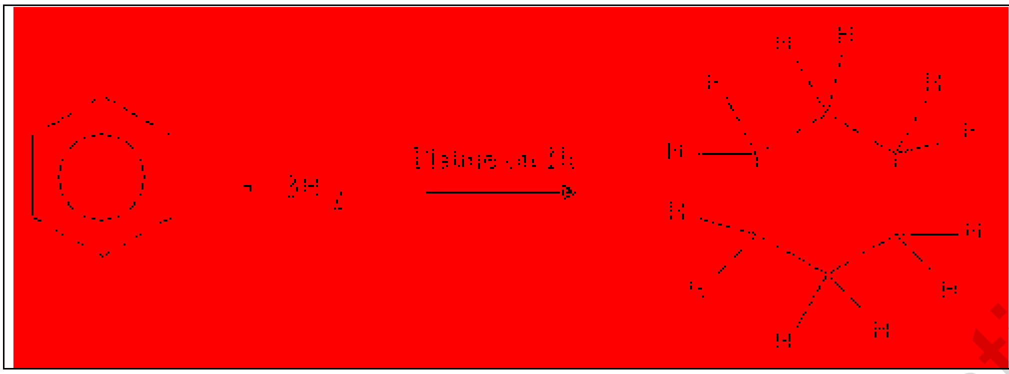
- **Avec le dichlore:**

$C_6H_6 + 3Cl_2 \xrightarrow{U.V} C_6H_6Cl$ (1, 2, 3, 4, 5, 6 hexachlorocyclohexane) ou bien



- **Avec le dihydrogène:**

$C_6H_6 + 3H_2 \xrightarrow{Platine\,ou\,Ni} C_6H_{12}$ (Cyclohexane) ou encore

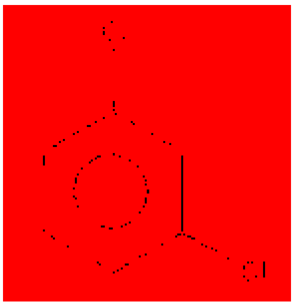
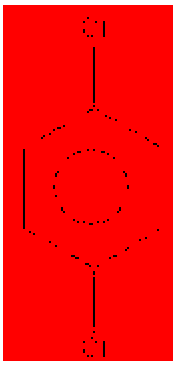


2-2) Réactions de substitution

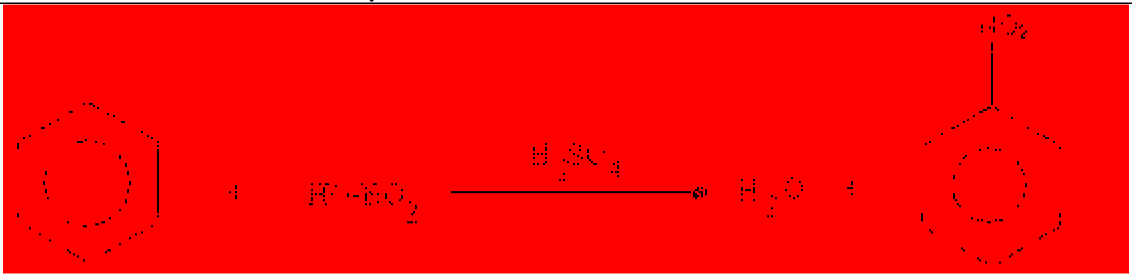
- **Avec le chlore**

$$C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow{AlCl3ouFeCl3} HCl + C_6H_5Cl\,(monochlorobenzene)$$
$$C_6H_5Cl + Cl_2 \xrightarrow{AlCl3ouFeCl3} HCl + C_6H_4Cl_2\,(dichlorobenzene)$$
$$C_6H_4Cl_2 + Cl_2 \xrightarrow{AlCl3ouFeCl3} HCl + C_6H_3Cl_3\,(trichlorobenzene)$$
$$C_6H_3Cl_3 + Cl_2 \xrightarrow{AlCl3ouFeCl3} HCl + C_6H_2Cl_4\,(tetrachlorobenzene)$$
$$C_6H_2Cl_4 + Cl_2 \xrightarrow{AlCl3ouFeCl3} HCl + C_6HCl_5\,(pentachlorobenzene)$$
$$C_6HCl_5 + Cl_2 \xrightarrow{AlCl3ouFeCl3} HCl + C_6Cl_6\,(hexachlorobenzene)$$

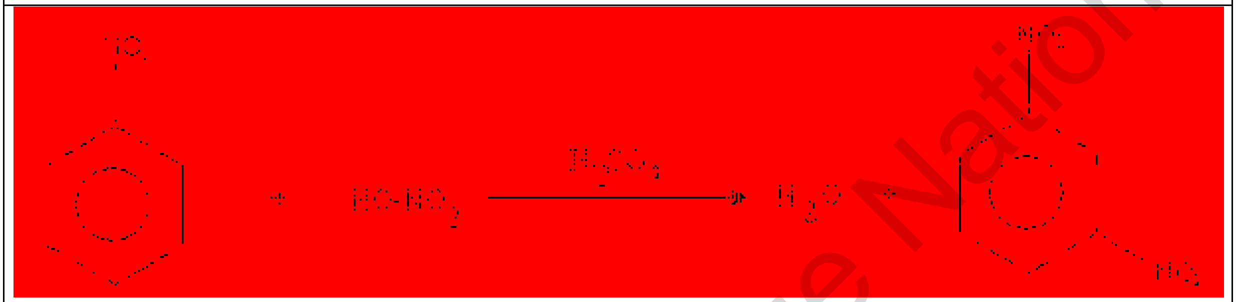
Remarque: Isomères de dichlorobenzène.

