



**PARTIE I**

**CHIMIE**

# C1 : Généralités sur la chimie organique

## I. Historique

C'est un médecin français **Nicola LEMERY** qui eut le premier l'idée en 1690 de subdiviser la chimie en deux branches :

- **La chimie minérale** : qui étudie les corps que l'on trouve dans le règne minérale (sol, sous-sol, atmosphère).
- **La chimie organique** : qui a pour objet l'étude des substances constituant les organismes vivants (animaux, végétaux).

Avant le début du 19<sup>ième</sup> siècle il semblait impossible de synthétiser (fabriquer) en laboratoire des substances organiques à partir des substances minérales. Les chimistes pensaient que l'intervention d'une "force vitale" propre aux organismes vivants était nécessaire à ces synthèses que le chimiste, ne pouvait en disposer.

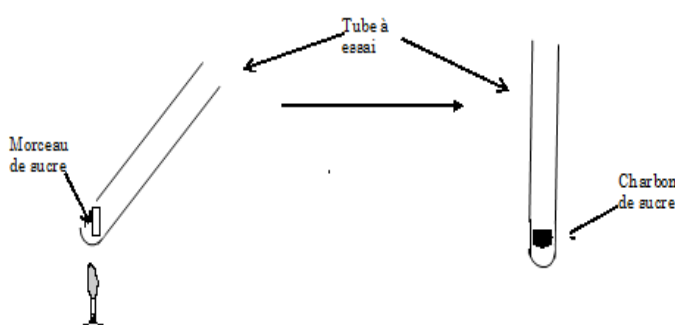
En 1828 le chimiste allemand **Frédéric WÖHLER** réalisa la synthèse de l'urée (présente dans l'urine) à partir de composés minéraux, ce qui marquera le début de la synthèse organique.

Ainsi, on peut noter, en 1880, 12000 composés organiques, 150.000 en 1900, 500.000 en 1940 et aujourd'hui plus de 3 millions sont obtenus par synthèse.

## II. Les composés organiques

### 1. Mise en évidence de l'élément carbone : Pyrolyse du sucre

#### ➤ Expérience



#### ➤ Observations

Nous constatons :

Un dégagement de gaz inflammable.

La formation de gouttelettes d'eau sur les parois du tube.

Un dépôt, au fond du tube, d'un résidu noir (ou charbon de sucre).

#### ➤ Conclusion

L'apparition du charbon à la suite de la pyrolyse est une preuve expérimentale de la présence de l'élément **carbone**.

### 2. Définition de la chimie organique.

L'élément carbone est omniprésent dans les composés organiques, ce qui justifie cette définition.

La chimie organique est la chimie des composés du carbone d'origine naturelle ou produits par synthèse, à l'exception du carbone C, du monoxyde de carbone CO, du dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, des carbonates qui contiennent l'ion CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> et les cyanures CN<sup>-</sup>.

Une molécule organique comportera donc une chaîne carbonnée sur laquelle se greffe un ou plusieurs groupes caractéristiques. la formule brute est de la forme :  $C_xH_yO_zN_t \dots$

### **3. Variétés des composés organiques.**

Les composés organiques sont très nombreux et variés. Parmi les composés organiques, on peut citer :

#### ➤ **Les hydrocarbures (ou hydrure de carbone) :**

Ce sont les composés organiques constitués uniquement des éléments, carbone et hydrogène.

**Exemples :** le gaz butane, les carburants,...

La formule brute générale des hydrocarbures s'écrit  $C_xH_y$ .

Exemples :  $CH_4$ ,  $C_4H_{10}$ ,  $C_{12}H_{28}$ ,  $C_2H_2 \dots$

#### ➤ **Les composés organiques oxygénés :**

Ces composés renferment, en plus des éléments carbone et hydrogène, l'élément oxygène.

**Exemples :** les alcools, les acides, les huiles, ...

La formule brute générale est  $C_xH_yO_z$

Exemples :  $C_2H_4O$ ,  $C_4H_8O$ ,  $C_2H_6O \dots$

#### ➤ **Les composés organiques azotés :**

Ils sont constitués des éléments, carbone, hydrogène et azote. Parmi eux, on peut citer les acides aminés (maillons élémentaires des protéines). La formule brute des composés organiques azotés est  $C_xH_yN_t$ .

Exemples :  $C_2H_7N$ ,  $C_4H_{11}N$ ,  $C_2H_8N_2 \dots$

#### **Remarque :**

D'autres éléments peuvent être rencontrés (mais rarement) dans certains composés organiques. Notamment le soufre (S), le phosphore (P) et l'iode (I).

### **III. Détermination de la formule brute d'un composé organique.**

La formule brute d'un composé organique peut s'obtenir par deux méthodes :

- A partir de ses constantes physiques si le corps a déjà été synthétisé.
- A partir de l'analyse qualitative puis quantitative du composé en question.

#### **1. Analyse qualitative.**

C'est la recherche des éléments qui composent une molécule organique. Elle permet de détecter tous les éléments chimiques présents dans un composé. Très souvent l'analyse qualitative passe par la minéralisation. Ainsi on peut détecter :

- **C et H** par la mise en évidence de  $CO_2$  et  $H_2O$  après combustion du composé. Le  $CO_2$  trouble, en effet, l'eau de chaux et est absorbable par la potasse KOH. L'eau est absorbable par l'acide sulfurique.
- L'oxygène **O** par la mise en évidence du dioxygène. Le dioxygène est, en effet, absorbable par le phosphore.
- L'azote **N** : il est mis en évidence par la destruction du composé en présence du sodium fondu.

#### **2. Analyse quantitative**

Elle consiste à déterminer la proportion massique d'un élément chimique dans un échantillon du composé étudié. On détermine ainsi la composition centésimale massique de formule  $C_xH_yO_z$

A partir de la masse molaire M et des pourcentages massiques

Soit le composé A :  $C_xH_yO_z$  dont les pourcentages massiques sont connus: %C, %H et %O

**Pour une mole :** il y a x moles d'atomes de carbone, soit une masse  $m_C = 12x$  grammes; pour l'hydrogène, le nombre de moles d'atomes est y et la masse  $m_H = y$  grammes; enfin, pour l'oxygène, la mole contient z moles d'atomes d'oxygène, soit  $m_O = 16z$  grammes.

Pour 100 g: les masses cherchées s'identifient aux pourcentages. D'où le tableau suivant:

Composé A	CARBONE	HYDROGENE	OXYGENE
1mol de A (M)	12X g de C	Y g de H	16Z g de O
100%	%C	%H	%O

On a la relation de proportionnalité suivante :  $\frac{M}{100} = \frac{12x}{\%C} = \frac{y}{\%H} = \frac{16z}{\%O}$

### 3. Exercice d'application.

Calculer la composition centésimale en masse:

- De l'acide glutamique :  $C_5O_4H_9N$
- De leucine :  $C_6H_{13}O_2N$

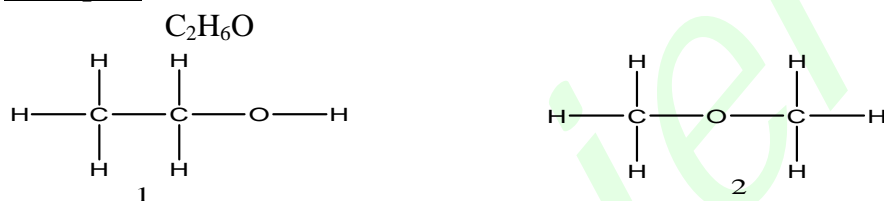
Un composé organique contient les éléments C, H, O, N. La densité de sa vapeur par rapport à l'air est  $d = 2,07$ . Par oxydation complète de 6g de ce composé on obtient 4,4g de dioxyde de carbone, 3,6g d'eau et 0,1mol de diazote  $N_2$ . Quelle est sa formule brute

### IV. Formules semi-développées – Isomérisation plane

#### 1. Formules développées et formules semi-développées.

- On rencontre de nombreux composés organiques dont les propriétés sont différentes alors qu'ils ont la même formule brute. Il convient donc d'attribuer à chaque composé une formule (formule développée) qui, par son seul examen, expliquera ses propriétés essentielles.

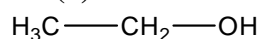
**Exemple :**



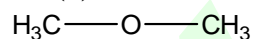
Les représentations 1 et 2 sont des formules développées de  $C_2H_6O$ .

- Pour éviter l'écriture encombrante de la formule développée les chimistes introduisent une formule beaucoup plus simple et moins encombrante dite formule semi développée. Ainsi la formule semi développée correspondante à :

(1) s'écrit :



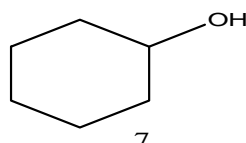
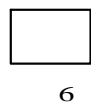
(2) s'écrit :



(1) et (2) sont des chaînes linéaires



(3) et (4) sont des chaînes ramifiées

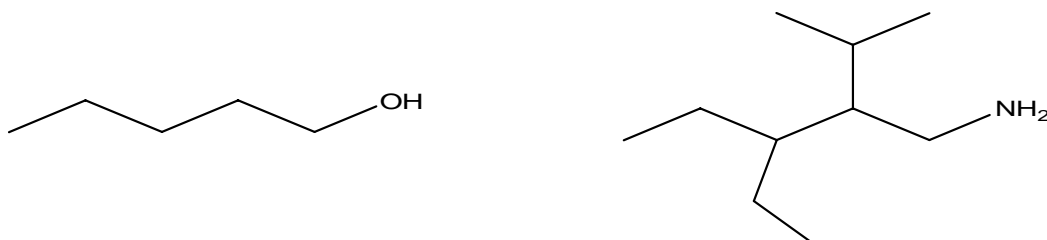


(5), (6) et (7) sont des chaînes cycliques

**Remarque:** La chaîne carbonée est dite saturée si elle ne présente que des liaisons simples C—C. Elle est dite insaturée si elle présente au moins une liaison multiple entre deux atomes de carbone.

## 2. formule topologique (ou représentation topologique)

La chaîne carbonée est représentée par une ligne brisée. Chaque extrémité de segment représente un atome de carbone portant autant d'atomes d'hydrogène qu'il est nécessaire pour satisfaire à la règle de l'octet. Les atomes autres que le carbone sont représentés de manière explicite ainsi que les atomes d'hydrogène qu'ils portent.

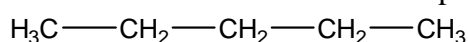


## 3. Isomérisation

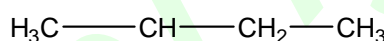
Deux corps isomères sont des composés qui ont la même formule brute mais des structures différentes. On peut distinguer :

➤ *Les isomères de chaîne :*

Exemple :  $C_5H_{12}$



A

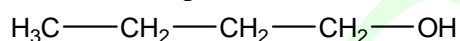


B

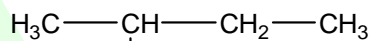
A et B sont des isomères de chaîne.

➤ *Les isomères de position :*

Exemple :  $C_4H_{10}O$



C



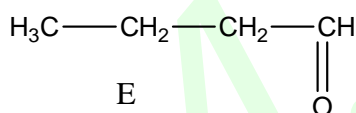
D

C et D sont des isomères de position.

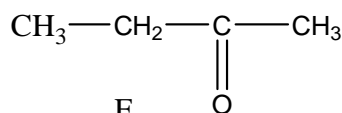
➤ *Les isomères de fonction :*

Exemple :

$C_4H_8O$



E

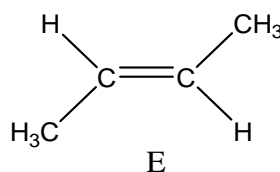
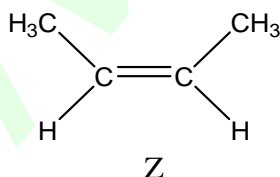


F

➤ *L'isomère Z/E.*

Deux molécules de formule semi-développée ne diffèrent que par la position dans l'espace des groupes portés par les atomes de carbone de la liaison double

Exemple :  $C_4H_8$



## V. Utilité de la chimie organique.

La chimie organique tient une place de choix dans notre vie quotidienne. Nous disposons aujourd'hui de toute une gamme de produits fabriqués à partir des composés organiques. Nous pouvons citer :

- Les matières plastiques, les caoutchoucs
- Les insecticides.
- Les carburants.
- Les colorants.
- Les produits pharmaceutiques. Etc....

### Exercices d'entraînement

#### Exercice 1 :

- 1- Présenter une expérience pouvant mettre en évidence la présence du carbone dans un corps de votre choix.
- 2- Qu'est-ce qu'un composé organique ?
- 3- Qu'est-ce qu'un hydrocarbure ?

#### Exercice 2 :

Un composé organique renferme en masse : 64% de carbone, 13,5% d'hydrogène et 22,5% d'oxygène. Sa masse molaire moléculaire est de 74g/mol. Trouver la formule brute du composé.

Ecrire les formules développées correspondantes

#### Exercice 3 :

On soumet à l'analyse **0,2523 g d'une substance** organique ne contenant que du **carbone**, de l'**hydrogène** et de l'**oxygène**. On obtient **0,1846 g d'eau** et **0,4470 g de dioxyde de carbone**.

Sa **masse molaire vaut 74,24 g/mol**. Quelle est la composition centésimale massique de cette substance ?

Déterminer sa formule brute. Proposez une formule développée et une formule semi-développée de cette substance.

#### Exercice 4 :

Un hydrocarbure A, de formule générale  $C_xH_y$ , a pour masse molaire 60g/mol. Le pourcentage massique en carbone qu'il contient est 83%.

- 1- Déterminer la formule brute du composé.
- 2- Ecrire l'équation bilan de la combustion complète de A dans le dioxygène.
- 3- Calculer la masse d'eau obtenue lors de la combustion de 5 g de A.

Calculer le volume de gaz carbonique dégagé pendant la combustion complète de 5 g de A. (volume mesuré dans les CNTP)

#### Exercice 5:

On réalise la combustion de 0,500g d'un hydrocarbure  $C_x H_y$ . Les gaz formés passent dans des tubes absorbeurs. L'augmentation de masse du tube à potasse est de 1,526g.

- 1/ Déterminer la composition centésimale de cet hydrocarbure.
- 2/ Quelle est l'augmentation de masse des tubes absorbeurs à ponce sulfurique ?
- 3/ La masse molaire de cette substance est égale à 72g /mol

Déterminer sa formule brute.

#### Exercice 6 :

Un composé organique contient les éléments C, H, O, N. La densité de sa vapeur par rapport à l'air est  $d = 2,07$ . Par oxydation complète de 6g de ce composé on obtient 4,4g de dioxyde de carbone, 3,6g d'eau et 0,1mol de diazote  $N_2$ . Quelle est sa formule brute

# C2 : Les alcanes

## I. Généralités sur les alcanes

### 1. Définition et formule brute générale

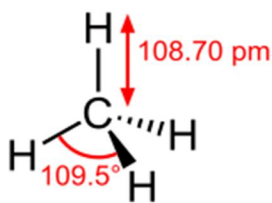
Les alcanes sont des hydrocarbures saturés ne possédant que des liaisons C-C et C-H. La formule générale des alcanes est  $C_nH_{2n+2}$  avec  $n \geq 1$ .

