L'Essentiel du cours :

- L'étude cinématique du mouvement d'un point matériel nécessite le choix d'un référentiel muni d'un repère d'espace (O,i,j,k) ou(O,i,j) ou (O,i) et d'un repère de temps d'origine t_o.
- L'équation horaire d'un MRU est : $\mathbf{x = v_o t + x_o}$ avec v_o et x_o vitesse et abscisse du mobile à l'instant initial (t = 0).
- Les équations horaires d'un MRUV sont : $\mathbf{x = \frac{1}{2}.at^2 + v_o t + x_o}$ **et** $\mathbf{v = at + v_o}$ avec $\mathbf{a = dv/dt = d^2x/dt^2}$.
- **MRUA** si le produit scalaire $\vec{a}.\vec{v}$ est positif - **MRUR** si le produit scalaire $\vec{a}.\vec{v}$ est négatif
- Pour un MRUV, entre deux instants t_1 et t_2, on a: $\mathbf{v_2^2 - v_1^2 = 2.a.(x_2 - x_1)}$, *relation indépendante du temps*.
- Pour un mouvement circulaire uniforme, le vecteur accélération est **centripète** (porté par le rayon). Dans la base de FRENET, on a : $\mathbf{a_n = v^2/R}$ **;** $\mathbf{a_t = dv/dt = 0}$ et $\mathbf{a = a_n = R.\omega^2}$ où ω est la vitesse de rotation (rad/s)

Série d'Exercices :

➢ *Exercice n°1*:

L'équation horaire d'un mouvement rectiligne d'un mobile est : $x(t) = t^2 - t - 2$. (m)

1. Déterminer l'expression de son vecteur vitesse et celle de son accélération.
2. Déterminer les positions et les vitesses du mobile aux instants $t_o = 0s$; $t_1 = 0,5s$ et $t_2 = 2s$.
3. Dans quel cas le mouvement est accéléré ou retard ?

➢ *Exercice n°2*:

Un point mobile est animé d'un mouvement rectiligne uniformément varié. Sa trajectoire est munie du repère (O,i). A la date $t_o= 0$, le point est en M_o (x_o = - 1m) et sa vitesse est v_o= 3m/s ; à t_1= 1s, le point est en O.

1. Ecrire la loi horaire x (t) de son mouvement.
2. Décrire avec précision le mouvement du point mobile pour $t \in [0,2]$, (t en s).

➢ *Exercice n° 3*:

Un véhicule démarre au feu vert d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré avec une accélération de valeur a = 2,5 m/s²

1. Quelle est la distance parcourue au bout d'un temps égal à 9s? Calculer, à cette date, la vitesse du véhicule.
2. À cette date le véhicule conserve cette vitesse constante pendant 2mn. Quelle est la distance parcourue pendant cette durée?

➢ *Exercice n°4*:

Partant du repos, un mobile en mouvement rectiligne acquiert une vitesse de 10m/s après 25m de parcours. Il parcourt ensuite 50m avec cette vitesse et s'arrête à 125m de son point de départ. On considère les mouvements de la 1ère phase et de la 3ème phase comme uniformément variés.

Etablir les équations horaires des trois phases du mouvement en précisant les origines de date et d'espace choisis. Construire les diagrammes de v(t).

➢ *Exercice n°5*:

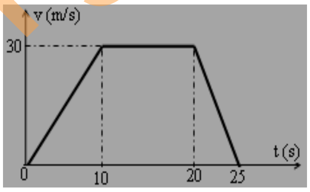
Un voyageur arrive sur le quai de la gare à l'instant où son train démarre; le voyageur, qui se trouve à une distance d = 25m de la portière, court à la vitesse constante v_1 = 18km/h. Le train est animé d'un mouvement rectiligne d'accélération a = 1,2 m/s².

1. Le voyageur pourra-t-il rattraper le train?
2. Dans le cas contraire, à quelle distance minimale de la portière parviendra-t-il?

➢ *Exercice n°6*:

Une auto décrit une trajectoire rectiligne. Sa position par rapport à un point O de la trajectoire orientée est repérée à la date t par son abscisse x.

On a ci-contre le graphe de sa vitesse v = f(t).



1. Caractériser le mouvement de l'auto durant les trois phases du mouvement (on établira l'équation horaire de chaque phase).
Calculer la distance parcourue pour chaque phase du mouvement.
2. Déterminer la position de l'auto à l'instant t = 22s. Quelle est alors sa vitesse ?

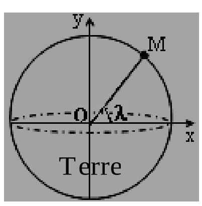
➢ *Exercice n°7*:

Un point matériel fixé à un fil inextensible de longueur ℓ = 1,5m, décrit une trajectoire circulaire de centre O avec une vitesse constante $v = \sqrt{3}$ m.s^{-1}.

1. Sur un schéma, représenter le vecteur vitesse $\vec{v}$ et le vecteur accélération $\vec{a}$ à un instant quelconque t et déterminer les caractéristiques de ces vecteurs.
2. Calculer la valeur de la vitesse angulaire ω. En déduire la période T du mouvement.
3. On désigne par s(t) l'abscisse curviligne et $\alpha(t)$ l'abscisse angulaire. Déterminer les équations horaires s(t) et $\alpha(t)$ du mouvement du point matériel.

➢ *Exercice n°8*:

La Terre, sphère de centre O et de rayon R, tourne d'un mouvement uniforme autour de l'axe des pôles pendant 24H.



1. Que représente la durée 24H pour ce mouvement? Calculer la vitesse angulaire de rotation ω de la Terre.
2. Un point M de la Terre est situé à la surface à la latitude λ. Donner, dans un repère (O,i,j), les expressions des coordonnées x et y du point M, en fonction de R et λ ; puis en fonction de R, ω et du temps t. Quelle est la nature de son mouvement ?
3. Calculer les normes des vecteurs vitesse et accélération au point où la latitude λ = 40°.

Donnée : rayon de la Terre R = 6400km.

L'Essentiel du cours :

- Enoncé du **TCI** : Dans un repère galiléen, la somme vectorielle des forces appliquées à un solide est égale au produit de sa masse par le vecteur-accélération de son centre d'inertie ($\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$).

- Enoncé du **TEC** : Dans un repère galiléen, la variation d'énergie cinétique d'un solide, est égale à la somme algébrique des travaux effectués par les forces extérieures s'exerçant sur le solide, pendant la durée de la variation : $\Delta E = E_{C2} - E_{C1} = \sum W\vec{F}_{ext}$

- Pour résoudre un **problème de dynamique,** on procède de la manière suivante : *préciser le **système** considéré ; représenter toutes les **forces** appliquées au système ; choisir le **référentiel galiléen** et le munir **d'un repère** ; soit appliquer le **TCI** ($\sum \vec{F} = m\vec{a}$) et projeter cette relation sur les axes pour déterminer l'inconnue du sujet ; soit appliquer le **TEC** pour déterminer la vitesse ou le déplacement du solide.*

NB : Pour un mouvement circulaire, la projection du TCI se fait sur les axes du repère de Frenet $(M, \vec{n}, \vec{t})$.

Série d'Exercices :

➢ ***Exercice n°1***:

1. a. Une automobile de masse m = 1380kg est arrêtée sur une route horizontale rectiligne ; elle démarre et sa vitesse v_1, atteint 80km/h au bout d'un parcours d_1 = 400m. Calculer l'accélération a_1 de l'automobile.
b. En utilisant le TCI, donner les caractéristiques de la force motrice $\vec{F}_1$ de l'automobile.

2. À cette vitesse v_1, l'automobile cesse d'accélérer, freine et s'arrête sur une distance d_2 = 22m. Calculer la force de freinage F_2 constante nécessaire pour que l'automobile s'immobilise.

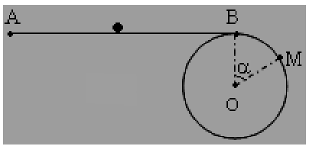
➢ ***Exercice n°2***:

Un solide, de centre d'inertie G et de masse m, est lancé sur un plan incliné qu'il remonte en glissant sans frottement. L'inclinaison du plan sur l'horizontale est α = 20°. En bas du plan, à la date t = 0, la vitesse initiale du solide est v_o = 2m/s.

1. En appliquant le TCI, exprimer et calculer l'accélération a du point G. On prendra g = 9,8m/s².
2. Donner la nature du mouvement du solide et calculer la distance franchie par le solide jusqu'à son arrêt.

➢ ***Exercice n°3***:

Une piste est constituée d'une partie horizontale AB raccordée tangentiellement au sommet B d'une sphère de rayon r.



1. Un solide de masse m = 5kg est lancé du point A avec une vitesse v_A = 10m/s. Entre A et B, le solide est soumis à des frottements qui équivalent à une force unique $\vec{f}$ d'intensité f.
Le solide arrive au point B avec une vitesse nulle après un déplacement AB = 20m. En appliquant le TCI, exprimer et calculer l'intensité f de la force $\vec{f}$.

2. Le solide aborde la partie circulaire de la piste sans vitesse et les frottements sont négligés.
a. Etablir l'expression de la vitesse v_M, en fonction de g, r et α, au point M tel que $\widehat{BOM} = \alpha$.
b. En appliquant le TCI, exprimer l'intensité R de la réaction exercée par la sphère sur le solide. Calculer la valeur de l'angle α où le solide quitte la sphère.

➢ ***Exercice n°4***:

1. Un ascenseur de masse totale M = 400kg, initialement immobile, est tiré par un câble vertical tendu par une force de 5.10^3N et s'élève depuis le rez-de-chaussée.
a. En appliquant le TCI, déterminer l'accélération a_1 de cette 1ère phase d'ascension et déduire la nature du mouvement de l'ascenseur. De quelle hauteur h_1 s'élèvera l'ascenseur en 3s? On prendra g =10m/s².
b. En appliquant le TEC, calculer la vitesse v_1 de l'ascenseur à la fin de cette phase.

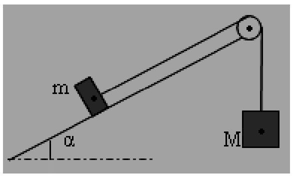
2. L'ascenseur continue ensuite en mouvement rectiligne uniforme pendant 6s. Calculer la hauteur h_2 franchie pendant cette phase du mouvement.

3. Avant d'arriver à l'étage souhaité, le mécanisme de freinage agit pendant 5 secondes jusqu'à l'arrêt.
a. Sachant que son mouvement est uniformément retardé, calculer son accélération a_3.
b. Calculer la hauteur h_3 franchie pendant cette phase.

4. Calculer la tension du câble pour chaque phase.

➢ ***Exercice n°5***:

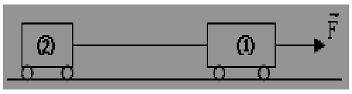
Aux extrémités d'un fil de masse négligeable passant par la gorge d'une poulie, de masse négligeable, mobile autour d'un axe, sont accrochées deux masses m = 400g et M = 600g. La masse m se déplace suivant la ligne de plus grande pente d'un plan incliné de l'angle α = 30° par rapport au plan horizontal. On néglige les frottements. On prendra g = 10 m/s².



a. Calculer l'accélération que prend le système abandonné à lui-même. En déduire la tension du fil.
b. De quelle hauteur h s'élèvera le centre d'inertie de la masse m au bout de 2 secondes de déplacement?

➢ ***Exercice n°6***:

Sur un sol horizontal parfaitement lisse, deux traîneaux ① et ② de masses respectives $m_1 = 150kg$ et $m_2 = 130kg$ sont reliés par un câble d'attelage, dont la masse est négligeable. Le premier traîneau est entraîné par une corde qui exerce la



force $\vec{F}$ de valeur constante F = 1400N et de direction parallèle au sol. L'ensemble glisse sans frottement.

1. Exprimer et calculer l'accélération du système constitué par les deux traîneaux.

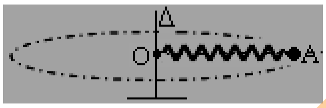
2. Exprimer et calculer la tension $\vec{T}$ que le câble exerce sur le second traîneau.

➢ ***Exercice n°7***:

1. Un ressort suspendu verticalement mesure, à vide, 25cm. Il s'allonge de 5mm lorsqu'on lui accroche une masse de 20g. Calculer sa raideur k. ($g = 10m/s^2$).

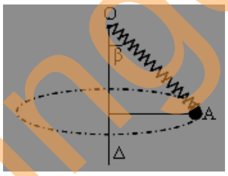
2. Le ressort précédent, chargé de 50g, est placé dans un véhicule entraîné horizontalement par une force constante : il s'écarte de la verticale d'un angle α = 15°. En utilisant le TCI, calculer l'accélération du mouvement et en déduire la longueur ℓ du ressort.

3. Le ressort est maintenant enfilé sur une tige horizontale et l'on y fixe une des extrémités O. À l'autre extrémité mobile, on attache une masse m = 50g, mobile également sur la tige, et l'on fait tourner l'ensemble



autour d'un axe vertical passant par O à raison de 4rad/s. En utilisant le TCI exprimer et calculer la longueur ℓ du ressort.

4. Le ressort chargé de 50g est lancé de telle sorte qu'il décrive un cône de révolution d'axe vertical et de demi-angle au sommet β = 30°.



a. Calculer la longueur ℓ du ressort.

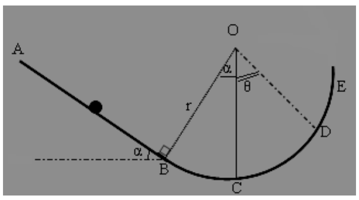
b. Calculer la vitesse de rotation ω du pendule conique.

➢ ***Exercice n°8***:

Un solide de masse m = 1kg, abandonné à la vitesse $v_A = 2m/s$, se déplace sur la piste ABCE.

1. Sur la partie AB, de longueur AB = 1m et inclinée de l'angle α = 30° par rapport à l'horizontale, les frottements équivalents à une force unique $\vec{f}$ parallèle et de sens opposé au déplacement.

a. Le solide arrive au point B avec la vitesse $v_B = 3m/s$. Calculer la valeur de l'accélération du solide. ($g = 10m/s^2$).



b. En appliquant le TCI, calculer l'intensité f des forces de frottements.

2. Sur la partie circulaire BE, de rayon r = 2m et de centre O, les frottements sont négligés.

a. Exprimer, en fonction de g, r, α et v_B, la vitesse v_C du solide au point C. Calculer sa valeur.

b. En un point D de la partie circulaire, le solide rebrousse chemin. Calculer la hauteur H atteinte par le solide au dessus du plan horizontal passant par C.
En déduire la valeur de l'angle θ = (OC,OD).

➢ ***Exercice n°9***:

Un mobile de masse m = 650g est lâché sans vitesse initiale sur une table inclinée d'un angle α = 12° par rapport au plan horizontal. On suppose que le mobile est soumis au cours du mouvement à une force de frottement constante $\vec{f}$ s'opposant à ce dernier et parallèle à la trajectoire.

1. a. Etablir l'expression littérale de l'accélération a_1 de son centre d'inertie. Donner la nature du mouvement.

b. En déduire l'expression littérale de l'accélération a_2 si le frottement est négligeable. Calculer sa valeur.

2. On a relevé les distances parcourues par le centre d'inertie du mobile au cours du temps, à partir de l'instant initial t = 0.

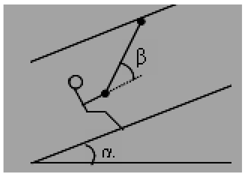
t(s)	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48
d(cm)	0,3	1,1	2,5	4,45	6,95	10	13,6	17,8

a. Représenter d = f(t^2). (*1cm pour 1cm et pour $10^{-2}s^2$*).

b. Calculer la valeur numérique de l'accélération du mouvement. L'expérience met-elle en évidence l'existence d'une force de frottement ? Si oui, calculer son intensité f. Donnée : $g = 9{,}80m/s^2$.

➢ ***Exercice n°10***:

Tiré par un remonte-pente, un skieur de masse M = 80kg gravit une piste rectiligne, inclinée d'un angle α = 30° par rapport au plan horizontal, d'un mouvement qui comporte deux phases :



- une phase uniformément accélérée, sans vitesse initiale, d'accélération $a = 0{,}25m/s^2$.
- une phase uniforme à vitesse constante v = 2m/s.

1. Calculer les durées respectives de ces deux phases, sachant que la distance totale parcourue est d = 500m.

2. Le skieur est relié au câble tracteur par une tige métallique qui fait un angle constant β = 30° avec la ligne de plus grande pente de la piste. Calculer, pendant ces deux phases du mouvement, la tension de la tige, en admettant l'existence d'une force de frottement au contact du skieur avec le sol, dont la valeur est f = 25N et dont la direction est parallèle à celle de la ligne de plus grande pente de la piste. ($g = 10m/s^2$).

➢ ***Exercice n°11***:

La masse d'un motocycliste et de sa moto est M = 450kg. Dans un virage non relevé, de rayon de courbure r = 200m, pris avec une vitesse constante v, la composante tangentielle (horizontale) de la réaction de la route sur les roues de la moto ne peut pas dépasser la valeur limite $(R_t)_{max} = 1200N$.

a. Quelle est la vitesse maximale possible ?

b. Quelle est alors l'inclinaison de la machine, si l'axe de symétrie de la moto est confondu avec la direction de la réaction du sol?

L'Essentiel du cours :

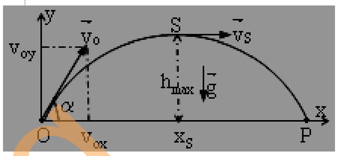
- Dans un référentiel galiléen, un projectile soumis seulement à son poids, subit une accélération $\vec{a} = \vec{g}$

- Selon les conditions initiales (position, vitesse $\vec{v}_o$ à t = 0) la trajectoire est parabolique quand $\vec{v}_o$ n'est ni verticale ni horizontale. En prenant le cas de la figure ci-dessous on a :

Conditions initiales	Vecteur accélération $\vec{a}$	Vecteur vitesse $\vec{v}$ à l'instant t	Vecteur position $\overrightarrow{OM}$ à l'instant t	Equation de la trajectoire
$x_o = y_o = 0$ $\vec{v}_o \begin{cases} v_{ox} = v_o\cos\alpha \\ v_{oy} = v_o\sin\alpha \end{cases}$	$\vec{a} = \vec{g} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$	$\vec{v} \begin{cases} v_x = v_o\cos\alpha \\ v_y = -gt + v_o\sin\alpha \end{cases}$	$\overrightarrow{OM} \begin{cases} x = (v_o\cos\alpha).t \\ y = -\frac{1}{2}g.t^2 + (v_o\sin\alpha).t \end{cases}$	$y = -\dfrac{g.x^2}{2v_o^2.\cos^2\alpha} + x.\tan\alpha$

- La **portée** horizontale : $OP = \dfrac{v_o^2.\sin2\alpha}{g}$ - La **flèche** $h_{max} = y_S = \dfrac{v_o^2\sin^2\alpha}{2g}$

(avec P : point d'impact)



Série d'Exercices :

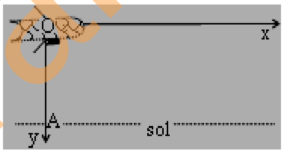
➢ ***Exercice n°1***:

Une balle de tennis est lancée, à l'instant t = 0, d'un point O du sol horizontal avec une vitesse initiale $\vec{v}_o$ faisant un angle α = 15° avec l'axe horizontal du repère orthonormé (O,i,j), et de module est v_o = 20m/s.

1. Etablir les équations horaires du mouvement de la balle. L'action de l'air sur la balle est négligée.
2. Exprimer et calculer l'ordonnée y_S lorsque la balle passe au sommet S de sa trajectoire.
3. Exprimer et calculer la portée OP, lorsque la balle touche le sol en un point P. On prendra g = 9,8 m/s².
4. Caractériser la vitesse de la balle au point P.

➢ ***Exercice n°2*** :

Un avion, volant horizontalement à une altitude de 7840m avec une vitesse constante de 450km/h, laisse tomber, au point O, une bombe en passant par la verticale d'un point A du sol. On suppose que l'air n'exerçait aucune résistance sur la bombe.



1. Ecrire les équations horaires du mouvement de l'avion et celles du mouvement de la bombe dans le repère (O,x,y).
2. Au bout de combien de temps et à quelle distance de A l'éclatement se produirait-il au contact du sol ? Caractériser la vitesse de la bombe juste avant l'éclatement. On prendra g = 9,8 m/s²
3. Quelle distance l'avion aurait-il parcourue à ce moment depuis l'instant où il a lâché la bombe ?

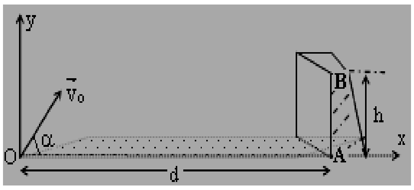
➢ ***Exercice n°3*** :

À l'aide d'un obus lancé, avec la vitesse v_o = 250m/s, on veut atteindre une cible située dans le plan horizontal à une distance d = 5km du point de lancement de l'obus.