 1-2 dichlorobenzène ou orthodichlorobenzène	 1-3 dichlorobenzène ou métadichlorobenzène	 1-4 dichlorobenzène ou paradichlorobenzène

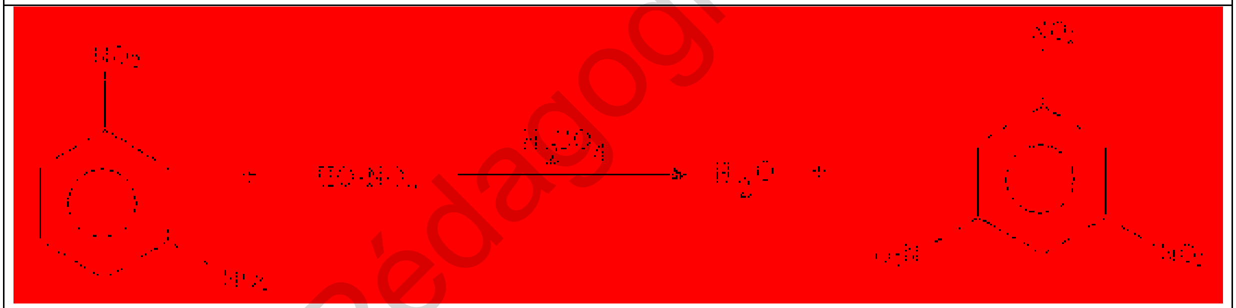
- **Avec l'acide nitrique: Nitration**



mononitrobenzène



1,3-dinitrobenzène



1,3,5 trinitrobenzène

II) Applications

Application 1:

Quel volume de benzène doit-on utiliser pour préparer 100g de paradichlorobenzène (1,4 dichlorobenzène) si le rendement de la réaction est de 80%:

$\rho_{bezène} = 0,9 Kg/L, C = 12 g/mol, Cl = 35,5 g \ et \ H = 1 g/mol$

Solution:

Dans les condtions stoéchiométriques: Une mole de molécule de benzène (M=78g/mol) donne une mole de molécule de paradichlorobenzène (M=147g/mol).

Avec un rendement de 80%.

$$78 \rightarrow \frac{147.80}{100} = 117,6g$$

$$donc\, 78 \rightarrow 117,6g$$

$$m_{benzène} \rightarrow 100g\ d'ou$$

$$m_{benzène} = \frac{78.100}{117,6} = 66,33g$$

$$Comme\ m_b = \rho_b.V_b$$

$$alors\, V_b = \frac{m_b}{\rho_b}$$

$$A.N : \rho_b = 0,9Kg/l = 900g/l$$

$$V_b = \frac{66,33}{900} = 0,0737l\ soit\ \boxed{V_b = 73,7ml}$$

Application 2:

Le 2,4,6 trinitrotoluène obtenu par substitution de trois atomes d'hydrogène par action l'acide nitrique avec production d'eau.

Donner la formule du 2,4,6 trinitrotoluène et l'équation bilan de la réaction:

Solution

-formule:

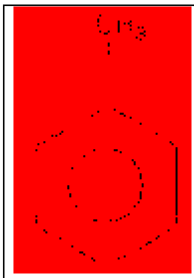
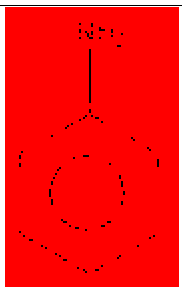
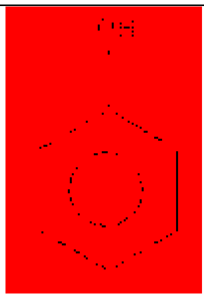
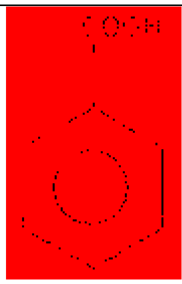
T.N.T

$$C_6H_5(CH_3) + 3HNO_3 \rightarrow 3H_2O + C_6H_2(NO_2)_3CH_3$$

Les réactions d'addition détruisent le noyau benzénique (la géométrie de la molecule est modifiée .

Les réactions de substitution conservent la géométrie de la molecule (le noyau benzénique est conserve).

-Autres composes aromatiques:

 Méthylbenzène (Toluène)	 Phénylamine (Aniline)	 Hydroxybenzène (phénol)	 Acide benzoïque

III) Exercices

Exercice 1

Combien existe-t-il de corps différents pouvant être appelés :

a) dichlorobenzène
b) trichlorobenzène
c) tétrachlorobenzène

Exercice 2:

On realise la bromation du benzène en presence du bromure de Fer(III) $FeBr_3$ et d'un éxès de dibrome. La réaction est conduite de telle façon que son rendement par rapport au benzène est de 80%.

A partir de 3,0g de benzène, combien a-t-on obtenu de monobromobenzène (donné les resultants en moles et en grammes).

Exercice 3:

Quand on ajoute du dibrome à une solution aqueuse de phénol, il se forme un précipité de tribromo-2,4,6 phénol. Calculer la quantité du dérivé bromé obtenu en faisant réagir 2g de phénol sur 8 g de dibrome, la réaction étant totale.