Le plus simple des alcanes est le méthane  $CH_4$

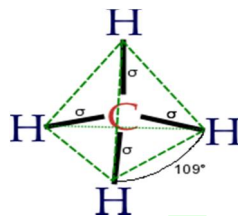
### 2. Structure et représentation des alcanes

#### 2.1. Exemple du méthane

La molécule de méthane ( $CH_4$   $n = 1$ ) ne contient que des liaisons simples et a la structure d'un tétraèdre régulier dont l'atome de carbone occupe le centre les quatre sommets sont occupés par les hydrogène : on dit que le carbone est tétragonale.



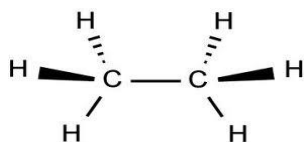
Représentation en perspective



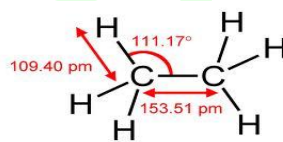
Représentation spatiale

#### 2.2. Exemple de l'éthane

La molécule d'éthane possède deux atomes de carbone et 6 atomes d'hydrogène. Sa formule développée est :  $C_2H_6$ . Dans la molécule d'éthane, chaque atome de carbone, lié à 4 atomes, est tétragonale et occupe le centre d'un tétraèdre irrégulier.



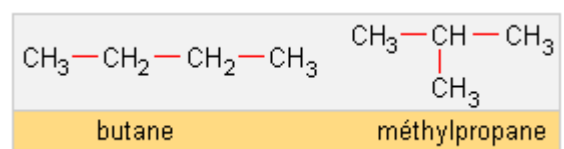
Représentation de CRAHM



### 3. Isomérie

Deux composés isomères ont la même formule brute mais des structures différentes.

Des isomères de constitution ont la même formule brute mais des formules développées planes (ou semi-développées) différentes.



## II. Nomenclature

### 1. Alcanes à chaînes linéaires

Une chaîne carbonée est dite linéaire si chacun de ses atomes de carbone est lié au plus à deux autres atomes de carbone

Le nom d'un alcane se termine par le suffixe **ane**.

A l'exception des 4 premiers alcanes possédant des noms particuliers, les noms des alcanes sont obtenus en faisant précéder la terminaison **ane** par un préfixe indiquant le nombre d'atomes de carbone de la chaîne.

n	Formule brute	Nom
1	CH <sub>4</sub>	méthane
2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	éthane
3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	propane
4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	butane
5	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	pentane
6	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	hexane
7	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	heptane
8	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	octane
9	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	nonane
10	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	décane

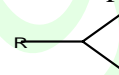
## 2. Alcanes à chaînes ramifiées

Les alcanes à chaîne ramifiée sont formés d'une chaîne principale sur laquelle est greffé les radicaux alkyles.

En enlevant un atome d'hydrogène à un alcane on obtient un groupe d'atomes appelé: groupe alkyle

On obtient le nom du groupe alkyle en remplaçant la terminaison *ane* de l'alcane par la terminaison *yle*

**Exemple :** CH<sub>3</sub>- méthyle ; C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>- éthyle ; C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>- propyle ; isopropyle

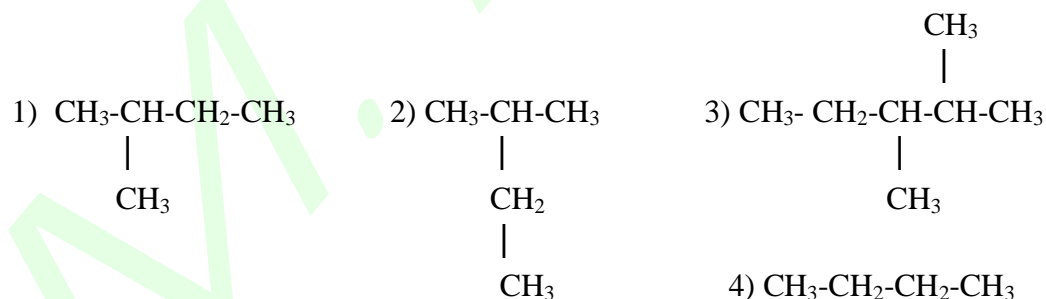


Pour nommer un alcane à chaîne ramifiée, on utilise la méthode suivante :

- Déterminer la chaîne carbonée la plus longue (chaîne principale). Le nombre d'atomes de carbone de cette chaîne donne le nom de l'alcane
- Numéroté la chaîne principale d'un bout à l'autre dans les 2 sens. Et choisir le sens pour lequel les atomes de carbone liés au groupe alkyle possèdent les indices les plus bas
- Nommer l'alcane en commençant par les substituants précédés des indices des atomes de carbone sur lesquels ils sont fixés suivi du nom de l'alcane de la chaîne principale
- Les noms des groupes alkyles sont privés du e final ; lorsqu'un même substituant est présent plusieurs fois, on utilise les préfixes di, tri, tétra...
- Les groupes alkyles sont classés par ordre alphabétique croissant et ne dépend pas des préfixes di, tri...
- Entre un numéro et un groupe alkyle on place un tiret

### Exemple

1) 2-méthyl-3-éthyl-octane    2) heptane    3) 2-méthylpropane    4) 2-méthylpentane



### Remarque:

Les dérivés halogénés des alcanes sont obtenus en remplaçant un ou plusieurs atomes d'hydrogènes par des halogènes.

La règle de nomenclature est la même que celui des alcanes on utilise les préfixes chloro bromo fluoro iodo

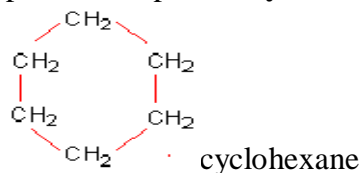
**Exemples :** 2,2-dichloro-4-méthylpentane CH<sub>3</sub>-C(Cl<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH(CH<sub>3</sub>)-CH<sub>3</sub>



### II.3. Les cyclanes

Ce sont des hydrocarbures saturés dont la chaîne carbonée est un cycle fermé. La formule générale d'un cyclane est  $C_nH_{2n}$  avec  $n \geq 3$ .

Pour nommer un cyclane, on utilise le nom de l'alcane possédant le même nombre d'atomes de carbone précédé du préfixe **cyclo**.



### III. Propriétés des alcanes

#### 1. Propriétés physiques des alcanes

A la température ordinaire sous pression atmosphérique normale les alcanes sont :

- ❖ Des gaz si  $n \leq 4$
- ❖ Des liquides lorsque  $5 \leq n \leq 15$
- ❖ Des solides si  $n \geq 16$

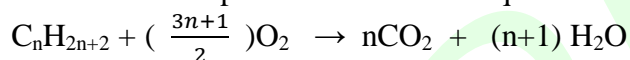
Ils sont la plupart insolubles dans l'eau.

#### 2. Propriétés chimiques des alcanes

Les alcanes sont très peu réactifs. Ceci s'explique par le fait que les alcanes ne comportent que des liaisons C-C et C-H qui sont très solides et difficiles à rompre. Les alcanes se prêtent essentiellement à des réactions de destruction (combustion) et de substitution. Ils ne réagissent ni avec les acides, ni avec les bases, ni avec les oxydants ou les réducteurs.

##### 2.1. Réaction de destruction ou combustion

Les alcanes brûlent dans un excès de dioxygène en donnant du dioxyde de carbone et de l'eau. Cette réaction est complète et est exothermique



**Remarque :** Si le dioxygène est en défaut la combustion est incomplète il se forme en plus de l'eau du monoxyde de carbone ou du carbone.

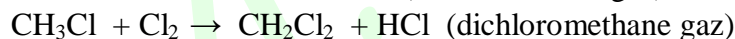
Application : écrire l'équation bilan de la combustion du propane et du pentane

##### 2.2. Réaction de substitution

Dans ces types de réactions un ou plusieurs hydrogènes sont remplacés par un ou plusieurs atomes monovalents.

##### ❖ Substitution par le dichlore

La chloration d'un alcane est une réaction photochimique (se fait en présence de la lumière ultra-violet)



##### ❖ Substitution par le dibrome

Toujours en présence de la lumière le di brome réagit plus difficilement que le dichlore et donne des dérivés tels que  $(CH_3Br, CH_2Br_2, CHBr_3, CBr_4)$  tout en dégageant du HBr

Remarque :

- Le difluore étant très réactif avec les alcanes il conduit à la destruction complète de l'alcane et non à une substitution  $CH_4 + 2F_2 \rightarrow C + 4HF$
- Impossible d'avoir une réaction de substitution car l'iode n'est pas réactif

#### IV. Application industriel

Le monochlorométhane utilisé dans la synthèse du tétraméthylplomb  $Pb(CH_3)_4$  qui est un antidétonant mélangé à l'essence.

Le dichlorométhane est utilisé comme diluant des peintures.

Le trichlorométhane est utilisé dans la synthèse du difluorodichlorométhane ( $CF_2Cl_2$ ) utilisé comme fluide dans les réfrigérateurs.

#### Exercices d'entraînement :

##### Exercice 1 :

1°) Donner la définition de deux molécules isomères.

2°) Qu'est ce qu'un carbone tétraédrique ?

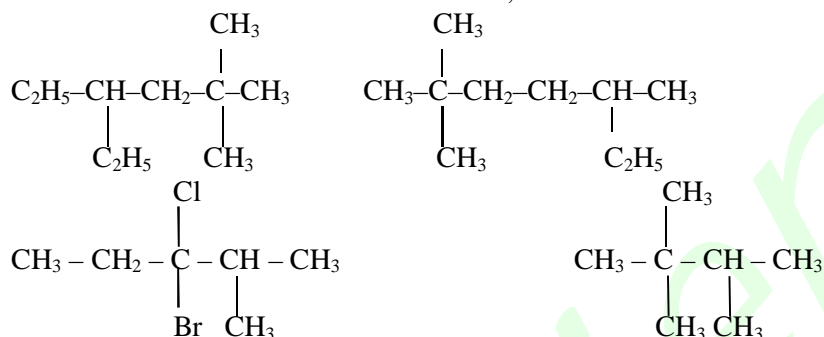
3°) Donner la définition d'une réaction de substitution.

4°) Qu'est ce qu'une réaction photochimique ?

6°) Donner la formule générale d'un alcane. Quel est l'alcane de densité de vapeur  $d = 2$  ? Préciser ses formules semi-développées possibles. Donner le nom de tous les isomères.

##### Exercice 2 :

A- Donner dans la nomenclature officielle, le nom des alcanes suivants :



B- Ecrire les formules semi-développées des composés suivants:

a- 2,2-diméthylbutane ; b- 3-éthyl-2,4-diméthyl-octane

c- 2-chloro-1,1-difluoropropane

d- 1-chloro-3-éthyl-2,3-diméthylhexane.

##### Exercice 3 :

Un briquet contient 15g de propane. (Ne pas l'utiliser pour fumer)

1) Donner la formule brute du propane et sa formule semi-développée.

2) Ecrire l'équation de combustion du propane en utilisant sa formule brute.

3) Calculer le nombre de mole et le volume de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) dégagé lors de la combustion de ces 15 g de propane.

**On donne :** Masses molaires atomiques :  $M(C)=12 \text{ g/mol}$  ;  $M(H)=1 \text{ g/mol}$  ;  $M(O)=16 \text{ g/mol}$

Volume molaire dans les CNTP :  $V_0 = 22,4 \text{ mol/L}$

##### Exercice 4 :

On brûle complètement une masse  $m_1$  d'un alcane A, on recueille une masse  $m_2 = 13,2 \text{ g}$  de dioxyde de carbone et une masse  $m_3 = 6,30 \text{ g}$  d'eau.

1°) Ecrire l'équation-bilan de la combustion complète d'un alcane ayant  $n$  atomes de carbone.

2°) Déterminer les quantités de matière de dioxyde de carbone et d'eau obtenues.

En déduire la valeur de  $n$  et la formule brute de A.

3°) Ecrire les formules semi-développées de tous les isomères de A et leurs noms correspondants.

Identifier A sachant que sa chaîne carbonée est linéaire.

##### Exercice 5 :

Un alcane gazeux a une densité par rapport à l'air égal à  $d = 1,034$ .

1°) Déterminer sa formule brute.

2°) On fait réagir du dichlore sur cette alcane. On obtient un produit contenant 55,04 % en masse de chlore.

a°) Déterminer la formule de cet produit.

b°) Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui a eu lieu.

c°) Définir ces réactions et donner et donner les conditions expérimentales.

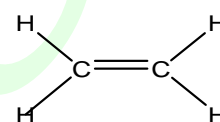
## C3 : Les chaînes carbonées insaturées : alcènes et alcynes

### I. LES ALCENES

#### 1. Définition et formule générale

On appelle alcène, un hydrocarbure insaturé non cyclique de formule générale  $C_nH_{2n}$  dont la molécule comporte une double liaison  $C=C$  ; n étant un entier supérieur ou égal à 2.

Exemples : la molécule d'éthylène



Elle est la première molécule de la série des alcènes, sa formule brute est  $C_2H_4$  (ici  $n=2$ )

Les six atomes sont dans un même plan. La liaison  $\pi$  empêche la libre rotation autour de l'axe  $C-C$

#### 2. Règle de nomenclature et structures

##### a) Nomenclature

Le nom d'un alcène s'obtient à partir du nom de l'alcane correspondant en remplaçant la terminaison "ane" de l'alcane correspondant par "ène", précédé, entre tiret, de l'indice de 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. La chaîne principale est celle la plus longue contenant la double liaison

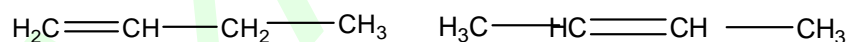
n	Alcènes
2	$C_2H_4$ : éthène ou éthylène
3	$C_3H_6$ : propène
4	$C_4H_8$ : butène
5	$C_5H_{10}$ : pentène
.	
.	

##### b) Isomères

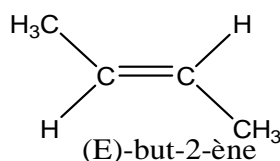
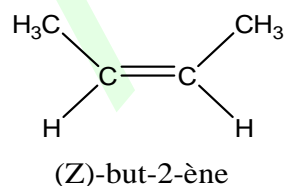
Les alcènes possèdent deux types d'isoméries : l'isomérie de position (position de la double liaison dans le squelette carboné) et les stéréo-isoméries (position dans l'espace des radicaux)

##### Exemples :

Le but-1-ène et le but-2-ène sont des isomères de position



Le but-2-ème lui-même se représente dans l'espace suivant deux configurations différentes qui sont des stéréo-isomères.



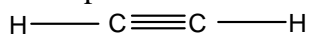
## II. LES ALCYNES

### 1. Définition et formule générale

On appelle alcynes, un hydrocarbure insaturé non cyclique de formule générale  $C_nH_{2n-2}$  dont la molécule comporte une triple liaison  $C \equiv C$  ; n étant un entier supérieur ou égal à 2.

**Exemples** : la molécule d'acétylène

Elle est la première molécule de la série des alcynes, sa formule brute est  $C_2H_2$  (ici n=2)



Les quatre atomes sont dans un même plan linéaire. Elle a une liaison  $\sigma$  et deux liaisons  $\pi$ . La liaison  $\pi$  empêche la libre rotation autour de l'axe  $C - C$ .