1. Quels sont les angles de tir possibles ?
2. Déterminer les flèches correspondantes. (g = 10m/s²).

➢ ***Exercice n°4*** :

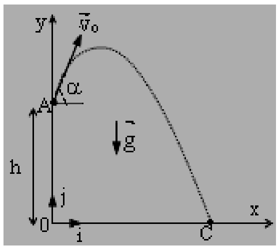
Un ballon est posé en O sur le sol horizontal, face au but AB de hauteur h = 2,44m et à une distance d = 25m de celui-ci. Le joueur, tirant le coup franc, communique au ballon une vitesse initiale $\vec{v}_o$ dans le plan (O,i,j), incliné par rapport à l'horizontale d'un angle α = 30°.



1. Montrer que la trajectoire du ballon est contenue dans le plan (O,x ,y). Etablir l'équation de cette trajectoire, en fonction de g, α et v_o.
2. Calculer la vitesse v_o pour que le ballon pénètre dans le but au ras de la barre transversale. (g = 10 m/s²)

➢ ***Exercice n°5*** :

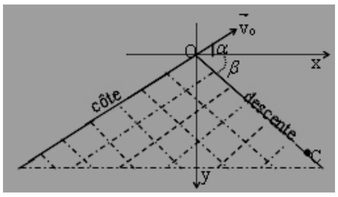
Au cours d'un championnat, un athlète remporte l'épreuve du lancement de poids avec un jet de x_1 = 19,43m. Le « poids » a une masse de 7,35kg. La trajectoire part de A à une altitude h = 1,80m au-dessus du sol. Le vecteur vitesse $\vec{v}_o$ fait un angle α = 45° avec l'horizontale. On assimile le projectile à un solide ponctuel et on prendra g = 9,8m/s².



1. Etablir l'équation cartésienne de la trajectoire.
2. Exprimer la norme de la vitesse initiale en fonction de h, α, g et x_1 = OC. Calculer sa valeur.
3. Calculer la hauteur maximale h_{max} atteinte par le projectile et les coordonnées du vecteur-vitesse au sommet de la trajectoire.
4. Déterminer les caractéristiques du vecteur-vitesse $\vec{v}_C$.

➢ ***Exercice n°6*** :

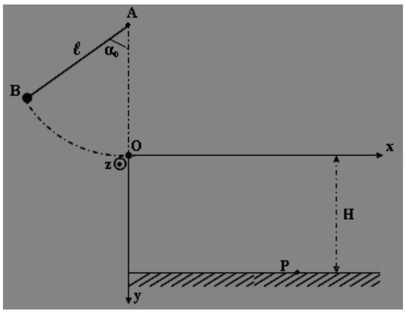
Un skieur parcourt une côte inclinée d'un angle $\alpha = 40°$ sur l'horizontale. Au sommet O de cette côte, sa vitesse a pour valeur $v_o = 12m/s$. Après le point O se présente une descente inclinée d'un angle $\beta = 45°$ sur l'horizontale. Le skieur accomplit un saut et reprend contact avec la piste au point C.



1. Etablir l'équation de la trajectoire du skieur.
2. Déterminer les coordonnées du point C. ($g = 10m/s^2$).
3. Calculer la durée du saut et la longueur OC.

➢ ***Exercice n°7*** :

Une bille de masse m = 20g est attachée à l'extrémité B d'un fil inextensible de masse négligeable et de longueur ℓ = AB = 40cm. L'autre extrémité du fil est accroché à un point fixe A.



1. On écarte la bille de sa position d'équilibre de façon que le fil fasse un angle $\alpha_o = 60°$ avec la verticale et on la lâche sans vitesse initiale. Déterminer la vitesse v_o de la bille au passage par la position d'équilibre verticale.
2. Juste au passage par la position d'équilibre verticale, au point O, le fil se casse et la bille décolle avec la vitesse $\vec{v}_o$. Elle tombe sur un sol horizontal, situé à H = 2m en dessous de O.

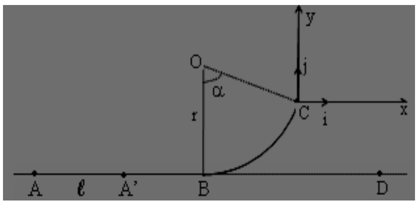
a. Représenter en O, le vecteur-vitesse $\vec{v}_o$ et déterminer les équations horaires du mouvement de la bille dans le repère (O,x,y). En déduire l'équation de la trajectoire et la représenter sur le schéma.

b. Déterminer les coordonnées du point d'impact P. Calculer la durée du trajet OP. On prendra g = 10N/kg.

c. Calculer la vitesse v_p au point P ainsi que l'angle β que fait cette vitesse avec la verticale.

➢ ***Exercice n°8*** :

On lance un projectile M, supposé ponctuel, de masse m, suivant une piste dont la figure représente la trace ABC dans un plan vertical. Les frottements ainsi que la résistance de l'air sont négligés. Le lancement est effectué en faisant agir sur M, initialement au repos en A, une force $\vec{F}$ horizontale, d'intensité F constante, sur une longueur AA'= ℓ.



1. Exprimer la vitesse v_C du projectile au point C, en fonction de F, m, r, ℓ, g et α. Quelle doit être la valeur minimale de F pour que M atteigne C? On donne : m = 0,1kg; r = 0,8m; ℓ = 0,5m; α = 60° et $g = 10m/s^2$.
2. On suppose que F = 2N.

a. Etablir, dans le repère (C,i,j), l'équation de la trajectoire de M, quand il a quitté C.

b. Calculer la distance BD où D est le point d'impact du projectile sur le plan horizontal.

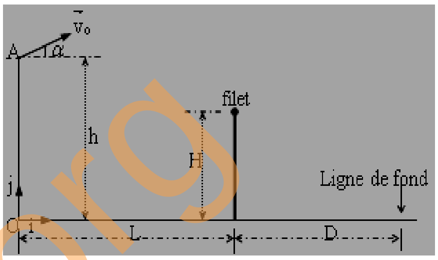
3. Caractériser la vitesse du projectile au point D.

➢ ***Exercice n°9*** :

Dans tout l'exercice, on assimilera la balle à un point matériel et on néglige la résistance de l'air.

Au volley-ball, le joueur qui effectue le service frappe la balle à la hauteur h du sol et à la distance L du filet.

La hauteur du filet est H=2,43m. La ligne de fond du camp adverse est à D = 9m du filet. Pour que le service soit bon, il faut que la balle passe au-dessus du filet et touche le sol dans le camp adverse entre le filet et la ligne de fond du camp.



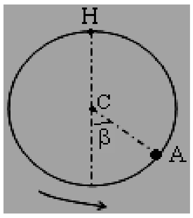
Pour simplifier, on supposera que la trajectoire de la balle est située dans le plan de figure (orthogonal au filet).

On veut étudier le service. Pour cela, le joueur saute verticalement et frappe la balle en A pour lequel h = 3,5m et L = 12m. La vitesse initiale de la balle $\vec{v}_o$ fait un angle α = 7° vers le haut avec l'horizontale.

1. Etablir les expressions des équations paramétriques de la trajectoire dans le repère (O,i,j). On prendra l'origine des temps au moment de frappe de la balle en A.
2. À quel instant la balle passe-t-elle au dessus du filet ? À quelle hauteur se trouve-t-elle alors ? (v_o = 18m/s)
3. À quel instant la balle touche-t-elle le sol si elle n'est pas interceptée ? À quelle distance de O se trouve alors ? Le service est-il bon ? On prendra $g = 10m/s^2$.

➢ ***Exercice n°10*** :

Une bille est utilisée comme projectile d'une fronde. Elle est accrochée à l'extrémité d'un fil inextensible, de longueur ℓ = 40m. On fait tourner l'ensemble dans un plan vertical. La bille effectue un mouvement circulaire de centre C. Elle passe au point H le plus élevé de sa trajectoire avec une vitesse v_H = 15m/s. On négligera les frottements de l'air et on prendra $g = 9,8m/s^2$.



1. Calculer la tension T du fil quand la bille passe par H.
2. La bille est lâchée en A tel que le rayon CA fasse avec la verticale du centre C un angle de mesure β = 30°.

a. Le centre C étant à une altitude de 1,40m au-dessus du sol, à quelle altitude maximale la bille monte-t-elle ?

b. Quelle est la durée du «vol» de la bille ?

L'Essentiel du cours :

- **Loi de la gravitation** : Deux corps ponctuels, exercent l'un sur l'autre, des forces attractives proportionnelles à leurs masses et inversement proportionnelles au carré de leur distance, d'intensité $F = k.\dfrac{m_1.m_2}{d^2}$ avec $k = 6{,}67.10^{-11} N.m^2.kg^{-2}$.

- **Le champ de gravitation** créé par la Terre en un point de l'espace est donné par : $\vec{G} = -k\dfrac{M_T}{(R+h)^2}\vec{u}$ avec M_T : masse de le Terre ; R : rayon de la Terre et h : altitude du point considéré. On a : $G = G_o.\dfrac{R^2}{(R+h)^2}$ avec $G_o = g_o = \dfrac{kM_T}{R^2}$

- L'étude du mouvement d'un satellite terrestre se fait dans le référentiel géocentrique supposé galiléen.

- En appliquant le TCI au satellite en mouvement on a : $\vec{a} = \vec{g}\left|\begin{array}{l} a_t = 0 \\ a_n = g \end{array}\right.$ Le mouvement est alors **circulaire uniforme**.

- La vitesse du satellite est donnée par : $v = R\sqrt{\dfrac{g_o}{R+h}}$ et sa période de révolution par : $T = \dfrac{2\pi.(R+h)}{v} = \dfrac{2\pi}{R}\sqrt{\dfrac{(R+h)^3}{g_o}}$

- La 3ème loi de Kepler : $\dfrac{T^2}{(R+h)^3} = \dfrac{4\pi^2}{kM_T} = \dfrac{4\pi^2}{g_o.R^2} = cste$. - Un satellite est géostationnaire s'il tourne dans le même sens que la Terre; avec la même vitesse angulaire qu'elle (T = 24H); sa trajectoire est contenue dans le plan de l'équateur.

Série d'Exercices :

➢ ***Exercice n°1*** :

On considère au point O une masse ponctuelle M et au point A une masse ponctuelle m. On pose r = OA.

1.a. Donner l'expression de la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par la masse M sur la masse m. Représenter $\vec{F}$.

b. Définir le champ de gravitation $\vec{g}(A)$ créé par la masse M au point A ; en déduire son expression vectorielle en fonction de k, M et r. Représenter le.

2. On assimile la Terre à une sphère de centre O, de rayon R et de masse M. Etablir l'expression vectorielle littérale du champ de gravitation $\vec{g}(A)$ au point A situé à l'altitude h en fonction de k, R, h, M et $\vec{u}$. En déduire l'expression de g_o pour h = 0 et l'expression de la masse de la Terre M en fonction de k, R et g_o.

➢ ***Exercice n°2*** :

Dans un repère géocentrique, un satellite artificiel de la Terre est animé d'un mouvement circulaire dont le centre est celui de la Terre.

1. a. Montrer que la vitesse du satellite est constante.

b. Calculer sa vitesse s'il est placé à l'altitude $h = 10^3$km. On donne rayon de la Terre R = 6400km et g_o = 9,8N/kg.

2. Calculer la période de révolution T du satellite.

3. Calculer l'altitude h' où ce satellite devient géostationnaire. Donner les conditions qu'il remplit alors.

➢ ***Exercice n°3*** :

Un satellite assimilé à un point S, décrit une trajectoire circulaire concentrique au centre O de la Terre. Son altitude est h. Seule l'interaction gravitationnelle entre Terre et satellite est prise en compte.

1. Montrer que dans un repère géocentrique galiléen, le mouvement du satellite S est uniforme. Exprimer sa vitesse v et sa période de révolution T, en fonction du rayon terrestre R_T, de son altitude h et de g_o.

2. Montrer que le quotient $\dfrac{T^2}{(R+h)^3} = C^{te}$.

3. Le centre d'inertie de la Lune décrit autour de la Terre une orbite assimilée à un cercle, de rayon r_L, avec une période T_L = 27jours 7heures 43mn. En utilisant le résultat précédent, en déduire la valeur de r_L.

➢ ***Exercice n°4*** :

On donne R = 6400km rayon de la Terre; O centre de la Terre et M_T la masse de la Terre.

1. Etablir l'expression de l'intensité du champ de gravitation créé par la Terre à une altitude h en fonction de R ; h ; k et M_T. En déduire l'expression littérale de M_T en fonction g_o ; k et R. Calculer M_T (g_o = 9,8N/kg)

2. On admet qu'un satellite de la terre est soumis uniquement à la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par la Terre, et décrit, dans le référentiel géocentrique, une trajectoire circulaire de centre O.

a. Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.

b. Exprimer la vitesse v et la période de révolution T du satellite en fonction de M_T; R ; k et h.

c. On pose r = R+h. Montrer que le rapport r^3/T^2 = cste.

3. Soient A et B deux satellites artificiels de la Terre.

On donne le tableau suivant :

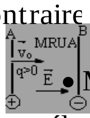
Satellites	Période T	Altitude h (km)
Satellite A	23h 56mn	$3{,}58.10^4$
Satellite B	11h 14mn	$1{,}91.10^4$

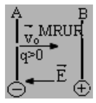
Vérifier, à partir de ces données, que le rapport r^3/T^2 est constant. Retrouver la valeur de la masse M_T.

L'Essentiel du cours :

- Le poids d'une particule chargée est négligeable devant la force électrostatique. Le TCI donne : $\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a}$

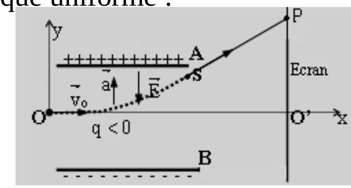
Soit $\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$: - si $q > 0$, $\vec{a}$ et $\vec{E}$ ont même sens ; - si $q < 0$, $\vec{a}$ et $\vec{E}$ ont sens contraire

- **Cas où $\vec{v}_o$ est colinéaire (//) à $\vec{E}$** : • MRUA : si $\Delta Ec = qU_{AB} > 0$; 

• MRUR : si $\Delta Ec = qU_{AB} < 0$. 

- **Cas où** $\vec{v}_o \perp \vec{E}$: Equations du mouvement d'une particule dans le champ électrostatique uniforme :

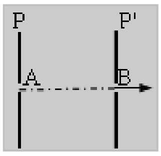
$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -\frac{qE}{m} \end{cases} ;\ \vec{v}\begin{cases} v_x = v_o \\ v_y = -\frac{qE}{m}.t \end{cases} ;\ \overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_o.t \\ y = -\frac{qE}{2m}.t^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{array}{l} y = -\frac{qE}{2mv_o^2}x^2 \text{ : arc parabolique} \\ \text{Avec } q = -e \text{ et } E = \frac{U}{d},\ y = \frac{e.U}{2dv_o^2}.x^2 \end{array}$$



Série d'Exercices :

➢ ***Exercice n°1*** :

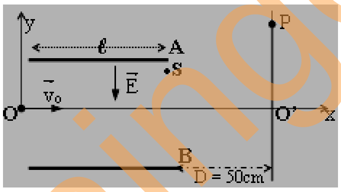
Une particule de charge q = + 4,8.10^{-19}C, de masse m = 11,7.10^{-27}kg est émise au trou A d'une plaque P verticale, avec une vitesse négligeable. Entre P et une autre plaque P', parallèle à P et distante de d = 5cm de P, est établie une d.d.p $U_{PP'}$. Le système est placé le vide.



1. Calculer $U_{PP'}$ et indiquer le signe des charges portées par les plaques pour que la particule sorte au trou B, de la plaque P' avec la vitesse v_B = 100km/s.
2. Calculer l'accélération a de la particule et le temps qu'elle met pour parvenir au point B.

➢ ***Exercice n°2*** :

On maintient entre les plaques A et B une d.d.p U = 100V. La longueur de ces plaques est ℓ = 2cm et sont séparées de d = 1cm.



Un électron est injecté dans une direction perpendiculaire au champ avec une vitesse initiale horizontale, au point O milieu des plaques (voir figure).

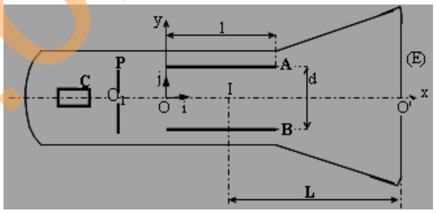
1. Calculer l'intensité du champ électrique $\vec{E}$ (supposé uniforme) entre les deux plaques.
2. Etablir les équations horaires et déduire l'équation de la trajectoire de l'électron entre les plaques A et B.
3. L'électron sort de la région où règne le champ électrique en un point S. Calculer les coordonnées de S et celles du vecteur-vitesse à ce point. On donne : v_o = 10^{7}m/s ; e = 1,6.10^{-19}C et $m_{électron}$ = 9,1.10^{-31}kg.
4. On place un écran à la distance D = 50cm de l'extrémité des plaques. Calculer la déflexion électrostatique Y = O'P (voir figure).

➢ ***Exercice n°3*** :

On se propose d'étudier le modèle très simplifié d'un oscillographe électronique, dans lequel il règne un vide poussé ; on se limitera à l'étude de la déviation verticale.

1. La cathode C d'un oscillographe électronique émet des électrons dont la vitesse à la sortie du métal est négligeable. Les électrons arrivent ensuite sur l'anode P et la traversent par l'ouverture O$_1$.

On établit une ddp $V_P – V_C = U_o$ = 1270V.



a. Calculer la vitesse v_o des électrons à leur passage en O$_1$. On donne : e = 1,6.10^{-19}C ; m = 9,1.10^{-31}kg.

b. Quelle est la nature de leur mouvement au-delà de P?

2. Les électrons pénètrent en O entre les armatures horizontales A et B d'un condensateur ; les armatures, de longueur ℓ = 8cm, sont distantes de d = 3cm. On établit entre les armatures une tension U = $V_A – V_B$.

a. Etudier le mouvement des électrons entre les deux plaques A et B par rapport au repère (O,i,j).

b. Quelle condition doit remplir U pour que les électrons sortent du condensateur ?

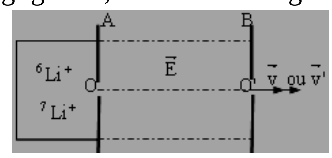
3. Le faisceau d'électrons arrive ensuite sur un écran recouvert d'un produit luminescent sous l'impact des électrons. Cet écran (E) est situé à la distance L = 18cm du centre de symétrie des plaques A et B.

a. Exprimer et calculer le déplacement Y du spot sur l'écran. On donne U = 110V.

b. Calculer la sensibilité s = Y/U de l'appareil en cm/V.

➢ ***Exercice n°4*** :

Des ions isotopes $^6Li^+$ et $^7Li^+$, de masses respectives m et m', sont produits dans une chambre d'ionisation. Ils pénètrent, avec une vitesse négligeable, en O dans la région où règne un champ électrique uniforme



1. Donner le sens du champ électrique et déterminer le signe de la tension U = $V_A–V_B$ établie entre A et B.
2. Comparer les énergies cinétiques de deux ions en O'.

Etablir la relation $\frac{v^2}{v'^2} = \frac{m'}{m}$. Calculer en O' l'énergie cinétique des ions (en Joules et en eV) et leur vitesse. |U| = 10^{4}V ; e = 1,6.10^{-19}C ; m_{proton} = 1,67.10^{-27}kg.

➢ ***Exercice n°5*** :

Des particules $\alpha\left({}^4He^{2+}\right)$de masse m, sont émises avec une vitesse négligeable à travers l'ouverture O_1 d'une plaque P. Elles traversent successivement trois régions ①, ②, et ③ d'une enceinte où l'on a fait le vide. On néglige l'action de leur poids sur leur mouvement.

1. La région ① est limitée par les plaques P et Q, parallèles et perpendiculaires au plan du schéma, entre lesquelles existe une tension U_{PQ}. On veut qu'au point O_2 les particules α aient une vitesse $\vec{v}_o$ horizontale.

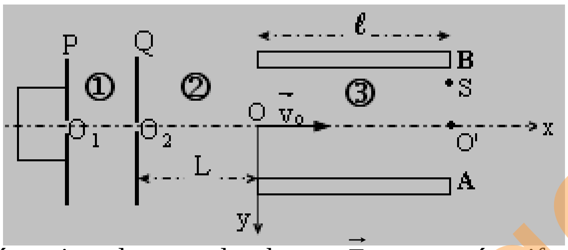
a. Préciser et justifier le signe de la tension U_{PQ}.

b. Etablir l'expression littérale de v_o en fonction de la charge élémentaire (e), de m et de $U_o = |U_{PQ}|$.