Exercice 4:

On envoie 1g de benzène vapeur avec du dihydrogène sur un catalyseur d'hydrogénation.

Le produit obtenu est brûlé avec un excès d'oxygène et on obtient 1,0g de vapeur d'eau et du dioxyde de carbone.

a) Calculer la masse de dioxyde de carbone obtenue.
b) Calculer la masse de benzène ayant réagi avec le dihyrogène.
c) Calculer le rendement de la réaction d'hydrogénation.

Exercice 5

On considère les quatre composes suivants:
Hexane, Hex-2-éne, Hex-1-yne et Benzène

a) Imaginer des experiences simples permettant de distinguer ces produits entre eux..
b) On considère un mélange de ces quatre composes et on realise des experiences pour déterminer la composition du mélange.
- La densité du mélange rendu gazeux est d=2,8.
- L'hydrogénation totale de ce mélange nécessite 2760 cm^3 de dihydrogène (Volume mesuré dans les C.N.T.P
- En presence d'ions Hg^{2+}, 10g du mélange d'hydrocarbure additionné de 0,665g d'eau
- La combustion complète de 1g de mélange donne 3,25g de dioxyde de carbone. Calculer la composition du mélange en pourcentage de quantité de matière (nombre de moles)

Chapitre IV: Fonctions chimiques oxygénées
Et Amines

L'essentiel

I) Fonctions chimiques oxygénées :

Une fonction chimique est un atome ou groupe d'atomes donnant aux molécules qui le (les) contient (contiennent) certaines propriétés chimiques caractéristiques.

1) Alcools:

- Formule brute: $C_nH_{2n+2}O$
- Formule semi- développée: $R-OH$ (R :radical alkyl)
- Classes:

➢ **Alcools primaires**

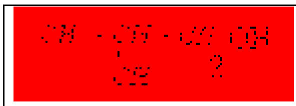
Formule générale: $R-CH_2-OH$

Exemples:

CH_3-OH : methanol

CH_3-CH_2-OH :ethanol

$CH_3-CH_2-CH_2-OH$: propan -1-ol



2-méthylpropan-1-ol

➢ **Alcools secondaires:**

Formule générale: $R-CHOH-R'$

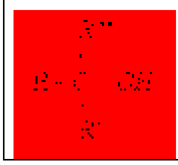
Exemples:

$CH_3-CHOH-CH_3$: propane-2-ol

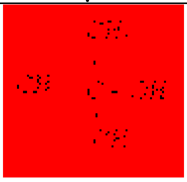
3-méthylbutan-2-ol

➢ **Alcools tertiaires:**

Formule générale:



Exemples:

 Méthylpropan-2-ol

2) Les etheroxydes

- Formule brute: $C_nH_{2n+2}O$

  Formule semi-développée: $R-O-R'$

Exemples:

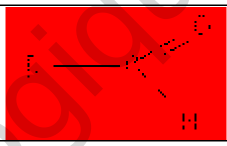
CH_3-O-CH_3 (*méthoxyméthane*)

$CH_3-O-CH_2-CH_3$ (*méthoxyéthane*)

Remarque: Les étheroxydes et les alcools ont la même formule brute: Ce sont des isomères de fonction.

3) Les aldéhydes:

- Formule brute: $C_nH_{2n}O$
- Formule semi-développée:

$R-CHO$ ou	

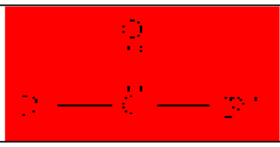
Exemples:

$HCHO$ (*méthanal*)

CH_3CHO (*éthanal*)

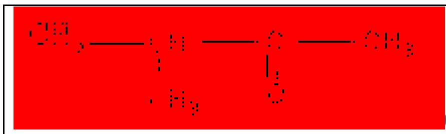
4) Les cétones:

- Formule brute: $C_nH_{2n}O$
- Formule semi - développée:

$R-CO-R'$ OU	

Exemple:

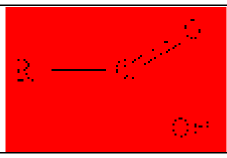
$CH_3-CO-CH_3$ (*propanone* (*ou propan*$-2-$*one*)

(3-méthylbutan-2-one)

Remarque: Les aldehydes et les cétones ont la même formule brute mais des formules semi- développées différentes: Ce sont des isomères de fonction.

5) Acides carboxyliques:

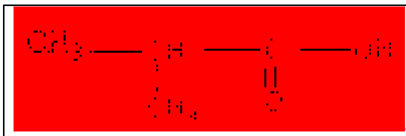
- Frmule brute: $C_nH_{2n}O_2$
- Formule semi- développée:

$R-COOH$ ou	

Exemple:

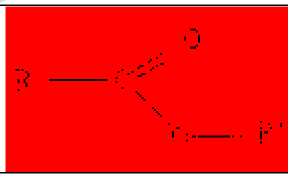
$HCOOH$ (acide méthanoïque)

CH_3COOH (acide éthanoïque)

Acide méthylpropanoïque

6) Esters:

- Formule brute: $C_nH_{2n}O_2$
- Formule semi- développée:

$R-COO-R'$ ou	

Exemples:

$HCOOCH_3$ (*méthanoate de méthyle*)

$HCOOCH_2CH_3$ (*méthanoate d'éthyle*)

: Les acide carboxyliques et les esters ont la même formule brute mais des formulas semidéveloppéees différentes,
Ce sont des isomers de fonction.