### 2. Règle de nomenclature et structures

#### a) *Nomenclature*

La nomenclature est analogue à celle des alcènes en remplaçant cette fois-ci le suffixe "ane" de l'alcane correspondant par "yne"

n	Alcynes
2	$C_2H_2$ : éthyne ou acétylène
3	$C_3H_4$ : propyne
4	$C_4H_6$ : butyne
5	$C_5H_8$ : pentyne

#### b) *Isomérisation*

Le but-1-yne et le but-2-yne sont des isomères de position



## III. REACTION D'ADDITION

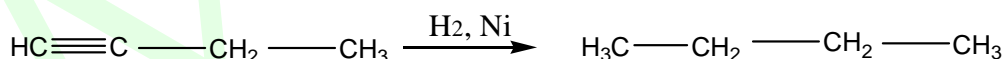
Les alcènes et les alcynes présentent des liaisons multiples qui peuvent fixer d'autres atomes ou groupes d'atomes

#### a) *Addition du dihydrogène (hydrogénation)*

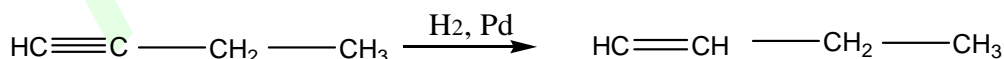
Les réactions entre les alcènes et le dihydrogène s'effectuent en présence de nickel de platine ou de palladium à 25° C

L'hydrogénation des alcynes se fait en présence de nickel de Raney (nickel réduit). On peut aussi utiliser le platine Pt ou le palladium Pd.

Dans tous les cas on obtient un alcane.

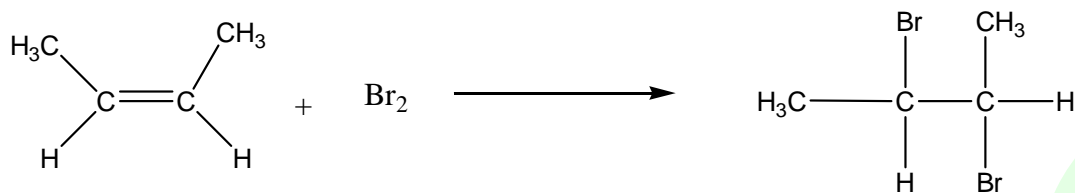


Si on utilise le palladium, la réaction s'arrête à l'alcène



### b) Addition d'halogène (halogénéation)

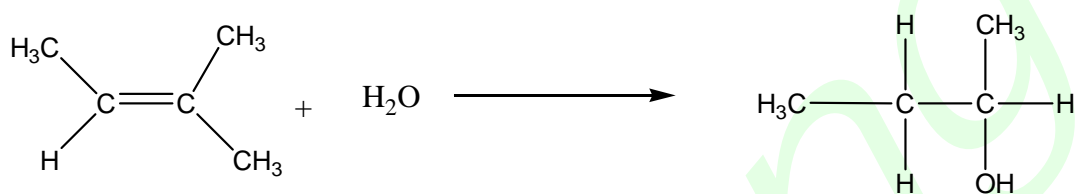
Les alcènes s'additionnent facilement à Cl<sub>2</sub> et Br<sub>2</sub> pour conduire à des dérivés dihalogénés.



### c) Addition d'eau (hydratation)

L'addition d'eau sur un composé éthylénique conduira la formation d'un alcool. Elle respecte la règle de Markovnikov.

**Énoncé :** lors de l'addition d'un hydracide sur un alcène l'atome d'hydrogène se fixe sur l'atome de carbone le plus hydrogéné.



## IV. REACTION DE POLYMERISATION

**Définition :** La polymérisation est une addition répétée (polyaddition) d'un très grand nombre de molécules insaturées identiques (monomères) conduisant à une macromolécule (polymère). Le monomère doit contenir au moins une insaturation.

### Exemples de polymérisation

$n(\text{CH}_2=\text{CH}_2) \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$  : Polyéthylène

$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$  : le motif

$n(\text{CH}_2=\text{CHCl}) \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)$  Polychlorure de vinyle (PCV)

$n$  est le degré de polymérisation,  $n = \frac{M_{\text{polymere}}}{M_{\text{monomere}}}$

monomère	polymère	applications
éthylène	Polyéthylène (PE)	Emballages d'aliments, films plastiques, flacons, bidons
propène	Polypropylène (PP)	Pare-chocs, valises, récipients
Chlorure de vinyle	Polychlorure de vinyle (PVC)	Tuyau, canalisation, volets
styrène	Polystyrène (PS)	Casiers de réfrigérateurs, jouets...

### Exercices d'entraînement

**Exercice 1 :** Représenter les formules semi-développées des hydrocarbures suivants :

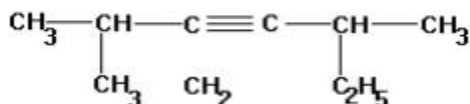
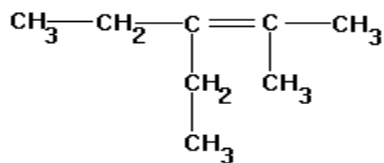
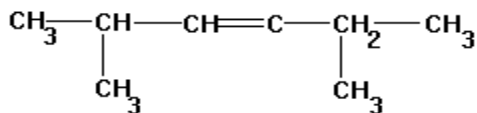
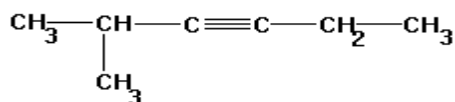
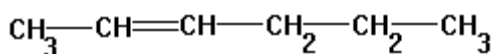
(Z)-4, 5-diméthylhex-2-ène ; 3-éthyl-2,5-diméthylhept-2-ène ; 2,5-diméthylhex-3-yne ; (trans)-but-2-ène.

**Exercice 2 :** Ecrire les formules semi-développées des composés suivants :

3-méthyle pent-1-ène , 2,3-diméthyl pent-2-ène , 4-éthyl-2-méthyle hex-3-ène

3-méthyl but-1-yne , ( E )-hex-2-ène

**Exercice 3 :** Nommer les hydrocarbures suivants :



#### Exercice 4 :

Un alcène A a une densité de vapeur par rapport à l'air égale à 1,93.

1-) Quelle est la formule brute de cet alcène ?

2-) Donner les formules semi-développées possibles et les nommer.

3-) La déshydrogénation d'un des isomères de cet alcène donne un alcyne « symétrique » B. Donner la formule semi-développée de B et le nommer.

4-) Par hydratation de l'autre isomère, nous obtenons deux alcools C et D. Ecrire les formules semi-développées de C et D en les nommant.

#### Exercice 5 :

Traduire les réactions chimiques suivantes en équations bilan en remplaçant les noms des composés par leur formule semi-développée :

a) éthylène + dihydrogène (en présence de Nickel)  $\longrightarrow$

.....

b) Propyne + dihydrogène (en présence de Palladium désactivé)  $\longrightarrow$

.....

c) Propène + eau  $\longrightarrow$

.....

d) but-1-ène + Chlorure d'hydrogène  $\longrightarrow$

.....

e) éthane + dioxygène  $\longrightarrow$

.....

f) pentane + dichlore (en présence de lumière)  $\longrightarrow$

.....

#### Exercice 6 :

1- Un alcène a une densité de vapeur par rapport à l'air égale à 2,4.

a- Quelle est la formule brute de cet alcène ?

b- Donner les formules semi-développées possibles et les nommer.

2- On s'intéresse aux trois isomères A, B et C donnant par hydrogénation le même alcane ramifié. Quel est cet alcane ?

3- Par hydratation, A et B donnent préférentiellement le même alcool. Quel est le corps C ?

# C4 : Les composés oxygénés.

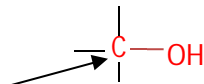
## I. Alcools

### 1. Définition et formule générale

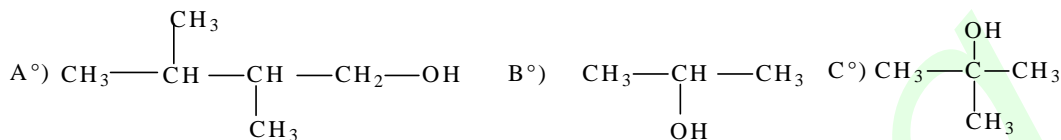
Un alcool est un composé organique caractérisé par la présence d'un groupe hydroxyle (-OH) lié à un carbone tétragonal : *le carbone fonctionnel*.

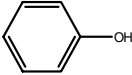
Ils répondent à la formule générale  $C_nH_{2n+2}O$  ou  $R-OH$ .

Le groupement fonctionnel est :



### Exemples



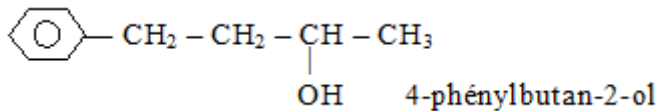
Remarque :  le phénol n'est pas un alcool car le carbone fonctionnel n'est pas tétragonal.

### 2. Nomenclature

Pour nommer un alcool il faut :

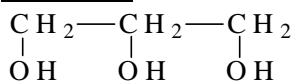
- remplacer le « e » final de l'alcane dont dérive l'alcool par « ol ».
- Choisir la chaîne principale (chaîne la plus longue comportant le groupe hydroxyle -OH)
- numéroter la chaîne principale de telle sorte que le groupe OH ait l'indice le plus petit possible.

Exemples : Donner le nom des alcools A et B précédents



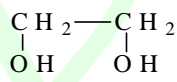
Il existe cependant des alcools comportant plusieurs groupes hydroxyles OH, on les appelle des polyalcools ou polyols.

Exemples :



propane -1,2,3-triol

(glycérol)

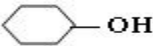


Ethane -1,2-diol

(glycol)

### 3. Classe d'un alcool

Nous distinguons trois classes d'alcool selon le nombre d'atomes de carbone lié au carbone fonctionnel.

- ✓ **Alcool primaire ou alcool (I)** : le carbone fonctionnel n'est lié qu'à un seul atome de carbone. A est un alcool primaire.
- ✓ **Alcool secondaire ou alcool (II)** : le carbone fonctionnel n'est lié qu'à deux atomes de carbone. B est un alcool secondaire et le cyclohexanol 
- ✓ **Alcool tertiaire ou alcool (III)** : le carbone fonctionnel est lié à trois atomes de carbone. C est un alcool tertiaire.

**NB** : Les propriétés chimiques du méthanol  $CH_3-OH$  montrent qu'il est un alcool (I) bien que son carbone fonctionnel n'est lié à aucun atome de carbone.

## II. Aldéhydes et cétones

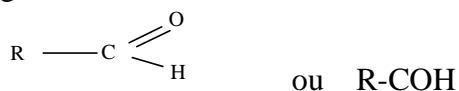
Ce sont des composés organiques comportant le groupe carbonyle  $\text{-CO-}$ . Leur formule brute est :  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$



### 1. Les aldéhydes

#### 1.1. Définition et formule générale

Un aldéhyde est un composé organique comportant un groupe carbonyle lié à un hydrogène. Sa formule générale est :



R peut être un groupe alkyle ou un hydrogène.

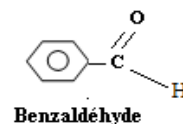
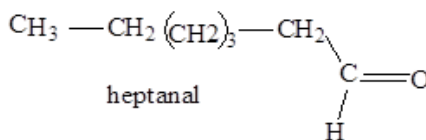
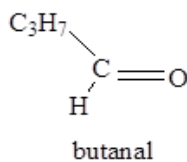
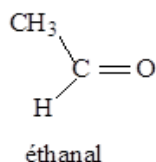
#### 1.2. Nomenclature

Le nom d'un aldéhyde dérive du nom de l'alcane correspondant en remplaçant le « e » final de l'alcane par « al ».

-La chaîne principale est choisie de telle façon qu'elle contienne le groupe  $\text{-CHO}$

-L'atome de carbone du groupe fonctionnel porte toujours l'indice 1 (qui n'est pas spécifié).

#### Exemples :

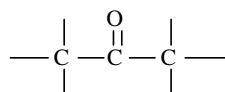


### 2. Les cétones

#### 2.1. Définition et formule générale

Une cétone est un composé organique comportant un groupement carbonyle lié à deux carbones tétraédriques. Sa formule générale est  $\text{R}_1\text{-CO-R}_2$  où  $\text{R}_1$  et  $\text{R}_2$  sont des groupes alkyles.

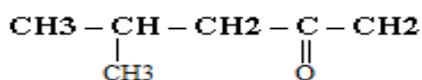
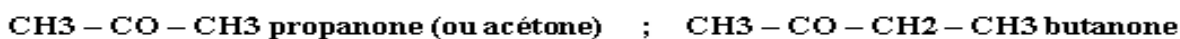
Le groupement fonctionnel est



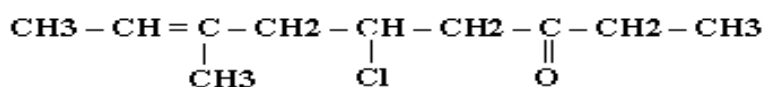
#### 2.2. Nomenclature

Pour nommer une cétone on remplace le « e » final de l'hydrocarbure correspondant par le suffixe « one » précédé de l'indice de position du carbone fonctionnel, entre tirets. La chaîne principale est numérotée de sorte à donner au carbone fonctionnel le numéro le plus petit possible. Les substituants sont nommés à partir de cette numérotation par ordre alphabétique comme avec les alcanes.

#### Exemples:



3-méthylpentan-2-one



5-chloro-7-méthylnon-7-én-3-one.



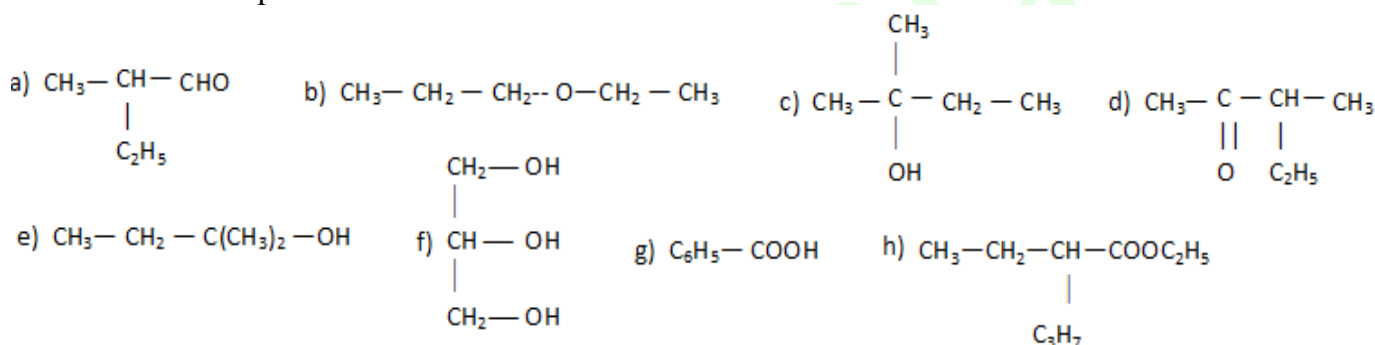


Réactifs	Aldéhyde	Cétone
<b>DNPH</b> ( 2,4-dinitrophénylhydrazine) (NO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> —C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -NH—NH <sub>2</sub>	Précipité jaune Test positif (+)	Précipité jaune Test positif (+)
Réactif de Schiff (incolore)	Solution rose Test positif (+)	Test négatif (-)
Liquueur de Fehling (Cu <sup>2+</sup> , OH <sup>-</sup> )	Précipité rouge brique Test positif (+)	Test négatif (-)
Nitrate d'argent ammoniacal Ou Réactif de Tollens [Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	Dépôt d'argent Test positif (+)	Test négatif (-)

### Exercices d'entraînement

#### Exercice 1

1-Nommer les composés suivants :



2-Ecrire les formules semi-développées des composés suivants :

- |                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| a) 2-méthylbutan-1-ol          | e) 2-éthyl-3-méthylbutanal         |
| b) 3,4-diméthylpentan-2-ol     | f) 2,2-diméthylpentan-3-one        |
| c) acide 3-méthylbutanoïque    | g) Ethoxy-2-méthylhexane           |
| d) 2, 3,4-triméthylpentan-3-ol | h) 3-méthylpentanoate d'isopropyle |

#### Exercice 2

L'addition d'eau à un alcène A conduit à un ou plusieurs alcools noté B. ce dernier contient en masse 21 % d'élément oxygène  $\text{C}_n\text{H}_{2n} + \text{H}_2\text{O}$  donne  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$

- Quelle est la formule brute de B ?
- L'alcool B contient un carbone asymétrique (carbone tétraédrique lié à 4 atomes ou 4 groupes d'atomes tous différents. Une telle molécule est dite chirale.). Identifier B.
- Quels alcènes conduisent à B par addition d'eau ?