Calculer v_o. (U_o = 2000V et *uma* = $1{,}66.10^{-24}$g)

2. Dans la région ② de longueur L = 50cm, le champ électrostatique est nul. Quelle est la nature du mouvement des particules? Calculer la durée du trajet O_2O.

3. Après avoir franchi la région ②, les particules pénètrent en O dans la région ③, entre les armatures A et B, planes et parallèles, distantes de d = 5cm et de longueur ℓ = 20cm où existe une tension U_{AB}. On veut que les particules sortent de cette région au point S tel que O'S = 5mm.



a. Déterminer le sens du champ $\vec{E}$, supposé uniforme, qui règne dans la région ③. En déduire le signe de U_{AB}.

b. Dans le repère défini sur la figure, établir l'équation de la trajectoire de la particule α (faire apparaître dans cette équation U_o et $U = |U_{AB}|$).

c. Calculer U_{AB} pour que la sortie en S soit réalisée.

➢ ***Exercice n°6*** :

Un proton est accéléré sous une tension U = 900V. Il pénètre ensuite dans un champ $\vec{E}$ uniforme, vertical descendant, de valeur E = 100V/cm. Le vecteur vitesse initial $\vec{v}_o$ du proton à son entrée dans le champ fait un angle α = 45° vers le haut avec l'horizontale.

1. Faire le schéma et établir l'équation de la trajectoire du proton, le point d'entrée étant pris pour origine O.

2. Calculer v_o. A quelle hauteur maximale au-dessus de O le proton s'élèvera-t-il ? A quelle distance de O repasse-t-il dans le plan horizontal contenant O ? Au bout de combien de temps y parvient-il après son entrée dans le champ ?

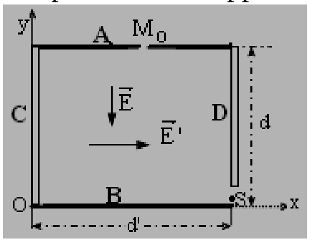
➢ ***Exercice n°7*** :

Dans tout l'exercice on néglige l'action de la pesanteur. Le dispositif de la figure, placé dans le vide comprend :

— deux plaques horizontales A et B, distantes de d et soumises à une tension $U_{AB} > 0$. La plaque est trouée en son milieu M_o.

— deux plaques verticales C et D, distantes de d' et soumises à une tension $U_{CD} > 0$.

Entre les plaques règnent les champs $\vec{E}$ et $\vec{E}'$ supposés uniformes. Un proton est abandonné sans vitesse initiale à partir de M_o à t = 0.



1. Exprimer, en fonction de la charge élémentaire e, m, U_{AB}, U_{CD}, d et d', les coordonnées du vecteur-accélération du proton. En déduire les équations paramétriques x(t) et y(t) et l'équation de la trajectoire du proton. Quelle est la nature de cette trajectoire?

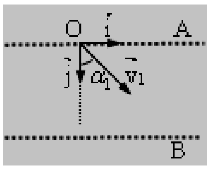
2. Exprimer, en fonction de e, d, m et U_{AB}, la date d'arrivée du proton dans le plan horizontal passant par la plaque B. Faire l'application numérique, on donne : d = 5cm ; e = $1{,}6.10^{-19}$C ; m = $1{,}67.10^{-27}$kg ; U_{AB} = 80V.

3. Quelle valeur doit-on donner à U_{CD} pour que le proton sorte par le S ? On donne d' = 10cm.

➢ ***Exercice n°8*** :

1. Des électrons, de vitesse nulle, sont accélérés par une tension U_1 = 200V. Exprimer et calculer la vitesse v_1 acquise par ces électrons. (e = $1{,}6.10^{-19}$C, m = $9{,}1.10^{-31}$kg)

2. Les électrons animés de la vitesse $\vec{v}_1$, pénètrent par O entre deux grilles A et B planes et parallèles, telles qu'on a une ddp $V_A–V_B = U_2$ = 150V. Dans le repère (O,i,j), le vecteur $\vec{v}_1$ fait avec la verticale un angle α_1.



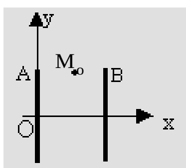
a. Les électrons atteignent la grille B avec une vitesse $\vec{v}_2$ faisant avec la verticale l'angle α_2. Exprimer v_2 en fonction de e, m, U_1 et U_2.

b. Montrer qu'à chaque instant du mouvement des électrons entre les grilles la projection sur (O,i) du vecteur-vitesse est constante. Trouver la relation entre v_1, v_2, α_1 et α_2.

c. Exprimer le rapport $\dfrac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2}$ en fonction de U_1 et U_2.

➢ ***Exercice n°9*** :

Une petite sphère (supposée ponctuelle) électrisée de masse m et portant une charge positive q telle que q/m = 10^{-5}C.kg^{-1} est placée entre deux plaques métalliques A et B verticales distantes de d = 4cm. Ces deux plaques soumises à une tension positive U_{AB} = U créent un champ électrique supposé uniforme.



A la date t = 0, la sphère est abandonnée sans v_o au point M_0 de coordonnées $x_0 = d/2$ et y_0 = L = 0,1m.

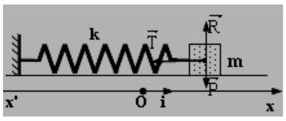
1. Etablir les expressions des coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération dans le repère (O,x,y). Etablir l'équation de la trajectoire de la sphère. Quelle est la nature de cette trajectoire?

2. Exprimer puis calculer la valeur à donner à U pour que la trajectoire de la sphère passe par le point de coordonnées (d; 0). On prendra g =10 m/s².

L'Essentiel du cours :

- Un **oscillateur mécanique** est un système mécanique animé d'un mouvement périodique. Il est dit **harmonique** si son abscisse par rapport à sa position d'équilibre est une fonction **sinusoïdale de temps**.

- Equation différentielle du mouvement de l'oscillateur horizontal : L'application du TCI : $\vec{T}+\vec{P}+\vec{R}=m\vec{a}$; la projection sur l'axe (O,i) donne : $-kx = ma_x = m\ddot{x}$, soit $\boxed{\ddot{x}+\frac{k}{m}x=0 \Leftrightarrow \ddot{x}+\omega_o^2 x=0}$



Avec ω_o^2 k/m $\Rightarrow \omega_o = \sqrt{k/m}$ (rad/s) **pulsation propre** de l'oscillateur harmonique.

- La solution de l'équation différentielle est de la forme : $\mathbf{x = X_m\cos(\omega_o t + \varphi)}$ ou $\mathbf{x = X_m\sin(\omega_o t + \varphi)}$

- L'**énergie mécanique totale** du pendule élastique horizontal est : $E = E_{pe} + E_c = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$

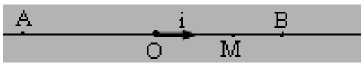
Si l'oscillateur est non amorti (frottement négligé), l'énergie totale se conserve : $E = E_{pe}+E_c = Ep_{max} = Ec_{max}$ = cste. Par conséquent, $\mathbf{V_{max} = \pm\omega_o.X_m}$: valeur de la vitesse du mobile lors du passage (selon le sens) à la position d'abscisse x = 0.

Série d'Exercices :

➢ ***Exercice n°1*** :

Un mobile, assimilé à un point matériel M, est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal dont l'amplitude est 40mm et de fréquence N = 10Hz.

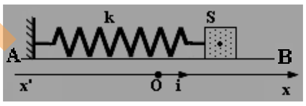
L'origine des abscisses est prise au milieu O du segment [AB] décrit par le mobile. L'origine des temps est prise à l'instant où le mobile passe en O, de A vers B, dans le sens positif.



1. Définir mouvement rectiligne sinusoïdal et écrire l'équation horaire de l'abscisse du mobile $\overline{OM}$ = x = f(t).
2. Donner l'expression algébrique de la vitesse, à l'instant t et calculer sa valeur aux points O et B.
3. Donner l'expression algébrique de l'accélération a du mobile à la date t et calculer sa valeur aux points O et B.

➢ ***Exercice n°2*** :

Un oscillateur harmonique horizontal de la figure ci-dessous est constitué d'un solide S, de masse m = 50g, fixé à l'extrémité d'un ressort de raideur k = 5N/m. Le solide glisse sans frottement sur une table horizontale. On repère la position du centre d'inertie du solide par son abscisse sur un axe (x'x) parallèle à la table. Quand l'ensemble est en équilibre, le ressort n'étant pas déformé, le centre d'inertie occupe la position G_o d'abscisse x = 0.

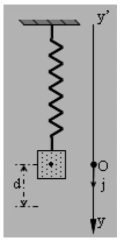


On allonge le ressort en déplaçant le solide de 5cm dans le sens positif et on lâche le système sans vitesse.

1. Etablir l'équation différentielle du mouvement de S. En déduire la nature de ce mouvement.
2. On prend comme origine des dates, l'instant de passage du solide S par sa position d'équilibre avec une vitesse positive. Etablir l'équation horaire du mouvement de S. Calculer sa vitesse lors du 1er passage par sa position d'équilibre.
3. Calculer l'énergie mécanique du solide.

➢ ***Exercice n°3*** :

Un solide de masse m = 450g est suspendu à l'extrémité d'un ressort vertical dont l'autre extrémité est fixe. La constante de raideur du ressort vaut k = 28N/m.



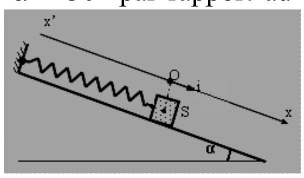
1. Etablir l'équation différentielle régissant le mouvement du solide. Calculer la pulsation propre ω_o de l'oscillateur.
2. A partir de la position d'équilibre, on le tire verticalement vers le bas d'une longueur d = 8cm et on le lâche sans vitesse initiale.

a. Etablir l'équation horaire du mouvement du solide, en précisant les origines spatiale et temporelle utilisées.

b. Déterminer la vitesse du solide lorsque celui-ci s'est déplacé de 5cm par rapport à sa position d'équilibre.

➢ ***Exercice n°4*** :

Un ressort est accroché à l'une de ses extrémités au bâti d'une table inclinée d'un angle α = 30° par rapport au plan horizontal. A l'autre extrémité du ressort est accroché un solide auto-porteur S de masse m = 0,6kg. La longueur du ressort à vide vaut ℓ_o = 16cm. Lorsqu'on accroche le solide S, la longueur du ressort à l'équilibre devient ℓ = 26cm.



1. Calculer la raideur k du ressort. (g = 10N/kg)
2. On tire le solide autoporteur de 7cm vers le bas et on le lâche sans vitesse à l'instant t = 0.

On prend comme origine spatiale la position G_o du centre d'inertie G du solide S à l'équilibre. L'abscisse x de G à l'instant t sera déterminée sur l'axe (O,i).

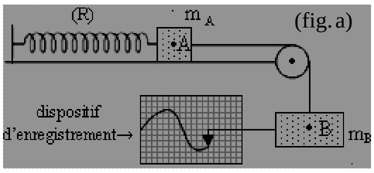
a. Etablir l'équation différentielle qui régit le mouvement du solide. Calculer la pulsation propre ω_o.

b. Etablir l'équation horaire du mouvement de S.

3. Calculer l'énergie mécanique de l'oscillateur. L'énergie potentielle de pesanteur sera, conventionnellement, prise égale à zéro, pour le solide S, dans sa position d'équilibre.

➢ ***Exercice n°5***:

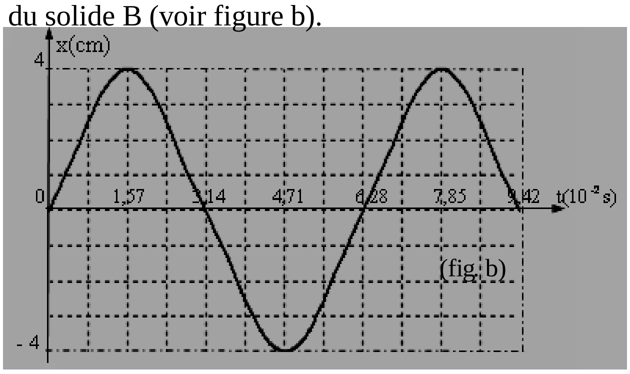
Un oscillateur est réalisé comme l'indique la figure ci-dessous. La poulie est de masse négligeable. Le ressort (R) a pour raideur k.



Le solide A repose sans frottement sur le plan horizontal. Le fil reliant A et B est inextensible.

1. Etablir l'équation différentielle du mouvement oscillatoire de ce système.

2. Le dispositif d'enregistrement permet d'obtenir la courbe de variation x (t) de la position du centre d'inertie G du solide B (voir figure b).



a. Déterminer les lois horaires donnant l'abscisse x(t) et la vitesse v(t).

b. Calculer la raideur k du ressort (R).

On donne m_A = 250g; m_B = 500g et on prend π^2 10.

c. Calculer l'énergie mécanique totale du système à l'instant t = 0,75T_o où T_o est la période propre.

➢ ***Exercice n°6*** :

On considère un pendule élastique constitué d'un solide de masse m, accroché à un ressort de raideur k, mobile sans frottement sur un axe horizontal (O,i). La figure ci-dessous donne l'énergie mécanique E_m et l'énergie potentielle élastique Ep du système en fonction de l'abscisse x.

1. Montrer que le système effectue des oscillations.

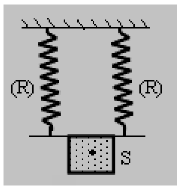
2. Déterminer l'amplitude Xm du mouvement et la raideur k du ressort.

3. Déterminer la valeur de l'énergie cinétique pour x = 0 et x = - 2cm.

4. Le pendule effectue 100 oscillations pendant une durée de 62,8s. Déterminer la masse m du solide et vitesse de l'extrémité du ressort lorsque l'élongation est égale à +1cm.

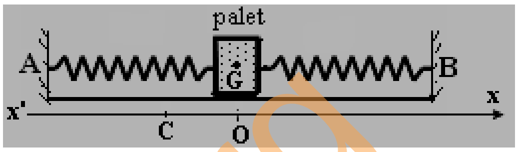
➢ ***Exercice n°7*** :

On réalise le montage ci-dessous avec un solide, de masse m = 150g, et deux ressort identiques de raideur k = 10N/m. Etablir l'équation différentielle du mouvement du solide et calculer la période propre de l'oscillateur ainsi constitué.



➢ ***Exercice n°8*** :

Un palet à coussin d'air, de masse m = 0,7kg, mobile sur une table horizontale, est accroché à deux ressorts identiques, de masse négligeable, tendus entre A et B.



Ces ressorts, de constante de raideur $k_1 = k_2$ = 20N/m et de longueur à vide $\ell_{01} = \ell_{02}$ = 18cm, ont pour longueur $\ell_1 = \ell_2$ = 25cm, lorsque le palet est en équilibre.

1. Les frottements sont supposés négligeables. On écarte le palet de sa position d'équilibre de telle sorte que son centre d'inertie G se déplace dans la direction AB vers A de $\overline{OC}$ = –2cm, puis on l'abandonne sans vitesse initiale, à un instant qui sera choisi comme origine des dates.

a. Donner, à une date t quelconque, l'expression de l'allongement de chacun des ressorts en fonction de l'abscisse x de G.

b. Etablir l'équation différentielle du mouvement de G.

c. Exprimer et calculer la pulsation propre et la période propre du mouvement.

d. Ecrire l'équation horaire du mouvement de G.

2. En réalité, il existe des frottements. On admettra qu'ils peuvent être représentés par un vecteur force $\vec{F} = -\lambda\,\vec{v}$, où λ est une constante positive et $\vec{v}$ vecteur vitesse de G.

a. Etablir l'équation différentielle du mouvement de G.

b. Donner, en conservant les mêmes conditions initiales, l'allure des courbes représentant l'abscisse x de G en fonction du temps suivant l'importance des frottements.

➢ ***Exercice n°9***:

On constitue un pendule élastique vertical en associant deux ressorts de raideurs k et k', fixés l'un à la suite de l'autre. Un solide, de masse m, est accroché à l'extrémité libre du 2[e] ressort.

Etablir l'équation différentielle de cet oscillateur et montrer que sa période est :

$$T = 2\pi\sqrt{m\left(\frac{1}{k}+\frac{1}{k'}\right)}$$

Calculer cette période, sachant que l'ensemble de deux ressorts s'allonge de 5cm si l'on dispose verticalement l'axe du système. (g = 9,8N/kg).

L'Essentiel du cours :

-Un phénomène périodique est dit **vibratoire** (ou **oscillatoire**) si la grandeur associée (x, θ, i…) varie de part et d'autre d'une valeur moyenne. Exemple : Pour un oscillateur harmonique x varie de $-X_m$ à $+X_m$ de part et d'autre de x = 0.

- A tout vecteur de FRESNEL est associée une fonction sinusoïdale. Ainsi à la fonction x = a.cos(ωt +φ), on associe un vecteur tournant $\overrightarrow{OA}$ tel que $\|\overrightarrow{OA}\| = a$ et $(\overrightarrow{Ox}, \overrightarrow{OA}) = \varphi$ avec ω vitesse angulaire du vecteur tournant.

- Différence de phase entre deux fonctions sinusoïdales de même période : $x_1 = a_1.\cos(\omega t + \varphi_1)$ et $x_2 = a_2.\cos(\omega t + \varphi_2)$

Si $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 > 0$, x_2 est **en avance de phase** sur x_1 Si $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 < 0$, x_2 est **en retard de phase** sur x_1

Si $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 2k\pi$, les fonctions sont **en phase** Si $|\varphi_2 - \varphi_1| = \pi + 2k\pi$, les fonctions sont **en opposition de phase**

Si $|\varphi_2 - \varphi_1| = \pi/2 + 2k\pi$, les fonctions sont **en quadrature de phase.**

- Au déphasage $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ correspond un décalage horaire $\boldsymbol{\theta = |\varphi_2 - \varphi_1|/\omega}$.

- Etude stroboscopique du mouvement d'un disque tournant à la fréquence N et portant un rayon peint :

Entre deux éclairs consécutifs (de fréquence N_e), si Ne = N/k ou Te = kT, le disque parait **immobile avec un seul rayon**. Si Ne = kN ou T = kTe, le disque parait **immobile avec k rayons identiques régulièrement espacés.**

Si Ne ≈ N/k avec Ne < N/k : on a un **mouvement ralenti du disque** dans **le sens réel** avec Na = N – kNe.

Série d'Exercices :

➢ ***Exercice n°1*** :

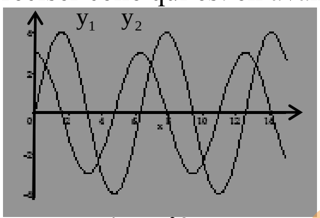
On donne les fonctions sinusoïdales suivantes :

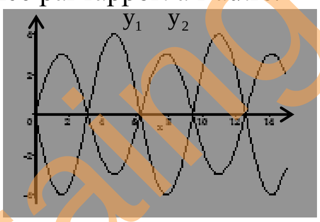
$y_1(t) = 4.10^{-2}\sin(200\pi t + \pi)$; $y_2(t) = 2.10^{-2}\sin(200\pi t)$; et $y_3(t) = 6.10^{-2}\sin(200\pi t - \pi/2)$ (y en m et t en s).

1. Donner la représentation du vecteur de Fresnel correspondant à chacune des fonctions.
2. Comparer, la fonction y_1 par rapport aux fonctions y_2 et y_3. En déduire leurs décalages horaires.
3. Dire des fonctions y_2 et y_3 celle qui est en retard ou en avance par rapport à l'autre. Justifier.

➢ ***Exercice n°2*** :

Comparer les fonctions représentées ci-dessous et préciser celle qui est en avance par rapport à l'autre.





➢ ***Exercice n°3*** :

Un disque noir comportant un secteur blanc tourne à vitesse constante. Lorsqu'on l'éclaire avec un stroboscope, la fréquence maximale des éclairs pour laquelle le rayon paraît immobile est 45Hz.

1. Quelle est la fréquence de rotation du moteur ?
2. Quelle est la vitesse de rotation en trs/mn du moteur ?
3. Quelles sont les autres fréquences des éclairs pour lesquelles le secteur blanc paraît immobile, la fréquence des éclairs étant supérieure à 10Hz ?

➢ ***Exercice n°4*** :

Un disque blanc, portant un rayon noir, tourne d'un mouvement périodique de fréquence N que l'on souhaite déterminer. Un stroboscope électronique, de fréquence Ne variable, éclaire le disque. A partir de 150 Hz on diminue la fréquence Ne des éclairs. On observe l'immobilité apparente pour la première fois à la fréquence Ne = 60 Hz d'un rayon noir unique.

En déduire la fréquence de rotation du disque puis sa vitesse en tours par minute.

Décrire les phénomènes observés (en justifiant les réponses) pour les fréquences stroboscopiques Ne suivantes : 20 Hz; 30 Hz; 120 Hz; 59 Hz; 61 Hz.