II) Les Amines :

1) Définition :

On appelle amines les composés obtenus à partir de la molécule d'ammoniac NH_3, par substitution d'un, de deux ou de trois groupes alkyles à un, deux ou trois atomes d'hydrogène.

Formule générale : $C_nH_{2n+3}N$

2) Classes d'amine :

a) Amine primaire :

Une amine est dite primaire si l'atome d'azote est lié au plus à un seul atome de carbone ($R-NH_2$).

Nomenclature : Les amines primaires sont nommées de façon analogue aux alcools, en remplaçant **Ol** par le préfixe **amine**. Le numéro de l'atome de carbone qui porte le groupe – NH_2 est indiqué entre tirets avant le suffixe amine.

Exemples :

1) $CH_3 - NH_2$ Méthylamine ou méthanamine
2) $CH_3 - CH_2 - NH_2$ Ethylamine ou ethanamine
3) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - NH_2$ Propan – 1 – amine

c) **Amine secondaire :** Une amine est dite secondaire si l'atome d'azote est lié à deux atomes de carbone (R-NH-R').

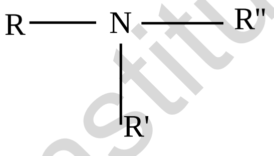
d)

Nomenclature : La chaîne la plus longue contenant le groupe – NH donne la racine du nom (alkanamine) qui est précédé du nom du substituant et de l'indice N suivi d'un tiret qui est placé en tête.

Exemples :

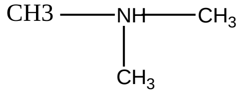
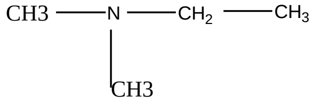
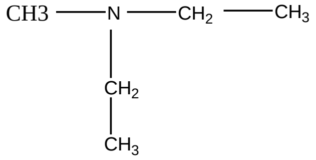
1) $CH_3 - NH - CH_3$ Diméthylamine ou N- méthylméthanamine
2) $CH_3 - NH_2 - CH_2 - CH_3$ N, méthyléthanamine

c) Amine tertiaire : Une amine est dite tertiaire si l'atome d'azote est lié à trois atomes de carbone (R-N(R')-R'').



Nomenclature : Lorsqu'une amine tertiaire a deux substituants identiques, son nom est obtenue en faisant précéder le nom de l'amine du nom d'un substituant, précédé du préfixe N,N- di et suivi d'un tiret. Si les substituants sont différents, son nom est obtenu en faisant précéder le nom de l'amine du nom des substituants, précédé de l'indice N- cités dans l'ordre alphabétique, séparés par un espace, le dernier étant suivi d'un tiret.

Exemples :

	**Triméthylamine ou N,N- diméthyl-méthanamine**
	**N,N- diméthyl-éthanamine**
	**N-éthyl N-méthyl-éthanamine**

III) Applications:

Application 1:

Identifier la fonction chimique dans chacun des composés suivants, puis donner le nom correspondant:

a) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH$	*b)* $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_2-CH_3$	c) $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CHO$

Solution

Groupement fonctionnel	Fonction	Nom du composé
a) -OH	alcool	butan-1-ol(classe primaire)
b)-O-	etheroxyde	1-éthoxypropane
c)-CHO	aldéhyde	2-méthylbutanal

Application 2:

Identifier la fonction chimique dans chacun des composés suivants puis donner le nom correspondant:

$a) CH_3-CO-CH_2-CH_2-CH_3$

$b) CH_3-CH_2-CH_2-COOH$

$c) CH_3-CH_2-COO-CH_3$

Groupement fonctionnel	Fonction	Nom du composé
a) -CO-	Cétone	Pentan-2-one
b)-COOH	Acide carboxylique	Acide pentanoïque
c)-COO	Ester	Propanoate de méthyle

IV) Exercices

Exercice 1 :

1) Donner les formules semi- développées des alcools suivants :
   a/ 2-méthylbutan-1-ol ;
   b/ 2,4-diméthylpentan-3-ol ;
   c/ 3-éthyl-5-méthylhexan-1-ol
2) Donner les formules semi- développées des acides carboxyliques suivants:
   a/ acide 2-methylbutanoïque
   b/ acide 2,4-diméthylpentanoïque
   c/ acide 3-chloropropanoïque
3) Donner les formules semi- développées des aldéhydes suivants :
   a/ pentanal ; c/ 3-méthylpentanal ; c/ 2-méthylpropanal
4) Donner les formules semi- développés des cétones suivantes:
   a/ hexan-3-one ; b/ 3-méthylbutan-2-one ; c/ 3-éthylpentan-2-one
5) Donner les formules semi- développées des esters suivants :
   a/ éthanoate de propyle; b/ propanoate d'éthyle ; c/ propanoate d'isopropyle (ou 1-méthylethyle).
6) Donner les formules semi- développées des éther- oxydes suivants :
   a/ 1-méthoxypropane ; b/ 2-méthoxypropane ; c/ 2-éthoxybutane

Exercice 2:

Donner les formules semi- développées et les noms des isomères de formule brute $C_4H_{10}O$. Grouper ces 7 isomères par fonction. Préciser la classe des alcools.