#### Exercice 3

- Un mono alcool saturé A a pour masse molaire  $M_A = 74\text{g/mol}$ .
  - Quelle est sa formule brute. En déduire ses différents isomères.
  - L'oxydation ménagée de A par une solution de dichromate de potassium en milieu acide conduit à un composé B qui réagit avec la DNPH mais est sans action sur la liqueur de Fehling. En déduire la formule semi-développée et le nom de l'alcool A.
  - Montrer que A est une molécule chirale

- 2- L'action d'un mono acide carboxylique saturé R-COOH sur l'alcool A conduit à un corps E de formule brute  $C_5H_{10}O_2$ .
- a- De quel type de réaction s'agit-il ? Quelles sont ses caractéristiques ? Quel serait l'effet d'une élévation de température sur cette réaction ?
  - b- Ecrire l'équation bilan générale de cette réaction.
  - c- En déduire la formule semi-développée et le nom de l'acide carboxylique utilisé.
  - d- Donner la formule semi-développée et le nom du corps E formé.

#### **Exercice 4**

- 1°) On dispose d'un corps A, de formule brute  $C_4H_8O$ , dont la chaîne carbonée est linéaire. Il donne un précipité avec la D.N.P.H et réagit avec le nitrate d'argent ammoniacal. Quelle est la formule semi-développée de A ? Quel est son nom ?
- 2°) L'oxydation catalytique de A par le dioxygène ou par une solution permanganate acidifiée produit un corps B. Quelle est sa F.S.D ? Quel est son nom ?
- 3°) B réagit avec un alcool C pour donner un corps odorant D de masse molaire  $M = 116g/mol$  et de l'eau. Ecrire l'équation bilan de cette réaction. Quels sont les noms et les formules semi développées de C et D ?
- a) En déduire les différentes formules semi-développées possibles pour l'ester A.
  - b) Donner dans chaque cas le nom de l'ester.
- 4°) L'oxydation de C conduit à un composé D qui donne avec la D.N.P.H un précipité jaune mais il est sans action sur le réactif de schiff.
- a) Quels la formule semi-développée et le nom de D ?
  - b) Quel est le composé C ?
  - c) Donner la formule semi-développée de l'ester.

# C5 : Réaction d'oxydoréduction ion métallique métal

## I. Rappel sur les métaux et ions métalliques

### 1. Caractère métallique d'un élément

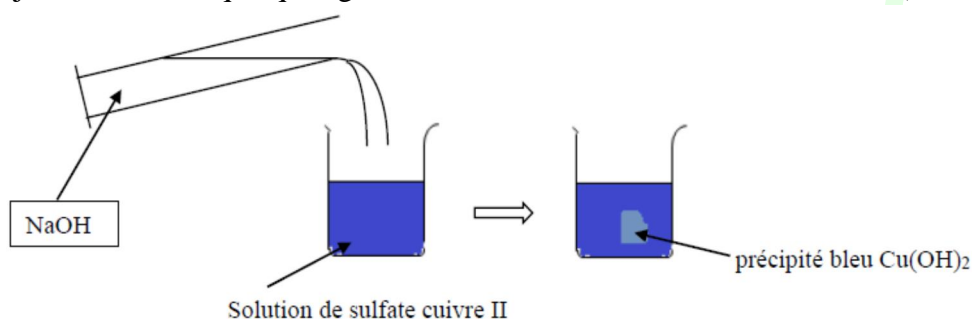
Les trois quarts des corps purs simples sont des métaux. Ils possèdent tous à l'état solide comme à l'état liquide une bonne conductibilité électrique et thermique. Ils peuvent réfléchir la lumière. Cette propriété est responsable de leur éclat métallique. Les métaux perdent facilement des électrons pour donner des ions positifs ou cations ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , ...). On dit qu'ils sont électropositifs.

### 2. Caractérisation des ions métalliques

#### 2.1. L'ion cuivre

##### Expérience :

Dans un tube à essai versons environ quelques millilitres d'une solution de sulfate de cuivre II ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ). Ajoutons ensuite quelques gouttes d'une solution concentrée de soude ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ).

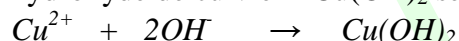


##### Observations

La couleur de la solution est initialement bleue. Si on verse quelque goutte de soude il apparaît un précipité bleu clair.

##### Interprétation

Si on y verse la solution de soude ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ), les ions hydroxyde  $\text{OH}^-$  précipite les ions  $\text{Cu}^{2+}$  en hydroxyde de cuivre II  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  selon l'équation suivante :



La coloration bleue est due aux ions cuivre(II)  $\text{Cu}^{2+}$  en solution.

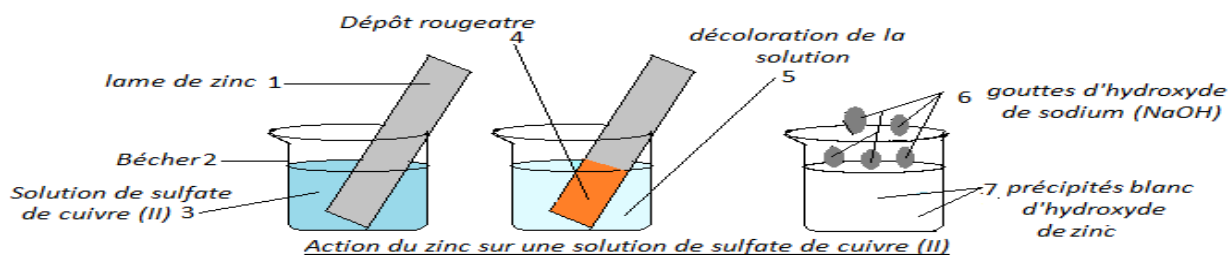
#### 2.2. Reconnaissance des autres ions

Métal	Ions métalliques	Couleur de l'ion en solution	Réactif d'identification	Tests d'identification
Ag	$\text{Ag}^+$	incolore	$\text{Cl}^-$	Précipité blanc de chlorure d'argent qui noircit à la lumière
Cu	$\text{Cu}^{2+}$	Bleu	$\text{OH}^-$	Précipité bleu d'hydroxyde de cuivre (II)
Fe	$\text{Fe}^{2+}$	Vert pâle	$\text{OH}^-$	Précipité vert d'hydroxyde de Fer (II)
Zn	$\text{Zn}^{2+}$	incolore	$\text{OH}^-$	Précipité blanc d'hydroxyde de Zinc (II)
Pb	$\text{Pb}^{2+}$	incolore	$\text{I}^-$	Précipité jaune d'hydroxyde de plomb

## II. Réaction d'oxydo-réduction

### 1. Réaction entre le métal zinc et les ions cuivre (II)

#### 1.1. Expérience



On constate :

- + Une disparition de la couleur bleu de la solution.
- + Un dépôt rougeâtre sur la partie immergée de la lame de zinc.

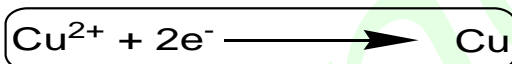
➤ **Analyses**

- + L'action de la soude sur la solution obtenue, conduit à la formation d'un précipité blanc d'hydroxyde de zinc.
- + L'analyse du dépôt rougeâtre montre qu'il s'agit du cuivre métal.

➤ **Interprétations**

Au cours de cette transformation :

- + L'ion cuivre (II)  $\text{Cu}^{2+}$  est passé à l'atome cuivre (Cu). On dit qu'il est réduit. L'équation demi-électronique traduisant la réduction de l'ion cuivre (II) est :



- + L'atome de zinc est passé à l'ion zinc ( $\text{Zn}^{2+}$ ). On dit qu'il est oxydé. L'équation demi-électronique traduisant l'oxydation du zinc est :



➤ **Conclusion**

On a une réaction entre les ions  $\text{Cu}^{2+}$  et le métal zinc Zn qui a donné le cuivre métallique Cu et les ions  $\text{Zn}^{2+}$ .

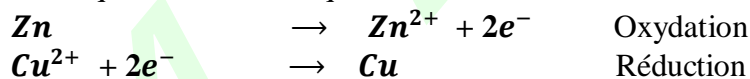
**NB :** Les ions sulfate  $\text{SO}_4^{2-}$  ne jouent aucun rôle dans la réaction.

**1.2. Equations bilan**

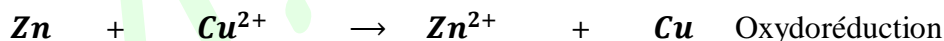
Au cours de la réaction :

- ✓ Les ions  $\text{Cu}^{2+}$  ont été réduits où ont subi une réduction.
- ✓ Le zinc (Zn) a été oxydé où a subi une oxydation.

les demi-équations électroniques s'écrivent :



L'équation bilan s'écrit :



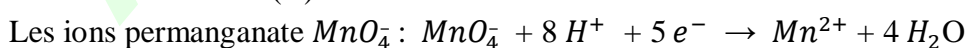
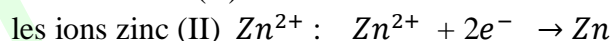
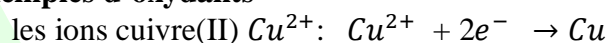
Il y a eu transfert d'électrons des atomes de zinc aux ions  $\text{Cu}^{2+}$ .

**2. Définitions**

➤ **Oxydant**

Un oxydant est une espèce chimique capable de capter un ou plusieurs électrons.

**Exemples d'oxydants**



➤ **Réducteur**

Un réducteur est une espèce chimique capable de céder un ou plusieurs électrons

### Exemples de réducteurs

Le zinc métallique  $Zn : Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

Le cuivre métallique  $Cu : Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

Les ions fer(II)  $Fe^{2+} : Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$

#### ➤ Oxydation

Une oxydation est une perte d'électrons.

#### ➤ Réduction

Une réduction est une capture d'électrons.

Une réaction d'oxydoréduction est un transfert d'électron (s) entre l'oxydant et le réducteur.

Le nombre d'électrons cédé au cours de l'oxydation est égal au nombre d'électrons capté au cours de la réduction. L'oxydation et la réduction se déroulent simultanément car il n'y a pas d'électrons libres en solution.

### III. Notion de couple oxydant réducteur

#### 1. Oxydation du cuivre par les ions $Ag^+$

#### ➤ Expérience



#### ➤ Observations

- + L'apparition de la couleur bleu
- + un dépôt noir sur la partie immergée de la lame.

#### ➤ Analyses

- + L'analyse du dépôt noir sur la lame de cuivre montre qu'il s'agit du métal argent.
- + L'action de la soude sur la solution obtenue, conduit à la formation d'un précipité bleu d'hydroxyde de cuivre (II).

#### ➤ Conclusions

Au cours de la transformation, le cuivre métal a subi une **oxydation** et par ailleurs l'ion argent a subi une **réduction**. Les équations demi-électroniques des deux transformations sont :



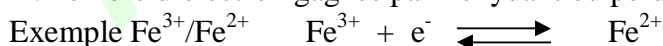
L'oxydation du cuivre métal apparaît comme une transformation inverse de la réduction de l'ion cuivre (II). On dit que l'ion cuivre (II) et le cuivre métal forment un **couple oxydant-réducteur** ou **couple redox**. L'ion cuivre (II) et le cuivre métal sont dits **conjugués**.

#### 2. Généralisation

Un couple rédox (Ox/Red) est caractérisé par la demi équation électronique  $Ox + ne^- \rightarrow Red$

Ox : oxydant ; Red : réducteur

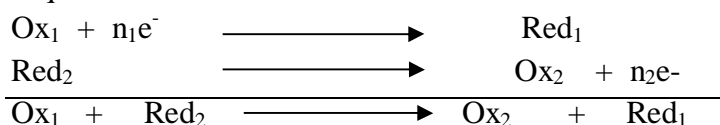
n : nombre d'électron gagnés par l'oxydant ou perdu par le réducteur



Les ions  $\text{Fe}^{3+}$  sont responsables de la rouille. Elle est obtenue par réduction des ions  $\text{Fe}^{2+}$  lorsqu'il est en contact avec le dioxygène de l'air

NB toute réaction d'oxydoréduction s'effectue entre deux couples rédox :  $\text{Ox}_1/\text{Red}_1$      $\text{Ox}_2/\text{Red}_2$

Equation bilan



### Exercices d'entraînement

#### Exercice 1 :

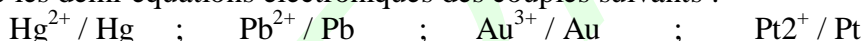
- Donner la définition des mots ou expressions suivants
  - réaction d'oxydoréduction ;
  - oxydant
  - réducteur
- Ecrire la demi-équation électronique correspondant aux couples redox :
  - $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$  ,
  - $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  ,
  - $\text{Al}^{3+}/\text{Al}$  ,
  - $\text{Na}^+/\text{Na}$
- Quel est l'oxydant dans le couple  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$
  - Quand le zinc réagit avec la solution de sulfate de cuivre(II)
    - Quelle est l'espèce oxydante ?
    - Quelle est l'espèce oxydée ?
- Dans la réaction suivante, le fer agit-il comme oxydant ou réducteur ? Même question pour l'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$ 

$$\text{Fe} + 2\text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$
- Dans cette réaction, le dihydrogène est-il oxydant ou réducteur ? Même question pour l'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$ 

$$\text{Pd}^{2+} + \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Pd} + 2\text{H}_3\text{O}^+$$
- Former des couples oxydants- réducteur en utilisant uniquement les espèces chimiques suivantes, et écrire pour chaque couple la demi-équation correspondant à chacun d'eux :  
*On donne :*  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$  ;  $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2$  ;  $\text{Pd}^{2+}/\text{Pd}$  ,  $\text{Zn}^{2+}$  ,  $\text{Pb}^{2+}$  ;  $\text{Hg}_2^{2+}$  ;  $\text{Cr}^{3+}$  ;  $\text{Hg}$  ;  $\text{Cu}$  ;  $\text{PB}$  ;  $\text{Cr}$

#### Exercice 2 :

Ecrire les demi-équations électroniques des couples suivants :



#### Exercice 3 :

Une réaction d'oxydoréduction se traduit par l'équation-bilan non équilibrée :  $\text{Au}^{3+} + \text{Zn} \rightarrow \text{Au} + \text{Zn}^{2+}$

- Ecrire les demi-équations électroniques traduisant l'oxydation et la réduction.
- Quel est l'oxydant ? le réducteur ?
- Equilibrée l'équation-bilan.