➢ ***Exercice n°5*** :

Un disque comporte 4 rayons identiques régulièrement espacés. Le disque tournant à vitesse constante, est éclairé à l'aide d'un stroboscope de fréquence Ne variable. La plus grande fréquence des éclairs pour laquelle le disque paraît immobile est 200Hz.

1. Calculer la fréquence N de rotation du disque.
2. On peint un des rayons; le disque, tournant avec la fréquence N, est éclairé progressivement par des éclairs dont la fréquence Ne variable. Déterminer les fréquences possibles Ne des éclairs pour lesquelles :
   - le disque paraît immobile avec le rayon peint;
   - le disque paraît immobile avec 2 rayons peints.

➢ ***Exercice n°6*** :

On réalise l'étude stroboscopique d'une lame vibrante avec un disque troué qui produit des éclairs. Le disque comporte 20 trous et fait **n** tours par seconde.

1. Sachant que la plus grande valeur de **n** pour laquelle la lame paraît unique et immobile est **n** = 20, calculer la fréquence N du vibreur.
2. Quel est l'aspect de la lame quand **n** vaut successivement : 10 ; 40 et 19,75 ?

➢ ***Exercice n°7*** :

Des gouttes d'eau tombent d'un robinet à intervalles de temps égaux. Du fait de la résistance de l'air, elles sont animées d'un mouvement rectiligne uniforme. La plus petite fréquence pour laquelle elles paraissent immobiles en éclairage stroboscopique est Ne= 400Hz. Les gouttes sont espacées de d = 2,5cm.

a. Calculer la vitesse de ces gouttes dans l'air.
b. Décrire leur mouvement apparent si la fréquence des éclairs est réglée sur 410Hz, puis sur 390Hz.

L'Essentiel du cours :

- Lois de propagation d'un ébranlement : ① la propagation nécessite un milieu qui reprend sa forme initiale après avoir subi une déformation ; ② l'ébranlement se propage à vitesse constate, vitesse appelée **célérité** et qui dépend du milieu de propagation ; ③ chaque point du milieu de propagation reproduit, au passage de l'ébranlement, le mouvement de la source ; ④ il n'y a pas transport de matière le long du milieu mais propagation de l'ébranlement.

- L'élongation d'un point M de la corde si la source O a pour élongation : $y_O = a.\cos(\omega t) = a.\cos(\frac{2\pi}{T}.t)$

$y_M = a.\cos\frac{2\pi}{T}(t-\theta) = a.\cos\frac{2\pi}{T}(t-\frac{x}{C}) = a.\cos(\frac{2\pi.t}{T} - \frac{2\pi.x}{\lambda})$ avec **λ = CT**, la **longueur d'onde** ou période spatiale.

- L'état vibratoire de deux points M et N de la corde :
Si **MN = kλ**, les deux points vibrent **en phase** ; Si **MN = (2k+1)λ/2** les deux points vibrent en **opposition de phase**.

Série d'Exercices :

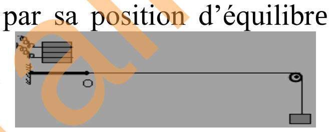
➢ ***Exercice n°1*** :

Une cordelette est attachée à une de ses extrémités à l'une des branches d'un diapason, l'autre extrémité est fixée à un poids 9N, un dispositif empêchant toute réflexion à cette extrémité (par amortissement). On observe le phénomène par stroboscopie et on constate que pour une certaine fréquence du stroboscope la cordelette paraît immobile, la distance entre deux crêtes valant 30cm. La cordelette a une masse linéique $\mu = 10g/m$. Sachant que la vitesse de propagation dans la corde vaut $C = \sqrt{T/\mu}$, T tension de la corde.

1. Calculer la célérité C de la cordelette et déduire la fréquence N du diapason.
2. Déterminer le nombre des fréquences possibles d'observation du stroboscope.

➢ ***Exercice n°2*** :

L'extrémité O d'un fil inextensible, de longueur $\ell = 2m$ et de masse m = 40g, est animée d'un mouvement vibratoire sinusoïdal, transversal de fréquence N = 200Hz et d'amplitude a. La tension du fil est de 2N. A t = 0s, le point O passe par sa position d'équilibre d'élongation nulle en se déplaçant dans le sens négatif des élongations.



1. a. Qu'est-ce qu'une onde transversale?
b. Calculer la période T, la célérité C de l'onde et la longueur d'onde λ. On rappelle que $C^2 = T/\mu$.
2. Ecrire l'équation horaire du mouvement du point O. Déduire l'élongation d'un point M de la corde situé à la distance x = OM de la source O.
3. Soient 2 points A et B du fil tels que OA = 2,5cm et OB = 10cm. Calculer les phases initiales φ_A et φ_B de ces points et comparer leurs mouvements.
4. Représenter l'aspect du fil à la date $t_1 = 2,5ms$.

➢ ***Exercice n°3*** :

L'extrémité O d'une longue corde vibrante tendue horizontalement est animée d'un mouvement vibratoire, sinusoïdal, transversal d'équation horaire :

$y_O(t) = 4.10^{-3}\sin(200\pi t)$ (y_O en m ; t en s)

La célérité des ondes le long de la corde est $v = 20m.s^{-1}$.
On néglige l'amortissement et la réflexion des ondes à l'extrémité de la corde.
1. a. Déterminer la fréquence du mouvement de O.
b. Calculer la longueur d'onde λ.
2. Soit P un point de la corde tel que OM = 55cm. Déterminer le nombre des points de la corde, entre O et M, qui vibrent en phase avec O.

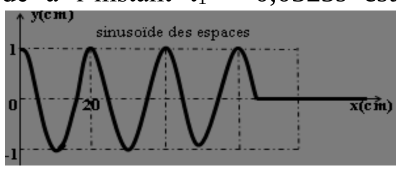
➢ ***Exercice n°4*** :

Un vibreur provoque une onde périodique sinusoïdale transversale, de fréquence N = 200Hz et se propageant le long d'une corde à vitesse C = 40m/s. On néglige l'amortissement et la réflexion des ondes.
1. Calculer la période spatiale de l'onde.
2. On éclaire le phénomène à l'aide d'un stroboscope.
a. Qu'observe-t-on pour Ne =100Hz et Ne = 200Hz?
b. Le stroboscope est réglé sur la fréquence de 198Hz.
- Calculer la distance parcourue par l'onde entre 2 éclairs consécutifs. De quelle distance apparente un observateur voit il progresser cette onde entre ces 2 éclairs?
- En déduire la célérité apparente C_a de l'onde.

➢ ***Exercice n°5*** :

L'extrémité S d'une corde élastique horizontale tendue, de longueur $\ell = 1,20m$, est animée d'un mouvement rectiligne sinusoïdal. Son élongation mesurée à partir de sa position d'équilibre est : $y_S(t) = a.\sin(\omega t + \varphi_0)$.

1. L'aspect de la corde à l'instant $t_1 = 0,0325s$ est représenté sur la figure ci-contre. En exploitant la courbe, déterminer la longueur d'onde λ, la célérité C de la propagation de l'onde et calculer la fréquence N des vibrations.



2. Soit un point M de la corde, d'abscisse x par rapport à la source S. Ecrire l'équation horaire du point M.
3. a. Déterminer la phase φ_M du point M à l'instant t_1.
b. Déduire la phase initiale φ_0 de la source S.
4. Déterminer le nombre et les abscisses des points de la corde vibrant en opposition de phase par rapport à la source S à l'instant de date t_1.

➢ ***Exercice n°6*** :

L'extrémité O d'une lame vibrante verticale, animée d'un mouvement vibratoire sinusoïdal de fréquence N et d'amplitude a = 5mm est éclairée à l'aide d'un stroboscope émettant des éclairs de fréquence Ne réglable.

1. Déterminer N sachant que l'on observe deux lames immobiles pour Ne = 100Hz.

2. L'extrémité de la lame est reliée à celle d'une corde élastique à laquelle elle imprime un mouvement vibratoire sinusoïdal de même fréquence N et de même amplitude a qui se propage à la célérité V.

a. Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M de la corde situé à la distance x de la source O sachant qu'à l'instant initial la lame passe par sa position d'équilibre dans le sens positif.

b. Déterminer la célérité V et la longueur d'onde λ du mouvement si pour Ne = 49Hz on observe un mouvement apparent de célérité v_a = 0,5m/s.

En déduire la position de M sachant que son retard de phase est de -5π rad.

c. Représenter l'aspect de la corde à l'instant t = 30ms. Echelle : 1cm pour 0,125m ; 1cm pour 0,5cm.

➢ ***Exercice n°7*** :

Une lame vibrante munie d'une pointe P détermine, à partir d'un point O de la surface libre de l'eau au repos, des ondes transversales d'équation horaire :

$y_O(t) = 4\sin(40\pi t + \pi)$ (y_O en mm ; t en s)

1. Calculer la fréquence N du mouvement vibratoire.

2. Définir et calculer la longueur d'onde sachant que la célérité des ondes à la surface de l'eau est V = 50cm/s.

3. Soit M un point de la surface de l'eau situé à 5cm de O. Comparer les mouvements de O et M.

4. Représenter l'aspect de la surface de l'eau à $t_1 = 5.10^{-2}$s.

➢ ***Exercice n°8*** :

La pointe P d'un vibreur animé d'un mouvement sinusoïdal d'amplitude faible, de fréquence N = 40Hz frappe la surface de l'eau d'une cuve à ondes. La célérité des ondes est C = 64cm/s.

1. On éclaire la surface de l'eau avec une lampe stroboscopique à la fréquence N_e = 40Hz.

Qu'observe-t-on à la surface de l'eau?

2. La fréquence des éclairs est réduite à 39Hz. Qu'observe-t-on? Exprimer la célérité apparente C_a des ondes en fonction de C, N et N_e. Calculer C_a.

3. Comparer l'état vibratoire des points A et B de la surface de l'eau à celui de la source P pour PA = 5,6cm et PB = 9,6cm.

➢ ***Exercice n°9*** :

Afin de mesurer la vitesse de propagation du son dans l'air, on réalise les deux expériences suivantes :

1. Deux microphones M_1 et M_2 sont reliés à un oscilloscope. Devant l'un d'eux est émis un son bref. Émetteur et microphones étant alignés, on relève sur l'écran deux figures semblables décalées de 5 divisions.

a. Calculer la durée de propagation du son entre M_1 et M_2 sachant que la base de temps est de 1ms/div.

b. Les deux microphones sont séparés de d = 1,70m; en déduire la vitesse du son.

2. On place maintenant devant M_1 et M_2, un haut-parleur alimenté par un G.B.F délivrant des signaux sinusoïdaux. A l'oscilloscope, on constate que les signaux captés par M_1 et M_2 sont en phase.

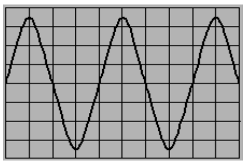
a. On éloigne M_2 de M_1 d'une distance d = 17cm, on retrouve alors à nouveau deux signaux en phase. Que représente cette distance d?

b. Donner la relation lie cette distance d, la vitesse C de propagation du son et la période T des vibrations détectées.

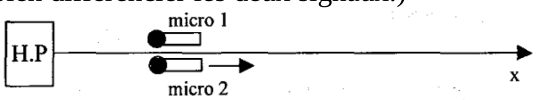
c. La base de temps de l'oscilloscope étant de 0,1ms/div et la période d'une sinusoïde mesurée sur l'écran étant égale à 5divisions, calculer la fréquence N et la période T puis, en utilisant la relation trouvée précédemment calculer la vitesse du son.

➢ ***Exercice n°10*** :

1. On relie un haut-parleur à un générateur basse fréquence (GBF), et à une distance d devant le haut-parleur on place un microphone branché à l'une des voies d'un oscilloscope; ceci a permis d'obtenir l'oscillogramme ci-contre. Le réglage de l'oscilloscope de base de temps est : 0,5ms/div. Déterminer la fréquence et la période du son émis par le haut-parleur.

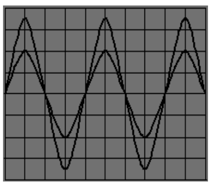


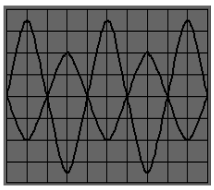
2. On positionne un deuxième micro (voir figure ci-dessous). On relie l'oscilloscope à ces deux micros. On déplace le micro 2 suivant l'axe des x (x > 0). Pour différentes positions du micro2, on relève les oscillogrammes I, II et III (voir figures ci-dessous) (La sensibilité verticale de la voie2 est différente de la voie1 pour bien différencier les deux signaux.)

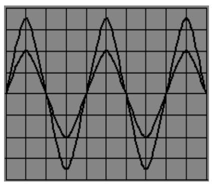


a. Pour les oscillogrammes I et II, que peut-on dire des signaux ?

b. L'oscillogramme III a été relevé pour une distance d = 2,04m, qui correspondait à la 3e fois où les signaux se retrouvaient dans cette configuration. En déduire la longueur d'onde λ, ainsi que la célérité v du son.


osciollagramme I


osciollogramme II


oscillogramme III

L'Essentiel du cours :

- **Principe de superposition :** Lorsque deux vibrations de même direction, de faible amplitude, caractérisées par les élongations y_1 et y_2, se superposent en un point, l'élongation y de la vibration résultante en ce point est : $\mathbf{y = y_1 + y_2}$.
- Soient deux sources S_1 et S_2 **cohérentes,** animées de vibrations sinusoïdales **synchrones** et de même amplitude ayant pour équations $y_{S1} = y_{S2} = a.\sin(\frac{2\pi.t}{T})$. L'élongation résultante en point M, du champ d'interférence, situé à $d_1 = S_1M$ de S_1 et $d_2 = S_2M$ de S_2 s'écrit : $y_M = y_{S1}(t - d_1/C) + y_{S2}(t - d_2/C) = a.\sin(\frac{2\pi.t}{T} - \frac{2\pi.d_1}{\lambda}) + a.\sin(\frac{2\pi.t}{T} - \frac{2\pi.d_2}{\lambda})$

En utilisant la construction de Fresnel ou la méthode analytique on aboutit a :

$y_M = 2a.\cos\frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1).\sin(\frac{2\pi.t}{T} - \frac{\pi}{\lambda}(d_1 + d_2))$ avec $\mathcal{A} = 2a.\cos\frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)$ est l'**amplitude** de y_M.

- Si $d_2 - d_1 = k\lambda$, le point M vibre avec une amplitude maximale. Cette relation définit la famille des franges brillantes ; k = 0 correspond à la frange centrale brillante.
- Si $d_2 - d_1 = (2k' + 1)\lambda/2$, le point M est immobile. Cette relation définit la famille des franges sombres.
- Le **phénomène d'ondes stationnaires** résulte de la superposition de deux ondes progressives se déplaçant en sens inverse (onde incidente et onde réfléchie) avec la même amplitude et la même célérité.
- Entre les extrémités A et B d'une corde, on observe la formation des **fuseaux** (formés des **ventres** et des **nœuds**).
- Au point B fixe, extrémité de la corde, si $y_{iB} = a.\sin(\frac{2\pi}{T})$ alors $y_{rB} = -\ a.\sin(\frac{2\pi}{T}) = a.\sin(\frac{2\pi}{T} + \pi)$
- Au point M situé à x = MB, on a : $y_M = a.\sin(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x) + a.\sin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x + \pi) = 2a.\sin(\frac{2\pi}{\lambda}x).\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$
- Les nœuds (points immobiles) $\mathcal{A} = 2a.\sin(\frac{2\pi}{\lambda}x) = 0 \Rightarrow x = k\lambda/2$; les ventre $\mathcal{A} = 0 \Rightarrow x = (2k' + 1)\lambda/2$.
- Si on fait varier la longueur utile ℓ de la corde en maintenant constante la tension de la corde, on peut obtenir un système de fuseaux stables avec un maximum d'amplitude aux ventres : c'est la **résonance**. La condition de la résonance est : $\boldsymbol{\ell = n.\lambda/2}$ avec n : nombre des fuseaux stables.

Série d'Exercices :

➢ *Exercice n°1* :

A l'aide de deux sources S_1 et S_2 d'amplitude de vibration a = 2mm, on a produit, à la surface libre de l'eau, des franges d'interférences.

1. Quelles sont les conditions vérifiées par S_1 et S_2 au cours de cette expérience ?
2. On donne λ = 2,4cm et leur célérité C = 1,2m/s.

a. Calculer la période et la fréquence de S_1 et S_2.

b. Calculer les amplitudes des points M et M' tels que : MS_1=13cm et MS_2=7cm ; $M'S_1$=6,5cm et $M'S_2$=13,7cm.

3. Déterminer le nombre et préciser les positions des franges d'amplitude maximale sur le segment $[S_1S_2]$. Représenter ces franges.
4. On fait varier la fréquence des oscillations, en la diminuant de moitié, on dit alors que :

- *le nombre de franges d'amplitude maximale augmente;*
- *le nombre de franges de repos diminue ;*
- *on peut avoir un point de repos au milieu de S_1S_2.*

Choisir, en justifiant, la bonne réponse et corriger la mauvaise.

➢ *Exercice n°2* :

Une expérience d'interférences est réalisée à la surface d'eau. En 2 points S_1 et S_2 de la surface de l'eau, distants de d = S_1S_2 = 3,4cm, deux sources ponctuelles produisent des oscillations sinusoïdales verticales qui se propagent avec une célérité C = 40cm/s et telle que :

$y_{S1}(t) = y_{S2}(t) = 2.10^{-3}\sin(100\pi t)$. (y en m et t en s).

1. Etablir l'équation du mouvement d'un point M de la surface du liquide tel que $S_1M = d_1$ et $S_2M = d_2$.

En déduire l'expression de la différence de marche $\delta = d_2 – d_1$ en fonction de λ pour les points qui vibrent avec une amplitude maximale et pour les points immobiles.

2. Calculer la longueur d'onde et déterminer les états vibratoires des points M_1 (d_1 = 6,1cm; d_2 = 3,3cm) et M_2 (d_1 = 5,6cm et d_2 = 7,2cm).

➢ *Exercice n°3* :

Un vibreur de fréquence 20Hz est solidaire d'une fourche portant 2 pointes qui frappent la surface de l'eau en deux points P_1 et P_2. Les vibrations sont sinusoïdales et transversales d'amplitude 4mm. On donne P_1P_2 =d=5cm. La célérité des ondes à la surface de l'eau vaut 36cm/s.

1. a. Déterminer l'état vibratoire des points suivants: M_1(d_1 = 10cm; d_2 = 11,8cm); M_2(d_1 = 8,1cm ; d_2 = 5,4cm) et M_3 (d_1 =14,7cm ; d_2=16,5cm).

b. Deux de ces points précédents appartiennent à une même frange d'interférence d'amplitude maximale. Préciser les. Quelle est la position du point d'intersection M_4 de cette frange avec le segment P_1P_2?

2. Déterminer le nombre de franges d'amplitude maximale et le nombre de franges d'amplitude nulle que l'on observe dans le champ d'interférence.

➢ ***Exercice n°4*** :

Deux sources ponctuelles S_1 et S_2 sont animés de mouvements sinusoïdaux d'équation horaire (exprimée en mètres) : $y_{S1} = y_{S2} = 4.10^{-3}\sin(40\pi t)$.

Les sources S_1 et S_2 sont en contact avec la surface de l'eau et sont distantes de 7,5cm.

1. Qu'observe-t-on à la surface de l'eau?

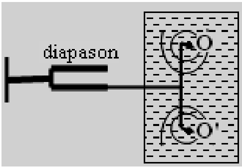
2. a. Les ondes se propagent à la surface de l'eau à la célérité V = 0,4m/s. Calculer la longueur d'onde λ.

b. Quel est l'état vibratoire d'un point M sachant que $d_1 = S_1M = 11$cm et $d_2 = S_2M = 12$cm?

3. Déterminer le nombre de points immobiles sur le segment S_1S_2. En déduire leur distance par rapport à S_1. Représenter ces franges.

➢ ***Exercice n°5*** :

A l'extrémité de l'une des branches d'un diapason, vibrant à la fréquence N =100Hz, est fixée une tige munie d'une fourchette dont les deux pointes sont distantes de d = 2cm. Elles frappent la surface d'une nappe d'eau en deux points O et O' où elles créent des vibrations sinusoïdales de même amplitude a = 1mm, se propageant sur la surface de l'eau à la célérité V = 40cm/s. On négligera tout amortissement.



1. a. Ecrire les équations horaires des mouvements de sources O et O' sachant qu'à t = 0, les points O et O' passent par leur position d'équilibre respective en se déplaçant dans le sens positif.

b. Etablir l'équation horaire du mouvement d'un point M de la surface de l'eau tel que OM = d_1 = 1,2cm et O'M = d_2 = 2cm. On utilisera la construction de Fresnel.

3. Déterminer le nombre de points vibrant avec une amplitude maximale sur le segment OO' et leurs positions par rapport à la source O. Représenter les franges passant par ces points.