Exercice 3

Donner les formules semi- développées et les noms des aldéhydes et des cétones isomères de formule brute $C_5H_{10}O$. Grouper ces 7 isomères par fonction

Exercice 4

Donner les formules semi- développées et les noms des acides carboxyliques et des esters isomères de formule $C_4H_8O_2$. Grouper ces 6 isomères par fonction.

Exercice 5 :

Donner les noms des amines suivantes et préciser leurs classes:

a) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - NH_2$; b) $CH_3 - CH(NH_2) - CH_3$

c) $CH_3 - CH_2 - NH - CH_2 - CH_3$; d)) $CH_3 - CH_2 - NH - CH_2 - CH_2 - CH_3$

Exercice 6 :

Une amine à une masse molaire M=59 g/mol.

a) Donner sa formule brute

b) Donner les formules semi-développées et les noms des amines possibles.

Deuxième partie:

Oxydo-réduction

Chapitre V: L'Oxydo-réduction

L'essentiel:

I Généralités

1) Définitions :

- Un réducteur est une espèce chimique susceptible de donner un ou plusieurs électrons.

Exemple:

$$Zn \rightleftarrows Zn^{2+} + 2e^{-}$$

Réducteur

- Un oxydant est une espèce chimique susceptible de capter un ou plusieurs électrons

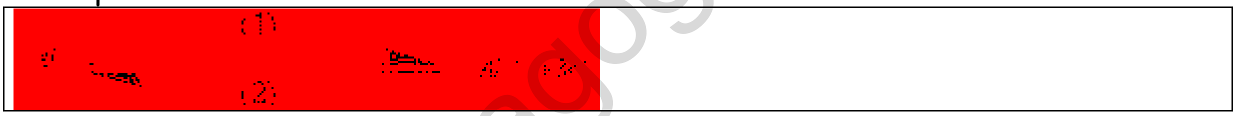
Exemple :

$$O_2 \quad + 4e^{-} \rightleftarrows 2O^{2-}$$

Oxydant

- Une oxydation est une perte d'électrons

Exemple:



le sens (1) est une oxydation

- Une réduction est un gain d'électrons:

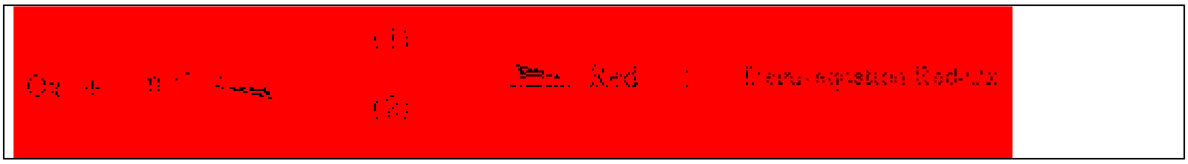
Exemple:

le sens (1) est une réduction

- Une oxydo-réduction est un processus au cours duquel le réducteur cède des électrons (e^-) qui sont captés par l'oxydant.

2) Couple Oxydant/Réducteur (Couple Rédox) :

Un couple Oxydant/Réducteur est l'ensemble formé par un oxydant et un réducteur qui se correspondent dans la même demi équation Rédox, noté Ox/Réd:



Exemples:

Fe^{3+}/Fe^{2+} : $Fe^{3+} + 1e^- \rightleftarrows Fe^{2+}$: demi – équation Redox

MnO_4^-/Mn^{2+} : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftarrows Mn^{2+} + 4H_2O$: demi – équation Redox

Remarque : L'écriture d'une demi-équation Rédox nécessite :

- La conservation de la charge électrique (assurée par les électrons)
- La conservation des éléments (s'il s'agit d'équilibrer l'oxygène, on apporte des molécules d'eau , pour l'hydrogène on apporte des ions H^+ si la réaction a lieu en milieu acide).

3) Nombre d'oxydation n.o :

C'est le nombre d'électrons perdus ou gagnés par un atome pour former une molécule ou un ion.

➢ Règles :

- Le n.o d'un corps simple est égale à zéro.
- La somme algébrique des n.o de tous les atomes de la molécule est nulle.
- Par convention, le n.o de l'oxygène dans les composés est (-II), celui de l'hydrogène (+I)
- Le n.o d'un ion simple est égale à la charge de l'ion.
- La somme algébrique des n.o de tous les atomes d'un ion polyatomique est égale à la valeur algébrique de la charge de cet ion.

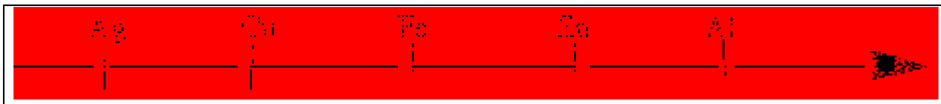
4) Comparaison des pouvoirs réducteurs de quelques métaux et l'hydrogène

4-1) Cas des métaux :

Pour comparer les pouvoirs réducteurs de deux métaux M_1 et M_2 , il suffit de plonger une lame du métal M_1 dans une solution contenant des ions du métal M_2 :

- Si une réaction a lieu alors M_1 est plus réducteur que M_2.
- Si aucune réaction ne se produit : M_2 est plus réducteur que M_1.

Ainsi on peut classer les métaux usuels en fonction de leur pouvoir réducteur comme suit:



Pouvoir réducteur croissant

4-2) Cas des métaux et l'hydrogène

Pour comparer les pouvoirs réducteurs d'un métal M et l'hydrogène, Il suffit de plonger une lame du métal M dans une solution contenant des ions H^+ (Solutions acides).