#### Exercice 4 :

- Quand on plonge une lame de zinc dans une solution renfermant des ions argent, il se produit un dépôt métallique
- Quand on plonge une lame de fer dans une solution renfermant des ions  $\text{Cu}^{2+}$  la solution initialement bleue se décolore.
- Quand on plonge une lame de zinc dans une solution contenant des ions  $\text{Fe}^{2+}$  la solution vire petit à petit au vert
- Les ions  $\text{Pb}^{2+}$  sont oxydés en présence d'une lame d'aluminium
- Quand on plonge une lame d'aluminium dans une solution de  $\text{CuSO}_4$ , celle-ci se décolore
- Lisez attentivement ces affirmations
- Répondez ensuite par vrai ou faux en faisant si nécessaire les corrections qu'il faut

# C6 : Piles électrochimiques : exemple de la pile Daniell

## I. Etude de la pile Daniell

### 1. Constitution et réalisation

La pile Daniell est formée de deux demi-piles :

La **demi-pile 1** contient une solution aqueuse de sulfate de zinc dans laquelle on plonge une lame de zinc. La **demi-pile 2** contient une solution aqueuse de sulfate de cuivre (II) dans laquelle on plonge une lame de cuivre. Les deux demi-piles sont reliées par un **pont salin** qui permet un contact électrique entre les deux solutions.

#### 1.1. Dispositif expérimental

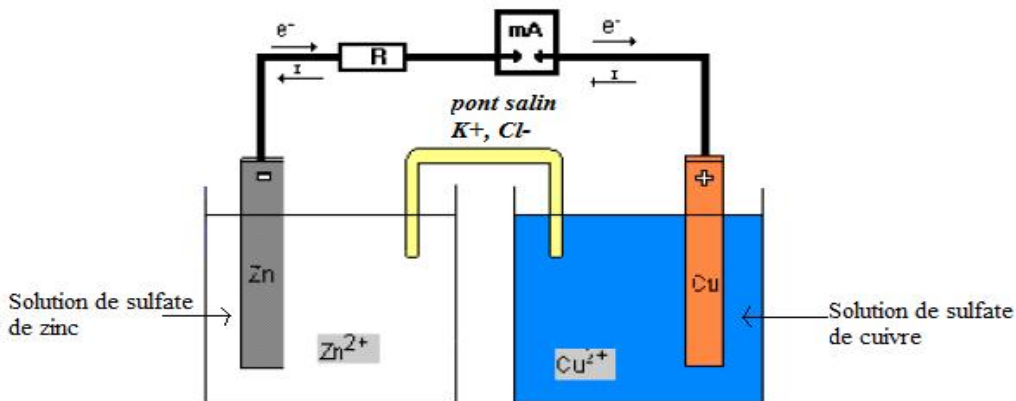


Schéma de fonctionnement de la pile Daniell

#### 1.2. Observations

On constate que :

- ☞ L'aiguille du milliampèremètre dévie (Il y a donc passage de courant) ;
- ☞ La partie immergée de l'électrode de zinc s'amincit ;
- ☞ On a un dépôt métallique sur la partie immergée de la lame de cuivre.

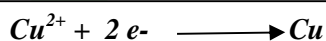
#### 1.3. Interprétation et conclusion

Le courant électrique débité par la pile correspond à un déplacement d'électrons dans les fils conducteurs et à un déplacement d'ions dans les solutions électrolytiques. Chaque demi-pile est le siège d'une demi-équation électronique :

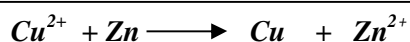
- ✖ au niveau de l'électrode de Zn (**anode**) les atomes de zinc sont oxydés en ion  $Zn^{2+}$  en libérant chacun deux électrons :



- ✖ Les électrons, lorsqu'ils arrivent à l'électrode de cuivre (**cathode**), sont consommés par les ions  $Cu^{2+}$  suivant une réaction de réduction :



Le bilan-global des réactions se produisant aux électrodes est celui de la réaction naturelle d'oxydoréduction entre les couples  $Cu^{2+}/Cu$  et  $Zn^{2+}/Zn$  :





La pile Daniell équivaut à un générateur électrique dont le pôle positif est l'électrode de Cu et le pôle négatif, celle de Zn.

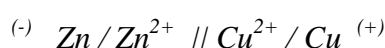
**Remarque : “Rôle du pont salin”**

Le pont salin ou **pont électrolytique** peut être du papier imbibé d'une solution électrolytique de NaCl (ou de KCl). Il permet de fermer le circuit.

Dans la demi-pile  $Zn^{2+}/Zn$  qui s'enrichit en cations le pont salin apporte des anions ( $Cl^-$ ) et dans la demi-pile  $Cu^{2+}/Cu$  qui s'appauvrit en cations le pont salin apporte des cations ( $Na^+$ ) pour assurer la neutralité électrique des solutions.

## 2. Schéma conventionnel de la pile

On représente symboliquement la pile Daniell par le schéma conventionnel suivant:



## 3. Forces électromotrices

Quand la pile ne débite pas, un voltmètre placé entre les deux électrodes mesure la tension à vide c'est à dire la force électromotrice (f.é.m)  $E$ .

$$E = U (Cu Zn) = E (Cu^{2+}/Cu) - E (Zn^{2+}/Zn) = 1,10 V$$

$E (Cu^{2+}/Cu)$  et  $E (Zn^{2+}/Zn)$  sont les **potentiels d'électrode** respectifs des couples  $Cu^{2+}/Cu$  et  $Zn^{2+}/Zn$ .

## II. Autres piles

### 1. Réaction du dioxygène avec le sodium

Un morceau de **sodium** est préalablement enflammé dans l'air, puis plongé dans un flacon renfermant du **dioxygène**. Le sodium brule alors avec une flamme blanche, il y a formation de fins cristaux d'oxyde de sodium, composé ionique de formule  $Na_2O$  (constitué d'ions sodium  $Na^+$  et d'ions oxygène  $O^{2-}$ )

L'équation bilan s'écrit :  $2Na + 1/2O_2 \rightarrow 2Na^+ + O^{2-}$

Au cours de la réaction :

- Le sodium a été oxydé :  $2Na \rightarrow 2Na^+ + 2e^-$
- L'oxygène a été réduit :  $1/2O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$

Il s'agit d'une réaction d'oxydoréduction, qui s'effectue en absence d'eau, donc par voie sèche. Il y a eu transfert total d'électrons du sodium vers l'oxygène.

### 2. Réaction du di chlore avec le sodium

Un morceau de **sodium** préalablement enflammé dans l'air est introduit dans un flacon contenant du **dichlore** gazeux. Le sodium brule dans le dichlore avec formation de cristaux de **chlorure de sodium** ( $NaCl$ ) qui est un composé ionique.

L'équation bilan s'écrit :  $2Na + Cl_2 \rightarrow 2Na + 2Cl$

Il y a eu transfert d'électron du sodium au chlore selon les demi-équations électroniques :



### 3. Généralisation

- Toute réaction qui se solde par un transfert réel d'électron est une oxydoréduction. Mais toute réaction d'oxydoréduction n'est pas un transfert d'électron
- Le dioxygène oxyde de nombreux métaux, suivant des réactions analogues à celle que nous venons d'écrire. Pour cette raison, on appelle : oxydation, la combustion d'un corps dans le dioxygène.
- Le carbone brûle aussi dans le dioxygène, suivant l'équation bilan



Cependant, le dioxyde de carbone ou gaz carbonique, composé moléculaire, ne permet pas d'interpréter cette réaction par un transfert d'électrons. Par comparaison avec la combustion du sodium, nous dirons qu'il

s'agit d'une réaction d'oxydoréduction, dans laquelle le carbone, qui prend l'oxygène, est le réducteur, et le dioxygène l'oxydant

**Remarque :**

✚ *Réducteur* : corps qui prend de l'oxygène

✚ *Oxydant* : corps qui donne de l'oxygène

**Exercices d'entraînement**

**Exercice 1 :**

1-Ecrire, s'il a lieu, la réaction qui se produit lorsqu'on met en présence une solution de chlorure d'or et une lame de plomb.

2-Dire au cours de cette réaction

2.1-Quelle est l'oxydant, quel est le réducteur ?

2.2-Quel est le corps oxydé, quel est le corps réduit ?

3-Compléter les phrases suivantes :

3.1-Cette réaction est une oxydation de ..... par ....

3.2-Cette réaction est une réduction de ..... par ....

**Exercice 2 :**

Répondre par vrai et faux aux affirmations suivantes :

1-Lorsqu'on met en présence une solution de sulfate de cuivre (II) et du mercure, il y a dépôt métallique.

2-Lorsqu'on plonge une lame de zinc dans une solution de nitrate d'argent, il se produit un dépôt métallique.

3-Lorsqu'on plonge une lame d'aluminium dans une solution de sulfate de fer (II), il y a formation d'un métal.

4-Lorsqu'on plonge une lame de fer dans une solution de sulfate de cuivre (II), la solution se décolore.

5-Lorsqu'on plonge une lame de zinc dans une solution renfermant des ions fer (II), la solution vire au vert.

6-Lorsqu'on plonge une lame d'aluminium dans une solution contenant des ions plomb (II).

**Exercice 3 :**

On dissout m grammes de nitrate d'argent  $\text{AgNO}_3$ , pur et sec dans un litre d'eau. On effectue un prélèvement de 50 ml de la solution obtenu dans lequel on ajoute de la poudre de Zinc en excès

1-Ecrire l'équation bilan de la réaction ?

2-Sachant que la masse d'argent libérée est de 0,33g, calculer la valeur de m.

3-On ajoute ensuite, dans le prélèvement après réaction et filtration de la soude. Qu'observe-t-on ? Quelle masse de précipité peut-on théoriquement obtenir ?

**Exercice 4 :**

On ajoute 1.5g de limaille de fer en excès dans  $100\text{cm}^3$  d'une solution de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ). Après agitation, filtrage, on récupère un résidu solide qui après séchage pèse 3.50g.

1-Calculer la concentration molaire en ions argent dans la solution initiale de nitrate d'argent.

2-Calculer les pourcentages en masse de l'argent et du fer dans le résidu solide.



**PARTIE II**

**PHYSIQUE**



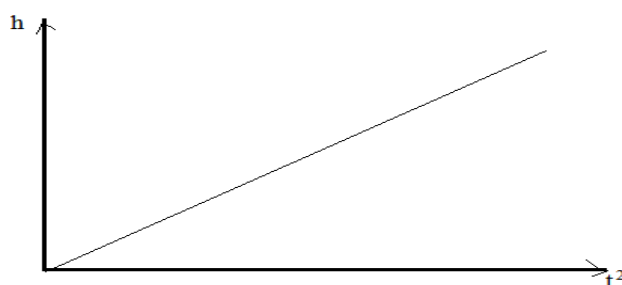
# P1 : Etude expérimentale du mouvement de chute libre

Un corps est en chute libre s'il est en mouvement sous la seule action de son poids. Cependant, lorsqu'un corps est lâché dans l'air, il est soumis en plus de son poids, à la résistance de l'air et à la poussée d'Archimède. Ces deux forces sont ainsi négligées devant le poids, raison pour laquelle on parle de chute libre.

## I. Equation horaire de la position $z = f(t)$

Une bille est abandonnée sans vitesse initiale à partir d'une certaine hauteur, puis photographiée à des intervalles de temps successifs et égaux à 0,02s. Le mouvement de la bille est un mouvement de translation vertical. On se propose de déterminer la relation entre la hauteur  $z$  et le temps  $t$ . Les résultats de l'expérience sont représentés dans le tableau suivant.

$z$ (m)	0	$1,96 \cdot 10^{-3}$	$7,84 \cdot 10^{-3}$	$17,64 \cdot 10^{-3}$	$31,36 \cdot 10^{-3}$	$49 \cdot 10^{-3}$
$t$ (s)	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
$t^2$ (s <sup>2</sup> )	0	$4 \cdot 10^{-4}$	$16 \cdot 10^{-4}$	$36 \cdot 10^{-4}$	$64 \cdot 10^{-4}$	$100 \cdot 10^{-4}$



1cm  $\rightarrow$   $10 \cdot 10^{-4}$  s<sup>2</sup>  
 1cm  $\rightarrow$   $10 \cdot 10^{-3}$  m  
 La courbe  $h = f(t^2)$

La courbe obtenue est une droite passant par l'origine du repère. Son équation est de la forme  $z = at^2$  avec  $a$  le coefficient directeur de la droite. Calcul du coefficient directeur  $a$ .  $a = \frac{h(A)-h(B)}{t^2(A)-t^2(B)}$

AN :  $a = \frac{49 \cdot 10^{-3} - 0}{100 \cdot 10^{-4} - 0} = 4,9$  on aura  $z = 4,9t^2$  (1)

Le mouvement de la chute est un mouvement rectiligne accéléré, son équation est de la forme

$$z = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

Par identification entre les équations 1 et 2 on a :  $\frac{1}{2}g = 4,9$  d'où

$$g = 2 \cdot 4,9 = 9,8 \quad g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$g$  est appelée accélération de la pesanteur. Elle s'exprime en m/s<sup>2</sup> ou en N/kg. L'équation horaire du mouvement s'écrit  $z = \frac{1}{2}gt^2$  avec  $g = 9,8$

## II. Equation horaire de la vitesse $v = f(t)$

Pour déterminer la loi de la vitesse, on reprend la même expérience mais en relevant cette fois-ci la vitesse en fonction du temps. On obtient le tableau suivant.

t(s)	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
v(m/s)	0	0,196	0,392	0,588	0,784	0,98
v/t	-	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8

Le rapport v/t donne la même valeur pour toutes les mesures, qui est 9,8 correspondant à g. on a donc  $\frac{v}{t} = \text{cte} = g$  d'où  $v = gt$  qui est l'équation horaire de la vitesse en fonction du temps

### III. Relation entre la vitesse et la position

Pour trouver la relation entre v et z on considère le système des 2 équations.

$$z = \frac{1}{2}gt^2 \quad 1$$

$$v = gt \quad 2 \quad \text{dans 2 on a } t=v/g \text{ que l'on remplace dans 1 } z = \frac{1}{2}g \frac{v^2}{g^2}$$

$$z = \frac{1}{2g}v^2 \quad \text{ou } v^2 = 2gz$$

#### Exercices d'entraînement

##### Exercice 1 :

Un corps de masse m est en chute libre à partir d'une hauteur z = 120m.

- 1) Trouver sa position aux dates  $t_1 = 0,3s$ ,  $t_2 = 0,7s$ ,  $t_3 = 1,2s$ .
- 2) Calculer la vitesse du corps à l'instant  $t = 4,5s$ .
- 3) En déduire la position du corps à cet instant.
- 4) Quelle est la distance qui sépare le corps du sol à cet instant.