➢ ***Exercice n°6*** :

On dispose deux haut-parleurs identiques face à face. Ils émettent des sons de N =1550Hz et de même amplitude.

1. On place un microphone sur le segment S_1S_2 joignant les centres S_1 et S_2 des membranes des haut-parleurs. L'intensité du son capté est minimale au milieu O de S_1S_2. Quel est le déphasage entre les 2 sources sonores?

2. A 11cm de O, sur le segment S_1S_2, l'intensité sonore est à nouveau minimale. Calculer la célérité C du son.

3. On trouve, sur le segment S_1S_2, 11positions où l'intensité sonore est minimale. Entre quelles valeurs est comprise la distance d = S_1S_2?

➢ ***Exercice n°7*** :

La surface libre d'un liquide initialement calme est perturbée en deux points S_1 et S_2 par deux pointes fixées sur deux vibreurs entretenus qui déterminent en ces points deux mouvements sinusoïdaux, verticaux, de fréquence N = 5 Hz.

1. À quelle condition peut-on observer les franges d'interférences à la surface du liquide?

2. Les deux sources S_1 et S_2 ont même phase et même amplitude (a =1mm).

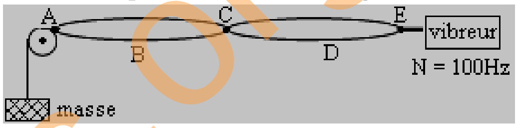
a. À l'instant t = 0s les sources débutent leur mouvement dans le sens positif ascendant. Ecrire l'équation horaire du mouvement de S_1 et S_2.

b. On considère un point M_1 sur une frange de rang *n* et un point M_2 sur la frange de même nature, de rang *n+3* et situées du même côté de la médiatrice de S_1S_2. Sachant que δ_1 = 1,5cm et δ_2 = 4,5cm (δ_1 différence de marche de M_1 et δ_2 celle de M_2), préciser la nature des franges considérées. Calculer la longueur d'onde et la célérité C du mouvement vibratoire qui se propage à la surface du liquide.

Ondes stationnaires

➢ ***Exercice n°8*** :

Une corde dont l'extrémité E est reliée à un vibreur, est tendue, après passage sur une poulie, par une masse m. La longueur de la partie vibrante est égale à 40cm.



1. Nommer les points A, B, C, D et E.

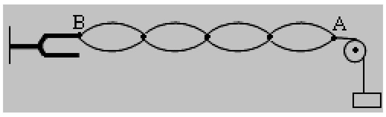
2. Quelle est la longueur d'onde. Calculer la célérité de l'onde dans la corde.

3. Dessiner l'aspect de la corde lorsque N = 50Hz.

4. Dessiner l'aspect de la corde lorsque N = 200Hz.

➢ ***Exercice n°9*** :

Un fil de longueur L = 1m est tendu horizontalement, entre une poulie A et l'une des branches B d'un diapason entretenu de fréquence N = 50Hz. Au-delà de la poulie, ce fil supporte une masse M. On rappelle que la célérité de propagation d'une onde se propageant sur la corde tendue est $C = \sqrt{P/\mu}$, où P est la valeur du poids tenseur et μ, sa masse linéique.



On constate que pour certaines valeurs de la masse marquée M, la corde vibre en formant un ou plusieurs fuseaux de même longueur. On donne g = 10N/kg.

1. Quel nom donne-t-on au système d'ondes qui s'établit le long de la corde ?

2. a. Pour une masse M = 2kg, la corde vibre en un seul fuseau. Déterminer la longueur d'onde λ des ondes progressives se propageant e long de la corde.

b. Déterminer la célérité C des ondes sur la corde.

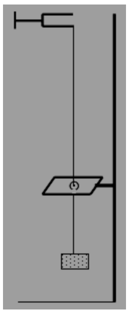
c. En déduire la masse m de la corde.

3. Exprimer le nombre n des fuseaux en fonction N, λ, μ et P. Quelle valeur faut-il donner à la masse M pour observer deux fuseaux ?

4. Le nombre de fuseaux produits étant impair, quel est l'état vibratoire du point situé au milieu de la corde ? Quel nom donne-t-on alors à ce point ?

➢ ***Exercice n°10*** :

Une corde verticale OO', de longueur 1m est attachée, à sa partie supérieure O, à l'une des branches d'un diapason entretenu, de fréquence N = 50Hz. Son extrémité inférieure O' est pratiquement immobilisée par une plaque métallique mince, percée d'un petit trou au travers duquel passe la corde. Une charge, de poids P, accrochée à l'extrémité inférieure O', tend la corde.



1. Sachant que la corde vibre fortement en seul fuseau pour P = 20N, calculer la masse de la corde. On donne $C^2 = P/\mu$.

2. Pour quelles valeurs du poids P la corde se partage-t-elle, en vibrant, en 2 ; 3 ; 4 fuseaux ?

Pour le cas de 3 fuseaux, représenter la corde et donner la position des nœuds et des entres.

➢ ***Exercice n°11*** :

Un vibreur est constitué d'une lame métallique AB. L'extrémité A est libre, tandis que l'extrémité B est fixée à un support rigide. Cette lame en fer doux est mise en vibration par un électro-aimant alimenté en courant alternatif. La lame vibre à la fréquence de 100Hz.

1. Une corde, de 4g pour une longueur totale de 1,6m, est reliée à l'extrémité A du vibreur. La corde est tendue par l'action d'une masse marquée suspendue au-delà de la poulie. Quelle valeur faut-il donner à cette masse pour que la célérité des ondes dans la corde soit de 50m/s? On prendra g = 10m/s².

2. On réalise «l'expérience de Melde» en mettant en vibration la partie OA, de longueur utile 1,20m. Le point A sera assimilé à un nœud.

a. Pour obtenir six ventres, quelle valeur doit avoir la célérité de l'onde? Quelle doit être la tension de la corde?

b. Est-il possible d'obtenir 2 ventres en ne modifiant que la tension, si la corde se casse pour une valeur de 20N?

3. En prenant pour origine des abscisses le point O, point de contact de la corde avec la poulie, établir l'expression générale y(x,t) du déplacement transversal d'un point quelconque de la corde quand l'onde stationnaire est établie.

➢ ***Exercice n°12*** :

Une corde de longueur L = 1,5m est fixée, en A, à une lame vibrant à la fréquence de 25Hz. Elle est tendue en B grâce à une poulie. La tension de la corde est égale à 1N ; sa masse linéique est $\mu = 16.10^{-4}$kg.m^{-2}. ($C^2=T/\mu$)

La vibration émise par la lame vibrante en A, a pour expression $y_A = a.\sin(2\pi t/T)$

1. Donner l'expression de l'onde progressive incidente au point M en fonction de a, ω, t, c et x =BM.

2. On rappelle que la condition aux limites impose un nœud de vibration au niveau de la poulie. Quelle conséquence cela aura sur l'onde retour ?

3. Donner l'expression de l'onde progressive réfléchie au point M en fonction de a, ω, t, c et x = BM.

4. En reprenant l'expression de l'onde progressive aller et l'expression de l'onde progressive retour, déterminer l'expression de l'onde résultante au point M.

5. En réalité, des réflexions multiples se produisent en A et B. Pour quelles valeurs particulières de L obtient-on un phénomène stable?

6. Le point M est situé à 50cm de la poulie. Quelle sera l'amplitude de vibration au point M? De quelle distance minimale du point M obtient-on une vibration maximum (ventre)?

7. On multiplie la tension par 9. Décrire l'aspect de la corde.

➢ ***Exercice n°13*** :

On réalise l'expérience de Melde dans un ascenseur : un vibreur est fixé au plafond de la cabine, sa fréquence N = 100Hz, un fil attaché en A au vibreur est tendu verticalement par un corps de masse m, accroché à son extrémité inférieure B ; l'amplitude du mouvement de A est de 3mm ; le fil traverse en O une mince plaque horizontale qui peut être placée verticalement, ce qui permet de faire varier la longueur AO de la partie du fil située au-dessus de la plaque ; l'orifice O est suffisamment petit pour que les déplacements transversaux du fil soient impossibles.

1. Lorsque la cabine est au repos, le fil dessine, entre A et O, quatre fuseaux bien nets.

a. Montrer que l'équation du mouvement d'un point C du fil tel que OC = x est : $y = 2a.\sin\left(\frac{2\pi.x}{\pi}\right).\cos(2\pi.N.t)$

b. Calculer la longueur AO.

c. Calculer la célérité des ondes le long du fil.

d. Calculer, à la date t = $6{,}25.10^{-2}$s, les vitesses des points C_1 et C_2 du fil tels que x_1 = 5cm et x_2 = 35cm.

2. La cabine est maintenant animée d'un mouvement vertical ascendant uniformément accéléré, d'accélération a_1 de module 1,2m.s^{-2}. Par quelle masse m_1 faut-il remplacer la masse m = 100g de la question précédente pour que le fil vibre en formant le même nombre de fuseaux ? On rappelle que la vitesse de propagation d'une onde le long d'un fil de tension F et de masse linéique µ est donnée par : $C^2 = F/\mu$. (g = 9,8m/s²).

3. Au lieu de changer la masse m accrochée en B, on peut modifier la longueur AO. De quelle hauteur h et dans quel sens faut-il déplacer la plaque pour observer les quatre fuseaux :

a. si le mouvement est ascendant uniformément accéléré d'accélération a_1 = 1,2m/s².

b. si le mouvement est ascendant uniformément décéléré d'accélération a_2 = 1,8m/s².

L'Essentiel du cours :

- La différence de marche de deux rayons lumineux issus des sources secondaires du système des fentes de Young est donnée par : $\delta = d_2 - d_1 = \frac{a.x}{D}$ où x est l'abscisse d'un point M du champ d'interférence. Pour la frange centrale brillante la différence de marche δ est nulle.

- Le point M est milieu d'une bande (frange) brillante si $\delta = d_1 - d_2 = k\lambda \Leftrightarrow x = k.\frac{\lambda.D}{a}$ avec $0{,}40\mu m < \lambda < 0{,}75\mu m$

- Le point M est milieu d'une bande sombre si $\delta = d_1 - d_2 = (2k'+1)\lambda/2 \Leftrightarrow x = (2k'+1)\frac{\lambda.D}{2a}$

- L'interfrange i est la distance séparant deux milieux consécutifs des franges de même nature : $i = \frac{\lambda.D}{a}$.

- En déplaçant verticalement la source S de y, la différence de marche devient : $\delta = \frac{a.y}{d} + \frac{a.x}{D}$; le système de franges se déplace dans le sens opposé de $x_o = -\frac{Dy}{d}$. En interposant une lame d'indice n et d'épaisseur e devant la source S_1, on a : $\delta = \frac{a.x}{D} - e(n-1)$; le système de franges se déplace du côté où la lame est placée de $x_o = \frac{(n-1)D.e}{a}$.

Série d'Exercices :

➢ ***Exercice n°1*** :

Un pinceau de lumière monochromatique émis par un laser éclaire 2 fentes parallèles distantes de a = 0,5mm. Un écran (E) est placé à D = 1m du plan des fentes.

1. Dessiner le dispositif expérimental. Interpréter la formation des franges brillantes et obscures.
2. a. Définir et exprimer la différence de marche aux deux fentes d'un point M de l'écran, puis en déduire la position des franges brillantes et obscures.
b. Préciser la nature de la frange centrale appartenant au plan médiateur des 2 fentes.
3. Définir et exprimer l'interfrange. Comment doit-on modifier la distance entre les deux fentes pour obtenir des franges plus espacées?
4. Calculer la longueur d'onde λ de la lumière émise par le laser, sachant que 6 franges consécutives de même nature sont espacées de 12,7mm.

➢ ***Exercice n°2*** :

Soit un système de fentes de Young dans lequel a = 1mm et D = 1m. On constate que la dixième frange brillante (comptée à partir de la frange brillante centrale) se trouve à 7mm du milieu de cette frange centrale. En déduire : - la longueur d'onde de la lumière incidente ; - la valeur de l'interfrange ; - la distance séparant les milieux des sixième et huitième franges sombres situées de part et d'autre de la frange centrale.

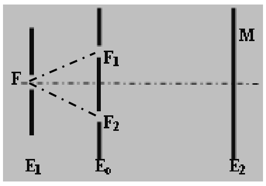
➢ ***Exercice n°3*** :

A l'aide de deux sources cohérentes, ponctuelles, S_1 et S_2, on obtient des franges d'interférence sur un écran parallèle à S_1S_2 situé à D = 2mm de S_1S_2 lorsque les sources S_1 et S_2 sont éclairées par une lumière monochromatique de longueur d'onde λ = 0,60µm.

1. La distance qui sépare les milieux de quatre franges sombres consécutives est 2,4mm. Calculer **a** = S_1S_2.
2. Le champ d'interférence a pour largeur 2,16cm. Combien y a-t-il de franges obscures?

➢ ***Exercice n°4*** :

On considère le dispositif de Young schématisé ci-dessous, tel que : F_1F_2 = a = 0,5mm ; D = 1m. La longueur d'onde de la lumière émise par la lampe est λ_o = 589m, les deux fentes F_1 et F_2 se comportent comme deux sources cohérentes de lumière monochromatique. Les faisceaux de la lumière diffractée par F_1 et F_2 interférent et l'on observe sur l'écran E_2 des franges d'interférences.



Soit x l'abscisse d'un point M de l'écran appartenant à la zone d'interférence, x étant comptée à partir d'un point O du centre de l'écran.

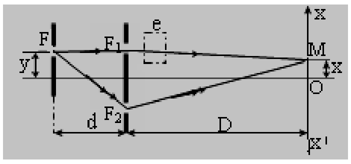
1. Représenter qualitativement la figure observée sur l'écran E_2. Quel est le caractère de la lumière ainsi mis en évidence par le phénomène observé?
2. Expliciter le sens des termes ou expressions suivants : écran opaque, source monochromatique, sources cohérentes et interfrange.
3. Sachant que la différence de marche entre 2 rayons provenant respectivement de F_1 et F_2, interférant en M, est donnée par la relation $\delta = F_2M - F_1M = ax/D$. Etablir l'expression de l'interfrange i en fonction de λ_o, D et a puis calculer i.
4. On remplace la source précédente par une source monochromatique dont la longueur d'onde est λ_1. On observe sur l'écran E_2 que la distance entre la 4[e] frange brillante et la 7[e] frange sombre de part et d'autre de la frange centrale brillante est d = 10,29mm. Calculer longueur d'onde λ_1 de la lumière émise par la source ?

➢ ***Exercice n°5*** :

On réalise une expérience d'interférences lumineuses à l'aide du dispositif des fentes de Young pour lequel a = 1mm et D = 2m ; le système est éclairé par une lumière monochromatique de longueur d'onde 600nm.

1. De quelle nature est la frange centrale ? Calculer la valeur de l'interfrange.

2. La fente source primaire F est déplacée du côté de la fente F_1 d'une longueur y petite devant la distance d.

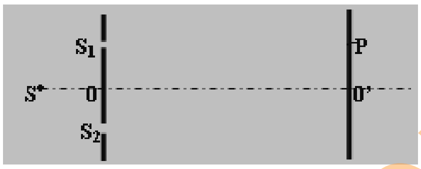


Que devient l'interfrange? Que voit-on sur l'écran ?
AN: y =1cm, d = 1m.

3. On interpose sur le faisceau lumineux issu de F_1 une lame à faces parallèles de très petite épaisseur e et d'indice n = 1,5. On constate alors que le système de franges obtenu sur l'écran est de nouveau celui de la question. En déduire l'épaisseur de la lame.

➢ ***Exercice n°6*** :

On utilise le dispositif d'Young pour produire des franges d'interférences. Les deux ouvertures S_1 et S_2 distantes de 0,4mm, sont éclairées par une source monochromatique S de longueur d'onde 500nm, équidistante de S_1 et de S_2. L'écran d'observation est perpendiculaire en O' à la droite SO, O étant le milieu de S_1S_2. La distance OO' est 1m.



1. Décrire le phénomène observé et calculer l'interfrange. À quelle distance O'P observe-t-on la 4ème frange brillante, la frange centrale étant comptée zéro ?

2. On remet en place la source monochromatique (S) et on dispose devant la fente S_1 une lame de verre d'épaisseur 8µm et d'indice 1,5.
Quelle est l'action de la lame de verre sur le phénomène d'interférences? De quel côté de O' se trouve maintenant la frange brillante d'ordre 0. Justifier. Déterminer la nouvelle position de la frange centrale.

➢ ***Exercice n°7*** :

On réalise l'expérience des fentes de Young. Soit **a** la distance séparant les fentes fines parallèles F et F' et λ la longueur d'onde de la lumière monochromatique utilisée. On observe dans l'air des franges d'interférence sur un écran situé à une distance **D** des fentes.

1. Soit **L** la largeur de **N** interfranges consécutifs. Etablir la relation donnant λ en fonction de a, D, L et N.
Calculer λ pour a = 2mm ; L = 4mm ; N = 12 ; D = 1m.

2. Le système étant placé dans l'air, on recouvre la fente du côté de l'écran par un verre à faces parallèles d'épaisseur e et d'indice n = 1,52. Qu'observe-t-on sur l'écran ? Calculer e si le déplacement de la frange centrale est x_o = 4,40mm.

3. On place devant F' une autre lame d'épaisseur e' et d'indice n'. Le système de franges obtenu est alors identique à celui réalisé avant la mise en place de deux lames. Donner en fonction de e ; n et n' l'expression de e'. Calculer e' si n' = 1,40.

4. Le dispositif est celui de la question 1, mais la source émet deux radiations λ = 0,550µm et λ' = 0,650µm.
On observe simultanément les deux systèmes de franges. Déterminer la plus petite distance par rapport à la frange centrale où les milieux de deux franges brillantes correspondant aux deux radiations coïncident.

➢ ***Exercice n°8*** :

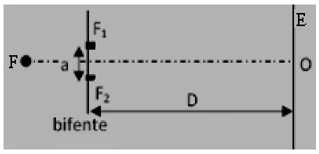
Une source monochromatique S éclaire deux fentes fines S_1 et S_2, parallèles, distantes de a = 3mm et distantes de S de d = 50cm. La source est perpendiculaire au plan de S_1S_2 et est équidistante de S_1 et S_2. On observe des interférences sur un écran E placé à D = 3m du plan de S_1S_2 ; on compte 6 franges brillantes de part et d'autre de la frange centrale O, occupant dans leur ensemble une longueur L = 7,2mm.

1. Calculer la longueur d'onde λ de la radiation émise.
2. On déplace S de 2,5mm vers le haut ; de combien et dans quel sens se déplace la frange centrale ?
3. On ramène celle-ci à sa position initiale O en interposant devant l'une des deux fentes une lame à faces planes et parallèles, d'indice 1,5. Où doit-on placer la lame ? Quelle épaisseur convient-il de lui donner ?

➢ ***Exercice n°9*** :

On considère le dispositif d'interférence représenté ci-dessus où D = 1m et a = F_1F_2. La source S est à égale distance des fentes F_1 et F_2; elle émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ = 589nm.

1. Représenter, sur un schéma, les faisceaux lumineux issus de la source S et des fentes F_1 et F_2 et indiquer clairement sur ce schéma la zone d'interférence.
2. Représenter puis expliquer, sommairement, ce que l'on observe sur l'écran, au voisinage de O.
3. Sur l'écran E, 20 interfranges consécutifs couvrent une bande de largeur L = 4,21mm.

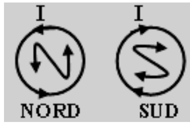


a. Rappeler l'expression de l'interfrange en fonction de la distance a, D et la longueur d'onde λ de la lumière.
b. Calculer la distance a entre les fentes.

4. La source S est remplacée par une source S' émettant deux radiations lumineuses monochromatiques de longueur d'onde respective λ_1 = 610nm et λ_2 inconnue. On observe, sur l'écran, la superposition des systèmes d'interférences correspondant aux deux radiations.
a. Rappeler l'expression de la position, sur l'écran et par rapport au point O, d'une frange brillante.
b. Montrer que les franges centrales des systèmes d'interférence coïncident.
c. La frange brillante d'ordre 10 du système d'interférence correspondant à λ_1 = 610nm coïncide avec la frange brillante d'ordre 11 du système d'interférence correspondant à λ_2. Calculer la valeur de la longueur d'onde λ_2.

L'Essentiel du cours :

- Le champ magnétique $\vec{B}$ est un champ vectoriel ; il est tangent aux lignes de champ. Le sens de $\vec{B}$ est donné par le bipoint $\overrightarrow{SN}$ d'une petite aiguille aimantée ; l'intensité du champ magnétique s'exprime en Tesla (T).
- Les lignes de champ magnétique sortent des régions Nord et pénètrent dans les régions Sud. L'ensemble des lignes de champ constitue le spectre magnétique de l'aimant.
- Les règles du «bonhomme d'Ampère» ou du «tire-bouchon» permettent de relier le sens du courant I au sens de $\vec{B}$. Ainsi : pour une face Nord le courant circule dans le sen trigonométrique et pour une face Sud, il circule en sens inverse.