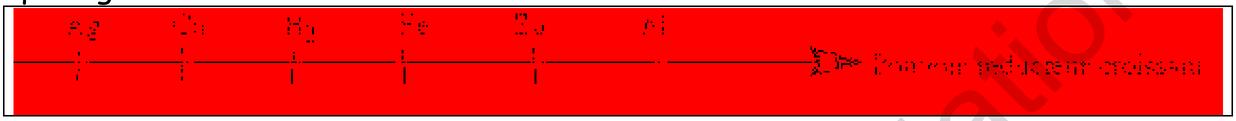
- Si une réaction a lieu alors:

M est plus réducteur que l'hydrogène

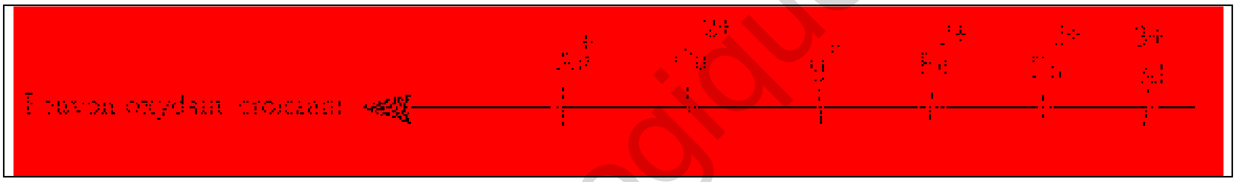
- Si aucune réaction ne se produit

l'hydrogène est plus réducteur que M.

Ainsi l'hydrogène est moins réducteur que Al, Zn, Fe et plus réducteur que Ag et Cu:



Remarque : aux réducteurs précédents correspondent respectivement les formes oxydées suivantes dont les pouvoirs oxydants sont classés comme suit :



5) Notion de potentiel- Pile

L'ensemble constitué d'une plaque de métal M plongeant dans une solution contenant des ions métalliques M^{n+} constitue une demie pile ; la plaque de métal est appelé électrode.

Exemples :

- Zn^{2+}/Zn
- Cu^{2+}/Cu

Une pile est constituée par deux demi-piles reliées électriquement par un pont salin. Chaque demi-pile met en présence un réducteur, le métal M et son oxydant conjugué le cation M^{n+} .

Le pôle négatif de la pile est constitué par le métal le plus réducteur, et le pôle positif par le métal le moins réducteur.

- Exemple : Pile Daniell

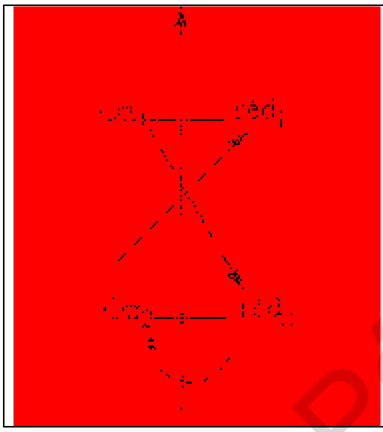
Zn^{2+}/Zn et Cu^{2+}/Cu

- Par définition, le potentiel du couple de référence H^+/H_2 est égal à zéro $E^0(H^+/H_2)=0$
- Le potentiel Rédox $E(M^{n+}/M)$ d'un couple Rédox (M^{n+}/M) est égal à la d.d.p, en circuit ouvert entre l'électrode métallique et l'électrode standard à hydrogène : $E(M^{n+}/M)=(V_M - V_{E.S.H})_{I=0}$ (électrode standard à hydrogène).
- Lorsque la demi-pile (M^{n+}/M) est dans les conditions standard : concentration (M^{n+}) = 1 mol/l sous une pression égale à 1 bar, le potentiel est dit standard et noté $E^0(M^{n+}/M)$.

La F.e.m d'une pile est égale à la différence entre le potentiel Rédox du couple présent au pôle positif et le potentiel Rédox du couple présent au pôle négatif.

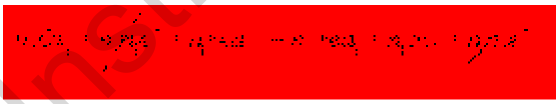
Remarque : Soit deux couples Rédox Ox_1/Red_1 et Ox_2/Red_2 dont les potentiels standard sont respectivement E_1^0 et E_2^0.

Si $E_1^0 > E_2^0$ alors on a :



$(Ox_1 + n_1e^- \rightleftharpoons red_1).n_2$

$(red_2 \rightleftharpoons ox_2 + n_2e^-).n_1$



Exemple :

$$E^0(Ag^+/Ag) = 0.80V$$
$$E^0(Ni^{2+}/Ni) = -0.23V$$

Solution

$$(Ag^+ + 1e^- \rightleftharpoons Ag)2 : réduction$$
$$Ni \rightleftharpoons Ni^{2+} + 2e^- : oxydation$$
$$\boxed{2Ag^+ + Ni \rightarrow 2Ag + Ni^{2+}}$$

II) Applications

Application 1 :

On réalise une pile standard mettant en jeu les couples (Ag^+/Ag) et Ni^{2+}/Ni dont les potentiels standard sont :