##### Exercice 2 :

Du haut d'un pont, on laisse tomber un caillou. L'action de l'air est négligeable. Sachant que  $g = 9,81m s^{-2}$  et la hauteur de chute est de 24m, calculer :

- 1-La durée de la chute.
- 2-La vitesse du caillou à son arrivée au contact de l'eau.

##### Exercice 3 :

Un corps de masse  $m=20kg$  tombant en chute libre arrive sur le sol à la vitesse de 72 km/h. Calculer :

- 1-La hauteur de chute du corps.
- 2-La durée de la chute du corps.

##### Exercice 4 :

Un solide tombe en chute libre du troisième étage de la tour EIFFEL.

- 1-Donner les valeurs de sa vitesse aux passages des deuxième et premier étages.
- 2-Combien met-il de temps pour toucher le sol ?

##### Données :

- hauteur du premier étage : 58m
- hauteur du deuxième étage : 116m
- hauteur du troisième étage : 276m
- $g = 9,81m s^{-2}$ .

N.B : La résistance de l'air est négligeable.

##### Exercice 5 :

On laisse tomber deux billes sans vitesse initiale du même point, mais à 0,4s d'intervalle. Calculer la distance qui les sépare après 2s de chute de la première bille. Donnée :  $g=9,8m s^{-2}$

##### Exercice 6

On lâche une bille d'acier du haut d'un immeuble et on suppose qu'elle tombe en chute libre.

- 1-Exprimer la valeur v de la vitesse en fonction de la hauteur de chute.
  - 2-On mesure les valeurs  $v_A$  et  $v_B$  de la vitesse lorsqu'elle passe en deux points homologues A et B de deux étages consécutifs. On donne  $v_A=14,3m s^{-1}$  et  $v_B=16,6m/s$
- Calculer la hauteur H d'un étage de l'immeuble ; on donne  $g=9,8m s^{-2}$ .

- 3-L'immeuble comporte 12 étages. Quels sont les étages auxquels se situent les points A et B ?

## P2 : Travail et Puissance

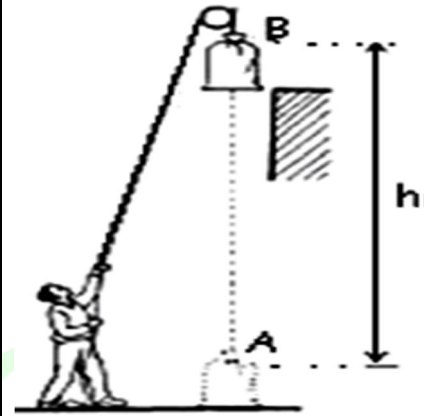
### I. TRAVAIL

#### 1. Notion de travail

Un ouvrier soulève un sac du sol à la hauteur du balcon d'un immeuble à l'aide d'une corde passant sur une poulie. Il doit fournir du travail. Ce travail nécessite un effort. Le sac étant sur le sol, il exerce une traction sur la corde, mais son effort étant d'abord insuffisant, le sac reste immobile : celui-ci est soumis à une force  $F$  appliquée au point A.

Puisqu'il ne parvient pas à soulever le sac, son effort est inutile : il ne produit aucun travail. On dit que la force  $F$  ne travaille pas.

En tirant plus fort, le sac s'élève : l'ouvrier produit alors du travail. Le point d'application A de la force  $f$  exercée passe de A à B : la force  $F$  produit du travail.



**Conclusion :** On dit qu'une force travaille lorsque son point d'application se déplace. Le déplacement se faisant sur la droite d'action de cette force.

**Remarque :** Si l'ouvrier se permet de maintenir immobile le sac à une certaine hauteur du sol, il lui faudra fournir beaucoup plus d'effort. Il se fatigue, cependant son travail est nul, il ne faut donc pas confondre travail et fatigue.

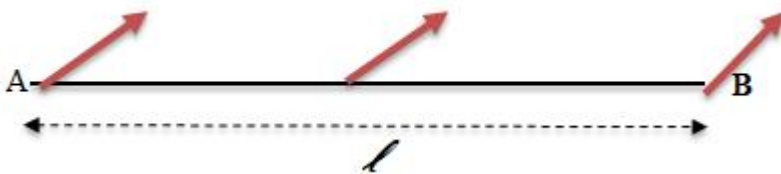
#### 2. Expression du travail d'une force constante

Dans un référentiel donné, le travail d'une force constante  $F$  dont le point d'application se déplace suivant un trajet rectiligne de A vers B est donné par :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} \quad \leftrightarrow \quad W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \|\vec{F}\| \cdot \|\vec{AB}\| \cos(\widehat{FAB})$$

On pose  $\|\vec{F}\| = F$  et  $\|\vec{AB}\| = l$   **$W_{A \rightarrow B} = F \cdot l \cdot \cos\alpha$**

$F$  est en newton(N),  $l$  en mètre (m) et  $W$  en joule (J)



#### 3. Travail moteur, résistant ou nul

Le signe du travail  $W_{AB}(\vec{F}) = F \cdot AB \cos\alpha$  est celui de  $\cos\alpha$ , puisque  $F$  et  $AB$  sont positifs donc  $\cos\alpha$  est comprise entre -1 et +1

- Si l'angle  $\alpha = (\widehat{F \cdot AB})$  est aigu (compris entre 0 et 90°) alors  $\cos\alpha$  est positif et  $W_{AB}(\vec{F}) > 0$  on dit que le travail est moteur.
- Si l'angle  $\alpha = (\widehat{F \cdot AB})$  est obtus (compris entre 90 et 120°) alors  $\cos\alpha$  est négatif et  $W_{AB}(\vec{F}) < 0$  on dit que le travail est résistant.
- Si l'angle  $\alpha = (\widehat{F \cdot AB})$  est droit ( $\alpha = 90^\circ$ ) alors  $\cos\alpha$  est nul et  $W_{AB}(\vec{F}) = 0$  on dit que le travail est nul.

**NB :** Une force perpendiculaire à la trajectoire ne fournit aucun travail.

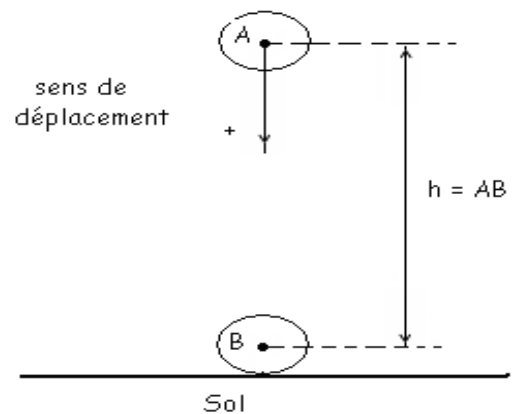
#### 4. Travail du poids d'un corps

Considérons un solide de masse  $m$  qui tombe d'une hauteur  $AB = h$  au-dessus du sol. Son poids effectue un travail qui s'exprime par  **$W_{AB} = P \cdot AB = mgh$**

Ici le poids s'exerce dans le sens de déplacement, on dit aussi que le poids favorise le mouvement.

Dans ce cas la force est dite motrice. Le travail du poids est donc dans ce cas moteur.

Lorsque l'objet est lancé vers le haut, le poids de celui-ci s'oppose au déplacement. Dans ce cas le travail du poids est résistant. Le poids  $\vec{P}$  et le déplacement  $\vec{AB}$  sont opposés.



### II. PUISSANCE D'UNE FORCE

#### 1. Notion de puissance et définition

Le travail fourni par une force peut être effectué en un temps plus ou moins long. Une nouvelle grandeur a été introduite : la puissance, qui tient compte du temps mis pour effectuer ce travail.

#### 2. Puissance moyenne

Dans un référentiel donné une force  $F$  effectue un travail  $W_{AB}$  entre les instants  $t_A$  et  $t_B$ . Sa puissance sera donnée par :

$$P_m(\vec{F}) = \frac{W_{AB}(\vec{F})}{t_B - t_A}$$

travail  $W_{AB}(F)$  en joule (J)

date  $t$  en seconde(s)

puissance  $P_m$  en watt(W)

#### 3. Puissance instantanée

Pendant un intervalle de temps  $dt = t_B - t_A$  très courte une force  $F$  effectue un travail  $dW = \vec{F} \cdot d\vec{l}$  très petit. la puissance instantanée s'effectue alors :

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{l}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{V}$$

$$\mathbf{P = \vec{F} \cdot \vec{V} = F \cdot V \cos(\widehat{\vec{F} \vec{V}})}$$
 F en newton V en  $\text{ms}^{-1}$  et P en watt

#### Autre unité : le cheval-vapeur

Le nom de watt a été choisi en hommage à l'ingénieur et mécanicien Ecossais James watt célèbre pour les améliorations qu'il a apporté à la machine à vapeur à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Une unité traditionnelle de puissance est le cheval-vapeur de symbole (ch.). Dans sa définition historique, un cheval-vapeur équivaut à la puissance nécessaire pour soulever 250kg à une vitesse de 30,5cm/s. sa correspondance en watt est définie par la relation 1ch équivaut à 736W.

#### 4. Ordre de grandeur de quelques puissances

- Ouvrier poussant une brouette : 0,3 W à 3,5 W.
- Moto : 5 kW
- Voiture : 50 kW
- Train : 3000 kW
- Avion : 18 000 kW.

## Exercices d'entraînement

### Exercice 1 :

- 1) Quand est-ce qu'un travail est dit moteur ? résistant ?
- 2) Donner l'unité de travail dans le système international.
- 3) Donner l'unité de puissance dans le système international.
- 4) Donner la formule du travail d'une force dont le point d'application se déplace sur sa droite d'action.
- 5) Donner les deux expressions de la puissance, et à partir de l'une des expressions trouver l'autre.

### Exercice 2 :

- 1) Amadou estime qu'un corps de masse  $m_1 = 10$  kg qui tombe d'une hauteur de  $h_1 = 2$  m effectue un travail plus important qu'un corps de masse  $m_2 = 5$  kg qui tombe d'une hauteur de  $h_2 = 4$  m. Fatou soutient le contraire. Dire, avec justification, qui a raison.
- 2) Une grue soulève une charge de 6000 N, d'une hauteur de 30 m, en une minute. Déterminer le travail effectué et la puissance développée.
- 3) Un train met 1 h 30 mn 50 s pour relier 2 villes distantes de 109 km. L'intensité de la force de traction de la locomotive sur les wagons est  $F = 4,41 \cdot 10^4$  N. Calculer :
  - a) La vitesse moyenne de ce train en m/s et en km/h, puis en km/mn.
  - b) Le travail mécanique effectué par cette force.
  - c) La puissance mécanique développée, en ch.

### Exercice 3 :

Un ascenseur est entraîné à vitesse constante par un moteur qui développe une puissance  $P = 7,5$  kW lorsque la force de traction du câble a une intensité  $F = 3000$  N. Combien de temps l'ascenseur met-il pour s'élever 20 m ?

Un élève de masse 70 kg s'élève, au grimpée, d'une hauteur  $h = 10$  m sur une corde.

- 1) Quel est le travail effectué ?
- 2) Sachant que le déplacement a duré 20 s, calculer la puissance  $P$  mise en jeu. ( $g = 9,81$  N/kg)

### Exercice 4 :

Une voiture a parcouru sur une route horizontale une distance de 3,6 km en 6 min. Son moteur développe une force constante  $F = 2 \cdot 10^3$  N.

- 1) Evaluer la vitesse en m/s puis en km/h.
- 2) Evaluer le travail effectué par la voiture en kJ et en déduire sa puissance

### Exercice 5 :

Sur un mobile en déplacement sur une route horizontale s'exercent les forces suivantes :

- Son poids  $\vec{P}$  d'intensité  $P = 2800$  N.
  - La réaction  $\vec{R}$  de la route.
  - La force motrice  $\vec{F}$  d'intensité  $F = 5600$  N.
  - Les forces de frottement représentées par une force unique  $\vec{f}$  d'intensité  $f = 1400$  N.
- 1) Représenter vectoriellement les forces appliquées au mobile assimilé à un point matériel. Prendre comme échelle 1 cm pour 2800 N.
  - 2) Calculer le travail  $W(\vec{F})$  de la force motrice  $\vec{F}$  du mobile, sachant qu'il a effectué le déplacement à la vitesse  $v = 30$  km/h, pendant une durée  $t = 15$  s. En déduire alors la puissance  $P$  développée par la force  $\vec{F}$ .



# P3 : Energie cinétique

## I. Energie cinétique d'un corps en translation

L'énergie d'un corps est la capacité pour ce corps de produire du travail.

Elle se manifeste sous différentes formes et peut passer d'une forme à une autre, ou se décomposer en plusieurs formes.

Lorsqu'un corps acquiert de l'énergie du fait de son mouvement, cette énergie est dite cinétique ou énergie de vitesse.

La grandeur physique caractérisant l'énergie est notée  $E$  et s'exprime en Joule.

### 1. Energie cinétique d'un point matériel

L'énergie cinétique d'un point matériel de masse  $m$  à un instant où sa vitesse est  $V$  est donnée par

l'expression :  $E_c = \frac{1}{2} m V^2$   $m$  en Kg ;  $V$  en  $m.s^{-1}$  et  $E_c$  en Joule (J)

#### Remarque :

- L'énergie cinétique est une grandeur positive. Sa valeur croît soit avec la masse, soit avec le carré de sa vitesse
- l'énergie cinétique d'un corps dépend du référentiel dans lequel on l'évalue.

### 2. Energie cinétique d'un solide en translation

Soit un solide de masse  $M$  en mouvement de translation de vitesse  $V$ . On dit qu'un solide est en mouvement de translation si tous les points matériels constituant le solide ont même vecteur vitesse à tout instant  $t$ .

Le solide est donc constitué d'une infinité de points matériels  $A_1, A_2, A_3, \dots$  de masses respectives  $m_1, m_2, m_3, \dots$

L'énergie cinétique du solide ( $S$ ) est la somme des énergies cinétiques de tous les points matériels :

$$E_c = E_{c1} + E_{c2} + E_{c3} + \dots = \frac{1}{2} m_1 V_1^2 + \frac{1}{2} m_2 V_2^2 + \frac{1}{2} m_3 V_3^2 + \dots$$

Or on a  $V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V$  (car le solide est en translation)

$$= \frac{1}{2} (m_1 + m_2 + m_3 + \dots) V^2 \quad \text{avec } M = m_1 + m_2 + m_3 + \dots$$

D'où l'expression donnant l'énergie cinétique d'un solide :

$$E_c = \frac{1}{2} M \cdot V^2$$

## II. Energie cinétique d'un solide en rotation

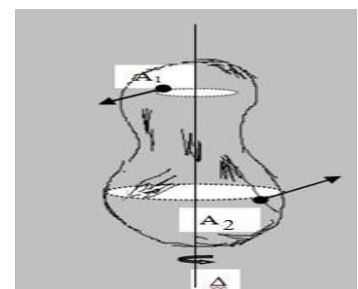
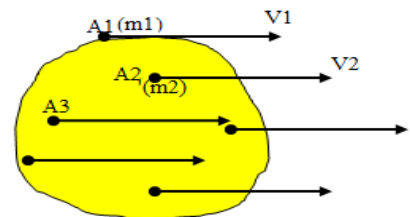
### 1. Expression de l'énergie cinétique

Considérons un solide de masse  $M$  animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe fixe ( $\Delta$ ).

