FLASH

RAPIDO

Stop COVID-19

# QUESTIONS REPONSES TERMINALE

# BAC

## 2024

## PHYSIQUE

M.SYLLA

Scanned by CamScanner

# Avant-propos

Cet ouvrage comporte **207** questions théoriques avec leurs réponses, il poursuit trois (3) objectifs :

- vous entraînez car il est évident d'une simple lecture s'avère insuffisante pour apprendre une leçon. La mise en œuvre des connaissances dans des situations-questions théoriques constitue, à cet égard une activité formatrice indispensable ;
- vous permettre de vérifier votre compréhension des notions du programme. En confrontant votre réponse à celle répondue, vous jugerez de la qualité de votre apprentissage. Ainsi, lorsque les réponses des questions théoriques de cet ouvrage coïncident avec votre propre réponse, vous pourrez aborder sereinement de nouvelles acquisitions. Dans le cas contraire, vous pourrez remédier à la difficulté rencontrée en relisant l'énoncé, en particulier les questions théoriques qui y figurent, et en comparant votre réponse à celle de la réponse.
- vous préparez efficacement à l'entrée universitaire. A l'université la physique devient une discipline fondamentale constitue un obstacle le jugé souvent difficile par les élèves.

Je souhaite que cet ouvrage soit une aide efficace pour les élèves et qu'il contribue à leur faire apprécier la physique. D'avance, je remercie mes collègues et les élèves qui viennent bien me faire part de leurs remarques. Je remercie également mes parents en général. Je remercie plus particulièrement Docteur DOUMBOUYA Mamadou Billo.



Scanned by CamScanner

## CHAPITRE I : MECANIQUE

### QUESTIONS – REPONSES

**Q.T.1.** Citer et définir les paramètres cinématiques puis donnez ses expressions littérales.

**Rép. 1.** Citons et définissons les paramètres cinématiques puis donnons ses expressions littérales :

- **Vecteur position :** Dans le repère $(O;\vec{i};\vec{j};\vec{k})$, le vecteur-position est défini par : $\boxed{\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}}$

- **Vecteur-vitesse :** Dans le repère $(O;\vec{i};\vec{j};\vec{k})$, le vecteur-vitesse est la dérivée par rapport au temps du vecteur - position :

$$\vec{V} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt} = \frac{d}{dt}(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}) = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k}$$

Soit : $\boxed{\vec{V} = V_x\vec{i} + V_y\vec{j} + V_z\vec{k}}$

- **Vecteur-accélération :** Dans le repère $(O;\vec{i};\vec{j};\vec{k})$, le vecteur -accélération est la dérivée par rapport au temps du vecteur - vitesse ou la dérivée seconde par rapport au temps carré du vecteur - position :

$$\vec{a} = \frac{d^2\overrightarrow{OM}}{dt^2} = \frac{d^2}{dt^2}(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}) = \frac{d^2x}{dt^2}\vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\vec{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\vec{k}$$

Soit : $\boxed{\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}}$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d}{dt}(V_x\vec{i} + V_y\vec{j} + V_z\vec{k})$$

Soit : $\boxed{\vec{a} = \frac{dV_x}{dt}\vec{i} + \frac{dV_y}{dt}\vec{j} + \frac{dV_z}{dt}\vec{k} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}}$

- **Vecteur - accélération et base de FRENET :**

Dans la base de FRENET : $\vec{a} = a_n\vec{n} + a_\tau\vec{\tau}$ avec $\boxed{a_\tau = \frac{dV}{dt}}$ et $\boxed{a_n = \frac{V^2}{R} = \frac{V^2}{\rho}}$ où $R = \rho$ est le rayon de la trajectoire.

**Q.T.2.** Quelles sont les expressions des vecteurs-position et vitesse dans la base de FRENET ?

**Rép.** Les expressions des vecteurs-position et vitesse dans la base de FRENET :

- **vecteur-position** :

$\boxed{\overrightarrow{OM} = -R\vec{N}}$ avec $\vec{N}(-\cos\theta;-\sin\theta)$

- **vecteur-vitesse :**

$$\vec{V} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt} = \frac{d}{dt}(-R\vec{N}) = R\dot{\theta}\vec{T} = V\vec{T}.$$

D'où: $\boxed{\vec{V} = V.\vec{T}}$

**Q.T.3.** Qu'appelle-t-on mouvements rectilignes ? Donner les expressions littérales des vecteurs-position, vitesse et accélération du point M.

**Rép.** Le mouvement d'un point est rectiligne si sa trajectoire est une droite.

Soit $(O;\vec{i})$ le repère selon la droite

Scanned by CamScanner

- le vecteur-position du point en M est : $\boxed{\overrightarrow{OM} = x\vec{i}}$

- le vecteur-vitesse du point en M est :

$$\vec{V} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt} = \frac{d}{dt}(x\vec{i}) = V_x\vec{i} = \dot{x}\vec{i}$$

Soit : $\boxed{\vec{V} = V_x\vec{i} = \dot{x}\vec{i}}$

- le vecteur-accélération du point M est :

$$\vec{a} = \frac{d^2\overrightarrow{OM}}{dt^2} = \frac{d^2}{dt^2}(x\vec{i}) = \frac{d^2x}{dt^2}\vec{i} = a_x\vec{i} = \ddot{x}\vec{i}$$

Soit : $\boxed{\vec{a} = a_x\vec{i} = \ddot{x}\vec{i}}$

**Q.T.4.** Qu'appelle-t-on mouvement rectiligne uniforme ? Donner l'expression littérale de son équation horaire.

**Rép.** Le mouvement rectiligne est uniforme lorsque sa trajectoire est une droite et sa vitesse du point est constante ; soit $V = V_0 = \text{constante}$.

L'équation horaire du point est : $\boxed{x = V_0t + x_0}$

**Q.T.5.** Qu'appelle-t-on mouvement rectiligne uniformément accéléré ? retardé ?

**Rép.** - un mouvement rectiligne uniformément accéléré est le mouvement d'un point ayant une trajectoire en ligne droite et dont la vitesse croît (accélération).

- un mouvement rectiligne uniformément retardé est le mouvement d'un point ayant une trajectoire en ligne droite et dont la vitesse décroît (décélération).

**Q.T.6.** Quelles sont les expressions littérales des équations horaires des mouvements rectilignes uniformément varié, accéléré et retardé ? Donnez les expressions littérales de leurs vitesses.



**Rép.** Mouvement rectiligne uniformément varié :

$\boxed{x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t + x_0}$ $\boxed{V = at + V_0}$

- Mouvement rectiligne uniformément accéléré :

$\boxed{x = \frac{1}{2}at^2}$ $\boxed{V = at}$

- Mouvement rectiligne uniformément retardé :

$\boxed{x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t}$ $\boxed{V = at + V_0}$

**Q.T.7.** Etablir les expressions de x en fonction de la vitesse et du temps, dans les cas suivants :

a) Mouvement rectiligne uniformément accéléré ;

b) Mouvement rectiligne uniformément retardé.

Rép. a) $\begin{cases} x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{V}{t}\right)t^2 = \frac{Vt}{2} \\ V = at \Rightarrow a = \frac{V}{t} \end{cases}$ soit : $\mathbf{x = \frac{Vt}{2}}$

b) $\begin{cases} x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t = \frac{1}{2}\left(-\frac{V_0}{t}\right)t^2 + V_0t = \frac{V_0t}{2} \\ V = at + V_0 = 0 (\text{à l'arrêt}) \Rightarrow a = -\frac{V_0}{t} \end{cases}$

Soit : $\mathbf{x = \frac{V_0t}{2}}$



Scanned by CamScanner

**Q.T.8.** Qu'appelle-t-on mouvement circulaire uniforme ? Donner ses équations horaires.

**Rép.** Un mouvement dont sa trajectoire est un cercle et sa vitesse est constante $V = cste$. Ses équations horaires :

- circulatoire : $s = Vt + s_0$
- angulaire : $\alpha = \omega t + \alpha_0$

**Q.T.9.** Qu'appelle-t-on période ? Fréquence ? Donner leurs expressions littérales.

**Rép.** La durée nécessaire pour effectuer un tour complet :

$$\boxed{T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{N}(s)}$$

La fréquence est le nombre de tours effectués par seconde :

$$\boxed{N = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{T}(Hz)}$$

**Q.T.10.** Comment montrer qu'un mouvement circulaire est uniforme ?

**Rép.** Montrons un mouvement circulaire est uniforme : Utilisons la base de FRENET $(\vec{n};\vec{\tau})$ : $\vec{a} = a_n\vec{n} + a_\tau\vec{\tau}$ or $a_\tau = \frac{dV}{dt} = 0 \Rightarrow V = V_0 = cste$(mouvement uniforme). Le vecteur-accélération $\vec{a}$ se réduit à celui de la normale, alors il est centripète : $\vec{a} = a_n\vec{n} = \frac{V^2}{R}\vec{n} = \overrightarrow{Cst}$, donc le mouvement est circulaire uniforme.

**Q.T.11.** Quelles différence et analogie faites-vous entre les mouvements rectiligne uniforme et circulaire



uniforme ?

**Rép. Différence** : Dans un mouvement rectiligne uniforme, l'accélération est nulle et d'équation horaire $x = Vt + x_0$ tandis que dans un mouvement circulaire uniforme l'accélération est non nulle $a = \frac{V^2}{R} = cste$ et d'équation horaire : $\alpha = \omega t + \alpha_0$.

**Analogie** : vitesse constante.

**Q.T.12.** Démontrer que dans un mouvement rectiligne uniformément varié, les espaces parcourus pendant des intervalles de temps successifs de même valeur $\theta$, forment une progression arithmétique de raison $r = a\theta^2$.

**Rép.** Démontrons que dans un mouvement rectiligne uniformément varié, d'accélération a, les espaces parcourus pendant des intervalles de temps successifs de même valeur $\theta$, forment une progression arithmétique de raison $r = a\theta^2$ :

Calculons les distances parcourues pendant les intervalles de temps successifs égaux à $\theta$ :

En admettant que $V_0 = 0$ et $x_0 = 0$ , l'équation horaire du mouvement est : $x(t) = \frac{1}{2}at^2$

A l'instant $t_1 = t + \theta$, on a :

$$x_1(t+\theta) = \frac{1}{2}a(t+\theta)^2 = \frac{1}{2}at^2 + at\theta + \frac{1}{2}a\theta^2$$

A l'instant $t_2 = t + 2\theta$, on a :

$$x_2(t+2\theta) = \frac{1}{2}a(t+2\theta)^2 = \frac{1}{2}at^2 + 2at\theta + 2a\theta^2$$

A l'instant $t_3 = t + 3\theta$, on a :



Scanned by CamScanner

$x_3(t+3\theta) = \frac{1}{2}a(t+3\theta)^2 = \frac{1}{2}at^2 + 3at\theta + \frac{9}{2}a\theta^2$

Distance parcourue pendant le premier θ :

$e_1 = x_1 - x = a\theta t + \frac{1}{2}a\theta^2$

Distance parcourue pendant le deuxième θ :

$e_2 = x_2 - x_1 = a\theta t + \frac{3}{2}a\theta^2$

Distance parcourue pendant le troisième θ :

$e_3 = x_3 - x_2 = a\theta t + \frac{5}{2}a\theta^2$

D'un intervalle de temps θ à l'intervalle de temps θ suivant, la distance parcourue augmente de :

$r = e_2 - e_1 = \left(a\theta t + \frac{3}{2}a\theta^2\right) - \left(a\theta t + \frac{1}{2}a\theta^2\right) = a\theta^2$

$r = e_3 - e_2 = \left(a\theta t + \frac{5}{2}a\theta^2\right) - \left(a\theta t + \frac{3}{2}a\theta^2\right) = a\theta^2$

Donc les distances parcourues pendant les intervalles de temps successifs égaux $\theta$ forment une progression arithmétique de raison $r = a\theta^2$.

**Q.T.13.** On a attribué à Galilée cette affirmation : Dans un mouvement uniformément accéléré, le chemin parcouru numériquement égal à la moitié de la vitesse finale. Est-elle valable, et sous quelles conditions ?

**Rép.** On a : $x = \frac{1}{2}at^2$ et $V = at \Rightarrow a = \frac{V}{t}$

Portons $a$ dans l'expression x :

$x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}a\left(\frac{V}{t}\right)t^2 = \frac{Vt}{2}$



Cette affirmation est valable pour t= 1s ; d'où: $x = \frac{V}{2}$.

**Q.T.14.** Donner l'exemple de termes pouvant permettre de connaître un mouvement rectiligne uniforme , un mouvement rectiligne uniformément accéléré et un mouvement rectiligne uniformément retardé.

**Rép.** – Vitesse constante : mouvement uniforme.
- Le démarrage d'une voiture (partant du repos ou initialement repos) est une phase accélérée.
- Au cours de l'arrêt d'une voiture (freine ou ralenti) on a une phase décélérée.

**Q.T.15.** Interpréter les schémas suivants :




**Rép. Schéma N°1 :**




1ère phase : mouvement rectiligne uniformément accéléré :

$x_1 = \frac{1}{2}a_1{t_1}^2$ ; $V_1 = a_1t_1$; $x_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{V_1}{t_1}\right){t_1}^2 = \frac{V_1t_1}{2}$ et $x_1 = \frac{{V_1}^2}{2a_1}$.

2ème phase : mouvement uniforme :

$x_2 = V_2t_2 = V_1t_2$ avec $V_1 = V_2 =$ Constante

3ème phase : mouvement rectiligne uniformément retardé :



Scanned by CamScanner

$x_3 = \frac{1}{2}a_3t_3^2 + V_1t_3$ ; $V_3 = a_3t_3 + V_1 = 0 \Rightarrow a_3 = -\frac{V_1}{t_3}$

$x_3 = \frac{1}{2}\left(-\frac{V_1}{t_3}\right)t_3^2 + V_1t_3 = \frac{V_1t_3}{2} \Rightarrow x_3 = \frac{V_1t_3}{2}$ et

$t_3 = -\frac{V_1}{a_3} \Rightarrow x_3 = -\frac{V_1^2}{2a_3}$

**N.B. :**la vitesse finale de la première est la même pour la deuxième phase et la vitesse initiale pour la troisième phase.

**Schéma N°2 :**




1ère phase : mouvement rectiligne uniformément accéléré :

$x_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2$ ; $V_1 = a_1t_1$; $x_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{V_1}{t_1}\right)t_1^2 = \frac{V_1t_1}{2}$ et

$x_1 = \frac{V_1^2}{2a_1}$.

2ème phase : mouvement rectiligne uniformément retardé :

$x_2 = \frac{1}{2}a_2t_2^2 + V_1t_2$ ; $V_2 = a_2t_2 + V_1 \Rightarrow a_2 = \frac{V_2 - V_1}{t_2}$

$x_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{V_2 - V_1}{t_2}\right)t_2^2 + V_1t_2 = \frac{(V_1 + V_2)t_2}{2} \Rightarrow$

$x_2 = \frac{(V_1 + V_2)t_2}{2}$ et $t_2 = \frac{V_2 - V_1}{a_2} \Rightarrow x_2 = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2a_2}$

3ème phase : mouvement rectiligne uniformément retardé :

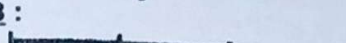


$x_3 = \frac{1}{2}a_3t_3^2 + V_2t_3$ ; $V_3 = a_3t_3 + V_2 = 0 \Rightarrow a_3 = -\frac{V_2}{t_3}$

$x_3 = \frac{1}{2}\left(-\frac{V_2}{t_3}\right)t_3^2 + V_2t_3 = \frac{V_2t_3}{2} \Rightarrow x_3 = \frac{V_2t_3}{2}$ et

$t_3 = -\frac{V_2}{a_3} \Rightarrow x_3 = -\frac{V_2^2}{2a_3}$

**Schéma N°3 :**




1ère phase : mouvement rectiligne uniformément retardé :

$x_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2 + V_0t_1$ ; $V_1 = a_1t_1 + V_0 \Rightarrow a_1 = \frac{V_1 - V_0}{t_1}$

$x_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{V_1 - V_0}{t_1}\right)t_1^2 + V_0t_1 = \frac{(V_0 + V_1)t_1}{2} \Rightarrow$

$x_1 = \frac{(V_0 + V_1)t_1}{2}$ et $t_1 = \frac{V_1 - V_0}{a_1} \Rightarrow x_1 = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2a_1}$

2ème phase : mouvement rectiligne uniformément accéléré :

$x_2 = \frac{1}{2}a_2t_2^2 + V_1t_2$ ; $V_2 = a_2t_2 + V_1 \Rightarrow a_2 = \frac{V_2 - V_1}{t_2}$

$x_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{V_2 - V_1}{t_2}\right)t_2^2 + V_1t_2 = \frac{(V_1 + V_2)t_2}{2} \Rightarrow$

$x_2 = \frac{(V_1 + V_2)t_2}{2}$ et $t_2 = \frac{V_2 - V_1}{a_2} \Rightarrow x_2 = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2a_2}$

3ème phase : mouvement uniforme :

$x_3 = V_3t_3 = V_2t_3$ avec $V_2 = V_3 = \text{Constante}$.



Scanned by CamScanner

**Schéma N°4** :




1ère phase : mouvement rectiligne uniformément retardé :

$$x_1 = \frac{1}{2}a_1{t_1}^2 + V_0t_1 \; ; \; V_1 = a_1t_1 + V_0 \Rightarrow a_1 = \frac{V_1 - V_0}{t_1}$$

$$x_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{V_1 - V_0}{t_1}\right){t_1}^2 + V_0t_1 = \frac{(V_0 + V_1)t_1}{2} \Rightarrow$$

$$x_1 = \frac{(V_0 + V_1)t_1}{2} \text{ et } t_1 = \frac{V_1 - V_0}{a_1} \Rightarrow x_1 = \frac{{V_1}^2 - {V_0}^2}{2a_1}$$

2ème phase : mouvement rectiligne uniformément retardé :

$$x_2 = \frac{1}{2}a_2{t_2}^2 + V_1t_2 \; ; \; V_2 = a_2t_2 + V_1 \Rightarrow a_2 = \frac{V_2 - V_1}{t_2}$$

$$x_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{V_2 - V_1}{t_2}\right){t_2}^2 + V_1t_2 = \frac{(V_1 + V_2)t_2}{2} \Rightarrow$$

$$x_2 = \frac{(V_1 + V_2)t_2}{2} \text{ et } t_2 = \frac{V_2 - V_1}{a_2} \Rightarrow x_2 = \frac{{V_2}^2 - {V_1}^2}{2a_2}$$

3ème phase : mouvement rectiligne uniformément accéléré :

$$x_3 = \frac{1}{2}a_3{t_3}^2 + V_2t_2 \; ; \; V_3 = a_3t_3 + V_2 \Rightarrow a_3 = \frac{V_3 - V_2}{t_3}$$

$$x_3 = \frac{1}{2}\left(\frac{V_3 - V_2}{t_3}\right){t_3}^2 + V_2t_3 = \frac{(V_2 + V_3)t_3}{2} \Rightarrow$$

$$x_3 = \frac{(V_2 + V_3)t_3}{2} \text{ et } t_3 = \frac{V_3 - V_2}{a_3} \Rightarrow x_3 = \frac{{V_3}^2 - {V_2}^2}{2a_3}$$

**Q.T.16.** En vous aidant des schémas ci-dessus



représenter les diagrammes des espaces, des vitesses et des accélérations dans chacun des cas suivants :

1) a) $a_1 = 2\ m/s^2$ ; $V_1 = 8\ m/s$; $t_1 = 4s$ et $x_1 = 16\ m$.
b) $V_2 = 8\ m/s$; $t_2 = 3s$ et $x_2 = 24\ m$.
c) $a_3 = -2\ m/s^2$ ; $t_3 = 4s$ et $x_3 = 16\ m$.

2) a) $a_1 = 2\ m/s^2$ ; $V_1 = 8\ m/s$; $t_1 = 4s$ et $x_2 = 16\ m$.
b) $a_2 = -1\ m/s^2$ ; $V_2 = 6\ m/s$; $t_2 = 2s$ et $x_1 = 14\ m$.
c) $a_3 = -1{,}5\ m/s^2$ ; $t_3 = 4s$ et $x_3 = 12\ m$.

3) a) $a_1 = -2\ m/s^2$ ; $V_0 = 8\ m/s$; $t_1 = 2s$; $V_1 = 4\ m/s$; et $x_1 = 12\ m$.
b) $a_2 = -1\ m/s^2$ ; $V_2 = 2\ m/s$; $t_2 = 2s$ et $x_1 = 6\ m$.
c) $V_3 = 2\ m/s$ ; $t_3 = 4s$ et $x_3 = 8\ m$.

4) a) $a_1 = -1\ m/s^2$ ; $V_0 = 6\ m/s$; $t_1 = 2s$; $V_1 = 4\ m/s$; et $x_1 = 10\ m$.
b) $a_2 = -1{,}5\ m/s^2$ ; $V_2 = 2{,}5\ m/s$; $t_2 = 1s$ et $x_2 = 3{,}25\ m$.
c) $a_3 = 2\ m/s^2$ ; $V_3 = 10{,}5\ m/s$; $t_3 = 4s$ et $x_3 = 26\ m$.

**Rép. 1) Diagramme des espaces**

a) Mouvement uniformément accéléré:

$$x_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2 = \frac{1}{2}a_1t^2 = \frac{1}{2}(2)t^2 = t^2; \text{ soit : } \mathbf{x_1 = t^2},$$

pour $t\epsilon[0; 4s]$.

b) Mouvement rectiligne uniforme:

$x_2 = V_2t_2 = V_1(t - t_1) + x_1 = 8(t - 4) + 16$
$x_2 = 8t - 32 + 16 = 8t - 16$; soit : $\mathbf{x_2 = 8t - 16}$ (droite affine), pour $t\epsilon[4s; 7s]$.

c) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$$x_3 = \frac{1}{2}a_3t_3^2 + V_1t_3 + x_1 + x_2$$

$$x_3 = \frac{1}{2}a_3(t - t_1 - t_2)^2 + V_1(t - t_1 - t_2) + x_1 + x_2$$



Scanned by CamScanner

$x_3 = \frac{1}{2}a_3(t-7)^2 + V_1(t-7) + 16 + 24$

$x_3 = \frac{1}{2}(-2)(t^2 - 14t + 49) + 8(t-7) + 40$

$x_3 = -t^2 + 14t - 49 + 8t - 56 + 40$

$x_3 = -t^2 + 22t - 105 + 40 = -t^2 + 22t - 65$

Soit : $\mathbf{x_3 = -t^2 + 22t - 65}$, pour t∈[7s; 11s].

N.B. : $\mathbf{x_3 = -(11)^2 + 22(11) - 65 = 56\ m}$,

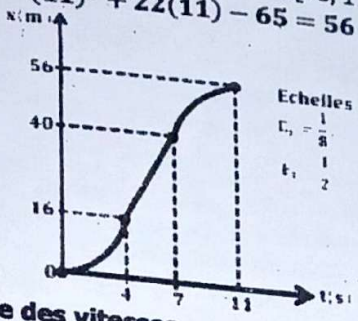
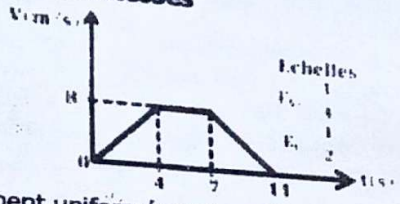



**Diagramme des vitesses**




a) Mouvement uniformément accéléré:

$V_1 = a_1 t_1 = a_1 t = 2t$; soit : $\mathbf{V_1 = 2t}$, pour t∈[0; 4s].

b) Mouvement rectiligne uniforme:

$V_2 = 8\ m/s^2$ (droite parallèle à t), pour t∈[4s; 7s].



c) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$V_3 = a_3(t - t_1 - t_2) + V_1 = -2(t-7) + 8 = -2t + 22$

Soit: $\mathbf{V_3 = -2t + 22}$, pour t∈[7s; 11s].

**Diagramme des accélérations**

a) Mouvement uniformément accéléré:

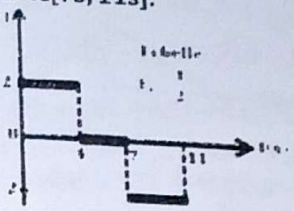
$a_1 = 2\ m/s^2$ , pour t∈[0; 4s].

b) Mouvement rectiligne uniforme:

$a_2 = 0\ m/s^2$ , pour t∈[4s; 7s].

c) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$a_3 = -2\ m/s^2$ , pour t∈[7s; 11s].



2) **Diagramme des espaces:**

a) Mouvement uniformément accéléré:

$x_1 = \frac{1}{2}a_1 t_1^2 = \frac{1}{2}a_1 t^2 = \frac{1}{2}(2)t^2 = t^2$; soit : $\mathbf{x_1 = t^2}$,

pour t∈[0; 4s].

b) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$x_2 = \frac{1}{2}a_2 t_2^2 + V_1 t_2 + x_1$

$x_2 = \frac{1}{2}a_3(t - t_1)^2 + V_1(t - t_1) + x_1$

$x_2 = \frac{1}{2}a_2(t-4)^2 + V_1(t-4) + 16$

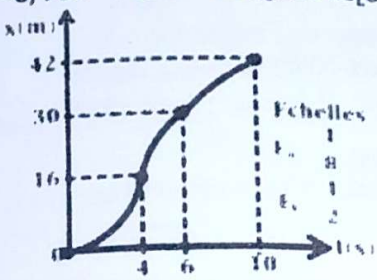


Scanned by CamScanner

$$x_2 = \frac{1}{2}(-1)(t^2 - 8t + 16) + 8(t-4) + 16$$
$$x_2 = -0{,}5t^2 + 4t - 8 + 8t - 32 + 16$$
Soit: $\mathbf{x_2 = -0,5t^2 + 12t - 24}$, pour t$\epsilon$[4s; 6s].

c) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$$x_3 = \frac{1}{2}a_3 t_3^2 + V_2 t_3 + x_1 + x_2$$
$$x_3 = \frac{1}{2}a_3(t - t_1 - t_2)^2 + V_2(t - t_1 - t_2) + x_1 + x_2$$
$$x_3 = \frac{1}{2}a_3(t-6)^2 + V_2(t-6) + 30$$
$$x_3 = \frac{1}{2}(-1{,}5)(t^2 - 12t + 36) + 6(t-6) + 30$$
$$x_3 = -0{,}75t^2 + 9t - 27 + 6t - 36 + 30$$
Soit: $\mathbf{x_3 = -0,75t^2 + 15t - 33}$, pour t$\epsilon$[6s; 10s].




**N. B:** $\mathbf{x = -0,75(10)^2 + 15(10) - 33 = 42\ m}$

**Diagramme des vitesses**

a) Mouvement uniformément accéléré:

$V_1 = a_1 t_1 = a_1 t = 2t$; soit : $\mathbf{V_1 = 2t}$, pour t$\epsilon$[0; 4s].

b) Mouvement rectiligne uniformément retardé:



$V_2 = a_2 t_2 + V_1 = a_2(t - t_1) + V_1 = -(t-4) + 8$

$\mathbf{V_2 = -t + 12}$, pour t$\epsilon$[4s; 6s].

c) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$V_3 = a_3 t_3 + V_2 = a_3(t - t_1 - t_2) + V_2$

$V_3 = -1{,}5(t-6) + 6 = -1{,}5t + 9 + 6 = -1{,}5t + 15$

$\mathbf{V_3 = -1,5t + 15}$, pour t$\epsilon$[6s; 10s].

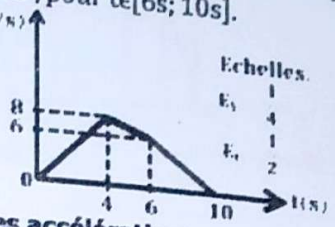
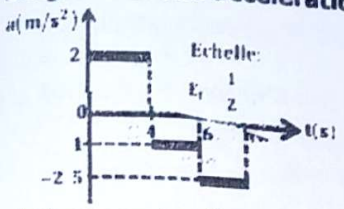



**Diagramme des accélérations**




a) Mouvement uniformément accéléré:

$a_1 = 2\ m/s^2$, pour t$\epsilon$[0; 4s].

b) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$a_2 = -1\ m/s^2$, pour t$\epsilon$[4s; 6s].