$E^0(Ag^+/Ag) = 0.80V$

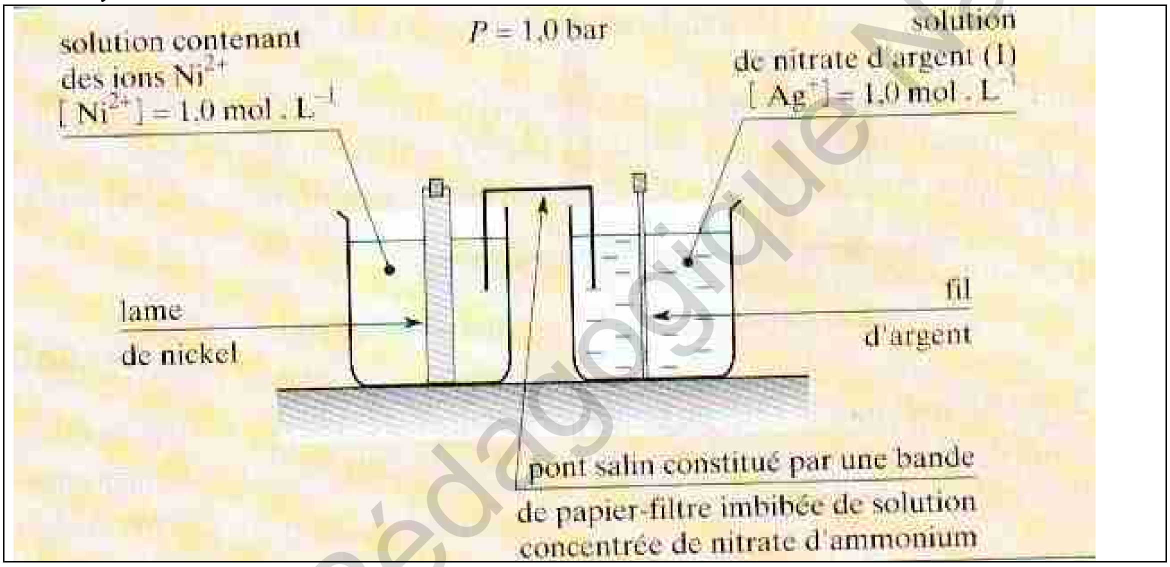
$E^0(Ni^{2+}/Ni) = -0.23V$

M(Ni)=58,7g/mol, M(Ag)=108g/mol.

1) décrire en s'aidant d'un schéma annoté la réalisation d'une telle pile.
2) Déterminer la polarité de la pile, sa force électromotrice et la réaction de fonctionnement

Solution :

1)



2) Le pôle positif de cette pile est constitué par le métal du couple de plus haut potentiel :l'argent, le pôle négatif est alors le nickel. La f.e.m de la pile standard s'en déduit :

$$e_{Ni-Ag} = e^0_{Ni-Ag} = E^0(Ag^+/Ag) - E^0(Ni^{2+}/Ni).$$

$$Soit\ e^0_{Ni-Ag} = 0,80 - (-0,23) = 1,03V.$$

Lorsque la pile débite, le cation de la demi – pile du couple de plus haut potentiel est réduit et le métal de la demi – pile du couple de plus bas potentiel rédox est oxydé :

$*A\ l'electrode\ de\ Nickel\ \Theta :\quad Ni \rightarrow 2e^- + Ni^{2+}$

$*A\ l'electrode\ d'argent\ \oplus :\quad Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

Bilan : ———————————————

$$\boxed{2Ag^+ + Ni \rightarrow 2Ag + Ni^{2+}}$$

Application 2 :

Dans chacun des cas suivants, écrire les demi-équations rédox et en déduire l'équation-bilan.

1) La lecture de la table des potentiels standard nous montre que :

$E^0(Fe^{2+}/Fe) = -0,44V$

$E^0(I_2/I^-) = 0,54V$

2) La lecture de la table des potentiels standard nous montre que :

$E^0(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0,68V$ *en milieu sulfurique et que*

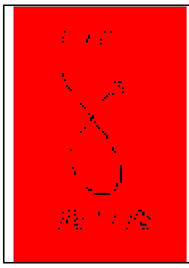
$E^0(I_2/I^-) = 0,54V$

Solution :

$E^0(Fe^{2+}/Fe) = -0,44V$

$E^0(I_2/I^-) = 0,54V$

Nous en déduisons que le diiode oxyde le fer d'après le schéma suivant



$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$

$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

L'équation de la réaction s'écrit :

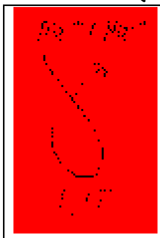
$$\boxed{Fe + I_2 \rightarrow Fe^{2+} + 2I^-}$$

2)

$E^0(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0,68V$ *en milieu sulfirique et que*

$E^0(I_2/I^-) = 0,54V$

L'ion Fe(III) oxyde l'ion iodure comme l'indique le schéma suivant :



$(Fe^{3+} + 1e^- \rightarrow Fe^{2+}) \times 2$

$(2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-) \times 1$

L'équation de la réaction s'écrit :

$$\boxed{2Fe^{3+} + 2I^- \rightarrow 2Fe^{2+} + I_2}$$

III) Exercices

Exercice1 :

Former des couples oxydants-réducteurs en utilisant uniquement les éspèces chimiques suivantes et écrire pour chaque couple la demi-équation correspondante à chacun d'eux:

Zn^{2+} , $Pb^{2+,}$ Cr^{3+}, Hg, Cu, Pb, Cr, Zn

Exercice 2: Peut-on décolorer une solution de sulfate de cuivre (II) en y versant:

a) De la poudre d'argent
b) De la poudre de zinc

Justifier les réponses

Exercice 3:

On depose une goutte de chlorure de mercure (II) sur une plaque de cuivre; on observe un depôt gris. Ecrire le schéma de la réaction; quelle conclusion en tirez-vous ?