Les points matériels constitutifs du solide ( $A_1, A_2, A_3, \dots$ ) décrivent tous des cercles centrés sur l'axe de rotation, de rayons respectifs  $R_1, R_2, R_3, \dots$ . De plus les points ont, à tout instant, la même vitesse angulaire  $\omega$ .

L'expression de l'énergie cinétique du solide à un instant où sa vitesse angulaire est  $\omega$  sera donnée par :

$$E_c = E_{c1} + E_{c2} + E_{c3} + \dots = \frac{1}{2} m_1 V_1^2 + \frac{1}{2} m_2 V_2^2 + \frac{1}{2} m_3 V_3^2 + \dots$$



Or  $V_i = R_i \omega_i$

$$E_c = \frac{1}{2} m_1 (R_1 \omega_1)^2 + \frac{1}{2} m_2 (R_2 \omega_2)^2 + \frac{1}{2} m_3 (R_3 \omega_3)^2 + \dots \quad \text{or } \omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = \dots = \omega$$

$$= \frac{1}{2} (m_1 R_1^2 + m_2 R_2^2 + m_3 R_3^2 + \dots) \omega^2$$

La quantité positive  $\sum m_i R_i^2$ , qui ne dépend que du solide, est appelée moment d'inertie par rapport à l'axe ( $\Delta$ ). Elle est notée  $J_\Delta$  et s'exprime en  $\text{kg.m}^2$  dans le système international.

L'expression de l'énergie cinétique d'un objet en mouvement de rotation autour d'un axe fixe s'écrit finalement :  $E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$

- $J_\Delta$  :  $\text{kg.m}^2$
- $\omega$  : en rad/s
- $E_c$  : en J

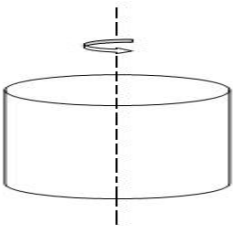
## 2. Moment d'inertie de quelques solides

- Cerceau de masse  $m$  et de rayon  $r$



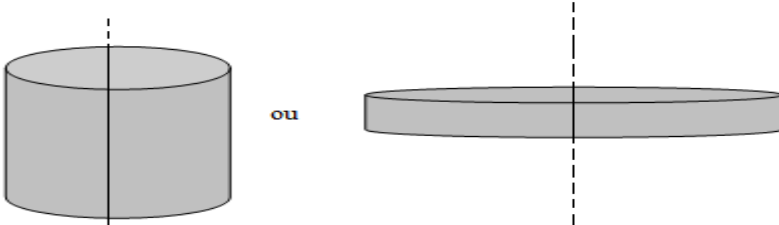
$$J_\Delta = m.r^2$$

- Cas d'un cylindre creux



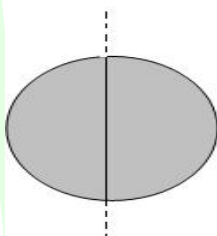
$$J_\Delta = m.r^2$$

- Disque homogène ou cylindre homogène



$$J_\Delta = \frac{1}{2} m.r^2$$

- Sphère homogène de rayon  $r$



$$J_\Delta = \frac{2}{5} m.r^2$$

- Tige homogène de longueur  $L$



$$J_\Delta = \frac{1}{12} m.L^2$$

### III. Théorème de l'énergie cinétique

#### 1. Enoncé

Entre deux instants  $t_i$  et  $t_f$ , la variation de l'énergie cinétique est égale à la somme algébrique des travaux de toutes les forces et couples de forces qui sont appliquées à ce système.

$$\Delta E_c = \sum W(\vec{F})_{app} \text{ avec } \Delta E_c = E_{cf} - E_{ci} = \begin{cases} \frac{1}{2}mV_f^2 - \frac{1}{2}mV_i^2 & \text{pour un système en translation} \\ \frac{1}{2}J\omega_f^2 - \frac{1}{2}J\omega_i^2 & \text{pour un système en rotation} \end{cases}$$

#### 2. Application du théorème

1. Une pierre est jetée vers le haut avec une vitesse  $V_0=10\text{m/s}$ , on néglige toutes les forces autres que le poids de la pierre

- Calculer la hauteur  $h_1$  où se trouvera la pierre lorsque sa vitesse sera de  $6\text{m/s}$  ?
- Quelle sera la hauteur maximale atteinte par la pierre

2. Etude d'un plan incliné, un corps de masse  $m=500\text{g}$  est abandonné sans vitesse initiale sur un plan incliné faisant un angle de  $30^\circ$  par rapport à l'horizontal, sans vitesse initiale.

- Quelle distance doit parcourir le solide pour que sa vitesse soit de  $2\text{m/s}$
- Quelle est sa vitesse lorsqu'il a parcouru  $80\text{cm}$

#### Exercices d'entraînement

##### Exercice 1

Corriger les affirmations suivantes :

- 1- Lorsqu'on double la vitesse d'un solide en translation, son énergie cinétique est doublée.
- 2- Lorsqu'on double la masse d'un solide en translation, on double son énergie cinétique.
- 3- L'énergie cinétique s'exprime en joules lorsque la masse est exprimée en kg et la vitesse en km/h.
- 4- Lorsqu'on exerce une force sur un solide, on modifie toujours son énergie cinétique.
- 5- Lorsqu'un solide est en mouvement à vitesse constante, le travail de chacune des forces appliquées est nul.
- 6- L'énergie cinétique ne dépend pas du référentiel.
- 7- L'énergie cinétique d'un solide mobile autour d'un axe ( $\Delta$ ) passant par son centre de gravité est nulle.

##### Exercice 2

Calculer l'énergie cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe à la vitesse  $2400$  tours/min. Le moment d'inertie du solide par rapport à l'axe vaut  $5\text{kg}\cdot\text{m}^2$ .

##### Exercice 3

Au cours d'une chute libre, le travail du poids d'un corps de masse  $m=500\text{g}$  est égal à  $25\text{J}$ . Calculer la vitesse de ce corps en fin de chute, la hauteur de chute et son énergie cinétique.

##### Exercice 4

Un solide de masse  $m$  est animé d'un mouvement de translation de vitesse  $V$  a une énergie cinétique égale à  $700\text{J}$ . L'énergie cinétique d'un solide de masse  $m'=2m$  animé d'un mouvement de translation de vitesse  $V'=V/2$  est :

- a)   $700\text{J}$  b)   $350\text{J}$  c)   $1400\text{J}$  d)   $2100\text{J}$  e)   $700\sqrt{2}\text{J}$  f)   $700/\sqrt{2}\text{J}$

Cocher la bonne réponse.

##### Exercice 5

Une masse quasi-ponctuelle  $m$  est fixée sur une tige  $T$  à la distance  $r$  d'un axe vertical ( $\Delta$ ). La tige est fixée perpendiculairement à l'axe et l'ensemble tourne autour de ( $\Delta$ ) à la vitesse angulaire  $\omega = 10$  rad/s. L'énergie cinétique de la masse  $m$  dans ces conditions est  $E_c=1\text{J}$ . Que devient l'énergie cinétique :

- a) Lorsqu'on double  $r$ ,  $\omega$  restant constant ?
- b) Lorsqu'on triple  $\omega$ ,  $r$  restant constant ?

# P4 : Energie potentielle-Energie mécanique.

## I. Energie potentielle

C'est la forme d'énergie que possède un système du fait de sa position ou de sa déformation par rapport au système avec lequel il est en interaction.

Selon la position d'un solide par rapport à un référentiel ou sa déformation, l'énergie potentielle peut être sous différentes formes.

Exemples : l'énergie potentielle de pesanteur (interaction solide-Terre) et l'énergie potentielle élastique (interaction entre les spires ou les différentes parties du système).

### 1. Etat de référence

C'est l'état du système pour lequel l'énergie potentielle de ce système est nulle ( $E_p=0$ ).

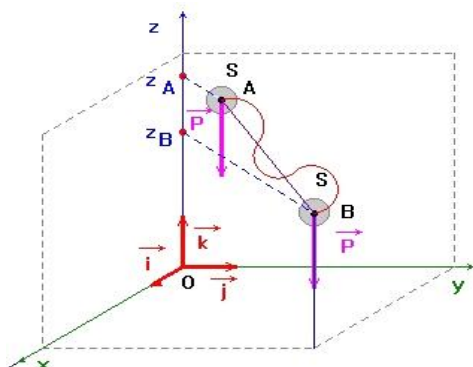
Son choix arbitraire peut être guidé par le bon sens. Par exemple une pierre posée sans vitesse sur la terre ne peut être en mouvement. Il est alors fondé de choisir l'état de référence de l'énergie potentielle du système {Pierre-Terre} lorsque la pierre est sur le sol ( $E_p=0$  si  $z=0$ ).

Donc pour le système {solide-ressort horizontal} il est indiqué de choisir l'état de référence quand le ressort n'est ni allongé ni comprimé ( $E_p=0$  si  $\Delta l=0$ ) et pour le système {solide-ressort vertical} à la position d'équilibre.

### 2. Energie potentielle de pesanteur

C'est la forme d'énergie que possède un système du fait de sa position ou de sa déformation par rapport au système avec lequel il est en interaction.

#### 2.1. Expression de l'énergie



Système {objet-Terre}, Référentiel terrestre ;

Bilan des forces intérieures conservatives susceptibles de travailler : poids de l'objet  $\vec{P}$

$$\text{T.E.P} : E_{pB} - E_{pA} = -W(\vec{P})$$

$$E_{pB} - E_{pA} = mgz_B - mgz_A$$

Et comme  $m$  et  $g$  ne dépendent pas des points A et B alors  $E_{pB} - E_{pA} = (mgz)_B - (mgz)_A$ .

L'énergie potentielle qui n'est fonction que de l'altitude  $z$  s'écrit  $E_{pp}(z) = mgz + K$  où  $K$  est une constante.

Si on choisit l'état de référence ( $E_p=0$ ) et l'origine des altitudes ( $z=0$ ) au sol  $\Leftrightarrow E_p(0) = 0$

$$E_p(0) = mg(0) + K = 0 \Rightarrow K = 0 \text{ d'où } E_{pp}(z) = mgz \text{ si l'état de référence est au sol.}$$

De manière générale, l'énergie potentielle de pesanteur dépend de l'origine de référence.

Par convention l'énergie potentielle de pesanteur d'un système est nulle s'il est au sol ( $Z = 0$ ). On a donc :

$$E_p = mg(z - z_{\text{ref}})$$

**NB** : L'énergie potentielle d'un système peut être négative ou positive (grandeur algébrique) contrairement à l'énergie cinétique qui est toujours positive.

## 2.2. Application

Un solide de masse  $m = 5 \text{ kg}$  se trouve à une altitude  $z = 10 \text{ m}$  du sol.  
Calculer son énergie potentielle en prenant comme référence :

1. Le sol
2. L'altitude  $z = 15 \text{ m}$
3. Le fond d'un puits de  $8 \text{ m}$  de profondeur.

On donne :  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

### Correction

Calcul de l'énergie potentielle du solide :  $E_p = mg(z - z_{\text{ref}})$

1. Etat de référence : le sol

$$z_{\text{ref}} = 0$$

$$\text{AN: } E_p = 5 \times 10 \times 10 = 500\text{J} \quad \boxed{E_p = 500\text{J}}$$

2. Etat de référence: l'altitude  $z = 15\text{m}$

$$z_{\text{ref}} = 15\text{m}$$

$$\text{AN: } E_p = 5 \times 10 (10 - 15) = -250\text{J} \quad \boxed{E_p = -250\text{J}}$$

3. Etat de référence: fond du puits

$$z_{\text{ref}} = -8\text{m}$$

$$\text{AN: } E_p = 5 \times 10 (10 - (-8)) = 900\text{J} \quad \boxed{E_p = 900\text{J}}$$

## 2.3. Variation de l'énergie potentielle de pesanteur

Soit un corps de masse  $m$  en chute libre : la variation de l'énergie potentielle s'écrit :

$$\Delta E_p = (mgz_2 + C) - (mgz_1 + C) = mg(z_2 - z_1) = -mg(z_1 - z_2) = -W_{1 \rightarrow 2}(\vec{P})$$

$$\Delta E_p = -W_{1 \rightarrow 2}(\vec{P})$$

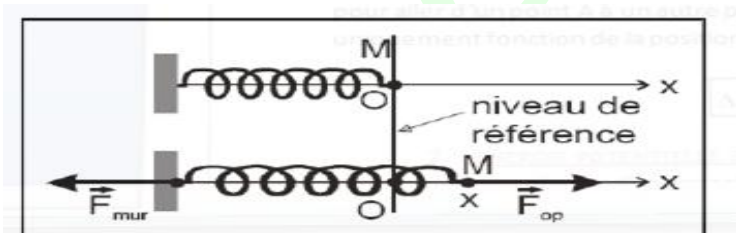
Une force  $F$  est dite conservative si son travail ne dépend pas de la trajectoire suivie pour aller d'un point A à un autre point B. on peut alors définir une énergie potentielle  $E_p$  uniquement fonction de la position et telle que :

$$\Delta E_p = E_p(B) - E_p(A) = -W_{A \rightarrow B}(\vec{P})$$

## 3. Energie potentielle élastique

C'est l'énergie que possède un système élastique du fait de sa déformation.

### 3.1. Pour un ressort



L'énergie potentielle élastique d'un ressort de raideur  $k$ , tendu ou comprimé d'une longueur  $x$  (repérée à partir du niveau de référence lequel correspond à son état libre) vaut :  $E_p = \frac{1}{2} kx^2$

### 3.2. Pour une pendule de torsion

L'énergie potentielle élastique d'un couple de torsion de constante de torsion  $C$ , tordu d'un angle  $\alpha$  (repérée à partir du niveau de référence lequel correspond à son état d'équilibre  $\alpha=0$ ) vaut :

$$E_p = \frac{1}{2} C\alpha^2$$

## II. Energie mécanique

L'énergie mécanique est l'énergie que possède un système du fait de son mouvement (cinétique) et de sa position (potentiel).

### 1. Définition

L'énergie mécanique d'un système est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle.

$$E_m = E_c + E_p$$

Considérons un solide soumis à la force totale :  $\vec{F} = \vec{F}_c + \vec{F}_{nc}$  avec:

- $\vec{F}_c$  est la résultante des forces conservatives décrivant l'énergie potentielle totale  $E_p$ .
- $\vec{F}_{nc}$  représente les forces non conservatives auxquelles on ne peut associer d'énergie potentielle (frottements...)

D'après le théorème de l'énergie cinétique, on a alors:

$$W_{AB}(\vec{F}) = W_{AB}(\vec{F}_c) + W_{AB}(\vec{F}_{nc}) = E_c(B) - E_c(A) \text{ avec } W_{AB}(\vec{F}_c) = E_p(A) - E_p(B)$$
$$\Rightarrow [E_c(B) + E_p(B)] - [E_c(A) + E_p(A)] = W_{AB}(\vec{F}_{nc})$$

Il apparaît ainsi une nouvelle quantité  $E_c + E_p$  à laquelle on donne le nom d'**énergie**

### 2. Conservation de l'énergie mécanique

L'énergie mécanique d'un système isolé à l'intérieur duquel il n'existe pas de force de frottement se conserve.  $\Delta E = E_m(A) - E_m(B) = 0$

#### Enoncé :

La somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle d'un système dans un référentiel terrestre se conserve si la somme de tous les travaux des forces extérieures qui lui sont appliquées est nulle sauf le travail de son poids  $P$ .