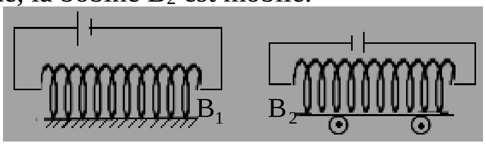


- Dans un solénoïde, de longueur ℓ, comportant N spires et parcouru par un courant d'intensité I, le champ magnétique est uniforme, parallèle à l'axe, dirigé de la face Sud vers la face Nord et d'intensité $\mathbf{B = \mu_o(N/\ell)I}$ avec $\mu_o = 4\pi.10^{-7}$ SI ; son sens est donné par la **règle de la main droite** (en plaçant les doigts joints de la main droite dans le sens du courant, le pouce donne le sens du champ).

Série d'Exercices :

➢ ***Exercice n°1*** :

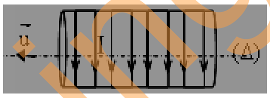
Dans l'expérience schématisée ci-dessous la bobine B_1 est fixe, la bobine B_2 est mobile.



1. Préciser et justifier les noms des faces des deux bobines. Quel est le mouvement de la bobine B_2?
2. Que se passe-t-il si l'on inverse le sens du courant :
 - dans les deux bobines? - dans une seule bobine?
3. Comment peut-on renforcer l'interaction entre les deux bobines?

➢ ***Exercice n°2*** :

Soit un solénoïde, de longueur L, comportant N = 50spires ; parcouru par un courant d'intensité I = 2,5A dont le sens est indiqué sur le schéma ci-contre. On donne $\mu_o = 4\pi.10^{-7}$S.I.



Dire des affirmations suivantes celles qui sont vraies et celles qui sont fausses. Corriger les fausses.

a. Le vecteur champ magnétique à l'intérieur du solénoïde a le sens du vecteur $\vec{u}$.

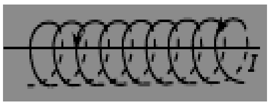
b. Les lignes de champ magnétique à l'intérieur du solénoïde sont des droites parallèles à l'axe (Δ).

c. Si L = 50cm, le champ magnétique créé à l'intérieur du solénoïde a pour valeur B = $6{,}3.10^{-4}$T.

d. Si la longueur de ce solénoïde était diminuée à L' = 25cm, le champ magnétique créé à l'intérieur du solénoïde aurait pour valeur B' = $3{,}1.10^{-4}$T.

➢ ***Exercice n°3*** :

Un solénoïde est parcouru par un courant d'intensité I.



1. Donner la direction et le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ à l'intérieur du solénoïde. Situer les faces Nord et Sud de ce solénoïde.
2. Sachant que la valeur du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde est de B = 314µT pour une intensité de 2A, Calculer le nombre n des spires par unité de longueur du solénoïde.

➢ ***Exercice n°4*** :

1. Rappeler la relation donnant la valeur B du champ magnétique créé par un courant à l'intérieur d'un solénoïde supposé être suffisamment long. On notera I l'intensité du courant qui le traverse, N le nombre de spires et ℓ sa longueur.
2. On propose les six méthodes suivantes pour doubler la valeur de B. Indiquer si elles sont correctes, en justifiant votre réponse.
 a. doubler N sans modifier ni I ni ℓ;
 b. doubler ℓ sans modifier ni I ni N;
 c. doubler I sans modifier ni N ni ℓ;
 d. doubler à la fois ℓ et N sans modifier I;
 e. doubler à la fois N, ℓ et I.

➢ ***Exercice n°5*** :

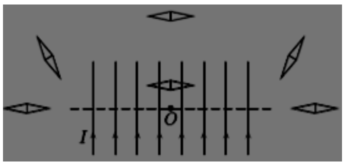
On place une aiguille aimantée en un point O. Pour I = 0, l'aiguille prend la direction et le sens de la composante horizontale du champ magnétique terrestre. On donne B_h = 20µT.

On place ensuite un aimant à proximité de l'aiguille aimantée, l'axe nord-sud de l'aimant passant par O. Celle-ci dévie alors d'un angle α = 60°. En déduire les caractéristiques du champ magnétique $\vec{B}$ dû à l'aimant en O en fonction de α. Quel champ magnétique $\vec{B}$ serait nécessaire pour obtenir une déviation de 80°?

➢ ***Exercice n°6*** :

La figure ci-dessous représente un solénoïde de 500spires et de longueur ℓ = 25cm traversé par un courant d'intensité I = 2,3A.

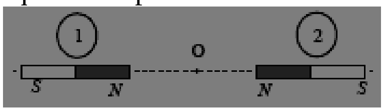
1. Donner les caractéristiques du vecteur champ magnétique créé en O par ce solénoïde.



2. Indiquer la nature (Sud ou Nord) des faces du solénoïde et des aiguilles aimantées représentées.
3. Tracer quelques lignes de champ magnétiques orientées, notamment : celle sur laquelle se situent 4 des six aiguilles aimantées ; celle sur laquelle se situent les deux autres aiguilles.

➢ ***Exercice n°7*** :

Deux aimants droits identiques sont placés sur le même axe selon le schéma ci-contre. Chaque aimant crée au point O un champ magnétique d'intensité 4mT.



1. Représenter graphiquement les deux vecteurs champ magnétique au point O.

Si on néglige le champ magnétique terrestre, quelle est la valeur du champ résultant en ce point?

2. On retourne l'aimant ①. Quelle sera la nouvelle valeur du champ résultant au point O ?

➢ ***Exercice n°8***:

Un solénoïde de longueur ℓ = 45cm comporte N = 2500 spires. Son axe de symétrie est placé perpendiculairement au plan du méridien magnétique ; cet axe est alors horizontal.

On place au centre du solénoïde une petite aiguille aimantée, mobile autour d'un axe vertical. L'axe de l'aiguille aimantée fait avec l'axe du solénoïde un angle aigu de mesure $\alpha = 30°$. On donne : $\mu_o = 4\pi.10^{-7}$u SI.

1. Calculer l'intensité du courant électrique passant dans le solénoïde ; on donne $B_H = 2.10^{-5}$T.

2. On inverse le sens du courant dans le solénoïde. Calculer la mesure β de l'angle de rotation que subit l'aiguille aimantée. Rep. : $\beta = 110°$.

➢ ***Exercice n°9***:

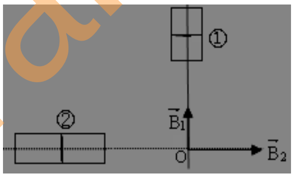
On veut produire au centre d'une bobine longue de 50cm un champ magnétique de 10^{-2}T, l'intensité du courant étant 7,96A.

1. Quel est le nombre de spires nécessaire?

2. L'enroulement est réalisé sur un cylindre en carton à l'aide d'un fil gainé de 2mm de diamètre et les spires sont jointives. Combien de couches faudra-t-il disposer sur le cylindre?

➢ ***Exercice n°10*** :

En un point O de l'espace se superposent deux champs magnétiques $\vec{B}_1$ et $\vec{B}_2$ créés par deux aimants dont les axes sont orthogonaux. Leurs intensités sont respectivement $B_1 = 3.10^{-3}$T et $B_2 = 4.10^{-3}$T



1. Déterminer les pôles des deux aimants et représenter graphiquement le champ résultant $\vec{B}$.

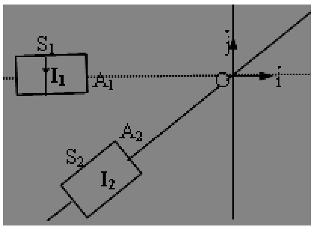
2. Calculer l'intensité de $\vec{B}$ et l'angle $\alpha = (\vec{B}_1, \vec{B})$.

➢ ***Exercice n°11*** :

Deux solénoïdes identiques S_1 et S_2 sont disposés comme le montre la figure ci-dessous. Leurs axes se coupent en O, à la même distance d = OA_1= OA_2 des faces les plus proches et font un angle $\alpha = 45°$.

1. Le solénoïde S_1 crée en O un champ magnétique $\vec{B}_1$ de valeur $B_1 = 4.10^{-3}$T, lorsqu'il est parcouru par un courant d'intensité I_1. Préciser la direction et le sens de $\vec{B}_1$. La face A_1 est-elle Sud ou Nord?

2. Le solénoïde S_1 fonctionnant dans les conditions précédentes, on fait passer dans le solénoïde S_2 un courant continu d'intensité I_2. Quel doit être le sens du courant I_2 pour que le champ magnétique total : $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ créé par les deux solénoïdes en O ait même direction que $\vec{j}$? Quel est alors le sens du champ $\vec{B}_2$? La face A_2 est-elle Sud ou Nord?



3. Calculer la valeur du champ magnétique total B ainsi que celle de l'intensité I_2 sachant que I_1 = 1,2A

➢ ***Exercice n°12***:

Un solénoïde S_1 de longueur ℓ = 50cm est alimenté par un courant continu d'intensité I = 3A.

1. Représenter le solénoïde et indiquer le sens du courant dans le solénoïde et l'orientation des lignes de champ.

2. La valeur du champ à l'intérieur du solénoïde est de 4,5mT. Combien le solénoïde comporte-t-il de spires?

On place S_1 à l'intérieur d'un second solénoïde S_2, de même longueur, de même axe et alimenté par un courant de même intensité. Le sens du champ à l'intérieur de S_1 est le même que précédemment, mais sa valeur n'est plus que de 1,5mT.

3. Quelles sont les caractéristiques du champ créé par le solénoïde S_2? Calculer le nombre de spires que S_2.

4. Quelle sera la valeur du champ à l'intérieur de S_1 si l'on inverse le sens du courant dans S_2.

➢ ***Exercice n°13***:

On dispose de deux solénoïdes S_1 et S_2:

- S_1 de longueur 25cm porte 100 spires ;
- S_2 de diamètre supérieur à celui de S_1, a 20cm de long et comporte 50 spires.

1. Quelle est la valeur du champ magnétique produit au centre de S_1 pour un courant de 1A? Même question pour le solénoïde S_2.

2. Une aiguille aimantée est mobile autour d'un axe vertical à l'intérieur du solénoïde S_1 au voisinage de l'axe, qui est perpendiculaire au plan du méridien magnétique. Quelle est l'intensité du courant qui, passant dans le solénoïde S_1, provoquera une déviation de l'aiguille aimantée de 60°? (L'intensité de la composante horizontale du champ terrestre: $B_o = 2.10^{-5}$T).

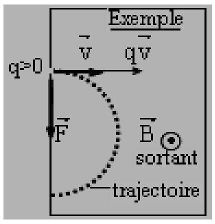
3. On place autour du solénoïde S_1 le solénoïde S_2. Les axes des deux appareils coïncident et sont perpendiculaires au plan du méridien magnétique terrestre. Au centre O de la bobine S_1 se trouve la petite aiguille aimantée mobile sur son pivot vertical. Les deux appareils sont placés en série dans un circuit. Le même courant les traversant donc, on constante que l'aiguille aimantée dévie de 45°. Trouver la valeur de l'intensité du courant. Deux solutions sont possibles. Justifier-les.

L'Essentiel du cours :

- Une particule portant la charge q, animée d'une vitesse $\vec{v}$ dans une région où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, est soumise à une force $\vec{F} = q.\vec{v} \wedge \vec{B}$, dite force magnétique ou **force de Lorenz**. Elle a pour caractéristiques :

• Direction : perpendiculaire au plan défini par les vecteurs $\vec{v}$ et $\vec{B}$; • Sens : donné par la règle des trois doigts de la main droite ou la règle de la main droite (en plaçant les doigts joints dans le sens de $q\vec{v}$, la paume sens de $\vec{B}$, le sens de $\vec{F}$ est donné par le pouce) ; • Intensité : F = |q|.v.B.sinα.

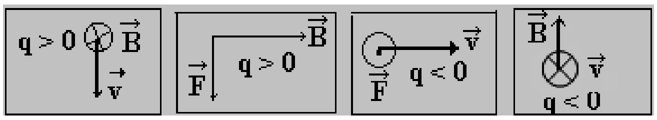
- Dans le champ $\vec{B}$, le mouvement d'une particule est circulaire uniforme ; le rayon de la trajectoire est donné par la relation : $R = \frac{m.v}{|q|.B}$. Par conséquent, la vitesse de rotation est : $\omega = \frac{v}{R} = \frac{|q|.B}{m}$



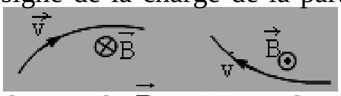
Série d'Exercices :

➢ ***Exercice n°1*** :

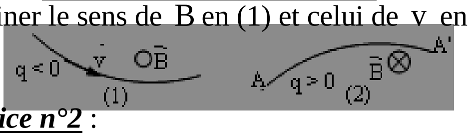
1. Déterminer la direction et le sens d'un des vecteurs manquant $\vec{v}$, $\vec{B}$ ou $\vec{F}$ dans les cas suivants :



2. Donner le signe de la charge de la particule dans les cas suivants :

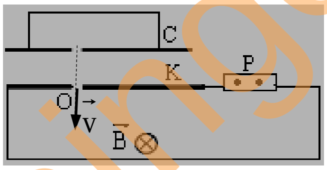


3. Déterminer le sens de $\vec{B}$ en (1) et celui de $\vec{v}$ en (2)



➢ ***Exercice n°2*** :

Des ions positifs de vitesse initiale nulle, de charge q et de masse m, obtenus dans une chambre d'ionisation C, sont accélérés par une tension U appliquée entre la chambre d'ionisation C et la cathode K horizontale, percée d'un trou O.



1°) Les ions atteignent le point O avec une vitesse verticale $\vec{v}$ de module v. Donner l'expression de v en fonction de U, q et m.

2°) En franchissant le trou O, les ions pénètrent dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure.

a. Montrer que les ions décrivent, dans cette région, des trajectoires circulaire.

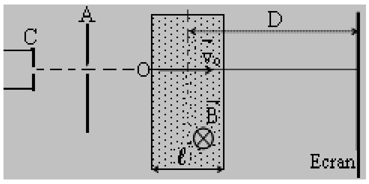
b. Etablir l'expression du rayon R de cette trajectoire en fonction de m, q, B et v puis de m, q, B et U.

3°) En réalité, de la chambre d'ionisation sortent à la fois des ions $^{24}_{12}Mg^{2+}$ et $^{26}_{12}Mg^{2+}$ de masses respectives m_1 et m_2. Exprimer, en fonction de m_1, m_2, U, q et B, la distance d des points d'impact des deux isotopes sur la plaque P située dans le plan horizontal de K (voir figure). Calculer d pour : U = 4000V, B = 0,7T ; e = $1,6.10^{-19}$C ; m_1 =24u ; m_2=26u avec 1u = $1,66.10^{-24}$g.

➢ ***Exercice n°3*** :

Dans un tube cathodique, des électrons sont émis sans vitesse initiale par une cathode C, puis accélérés par l'anode A ; ils pénètrent en O avec une vitesse horizontale $\vec{v}_o$, dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, perpendiculaire au plan de la figure et de largeur ℓ.

1°) Calculer la tension accélératrice U entre l'anode et la cathode. On donne :
$v_o = 10^7$m/s;
q = -e = $-1,6.10^{-19}$C et
$m_{électron}$ = $9,1.10^{-31}$kg.



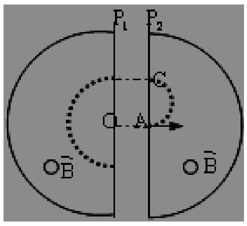
2°) Etudier la nature du mouvement d'un électron dans le champ magnétique et calculer la grandeur caractéristique de la trajectoire. (B = 10^{-3}T).

3°) Un écran est placé à une distance D = 50cm de O, reçoit le faisceau d'électrons. Calculer la déviation sur l'écran du faisceau d'électrons provoquée par le champ magnétique sachant que ℓ = 1cm est très inférieur à D.

4°) Dans l'espace de largeur ℓ = 1cm, on fait agir simultanément le champ magnétique précédent et un champ électrique uniforme $\vec{E}$ afin que l'on n'observe plus de déviation sur l'écran. Calculer l'intensité du champ électrique et représenter sur un schéma $\vec{E}$ et $\vec{B}$ et les forces appliquées à l'électron.

➢ ***Exercice n°4*** :

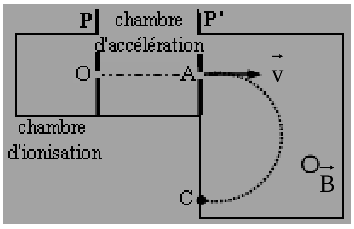
Un cyclotron est un accélérateur des particules. Dans les deux demi disques règne un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme. Entre les grilles P_1 et P_2 règne un champ électrique créé par une tension sinusoïdale d'amplitude 10^3V. En O on injecte, sans vitesse initiale, un proton de charge q = e = $1,6.10^{-19}$C, de masse m_p = $1,67.10^{-24}$g.



1. Calculer la vitesse du proton en A.
2. Donner le sens du champ magnétique. Déterminer la valeur du rayon du demi-cercle AC. On donne B = 1T.
3. Quelle est la durée du parcours AC. En déduire la fréquence de la tension alternative.

➢ ***Exercice n°5*** :

On place un élément inconnu X dans une chambre d'ionisation. Elle produit des ions X^{n+} (n est un entier) qui sont introduits avec une vitesse nulle en O dans le spectrographe de masse. La masse des ions est notée m.



1. Entre P et P' on applique une tension $U = V_P - V_{P'}$. Exprimer la vitesse V_A des ions en A en fonction de m, n ; U et e. (e charge élémentaire de valeur $1,6.10^{-19}$C).

2. En A ouverture très petite, les ions pénètrent avec une vitesse horizontale dans une région où règne un champ magnétique perpendiculaire au plan de la figure. Les particules sont détectées au point C.

a. Indiquer le sens du champ magnétique.

b. Calculer la puissance instantanée de la force magnétique. Quelle est la vitesse en C?

3. Exprimer AC en fonction de m, n, e, B et U.

4. L'élément X est l'un des éléments suivants : Ni ; Al ; Cu ou Ag. On donne le tableau suivant :

Ions	Ag^+	Cu^{2+}	Ni^{2+}	Al^{3+}
M(g/mol)	108	63	59	27

a. Calculer les distances AC correspondant à chacun des quatre ions.

On donne: B = 1T et $U_{PP'} = 10^3$V et $\mathcal{N} = 6,02.10^{23}$mol^{-1}

b. On trouve AC = 4,95cm. Identifier l'élément X.

➢ ***Exercice n°6*** :

On admettra que la masse de ${}^{A}_{Z}X$ *est* m = A.u.

Des particules de charge q et de masse m sont émises en un point S avec une vitesse négligeable.

Devant S est placée une plaque P percée d'un trou O fig. (a). L'ensemble est placé dans un vide. On néglige le poids des particules

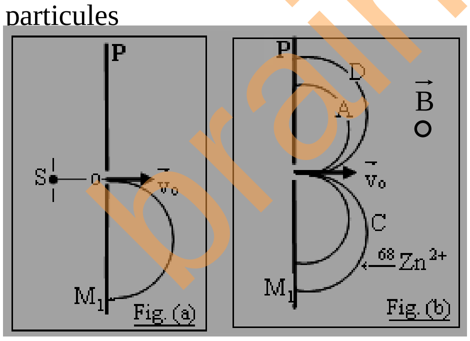


Fig. (a) Fig. (b)

1. On établit entre S et P une tension $U_1 = V_S - V_P$. Etablir l'expression de la vitesse v_o des particules en O en fonction de q, m et U_1.

2. a. Au-delà de P le champ électrostatique est nul et il règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure. Montrer que le mouvement des particules est circulaire uniforme et s'effectue dans un plan que l'on précisera. Exprimer le rayon R de la trajectoire en fonction de |q|, m, B et U_1.

b. Les particules étudiées étant les ions isotopes du zinc, ${}^{68}Zn^{2+}$ de masse m_1 et ${}^{70}Zn^{2+}$ de masse m_2, on observe le point d'impact des ions ${}^{68}Zn^{2+}$ au point M_1 tel que OM_1= 20cm. En déduire le sens du champ $\vec{B}$.

d. Soit M_2, le point d'impact des ions ${}^{70}Zn^{2+}$, calculer alors la distance OM_2.