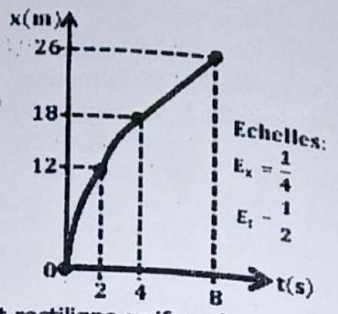
c) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$a_3 = -1{,}5\ m/s^2$, pour t$\epsilon$[6s; 10s].

**3) Diagramme des espaces**



Scanned by CamScanner




a) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$x_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2 + V_0t_1$

$x_1 = \frac{1}{2}a_1(t-t_0)^2 + V_0(t-t_0) = \frac{1}{2}a_1t^2 + V_0t$

$x_1 = \frac{1}{2}(-2)t^2 + 8t = -t^2 + 8t$; soit : $\mathbf{x_1 = -t^2 + 8t}$

Soit: $\mathbf{x_1 = -t^2 + 8t}$, pour t$\epsilon$[0; 2s].

b) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$a_2 = -1\ m/s^2$ ; $V_2 = 2\ m/s$; $t_2 = 2s$ et $x_1 = 6\ m$.

$x_2 = \frac{1}{2}a_2t_2^2 + V_1t_2 + x_1$

$x_2 = \frac{1}{2}a_2(t-t_1)^2 + V_1(t-t_1) + x_1$

$x_2 = \frac{1}{2}a_2(t-2)^2 + V_1(t-2) + 12$

$x_2 = \frac{1}{2}(-1)(t^2 - 4t + 4) + 4(t-2) + 12$

$x_2 = -0{,}5t^2 + 2t - 2 + 4t - 8 + 12$



Soit : $\mathbf{x_2 = -0{,}5t^2 + 6t + 2}$, pour t$\epsilon$[2s; 4s].

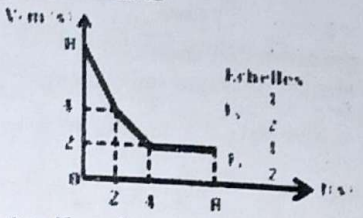
c) $V_3 = 2\ m/s$ ; $t_3 = 4s$ et $x_3 = 8\ m$.

$x_3 = V_3t_3 + x_1 + x_2 = V_3(t - t_1 - t_2) + x_1 + x_2$

$x_3 = 2(t-4) + 18$

$x_3 = 2t - 8 + 18 = 2t + 10$; soit : $\mathbf{x_3 = 2t + 10}$ (droite affine), pour t$\epsilon$[4s; 8s].

**Diagramme des vitesses**




a) Mouvement uniformément retardé:

$V_1 = a_1t_1 + V_0 = a_1t + V_0 = -2t + 8$;

soit : $\mathbf{V_1 = -2t + 8}$, pour t$\epsilon$[0; 2s].

b) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$V_2 = a_2t_2 + V_1 = a_2(t - t_1) + V_1 = -(t-2) + 4$

$\mathbf{V_2 = -t + 6}$, pour t$\epsilon$[2s; 4s].

c) Mouvement rectiligne uniforme:

$V_3 = 2\ m/s$ (droite parallèle à t), pour t$\epsilon$[4s; 8s].

**Diagramme des accélérations**

a) Mouvement uniformément retardé:

$a_1 = -2\ m/s^2$, pour t$\epsilon$[0; 2s].

b) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

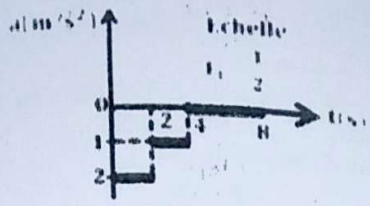
$a_2 = -1\ m/s^2$, pour t$\epsilon$[2s; 4s].

c) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$a_3 = 0\ m/s^2$, pour t$\epsilon$[4s; 8s].



Scanned by CamScanner



**4) Diagramme des espaces**

a) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$x_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2 + V_0t_1, t = t_0 + t_1 \Rightarrow t_1 = t - t_0$

$x_1 = \frac{1}{2}a_1(t-t_0)^2 + V_0(t-t_0) = \frac{1}{2}a_1(t-0)^2 + V_0(t-0)$

$x_1 = \frac{1}{2}(-1)t^2 + 6t = -0{,}5t^2 + 6t;$

Soit: $\mathbf{x_1 = -0,5t^2 + 6t}$, pour t$\epsilon$[0; 2s].

b) Mouvement rectiligne uniformément retardé:

$a_2 = -1{,}5\ m/s^2$ ; $V_2 = 2{,}5\ m/s$; $t_2 = 1s$ et $x_2 = 3{,}25\ m$.

$x_2 = \frac{1}{2}a_2t_2^2 + V_1t_2 + x_1$

$x_2 = \frac{1}{2}a_2(t-t_1)^2 + V_1(t-t_1) + x_1$

$x_2 = \frac{1}{2}a_2(t-2)^2 + V_1(t-2) + 10$

$x_2 = \frac{1}{2}(-1{,}5)(t^2 - 4t + 4) + 4(t-2) + 10$

$x_2 = -0{,}75t^2 + 3t - 3 + 4t - 8 + 10$

Soit : $\mathbf{x_2 = -0,75t^2 + 7t - 1}$, pour t$\epsilon$[2s; 3s].

c) Mouvement uniformément accéléré:



$x_3 = \frac{1}{2}a_3t_3^2 + V_2t_3 + x_1 + x_2$

$x_3 = \frac{1}{2}a_3(t-t_1-t_2)^2 + V_2(t-t_1-t_2) + x_1 + x_2$

$x_3 = \frac{1}{2}(2)(t-3)^2 + 2{,}5(t-3) + 13{,}25$

$x_3 = t^2 - 6t + 9 + 2{,}5t - 7{,}5 + 13{,}25$

Soit : $\mathbf{x_3 = t^2 - 3{,}5t + 14{,}75}$, pour t$\epsilon$[3s; 7s].

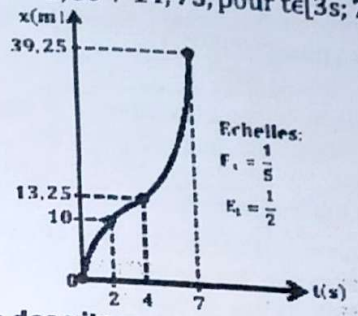
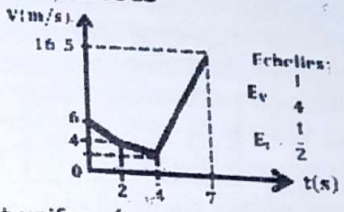



**Diagramme des vitesses**




a) Mouvement uniformément retardé:

$V_1 = -t + 6$, pour t$\epsilon$[0; 2s].

b) Mouvement uniformément retardé:



Scanned by CamScanner

$V_2 = -1{,}5t + 7$, pour t$\epsilon$[2s; 3s].

c) Mouvement uniformément accéléré:

$V_3 = 2t - 3{,}5$, pour t$\epsilon$[3s; 7s].

**Diagramme des accélérations**

a) Mouvement uniformément retardé:

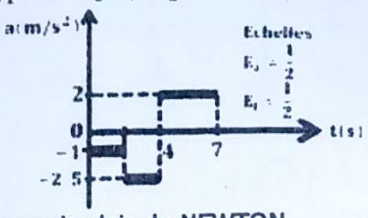
$a_1 = -1\ m/s^2$; pour t$\epsilon$[0; 2s].

b) Mouvement uniformément retardé:

$a_2 = -1{,}5\ m/s^2$, pour t$\epsilon$[2s; 3s].

c) Mouvement uniformément accéléré:

$a_3 = 2\ m/s^2$, pour t$\epsilon$[3s; 7s].




**Q.T.17.** Enoncer les lois de NEWTON.

**Rép.** Enonçons les lois de NEWTON :

**1ère loi de NEWTON :** Lorsque le centre d'inertie d'un système est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme, la somme des forces extérieures qui agissent sur lui est nulle:

$$\sum \vec{F}ex = \vec{0}$$

**2ème loi de NEWTON : Dans un référentiel galiléen,** la variation temporelle de la quantité de mouvement d'un système est égale à la résultante des forces qui s'applique sur ce système :



$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum \vec{F}ex$$

**3ème loi de NEWTON :** Lorsqu'un corps A exerce sur un corps B une action $(\vec{F}_{A/B})$, le corps B exerce simultanément sur le corps A une action $(\vec{F}_{B/A})$, de même droite d'action, de sens contraire et d'égale intensité. On peut donc écrire :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

**Q.T.18.** Enoncer le théorème du centre d'inertie.

**Rép.** Dans un référentiel galiléen, tout système de masse m soumis à des forces extérieures, acquiert sous l'action de ces forces une accélération $\vec{a}$ qui est celle de son centre d'inertie G et telle que :

$$\sum \vec{F}ex = m\vec{a}$$

**Q.T.19.** Enoncer le théorème de l'énergie cinétique.

**Rép.** Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un solide entre deux instants, est égale à la somme algébrique des travaux de toutes les forces extérieures s'exerçant sur le solide pendant la durée de la variation :

$$\Delta E_C = \sum W(Fex)$$

**Q.T.20.** Etablir le théorème de l'énergie cinétique à par du théorème du centre d'inertie.

**Rép.** Supposons que $\sum \vec{F}ex = \vec{F} = m\vec{a}$



Scanned by CamScanner

On définit : $\vec{V} = \frac{\delta \vec{l}}{dt} \Leftrightarrow \delta \vec{l} = \vec{V} dt$ (déplacement élémentaire).

Le travail élémentaire de la force $\vec{F}$ est :

$$\delta W(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{\delta \ell} = \left(m\frac{d\vec{V}}{dt}\right).(\vec{V}dt) = m\vec{V}d\vec{V}$$

$$\delta W(\vec{F}) = d\left(\frac{1}{2}mV^2\right) = d(E_C)$$

Le travail de la force $\vec{F}$ est : $\sum W(\vec{F}) = \Delta E_C$

**Q.T.21.** Quelles analogie et différence faites-vous entre le théorème du centre d'inertie et la relation fondamentale de la dynamique ?

**Rép. Par analogie :** la somme vectorielle de toutes les forces extérieures $\sum \vec{F}ex$.

**Par différence :** - pour le théorème du centre d'inertie : le produit de sa masse par le vecteur-accélération de son centre d'inertie $m\vec{a}$;

- pour la relation fondamentale de la dynamique : la dérivée par rapport au temps du vecteur-quantité de mouvement $\frac{d\vec{P}}{dt}$.

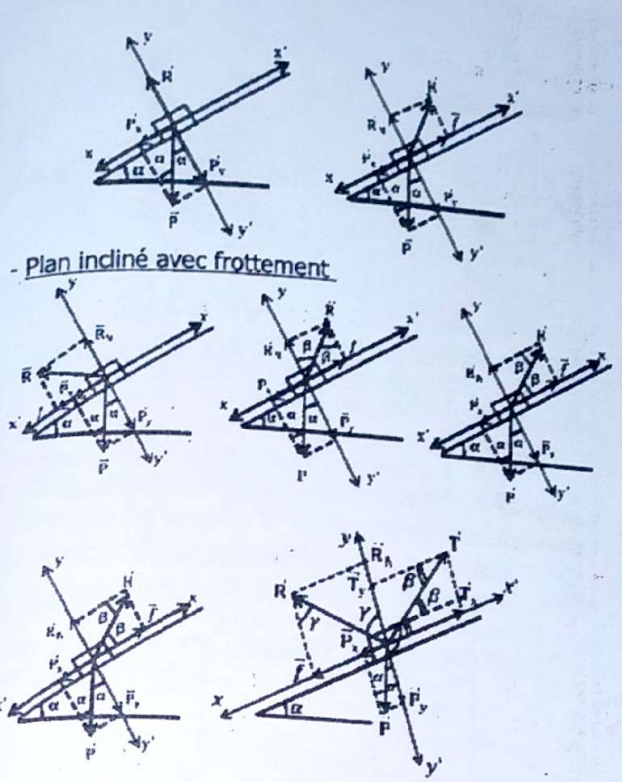
**Q.T.22.** Citer les applications du mouvement du centre d'inertie. Schémas.

**Rép. - Solide glissant sur un plan incliné avec ou sans frottement :**

- Plan incliné sans frottement - Plan incliné avec frottement



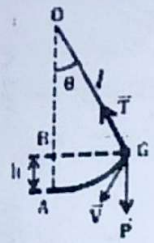
- Plan incliné avec frottement





Scanned by CamScanner

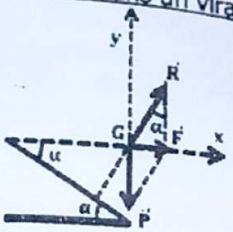
- Pendule oscillant :



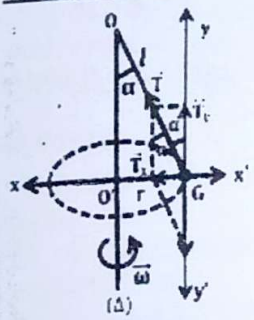


- Pendule dans un véhicule – Pendule dans un virage

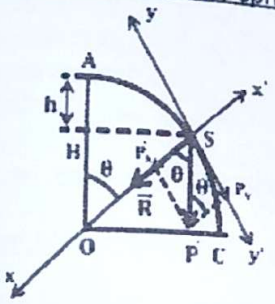




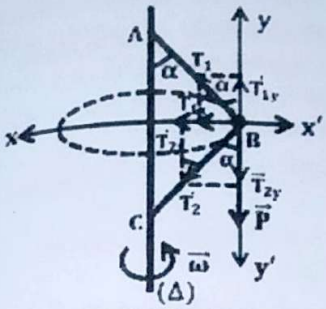
- Pendule conique

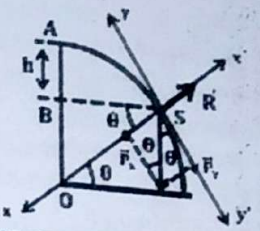


Solide glissant sur une sphère









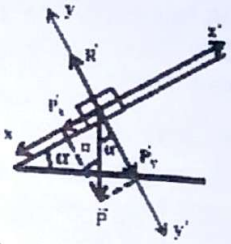
**Q.T.23. EXTRAIT BAC-UNIQUE SESSION 2018 SE**

Un point matériel de masse m, est lâché sans vitesse initiale sur un plan incliné faisant un angle $\alpha$ avec l'horizontale. On néglige les frottements.

1. Par application du théorème de l'énergie cinétique, déterminer l'expression $V^2$ de la vitesse atteinte après un parcours d'une distance $x$ sur le plan incliné.
2. Exprimer l'accélération du point matériel en appliquant la relation fondamentale de la dynamique.

**Rép. EXTRAIT BAC-UNIQUE SESSION 2018 SE**

Schéma illustratif :



1. Par application du théorème de l'énergie cinétique,



Scanned by CamScanner

déterminer l'expression $V^2$ de la vitesse atteinte après un parcours d'une distance $x$ sur le plan incliné :
- système : un point matériel de masse m ;
- référentiel : terrestre (supposé galiléen) ;
- bilan des forces : il est soumis à son poids $\vec{P}$ et la réaction $\vec{R}$ du plan ;
- dans ce référentiel supposé galiléen, appliquons le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_C = \sum W(\vec{F}_{ex}) \Leftrightarrow E_{Cf} - E_{Ci} = W(\vec{P}) + W(\vec{R}_N)$$

$$E_{Cf} - 0 = W(\vec{P}_x) + W(\vec{P}_y) + W(\vec{R}_N) \text{ or } W(\vec{P}_y) = 0 \text{ et } W(\vec{R}_N) = 0 \text{ car } \vec{P}_y \text{ et } \vec{R}_N \text{ sont orthogonaux au déplacement } x'x.$$

On a :

$$\frac{1}{2}mV^2 = P_x \times x \Leftrightarrow \frac{1}{2}mV^2 = mgx\sin\alpha;$$

d'où: $\boxed{V^2 = 2gx\sin\alpha}$

2. Exprimons l'accélération du point matériel en appliquant la relation fondamentale de la dynamique :
- dans ce référentiel supposé galiléen, appliquons le théorème du centre d'inertie :

$$\sum \vec{F}_{ex} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$$

Projetons ce théorème, suivant l'axe des abscisses :

$$P_x = ma \Leftrightarrow P\sin\alpha = ma \Leftrightarrow mg\sin\alpha = ma$$

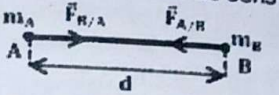
D'où : $\boxed{a = g\sin\alpha}$



**Q.T.24.** Enoncer la loi de Newton pour la gravitation.

**Rép.** Le corps A de masse $m_A$ exerce sur le corps B une force $\vec{F}_{A/B}$ (lire $\vec{F}$ de A vers B).

Réciproquement, le corps B de masse $m_B$ exerce sur le corps A une force $\vec{F}_{B/A}$. $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ ont même droite d'action, même module mais sont de sens contraire.




$\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ portent le nom de forces de gravitation ou forces d'interaction gravitationnelle. Leur intensité commune a pour expression :

$$\boxed{F_{A/B} = F_{B/A} = G\frac{m_A \times m_B}{d^2}}$$

**Q.T.25.** Montrer que la vitesse V d'un satellite en orbite circulaire autour de la Terre à l'altitude z est constante. Donner l'expression de la vitesse V en fonction de la constante gravitationnelle G, du rayon R de la Terre et de l'altitude z du satellite.

**Rép.** Montrons que la vitesse V d'un satellite en orbite circulaire autour de la Terre à l'altitude z est constante :
- système : satellite de masse m ;
- référentiel : géocentrique ;
- bilan des forces : il est soumis à la force de gravitationnelle exercée par la Terre $\vec{P} = m\vec{a}$ ;
- dans ce référentiel supposé galiléen, appliquons le théorème du centre d'inertie :



Scanned by CamScanner

$\sum \vec{F}ex = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a}$ soit $m\vec{g} = m\vec{a}$ où $\vec{g} = \vec{a}$ et donc $g = a$. Comme $\vec{g}$, $\vec{a}$ est radial.

Dans la base de FRENET : $\vec{a} = a_n\vec{n} + a_\tau\vec{\tau}$ ; on a :

$a_\tau = \dfrac{dV}{dt} = 0$, d'où : $V =$ constante.

Donnons l'expression de la vitesse V en fonction de la constante gravitationnelle G, du rayon R de la Terre et de l'altitude z du satellite :

$$\boxed{V = \sqrt{\frac{GM_T}{R+z}}}$$

**Q.T.26.** Donner, en fonction de K, $M_T$ et r l'expression du champ de gravitation G créé par une masse ponctuelle m en un point A situé à la distance r de la position O de cette masse.

**Rép.** Donnons en fonction de K, $M_T$ et r l'expression du champ de gravitation G créé par une masse ponctuelle m en un point A situé à la distance r de la position O de cette masse :

$$\boxed{G = K\frac{M_T}{r^2}}$$

**Q.T.27.** Montrer qu'au voisinage de la Terre, à l'altitude h (h << R) que le champ de gravitation terrestre $G_h$ peut se mettre sous la forme:

$$G_h \approx G_0\left(1 - \frac{2h}{R}\right)$$



**Rép.** Montrons qu'au voisinage de la Terre, à l'altitude h (h << R) que le champ de gravitation terrestre G peut se mettre sous la forme :

$$G_h \approx G_0\left(1 - \frac{2h}{R}\right)$$

**Systèmes :** m masse du point matériel et M masse de la Terre.

**Force extérieure appliquée aux systèmes :** la force d'attraction gravitationnelle (poids) :

$$F = K\frac{m \times M}{r^2} = P = mG$$

Par simplification, on obtient le champ de gravitation à l'altitude h :

$$G_h = K\frac{M}{r^2} = K\frac{M}{(R+h)^2} \quad (1)$$

Au niveau de la mer :

$$G_0 = K\frac{M}{R^2} \quad (2)$$

$$G_h = K\frac{M}{(R+h)^2} \times \frac{R^2}{R^2} = K\frac{M}{R^2} \times \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

$$G_h = G_0 \times \frac{R^2}{(R+h)^2} = G_0\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 = G_0\frac{1}{\left(1+\frac{h}{R}\right)^2}$$

$$G_h = G_0\frac{1}{\left(1+\frac{h}{R}\right)^2} = G_0\left(1+\frac{h}{R}\right)^{-2}$$

Par approximation, on a : $(1+\varepsilon)^n \approx 1 + n\varepsilon$



Scanned by CamScanner

$$G_h = G_0\left(1+\frac{h}{R}\right)^{-2} \approx G_0\left(1-\frac{2h}{R}\right)$$

D'où : $\boxed{G_h \approx G_0\left(1-\frac{2h}{R}\right)}$

**Q.T.28.** Qu'est-ce qu'une ellipse en astronomie ? Orbite ? Satellite ? Donner les expressions littérales de sa vitesse, de sa période.

**Rép.** Par définition l'ellipse est le "lieu des points dont la somme des distances à deux points fixes (foyers) est une constante".

Une **orbite** est la courbe fermée représentant la trajectoire que dessine, dans l'espace, un objet céleste sous l'effet de la gravitation et de forces d'inertie.

C'est un objet qui tourne autour d'une planète.

Donnons les expressions littérales de sa vitesse, de sa période :

$$\boxed{V = \sqrt{\frac{GM}{r}}} \qquad \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}}$$

**Q.T.29.** a) Qu'est- ce qu'un satellite géostationnaire ?

b) Quelle est sa période ?

c) Quel est le référentiel et son plan de rotation ?

d) Quel est sa distance ?

e) Quels sont les satellites Géostationnaires ?

**Rép.** a) Un satellite géostationnaire est un satellite qui reste immobile par rapport à un référentiel terrestre. Il va donc toujours rester au-dessus d'une même



position.

b) Il est synchrone avec la Terre et suit une période sidérale identique : 23 h 56 min 4 s, soit : 86 164 s.

c) Il évolue dans un référentiel géocentrique sur un plan uniquement équatorial.

d) Il se situe à 36000 Km.

e) Ce sont des satellites de communication et de météorologie.

**Q. T. 30.** En utilisant la relation $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{KM_T}}$, déterminer à quelle altitude le satellite doit se trouver afin qu'il soit géostationnaire. On donne : $R_T = 6380$ km, $K = 6{,}67.10^{-11}$ S.I. $M_T = 5{,}98.10^{24}$kg, T = 86164 s

**Rép.** Déterminons l'altitude du satellite géostationnaire.

$$r^3 = \frac{T^2KM_T}{4\pi^2} = \frac{(86164)^2 \times 6{,}67.10^{-11} \times 5{,}98.10^{24}}{4(3{,}14)^2}$$

$r^3 = 7{,}5.10^{22} \Rightarrow r = \sqrt[3]{75.10^{21}} = 4{,}217.10^7 \approx 4{,}22.10^7$m; soit : $r = 4{,}22.10^7$m

$h = r - R_T = 4{,}22.10^7 - 0{,}6380.10^7 = 3{,}582.10^7 \approx 3{,}6.10^7$m $= 36\,000\,000$ m, d'où : $h = 36\,000$ km.

**Q.T.31.** Démontrer que la vitesse d'un satellite en mouvement circulaire uniforme est indépendante de la masse du satellite. En déduire sa période de révolution.

**Rép.** On étudie le mouvement de la vitesse d'un satellite artificiel de masse $m_s$ autour de la Terre :

Système : satellite

Référentiel : géocentrique supposé galiléen

Bilan des forces : force de gravitation universelle



Scanned by CamScanner

Application le théorème du centre d'inertie :

$$\sum \vec{F}ex = m_s\vec{a}_G \Leftrightarrow K\frac{m_s M_T}{r^2}\vec{u} = m_s\vec{a}_G \Leftrightarrow K\frac{M_T}{r^2} = a_n$$

$$\Leftrightarrow K\frac{M_T}{r^2} = \frac{V^2}{r}.$$

Alors : $\boxed{V = \sqrt{K\frac{M_T}{r}}}$

La vitesse est indépendante de la masse du satellite.
La période T de révolution du satellite autour de la Terre est la durée minimale pour que le satellite effectue un tour complet de la Terre :

$$T = \frac{l}{V} = \frac{2\pi r}{V} = \frac{2\pi r}{\sqrt{K\frac{M_T}{r}}} = 2\pi r\sqrt{\frac{r}{KM_T}}$$

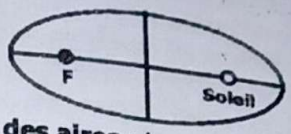
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{KM_T}} = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{KM_T}};$$

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{KM_T}}}$$

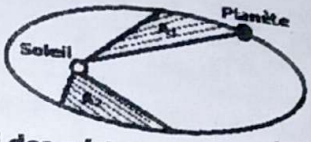
**Q.T.32.** a. Enoncer **les lois de KEPLER**. Schémas.
b. Démontrer la troisième loi de KEPLER.
c. Ecrire la troisième loi de KEPLER pour deux planètes. Schéma.
**Rép. a.** Enonçons **les lois de KEPLER**. Schémas :



**1ère loi ou loi des orbites :** Dans le référentiel héliocentrique, le centre de chaque planète décrit une trajectoire elliptique dont le centre du Soleil S est l'un des foyers.

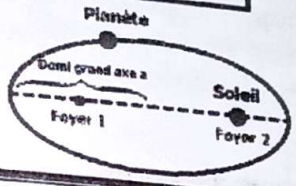



**2ème loi ou loi des aires :** le mouvement de chaque planète est tel que le segment de droite reliant le soleil et la planète balaie des aires égales pendant des durées égales.




**3ème loi ou loi des périodes :** Dans le référentiel héliocentrique, le rapport entre le carré de la période de révolution T de chaque planète et le cube du demi-grand axe de l'orbite elliptique est constant :

$$\boxed{\frac{T^2}{a^3} = cste}$$






Scanned by CamScanner

b. Démontrons la troisième loi de KEPLER :
Prenons m la masse de la planète ayant une trajectoire circulaire uniforme (vitesse V et rayon r) autour d'une autre planète de masse M.
D'après le théorème du centre d'inertie (en prenant la norme, donc sans les vecteurs), la seule force étant la force d'attraction entre les planètes, on a :

$$ma = K\frac{mM}{r^2}$$

On simplifie par m : $a = K\frac{M}{r^2}$

Le mouvement étant circulaire uniforme, on a vu que

$$a = \frac{V^2}{r} : \frac{V^2}{r} = K\frac{M}{r^2}$$

En simplifiant les r : $V^2 = K\frac{M}{r}$

Le mouvement étant uniforme, on peut appliquer la formule $V = \frac{d}{t}$

Si l'on prend comme temps la période de révolution T, d correspondra à la distance parcourue pendant une période, c'est-à-dire une trajectoire complète, donc le périmètre du cercle : $d = 2\pi r$

$$\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 = K\frac{M}{r} \Leftrightarrow \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = K\frac{M}{r} \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{KM}}$$



Et M correspond à la masse de la planète centrale.
c. Troisième loi de KEPLER pour deux planètes :




$$\boxed{\frac{a_{Terre}^3}{T_{Terre}^2} = \frac{a_{Mars}^3}{T_{Mars}^2} = Cste}$$

**Q.T.33.** La Terre décrit autour du soleil une orbite sensiblement circulaire de rayon $R_1$ à la période $T_1$.
La lune décrit autour de la Terre une orbite de rayon $R_2$ à la période $T_2$.
a) Ecrire la 3ème loi de KEPLER pour chacun des cas.
b) Déduire de ces données, l'expression de la masse du Soleil.