Exercice 4:

Un fil d'aluminium trempé dans une solution de chlorure d'étain (II), se recouvre de fines aiguilles d'étain et d'aluminium passe en solution sous forme d'ion Aluminium (III);

Ecrire l'équation de la réaction qui a eu lieu.

Comparer les pouvoirs oxydants des couples : Sn^{2+}/Sn et Al^{3+}/Al .

Exercice 5:

On observe les réactions suivantes:

- une lame de plomb plongeant dans une solution de cuivre (II) se recouvre de cuivre;
- une lame de cuivre plongeant dans une solution de nitrate d'argent se recouvre d'un dépot noir (argent très divisé)
- Une lame de fer plongeant dans une solution de nitrate de plomb (II) se recouvre de plomb.

a) Ecrire les équations bilans des réactions observées.

b) En déduire un classement du pouvoir réducteur des métaux mis en jeu

c) Peut-on prévoir ce qui se passera si on plonge une lame de cuivre dans la solution de nitrate de plomb (II) ?

Exercice 6:

Une lame d'argent plongeant dans solution de chlorure d'or ($AuCl_3$) se recouvre d'or.

a) Que peut-on dire du pouvoir réducteur de l'or? Situez l'or dans la classification des métaux usuels;

Peut-on relier la place de l'or dans cette classification au fait que l'on trouve l'or dans la nature à l'état natif?

b) Dans $150 cm^3$ de chlorure d'or à 10^{-2} mol/l, on ajoute un excès de poudre de cuivre. y-a-t-il une réaction?

c) Si la réaction se produit, déterminer quelles sont, en fin de réaction, la concentration molaire en ions cuivre (II) et la masse de cuivre disparue ?

Exercice 7:

On réalise 3 piles en associant les demi piles suivantes :

A) Une lame de platine (inattaquable) trempant dans une solution de chlorure de fer (II) et de chlorure de fer (III) de concentration 1 mol/l chacun ;

B) Une lame de platine trempant dans une solution de sulfate de manganèse (II), de permanganate de potassium et d'acide sulfurique de concentration 1 mol/l chacun ;

C) Une lame de cuivre trempant dans une solution de sulfate de cuivre (II) de concentration 1mol/l.

La f.e.m de la pile réalisée avec A et C est 0,43V. Le cuivre est la borne négative.

La f.e.m de la pile réalisée avec B et C est 1,17V. Le cuivre est la borne négative.

1) Sachant que $V_{Cu^{2+}/Cu} = +034V$, déterminer les potentiels d'oxydoréduction des couples Fe^{3+}/Fe^{2+} et MnO_4^-/Mn^{2+} .

2) En déduire quelle serait la force électromotrice de la pile réalisée avec A et B

3) Ecrire les équations bilans des réactions dans chaque pile lorsqu elle débite.

Exercice8 :

On a un mélange sous forme de poudre de cuivre, d'aluminium et de zinc. On ajoute de l'acide chlorhydrique en excès sur 10,5g de ce mélange.

Après réaction, il reste un résidu solide de 2,4g et le gaz qui s'est dégagé lors de l'attaque par l'acide occupe un volume de 5,66l dans les conditions normales de température et de pression.

a) Calculer la composition du mélange en pourcentage massique.

b) Le résidu solide est mis en contact avec une solution aqueuse de nitrate d'argent. Il se produit une réaction. Si cette réaction est totale, quelle est la quantité et la nature du nouveau solide apparu ?

Exercice 9 :

Connaissant les potentiels standards des couples Pb^{2+}/Pb^{2+} $(E^0_{Pb^{2+}/Pb^{2+}} = -0,13V$ et $(E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0,76V)$

Quelle réaction peut-on prévoir entre ces deux couples ?

On dissout 130g d'éthanoate de plomb de formule : $Pb(CH_3COO)_2$ dans 1 litre d'eau. On verse dans un tube à essai 10cm^3 de la solution aqueuse obtenue et on ajoute de la grenaille de zinc en gros excès.

a) Quelle est la masse de zinc qui disparaît ?

b) Quelle est la concentration en ions zinc de la solution obtenue ?

c) Quel aurait été l'état final si on avait ajouté seulement 150mg de grenailles de zinc à 10cm^3 de la solution d'éthanoate de plomb ?

BIBLIOGRAPHIE

Physique 5eme année guide du professeur (IPN)

ABC du BAC Physique Nathan

Physique Collection Durandeau/Mauhourat Hachette

Physique 1^{e} S/E Collection Hébert et Dirand Classiques

Physique 1^{ere} D (J.Cessac NATHAN

Physique chimie 2de (DURANDEAU- DURUPTHY HACHETTE

Physique et chimie seconde eurin- gie

Chimie 1^{e} S E Collection CROS Belin

Chimie 1^{e} S Collection Durupthy Hachette

Chimie 5eme année Guide du professeur (IPN)