3. Pour identifier des ions désignés par A, D et C, portant chacun une charge absolue |q| = $1,6.10^{-19}$C, on les introduit successivement en O avec la même vitesse initiale $\vec{v}_o$ que les ions ${}^{68}Zn^{2+}$. Les trajectoires obtenues sont représentées sur la fig. (b) et leurs rayons ont pour valeurs : R_A = 5,59cm ; R_C = 6,76cm; R_D = 10,30cm.

a. Justifier le signe de la charge portée par chacun des ions. Déterminer, en unité de masse atomique, les masses m_A; m_C et m_D pour chaque ion.

b. Dans la liste suivante identifier les ions A, C et D : ${}^{39}K^+$; ${}^{23}Na^+$; ${}^{35}Cl^-$; ${}^{19}F^-$

➢ ***Exercice n°7*** :

Un faisceau d'électrons, émis d'une cathode par effet thermoélectrique, avec une vitesse négligeable, est accéléré au moyen d'une anode OA. La d.d.p entre la cathode et OA vaut U_o = 285V.

1. Exprimer littéralement puis calculer la vitesse v_o des électrons lorsqu'ils traversent le trou A.

2. Le faisceau d'électrons pénètre ensuite dans une région où règne un champ magnétique $\vec{B}$, dans laquelle il décrit un quart de cercle de rayon R.

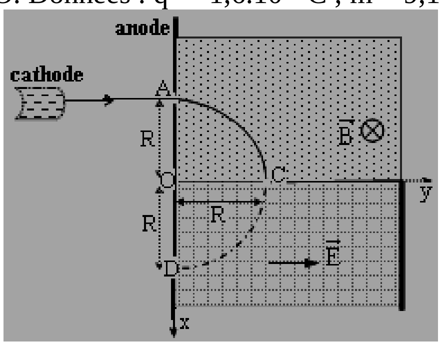
a. Exprimer et calculer la norme B du champ magnétique. (On donne R = 20cm).

b. Caractériser le vecteur vitesse $\vec{v}$ des électrons (direction et norme) à la traversée du trou C.

3. Le faisceau d'électrons est enfin dévié par un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ parallèle à l'axe (Oy), régnant dans le dièdre xOy (voir figure).

a. Etablir les équations horaires du mouvement projeté sur les axes Ox et Oy. En déduire l'équation et la nature de la trajectoire.

b. Exprimer la norme E du champ électrostatique en fonction de U_o et de R et calculer sa valeur pour que le faisceau d'électrons traverse le trou D à une distance R du point O. Données : q = $-1,6.10^{-19}$C ; m = $9,1.10^{-31}$kg.



L'Essentiel du cours :

- Une portion d'un conducteur, de longueur ℓ, parcouru par un courant d'intensité I et placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, est soumise à l'action d'une **force électromagnétique** dite **force de Laplace** : $\vec{F} = I\vec{l} \wedge \vec{B}$ où le vecteur $\vec{l}$ est orienté dans le sens du courant.

- Caractéristiques de la force de Laplace : • Sa direction est orthogonale au plan défini par les vecteurs $\vec{l}$ et $\vec{B}$; • Son sens est tel que le trièdre $(I.\vec{l}, \vec{B}, \vec{F})$ soit direct (sens donné par la **règle des trois doigts de la main droite** ($I.\vec{l}$: pouce, sens du courant :, $\vec{B}$: l'index et $\vec{F}$: le majeur) ou la **règle de la main droite** ($I.\vec{l}$: doigts joints dans le sens du courant, $\vec{B}$: paume et $\vec{F}$: pouce)) ; • Son intensité : $F = I\ell.B.\sin\alpha$.

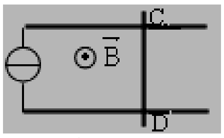
- La force de Laplace est utilisée dans des dispositifs tels que : rails de Laplace ; roue de Barlow ; balance de Cotton ; fonctionnement du haut-parleur et celui du moteur à courant continu….

Série d'Exercices :

➢ ***Exercice n°1*** :

On considère les rails de Laplace (figure vue de dessus).

1. Tracer sur le schéma la force de Laplace qui agit sur la barre CD pour que celle-ci se déplace vers la droite. En déduire alors sur le schéma le sens du courant I



2. Exprimer et calculer l'intensité de cette force.

On donne I = 10A ; B = 100mT et CD = ℓ = 10cm.

➢ ***Exercice n°2*** :

La fig.a ci-dessous reproduit l'expérience des rails de Laplace. Le conducteur mobile est dans le champ magnétique uniforme de l'aimant en U et on a : B= 0,1T.

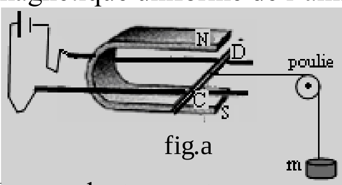


fig.a

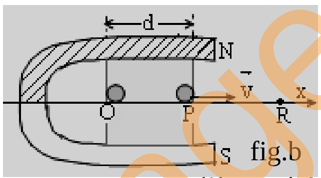


fig.b

Le conducteur est parcouru par un courant d'intensité I = 5A et il est soumis à l'action du champ magnétique sur la longueur CD = ℓ = 5cm. On néglige les frottements.

1. a. Dans les conditions de la fig.a, déterminer la direction et le sens de la force électromagnétique qui s'exerce sur le conducteur mobile.

b. Quelle masse m faut-il suspendre à l'extrémité du fil pour que le conducteur reste en équilibre ($g = 9{,}8 m.s^{-2}$) ?

2. On supprime le fil, la poulie, la masse et on inverse le sens du courant. Le conducteur CD est initialement immobile en O (fig.b) et il est soumis à l'action du champ magnétique sur une distance d = 4cm.

a. Que peut-on dire de son mouvement entre O et P? Quelle est la valeur v de sa vitesse en P?

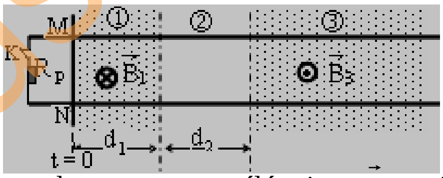
b. Quel temps met-il pour aller de O à R tel que PR = 20cm. Donnée : masse du conducteur M = 5g.

➢ ***Exercice n°3*** :

Un circuit électrique est composé d'un générateur, d'un interrupteur K, de deux rails métalliques horizontaux, parallèles, d'une résistance de protection et d'un barreau métallique mobile MN horizontal, de masse m, pouvant glisser sans frottement en restant perpendiculairement aux rails (voir figure).

Le courant I débité par le générateur a une intensité supposée constante. La région ① du schéma est soumise à l'action d'un champ magnétique $\vec{B}_1$. Le barreau MN étant immobile, on ferme l'interrupteur à l'instant t = 0

1. a. Représenter les forces que subit alors le barreau mobile MN, en donnant les caractéristiques de chacune d'elles. *On néglige le champ magnétique terrestre.*



b. Exprimer le vecteur accélération $\vec{a}_1$ pris par le barreau lors de son mouvement dans la région ①.

AN: I = 5A; $B_1 = 6.10^{-3}$T; m = 50g; MN = ℓ = 10cm.

c. Déterminer la vitesse v_1 du barreau MN quand il sort de la région ① après avoir parcouru la distance d_1= 5cm.

2. Le barreau traverse une région ② de largeur d_2=10cm où le champ magnétique est nul. Quelle est la nature de son mouvement? Calculer le temps mis pour la traverser.

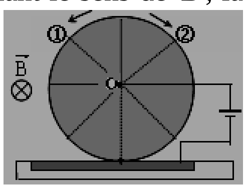
3. a. Le barreau entre alors dans la région ③ où il subit l'action du champ magnétique $\vec{B}_3$ sortant, d'intensité $B_3 = B_1$. Quel est le vecteur accélération $\vec{a}_3$ du barreau?

b. À quelle date le barreau repasse-t-il par sa position initiale de la question 1?

➢ ***Exercice n°4*** :

Une roue de Barlow, de rayon R = 80mm, est parcourue par un courant d'intensité I = 7A. Elle est entièrement placée dans un champ magnétique uniforme dont la direction est perpendiculaire au plan de la roue.

1. D'après la figure ci-dessous donnant le sens de $\vec{B}$, la roue tourne-t-elle dans le sens ① ou le sens ②? Justifier la réponse.

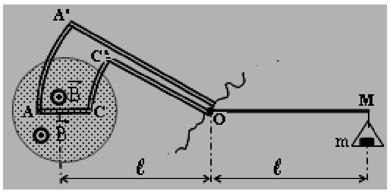


2. Donner les caractéristiques de la force de Laplace $\vec{F}$ qui s'exerce sur le rayon vertical de la roue. (B = 17,8mT).

3. Calculer la puissance de la force de Laplace, si la roue tourne avec une vitesse angulaire constante ω=110tr/mn.

➢ ***Exercice n°5*** :

MOA' est un levier coudé qui porte une plaquette isolante AA'C'C ; un fil conducteur est appliqué le long de OA'ACC'O ; AA' et CC' sont des arcs de cercles de centre O. La balance est mobile autour de l'axe O, perpendiculaire au plan de figure et en équilibre en l'absence de courant.



Le champ magnétique $\vec{B}$ est uniforme, horizontal, perpendiculaire à AC. (AC = 2cm; g = 9,8m/s² ; $\ell = \ell'$).

1. Préciser sur la figure les forces agissant sur la balance, ainsi que le sens du courant circulant dans le conducteur. Ecrire la condition d'équilibre de la balance.

2. Afin de déterminer la valeur de $\vec{B}$, on a fait les mesures suivantes pour différentes valeurs de l'intensité du courant :

I (A)	0	1	2	3	4	5
m (g)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1

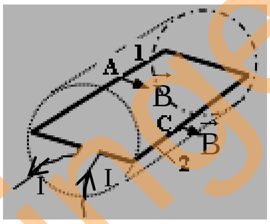
a. Tracer la représentation graphique de la fonction m = f(I) en choisissant une échelle appropriée.

b. Déterminer à l'aide du graphique le coefficient directeur de la droite obtenue. En déduire B.

➢ ***Exercice n°6*** :

Fonctionnement du moteur à courant continu

Le rotor simplifié d'un moteur à courant continu est schématisé ci-contre. On suppose qu'il ne comporte qu'une spire formée par les conducteurs 1 et 2. (On donne : B = 0,9T ; I = 2A ; L = 25cm)

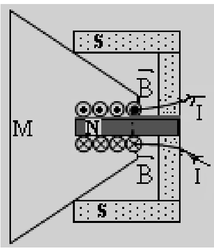


1. Donner les caractéristiques des forces électromagnétiques exercées aux milieux A et C de chaque partie de la spire.

2. Quelle est l'action des ces forces sur le cadran rectangulaire?

➢ ***Exercice n°7*** : ***Fonctionnement d'un haut-parleur***

Un haut-parleur électromagnétique est constitué d'un aimant permanent de forme particulière, et d'une bobine parcourue par un courant et pouvant coulisser sur l'un des pôles de l'aimant. La bobine est solidaire d'une membrane M.

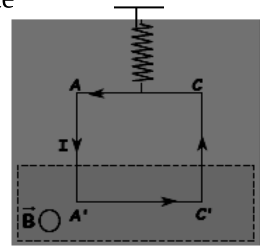


1. On suppose que le courant dans la bobine est continu. Représenter le champ magnétique existant au niveau des conducteurs. En déduire la direction et le sens des forces de Laplace exercées sur chaque spire de la bobine. Quel est l'effet de ces forces sur la membrane M ?

2. En réalité, le courant appliqué à la bobine est variable. Quel est l'effet de ce courant sur la membrane? Pourquoi obtient-on un son?

➢ ***Exercice n°8*** :

Un cadre rectangulaire de largeur AC = 4cm et de hauteur AA' = 12cm comporte 100spires de fil conducteur. Il est suspendu à un dynamomètre dont la graduation varie de 0N à 5N. Une portion de ce cadre est placée dans l'entrefer d'un électroaimant en U. Le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ est perpendiculaire au plan vertical de la figure.



a. Lorsqu'on fait circuler un courant d'intensité I = 0,5A, de A' vers C', l'indication du dynamomètre passe de 2,4N à 2,7N. Expliquer pourquoi la valeur indiquée par le dynamomètre augmente.

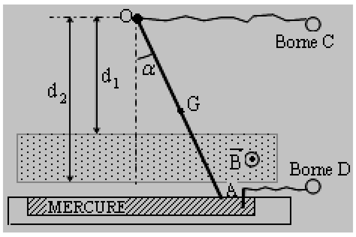
b. Déterminer le sens de $\vec{B}$. Représenter les forces qui agissent sur le cadre. Quelle est la force électromagnétique responsable de l'allongement?

c. Quelle est la valeur du champ magnétique dans l'entrefer de l'électroaimant ?

d. Que se passe-t-il si on inverse le sens du courant ?

➢ ***Exercice n°9*** :

Un conducteur rectiligne et homogène OA, de masse m = 12g et de longueur ℓ = OA = 36cm, est suspendu par son extrémité supérieure O à un point fixe. Le conducteur peut tourner librement autour de O. Les bornes C et D sont reliées à un générateur qui maintient dans le conducteur un courant d'intensité I = 7,5A. (On donne : d_1 = 20cm, d_2 = 25cm).

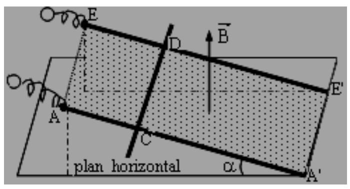


1. Un champ magnétique uniforme est créé comme l'indique la figure. Le conducteur OA s'écarte de sa position d'équilibre d'un angle α = 5°30'. On suppose que A est situé au voisinage de la surface du mercure. Donner la polarité des bornes C et D.

2. Calculer la valeur B du champ magnétique

➢ ***Exercice n°10*** :

Deux rails de cuivre AA' et EE' parallèles, sont inclinés par rapport au plan horizontal d'un angle α. Une tige en cuivre CD peut se déplacer sans frottement le long de ces deux rails. L'ensemble est plongé dans un champ $\vec{B}$, uniforme et vertical ascendant. La tige CD reste perpendiculaire à AA'.



1. Donner la polarité des bornes A et E pour que la tige CD puisse rester immobile lorsqu'un courant passe dans le circuit. On désigne par m la masse de CD.

2. Calculer alors l'intensité du courant. On donne : m= 10g; CD = ℓ =18cm ; α = 15° ; g=9,8m/s² et B = 9,3.10^{-2} T.

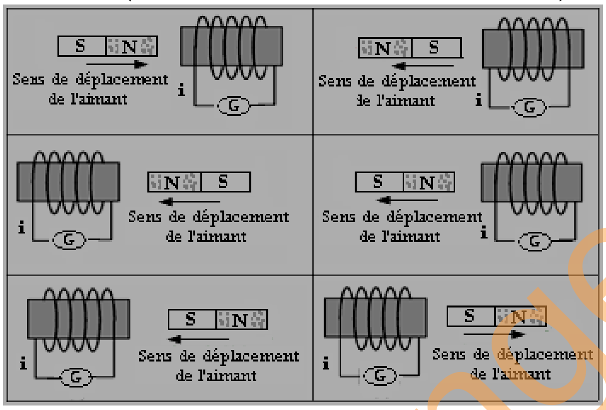
L'Essentiel du cours :

- Le flux magnétique à travers une bobine de section S, est une grandeur algébrique, défini par : $\Phi = N\vec{B}.\vec{S}$ (en Weber).
- Toute variation de flux inducteur à travers un circuit fermé entraîne l'existence d'un courant induit. Le sens du courant induit dans une bobine est celui qui crée une face qui tente de s'opposer au mouvement de l'inducteur (aimant). **Loi de Lenz** : le sens du courant induit est tel qu'il tente de s'opposer à la variation du flux inducteur.
- La **f.é.m d'induction** est l'opposée de la dérivée par rapport au temps du flux inducteur à travers le circuit : $e = -\frac{d\Phi}{dt}$
- L'intensité du courant induit est : **i = e/r** (r résistance). Ainsi la f.**é.m et le courant induits sont de même signe**.
- le **flux propre** à un circuit parcouru par un courant est donné par $\mathbf{\Phi_p = L.i}$ (**L inductance** du circuit en Henry (H))
- L'inductance d'un solénoïde est donnée par la relation : $\mu_o.(N^2S)/\ell$.
- La **f.é.m d'auto-induction** : $e = -L\frac{di}{dt}$.   - La **loi d'Ohm** aux bornes d'une bobine : $u = r.i - e = r.i + L\frac{di}{dt}$.

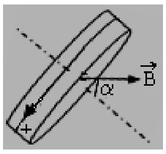
-**L'énergie magnétique emmagasinée** dans une bobine inductive est $E_{mag} = \frac{1}{2}L.i^2$

Série d'Exercices :

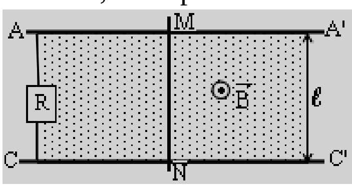
➤ ***Exercice n°1***:
Dans les six cas ci-dessous, indiquer le sens du courant induit **i** qui traverse la bobine, détecté par le galvanomètre (dessiner la flèche à côté de la lettre **i**).



➤ ***Exercice n°2***:
Une spire circulaire de rayon R = 85mm est placée dans un champ magnétique uniforme horizontal, d'intensité B = 0,22T. L'axe de la bobine fait avec la direction du champ un angle α = 35°. La bobine comporte N = 120 spires. On oriente la bobine comme l'indique la fig. Représenter le vecteur-surface d'une spire de la bobine et calculer, avec l'orientation choisie, le flux Φ du champ magnétique qui traverse la bobine.

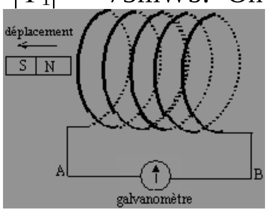


➤ ***Exercice n°3***:
Deux conducteurs AA' et CC', parallèles, de résistance négligeable, distants de l = 25cm, sont placés dans un plan horizontal. Une tige métallique rigide, de masse négligeable, perpendiculaire aux rails, peut glisser sans frottement dans une direction parallèle aux rails. La résistance de la tige est r = 0,5Ω. Les deux rails sont reliés par un conducteur ohmique de résistance R = r.



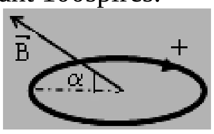
L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme et constant, perpendiculaire au plan des rails et d'intensité B = 1T. On déplace la tige à vitesse constante v = 10m/s, de gauche à droite.
1. Choisir sur le circuit un sens de parcours arbitraire et représenter le vecteur surface. Exprimer le flux du champ magnétique à travers ce circuit pour une position quelconque de la tige MN ; on posera AM = x.
2. En utilisant la loi de FARADAY : Calculer la f.é.m induite ; déterminer le sens du courant induit et calculer son intensité. Retrouver le sens du courant induit en utilisant la loi de LENZ.
3. Montrer qu'une force électromagnétique est créée au cours du déplacement du barreau. Donner ses caractéristiques.

➤ ***Exercice n°4*** :
En position initiale, à proximité de la bobine, l'aimant crée un flux de valeur absolue $|\Phi_1|$ = 75mWb. On éloigne l'aimant en 0,5s de telle sorte que en position finale, le flux à travers les spires de la bobine devient négligeable.



1. Nommer les faces de la bobine et en appliquant la loi de Lenz, donner le sens du courant induit.
2. Calculer la valeur absolue de la f.é.m induite moyenne et déduire l'intensité moyenne du courant induit sachant que la résistance totale du circuit est R = 75Ω.

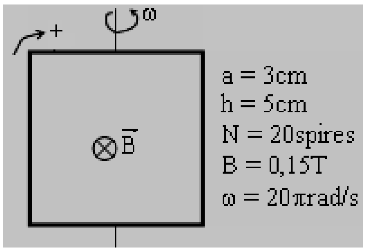
➤ ***Exercice n°5***:
1. Calculer le flux magnétique à travers la bobine circulaire, de rayon 15cm et comportant 100spires.
Le champ magnétique est uniforme d'intensité B = 0,05T.
On donne α = 30°.



2. Quelle est la f.é.m induite si le champ magnétique s'annule progressivement, régulièrement, en 0,05s ?
3. Quel est alors le sens du courant induit ?

➢ ***Exercice n°6***:

Un cadran rectangulaire de hauteur h, de largeur a, comporte N spires de fil de conducteur. Il plonge dans un champ magnétique uniforme horizontal de valeur B. Un moteur lui communique une vitesse de rotation ω autour de l'axe vertical passant par les milieux des côtés horizontaux. L'orientation du circuit est indiquée sur la fig.



La figure représente la position du cadran à la date t = 0. Exprimer en fonction du temps l'écart angulaire θ entre le vecteur-surface et le vecteur-champ magnétique.

Déterminer l'expression du flux magnétique Φ(t) à travers le cadran, ainsi que celle de la f.é.m induite e(t).