**Rép.** a) 3ème loi de KEPLER pour chacun des cas :
La Terre décrit autour du soleil une orbite sensiblement circulaire de rayon $R_1$ à la période $T_1$ :

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S} \quad (1)$$



Scanned by CamScanner

La lune décrit autour de la Terre une orbite de rayon $R_2$ à la période $T_2$:

$$\frac{T_2^2}{R_2^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T} \quad (2)$$

b) Déduisons-en de ces données, l'expression de la masse du Soleil :

En faisant le rapport (2) par (1), on obtient:

$$\frac{\frac{T_2^2}{R_2^3}}{\frac{T_1^2}{R_1^3}} = \frac{\frac{4\pi^2}{GM_T}}{\frac{4\pi^2}{GM_S}} \Leftrightarrow \frac{T_2^2}{R_2^3} \times \frac{R_1^3}{T_1^2} = \frac{M_S}{M_T} \Leftrightarrow \frac{M_S}{M_T} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$$

D'où: $$\boxed{M_S = M_T \times \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 \times \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2}$$

**Q.T.34.** Après avoir défini l'état d'impesanteur, donner le point commun entre un astronaute en orbite autour de la Terre à bord de la navette spatiale et une personne dans une tour de chute libre d'un parc d'attraction ?

**Rép.** On dit qu'un corps est en état d'impesanteur, lorsqu'il n'est soumis qu'à la seule force de gravitation. Il ne s'agit donc pas d'une absence de gravitation. Dans les deux cas, ils sont en chute libre. Ils se retrouvent en état d'impesanteur.

**Q.T.35.** Expliquer la notion d'impesanteur ou d'apesanteur.

**Rép.** C'est la réaction de l'obstacle sur l'objet qui crée la



sensation de poids, c'est-à-dire la pesanteur. S'il n'y a aucun obstacle, l'objet tombe sans s'arrêter, en chute libre, jusqu'au centre de la Terre. Durant cette chute, il n'y a donc plus de pesanteur, c'est une situation d'**impesanteur**.

**Q.T.36.** Citer les différentes façons de réaliser l'état d'impesanteur.

**Rép.** On peut réaliser l'état d'impesanteur de différentes façons :

- dans une **tour de chute libre** (durée d'impesanteur de 2 à 10 secondes, selon la hauteur) ;
- dans des **avions en vol parabolique** (durée d'impesanteur de l'ordre de 20 à 25 secondes) ;
- dans des **fusées sondes** (durée d'impesanteur d'environ 6 minutes) ;
- dans une **station orbitale** tournant autour de la Terre (impesanteur permanente).

**Q.T.37.** Montrer que la valeur du champ de pesanteur à la surface d'un astre ne dépend que du rayon R et de la masse volumique moyenne $\rho$ de cet astre.

**Rép.** Montrons que la valeur du champ de pesanteur à la surface d'un astre ne dépend que du rayon R et de la masse volumique moyenne $\rho$ de cet astre :

Soit $g$ l'intensité du champ de gravitation à la surface de l'astre :

$$g = G\frac{M}{R^2}$$

La masse de l'astre est :



Scanned by CamScanner

$\rho = \frac{M}{V}$ or $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ et $M = \frac{4\pi}{3}R^3\rho$

Portons M dans l'expression du champ de gravitation, on obtient :

$$g = G\frac{\frac{4\pi}{3}R^3\rho}{R^2} = G\frac{4\pi}{3}\rho \times R$$

En posant: $K = G\frac{4\pi}{3} = cste.$

D'où : $\boxed{g = K \times \rho \times R}$

**Q.T.38.** Démontrer que le mouvement d'un satellite est circulaire et uniforme.

**Rép.** Démontrons que le mouvement d'un satellite est circulaire et uniforme :

- système : satellite de masse m ;
- référentiel : géocentrique ;
- bilan des forces : il est soumis à la force de gravitationnelle exercée par la Terre $\vec{P} = m\vec{a}$ ;
- dans ce référentiel supposé galiléen, appliquons le théorème du centre d'inertie :

$\sum \vec{F}ex = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a}$ soit $m\vec{g} = m\vec{a}$ où $\vec{g} = \vec{a}$ et donc $g = a$. Comme $\vec{g}, \vec{a}$ est radial.

Dans la base de FRENET : $\vec{a} = a_n\vec{n} + a_\tau\vec{\tau}$ ; on a :

$a_\tau = \frac{dV}{dt} = 0$, d'où : V = constante, mouvement uniforme.



$$a = \frac{V^2}{r} = \frac{V^2}{R_T + z} = g = G\frac{M}{(R_T + z)^2} = cste$$

Le mouvement du satellite est circulaire. Donc le mouvement d'un satellite est circulaire et uniforme.

**Q.T.39.** Démontrer la relation : $\omega^2 r^3 = KM = cste.$

**Rép.** Démontrons la relation $\omega^2 r^3 = KM = cste$ :

Soient les expressions de la période :

D'une part : $T = \frac{2\pi}{\omega}$ (1)

D'autre part : $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{KM}}$ (2)

En égalant les deux expressions de la période, on obtient :

$$\frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{KM}} \Leftrightarrow \frac{1}{\omega} = \sqrt{\frac{r^3}{KM}} \Leftrightarrow \frac{1}{\omega^2} = \frac{r^3}{KM};$$

D'où : $\boxed{\omega^2 r^3 = KM = Cste}$

**Q.T.40.** Qu'est-ce qu'un projectile ? Exemples.

**Rép.** Un **projectile** (du latin projectus : jeté en avant) est un corps lancé ou projeté pour atteindre une cible.

**Exemples** : balle, obus, roquette, grenade, missile, etc...

**Q.T.41.** Donnez les expressions littérales :

a) de la portée maximale ;
b) de la flèche maximale ;
c) des angles de tir. Schémas.

**Rép.** Donnons les expressions littérales :



Scanned by CamScanner

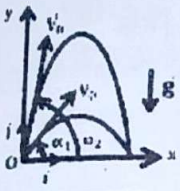
a) de la portée maximale :

$$x_{Pmax} = \frac{V_0^2}{g}$$

b) de la flèche maximale :

$$h_{max} = \frac{V_0^2}{2g}$$

c) des angles de tir :




$$\begin{cases} \alpha_1 = \alpha = \frac{1}{2}\sin^{-1}\left(\frac{x_P \times g}{V_0^2}\right) \\ \alpha_2 = 90° - \alpha \end{cases}$$

- le tir correspondant à l'angle $\alpha_1 < \pi/4$ est appelé tir tendu.
- le tir correspondant à l'angle $\alpha_1$ est appelé tir en cloche.

**Q.T.42.** Si l'équation de la trajectoire d'un mobile est donnée par $y = -5x^2 + x$, calculer :

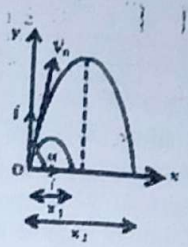
a) La portée du projectile.

b) La hauteur maximale atteinte par le projectile.

c) La position horizontale lorsque la position verticale est de 0,025 m. Schéma.



**Rép.** Schéma




Calculons :

a) La portée du projectile :

$$y = 0 = -5x^2 + x \Leftrightarrow x(-5x + 1) = 0 \Rightarrow \begin{cases} x_0 = 0 \\ x_P = 0{,}2\ \text{m} \end{cases}$$

D'où : $x_P = 0,2$ m

b) La hauteur maximale atteinte par le projectile :

$$V_x = \frac{dy}{dx} = 0 = -10x + 1 \Rightarrow x = \frac{1}{10} = 0{,}1\ \text{m}$$

$h = y = -5(0{,}1)^2 + (0{,}1) = 0{,}05$ m;

d'où : $h = 0,05$ m

c) La position horizontale lorsque la position verticale est de 0,025 m :

$0{,}025 = -5x^2 + x \Leftrightarrow -5x^2 + x - 0{,}025 = 0$

$\Delta = b^2 - 4ac = (1)^2 - 4(-5)(-0{,}025) = 1 - 0{,}5$

$\Delta = 0{,}5 > 0$

$$\begin{cases} x_1 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-1 + 0{,}707}{2(-5)} = 0{,}0293 \approx 0{,}03\ \text{m} \\ x_2 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-1 - 0{,}707}{2(-5)} = 0{,}1707 \approx 0{,}2\ \text{m} \end{cases}$$



Scanned by CamScanner

D'où : $\boxed{x_1 = 0,03\ m}$ et $\boxed{x_2 = 0,2\ m}$

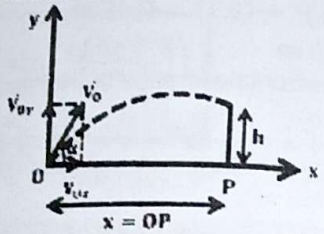
**Q.T.43.** Un joueur de basket-ball lance le ballon avec une vitesse initiale $V_0$ selon un angle $\alpha$ vers un panier situé à une distance horizontale x et à une hauteur h au-dessus du point d'envoi.
Montrer que le module de la vitesse initiale requise est donnée par :

$$V_0 = 2\sqrt{\frac{gx}{3\sin 2\alpha}}$$

**Rép.** Montrons que le module de la vitesse initiale requise est donné par :

$$V_0 = 2\sqrt{\frac{gx}{3\sin 2\alpha}}$$

**Schéma illustratif**




$x = V_0 t\cos\alpha \Rightarrow t = \frac{x}{V_0\cos\alpha}$ et $h = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 t\sin\alpha$

Portons t dans h, on obtient :

$$h = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{V_0\cos\alpha}\right)^2 + V_0\left(\frac{x}{V_0\cos\alpha}\right)\sin\alpha$$



$$h = -\frac{1}{2}g\frac{x^2}{V_0^2\cos^2\alpha} + V_0\left(\frac{x}{V_0\cos\alpha}\right)\sin\alpha$$

$2hV_0^2\cos^2\alpha = 2V_0^2\cos\alpha\sin\alpha - gx^2 \Leftrightarrow$

$2V_0^2\cos\alpha\,(x\sin\alpha - h\cos\alpha) = gx^2$, par suite :

$$V_0^2 = \frac{gx}{2\cos^2\alpha\left(\tan\alpha - \frac{h}{x}\right)} = \frac{gx}{2\cos^2\alpha\left(\tan\alpha - \frac{1}{4}\tan\alpha\right)}$$

$V_0^2 = \frac{2gx}{3\cos\alpha\sin\alpha} = \frac{4gx}{3\sin 2\alpha}$ ; d'où : $V_0 = 2\sqrt{\frac{gx}{3\sin 2\alpha}}$

**Q.T.44.** Qu'appelle-t-on flèche ? Portée ? Point d'impact ? Angle de tir d'un projectile ? Donnez les expressions littérales de la portée et de la flèche de tir dans les trois (3) cas du mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur. Schéma à l'appui.

**Rép.** La **flèche** correspond à la hauteur maximale atteinte par le **projectile** au cours de son mouvement.
La portée est le point d'abscisse $P(x_P; 0)$ où le ballon touche le sol, elle est obtenue en résolvant 'équation $y = 0$.

**Point d'impact**, endroit où un **projectile** vient frapper.

**L'angle** de portée est l'**angle** θ avec lequel un **projectile** doit être lancé dans le but de parcourir une distance $X_P$, compte tenu de la vitesse initiale $V_0$.

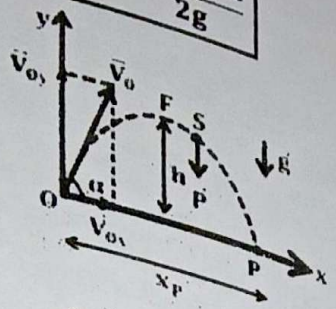
Donnons les expressions littérales de la portée et de la flèche de tir dans les trois (3) cas du mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur. Schémas à l'appui :



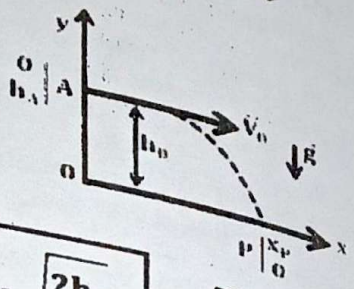
Scanned by CamScanner

**1er cas :**

$$x_P = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad \text{et} \quad h = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$$



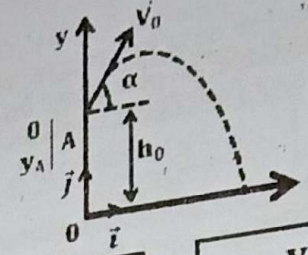

**2ème cas :**




$$x_P = V_0\sqrt{\frac{2h_0}{g}} \quad \text{et} \quad h_0 = \frac{g}{2V_0^2}x^2$$

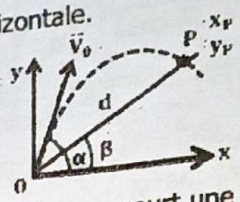
**3ème cas :**






$$x_P = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad \text{et} \quad h = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g} + h_0$$

**Q.T.45.** Un projectile est lancé sur un plan incliné d'un angle β avec une vitesse initiale vitesse faisant un angle α avec l'horizontale.




Montrer que le projectile parcourt une distance d sur le plan incliné donné par :

$$d = \frac{2V_0^2 \cos\alpha \sin(\alpha - \beta)}{g\cos^2\beta}$$

**Rép.** Montrons que le projectile parcourt une distance d sur le plan incliné donné par :

$$d = \frac{2V_0^2 \cos\alpha \sin(\alpha - \beta)}{g\cos^2\beta}$$



Scanned by CamScanner

À partir de la position de la branche par rapport au point de départ du projectile, on peut écrire les coordonnées x et y finales du saut (voir figure ci-dessus) :

$$\begin{cases} x = d\cos\beta \\ y = d\sin\beta \end{cases}$$

Les équations pour ce mouvement de projectile sont :

$$\begin{cases} x = x_0 + V_0 t\cos\alpha \\ y = y_0 + V_0 t\sin\alpha - \frac{1}{2}gt^2 \\ V_y = V_0\sin\alpha - gt \end{cases} \quad \begin{cases} x = V_0 t\cos\alpha \quad (1) \\ y = V_0 t\sin\alpha - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2) \\ V_y = V_0\sin\alpha - gt \quad (3) \end{cases}$$

En isolant t dans l'équation (1) et le substituer dans l'équation (2) :

$$x = V_0 t\cos\alpha \Rightarrow t = \frac{x}{V_0\cos\alpha} (3)$$

$$y = V_0\left(\frac{x}{V_0\cos\alpha}\right)\sin\alpha - \frac{1}{2}g\left(\frac{x}{V_0\cos\alpha}\right)^2$$

$$y = x\tan\alpha - \frac{gx^2}{2V_0^2\cos^2\alpha} (4)$$

De (4), on a : $y = x\tan\alpha - \frac{gx^2}{2V_0^2\cos^2\alpha} \Leftrightarrow$

$$\frac{gx^2}{2V_0^2\cos^2\alpha} = x\tan\alpha - y \Leftrightarrow$$

$$gx^2 = 2V_0^2\cos^2\alpha(x\tan\alpha - y) (4)$$

Remplaçons les coordonnées x et y dans (4), on obtient :

$$g(d\cos\beta)^2 = 2V_0^2\cos^2\alpha(d\cos\beta\tan\alpha - d\sin\beta)$$



$$gd\cos^2\beta = 2V_0^2\cos^2\alpha(\cos\beta\tan\alpha - \sin\beta)$$

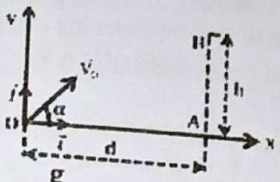
$$gd\cos^2\beta = 2V_0^2\cos\alpha(\cos\beta\sin\alpha - \sin\beta\cos\alpha)$$

$$gd\cos^2\beta = 2V_0^2\cos\alpha\sin(\alpha - \beta)$$

D'où : $\boxed{d = \frac{2V_0^2\cos\alpha\sin(\alpha - \beta)}{g\cos^2\beta}}$

**Q.T.46** Montrer que la vitesse initiale du ballon pour qu'il pénètre dans le but au ras de la barre transversale est :

$$V_0 = \frac{d}{\cos\alpha}\sqrt{\frac{g}{2(d\tan\alpha - h)}}.$$




**Rép.** Soit $y = -\frac{g}{2V_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$

Pour que le ballon pénètre dans les buts au ras de la barre transversale, le point B de coordonnées, $x_B = d$ et $y_B = h$, doit appartenir à la trajectoire. Donc :

$$h = -\frac{g}{2V_0^2\cos^2\alpha}d^2 + d\tan\alpha \Leftrightarrow$$

$$d\tan\alpha - h = \frac{g}{2V_0^2\cos^2\alpha}d^2 \Leftrightarrow$$

$$2V_0^2\cos^2\alpha(d\tan\alpha - h) = gd^2$$



Scanned by CamScanner

D'où : $\boxed{V_0 = \frac{d}{\cos\alpha}\sqrt{\frac{g}{2(d\tan\alpha - h)}}}$

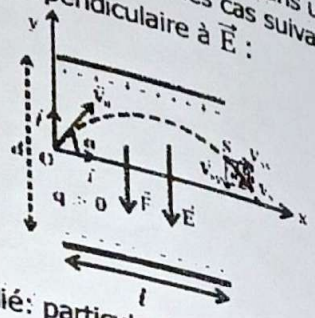
**Q.T.47.** Etablir l'équation de la trajectoire du mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme dans les cas suivants :

a) $\vec{V}_0$ n'est pas perpendiculaire à $\vec{E}$ ;

b) $\vec{V}_0$ est perpendiculaire à $\vec{E}$.

**Rép.** Etablissons l'équation de la trajectoire du mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme dans les cas suivants :

a) $\vec{V}_0$ n'est pas perpendiculaire à $\vec{E}$ :




- Système étudié: particule de masse m et de charge q>0 ;
- Référentiel de laboratoire supposé galiléen ;
- Bilan des forces : $\vec{F}$ et $\vec{P}$ (l'intensité du poids étant négligeable par rapport à celle de la force électrique)
- D'après le Théorème du centre d'inertie :



$$\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a}_G \Rightarrow \vec{a}_G = q\frac{\vec{E}}{m}$$

$$\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a}_G \Rightarrow \vec{a}_G \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -q\dfrac{E}{m}, \\ a_z = 0 \end{cases}$$

$$\vec{V}_G \begin{cases} V_x = V_0\cos\alpha \\ V_y = -q\dfrac{E}{m}t + V_0\sin\alpha \\ V_z = 0 \end{cases}$$

$$\overrightarrow{OM} \begin{cases} x = (V_0\cos\alpha)t \\ y = -q\dfrac{E}{2m}t^2 + (V_0\sin\alpha)t \\ z = 0 \end{cases}$$

Les équations horaires de cette particule sont :

$$\begin{cases} x = (V_0\cos\alpha)t \\ y = -q\dfrac{E}{2m}t^2 + (V_0\sin\alpha)t \end{cases}$$

L'équation de la trajectoire est la suivante :

$$\boxed{y = -q\frac{E}{2mV_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha}$$

C'est l'équation d'une parabole avec la concavité tournée vers le bas.

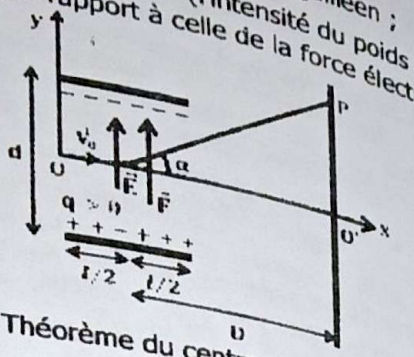
b) $\vec{V}_0$ est perpendiculaire à $\vec{E}$.

- Système étudié: particule de masse m et de charge q>0 ;



Scanned by CamScanner

- Référentiel de laboratoire supposé galiléen ;
- Bilan des forces : $\vec{F}$ et $\vec{P}$ (l'intensité du poids étant négligeable par rapport à celle de la force électrique)




- D'après le Théorème du centre d'inertie :

$$\sum \vec{F}ex = m\vec{a}_G \Leftrightarrow \vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a}_G \Rightarrow \boxed{\vec{a}_G = \frac{q}{m}\vec{E}}$$

$$\vec{a}_G \begin{cases} 0 \\ \frac{qE}{m} \\ 0 \end{cases}, \vec{V} \begin{cases} V_x = V_0 \\ V_y = \frac{qE}{m}t \\ V_z = 0 \end{cases} \quad \overrightarrow{OM} \begin{cases} x = V_0 t \\ y = \frac{1}{2}q\frac{E}{m}t^2 \\ z = 0 \end{cases}$$

Les équations horaires sont $\begin{cases} x = V_0 t \\ y = \frac{1}{2}q\frac{E}{m}t^2 \end{cases}$

Equation de la trajectoire est la suivante :

$$\boxed{y = \frac{qE}{2mV_0^2}x^2}$$



***Q.T.48. 1.*** Quelles sont les expressions littérales de l'équation de la trajectoire d'une particule chargée en mouvement dans un champ électrostatique dans les cas suivants :

a) Cas où $\vec{V}_0$ est colinéaire à$\vec{E}$ ;

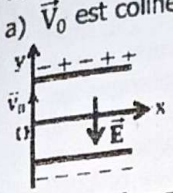
b) Cas où $\vec{V}_0$ fait un angle avec l'axe x'Ox ;

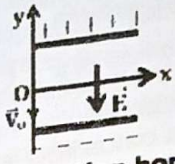
c) Cas où $\vec{V}_0$est perpendiculaire à.$\vec{E}$

**2.** En vous aidant de b) déterminer les composantes parallèle et perpendiculaire au champ de la vitesse.

***Rép.*** Les expressions littérales de l'équation de la trajectoire d'une particule chargée en mouvement dans un champ électrostatique dans les cas suivants :

a) $\vec{V}_0$ est colinéaire à $\vec{E}$ ;



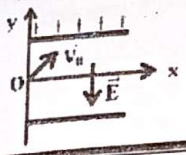

**Equation horaire**

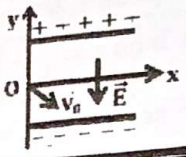
$$\begin{cases} x = 0 \\ y = -\frac{qE}{2m}t^2 + V_0 t \end{cases}$$

**Equation horaire**

$$\begin{cases} x = 0 \\ y = \frac{qE}{2m}t^2 - V_0 t \end{cases}$$

b) $\vec{V}_0$ fait un angle avec l'axe x'Ox ;






Scanned by CamScanner

**Equations horaires**

$$\begin{cases} x = (V_0\cos\alpha)t \\ y = -\frac{qE}{2m}t^2 + (V_0\sin\alpha)t \end{cases}$$

**Equations horaires**

$$\begin{cases} x = (V_0\cos\alpha)t \\ y = -\frac{qE}{2m}t^2 - (V_0\sin\alpha)t \end{cases}$$

**Equations de la trajectoire :**

1. $y = -\frac{qE}{2mV_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$

2. $y = -\frac{qE}{2mV_0^2\cos^2\alpha}x^2 - x\tan\alpha$

c) $\vec{V_0}$ est perpendiculaire à $\vec{E}$.

**Equation horaire :** $\begin{cases} x = V_0t \\ y = -\frac{qU}{2md}t^2 \end{cases}$

**Equation de la trajectoire :**

$y = -\frac{qU}{2mdV_0^2}x^2$ avec $0 \le x \le l$

La particule est déviée suivant une trajectoire parabolique dont la concavité dépend du signe de q.

**2.** Déterminons les composantes de vitesse :

$$\begin{cases} V_{x\perp} = V_{0x} = V_0\cos\alpha \\ V_{y\parallel} = -\frac{qE}{m}t + V_0\sin\alpha \end{cases} \qquad \begin{cases} V_{x\perp} = V_{0x} = V_0\cos\alpha \\ V_{y\parallel} = -\frac{qE}{m}t - V_0\sin\alpha \end{cases}$$

**Q.T.49.** Quelle est l'équation de la trajectoire au-delà de S ? **Rép.** Au-delà de S, les particules suivent une droite :

$(T): y = ax + b$ où $a = \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=l}$ avec $y = \frac{|q|E}{2mV_0^2}x^2 \Rightarrow$

$a = \frac{|q|E}{mV_0^2}l$ or $s\epsilon(T) \Rightarrow y_s = \frac{|q|E}{mV_0^2}lx_s + b \Rightarrow$



$b = y_s - \frac{|q|E}{mV_0^2}l^2 = \frac{|q|E}{2mV_0^2}l^2 - \frac{|q|E}{mV_0^2}l^2 = -\frac{|q|E}{mV_0^2}l^2;$

D'où : $\boxed{y = \left(\frac{|q|E}{mV_0^2}l\right)x - \frac{|q|E}{mV_0^2}l^2}$

**Q.T.50.** a) Définir les termes suivants : la déviation et la déflexion électrostatique.

b) Quelles sont les expressions littérales de la déflexion électrostatique et de la force électrostatique ?

**Rép.** a) La **déflexion** est la modification progressive de position ou d'une trajectoire sous l'effet d'un phénomène physique.

La **déviation électrostatique** est la méthode d'aligner le trajet des particules chargées en appliquant le champ électrique entre les plaques de **déviation**.

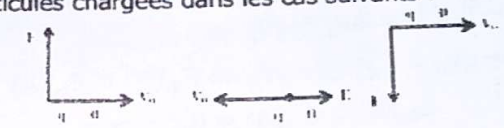
b) Les expressions littérales de la déflexion électrostatique, de la déviation électrostatique et de la force électrostatique :

**Déflexion électrostatique :**

$Y = \frac{|q|ElD}{mV_0^2} = \frac{|q|lD}{mdV_0^2} \times U = K \times U$ et $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{|q|E}{mV_0^2}\right)$

et la force électrostatique : $F = qE$.

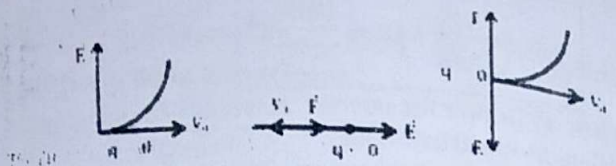
**Q.T.51.** Représenter l'allure de la trajectoire des particules chargées dans les cas suivants :





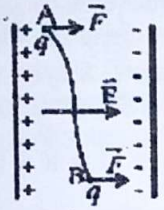
Scanned by CamScanner

**Rép.** Représentons l'allure de la trajectoire des particules chargées dans les cas suivants :



**Q.T .52. EXTRAIT BAC-UNIQUE SESSION 2015 SE**
Démontrer que l'énergie mécanique d'une particule chargée soumise à la seule force électrostatique se conserve.

**Rép. EXTRAIT BAC-UNIQUE SESSION 2015 SE**
Démontrons que l'énergie mécanique d'une particule chargée soumise à la seule force électrostatique se conserve.



En vertu du théorème de l'énergie cinétique, on a :

$$\Delta E_C = \sum W(\vec{F}_{ex}) \Leftrightarrow E_C(B) - E_C(A) = q(V_A - V_B)$$

$$E_C(B) - E_C(A) = qV_A - qV_B \Leftrightarrow$$

$$E_C(B) + qV_B = E_C(A) + qV_A \Leftrightarrow E_m(B) = E_m(A)$$

$$E_m(B) = E_m(A) = E_m = cste$$



D'où : $\boxed{E_m = cste}$

## Oscillations mécaniques libres (Réservé pour sciences mathématiques)

**Q.T.53.** Qu'est-ce-qu'un oscillateur mécanique ? Exemples.

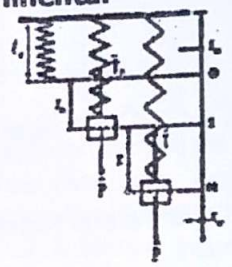
**Rép.** Un oscillateur mécanique est un système animé d'un périodique de part et d'autre de sa position d'équilibre.

**Exemples** : la carrosserie d'une voiture et ses suspensions, une balançoire, la corde d'une guitare, le balancier d'une horloge, un objet suspendu à un ressort (pendule élastique), un objet suspendu à un fil simple (pendule pesant),...