On dit que le **système est conservatif**.

### 3. Non conservation de l'énergie mécanique

Entre deux instants, la variation de l'énergie mécanique d'un système à l'intérieur duquel il existe des forces de frottement est égale à la somme des travaux effectués entre ces deux instants par les forces de frottements.  $\Delta E = E_m(A) - E_m(B) = \sum W_{AB}(\vec{F}_{dissipatifs})$

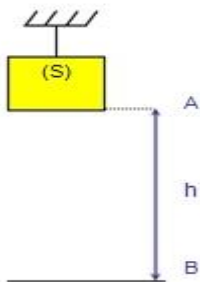
L'énergie mécanique n'est pas constante si le système est soumis des forces dissipatives autres que son poids. Et le travail de ces forces est toujours négatifs et défend du chevin suivi (travail des forces de frottements de système). Mais elle diminue.

On dira qu'on a un **système non conservatif**.

### 4. Application

#### Exemple 1 :

Une charge immobile (S) de masse  $m$  est suspendue à une hauteur  $h$  du sol.



La charge en A, en équilibre à une hauteur  $h$ , possède

- Une énergie potentielle :  $E_{pA} = mgh$
- Une énergie cinétique nulle (vitesse est nulle) :  $E_{cA} = 0 \text{ J}$
- Une énergie totale :  $E_A = E_{pA} + E_{cA} = mgh$

La charge en B, au niveau du sol, possède :

- Une énergie potentielle nulle (hauteur nulle):  $E_{pB} = 0 \text{ J}$
- Une énergie cinétique :  $E_{cB} = \frac{1}{2}.mV_B^2$
- Une énergie totale :  $E_B = E_{pB} + E_{cB} = \frac{1}{2}.mV_B^2$

L'énergie mécanique du système reste constante si l'on néglige toutes les forces autres que le poids, nous pouvons donc écrire

$$E_A = E_B = mgh = \frac{1}{2}.mV_B^2$$

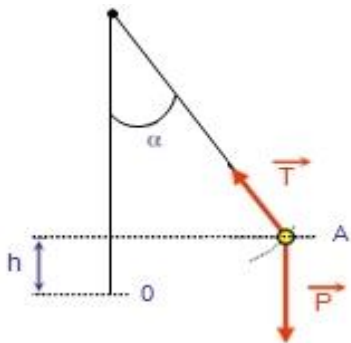
### Exemple 2:

Un pendule est constitué d'une bille de masse  $m$  fixée à l'extrémité d'un fil de masse négligeable et de longueur  $l$ . La bille est écartée de sa position d'équilibre, le fil fait un angle  $\alpha$  avec la verticale, il est alors lâché sans vitesse initiale.

Les seules forces retenues dans l'étude de ce pendule

sont le poids et la tension du fil. A chaque instant, les déplacements de

la bille sont perpendiculaires à la droite d'action de la force de tension du fil.



Si l'on considère que l'énergie potentielle est comptée à partir du point 0, c'est-à-dire la position la plus stable de la bille.

La bille en A, en équilibre, possède :

- Une énergie potentielle :  $E_{pA} = mgh$
- Une énergie cinétique nulle (vitesse est nulle) :  $E_{cA} = 0 \text{ J}$
- Une énergie totale :  $E_A = E_{pA} + E_{cA} = mgh$

La grandeur  $h$  peut s'exprimer en fonction de la longueur du fil par la relation :

$$h = l.(1 - \cos \alpha)$$

$$\text{Donc } E_A = mgl(1 - \cos \alpha)$$

La charge en 0, passage du fil par la verticale, possède

- Une énergie potentielle nulle (hauteur nulle) :  $E_{p0} = 0 \text{ J}$
- Une énergie cinétique :  $E_{c0} = \frac{1}{2}.mV_0^2$
- Une énergie totale :  $E_0 = E_{p0} + E_{c0} = \frac{1}{2}.mV_0^2$

L'énergie mécanique du système reste constante si l'on néglige toutes les forces autres que le poids et la tension du fil.

Le travail de la tension du fil est nul car cette force est perpendiculaire aux

déplacements de la bille, nous pouvons donc écrire :  $E_A = E_0 = mgl(1 - \cos \alpha) = \frac{1}{2}.mV_0^2$

## Exercices d'entraînement

### Exercice 1 :

L'Everest et l'Annapurna culminent respectivement à 8848 m et 8091 m au-dessus du niveau de la mer.

1. Déterminer l'énergie potentielle de pesanteur d'un alpiniste de masse  $m$ , égale à 80,0 kg, lorsqu'il se trouve au sommet de l'Annapurna, en prenant comme origine des altitudes :

- Le niveau de la mer ;
  - Le sommet de l'Everest.
2. Le même alpiniste gravit ensuite l'Everest.

- Calculer la variation de son énergie potentielle de pesanteur au passage du premier sommet au second.
- Quelles remarques peut-on faire ?

### Exercice 2 :

On étudie la chute libre (on néglige les forces de frottements et la poussée d'Archimède) d'un parachutiste ( $m=80,0$  kg). Celui-ci saute d'une montgolfière possédant une vitesse nulle, d'une altitude de 1,00 km. Il ouvre son parachute à une altitude de 700 m.

- Calculer l'énergie potentielle du parachutiste lorsqu'il saute de la montgolfière. Préciser l'origine des altitudes.
  - Calculer l'énergie mécanique du parachutiste à ce moment.
- Faire le bilan des forces pour le parachutiste. Que peut-on déduire pour l'énergie mécanique ?
- Calculer la vitesse du parachutiste au moment de l'ouverture du parachute.

### Exercice 3 :

La piste de descente olympique La Face de Belval, à Val d'Isère, est longue de 3000 m et présente un dénivelé de 900 m.

Un skieur de masse  $m=75$  kg descend la piste.

- En prenant pour origine de l'énergie potentielle la position du skieur à l'arrivée, calculer l'énergie potentielle du skieur au sommet de la piste.
- Quelle est la valeur de l'énergie mécanique du skieur au départ ?
- En supposant les frottements négligeables, quelle serait la vitesse du skieur en bas de la piste ?
- En réalité, la vitesse maximale enregistrée à l'arrivée est de  $140 \text{ km h}^{-1}$ .

Calculer :

- l'énergie cinétique du skieur à l'arrivée ;
- la variation de l'énergie cinétique du skieur entre le départ et l'arrivée ;
- le travail des forces de frottements.

### Exercice 4 :

Un enfant lance verticalement, vers le haut une bille de masse  $m=20$ g. A une hauteur de 1,30m du sol, sa vitesse est de  $4 \text{ m.s}^{-1}$ . On néglige la résistance de l'air.

1-Donner l'expression de l'énergie mécanique de la bille à un instant quelconque, en précisant l'état de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur.

2-Jusqu'à quelle hauteur la bille va-t-elle monter ?

3-Avec quelle vitesse va-t-elle repasser par le point d'altitude 1,30m ? Avec quelle vitesse va-t-elle atteindre le sol ?

### Exercice 5 :

Un chariot de masse  $m=500$ g peut rouler sans frottement sur une piste ABCD représentée par la figure. Les caractéristiques de cette piste sont :  $AB=2$ m ;  $R=0,5$ m ;  $\theta=60^\circ$ .

1-Exprimer littéralement les altitudes  $z_B$ ,  $z_A$  et  $z_D$  des points B, A et D et calculer-les numériquement.

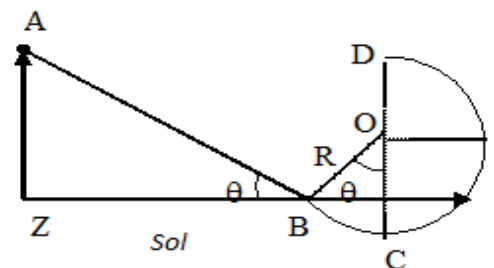
2-Le chariot part de A sans vitesse initiale.

Donner l'expression sol de son énergie mécanique  $E_A$  en A en prenant  $E_p=0$  au niveau du sol (origine des altitudes), et la calculer

3-En calculant l'énergie cinétique et l'énergie potentielle en B, vérifier que son énergie mécanique  $E_B$  est égale à  $E_A$ .

4-Calculer la vitesse  $v_D$  du chariot en D.

5-L'expérience réalisée montre que le chariot passe en D avec une vitesse inférieure d'un tiers à celle qu'il devrait avoir. Calculer la longueur du chemin ABCD et déterminer l'intensité supposée constante de la force de frottement responsable de ce freinage.





# P5 : Etude expérimentale des lentilles minces

## I. Les différentes types de lentilles

### 1. Définition

Une lentille mince est un matériau transparent séparé par deux surfaces sphériques ou par une surface sphérique et une surface plane.

**Exemples** : bille en verre, verre correcteurs, cristallin, goutte d'eau

### 2. Les types de lentilles

On distingue deux sortes de lentilles minces :

#### *a. Lentilles à bords minces ou lentilles convergentes*

- Formes et symboles



biconvexe



plan convexe



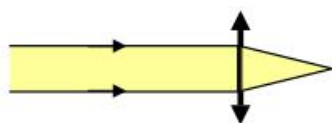
ménisque convergent



symbole

- **Définition**

Une lentille convergente ou à bords minces fait converger un faisceau un faisceau de rayons lumineux parallèles.



#### *b. Lentilles à bords épais ou lentilles divergentes*

- Formes et symboles



biconcave



plan concave



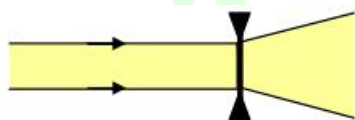
ménisque divergent



symbole

- **Définition**

Une lentille divergente ou à bords épais fait diverger un faisceau un faisceau de rayons lumineux parallèles.



## II. Caractéristiques d'une lentille

### 1. Centre optique et axe optique principal

- Le centre optique O d'une lentille est un point tel que tout rayon lumineux qui y passe n'est pas dévié. Il correspond au point O de rencontre de l'axe optique et de la lentille.
- L'axe optique est toute droite qui passe par le centre optique
- L'axe optique principal est la perpendiculaire à la lentille passant par son centre optique.

## 2. Les foyers

Le foyer d'une lentille est le point de l'espace autour de la lentille où convergent les rayons incidents ou les rayons émergents.

Le foyer F situé du côté des rayons incidents est appelé foyer objet, tandis que le foyer F' situé du côté des rayons émergents est appelé foyer image.

**N.B.** La distance focale f est une grandeur algébrique :  $f > 0$  pour la lentille convergente  $f < 0$  pour la lentille divergente.

## 3. Distance focale et vergence

La distance focale est la distance qui sépare le centre optique et l'un des foyers. Elle s'exprime en mètre et se note f. On a :  $f = OF = OF'$

La vergence est l'inverse de la distance focale. Elle s'exprime en dioptrie ( $\delta$ ) et se note C.

$C > 0$  pour une lentille convergente et  $C < 0$  pour une lentille divergente.  $C = \frac{1}{f}$

**Exemple :** le cristallin de l'œil normal a  $f = 17\text{mm}$ . Sa vergence est donc  $C = 1/f = 1/17 \cdot 10^{-3} = +59\delta$

Le verre correcteur de la myopie de Faye est une lentille divergente de vergence  $C = -3,5\delta$ , alors sa distance focale est  $f = 1/C = 1/3,5 = 0,285\text{m}$

## III. Construction d'une image

- Relever les données numériques de l'énoncé et adopter une échelle convenable.
- Représenter correctement la lentille par son symbole.
- Indiquer le centre optique O et tracer l'axe optique principal.
- Placer les foyers F et F' suivant l'échelle adoptée.
- Placer l'objet comme indiqué dans l'énoncé suivant l'échelle adoptée.

On obtient alors l'image de chaque point de l'objet par la rencontre de deux des trois rayons

### 1. Cas d'une lentille convergente

- Règle :

- Tout rayon incident passant par le centre optique n'est pas dévié.
- Tout rayon incident parallèle à l'axe optique principal émerge en passant par le foyer image F'.
- Tout rayon incident passant par le foyer objet F émerge parallèlement à l'axe optique principal.

- Construction : (Voir polycopie)

### 2. Cas d'une lentille divergente

- Règle :

- Tout rayon incident passant par le centre optique n'est pas dévié.
- Tout rayon incident parallèle à l'axe optique principal émerge en semblant provenir du foyer image F'.
- Tout rayon incident se dirigeant vers le foyer objet F émerge parallèlement à l'axe optique principal.

- Construction : (Voir polycopie)

## IV. Applications

### 1. Les anomalies de la vision

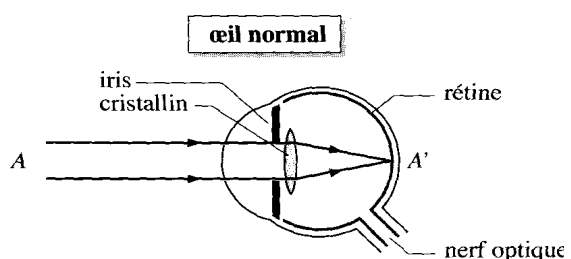
#### • L'œil normal

L'image d'un objet éloigné se forme sur la rétine.

Pour les objets proches, le cristallin se bombe :

l'œil accommode. L'image se forme alors

sur la rétine



- **La myopie**

Les images des objets ont tendance à se former en avant de la rétine : elles sont floues. Ainsi, on ramène les images sur la rétine au moyen d'un verre correcteur divergent.



- **L'hypermétropie et la presbytie**

Les images ont tendance à se former en arrière de la rétine et sont donc floues. On ramène les images sur la rétine au moyen d'un verre correcteur convergent.



## 2. L'appareil photographique.

L'appareil photographique est une chambre noire ayant une pellicule photographique ou film comme écran et un objectif formé de lentilles mobiles à son ouverture réglable.

La netteté de l'image, plus petite que l'objet, sur la pellicule, est obtenue grâce à la translation des lentilles mobiles : c'est la mise au point.

## 3. Projecteur de diapositives

Un projecteur est un appareil qui, grâce aux lentilles logées dans son objectif, donne d'un objet petit, la diapositive, une image grande sur un écran.

## 4. Les Loupes

Les loupes sont faites par des lentilles convergentes. On place les objets entre le foyer objet et la lentilles. Si la lentille est utilisée comme loupe, l'image est droite mais elle ne peut pas être recueillie sur un écran.

### Exercices d'entraînement

#### Exercice 1 :

Une lentille convergente a pour distance focale 4cm. Un objet AB, de longueur 1cm, a son pied sur l'axe principal.

1-Construire l'image A'B' de AB.

2-Vérifier la relation de conjugaison des lentilles minces.

Echelle : 1cm → 1cm

#### Exercice 2 :

Un projecteur de diapositives rectangulaires, de dimensions 24mm x 36mm, a une distance focale de 10cm, l'écran d'observation est situé à 6m de l'objectif.

1-Quelles sont les dimensions de l'image obtenue ?

2-Comment faut-il placer la diapositive ?

#### Exercice 3 :

Un objet AB est placé devant une lentille convergente dont la distance focale est  $f' = +8,0$  cm. Le point A est situé sur l'axe principal de la lentille, à une distance OA du centre optique O de la lentille tel que  $OA = -20$  cm.

1-Déterminer graphiquement

1.1-La position de l'image A'B' ;

1.2-Le grandissement de cette image.

2-Retrouver les résultats précédents par le calcul.