**Q.T.54.** Etablir l'équation différentielle :
a) du pendule élastique vertical ;
b) du pendule élastique horizontal ;
c) En déduire l'équation horaire du mouvement.

**Rép.** Etablissons l'équation différentielle :
a) du pendule élastique vertical :

**- Dispositif expérimental**





Scanned by CamScanner

**- Étude dynamique**

Le référentiel d'étude est terrestre et supposé galiléen.

À l'équilibre, point I :

$\vec{P} + \vec{T}_0 = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P}\left|\begin{matrix} mg \\ 0 \end{matrix}\right. + \vec{T}_0\left|\begin{matrix} -kx_0 \\ 0 \end{matrix}\right. = \vec{0}\left|\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}\right.$

Soit : $mg - kx_0 = 0$ (1)

Au point M, d'après le Théorème du centre d'inertie :

$\sum \vec{F}ex = m\vec{a}_G \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}_G$:

$\vec{P}\left|\begin{matrix} mg \\ 0 \end{matrix}\right. + \vec{T}\left|\begin{matrix} -k(l_0 + x_0 + x - l_0) \\ 0 \end{matrix}\right. = m\vec{a}_G\left|\begin{matrix} m\ddot{x} \\ 0 \end{matrix}\right.$

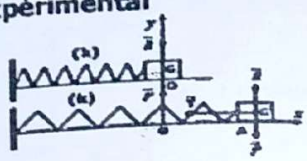
$\vec{P}\left|\begin{matrix} mg \\ 0 \end{matrix}\right. + \vec{T}\left|\begin{matrix} -k(x_0 + x) \\ 0 \end{matrix}\right. = m\vec{a}_G\left|\begin{matrix} \ddot{x} \\ 0 \end{matrix}\right.$

Suivant Ox, $mg - k(x_0 + x) = m\ddot{x}$ (2), (1) dans (2) conduit à :

$$\boxed{\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0}$$

b) du pendule élastique horizontal :

**- Dispositif expérimental**



**-Etude dynamique**

Le solide n'est pas soumis aux forces de frottements : on dit qu'il est non amorti.

Le système étudié est le solide S et le référentiel terrestre supposé galiléen.

D'après le Théorème du centre d'inertie :



$\sum \vec{F}ex = m\vec{a}_G \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m\vec{a}_G$, soit :

$\vec{P}\left|\begin{matrix} 0 \\ -mg \end{matrix}\right. + \vec{T}\left|\begin{matrix} -kx \\ 0 \end{matrix}\right. + \vec{R}\left|\begin{matrix} 0 \\ R \end{matrix}\right. = m\vec{a}_G\left|\begin{matrix} m\ddot{x} \\ 0 \end{matrix}\right.$

Suivant Ox, $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$, c'estl'équation différentielle.

c) Déduisons-en l'équation horaire du mouvement :

Soit :

Soit $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$ (*), l'équationdifférentielle faisant intervenir la dérivée seconde de l'équation horaire.

La solution générale est de la forme :

$x(t) = x_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$ (1)

Avec par dérivée seconde: $\ddot{x} = -\omega_0^2 x_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$(2)

Les relations (1) et (2) dans ( *) conduisent à :

$\omega_0^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ qui est la pulsation propre de l'oscillateur harmonique.

L'équation horaire : $\boxed{x(t) = x_m \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t + \varphi\right)}$

**Q.T.55.** Etablir l'expression littérale de son énergie mécanique d'un pendule élastique.

**Rép.** Etablissons l'expression littérale de son énergie mécanique d'un pendule élastique :

– Energie potentielle élastique : $E_P = E_{Pe} = \frac{1}{2}kx^2$



Scanned by CamScanner

– Energie cinétique de translation :

$E_C = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}m\dot{x}^2$

L'énergie mécanique du système en un instant donné

Vaut : $E_m = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}kx^2$

$$E_m = \frac{1}{2}m[x_m\omega_0\cos(\omega_0 t+\varphi)]^2 + \frac{1}{2}k[x_m\sin(\omega_0 t+\varphi)]^2$$

$$E_m = \frac{1}{2}m{x_m}^2\omega_0^2\cos^2(\omega_0 t+\varphi) + \frac{1}{2}k{x_m}^2\sin^2(\omega_0 t+\varphi)$$

$$E_m = \frac{1}{2}m{x_m}^2\frac{k}{m}\cos^2(\omega_0 t+\varphi) + \frac{1}{2}k{x_m}^2\sin^2(\omega_0 t+\varphi)$$

$$E_m = \frac{1}{2}k{x_m}^2\cos^2(\omega_0 t+\varphi) + \frac{1}{2}k{x_m}^2\sin^2(\omega_0 t+\varphi)$$

$$E_m = \frac{1}{2}k{x_m}^2[\cos^2(\omega_0 t+\varphi) + \sin^2(\omega_0 t+\varphi)]$$

D'où : $\boxed{E_m = \frac{1}{2}k{x_m}^2 = cste}$

**Q.T.56.** a) A partir de la conservation de l'énergie mécanique d'un pendule élastique, retrouver l'équation différentielle.

b) Donner les expressions littérales de la pulsation propre, la période propre et la fréquence propre.

**Rép.** a) A partir de la conservation de l'énergie mécanique d'un pendule élastique, retrouvons l'équation différentielle :

$$\frac{dE_m}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}kx^2\right) = 0$$



$$2\times\frac{1}{2}m\ddot{x}\dot{x} + 2\times\frac{1}{2}kx\dot{x} = 0 \Leftrightarrow m\dot{x}\left(\ddot{x}+\frac{k}{m}x\right) = 0$$

D'où : $\boxed{\ddot{x}+\frac{k}{m}x = 0}$

b) Donnons les expressions littérales :

- de la pulsation propre :

$$\boxed{\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}}$$

- de la période propre :

$$\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$$

- de la fréquence propre :

$$\boxed{N_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}}$$

## Dynamique du solide en rotation (Réservé pour sciences mathématiques)

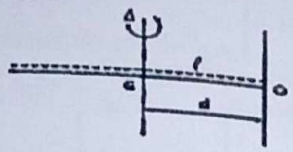
**Q.T.57.** Enoncer le théorème de HUYGHENS dans la dynamique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe.

**Rép.** Enonçons le théorème de HUYGHENS dans la dynamique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe : Le moment d'inertie $J_\Delta$ d'un solide par rapport à un axe quelconque $(\Delta')$ parallèle à un axe passant par son centre de gravité G est égal au moment d'inertie par



Scanned by CamScanner

rapport à G augmenté du produit $Md^2$ où d est la distance entre G et O




$$J_{\Delta'} = J_{\Delta} + Md^2$$

**Q.T.58.** Citer le moment d'inertie de quelques solides en rotation.

**Rép.** Citons le moment d'inertie de quelques solides en rotation. :

| Sphère pleine | Sphère creuse | Cylindre plein |
|---|---|---|
| $J = \frac{2}{5}MR^2$ | $J = \frac{2}{3}MR^2$ | $J = \frac{1}{2}MR^2$ |
| Cerceau mince | Disque plein | Tige |
| $J = MR^2$ | $J = \frac{1}{4}MR^2$ | $J = \frac{1}{12}Ml^2$ |





## QUESTIONS – REPONSES

### II.1. Electromagnétisme

**Q.T.59.** Qu'appelle-t-on champ magnétique ? Donner ses caractéristiques.

**Rép.** On appelle champ magnétique toute région de l'espace dans laquelle l'aiguille aimantée est soumise à des forces magnétiques.

**Caractéristiques** : le champ magnétique est caractérisé par les propriétés suivantes :
- il s'exerce en tout point dans le voisinage de la source ;
- sa direction est celle d(aiguille aimantée ;
- son sens va du pôle sud vers le pôle nord ;
- il se mesure en tesla, symbole (T) :

$$B = \mu_0 nI = \mu_0 \frac{N}{l} I$$

**Q.T.60.** Faire la mise en évidence du champ magnétique (Champ magnétique engendré par un aimant et champ magnétique parcouru par un courant).

**Rép.** **Mise en évidence du champ magnétique d'un aimant** : Champ magnétique engendré par un aimant.

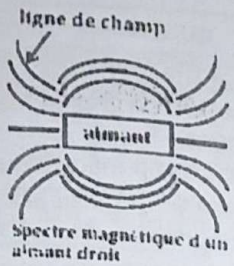
**Expérience** : Saupoudrons de limaille de fer un support horizontal au-dessous duquel nous avons placé un aimant droit. Les grains de limaille s'alignent selon des lignes appelées lignes de champ.

L'aimant modifie localement les propriétés de l'espace.



Scanned by CamScanner

On dit que l'aimant crée un champ magnétique dans son voisinage.

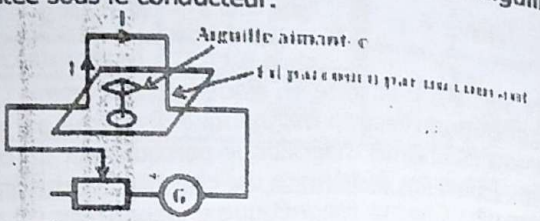


Spectre magnétique d'un aimant droit

**Mise en évidence du champ magnétique d'un courant :**

**Expérience d'Oersted :**

Un courant électrique continu circule dans un conducteur lorsque l'interrupteur est fermé. On place une aiguille aimantée sous le conducteur.




**Observation :** L'aiguille aimantée dévie une fois l'interrupteur fermé.

**Interprétation :** Un champ magnétique est créé autour de ce conducteur lorsque le courant le traverse.

**Nous retiendrons :** Un courant continu circulant dans un conducteur crée un champ magnétique autour de celui-ci.



**Q.T.61.** Quelle analogie faites-vous entre un aimant droit et un solénoïde ?

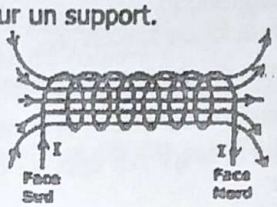
**Rép. Analogie entre un aimant droit et un solénoïde :** A l'intérieur ils présentent le même spectre magnétique, les faces d'un solénoïde correspondent aux pôles de l'aimant.

**Q.T.62.** a) Qu'appelle-t-on solénoïde? Schéma.

b) Qu'appelle-t-on bobine.

c) Donner la relation fondamentale du solénoïde.

**Rép.** a) Un solénoïde est une bobine longue (sa longueur est supérieure à 5 fois son diamètre (ou 10 fois son rayon) :constituée de plusieurs couches de fil de cuivre enroulé sur un support.




b) Une bobine est constituée d'un enroulement de fil conducteur sur un cylindre de rayon r.

- Si L et r, sont du même ordre de grandeur, on a un solénoïde.
- Si $L > 10r$ (ou $L > 5d$) ,on a un solénoïde infini.
- Si $r \gg L$, on a une bobine plate.

c) Relation fondamentale du solénoïde :

$$n = \frac{N}{\ell} = \frac{K}{d + 2e}$$



Scanned by CamScanner

Où n est le nombre de spires par mètre, N le nombre de spires, $\ell$ la longueur du solénoïde, K le nombre de couches, d le diamètre du fil et e son épaisseur.

**Q.T.63.** Quelles différence faites-vous entre un solénoïde et une bobine ?

**Rép.** La différence entre bobine et solénoïde est que **"bobine"** est petit cylindre de bois qui est garni d'un rebord à ses deux extrémités et qui sert à filer au rouet, à dévider du fil, de la soie, de l'or, etc..., tandis que **"solénoïde"** est bobinage ou enroulement d'un fil conducteur éventuellement autour d'un noyau en matériau ferromagnétique.

**Q.T.64.** Enoncer la loi de LORENTZ.

**Rép.** Une particule de charge q, animée de la vitesse $\vec{V}$, soumise à un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ subit une force $\vec{F}$ telle que : $\vec{F} = q\vec{V} \wedge \vec{B}$ appelée force de LORENTZ.

**Q.T.65.** Quelles sont les caractéristiques de la force de LORENTZ ?

**Rép.** Direction : $\vec{F}$ est perpendiculaire au plan défini par $(\vec{V}; \vec{B})$ donc à $\vec{V}$ et à $\vec{B}$;

Sens : le trièdre $(\vec{V}; \vec{B}; \vec{F})$ est direct (règle de main droite) ;

Norme : $F = |q|VB\sin(\vec{V}; \vec{B})$, main droite avec Index ⇒ Intensité, Majeur ⇒ Induction (magnétique) et Pouce ⇒ Force (La force pousse).

**Q.T.66.** Que peut-on dire du travail reçu par un électron



se déplaçant dans un champ magnétique uniforme ?

**Rép.** Le travail de la force de Lorentz est nul car la direction de la force est perpendiculaire au déplacement.

**Q.T.67.** L'énergie cinétique d'un électron varie-t-elle ?

**Rép.** L'énergie cinétique ne varie pas puisque la force ne travaille pas.

**Q.T.68.** Quels sont les effets de la force de Lorentz sur le vecteur-vitesse d'un électron ?

**Rép.** Les électrons se déplacent à la même vitesse, mais la direction change à chaque instant.

**Q.T.69.** On oriente le canon à électrons perpendiculairement à l'axe des bobines.

1) Que peut-on dire des vecteurs $\vec{B}$ et $\vec{V}_0$?
2) On fixe l'intensité du courant I = 0 :
a) Quelle est dans ce cas la valeur de champ magnétique B ?
b) Quelle est la trajectoire décrite par le faisceau d'électrons ?
c) Conclure.
3) on augmente la valeur de l'intensité du courant I > 0 :
a) Comment varie B quand I augmente ?
b) Quelle est la trajectoire décrite par le faisceau d'électrons ?
c) Conclure.

**Rép.** 1) $\vec{B} \perp \vec{V}_0$.
2) a) Dans ce cas la valeur de champ magnétique B : $I = 0 \Rightarrow B = 0$
b) La trajectoire des électrons est rectiligne.



Scanned by CamScanner

Conclusion : Les électrons ne subissent aucune action.

3) on augmente la valeur de l'intensité du courant $I > 0$ :

a) $\vec{B} \perp \vec{V}_0$ et $I > 0 \Rightarrow B > 0, I \uparrow \Rightarrow B \uparrow$.

b) La trajectoire s'incurve puis devient circulaire.

c) Conclusion : L'électron subit une action mécanique.

**Q.T.70.** On oriente le canon à électrons parallèlement à l'axe des bobines.

1) Que peut-on dire des vecteurs $\vec{B}$ et $\vec{V}_0$?

2) On fixe l'intensité du courant $I = 0$ :

a) Quelle est dans ce cas la valeur de champ magnétique B ?

b) Quelle est la trajectoire décrite par le faisceau d'électrons ?

3) on augmente la valeur de l'intensité du courant $I > 0$ :

a) Comment varie B quand I augmente ?

b) Quelle est la trajectoire décrite par le faisceau d'électrons ?

c) Conclure.

**Rép.** 1) $\vec{B} \parallel \vec{V}_0$.

2)a) $I = 0 \Rightarrow B = 0$

b) La trajectoire rectiligne, aucune action.

2) a) $\vec{B} \parallel \vec{V}_0$ et $I > 0 \Rightarrow B > 0$.

b) La trajectoire des électrons est rectiligne, aucune action.

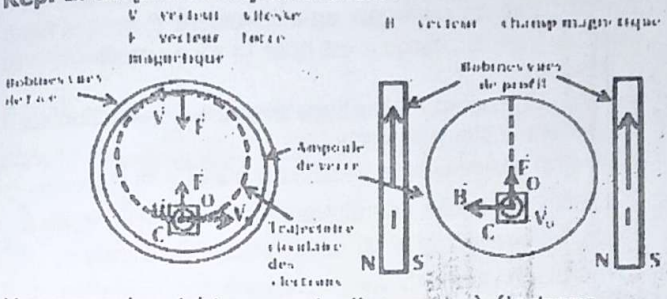


Conclusion :

- Si $\vec{B} \perp \vec{V}_0$, les électrons sont soumis à une force d'origine magnétique qui a pour effet de dévier le faisceau d'électrons.
- Si $\vec{B} \parallel \vec{V}_0$, les électrons ne sont pas soumis à une force d'origine magnétique.

**Q.T.71.** Faire l'étude expérimentale du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique.

**Rép. 1. Dispositif expérimental :**




Une ampoule sphérique munie d'un canon à électrons est placée entre deux bobines de Helmholtz qui, lorsqu'elles sont parcourues par un courant, créent, à l'intérieur de l'ampoule, un champ magnétique uniforme $\vec{B}$. Une rotation de l'ampoule permet de modifier l'orientation de la vitesse initiale $\vec{V}_0$ des électrons sortant du canon.

**2. Observations :**

- Si $\vec{V}_0$ est colinéaire à $\vec{B}$, les électrons se déplacent suivant une trajectoire rectiligne ;



Scanned by CamScanner

• Si $\vec{V}_0$ forme avec $\vec{B}$ un angle $\alpha$ quelconque, les électrons se déplacent suivant une trajectoire hélicoïdale ;

• Si $\vec{V}_0 \perp \vec{B}$, les électrons décrivent une trajectoire circulaire. Plus le champ est intense, plus le rayon de la trajectoire est petit. Plus la vitesse des électrons est grande, plus le rayon est grand.

**Q.T.72.** Un champ magnétique exerce-t-il une action sur une particule non chargée, en mouvement ?

**Rép.** Non car la charge q est nulle (il n'y a pas de charge).

**Q.T.73.** Un champ magnétique exerce-t-il une action sur une particule chargée, immobile.

**Rép.** Non par ce que sa vitesse est nulle$(V = 0)$.

**Q.T.74.** Pour quelle orientation relative de $(q\vec{V})$ et de $\vec{B}$ n'y a –t-il aucune force sur une particule de charge q, animé d'une vitesse$\vec{V}$? **Rép.** Lorsqu'ils sont parallèles $F = 0$.

**Q.T.75.** Compte tenu des propriétés mathématiques du produit vectoriel, quelle est la relation entre la direction de$\vec{V}$ et de $\vec{F}$? **Rép.** $\vec{F} \perp \vec{V}$.

**Q.T.76.** En déduire la puissance de la force de LORENTZ, puis la valeur du travail $W_{A\to B}(\vec{F})$.

**Rép.** $\mathcal{P}(\vec{F}) = \vec{F} \times \vec{V} = 0$ car $\vec{F} \perp \vec{V} \Rightarrow \Delta E_C = 0$ car $V_i = V_f = cste$, le travail de la force de LORENTZ ne travaille pas.



**Q.T.77.** Montrer que le mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique $\vec{B}$ est :
a) plan ; b) uniforme et c) circulaire.

**Rép.** Montrons que le mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique $\vec{B}$ est :

a) plan :

Sachant que $a_z = \dfrac{dV_z}{dt} = 0 \Leftrightarrow a_z = 0 \Rightarrow V_z = cste$ or $V_{0z} = 0$, d'où : $z = cste$, donc le mouvement se fait dans le plan $(\vec{i}; \vec{j})$.

b) uniforme :

$\vec{a} \perp \vec{V} \Rightarrow \vec{a} = \dfrac{\vec{F}}{m}$ et $\vec{F} \perp \vec{V}$ et $a = \dfrac{dV}{dt} = 0 \Rightarrow V = cste$ donc le mouvement est uniforme.

c) circulaire :

$a_n = \dfrac{|q|V_0B}{m} = \dfrac{V_0^2}{r} \Rightarrow r = \dfrac{mV_0}{|q|B}$ or $V_0 = cste$; $m = cste$ ; $B = cste$ et $q = cste$, donc $r = cste$, donc le mouvement est circulaure.

**Autre démarche**

- système : particule de masse m ;
- référentiel : terrestre ;
- bilan des forces : elle est soumise à la force de Lorentz $\vec{F} = q\vec{V} \wedge \vec{B}$ (le poids $\vec{P}$ de la particule est négligé d'après l'énoncé).
- on applique le théorème du centre d'inertie dans le référentiel terrestre



Scanned by CamScanner

supposé galiléen : $\sum \vec{F}_{ex} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$

On en déduit $q\vec{V}\wedge\vec{B} = m\vec{a}$ soit $\vec{a} = \frac{q\vec{V}}{m}\wedge\vec{B}$

D'après les propriétés du produit vectoriel : $\vec{a}$ est orthogonal à $\vec{B}$ donc le mouvement s'effectue dans un plan perpendiculaire à $\vec{V}$: le mouvement est plan.

$\vec{a}$ est orthogonal à $\vec{V}$, or $\vec{V}$ est tangent à la trajectoire en tout point, on en déduit que $\vec{a}$ est radial (c'est-à-dire selon un rayon).

Dans la base de FRENET, on peut écrire : $\vec{a} = a_\tau\vec{\tau} + a_n\vec{n}$. Le vecteur-accélération $\vec{a}$ étant radial, la composante tangentielle de l'accélération est nulle : $a_\tau = 0$. Or d'après le cours : $a_\tau = \frac{dV}{dt} = 0$, d'où : $\frac{dV}{dt} = 0$ donc $V = constante = V_0$. Le mouvement est donc uniforme.

La composante normale de l'accélération est, $a_n = \frac{V^2}{R}$ où R est le rayon de courbure de la trajectoire.

On vu plus haut que $\frac{q\vec{V}}{m}\wedge\vec{B} = \vec{a}$ soit

$a = \frac{q}{m}VB\sin(q\vec{V};\ \vec{B})$



$a = \frac{q}{m} \times V \times B = \frac{qVB}{m} = a_n$

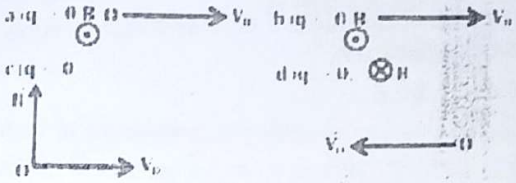
On en déduit $\frac{q}{m}VB = \frac{V^2}{R}$.

D'où: $\mathbf{R = \frac{mV}{qB} = \frac{mV_0}{eB} = constante.}$

Puisque la vitesse reste constante.

Le rayon de courbure étant constant, la trajectoire est un cercle. Le mouvement est circulaire.

**Q.T.78.** Des particules de charges q sont émises avec un vecteur-vitesse initiale $\vec{V}_0$ d'un point O et sont soumises à un champ magnétique $\vec{B}$. Représenter la force qui s'exerce sur une particule dans chacun des cas suivants, et préciser dans quel sens s'effectue la déviation du faisceau.



**Rép.** Le symbole ⊙ représente un vecteur orthogonal au plan de la figure et pointant vers l'avant ; le symbole ⊗ représente un vecteur orthogonal au plan de la figure et pointant vers l'arrière.

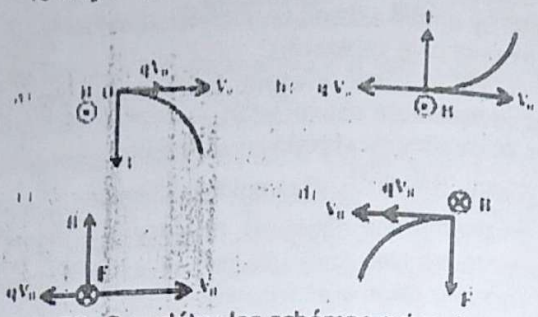
La force de LORENTZ s'exerçant sur une particule chargée en mouvement dans $\vec{B}$ est : $\vec{F} = q\vec{V}\wedge\vec{B}$



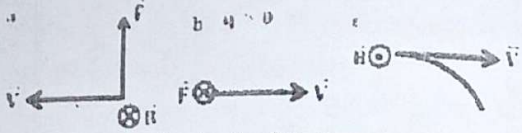
Scanned by CamScanner

$\vec{F}$ est orthogonal au plan $(\vec{V};\ \vec{B})$ et un sens déterminé par la règle des trois doigts de la main droite :

- le pouce pour $\vec{F}$ ; - l'index pour $q\vec{V}$;
- le majeur pour $\vec{B}\vec{B}$. On en déduit :



**Q.T.79.** Compléter les schémas suivants afin que, sur chacun figurent les vecteurs $\vec{F}$, $\vec{V}$ et $\vec{B}$ ainsi que le signe de la charge de la particule.



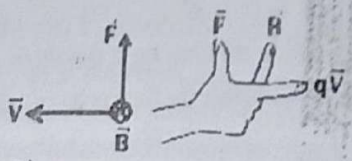
**Rép.** Une particule de charge q en mouvement (vecteur--vitesse $\vec{V}$) dans un champ magnétique est soumise à la force $\vec{F} = q\vec{V}\wedge\vec{B}$.

On applique la règle des trois doigts de la main droite.

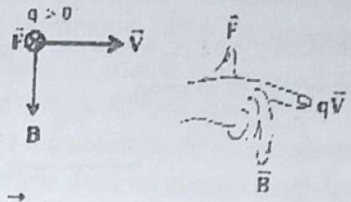
a) On cherche q :

Le vecteur $q\vec{V}$ est de sens opposé à $\vec{V}$ donc $q < 0$



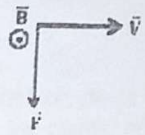


b) On cherche $\vec{B}$

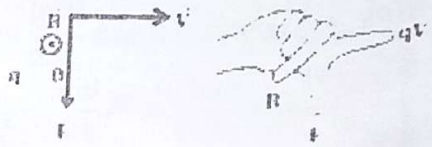


c) On cherche $\vec{F}$ et le signe de q : La force $\vec{F}$ est tournée vers la concavité de la trajectoire et perpendiculaire à $\vec{V}$ (puisque $\vec{F} = q\vec{V}\wedge\vec{B}$).

Donc :



Pour le signe de q, on utilise la règle des trois doigts : $q\vec{V}$ et $\vec{V}$ sont de même sens donc $q > 0$.

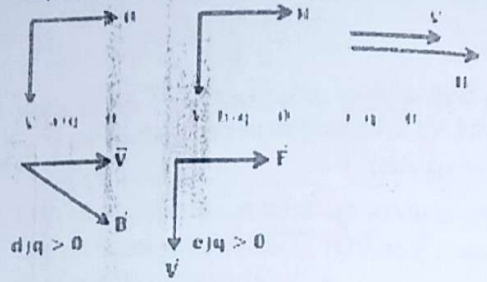




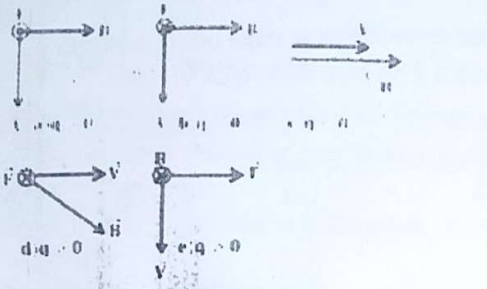
Scanned by CamScanner

**Q.T.80.** Une particule de charge q pénètre avec une vitesse v r dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ et subit la force Magnétique $\vec{F}_m$.

Représenter dans chaque cas, le vecteur manquant en respectant la direction et le sens.




**Rép.**






a) $\vec{F}_m$ sortant ; b) $\vec{F}_m$ rentrant ; c) $\vec{F}_m$ est nulle ; d) $\vec{F}_m$ est rentrant ; e) $\vec{B}$ est rentrant.

**Q.T.81.** Quelle est l'application de la force de Lorentz ?

**Rép.** La force de Lorentz présente une propriété remarquable, celle de relier un courant électrique à un mouvement mécanique. Ainsi, le déplacement d'un conducteur dans un champ magnétique induit par force de Lorentz un courant électrique, et vice- versa.

**Q.T.82.** Citez les applications du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique.

**Rép.** Les applications du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique sont :

. Le tube de télévision ;
. Le spectrographe de masse ;
. Le cyclotron ;
. Le filtre de vitesse.

**Q.T.83.** Quelle est l'équation de la trajectoire au-delà de S ? **Rép.** Au-delà de S, les particules suivent une droite :

$$(T): y = ax + b \text{ où } a = \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=\ell} \text{ avec } y = \frac{|q|B}{2mV_0}x^2$$

$$\Rightarrow a = \frac{|q|B}{mV_0}\ell \text{ or } S \in (T) \Rightarrow y_S = \frac{|q|B}{mV_0}\ell . x_S + b \Rightarrow$$

$$b = y_S - \frac{|q|B}{mV_0}\ell^2 = \left(\frac{|q|B}{mV_0}\ell\right)\ell - \frac{|q|B}{mV_0}\ell^2 = -\frac{|q|B}{2mV_0}\ell^2$$



Scanned by CamScanner

D'où : $$y = \left(\frac{|q|B}{mV_0}\ell\right)x - \left(\frac{|q|B\ell^2}{2mV_0}\right)$$

**Q.T.84.** Donner les expressions littérales du rayon de courbure, de la vitesse linéaire, de la vitesse angulaire, de la période , de la fréquence, de la déviation angulaire et de la déflexion magnétique.

**Rép.** Le rayon de courbure : $$R = \frac{mV_0}{|q|B}$$

- La vitesse linéaire : $$V = V_0 = |q|\frac{BR}{m}$$

- La vitesse angulaire : $$\omega = \frac{V}{R} = |q|\frac{B}{m}$$

- La période : $$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{|q|B}$$

- La fréquence : $$N = f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{|q|B}{2\pi m}$$

Déviation angulaire :

$$\sin\alpha = \frac{HM}{R} = \frac{l}{R} \approx \alpha = \frac{l|q|B}{mV_0} \Rightarrow \alpha = \frac{l|q|B}{mV_0}$$



Déflexion magnétique :

$$D_m = L\frac{l|q|B}{mV_0} = kB$$

**Q.T.85.** a) Quel est le rôle que joue le champ magnétique $\vec{B}$ ?

b) Quel est le rôle d'un spectromètre de masse ? Il est formé de combien de chambres ? Donner les expressions littérales des rayons de courbure.

**Rép.** a) Le rôle que joue $\vec{B}$ est de donner à la particule une trajectoire circulaire.

b) Le spectrographe de masse sert à séparer les isotopes d'un même élément.

Il est formé de trois chambres où règne un vide très poussé.

- Chambres d'ionisation : On y produit des ions de même charge q mais de masses $m_1$ et $m_2$ différentes.
- Chambre d'accélération : A travers une première fente, les ions pénètrent dans cette chambre avec une vitesse négligeable.

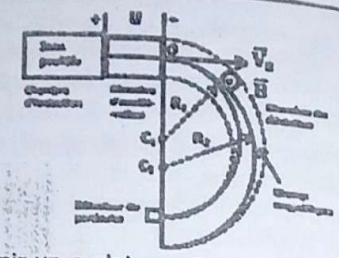
$$V_0 = \sqrt{\frac{2|q|U}{m}}$$

- Chambre de déviation : Les ions sont déviés par un champ magnétique $\vec{B}$ et ont pour trajectoire des demi-cercles dont les rayons $R_1$ et $R_2$ dépendent des masses $m_1$ et $m_2$.



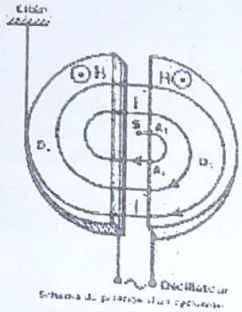
Scanned by CamScanner

$$R_1 = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2m_1U}{|q|}} \quad \text{et} \quad R_2 = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2m_2U}{|q|}}$$



**Q.T.86.** Définir un cyclotron. Donner les expressions de la vitesse maximale acquise par des ions, l'énergie cinétique maximale et le nombre de passages entre les deux dees.

**Rép.** Un cyclotron est un accélérateur de particules chargées.





La vitesse maximale $V_{max}$ acquise par ces ions :

$$V_{max} = \frac{|q|R_{max}B}{m}$$

L'énergie cinétique maximale :

$$E_{Cmax} = \frac{1}{2}mV_{max}^2 = \frac{q^2B^2R_{max}^2}{2m}$$

- Nombre de passages entre les deux « dees » :

$$n = \frac{E_{Cmax}}{\Delta E_C} = \frac{qB^2R_{max}^2}{2mU}$$

**Q.T.87.** Quelles sont les utilisations pratiques du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme ?

**Rép.** - Le tube de télévision ;
- Le spectrographe de masse ;
- Le cyclotron ;
- Le filtre de vitesse.

**Q.T.88.** Quelles sont les expressions du temps nécessaire à l'accélération complète d'une particule, durée de parcours des demi-cercles et la quantité de mouvement ?

**Rép.** - Temps nécessaire à l'accélération complète d'une particule :

$$t = n\frac{T}{2} = \frac{|q|B^2R_{max}^2}{4mU}T = \frac{B\pi R_{max}^2}{2U}$$



Scanned by CamScanner

- La durée de parcours des demi-cercles :

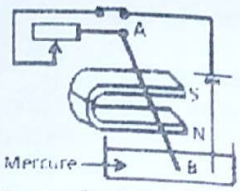
$$t = \frac{T}{2} = \pi \frac{m}{|q|B}$$

- Quantité de mouvement : $p = mV = |q|RB$

**Q.T.89.** Expliquer la mise en évidence de la loi de LAPLACE.

**Rép.** **Tige de LAPLACE**

**Observations :** - En absence de courant électrique et lorsque la direction sud-nord de l'aimant est parallèle à la tige, elle ne dévie pas. La tige AB reste verticale.
- Lorsqu'on ferme l'interrupteur et on approche un aimant, la tige dévie.
Le sens de déviation dépend des pôles de l'aimant, du sens de parcours du courant et de la longueur de la tige dans le champ.

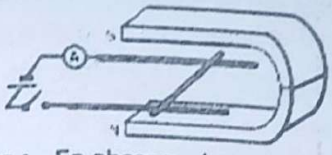



**Interprétation et conclusion :** La déviation de la tige et le déplacement de la barre sont dus à une force qui dépend du sens de parcours du courant, de l'intensité du



courant, du champ magnétique et de la longueur de conducteur dans le champ. Cette force est dite force électromagnétique ou de force de LAPLACE. Ou encore

**Rails de LAPLACE**



**Observations :** - En absence de courant électrique et lorsque la direction sud-nord de l'aimant est parallèle à la barre, elle immobile sur les rails.
- Lorsqu'on ferme l'interrupteur et on approche un aimant, la barre se met en mouvement sur les rails.
Le sens de déplacement dépend des pôles de l'aimant, du sens de parcours du courant et de la longueur de la barre dans le champ.

**Interprétation et conclusion :** La déviation de la tige et le déplacement de la barre sont dus à une force qui dépend du sens de parcours du courant, de l'intensité du courant, du champ magnétique et de la longueur de conducteur dans le champ. Cette force est dite force électromagnétique ou de force de LAPLACE.

**Q.T.90.** Qu'appelle-t-on force de LAPLACE ?

**Rép.** La force de Laplace est une force qui s'exerce sur un fil conducteur $\ell$ dans lequel passe un courant électrique I, dans un champ magnétique $\vec{B}$.



Scanned by CamScanner

**Q.T,91.** Quelles analogie et différence faites-vous les forces de LORENTZ et de LAPLACE ?

**Rép.** La force de Lorentz est la force qui s'applique sur une particule qui se déplace dans un champ électromagnétique.

La force de LAPLACE est une conséquence de celle de LORENTZ. On parle de la force de LAPLACE à l'échelle macroscopique et de la force de LORENTZ à l'échelle microscopique.

La force de LORENTZ est la force appliquée sur une particule chargée en mouvement dans un champ magnétique. Les électrons en mouvement dans un conducteur baignant dans un champ magnétique sont soumis à la force de LORENTZ.

La force de LAPLACE est la somme des forces élémentaires de LORENTZ.

**Q.T.92.** Enoncer la loi de LAPLACE.

**Rép.** Un conducteur rectiligne de longueur $\ell$, parcouru par un courant continu d'intensité I et placé dans un champ magnétique uniforme est soumis à une force électromagnétique appelée force de Laplace :

$\vec{F} = I\vec{\ell} \wedge \vec{B}$

**Q.T.93.** Quelles sont les caractéristiques de la force de LAPLACE ?

**Rép.** Point d'application : milieu de l'élément du circuit soumis au champ magnétique

Direction : perpendiculaire au plan formé par les vecteurs $I\vec{\ell}$ et $\vec{B}$.

Sens : son sens peut être déterminé par la règle des



trois doigts de la main droite :

- Le pouce montre le sens de $\vec{\ell}$
- L'index montre le sens de $\vec{B}$
- Le majeur donne alors le sens de $(\vec{\ell} \wedge \vec{B})$ donc celui De $\vec{F}$ car $I > 0$.

Intensité : son intensité est par la relation :

$F = I\ell B|\sin\alpha|$

**Q.T.94.** Enoncer la règle de flux maximal.

**Rép.** Enoncé la règle de flux maximal : « Un circuit électrique placé dans un champ magnétique prend une position d'équilibre telle que le flux soit extremum dans cette position. Si le flux est maximal, l'équilibre est stable et si le flux est minimal, l'équilibre est instable.»

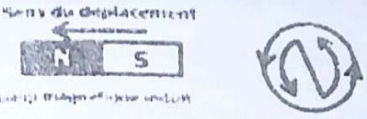
**Q.T.95.** Citer les applications de la loi de LAPLACE.

**Rép.** La balance de Cotton ; la roue de Barlow ; le moteur électrique à courant continu et le haut-parleur.

**Q.T.96.** Expliquer la mise en évidence du phénomène d'induction électromagnétique.

**Rép. Mise en évidence**

**Expérience 1 :**






Face Nord

- Lorsque l'on approche l'aimant de la bobine, la valeur du champ magnétique $\vec{B}_a$ créé par l'aimant augmente,

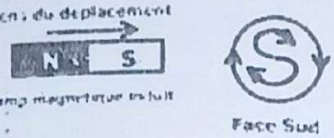


Scanned by CamScanner

alors, la bobine crée un courant induit **i** qui engendre un champ magnétique induit $\vec{B}_i$ qui s'oppose à l'augmentation du champ magnétique $\vec{B}_a$ créé par l'aimant.

- La bobine présente donc une face Nord en regard du pôle Nord de l'aimant.

**Expérience 2 :**






Face Sud

- Lorsque l'on éloigne l'aimant de la bobine, la valeur du champ magnétique $\vec{B}_a$ créé par l'aimant diminue, alors, la bobine crée un courant induit **i** qui engendre un champ magnétique induit $\vec{B}_i$ qui s'oppose à la diminution du champ $\vec{B}_a$ créé par l'aimant.

- La bobine présente donc une face Sud en regard du pôle Nord de l'aimant.

Par conséquent cette bobine est soumise à un champ magnétique variable est le siège d'un phénomène d'induction :

-si le circuit est ouvert, il apparaît à ses bornes une f.é.m. induite ;

-si le circuit est fermé, il est parcouru par un courant induit dont le sens est déterminé par la loi de Lenz.

**Q.T.97.** Quelles sont les applications pratiques de l'induction électromagnétique et d'auto-induction?

**Rép.** Le phénomène d'induction est utilisé, notamment,



dans les alternateurs des centrales qui convertissent de l'énergie mécanique en énergie électrique, dans les microphones électrodynamiques, dans les transformateurs, dans les courants de Foucault, etc...

Le phénomène d'auto-induction est utilisé, notamment dans :

- les bobines, les transformateurs, les alternateurs ;
- les capteurs magnétiques de type fluxmètre ;
- les micros magnétiques ;
- les lampes à induction ;
- les plaques à induction et le freinage par induction dont le fonctionnement est dû aux courants de Foucault ;
- certains composants des téléphones à partir de 1970 à nos jours.

**Q.T.98.** Qu'appelle-t-on induction électromagnétique ?

**Rép.** Le phénomène d'induction électromagnétique c'est le phénomène par lequel apparaissent le courant induit et la f.é.m. d'induction dans un circuit fermé par variation du flux magnétique à travers ce circuit.

**Q.T.99.** Quelles sont les causes de la variation du flux magnétique ?

**Rép.** La variation du flux du champ magnétique peut avoir deux causes :

Le circuit est soumis à un champ fixe, mais on déforme ou on fait tourner le circuit, cas des machines à courant continu. On parle alors d'induction de Lorentz Le circuit est immobile et l'intensité du champ magnétique varie ou tourne : cas des alternateurs, des moteurs asynchrones et moteurs à induction ainsi que des



Scanned by CamScanner

transformateurs électriques.

**Q.T.100.** Quelles sont les expressions littérales des forces électromotrices induite et moyenne ? de la tension induite ? de la quantité d'électricité induite ?

**Rép.** Les expressions littérales des forces électromotrices induites et moyenne, de la tension induite, de la quantité d'électricité induite et de l'intensité du courant induit :

- force électromotrice induite est :

$$\boxed{e = -\frac{d\phi}{dt}}$$

- force électromotrice moyenne est :

$$\boxed{e_{moyenne} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}}$$

- tension induite est : aux bornes d'une bobine inductive ou $r = 0, u_{AB} = -e = \frac{d\phi}{dt}$ aux bornes d'une bobine non inductive $r \neq 0, u_{AB} = ri - e = ri + \frac{d\phi}{dt}$.

- quantité d'électricité est :

$$\boxed{Q = |q| = \frac{1}{R}|\Delta\phi|}$$

- intensité du courant induit est : d'après la loi de POUILLET :



$$e = Ri \Rightarrow \boxed{i = \frac{e}{R} = -\frac{1}{R}\frac{d\phi}{dt}}$$

**Q.T.102.** Enoncer la loi de LENZ.

**Rép.** La f.é.m. induite tend à s'opposer à toute variation du flux inducteur.

**Q.T.103.** Comment détermine-t-on le sens du courant induit ? **Rép.** Le circuit ayant été orienté, on peut facilement prévoir le sens du courant induit prévoir le sens du courant induit.

- Si $\Delta\phi$ est positif e est négatif : si le circuit est fermé, le courant circule dans le sens négatif.
- Si $\Delta\phi$ est négatif e est positif : si le circuit est fermé, le courant circule dans le sens positif.

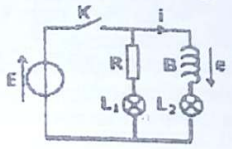
**Q.T.104.** a) Expliquer la mise en évidence du phénomène d'auto induction.

b) Définir le phénomène d'auto induction.

**Rép.** a) **Mise en évidence expérimentale**

**Etablissement du courant dans une bobine**

Voici le montage, la résistance R a la même valeur ohmique que l'inductance L, $L_1$ et $L_2$ sont des ampoules.






Scanned by CamScanner

**Observation** : A la fermeture de l'interrupteur K, la lampe $L_2$ s'allume en retard par rapport à $L_1$ qui elle s'allume instantanément.

**Interprétation** : L'augmentation de l'intensité dans la bobine engendre une augmentation du champ magnétique.

Il y a donc un phénomène d'induction et une f.é.m. e négative apparaît aux bornes de la bobine qui va s'opposer à la variation de courant (loi de Lenz).

La bobine s'oppose donc à la variation du champ magnétique qu'elle crée elle-même; d'où le terme auto-induction.

**Conséquences** :

- retard à l'allumage ;
- retard à l'extinction.

b) C'est l'apparition dans la bobine d'une force électromotrice (f.é.m.) auto induite résultant de la variation de l'intensité du courant électrique qui la traverse.

**Q.T.105.** Enoncer la loi de FARADAY.

**Rép. Loi de FARADAY :** La force électromotrice e induite dans un circuit fermé orienté et traversé par un flux magnétique $\phi$ est donnée par :

$$\boxed{e = -L\frac{di}{dt} = -\frac{d\phi}{dt}\ (V)}$$

**Q.T.106.** Quelles analogie et différence faites-vous entre les phénomènes d'induction électromagnétique et



d'auto induction ?

**Rép.** Analogie : c'est le même phénomène.

Différence : L'induction électromagnétique, la bobine est soumise à un champ magnétique variable tandis que l'auto-induction, la bobine s'oppose à toute variation du courant qui le parcourt.

**Q.T.107.** Donner les expressions du flux magnétique, de la force électromotrice, du champ magnétique et de l'intensité du courant induit dans la bobine en fonction du temps. **Rép.** Expressions :

- du flux magnétique en fonction du temps t :

$\phi = N\vec{B}\vec{s} = NBs\cos\theta$ où $\theta = mes(\vec{B};\vec{s}) = \omega t$

$\theta = 2\pi ft$.

$\boldsymbol{\phi = NBs\cos(2\pi ft)}$

A $t = 0; \phi(t=0) = \phi_0 = \phi_{max} = NBs \Rightarrow$

$$\boxed{\boldsymbol{\phi(t) = \phi_{max}\cos(2\pi ft)}}$$

- la force électromotrice en fonction du temps t :

Comme le flux varie en fonction du temps, alors la bobine est le siège d'une f.é.m. d'auto-induction :

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}[NBs\cos(2\pi ft)]$$

D'où : $\boxed{e = 2\pi Bsf\sin(2\pi ft)}$

- du champ B en fonction du temps :

$$B(t) = \mu_0\frac{N}{l}i(t)$$



Scanned by CamScanner

- de l'intensité du courant induit dans la bobine en fonction du temps : D'après la loi de POUILLET :

$$e(t) = Ri(t) \Rightarrow \boxed{i(t) = \frac{1}{R}e(t) = \frac{2\pi NBsf}{R}\sin(2\pi ft)}$$

**Q.T.108.** Exprimer le nombre de spires N d'une bobine en fonction de l'inductance L de la bobine, de la longueur $\ell$ et du diamètre d.

**Rép.** Exprimons le nombre de spires N d'une bobine en fonction de l'inductance L de la bobine, de la longueur $\ell$ et du diamètre d :

$$L = 4\pi.10^{-7}\frac{N^2}{l}s = 4\pi^2.10^{-7}\frac{N^2}{4l}d^2 \Rightarrow$$

$$\boxed{N = \frac{\sqrt{Ll.10^7}}{\pi d}}$$

**Q.T.109. EXTRAIT BAC-UNIQUE SESSION 2019**

**SM.** Rappeler le rôle et le fonctionnement d'un transformateur.

**Rép.** Rappelons le rôle et le fonctionnement d'un transformateur :

**Rôle** : On utilise les transformateurs chaque fois qu'il est nécessaire de transformer une tension alternative en une autre tension alternative.

**Fonctionnement** : La bobine primaire de $N_1$ spires est reliée à un générateur qui tension alternative $U_1$.

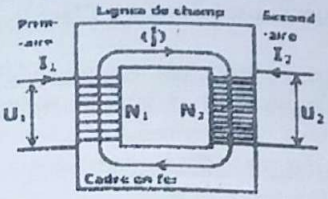
Un récepteur est branché à la bobine secondaire de $N_2$ spires. Le flux variable créé à travers la bobine primaire



est transmis à travers la bobine secondaire.

La variation du flux crée un courant induit dans la bobine secondaire et une tension $U_2$ à ses bornes.

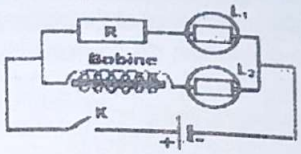
$$\boxed{\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}}$$




**Q.T.110. EXTRAIT BAC – UNIQUE SESSION 2020**

**SM.** Décrire et interpréter une expérience montrant le retard dans l'établissement ou la « coupure » du courant dans une bobine comportant le fer doux.

**Rép.** Soit le dispositif expérimental




**Description** : $L_1$ et $L_2$ sont deux lampes identiques en dérivation ;

Le résistor et la bobine ont même résistance R.

- Lorsqu'on ferme l'interrupteur k : $L_1$ s'allume instantanément et $L_2$ progressivement



Scanned by CamScanner

- Lorsqu'on ouvre le circuit, $L_1$ s'éteint instantanément et $L_2$progressivement.

**Interprétation :** Lorsqu'on ferme l'interrupteur k, la variation du flux propre dans la bobine crée une f.é.m. d'induction qui s'oppose à l'établissement du courant (loi de LENZ).

Dans ce cas de l'ouverture du circuit, la f.é.m. d'induction s'oppose à la disparition du courant. La bobine est donc la cause du retard à l'établissement ou à la rupture du courant dans $L_2$. C'est le phénomène d'auto-induction.

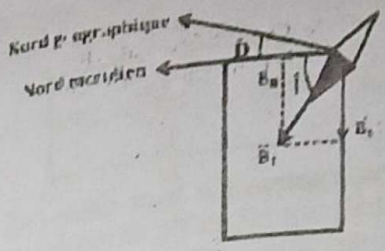
**Q.T.111.** a. Définir le méridien magnétique.
b. Faire la mise en évidence du champ magnétique terrestre puis donner son expression.

**Rép. Définition du méridien magnétique :**
On appelle méridien magnétique d'un lieu, le plan vertical qui contient le vecteur-champ magnétique terrestre de ce lieu.

**Mise en évidence du champ magnétique terrestre :**
Plaçons une petite aiguille aimantée au voisinage de la Terre (par exemple une boussole). Nous constatons que l'aiguille dévie. La déviation de l'aiguille aimantée est appelée champ magnétique terrestre $\vec{B}_T$.

**Expression de sa composante horizontale**
L'angle $\hat{I}$ entre le vecteur $\vec{B}_T$ et sa composante horizontale $\vec{B}_H$ appelé l'inclinaison magnétique, et tel que : $\cos\hat{I} = \frac{B_H}{B_T} \Rightarrow B_H = B_T \times \cos\hat{I}$






**Q.T.112. EXTRAIT BAC – UNIQUE SESSION 2024**
Définir le courant de Foucault et cite trois de ses applications pratiques.

**Rép.** C'est un courant qui apparait dans la masse de tout matériau conducteur en mouvement dans un champ magnétique ou dans tout matériau conducteur placé dans un champ magnétique variable.

**Trois de ses applications pratiques :**
Les courants de Foucault sont utilisés :
- Lors du freinage des véhicules lourds ;
- Pour le fonctionnement des fours à induction ;
- Pour fondre les métaux.

## II.2. ELECTRICITE

### II.2.1. Oscillations électriques libres (réservé spécialement pour SM)

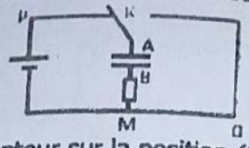
**Q.T.113.** Faire la mise en évidence expérimentale des oscillations électriques libres.

**Rép.** Réalisons les circuits ci – dessous
Mettons l'interrupteur dans le positon (1). Le condensateur se charge, on constate une augmentation de la tension aux bornes du condensateur.

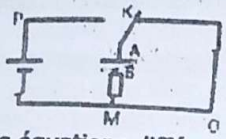


Scanned by CamScanner

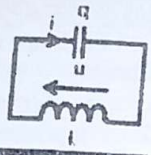
La valeur U = E.
Lorsque la charge du condensateur augmente, l'intensité du courant diminue entre ses bornes suivant la loi:




Basculons l'interrupteur sur la position (2).
Un oscilloscope permettant de visualiser la tension aux bornes du condensateur nous donne l'oscillogramme ci-dessous. Nous disons que le circuit est le siège d'oscillations électriques amorties.
Lorsqu'on ferme le circuit à la position (2), le condensateur perd progressivement de sa tension: on dit qu'il se décharge et le circuit (b) est appelé circuit de décharge.




**4.** Etablir les équations différentielles de la charge q et de la tension $u_C$ des oscillations électriques libres. **Rép.** Equations différentielles :
a) de la charge q :






La loi des mailles dans le circuit permet d'écrire l'équation régissant la décharge du condensateur :

$u_C - u_L = 0$ avec $u_C = \frac{q}{C}$ ; $u_L = -L\frac{di}{dt}$ et $i = \frac{dq}{dt}$

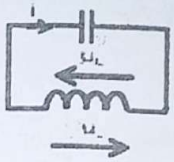
On a :

$$u_C - u_L = \frac{q}{C} + L\frac{di}{dt} = \frac{q}{C} + L\frac{d}{dt}\left(\frac{dq}{dt}\right) = \frac{q}{C} + L\frac{d^2q}{dt^2} = 0$$

D'où: $\boxed{\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0}$

b) de la tension $u_C$ :

$i = \frac{dq}{dt}$ et $u_C = \frac{q}{C}$ alors $q = Cu_C$




La loi des mailles : $u_C - u_L = 0$

On a :

$$u_C - u_L = 0 \Rightarrow u_C + L\frac{di}{dt} = 0, i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt};$$

$$\frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_C}{dt^2} \Rightarrow LC\frac{d^2u_C}{dt^2} + u_C = 0$$

D'où: $\boxed{\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC}u_C = 0}$



Scanned by CamScanner

**Q.T.115.** Trouver la solution de l'équation différentielle.

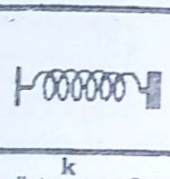
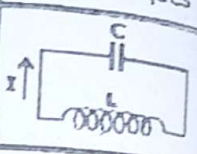
**Rép.** Trouvons la solution de l'équation différentielle :

$$q = Q_m\cos(\omega_0 t + \varphi);\ \dot{q} = \frac{dq}{dt} = -Q_m\omega_0\sin(\omega_0 t + \varphi)$$

$$\ddot{q} = \frac{d\dot{q}}{dt} = -Q_m\omega_0^2\cos(\omega_0 t + \varphi) = -\omega_0^2 q$$

**Q.T.116.** A l'aide d'un tableau, faire une étude comparée entre les oscillations mécaniques libres et les oscillations électriques libres.

**Rép.** **Analogies électromécaniques** : il apparaît des similitudes entre les grandeurs caractérisant les oscillateurs électriques et celles caractérisant les oscillateurs mécaniques.

| Sys-tème | Désigna-tion | Oscillations mécaniques | Oscillations électriques |
|---|---|---|---|
| Non amorti | Schéma du dispositif |  |   |
| | Equation différen-tielle | $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$ | $\ddot{q} + \frac{1}{LC}q = 0$ |
| | Pulsation propre | $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ | $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ |
| | Elongation | $x = x_m\sin(\omega_0 t + \varphi)$ | $q = Q_m\sin(\omega_0 t + \varphi)$ |



| | | | |
|---|---|---|---|
| | Energie à un instant t | $E = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}kx^2$ | $E = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{q^2}{2C}$ |

**Q.T.117.** Montrer que l'énergie totale d'un oscillateur électrique est constante.

**Rép.** Expression des énergies magnétique et électrostatique en fonction du temps :

Energie emmagasinée dans le condensateur :

L'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur est de la forme :

$$E_C = \frac{1}{2}Cu^2 = \frac{q^2}{2C} \text{ avec } q = Q_m\cos\omega_0 t$$

Dans le cas présent :

$$E_C = \frac{Q_m^2}{2C}\cos^2\omega_0 t = \frac{Q_m^2}{4C}[1 + \cos 2\omega_0 t]$$

Energie emmagasinée dans la bobine :

Nous savons que cette énergie est à chaque instant de la forme : $E_L = \frac{1}{2}Li^2$

Dans le cas présent :

$$E_L = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}LI_m^2\sin^2\omega_0 t = \frac{1}{4}LI_m^2[1 - \cos 2\omega_0 t]$$

Avec: $L = \frac{1}{C\omega_0^2}$ et $I_m = \omega_0 Q_m$

On obtient :

$$E_L = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}L\omega_0^2 Q_m^2 = \frac{Q_m^2}{4C}[1 - \cos 2\omega_0 t]$$

Energie électrique totale d'un circuit (L,C)



Scanned by CamScanner

L'énergie électrique totale emmagasinée par le circuit (L, C) est donnée par : $E_T = E_C + E_L$

$$E_T = \frac{Q_m^2}{4C}[1 + \cos 2\omega_0 t] + \frac{Q_m^2}{4C}[1 - \cos 2\omega_0 t]$$

$$\boxed{E_T = \frac{Q_m^2}{4C}[1 + \cos 2\omega_0 t + 1 - \cos 2\omega_0 t] = \frac{Q_m^2}{2C} = cte}$$

L'énergie totale d'un circuit comportant un conducteur et une bobine non résistive (inductance pure) est constante.

**Q.T.118.** Etablir les équations horaires de la charge q, de l'intensité du courant i et la tension u aux bornes du condensateur.

**Rép.** Equation horaire de la charge q :

$q(t) = Q_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

A $t = 0, q(t = 0) = Q_m \cos(\omega_0 \times 0 + \varphi_0) = q_0 \Leftrightarrow$

$q_0 = Q_m$, car $\cos\varphi_0 = 1 \Rightarrow \varphi_0 = 0$

D'où : $\boxed{q(t) = CU_m \cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)}$

Equation horaire de l'intensité du courant i:

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{d}{dt}\left[CU_m \cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)\right] = -\frac{CU_m}{\sqrt{LC}} \sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)$$

D'où : $\boxed{i(t) = -\frac{CU_m}{\sqrt{LC}} \sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right) = -U_m\sqrt{\frac{C}{L}} \sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)}$



Equation horaire de la tension u aux bornes du condensateur:

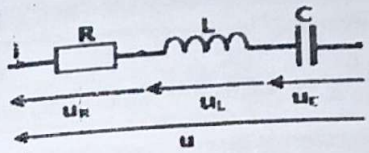
$$u(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{CU_m \cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)}{C} = U_m \cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)$$

D'où : $\boxed{u(t) = U_m \cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)}$

## II.2.2. Oscillations électriques forcées

**Q.T.119.** Etablir l'équation différentielle du circuit R, L, C. **Rép. Circuit RLC en régime sinusoïdal forcé :**

Considérons le montage suivant (circuit RLC relié en série) :




La loi d'additivité des tensions :

$u_S = u_R + u_L + u_C$

$u_R = Ri$; $u_L = L\frac{di}{dt} = L\frac{d^2q}{dt^2}$ et $u_C = \frac{q}{C}$

D'où : $u_S = Ri + L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C}$ est l'équation différentielle du circuit RLC

**Q.T.120.** Quelle est l'expression de la tension efficace aux bornes de chaque composant ?



Scanned by CamScanner

**Rép.** Tension efficace aux bornes de chaque composant :

- Tension efficace aux bornes de R : $\boxed{U_R = RI}$
- Tension efficace aux bornes de L :

$$\boxed{U_L = Z_L I = L\omega I}$$

-Tension efficace aux bornes de C :

$$\boxed{U_C = Z_C I = \frac{I}{C\omega}}$$

**Q.T.121.** Définir la résonance d'intensité dans un circuit R,L,C série. Quelles sont ses propriétés ?

**Rép.** Dans un circuit série (RLC), le phénomène de résonance d'intensité est obtenu si l'intensité efficace est maximale. Dans un circuit série (RLC), à la résonance d'intensité, : $\varphi = 0$

$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow LC\omega_0^2 = 1, Z = R, \text{donc, Z est}$ minimale. La tension u aux bornes du circuit et l'intensité i du courant sont en phase.

$$\boxed{I(\omega_0) = I_0 = \frac{U}{R}}$$ ($I_0$: intensité efficace maximale

**Q.T.122.** Donner les expressions littérales de la largeur de la bande passante, de facteur de qualité, de la puissance moyenne, de la tension maximale du condensateur et de la tension maximum aux bornes de la bobine à la résonance.



**Rép.** Largeur de la bande passante :

$$\boxed{\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = \frac{R_T}{L}} \text{ et } \boxed{\Delta N = N_2 - N_1 = \frac{R_T}{2\pi L}}$$

Facteur de qualité Q:

$$\boxed{Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{1}{RC\omega_0} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

Puissance moyenne à la résonance :

$\mathcal{P} = UI_0 \cos\varphi$ or à la résonance $\varphi = 0 \Rightarrow \cos\varphi = 1$

D'où : $\boxed{\mathcal{P} = UI_0}$

- La tension maximale du condensateur à la résonance est : $\boxed{U_C = \frac{I_0}{C\omega_0} = \frac{U}{RC\omega_0} = Q.U}$

- La tension maximum aux bornes de la bobine à la résonance est :

$$\boxed{U_L = L\omega_0 I_0 = L\frac{U}{R}\omega_0 \times \frac{\omega_0}{\omega_0} = \frac{L\omega_0^2}{R\omega_0}U = \frac{U}{RC\omega_0} = Q.U}$$

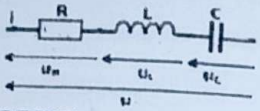
**N.B** : $U_C = U_L$: Q est appelé coefficient de surtension.

**Q.T.123. 1.** Quelles sont les expressions littérales de l'impédance, de la phase, l'inductance L, la tension aux bornes, intensité efficace du courant, intensité instantanée, résistance et capacité dans les circuits séries suivants : R,L,C ; R,L.

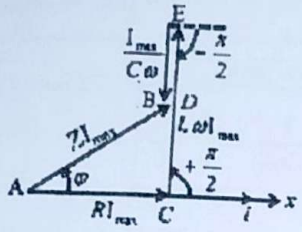
a) **Circuit R,L,C** : Schéma du circuit:



Scanned by CamScanner




Construction de FRESNEL




- **Impédance :**

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} = \sqrt{R^2 + \left(2\pi NL - \frac{1}{2\pi NC}\right)^2}$$

- **Déphasage :**

$$\tan\varphi_{u/i} = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} \Rightarrow \varphi_{u/i} = \tan^{-1}\left(\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}\right)$$

On appelle déphasage de i par rapport à u l'angle $\varphi$ représentant le retard angulaire de i par rapport à u (en degrés ou radians).

$$\tan\varphi_{i/u} = \frac{\frac{1}{C\omega} - L\omega}{R} \Rightarrow \varphi_{i/u} = \tan^{-1}\left(\frac{\frac{1}{C\omega} - L\omega}{R}\right)$$



- **Inductance :**

$$Z^2 = R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2$$

$$Z^2 = R^2 + L^2\omega^2 - 2L\omega\frac{1}{C\omega} + \frac{1}{C^2\omega^2} = Z_B^2 + Z_C^2 - 2L\omega Z_C$$

$$2L\omega Z_C = Z_B^2 + Z_C^2 - Z^2 \Rightarrow L = \frac{Z_B^2 + Z_C^2 - Z^2}{2Z_C\omega}$$

- **Autre expression :**

si $L\omega > \frac{1}{C\omega}$

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = \pm\sqrt{Z^2 - R^2} \Leftrightarrow L\omega - \frac{1}{C\omega} = -\sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$L = \frac{1}{C\omega^2} - \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{\omega} = \frac{\frac{1}{C\omega} - R\tan\varphi}{\omega} = \frac{U}{\omega I}\sqrt{1 - \cos^2\varphi}$$

- **Tension efficace aux bornes :**

$$U = Z \times I = I\sqrt{R^2 + \left(L\omega\frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

- **Intensité efficace du courant :**

$$U = Z \times I \Rightarrow I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$



Scanned by CamScanner

- **Intensité instantanée** :

$i$ est en retard de phase de $\varphi$ par rapport àu .

D'après la construction de **FRESNEL ci-dessus,** on a :

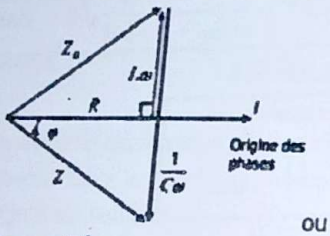
$$i = \frac{U\sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}} \cos\left(\omega t - \tan^{-1}\left(\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}\right)\right)$$

- **Résistance** :

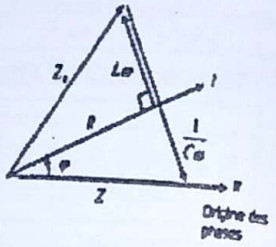
$$R = Z\cos\varphi = \frac{U}{I}\cos\varphi$$

$$R = \frac{U}{I} = \sqrt{Z^2 - \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} = \rho\frac{L_f}{s}$$

**Construction de FRESNEL**




ou



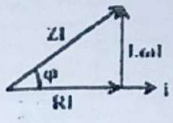

- **Capacité** :

$$C = \frac{1}{\omega\left(L\omega - \sqrt{Z^2 - R^2}\right)} = \frac{1}{\omega(L\omega - R\tan\varphi)}$$



$$C = \frac{1}{\omega[L\omega - (R + r)\tan\varphi]}$$

b) **Circuit (R,L)** :




- **Impédance** :

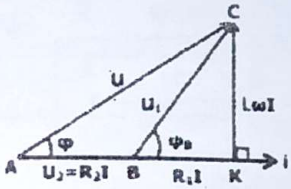
$$Z_B = \frac{U_m}{I_m} = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$$

- **Déphasage** :

$\tan\varphi = \frac{L\omega}{R} \Rightarrow \varphi = \tan^{-1}\left(\frac{L\omega}{R}\right)$

- u est en avance de phase sur i

**Autres expressions** : D'après le théorème d' AL KHASI



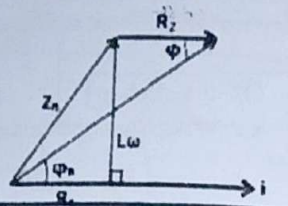

$$U^2 = U_2^2 + U_1^2 - 2U_2U_1\cos\varphi_B$$

D'où : $$\varphi_B = \cos^{-1}\left(\frac{U_2^2 + U_1^2 - U^2}{2U_2U_1}\right)$$



Scanned by CamScanner

$$Z^2 = Z_B^2 + Z_R^2 - 2Z_B Z_R \cos\varphi_B$$




D'où : $\boxed{\varphi_B = \cos^{-1}\left(\dfrac{Z_B^2 + Z_R^2 - Z^2}{2Z_B Z_R}\right)}$

- **Inductance** :

$\cos\varphi = \dfrac{R}{Z_B} \Leftrightarrow R = Z_B\cos\varphi$ or $Z_B = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$

Par suite : $R = Z_B\cos\varphi = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}\cos\varphi \Leftrightarrow$

$R^2 = [R^2 + (L\omega)^2]\cos^2\varphi \Leftrightarrow 1 = \left[1 + \left(\dfrac{L\omega}{R}\right)^2\right]\cos^2\varphi$

$\Leftrightarrow 1 + \left(\dfrac{L\omega}{R}\right)^2 = \dfrac{1}{\cos^2\varphi} \Leftrightarrow \dfrac{L\omega}{R} = \sqrt{\dfrac{1}{\cos^2\varphi} - 1}$

D'où : $\boxed{L = \dfrac{R}{\omega}\sqrt{\dfrac{1}{\cos^2\varphi} - 1}}$

**Autre expression** :

$Z_B = R^2 + (L\omega)^2 \Leftrightarrow Z_B^2 = R^2 + (L\omega)^2$ $\boxed{L = \dfrac{\sqrt{Z_B^2 - R^2}}{\omega}}$

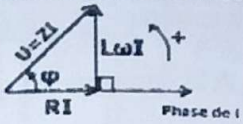
- **Tension efficace aux bornes** :



$$\boxed{U_B = Z_B \times I = I\sqrt{R^2 + (L\omega)^2} = RI\sqrt{1 + \tan^2\varphi}}$$

- **Intensité efficace du courant dans la bobine** :

$Z_B$ peut s'obtenir avec la **construction de FRENEL** :




$U = Z_B \times I \Rightarrow \boxed{I = \dfrac{U}{Z_B} = \dfrac{U}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} = \dfrac{U}{R\sqrt{1 + \tan^2\varphi}}}$

- **Intensité instantanée** :

$i$ est en retard de phase de $\varphi$ par rapport à u.

D'après la construction de **FRESNEL ci-dessus,** on a :

$\tan\varphi = \dfrac{L\omega}{R}$ et donc $\varphi = \tan^{-1}\left(\dfrac{L\omega}{R}\right)$

D'où: $\boxed{i = \dfrac{U\sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}}\cos\left(\omega t - \tan^{-1}\left(\dfrac{L\omega}{R}\right)\right)}$

- **Résistance** :

$\boxed{R = Z_B\cos\varphi}$

$Z_B^2 = R^2 + (L\omega)^2 \Rightarrow \boxed{R = \sqrt{Z_B^2 - (L\omega)^2}}$



Scanned by CamScanner

$$\frac{L\omega}{R} = \sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi} - 1} = \tan\varphi \Rightarrow R = \frac{L\omega}{\tan\varphi}$$

- **Capacité** : $C = \infty$

**2.** Quelles sont les expressions littérales de l'impédance, de la phase, l'inductance L, la tension aux bornes, intensité efficace du courant, résistance et capacité dans les circuits séries suivants : L,C ; R,C.

**Rép. L,C :**

- **Impédance** : A la résonance : $\boxed{Z = R = \frac{U_{max}}{I_{max}}}$

- **Déphasage** : $\tan\varphi = 0 \Rightarrow \boxed{\varphi = 0}$

- **Inductance** : A la résonance

$$L\omega_0 = \frac{1}{C\omega_0} \Rightarrow L = \frac{1}{C\omega_0^2}$$

- **Tension efficace aux bornes** :

A la résonance : $\boxed{U = RI = ZI}$

- **Intensité efficace du courant à la résonance** :

$$\boxed{I = \frac{I_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{L\omega}{R} - \frac{1}{RC\omega}\right)^2}}}$$

- **Résistance** : $\boxed{R = Z}$

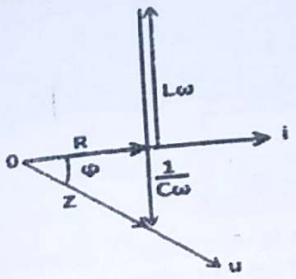


- **Capacité** :

$$N = N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Leftrightarrow N^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC} \Rightarrow \boxed{C = \frac{1}{4\pi^2 N^2 L}}$$

*d) R,C :*

- **Impédance** : A la résonance : $\boxed{Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}}}$




- **Déphasage** :

$$\tan\varphi = \frac{\frac{1}{C\omega}}{R} \Rightarrow \boxed{\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{1}{RC\omega}\right)}$$

- **Inductance** : A la résonance

$\boxed{L = 0}$

- **Tension efficace aux bornes** : A la résonance :

$$\boxed{U = ZI = I\sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}}}$$



Scanned by CamScanner

- **Intensité efficace du courant :**

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}}}$$

- **Résistance :**

$$R = \sqrt{Z^2 - \frac{1}{C^2\omega^2}} = \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - \frac{1}{C^2\omega^2}}$$

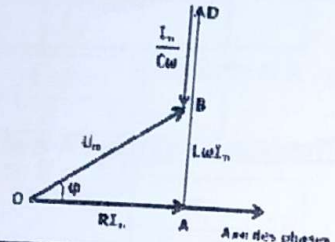
- **Capacité :**

$$Z^2 = R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2 \Leftrightarrow \frac{1}{C\omega} = \sqrt{Z^2 - R^2} \Rightarrow$$

$$C = \frac{1}{\omega\sqrt{Z^2 - R^2}}$$

**Q.T.124.** Faire la construction de FRESNEL dans le circuit R,L,C et les cas particuliers.

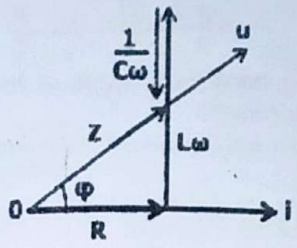
**Rép.** Construction de FRESNEL dans le circuit R,L,C et les cas particuliers :





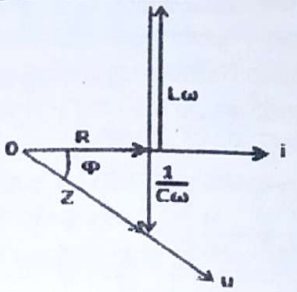

1er cas : $\tan\varphi > 0 \Leftrightarrow L\omega > \frac{1}{C\omega}$

La tension u aux bornes du circuit est en avance par rapport à l'intensité i du courant.




2ème cas : $\tan\varphi < 0 \Leftrightarrow L\omega < \frac{1}{C\omega}$

La tension u aux bornes du circuit est en retard par rapport à l'intensité i du courant.



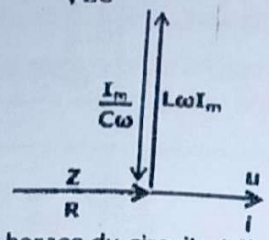

3ème cas :

$$\tan\varphi = 0 \Leftrightarrow \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} = 0.\ L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0 \Leftrightarrow L\omega = \frac{1}{C\omega}$$



Scanned by CamScanner

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC}\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}\cos\varphi = 1Z = R$$

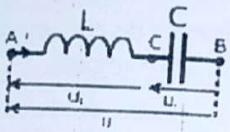



La tension u aux bornes du circuit et l'intensité i du courant sont en phase.

**Q.T.125.** Etablir les équations différentielles des circuits (L,C) et ( R,C).

**Rép.** Etablissons les équations différentielles des circuits (L,C) et (R,C) :

- <u>circuit (L,C)</u> :



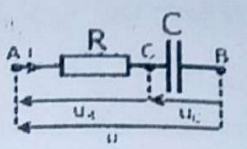

La loi d'activité des tensions : $u = u_L + u_C$

$$u_L = L\frac{di}{dt} = L\frac{d^2q}{dt^2} \text{ et } u_C = \frac{q}{C}$$

D'où : $\boxed{u = L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C}}$

- <u>circuit (R,C)</u> :






La loi d'activité des tensions :

$$u = u_R + u_C$$

$$u_R = Ri = R\frac{dq}{dt} \text{ et } u_C = \frac{q}{C}$$

D'où : $\boxed{u = R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C}}$

**Q.T.126. EXTRAIT BAC UNIQUE SESSION 2023**

Définir intensité et tension efficaces d'un courant alternatif puis donner leurs expressions.

**Rép.** - On appelle intensité efficace d'un courant alternatif, l'intensité d'un courant continu qui, passant dans un même conducteur ohmique y produit pendant chaque période la même quantité de chaleur.

- On appelle tension efficace d'un courant alternatif, la tension continue qui, appliquée aux bornes d'un même conducteur ohmique y produit pendant chaque période la même quantité de chaleur.

<u>Expressions de l'intensité et la tension efficaces :</u>

$$\boxed{I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}} \text{ et } \boxed{U_{eff} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}}$$

**Q.T.127. EXTRAIT BAC UNIQUE SESSION 2024**

1) trois dipôles montés en série, ont à leurs bornes des



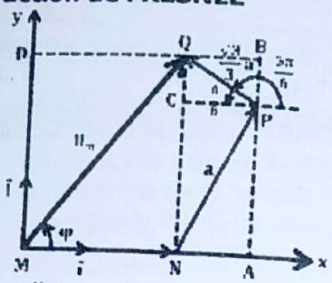
Scanned by CamScanner

tensions instantanées exprimées en volts, d'équations respectives : $u_1 = 2a\cos\omega t$ ; $u_2 = a\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right)$ et $u_3 = \frac{\sqrt{3}}{3}a\cos\left(\omega t + \frac{5\pi}{6}\right)$.

Démontrer que l'expression de la tension aux bornes de l'association s'écrit :

$$u = \frac{4\sqrt{3}}{3}a\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right).$$

**Rép. Construction de FRESNEL**




Démontrons que l'expression de la tension aux bornes de l'association s'écrit :

$$u = \frac{4\sqrt{3}}{3}a\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right).$$

La construction de FRESNEL avec u sous la forme :

$u = U_m\cos(\omega t + \varphi)$

Projetons sur les axes de coordonnées :

- sur (Ox) :

$$U_m\cos\varphi = 2a + a\cos\frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{3}a\cos\frac{\pi}{6} = 2a$$



$U_m\cos\varphi = 2a$ (1)

- sur (Oy) :

$$U_m\sin\varphi = 0 + a\sin\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{3}a\sin\frac{\pi}{6} = 2a\frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$U_m\sin\varphi = 2a\frac{\sqrt{3}}{3}\ (2)$$

En faisant le rapport de (2) par (1), on obtient :

$$\tan\varphi = 2a\frac{\sqrt{3}}{3} \times \frac{1}{2a} = \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \boldsymbol{\varphi = \frac{\pi}{6}\,rad}$$

De la relation (1), nous tirons $U_m$:

$$U_m\cos\varphi = 2a \Rightarrow U_m = \frac{2a}{\cos\varphi} = \frac{2a}{\cos\frac{\pi}{6}} = \frac{2a}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{4a}{\sqrt{3}}$$

$$\Rightarrow \boldsymbol{U_m = \frac{4a\sqrt{3}}{3}}$$

L'expression de u devient :

$$\boxed{u = \frac{4\sqrt{3}}{3}a\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)}$$

## II.2.3. Ondes électromagnétiques (réservé spécialement pour SM)

**Q.T.128.** Définir une onde électromagnétique.

**Rép.** Une onde électromagnétique comporte à la fois un champ électrique et un champ magnétique oscillant à la même fréquence.

**Q.T.129.** Donner la nature des ondes électromagnétiques.



Scanned by CamScanner

**Rép**. Les ondes électromagnétiques sont composées d'un champ électrique E et d'un champ magnétique B, tous de fréquence se propageant à la même vitesse de la lumière.

**Q.T.130.** Quelles sont les propriétés des ondes électromagnétiques ?

**Rép**. Les propriétés principales des ondes électromagnétiques sont:

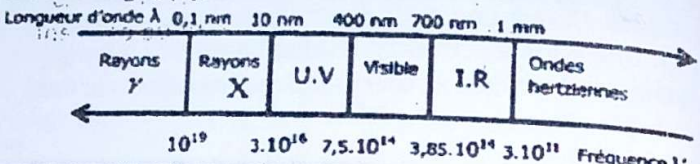
- elles se réfléchissent sur les surfaces obéissant aux lois de l'optique géométrique, cette propriété offre des possibilités de localisation de l'électromagnétique dans une région déterminée :
- elles sont réfractées et se déplacent dans le vide;
- elles peuvent donner des interférences;
- elles sont transparentes;
- elles peuvent être polarisées.

**Q.T.131.** Qu'appelle-t-on spectre électromagnétique ?

**Rép**. L'ensemble des émissions et des réceptions des ondes électromagnétiques avec précision sur un écran appelé spectre des ondes électromagnétiques

**Q.T.132.** Quels sont les domaines des longueurs d'ondes électromagnétiques ?

**Rép**. Domaines des longueurs d'ondes électromagnétiques






## CHAPITRE III : OPTIQUE ONDULATOIRE

### QUESTIONS – REPONSES

**Q.T.133.** Qu'appelle-t-on onde lumineuse ?

**Rép**. L'onde lumineuse en M est la somme des deux ondes lumineuses cohérentes ayant parcouru des trajets de longueurs différentes.

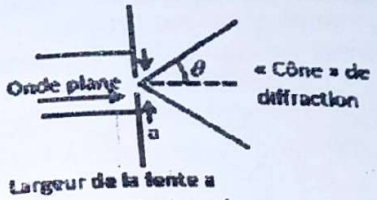
**Q.T.134.** Qu'appelle-t-on phénomène de diffraction de la lumière ?

**Rép**. La diffraction est une propriété des ondes qui se manifeste par un étalement des directions de propagation de l'onde, lorsque celle-ci rencontre une ouverture ou un obstacle.

**Remarque:** Le phénomène de diffraction ne modifie ni la vitesse de propagation de l'onde, ni sa longueur d'onde.

**Q.T.135.** Expliquer sa mise en évidence du phénomène de diffraction.

**Rép. Mise en évidence du phénomène de diffraction**




Désignons un faisceau de lumière sur un écran. Interposons dans le faisceau une plaque percée d'un trou de très faible diamètre: nous observons une tache



Scanned by CamScanner

lumineuse entourée d'anneaux clairs et sombres, d'autant plus large que le trou est petit.

Un trou de petite dimension éclairé devient une source émettant dans toutes les directions: il y a diffraction de la lumière. Une ouverture de très petite dimension ne permet pas d'isoler un rayon lumineux.

L'ouverture se comporte comme une source d'onde : phénomène de diffraction.

**Q.T.136.** Quelle est l'importance de la diffraction?

**Rép.** L'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport des dimensions de l'obstacle à la longueur d'onde de la lumière.

**Q.T.137.** Quelles sont les conditions d'observation du phénomène de diffraction ?

**Rép.** Le phénomène de diffraction se produit lorsqu'une onde rencontre une ouverture ou un obstacle de faible dimension par rapport à sa longueur d'onde.

La diffraction est nettement observée lorsque la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle est du même ordre de grandeur, ou inférieure, à la longueur d'onde.

**Q.T.138.** Définir les termes suivants : interférences lumineuses, différence de marche, interfrange, ordre d'interférences, interférences constructives et destructives. Donner les expressions littérales de la position des franges brillantes et obscures.

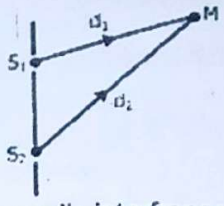
**Rép.** **Phénomène d'interférences lumineuses :**

On appelle le phénomène d'interférences lumineuses, la superposition, en un point, de deux lumières cohérentes de même fréquence.



**Différence de marche :** On appelle différence de marche $\delta$ en un point M la différence entre les deux distances $d1$ et $d2$ distances entre chacune des deux sources et le point M:

$$d_2 - d_1 = \frac{\alpha x}{D}$$




**Interfrange :** On appelle interfrange, la distance qui sépare les milieux de deux franges consécutives de même nature :

$$i = \frac{D\lambda}{a}$$

**Ordre d'interférences :** On appelle ordre d'interférences, le rapport :

$$\rho = \frac{\Delta}{\lambda} = \frac{\alpha x}{D}$$

Avec $\delta = \Delta = \frac{\alpha x}{D}$ est la différence de marche.

Pour des franges claires ou brillantes ou d'amplitude maximale : $\rho = k$ ; $x = ki$ avec $k \in Z$

Pour des franges obscures ou sombres ou d'amplitude minimale :



Scanned by CamScanner

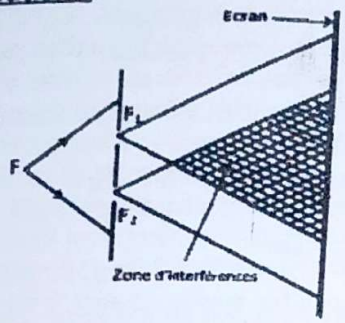
$\rho = k + \frac{1}{2}$; $x = \left(k + \frac{1}{2}\right) i$ avec $k \in Z$

**Interférences constructives :** Lorsque les deux ondes arrivent en M en phase, l'amplitude de la résultante est alors maximale en M: il y a **interférence constructive.**

**Interférences destructives :** Lorsque les deux ondes arrivent en M en opposition de phase, l'amplitude de la résultante est alors minimale en M: il y a **interférence destructive.**

**Q.T.139.** Une source lumineuse éclaire un trou S suffisamment fin pratiqué dans une feuille opaque. Le trou S reçoit la lumière et la diffracte.
Un verre coloré (filtre) est placé devant le trou S. S, muni du filtre constitue une source de lumière monochromatique. Qu'observe-t-on sur l'écran ?

**Rép. Observations :**




On observe à l'écran et dans la zone d'interférence, des bandes alternativement brillantes et sombres due à des interférences lumineuses résultant de la superposition



des ondes lumineuses issues des sources synchrones et cohérentes $F_1$ et $F_2$.
Ces franges sont équidistantes les unes des autres d'une longueur i appelée interfrange.

**Q.T.140.** Quelle est la condition d'obtention des interférences lumineuses ?

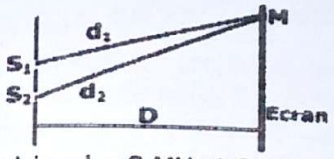
**Rép.** - Les ondes doivent être synchrones (avoir même fréquence) ;
- Les ondes doivent être cohérentes ;
- Les ondes doivent être à peu près parallèles.

**Q.T.141.** Quels sont les domaines d'application des interférences lumineuses ?

**Rép.** Les domaines d'application des interférences lumineuses. Elles sont appliquées :
- mesure de longueur d'onde ;
- mesure d'indice de réfraction des gaz ;
- filtres interférentiels ;
- Interférences par réflexion sur les couches minces.

**Q.T.142.** Etablir l'expression de la différence de marche en fonction de a, X et D.

**Rép.** Etablissons cette différence de marche en fonction de a, X et D :




Considérons les triangles $S_1MH$ et $S_2MK$ respectivement rectangles en H et en K.



Scanned by CamScanner

Dans le triangle $S_1MH$ rectangle en H, appliquons la propriété de Pythagore :

$$d_1^2 = S_1M^2 = S_1H^2 + MH^2 = D^2 + \left(x + \frac{a}{2}\right)^2 \quad (1)$$

Dans le triangle $S_2MK$ rectangle en K, appliquons la propriété de Pythagore :

$$d_2^2 = S_2M^2 = S_2K^2 + MK^2 = D^2 + \left(x + \frac{a}{2}\right)^2 \quad (2)$$

En faisant (2) – (1), on obtient :

$$d_2^2 - d_1^2 = \left(x + \frac{a}{2}\right)^2 - \left(x + \frac{a}{2}\right)^2$$

$$d_2^2 - d_1^2 = \left[\left(x + \frac{a}{2}\right) + \left(x - \frac{a}{2}\right)\right]\left[\left(x + \frac{a}{2}\right) - \left(x - \frac{a}{2}\right)\right]$$

$$d_2^2 - d_1^2 = 2ax$$

$$d_2^2 - d_1^2 = 2ax = (d_2 - d_1)(d_2 + d_1)$$

$$d_2 - d_1 = \frac{2ax}{d_2 + d_1} \approx \frac{2ax}{2D} = \frac{ax}{D}$$

La différence de marche est :

$$\boxed{d_2 - d_1 = \frac{ax}{D}}$$

**Q.T.143.** Quel est le rôle des phénomènes de diffraction et d'interférences ?

**Rép.** Les phénomènes de diffraction et d'interférences nous permettent d'affirmer que la lumière est une onde.

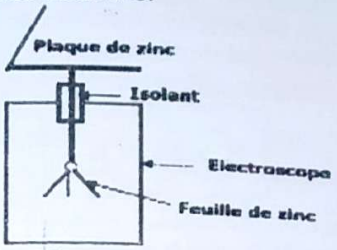




## IV.1. Effet photoélectrique

**Q.T.144.** Faire la mise en évidence de l'effet photoélectrique.

**Rép.** Une plaque de zinc bien propre, reliée à un électroscope chargé est éclairée par un arc-électrique:
- si la charge de l'électroscope est positive, l'écartement des feuilles est constant: l'électroscope reste chargé;
- si la charge de l'électroscope est négative, les feuilles retombent: électroscope se décharge, éclairée, la lame de zinc émet des électrons.




**Q.T.145.** Qu'appelle-t-on effet photoélectrique ?

**Rép.** C'est l'émission d'électron d'un métal lorsqu'il est éclairé par une lumière convenable.

**Q.T.146.** Quelles sont les propriétés du photon ?

**Rép.** Sa masse au repos nulle. Sa charge électrique est nulle. Il se déplace dans le vide à la vitesse $C = 3.10^8 m/s$. Son énergie est : $E = h\nu$ avec $\nu = \frac{C}{\lambda}$



Scanned by CamScanner

D'où: $E = h\frac{C}{\lambda}$ avec $\lambda$ longueur d'onde(en m) de l'onde électromagnétique associée au photon.

**Q.T.147.** Quelle est la condition de l'effet photoélectrique ?

**Rép.** L'effet photoélectrique se produit si l'énergie $E = h\nu$ d'un photon est au moins égale au travail d'extraction $W_0$ d'un électron de la cathode:

$E \geq W_0$; $h\nu \geq h\nu_0$ ; $\nu \geq \nu_0$ ; $\lambda_0 \geq \lambda$

L'effet photoélectrique n'est possible que si la longueur d'onde $\lambda$ de la lumière utilisée est inférieure à la longueur d'onde seuil $\lambda_0$ qui ne dépend que de la nature du métal constituant la photocathode.

**Q.T.148.** Interpréter la théorie d'EINSTEIN.

**Rép.** Pour expliquer l'effet photoélectrique, il faut considérer les radiations monochromatiques de fréquence $\nu$ comme des faisceaux de particules appelés **photons**. Chaque photon transporte une énergie E.

$$\boxed{E = h\nu = h\frac{C}{\lambda}}$$

E : Énergie d'un photon.

h : constante de Planck $h = 6{,}62.10^{-34}$J.s

C = célérité de la lumière $C = 3.10^8$m.s$^{-1}$

Un photon est un gain de lumière, une particule élémentaire relativiste.

**Q.T.149.** Définir les termes suivants : énergie d'extraction, potentiel d'arrêt, fréquence seuil



**Rép. Energie d'extraction $W_0$** : est l'énergie nécessaire pour extraire un électron d'un métal.

$$\boxed{W_0 = h\nu_0 = h\frac{C}{\lambda_0}}$$

Ou c'est l'énergie minimale que doit posséder un photon incident pour qu'il y ait effet photoélectrique.

**Potentiel d'arrêt :** La tension qu'il faut appliquer entre l'anode et la cathode pour annuler le courant photoélectrique, c'est une tension négative.

$$\boxed{U_0 = -\frac{E_{Cmax}}{e} = -\frac{h(\nu - \nu_0)}{e} = -\frac{hC}{e}\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)}$$

**Fréquence seuil** : C'est la fréquence minimale que doit posséder un photon incident pour extraire un électron d'un métal.

**Q.T.150.** Etablir les expressions littérales de :

a) l'énergie cinétique maximale;

b) la vitesse maximale ;

**Rép.** a) L'énergie cinétique maximale d'électrons à la sortie du métal est :

$$\boxed{E_{Cmax} = E - W_0 = h\nu - h\nu_0 = hC\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)}$$

b) La vitesse maximale d'électrons à la sortie du métal est :

$$\boxed{V_{max} = \sqrt{\frac{2E_{Cmax}}{m}} = \sqrt{\frac{2h(\nu - \nu_0)}{m}} = \sqrt{\frac{2hC}{m}\left(\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)\right)}}$$



Scanned by CamScanner

**Q.T.151.** Citer les constats expérimentaux de l'émission photoélectrique.

**Rép.** Les constatations expérimentales de l'émission photoélectrique sont :

1. Les électrons ne sont émis que si la fréquence de la lumière est suffisamment élevée et dépasse une fréquence limite appelée fréquence seuil
2. Cette fréquence seuil dépend du matériau et est directement liée à l'énergie de liaison des électrons qui peuvent être émis,
3. Le nombre d'électrons émis lors de l'exposition à la lumière, qui détermine l'intensité du courant électrique, est proportionnel à l'intensité de la source lumineuse,
4. L'énergie cinétique des électrons émis dépend linéairement de la fréquence de la lumière incidente.
5. Le phénomène d'émission photoélectrique se produit dans un délai extrêmement petit inférieur à $10^{-9}$ s après l'éclairage, ce qui rend le phénomène quasi instantané.

**Q.T.152.** Quelles sont les applications de l'effet photoélectrique ?

**Rép.** Les applications de l'effet photo-électrique seront l'électronique :

- l'ouverture automatique des portes ;
- les cellules des appareils photos ;
- le réglage automatique d'une photocopieuse ;
- Les panneaux solaires et les cellules photovoltaïques utilisent l'effet photoélectrique pour générer directement de l'énergie électrique à partir de la lumière du Soleil. Cette énergie sert également aux navettes spatiales pour leur fournir une pile au silicium ;



- déclenchement de signaux d'alarmes ;
- décompte d'objets opaques dans les supers marchés ;
- dans les cinémas sonores ;
- mise en marche des escaliers ;
- poudres fluorescentes utilisées dans les tubes fluorescents pour donner le fond continu au spectre de raies ;
- jouets pour enfants ;
- aiguilles de montre.

**Q.T.153.** Enoncer les lois de l'effet photoélectrique.

**Rép. Lois de l'effet photoélectrique**

**1ère lois de Lenard:**
L'émission photo électrique ne se produit que si la fréquence de radiation monochromatique tombant sur le métal est supérieure à la radiation limite caractéristique du métal considéré.
Cette émission est alors instantanée:

$$\frac{1}{2}mV_0^2 = eU_0$$

**2ème lois de Lenard:** L'intensité $I_s$ de saturation est proportionnelle à la puissance transportée par le faisceau lumineux reçu par la cathode.

$I_s = S \times \mathcal{P}$ où S est la sensibilité (en $A.W^{-1}$).

**3ème loi de Lenard :** L'énergie cinétique maximum ($E_{cmax}$) émis par la cathode est indépendante de la puissance du faisceau monochromatique incident. Elle ne dépend que la fréquence de la radiation monochromatique incidente et croit de façon affine avec cette fréquence.

**Q.T.154.** Etablir les expressions des vitesses des



Scanned by CamScanner

électrons émis sur la cathode $V_C$ et sur l'anode $V_A$.

**Rép.** Etablissons les expressions des vitesses des électrons émis $V_C$ et sur l'anode $V_A$ :

$$V_C = \sqrt{\frac{2}{m}(W - W_0)} = \sqrt{\frac{2}{m}\left(W - \frac{hC}{\lambda_0}\right)} = \sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0 \lambda}\right)}$$

$$V_A = \sqrt{\frac{2}{m}(W - W_0) + V_C^2} = \sqrt{\frac{2}{m}\left(W - \frac{hC}{\lambda_0}\right) + V_C^2}$$

$$V_A = \sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0 \lambda}\right) + V_C^2}$$

**Q.T.155.** Expliquer la dualité ondes-corpuscules.

**Rép.** Nous avons vu que certains phénomènes lumineux ne peuvent s'expliquer que par la théorie ondulatoire (interférences, diffraction), d'autres par la théorie corpusculaire (effet photoélectrique). Louis de Broglie (1923) le permet qui a le mérite de considérer ses deux théories comme complémentaire et son antagoniste.

Les deux aspects ondulatoires et corpusculaires des ondes électromagnétiques sont indiscernables :

Le rayonnement est à la fois une onde ou flux de photons. Les deux aspects sont liés par la relation :

$P = \frac{h}{\lambda}$ où P est la quantité de mouvement ou impulsion.



## IV.2. Niveau d'énergie (Réservé pour sciences mathématiques)

**Q.T.156.** Donner l'expression littérale des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène puis exemple pour les quatre premiers niveaux.

**Rép.** Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \quad \text{où } E_0 = 13{,}6 \text{ eV}; 1\text{eV} = 1{,}6.10^{-19}\text{J}$$

et n est un nombre entier non nul appelé nombre quantique principal.

. $n = 1$ correspond à l'état fondamental :

$E_1 = -13{,}6$ eV.

. $n > 1$ correspond aux états excités.

. Lorsque $n \to +\infty$; $E_n \to 0$; l'atome est à l'état ionisé.

**Exemple :** Les quatre premiers niveaux d'énergie ont pour valeur : $E_1 = -13{,}6$ eV ; $E_2 = -3{,}40$ eV ; $E_3 = -1{,}51$ eV; $E_4 = -0{,}85$ eV.

**Q.T.157.** Définir excitation, désexcitation d'un atome et ionisation d'un atome.

**Rép.** **Excitation d'un atome :** Un atome peut passer de son état fondamental à un état excité par apport d'énergie.

**Désexcitation d'un atome :** Tout atome a tendance, après excitation, à revenir spontanément à un état de niveau d'énergie inférieur plus stable en émettant un photon.



Scanned by CamScanner

**Ionisation d'un atome :** Un atome est dans un état ionisé lorsque l'énergie apportée est assez grande pour lui arracher l'électron (l'électron sera infiniment éloigné du proton).

**Q.T.158.** Expliquer comment déterminer les spectres d'émission et d'émission?

**Rép.** Pour déterminer le spectre d'émission d'un atome, on l'excite en lui fournissant de l'énergie. L'atome peut alors émettre de la lumière dont l'analyse permet d'observer des raies fines claires, sur un fond noir, correspondant à certaines longueurs d'onde, caractéristiques de l'atome considéré.

Pour déterminer le spectre d'absorption d'un atome, on fait analyser de la lumière blanche qui a traversé de la substance constituée par cet atome. On constate alors des raies noires, sur un fond clair, correspondant aux longueurs d'onde qu'émettrait cette substance si elle était excitée.

**Q.T.159.** Comment obtenir un spectre atomique ?

**Rép.** Le spectre atomique peut être obtenu à l'aide d'un spectroscope à prisme ou à réseau. On peut observer des spectres d'émission et des spectres d'absorption.

**Q.T.160.** Expliquer la quantification de l'énergie d'un atome d'hydrogène ?

**Rép.** Spectre d'une source lumineuse :( $\lambda$ou $\nu\lambda$ ou $\nu$ qui composent l'onde électromagnétique de la source)

On peut avoir un spectre continu (lampe thermique, soleil), ou un spectre de raies (discontinues, lampe à sodium ou mercure-cadmium)

Le spectre de l'hydrogène est un spectre de raies, qu'on



a regroupées par séries :
Lyman (UV), Balmer (Visible), Paschen, Brackett (IR)...
La position de toutes les raies s'obtient par une formule simple, la formule de Rydberg-Ritz :

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

(Où n et $m \in \mathbb{N}^*$ et tels que $n < m$) ;

$R_H = 10979708{,}01\,m^{-1}$ : constante de Rydberg.

Remarque : Pour $n = 1$, on retrouve la série de Lyman

Pour $n = 2$, la série de Balmer...

**Q.T.161.** Enoncer les Postulats de Bohr.

**Rép. 1er postulat :** « les équations d'énergie de l'atome sont quantifiés »

**2e postulat :** « l'atome ne peut exister que dans certains états bien définis, caractérisés par un niveau d'énergie »

**3e postulat :** « Un photon de fréquence $\nu_{n,p}$ est émis lorsque l'atome fait une transition entre deux niveaux d'énergie : $E_n$ et $E_P$, tels que :

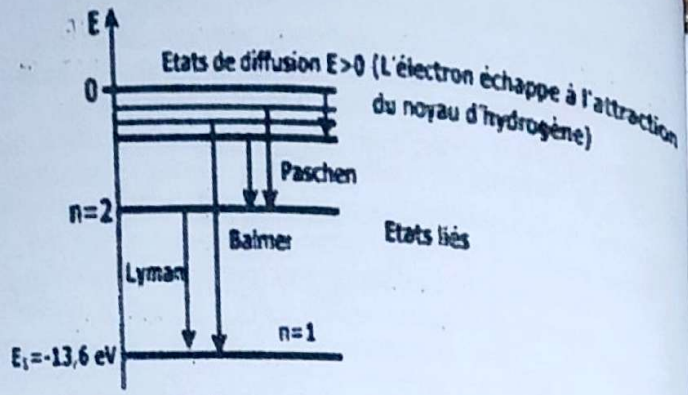
$E_n - E_P = h\nu_{n,p}$ avec $E_n > E_p$.

**Q.T.162.** Faire le diagramme des niveaux d'énergie de L'atome d'hydrogène.

**Rép.** Diagramme des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.



Scanned by CamScanner




Les états sont indexés par $n \in \mathbb{N}^*$, d'énergie

$$E_n = -\frac{R_H hC}{n^2} - \frac{-13,6}{n^2} eV$$

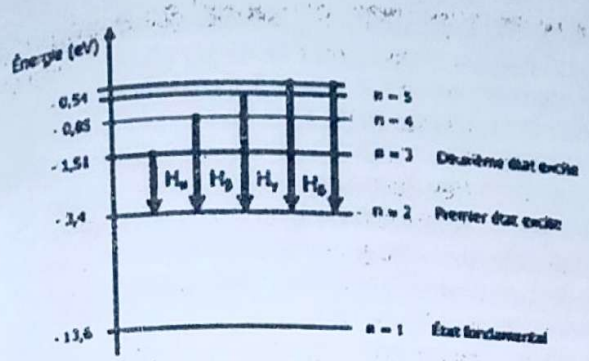
Pour $n = 1 : E_1 = -13,6$ eV: c'est l'état fondamental
Les états $n > 1$ correspondent à des états excités.
Lorsque.$n \to +\infty, E \to 0$.

**Q.T.163.** Quelles sont les séries de raies d'émission ? Représenter le diagramme de ces séries.

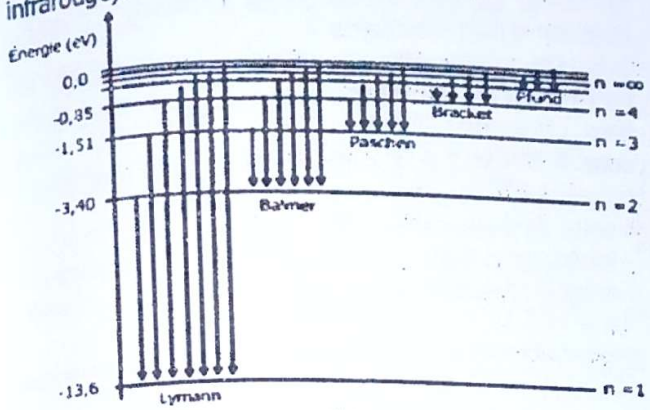
**Rép.** L'ensemble des raies qui constituent le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène peut être classé en séries, une série correspondant aux transitions qui aboutissent au même niveau d'énergie.
Nous avons 5 séries :

- pour,$n = 1, p > 1$: série de LUMAN ( spectre ultraviolet);
-pour ;$n = 2$; $p > 2$: série de BALMER (spectre visible) contenant 4 raies du spectre ($H_\alpha, H_\beta, H_\gamma$; $H_\delta$).






- pour $n = 3$; $p > 3$ : série de PASCHEN (spectre infrarouge);
- pour $n = 4$; $p > 4$ : série BRACKET (spectre infrarouge);
- pour $n = 5$; $P > 5$ : série de PFUND (spectre infrarouge).






Scanned by CamScanner

**Q.T.164.** Qu'appelle-t-on noyau atomique ? Nucléides ? Isotopes ? Isobares ?

**Rép. Noyau atomique :** Le noyau atomique est la partie centrale de l'atome. Il est constitué de protons et de neutrons (les nucléons).

**Nucléide :** Un nucléide (du latin: nucleus) est un type d'atome (ou de noyau atomique) caractérisé par le nombre de protons et de neutrons qu'il contient. Il est symbolisé par : ${}^{A}_{Z}X$ et ${}_{Z}X^{A}$.

**Isotope :** Les nucléides d'un élément chimique particulier avec le même numéro atomique mais des nombres de neutrons différents s'appellent isotopes de cet élément.

**Exemples :** ${}^{12}_{6}C_6$; ${}^{13}_{6}C_6$; et ${}^{14}_{6}C_8$

**Isobares :** est l'ensemble de deux noyaux différents, ayant même nombre de masse.

**Exemples :** ${}^{17}_{7}N_{10}$; ${}^{17}_{8}O_9$; ${}^{17}_{6}F_8$

**Q.T.165.** Qu'appelle-t-on défaut de masse ? Quelles sont ses unités principales ?

**Rép.** On appelle défaut de masse $\Delta m$ la différence entre la masse des nucléons séparés et la masse du noyau (nucléons liés) :

$$\Delta m = Z \times m_p + N \times m_n - m_{noyau}$$

Les principales unités de la masse sont :

- unité de masse atomique (u) ;
- kilogramme (kg) ;
- mégaélectronvolt par $C^2$ : $MeV/C^2$.

$1u = 1{,}67.10^{-27} kg = 931{,}5\ MeV/C^2$



**Q.T.166.** Après avoir défini le noyau radioactif, donner ses propriétés.

**Rép.** Un noyau radioactif est un noyau instable (le père) qui se désintègre en noyau stable (le fils souvent excité) et d'autres particules.

Cette décomposition du noyau radioactif, est spontanée dans le cas de la radioactivité naturelle est un processus aléatoire. Comme le nombre de noyaux est très grand, un traitement statistique permet d'étudier la probabilité de désintégration au cours du temps, probabilité indépendante de la date choisie (« un noyau meurt sans vieillie »).

Le nombre de noyaux d'un échantillon radioactif suit la loi de décroissance radioactive $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ et l'activité se définie par :

$$A(t) = -\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N(t) \text{ où } \lambda \text{ est la constante radioactive.}$$

**Q.T.167.** Définir les énergies de liaison $E_l$ et de liaison par nucléon $E_{l/A}$.

**Rép.** L'énergie de liaison $E_l$ est l'énergie qu'il faut fournir pour briser un noyau en ses nucléons.

$$\boxed{E_l = \Delta m C^2}$$

L'énergie de liaison par nucléon est le quotient de l'énergie de liaison par le nombre de nucléons $E_{l/A}$.

$$\boxed{E_{l/A} = \frac{E_l}{A}}$$



Scanned by CamScanner

**Q.T.168.** Qu'est-ce qu'une réaction de désintégration ?

**Rép.** La désintégration radioactive est une réaction nucléaire spontanée au cours de laquelle un noyau radioactif donne naissance à un noyau plus stable. La désintégration radioactive du noyau instable, appelé noyau père et noté ${}^{A}_{Z}X$, s'accompagne de l'émission :

d'un noyau fils.

**Q.T.169.** Quelles sont la masse et les dimensions du noyau ?

**Rép.** **Noyau d'un atome** : le noyau d'un atome est assimilé à une sphère dont le noyau est de l'ordre de $10^{-15}$m soit 1fermi. Le rayon du noyau est :

$$R = R_0 . A^{\frac{1}{3}} = 1{,}2.10^{-15} . A^{\frac{1}{3}} \Rightarrow R_0 = 1{,}2.10^{-15}\text{m}$$

avec A nombre de masse.

**Masse du noyau :** la masse d'un noyau est définie par : $\boxed{M_{noyau} = m_a - Z.m_e}$

$M_{noyau}$ : masse du noyau ; $m_a$: masse de l'atome et $m_e$: masse des électrons.

**Volume du noyau:** Le volume du noyau étant de forme sphérique de rayon R de l'ordre de quelques fermis (1fm = $10^{-15}$m): $\boxed{V_N = \frac{4\pi}{3}R^3}$

**Masse volumique du noyau :** La masse atomique du noyau étant sensiblement égale à la masse du noyau :



$$\rho_N = \frac{M_N}{V_N} = \frac{M_N}{\frac{4\pi}{3}R^3} = \frac{3M_N}{4\pi R^3} \Rightarrow \boxed{\rho_N = \frac{3M_N}{4\pi R^3}}$$

$\rho_N$: en kg/m$^3$; $M_N$: en kg; $V_N$: en m$^3$

**Densité de charge électrique du noyau :** Comme l'atome est électriquement neutre, la charge électrique négative doit être compensée par la charge positive du noyau Z. e :

$$\delta_N = \frac{Z.e}{V_N} = \frac{Z.e}{\frac{4\pi}{3}R^3} = \frac{3.Z.e}{4\pi R^3} \Rightarrow \boxed{\delta_N = \frac{3.Z.e}{4\pi R^3}}$$

**Q.T.170.** Donner l'expression littérale de l'énergie libérée lors de la formation d'une mole de particule ? Autres expressions de l'énergie libérée.

**Rép.** L'énergie libérée lors de la formation d'une mole de particule :

$$\boxed{E_{lib/mole} = E_{lib} \times N_A}$$

Autres expressions de l'énergie libérée :

$$\boxed{E_{lib} = \sum m_{avant} - \sum m_{après}}$$

$$\boxed{E_{lib} = \sum (E_{l/n}) \times A_{\text{des produits}} - \left(\sum E_{l/n}\right) A_{\text{des réactifs}}}$$

**Q.T.171.** Citer les différents types de radioactivité puis les définir.

**Rép.** Il existe deux types de radioactivité :

La radioactivité spontanée.



Scanned by CamScanner

La radioactivité provoquée.

**La radioactivité spontanée :** Il n'y a pas d'intervention humaine.

Elle se produit sur des noyaux instables.

Elle se traduit par la désintégration d'un noyau père qui émet une particule, un rayonnement électromagnétique (gamma) et donne un noyau fils.

**La radioactivité provoquée :** Elle est artificielle et provoquée par une intervention humaine.

On peut distinguer :

La fusion : qui se produit sur des noyaux légers qui fusionnent pour donner un noyau plus lourd en émettant une particule et un rayonnement.

La fission : un noyau lourd éclate sous l'impact d'un noyau ou d'une particule projectile et donnent deux noyaux plus légers plus un rayonnement et une ou plusieurs particules.

**Q.T.172.** Le Plutonium 239 est un élément lourd artificiel, il fait partie des déchets radioactifs produits dans les centrales nucléaires. Il est utilisé pour la fabrication des têtes nucléaires, ce qui a été pendant longtemps sa seule utilisation. Il est désormais mélangé à de l'Uranium pour constituer le Mox utilisé comme combustible dans les centrales nucléaires.

Le $^{239}Pu$ est fissile, sa chaîne de décroissance conduit au $^{207}Pb$ qui lui est stable. En fait, le $^{239}Pu$ ne se désintègre pas directement en $^{207}Pb$, mais à travers une suite de noyaux fils issus de désintégrations radioactives $\alpha$ et $\beta$ successives, c'est cette chaîne que l'on se proposé



d'étudier. Déterminer le nombre de désintégrations $\alpha$ et $\beta^-$.

**Rép.** Déterminons le nombre de désintégrations $\alpha$ et $\beta^-$: $^{239}_{94}Pu \rightarrow {}^{207}_{82}Pb + x^4_2He + y^0_{-1}e$

- conservation du nombre de masses (ou de nucléons) :

$239 = 207 + 4x + 0 \Leftrightarrow 32 = 4x \Rightarrow x = 8$

- conservation du nombre de charges :

$94 = 82 + 2x - y \Leftrightarrow -4 = -y \Rightarrow y = 4$

$94 = 82 + 2x - y \Leftrightarrow -y = 94 - 82 - 16 = -4$

$\Rightarrow y = 4$

D'où: $^{239}_{94}Pu \rightarrow {}^{207}_{82}Pb + 8^4_2He + 4^0_{-1}e$

**Q.T.173.** Quelle différence faites-vous entre les énergies de liaison et libérée ?

**Rép.** L'énergie de liaison est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau pour séparer les différents nucléons qui le composent tandis que l'énergie libérée est l'énergie que dégage une transformation nucléaire (qui modifie la structure d'un noyau).

**Q.T.174.** Définir la loi de la décroissance radioactive.

**Rép.** La décroissance radioactifs est la réduction du nombre de noyaux radioactifs (instables) dans un échantillon.

**Q.T.175.** Est-ce que le cobalt est radioactif ?

**Rép.** Les principaux isotopes radioactifs du cobalt sont $^{57}Co$ , $^{58}Co$ et $^{60}Co$. Le $^{60}Co$ présente la période radioactive la plus longue. Le cobalt stable ($^{59}Co$) est



Scanned by CamScanner

présent dans l'environnement, à une concentration moyenne de 23 ppm dans l'écorce terrestre.

**Q.T.176.** Comment la radioactivité soigne le cancer ?

**Rép.** Les rayonnements ionisants émis par les radionucléides transportés par cette molécule détruisent les cellules cancéreuses en endommageant leur ADN, qui entraîne un rétrécissement de la tumeur.

**Q.T.177.** Comment s'appelle la technologie de traitement externe du cancer ?

**Rép.** La radiothérapie en pratique. La radiothérapie est un traitement locorégional couramment utilisé dans la prise en charge des cancers. Elle vise à détruire les cellules cancéreuses par irradiation.

**Q.T.178.** Ecrire les équations traduisant :

1. L'émission d'une particule $\alpha$ par un noyau de radium :

$^{226}_{88}Ra \rightarrow \alpha + \cdots$

2. L'émission d'une particule $\beta^-$ par un noyau de bismuth :

$^{210}_{83}Bi \rightarrow \beta^- + \cdots$

3. L'émission d'une particule $\beta^+$ $\beta^+$par un noyau de phosphore :

$^{30}_{15}P \rightarrow \beta^+ + \cdots$

On donne un extrait du tableau périodique $_{81}Tl$, $_{82}Pb$, $_{83}Bi$, $_{84}Po$, $_{85}At$, $_{86}Rn$, $_{87}Fr$, $_{88}Ra$, $_{89}Ac$, $_{90}Th$, $_{13}Al$, $_{14}Si$, $_{15}P$, $_{16}S$, $_{17}Cl$.

**Rép.** Ecrivons les équations traduisant :

**1)** $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{222}_{86}Ra$

**2)** $^{210}_{83}Bi \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{210}_{84}Po$



**3)** $^{30}_{15}P \rightarrow {}^{0}_{+1}e^{+} + {}^{30}_{14}Si$

**Q.T.179.** **a.** Quels sont les trois types de radioactivités ?

**b.** Donner le nom et le symbole de la particule émise dans chacun des cas.

**Rép.**a. Les trois types de radioactivité sont : radioactivité $\alpha$, $\beta^-$ et $\beta^+$.

**b.** Donnons le nom et le symbole de la particule émise dans chacun des cas :

$\alpha$ est le noyau d'hélium, noté $^{4}_{2}He$ , $\beta^-$ est l'électron, noté $^{0}_{-1}e$ et $\beta^+$ positon, noté $^{0}_{+1}e^{+}$.

**Q.T.180.** 1° Enoncer les lois auxquelles obéit une réaction de radioactivité.

2° Compléter les équations suivantes en indiquant le nombre de charge et le nombre de masse du noyau fils :

**a)** $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}Th + {}^{4}_{2}He$; **b)** $^{12}_{6}C \rightarrow {}^{A}_{Z}N + {}^{0}_{-1}e$ ;

**c)** $^{12}_{7}N \rightarrow {}^{A}_{Z}C + {}^{0}_{+1}e$

**Rép.** 1° Lois de conservation du nombre de nucléons et du nombre de charge :

- le nombre de nucléons du noyau père est égal à la somme des nombres de nucléons de noyau fils et de la particule émise ;
- le nombre de charge du noyau père est égal à la somme des nombres de charge de noyau fils et de la particule émise.

2° Complétons les équations suivantes en indiquant le nombre de charge et le nombre de masse du noyau fils :

**a)** $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}Th + {}^{4}_{2}He$



Scanned by CamScanner

- conservation du nombre de nucléons :

$238 = A + 4 \Leftrightarrow A = 238 - 4 = 232 \Rightarrow \mathbf{A = 232}$

- conservation du nombre de charge :

$92 = Z + 2 \Leftrightarrow Z = 92 - 2 = 90 \Rightarrow \mathbf{Z = 90}$

**D'où :** $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{232}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$

**b)** $^{12}_{6}C \rightarrow {}^{A}_{Z}N + {}^{0}_{-1}e$

- conservation du nombre de nucléons :

$12 = A + 0 \Rightarrow \mathbf{A = 12}$

- conservation du nombre de charge :

$6 = Z - 1 \Leftrightarrow Z = 6 + 1 = 7 \Rightarrow \mathbf{Z = 7}$

**D'où :** $^{12}_{6}C \rightarrow {}^{12}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$

**c)** $^{12}_{7}N \rightarrow {}^{A}_{Z}C + {}^{0}_{+1}e$

- conservation du nombre de nucléons :

$12 = A + 0 \Rightarrow \mathbf{A = 12}$

- conservation du nombre de charge :

$7 = Z + 1 \Leftrightarrow Z = 7 - 1 = 6 \Rightarrow \mathbf{Z = 6}$

**D'où :** $^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\nu$

**Q.T.181.** Le sodium $^{23}_{11}Na$ est radioactif $\beta^-$.

1. Ecrire son équation de désintégration et nommer le noyau fils.
2. Au cours de cette désintégration, des rayonnements $\gamma$ sont émis.

Quelle est leur origine ?

**Rép.** Le sodium $^{23}_{11}Na$ est radioactif $\beta^-$.

1. Ecrivons son équation de désintégration et nommons le noyau fils :

$$^{23}_{11}Na \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + {}^{0}_{-1}e$$

En appliquant les lois de conservation, on a :



- conservation du nombre de nucléons :

$23 = A + 0 \Rightarrow \mathbf{A = 23}$

- conservation du nombre de charge :

$11 = Z - 1 \Leftrightarrow Z = 11 + 1 = 12 \Rightarrow \mathbf{Z = 12}$

L'élément de numéro atomique $\mathbf{Z = 12}$ est la magnésium.

**D'où:** $^{23}_{11}Na \rightarrow {}^{23}_{12}Mg + {}^{0}_{-1}e$

2. Certains noyaux de magnésium sont dans un état excité. Les rayonnements $\gamma$ sont émis lors de leur désexcitation.

**Q.T.182.** Un noyau de polonium $^{210}_{84}Po$ peut-être soit émetteur $\alpha$, soit émetteur $\beta^-$. Ecrire les deux réactions correspondantes et nommer le noyau fils dans chacun des cas, en utilisant le tableau de classification périodique.

**Rép.** Ecrivons les deux réactions correspondantes et nommons le noyau fils dans chacun des cas, en utilisant le tableau de classification périodique :

$$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e$$

En appliquant les lois de conservation, on a :

- conservation du nombre de nucléons :

$210 = A + 0 \Rightarrow \mathbf{A = 210}$

- conservation du nombre de charge :

$84 = Z - 1 \Leftrightarrow Z = 84 + 1 = 85 \Rightarrow \mathbf{Z = 85}$, le noyau fils est l'astate.

$$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{210}_{85}At + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

$$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He$$

En appliquant les lois de conservation, on a :



Scanned by CamScanner

- conservation du nombre de nucléons :
$210 = A + 4 \Leftrightarrow A = 210 - 4 = 206 \Rightarrow \mathbf{A = 206}$
- conservation du nombre de charge :
$84 = Z + 2 \Leftrightarrow Z = 84 - 2 = 82 \Rightarrow \mathbf{Z = 82}$
**D'où:** $^{210}_{84}\mathbf{Po} \rightarrow {}^{206}_{82}\mathbf{Pb} + {}^{4}_{2}\mathbf{He}$

**Q.T.183.** 1° La de décroissance radioactive a pour expression : $\mathbf{N(t) = N_0 e^{-\lambda t}}$
Que représente chacune des grandeurs apparaissant dans cette relation ?
2° Quelle relation existe-t-il entre $\tau$ et $\lambda$?
3° Préciser l'unité S.I. utilisée pour chacune de ces grandeurs.

**Rép.** 1° N et $N_0$ sont respectivement les nombres de noyaux radioactifs à l'instant t et $t_0$.
$\lambda$ est la constante radioactive et $\tau$ est la constante du temps.
2° Relation qui existe entre $\tau$ et $\lambda$ :
$\tau = \frac{1}{\lambda}$.
3° Précisons l'unité S.I. utilisée pour chacune de ces grandeurs :
$\tau$, constante de temps est en seconde (s) et $\lambda$, constante radioactive est par seconde ($s^{-1}$).

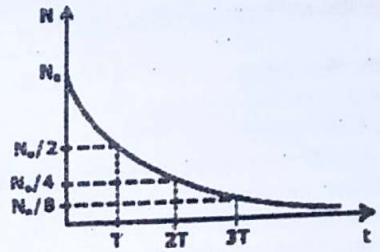
**Q.T.184.** 1. Définir le temps de demi-vie d'un échantillon radioactif et donner son expression en fonction de la constante de temps $\tau$.
2. $N_0$ est le nombre de noyaux précis dans un échantillon radioactif à l'instant $t_0$, indiquer le nombre



de noyaux aux instants : $t = 0, t = T, t = 2T, t = 3T$.
Construire la courbe de décroissance correspondante.

**Rép.** 1. Le temps de demi-vie d'un échantillon radioactif et son expression en fonction de la constante de temps $\tau$ :
La demi-vie d'un échantillon radioactif est la durée au bout de laquelle son activité est divisée par deux :
$T = \ln 2\tau$.
2. Chaque durée T divise par deux le nombre de noyaux radioactifs précédents :

| Durée | 0 | T | 2T | 3T |
|---|---|---|---|---|
| Nombre de noyaux | $N_0$ | $\frac{N_0}{2}$ | $\frac{N_0}{2^2}$ | $\frac{N_0}{2^3}$ |




**Q.T.185.** 1. Définir l'activité d'un échantillon radioactif.
2. Donner son expression et son unité S.I.
3. Quelle est la relation entre l'activité et le nombre de noyaux radioactifs présents dans un échantillon ?

**Rép.** 1. Définition de l'activité d'un échantillon radioactif :
L'activité d'un échantillon radioactif est le nombre de



Scanned by CamScanner

désintégrations par seconde.
2. Donnons son expression et son unité S.I. :

$$\mathbf{A = \frac{|\Delta N|}{\Delta t}}$$

L'unité S.I. est le Becquerel (Bq).
3. Relation entre l'activité et le nombre de noyaux radioactifs présents dans un échantillon :
L'activité d'un échantillon radioactif dépend de la constante radioactive et du nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon : $\mathbf{A = \lambda N}$

**Q.T.186.** Faire la différence entre la fission nucléaire et la fusion nucléaire.
**Rép.** La fission du nucléaire est le principe physique qui est utilisé dans le parc de réacteurs nucléaires actuel. La Fusion est un concept étudié dès les années 50, mais aucun réacteur n'utilise encore cette technologie.
**Q.T.187.** Citer les utilisations pratiques de la radioactivité.
**Rép.** 1) Mesure des âges.
2) Usage de traceurs biologiques.
3) Irradiations thérapeutiques.
**Q.T.188.** Qu'appelle-t-on période radioactive ou demi-vie puis établir son expression? Vie moyenne ? Activité de la source radioactive ?
**Rép.** La <u>période</u> (ou demi-vie) est le temps au bout duquel le nombre de noyaux initialement présent a été divisé par un facteur 2.

$$\text{A l'instant } t = T, N = \frac{N_0}{2}, c'est - à - dire$$



$$N_0 e^{-\lambda T} = \frac{N_0}{2} \Leftrightarrow e^{-\lambda T} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \ln e^{-\lambda T} = \ln \frac{1}{2}$$

$$\Leftrightarrow -\lambda T = -\ln 2 \Rightarrow \boxed{\mathbf{T = \frac{\ln 2}{\lambda}}}$$

La vie moyenne est l'inverse de la constante radioactive.

$$\boxed{\tau = \frac{1}{\lambda}}$$

L'activité A :L'activité radioactive d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégration qu'il produit par unité de temps.

$$A = -\frac{dN}{dt} = -\frac{d}{dt}(N_0 e^{-\lambda t}) = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$$

Soit: $\boxed{\mathbf{A = A_0 e^{-\lambda t}}}$

**Q.T.189.** Quelles sont les unités de l'activité ?
**Rép.** Unités : son unité légale est le becquerel (Bq) est et autre le Curie (Ci).
1 Bq = $2{,}7.10^{-11}$Ci = 27pCi ; 1Ci = $3{,}7.10^{10}$Bq
**Q.T.190.** Qu'appelle-t-on réactions nucléaires spontanées ? provoquées ?
**Rép.** Une réaction nucléaire est dite spontanée, lorsque les noyaux atomiques en jeu sont ceux de substances radioactives, naturelles ou artificielles.
Une réaction nucléaire est dite provoquée quand un noyau cible est frappé par un noyau ou une particule projectile.



Scanned by CamScanner

**Q.T.191.** Définir les radioactivités $\alpha$, $\beta^-$, $\beta^+$ et $\gamma$. Ecrire les équations des réactions nucléaires pour une émission $\alpha$, $\beta^-$ ou $\beta^+$ en appliquant les lois de conservation.

**Rép.** La radioactivité $\alpha$ correspond à l'émission de noyaux d'hélium ${}^{4}_{2}He$ (appelés rayons, ou particules, $\alpha$) par certains noyaux.

Equation générale : ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$

Exemple : ${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$

La radioactivité $\beta^-$ correspond à l'émission d'électrons (appelés rayons, ou particules $\beta$) par certains noyaux.

Equation générale : ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$

Exemple : ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$

La radioactivité $\beta^+$ existe surtout pour les nucléides artificiels.

Equation générale : ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\nu$

Exemple : ${}^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\nu$

Si le noyau fils issu d'une désintégration radioactive $\alpha$ ou $\beta$ est dans un état excité, l'excédent d'énergie est libéré sous forme de rayonnement électromagnétique $\gamma$ de très haute fréquence (de l'ordre de Hz).

Equation générale : ${}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{0}\gamma$

Exemple :

${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th^{*} + {}^{4}_{2}He$ suivi ${}^{234}_{90}Th^{*} \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{0}_{0}\gamma$

**Q.T.192.** De quoi dépend le nombre de désintégrations ?



**Rép.** - De la durée $\Delta t$ écoulée : plus $\Delta t$ est grand, plus il y a de désintégrations.

- Du nombre N de noyaux de l'échantillon : plus l'échantillon comporte de noyaux instables, plus il y a de désintégrations pendant un intervalle de temps donné.
- De la probabilité de désintégration d'un noyau en une seconde, appelée $\lambda$, constante de radioactivité du noyau considéré.

**Q.T.193.** Qu'appelle-t-on fusion ? fission ? Exemple.

**Rép.** Il y a fusion lorsque deux noyaux légers s'unissent et constituent un noyau plus lourd.

Exemple : ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

Il y a fission nucléaire lorsque le choc d'un neutron avec un noyau lourd brise ce dernier en noyau plus légers.

Exemple : ${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + 2{}^{1}_{0}n$

${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{91}_{36}Kr + {}^{142}_{56}Ba + 3{}^{1}_{0}n$

**Q.T.194.** Quelles sont les utilisations de la radioactivité en médecine?

**Rép.** En médecine, la radioactivité est utilisée pour poser des diagnostics (radiographie, scanner, scintigraphie etc.), pour la stérilisation du matériel médical et également dans des buts thérapeutiques, principalement la radiothérapie externe ou interne.

**Q.T.195.** Comment se protéger des dangers de la radioactivité ?

**Rép.** Mettez-vous à l'abri dans un bâtiment en dur, fermez portes et fenêtres et coupez la ventilation. Si vous êtes dans un véhicule, gagner un abri (immeuble, logement..) le plus rapidement possible. Un véhicule



Scanned by CamScanner

n'est pas une bonne protection.

**Q.T.196.** Citer les effets biologiques de la radioactivité.

**Rép.** Les radiations endommagent l'ADN de nos cellules. Heureusement, les cellules possèdent des mécanismes de réparation efficaces. Néanmoins, il se peut que des dommages subsistent, ce qui peut provoquer toute sorte de dysfonctionnements, notamment des cancers.

**Q.T.197.** Comment détermine-t-on l'âge d'une roche ou des objets anciens ?

**Rép.** La connaissance du nombre de noyaux restant à l'instant t : N, $N_0$ et $\lambda$ permet de déduire t :

On a : $N = N_0 e^{-\lambda t}$, d'où $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$,

soit : $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \ln e^{-\lambda t}$, c'est-à-dire $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$

donc : $t = \frac{T}{\ln 2} \ln\left(\frac{N_0}{N}\right)$ et $t = \frac{T}{\ln 2} \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$

**Q.T.198.** Sur quelles réactions nucléaires se reposent les bombes H et A ?

**Rép.** La bombe H, encore appelée bombe à hydrogène ou bombe thermonucléaire, utilise le principe de la fusion nucléaire pour produire une explosion d'une puissance énorme.

La bombe A, communément appelée bombe atomique, bombe à fission ou bombe nucléaire, est un engin explosif où l'énergie est obtenue par la fission nucléaire d'une masse critique d'éléments fissiles comme l'uranium 235 ou le plutonium 239.

**Q.T.199.** Citer les familles radioactives. Exemples.



**Rép.** La suite d'éléments aboutit, dans chaque famille, après un certain nombre de désintégrations, à un produit stable, c'est-à-dire non radioactif.

On suppose que les éléments, stables ou non, ont été produits lors de la formation de la Terre par agrégation de nucléons, les éléments radioactifs à vie trop courte (ex. : le neptunium) ayant disparu.

Il existe 3 familles radioactives :

- la famille de thorium 232 : $^{232}_{90}Th$

Exemple :

$$^{232}_{90}Th \rightarrow {}^{208}_{82}Pb + 6\,^{4}_{2}He + 4\,{}^{0}_{-1}e$$

- la famille de l'uranium 235 : $^{235}_{92}U$

Exemple :

$$^{235}_{92}U \rightarrow {}^{207}_{82}Pb + 7\,^{4}_{2}He + 4\,{}^{0}_{-1}e$$

- la famille de l'uranium 238 : $^{238}_{92}U$.

Exemple :

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + 8\,^{4}_{2}He + 6\,{}^{0}_{-1}e$$

**Q.T.200. EXTRAIT BAC –UNIQUE SESSION 2010 SM**

Le thorium $^{232}_{90}Th$ est un émetteur radioactif $\alpha$.

1. Définir la radioactivité $\alpha$.
2. Ecrire l'équation bilan de sa désintégration radioactive sachant qu'elle conduit au radium **Ra**.

**Rép. EXTRAIT BAC –UNIQUE SESSION 2010 SM**

Le thorium $^{227}_{90}Th$ est un émetteur radioactif $\alpha$.



Scanned by CamScanner

1. Définition de la radioactivité $\alpha$.
La radioactivité alpha (ou rayonnement alpha, symbolisé $\alpha$) est le rayonnement provoqué par la désintégration alpha, où un noyau atomique éjecte une particule alpha et se transforme en un noyau de nombre de masse diminué de 4 et de numéro atomique diminué de 2.
2. Ecrivons l'équation bilan de sa désintégration radioactive sachant qu'elle conduit au radium $\mathbf{Ra}$.

$^{227}_{90}\mathbf{Th} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathbf{He} + {}^{A}_{2}\mathbf{Ra}$

- conservation du nombre de nucléons :

$227 = 4 + A \Leftrightarrow A = 227 - 4 = 223 \Rightarrow \mathbf{A = 223}$

- conservation du nombre de charge :

$90 = 2 + Z \Leftrightarrow Z = 90 - 2 = 88 \Rightarrow \mathbf{Z = 88}$

**D'où:** $^{227}_{90}\mathbf{Th} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathbf{He} + {}^{223}_{88}\mathbf{Ra}$

**Q.T.201. EXTRAIT BAC –UNIQUE SESSION 2011 SM**
Quelles sont les lois de conservation qui régissent une désintégration nucléaire spontanée ? Préciser-les.

**Rép. EXTRAIT BAC –UNIQUE SESSION 2011 SM**
Les lois de conservation qui régissent une désintégration nucléaire spontanée sont :
- conservation du nombre de nucléons ;
- conservation du nombre de charge.

**Q.T.202. EXTRAIT BAC –UNIQUE SESSION 2012 SE / 2015 SM** : Définir la radioactivité

**Rép. EXTRAIT BAC –UNIQUE SESSION 2012 SE / 2015 SM** : La radioactivité est la propriété naturelle de certains noyaux atomiques à émettre de façon spontanée un rayonnement.



**Q.T.203. EXTRAIT BAC –UNIQUE SESSION 2013 SM**
Par une série de désintégrations radioactives de l'uranium $^{238}_{92}\mathbf{U}$ se transforme en plomb $^{206}_{82}\mathbf{Pb}$. Certaines étapes correspondent à une radioactivité $\alpha$ et les autres à une radioactivité $\beta^-$. Ecrire l'équation de la transformation globale et déterminer le nombre de particule $\alpha$ et $\beta^-$ émises.

**Rép. EXTRAIT BAC –UNIQUE SESSION 2013 SM**

$^{238}_{92}\mathbf{U} \rightarrow {}^{206}_{82}\mathbf{Pb} + \mathbf{x}\,{}^{4}_{2}\mathbf{He} + \mathbf{y}\,{}^{0}_{-1}\mathbf{e}$

- conservation du nombre de nucléons :

$238 = 206 + 4x \Leftrightarrow 4x = 238 - 206 = 32 \Rightarrow \mathbf{x = 8}$

- conservation du nombre de charge :

$92 = 82 + 2x - y \Leftrightarrow -y = 92 - 82 - 16 \Rightarrow \mathbf{y = 6}$

**D'où:** $^{238}_{92}\mathbf{U} \rightarrow {}^{206}_{82}\mathbf{Pb} + 8\,{}^{4}_{2}\mathbf{He} + 6\,{}^{0}_{-1}\mathbf{e}$

**Q.T.204. EXTRAIT BAC –UNIQUE SESSION 2016 SM**
Le radon $^{222}_{86}\mathbf{Rn}$ est nucléide de la famille radioactive de l'uranium qui à la suite des désintégrations de type $\alpha$ et $\beta^-$ conduit au plomb $^{206}_{82}\mathbf{Pb}$.
a. Déterminer le nombre de désintégrations de type $\alpha$ et de type $\beta^-$ permettant de passer du radon au noyau de plomb $^{206}_{82}\mathbf{Pb}$.
b. On considère une masse $m_0$ à une date choisie comme origine de temps. La période de radon est notée par T. Déterminer la masse de radon restant au de 1, 2,..., n périodes. En déduire la masse de radon désintégré au bout de n périodes.



Scanned by CamScanner

**Rép. EXTRAIT BAC –UNIQUE SESSION 2016 SM**

a. Déterminons le nombre de désintégrations de type $\alpha$ et de type $\beta^-$ permettant de passer du radon au noyau de plomb $^{206}_{82}Pb$ :

$^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + x\,{}^{4}_{2}He + y\,{}^{0}_{-1}e$

- conservation du nombre de nucléons :

$222 = 206 + 4x \Leftrightarrow 4x = 222 - 206 = 16 \Rightarrow x = \frac{16}{4} = 4$

- conservation du nombre de charge :

$86 = 82 + 2x - y \Leftrightarrow -y = 86 - 82 - 8 = -4 \Rightarrow y = 4$

D'où: $^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + 4\,{}^{4}_{2}He + 4\,{}^{0}_{-1}e$

b. Déterminons la masse de radon restant au de 1, 2,..., n périodes.

En vertu de la loi de décroissance radioactive :

$$m = m_0 e^{-\lambda t} = \frac{m_0}{e^{\lambda t}} = \frac{m_0}{e^{\frac{\ln 2}{T}t}} = \frac{m_0}{e^{\frac{t}{T}\ln 2}} = \frac{m_0}{e^{\ln 2^{\frac{t}{T}}}}$$

Soit : $m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}}$

Pour $t = T$, on a : $m(T) = \frac{m_0}{2^{\frac{T}{T}}} = \frac{m_0}{2}$;

D'où: $m(T) = \frac{m_0}{2}$

Pour $t = 2T$, on a : $m(2T) = \frac{m_0}{2^{\frac{2T}{T}}} = \frac{m_0}{2^2}$

D'où: $m(2T) = \frac{m_0}{2^2}$



Pour $t = 3T$, on a : $m(3T) = \frac{m_0}{2^{\frac{3T}{T}}} = \frac{m_0}{2^3}$

D'où: $m(3T) = \frac{m_0}{2^3}$

.....

Pour $t = nT$, on a : $m(nT) = \frac{m_0}{2^{\frac{nT}{T}}} = \frac{m_0}{2^n}$

D'où : $m(nT) = m_n = \frac{m_0}{2^n}$

Déduisons-en la masse de radon désintégré au bout de n périodes.

$$m_{Rn} = m_0 - m_n = m_0 - \frac{m_0}{2^n} = m_0\left(1 - \frac{1}{2^n}\right)$$

D'où: $\boxed{m_{Rn} = m_0\left(1 - \frac{1}{2^n}\right) = m_0(1 - 2^{-n})}$

**Q.T.205. EXTRAIT BAC –UNIQUE SESSION 2017 SM**

Définir la famille radioactive.

**Rép. EXTRAIT BAC –UNIQUE SESSION 2017 SM**

Une famille radioactive est constituée d'un ensemble de noyaux radioactifs tous issus d'un noyau initial qui, de père en fils, par désintégrations successives conduisent à un noyau stable.

Une famille radioactive correspond à l'ensemble des noyaux qui sont issus d'un même radio-isotope.

**Q.T.206. EXTRAIT BAC-UNIQUE SESSION 2022 SM**. a) Rappeler la loi (loi de décroissance radioactive) donnant le nombre N d'atomes radioactifs restant après



Scanned by CamScanner

le temps t, à partir des $N_0$ atomes existant initialement.
b) Exprimer N en fonction de $N_0$, t et $\lambda$, constante radioactive de la substance.

**Rép.** a) **Loi de la décroissance radioactive :** Soit $N_o N_0$ le nombre d'atomes contenu dans une substance radioactive à la date très voisine $t + dt$, le nombre d'atomes est $N + dN$. Le nombre d'atomes désintégré entre les instants t et $t + dt$ est :

$N - (N + dN) = -dN.$

Ce nombre est proportionnel est au nombre d'atomes N présent, à la durée dt de la désintégration :

$$\boxed{-dN = \lambda N dt} \quad (*)$$

$\lambda$ est la constante radioactive, qui dépend de la nature du noyau radioactif, $\lambda$ représente la proportion de noyaux qui se désintègre par unité de temps elle s'exprime en $s^{-1}$.

b) **Exprimons N en fonction de $N_0$, t et $\lambda$, constante radioactive de la substance :**

De $(*)$, on a :

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \Leftrightarrow \int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_{N_0}^{N} dt \Leftrightarrow$$

$$[\ln(N)]_{N_0}^{N} = -\lambda [t]_0^t \Leftrightarrow \ln(N) - \ln(N_0) = -\lambda t$$

De $(*)$, on a :

$$\ln(N) - \ln(N_0) = -\lambda t \Leftrightarrow \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t \Leftrightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$



$$\boxed{N = N_0 e^{-\lambda t}}$$

**Q.T.207. EXTRAIT BAC-UNIQUE SESSION 2023 SM.** Expliquer le processus de la datation par le carbone $^{14}_{6}C$.

**Rép. Explication du processus de la datation par le carbone 14 $^{14}_{6}C$ :**

Soit $A_0$ l'activité du $^{14}C$ dans les organismes vivants. L'activité est fixe car le $^{14}C$ est renouvelé constamment dans l'organisme. A la mort il n'y a plus de renouvellement du $^{14}C$, donc le nombre de $^{14}C$ dans cet organisme diminue et l'activité aussi. La mesure de A permet de déterminer t par la relation $A = A_0 e^{-\lambda t}$

$$\boxed{t = \frac{T}{\ln 2} \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)}$$

**Q.T.208. EXTRAIT BAC-UNIQUE SESSION 2024 SM.** Citer 4 domaines d'utilisation des radionucléides (radioéléments) naturels ou artificiels et donne l'importance de ces éléments.

**Rép. EXTRAIT BAC-UNIQUE SESSION 2024 SM.**

**Domaines d'utilisation des radionucléides naturels ou artificiels et leur importance**

- **Domaine médical :** traitement des tumeurs, contrôle le fonctionnement de la glande thyroïde, stérilisation de nombreux objets médicaux.
- **Domaine de l'industrie :** contrôle des soudures,



Scanned by CamScanner

localiser une fuite dans un pipe-line...

- **Domaine de l'agronomie et de l'agroalimentaire :** modification génétique, conservation des denrées alimentaires...
- **Domaine de l'histoire :** datation de l'âge des objets anciens par le carbone 14.



Scanned by CamScanner

RAPIDO
FLASH BAC

**Ce qu'il faut savoir faire apprendre avant l'examen**

Cet ouvrage comporte uniquement des questions théoriques et réponses niveau terminale sciences mathématiques et expérimentale chapitre par chapitre.

. **208** Questions théoriques avec réponses immédiates.

. Rappels des formules.

. Rappels des lois et des règles.

. Conseils : il faut revoir votre méthode de travail pour une bonne compréhension des cours de physique, car la physique n'est pas complexe mais expérimentale (toujours suivie de l'interprétation du phénomène ou des phénomènes) pour faire apparaître son sens.

Bonne chance au bac-unique.

Imprimerie David et frère - Carrefour la dgale

Edition 202

Scanned by CamScanner