➢ ***Exercice n°7***:

Une bobine assimilable à un solénoïde, parcourue par un courant d'intensité i = 2,5A, embrasse un flux propre Φ = 0,35Wb. On donne : $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$uSI. Calculer :

1. L'inductance de la bobine et l'énergie emmagasinée.
2. Le nombre de spires connaissant la longueur de la bobine ℓ = 50cm et le diamètre des spires d = 6,2cm

➢ ***Exercice n°8*** :

Une bobine de résistance R = 10Ω comporte 1000spires de 10cm² de section. Parcourue par un courant d'intensité I = 1A, elle crée un champ magnétique de module B = $1{,}25.10^{-3}$T. On donne : $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$uSI.

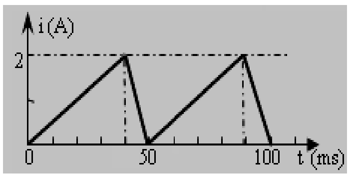
1. Calculer la valeur du flux propre.
2. Lors de l'ouverture du circuit, la loi de variation du flux propre est une fonction affine du temps : Φ = at + b. Quel est le signe de a ? Quelle est la valeur de b ?
3. Quelle est la durée Δt de l'ouverture du circuit sachant que la f.é.m induite a pour valeur e = 5V ?
4. Calculer la valeur i du courant induit.

➢ ***Exercice n°9*** :

L'inductance d'un solénoïde est donnée par la relation suivante : $L = 4\pi.10^{-7}N^2S/\ell$.

Soit un solénoïde de longueur ℓ = 1m, de rayon 5cm parcouru par un courant d'intensité I = 5A, orienté de A vers C (voir fig.). Il comporte N =1000spires et sa résistance électrique est négligeable.

1. Représenter sur le solénoïde, le sens du courant et caractériser le champ magnétique créé à l'intérieur de la bobine. Calculer l'inductance L.
2. Ce solénoïde est parcouru par un courant variable .Un phénomène d'induction prend naissance dans le solénoïde. On visualise la tension U_{AC} à ces bornes (C relié à la masse de l'oscilloscope) Donner l'expression de la tension U_{AC} au cours des deux phases, le temps variant de 0 à 50ms.



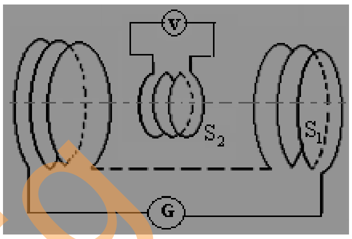
3. Représenter la tension U_{AC}. *Les sensibilités de l'oscilloscope sont : 10ms/div et 0,5V/div.*

➢ ***Exercice n°10*** :

Le montage ci-dessous comporte un solénoïde S_1 et une bobine S_2, disposée à l'intérieur du solénoïde et ayant même axe de symétrie, dont les caractéristiques sont les suivantes: S_1: N_1 = 2000spires; S_1 = 20cm^2; ℓ_1 = 40cm.

Bobine S_2: N_2 = 500spires; S_2 = 10cm^2; ℓ_2 = 5cm

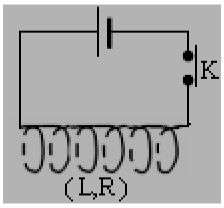
1. Calculez le coefficient d'auto-induction de la bobine S_1, sachant que $\mu_o = 4\pi10^{-7}$S.I.
2. La bobine S_1 est parcourue par un courant d'intensité I = 1A qui augmente linéairement jusqu'à 5A en 0,4s, puis diminue linéairement pour atteindre une valeur nulle en 0,8s. Calculer, pour chaque phase, la f.é.m induite dans S_2 et déterminer le sens du courant induit dans la bobine.

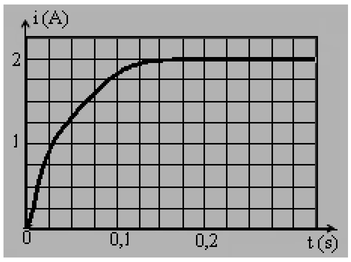


3. Représenter graphiquement le courant inducteur et la f.e.m. induite pour t ∈[0 ; 1,2s].
4. Déterminer la force électromotrice auto-induite dans le solénoïde S_1 au cours de chaque phase.
5. Déterminer la valeur de l'énergie magnétique maximale emmagasinée dans le solénoïde au cours de cette opération.

➢ ***Exercice n°11*** :

Un circuit se compose d'un générateur de f.é.m E = 20V et de résistance interne négligeable, d'un interrupteur K et d'une bobine de résistance R et d'auto-inductance L.



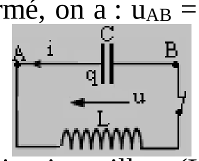


On ferme l'interrupteur à l'instant t = 0 et on enregistre à l'oscilloscope la représentation graphique i(t), où t est la durée comptée à partir de la fermeture du circuit et i l'intensité du courant. Cette courbe présente, à t = 0, une tangente dont le coefficient directeur est 40 unités du SI. Au bout du temps t = 0,2s, on peut considérer que le courant est établi, son intensité étant constante I = 2A.

1. À l'aide de la représentation graphique, préciser comment varie qualitativement la f.é.m d'auto-induction.
2. Déterminer, à l'instant de la fermeture, lorsque l'intensité est encore pratiquement nulle, la f.é.m d'auto-induction e. En déduire l'auto-inductance L de la bobine.
3. Quelle est la f.é.m d'auto-induction lorsque t > 0,2s ? En déduire la résistance de la bobine.

L'Essentiel du cours :

- Equation différentielle du circuit (L,C) : En tenant compte du sens du courant dans le circuit suivant on a: pour la bobine non résistante, $u_L = -e = -L\dfrac{di}{dt}$; pour le condensateur, $u_C = \dfrac{q}{C}$. Le circuit étant fermé, on a : $u_{AB} = u_C + u_L$, soit : $-L\dfrac{di}{dt} + \dfrac{q}{C} = 0$. Sur la fig. ci-contre, le courant quitte le condensateur, alors : $i = -\dfrac{dq}{dt}$.



D'où l'équation $L\ddot{q} + \dfrac{1}{C}q = 0 \Leftrightarrow \ddot{q} + \dfrac{1}{LC}q = 0$; on pose $\omega_o = \sqrt{\dfrac{1}{LC}}$ la pulsation propre du circuit oscillant (L,C).

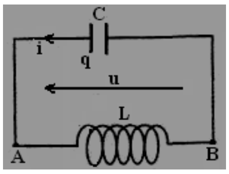
- La solution de l'équation différentielle est : $q = Q_m\cos(\omega_o t + \varphi)$ où Q_m est la charge du condensateur à t = 0.

- L'énergie totale du circuit est $E = \dfrac{1}{2}\dfrac{q^2}{C} + \dfrac{1}{2}L.i^2$. On montre que : $E = \dfrac{1}{2}\dfrac{Q_m^2}{C} = \dfrac{1}{2}L.I_m^2$ avec $I_m = \omega_o.Q_m$.

Série d'Exercices :

➢ ***Exercice n°1*** :

Un condensateur de capacité C = 10µF, préalablement chargé par une tension continue de valeur U_0 = 50V, est relié à une bobine de résistance négligeable et d'inductance L = 0,1H. A t = 0, la charge du condensateur est Q_0 ($Q_0 > 0$) et l'intensité du courant est nulle.

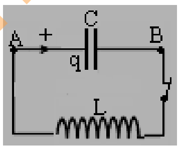


1. Donner l'expression de la tension u(t) en fonction de q et C, en fonction de L et d^2q/dt^2. En déduire l'équation différentielle à laquelle obéit la charge q.
2. Exprimer la charge q en fonction du temps.

➢ ***Exercice n°2*** :

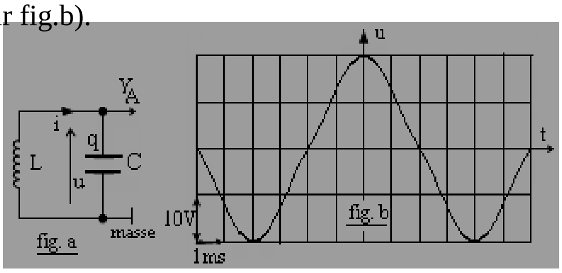
Un condensateur de capacité C = 0,1µF est chargé sous la tension u_{AB} = 50V, puis déconnecté de la source. A la date t =0, il commence à se décharger dans une bobine d'inductance L = 50mH.

1. Calculer la pulsation, la fréquence et la période propres des oscillations électriques.
2. Calculer la charge maximale du condensateur.
3. Quelles sont les expressions indiquant en fonction du temps l'évolution de la charge q_B de l'armature B du condensateur et de l'intensité dans le circuit oscillant ? Représenter les graphes de $q_B(t)$ et i(t).



➢ ***Exercice n°3*** :

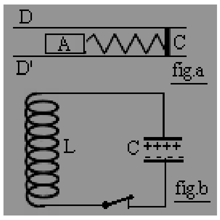
Un circuit oscillant est réalisé avec une bobine d'inductance L = 1,2H, de résistance négligeable et d'un condensateur de capacité C. A t = 0, la tension u entre ses bornes vaut u(0) = U_m; la charge de son armature supérieure (voir fig.a) a pour valeur q(0) = Q_m. La tension u (t) est visualisée sur l'écran d'un oscillographe (voir fig.b).



1. Etablir l'équation différentielle obéit par la charge q du condensateur. Exprimer q en fonction du temps.
2. Avec les conventions prises à la figure a, exprimer les fonctions u(t) et i(t). Comparer ces fonctions.
3. Déterminer, à partir de la courbe de la figure b :
- la période propre et la fréquence des oscillations électriques. En déduire la valeur de la capacité C.
- la charge initiale Q_m du condensateur et l'intensité maximale I_m dans le circuit ;
4. Calculer l'énergie totale E du circuit.

➢ ***Exercice n°4*** :

1. On considère un solide A, de masse m, glissant sans frottement entre deux glissières D et D'. On accroche à ce solide une extrémité d'un ressort de masse négligeable et de raideur k, l'autre extrémité étant reliée à un point fixe C (fig.a). On déplace le solide A de façon à provoquer l'allongement du ressort et on l'abandonne sans vitesse initiale. Il apparaît alors des oscillations.



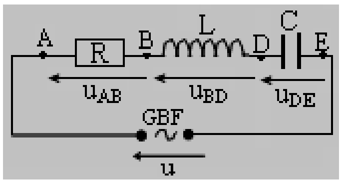
a. Etablir l'équation différentielle du mouvement de A, en prenant comme variable l'élongation x, du solide A.
b. En déduire la période des oscillations.
Application numérique : m = 0,5kg et k = 25N.m^{-1}.

2. On réalise un circuit (fig.b) comprenant une bobine de résistance négligeable, d'inductance L et un condensateur chargé de capacité C. On ferme le circuit.
a. Etablir l'équation différentielle traduisant les oscillations électriques qui apparaissent dans le circuit en prenant pour variable la charge q d'une armature du condensateur.
b. En déduire la période des oscillations.
Application numérique : L = 0,1H et C = 10^{-5}F.

3. Faire apparaître dans un tableau récapitulatif les analogies électriques et mécaniques en citant les grandeurs électriques de la question 2) qui correspondent aux grandeurs mécaniques suivantes : masse m ; raideur k, élongation x et vitesse v du solide; énergie cinétique et énergie potentielle du système solide A-ressort.

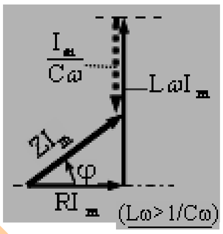
L'Essentiel du cours :

- Un dipôle série (R,L,C) est soumis à une tension sinusoïdale $u = U_m.\cos(\omega t+\varphi)$ où ω est la pulsation imposée par un GBF : le dipôle devient alors le siége des «oscillations forcées».



- L'intensité du courant est sinusoïdale ($i = I_m\cos(\omega t)$, de fréquence égale à celle qui est imposée par le générateur. La tension et le courant présentent un décalage horaire qui dépend de la fréquence. L'amplitude I_m dépend aussi de la fréquence $N = 2\pi/\omega$.
- L'équation différentielle du circuit (R,L,C) est :

$u = Ri + L\dfrac{di}{dt} + \dfrac{q}{C} = Ri + L\dfrac{di}{dt} + \dfrac{1}{C}\displaystyle\int idt$. La résolution de cette équation différentielle se fait par la méthode de construction de Fresnel qui conduit à la détermination de l'**impédance Z** du circuit et la **phase φ** ou déphasage entre les fonctions sinusoïdales i(t) et u(t).



$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$ exprimée en Ohms (Ω) et la **phase tanφ** = $\dfrac{L\omega - \dfrac{1}{C\omega}}{R}$; **cosφ** = $\dfrac{R}{Z}$

- Il y a **résonance d'intensité** lorsque la réponse du dipôle, à l'excitation sinusoïdale en tension fournie par le GBF, est **maximale** c'est-à-dire l'impédance est minimale : **Z = R** soit $\mathbf{LC\omega^2 = 1}$.
- A la résonance : Z = R ; $I_o = U/R$; $\varphi = 0$: i(t) et u(t) sont alors en phase ; $L\omega = 1/C\omega$.
- La **largeur de la bande passante** en pulsation, est $\Delta\omega = \omega_o/Q$ où Q désigne le **facteur de qualité** (ou de surtension) du dipôle et $Q = L\omega_o/R$.
- La **puissance moyenne** d'un dipôle série alimenté sous tension sinusoïdale est : **P = U.I.cosφ** où **cosφ = R/Z** désigne le **facteur de puissance** du dipôle.

Série d'Exercices :

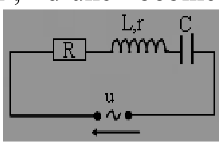
➢ ***Exercice n°1*** :

Un GBF maintient entre ses bornes une tension sinusoïdale de valeur efficace U = 4,3V et de fréquence N = 50Hz. On branche entre les bornes du générateur, en série : un conducteur ohmique de résistance R = 11Ω, une bobine non résistive, d'inductance L = 270mH et un condensateur de capacité C = 45µF.

1. Faire la construction de Fresnel relative à ce circuit.
2. Calculer l'impédance Z du circuit et déterminer la phase φ de la tension par rapport à l'intensité.
3. Calculer l'intensité efficace du courant.

➢ ***Exercice n°2*** :

Un dipôle (R,L,C) série est constitué d'un conducteur ohmique de résistance R = 50Ω ; d'une bobine d'inductance L = 45mH et de résistance r = 10Ω et d'un condensateur de capacité C = 10µF. On alimente le dipôle par une tension sinusoïdale de tension efficace U = 6V et de fréquence N = 100Hz.



1. Faire la construction de FRESNEL relative à ce circuit. Calculer l'impédance du circuit.
2. Calculer l'intensité efficace du courant
3. Calculer la tension efficace aux bornes de chaque composant. Calculer leur somme et la comparer à U.
4. Calculer le déphasage entre la tension u(t) et l'intensité du courant i(t). Comparer ces fonctions.

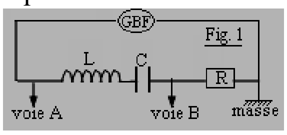
➢ ***Exercice n°3*** :

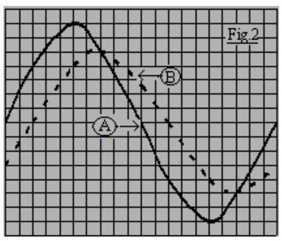
Un dipôle (R,L,C) série est constitué : d'un conducteur ohmique de résistance R = 50Ω ; d'un condensateur de capacité C = 10µF et d'une bobine d'inductance L = 45mH et de résistance r = 10Ω. On alimente ce dipôle par une tension sinusoïdale de tension efficace U = 6V et de fréquence N = 100Hz.

1. Faire la construction de Fresnel relative à ce circuit.
2. Calculer l'impédance Z du circuit et déterminer la phase φ de la tension par rapport à l'intensité.
3. Calculer l'intensité efficace du courant. Calculer la tension efficace aux bornes de chaque composant.

➢ ***Exercice n°4 :***

Un générateur de basse fréquence délivre une tension sinusoïdale de fréquence N aux bornes du circuit série (R,L,C) de la fig.1. Les entrées A et B de l'oscilloscope ont la même sensibilité 2,5V/div. On donne R = 10Ω; L = 1H. La fig.2 représente ce qu'on observe sur l'écran de l'oscilloscope avec une vitesse de balayage de spot de 1ms/div.





1. Déterminer la fréquence N de la tension sinusoïdale u(t) et la pulsation correspondante.
2. Calculer la tension efficace U aux bornes du dipôle et l'intensité efficace I du courant.
3. Quel est le déphasage φ entre i(t) et u(t) ? A t = 0, le spot de la voie A est en O. Donner l'expression de u(t). En déduire l'expression de i(t).
4. À l'aide de la construction de FRESNEL, déterminer la relation donnant tanφ. Déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

➢ ***Exercice n°5 :***

1. Un dipôle de résistance R = 10Ω et d'auto-inductance L = 0,1H est placé en série avec un condensateur de capacité C = 0,1μF. l'ensemble est alimenté sous tension u = 10cos(500t). Quelle est l'expression de l'intensité instantanée ?

2. La tension appliquée est maintenant : u = 10cos(ωt).

a. Quelle pulsation ω conduit à la résonance d'intensité ?

b. Quelles seraient les tensions maximales aux bornes de la bobine et du condensateur ? Interpréter les résultats sur une construction de Fresnel.

➢ ***Exercice n°6 :***

Une bobine d'inductance L = 250mH et de résistance r = 37Ω est branchée en série avec un condensateur de capacité C = 3,2μF. On alimente le dipôle ainsi constitué par un GBF dont la fréquence est réglée sur N = 100Hz.

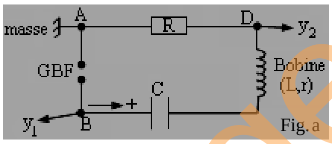
1. Calculer l'impédance du circuit et déduire la valeur du facteur de puissance du circuit.

2. Calculer la fréquence qui impose la résonance au circuit (r,L,C) série. Calculer le facteur de qualité du circuit. Déterminer la largeur de la bande passante en fréquence.

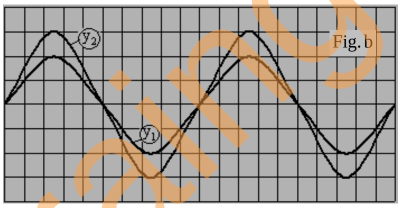
➢ ***Exercice n°7*** :

Pour le circuit ci-dessous, on donne R = 10Ω et C = 1μF. On utilise un oscillographe bicourbe branché comme il est indiqué sur la figure a et dont les caractéristiques sont : *sensibilité horizontale : 1ms/div et sensibilité verticale sur les deux voies : 1V/div.*

L'oscillogramme obtenu est représenté à la figure b.



1. Quelles sont les tensions visualisées sur chacune des voies de l'oscillographe ? Comparer les courbes de ces tensions et conclure.



2. Déterminer la valeur de la fréquence de la tension appliquée.

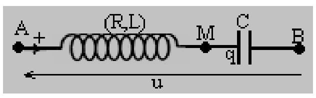
3. Déterminer la valeur efficace U de la tension délivrée par le GBF et la valeur de l'intensité efficace I.

4. Calculer la valeur de l'inductance L et de la résistance r de la bobine. Calculer le facteur de qualité Q du circuit.

➢ ***Exercice n°8*** :

La tension appliquée à un dipôle série (R,L,C) est :

$u = U\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$



1. La date t = 0 est choisie de façon que la charge du condensateur s'exprime par : $q = Q_m.\cos(\omega t)$. Exprimer l'intensité i(t) qui parcourt le dipôle (R,L,C) en fonction de Q_m, ω et t. Etablir l'expression de $u(t) = u_{AB}$. Quelle est la phase de u par rapport à i? (R=10Ω; L=0,1H et C =0,5μF).

3. Soient U et U_C les tensions efficaces aux bornes du dipôle (R,L,C) et du condensateur. Exprimer le rapport $Q = U_C/U$ en fonction R, L et ω. Calculer ce rapport.

➢ ***Exercice n°9 :***

Un dipôle (R,L,C) série est alimenté par un générateur de tension sinusoïdale de tension efficace U = 24V.
L'intensité efficace du courant est I = 265mA. La puissance moyenne reçue par le dipôle est P = 2W.
Calculer le facteur de puissance du dipôle. Déterminer la valeur R. En déduire l'impédance Z du dipôle.

➢ ***Exercice n°10*** :

Un dipôle (R,L,C) série est alimenté par un générateur délivrant une tension sinusoïdale de fréquence N variable. Un ampèremètre donne l'intensité efficace I pour chaque valeur de N ; la tension U aux bornes du générateur est maintenue constante et égale à 0,9V.

N(kHz)	2	2,1	2,15	2,2	2,25	2,275	2,3	2,325
I(mA)	22	32	42	57	84	102	120	130

N(kHz)	2,35	2,375	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8
I(mA)	118	100	85	60	43	30	22	16

1. a. Tracer la représentation de la fonction I = f(N).

b. Déterminer, à partir de la courbe, la fréquence de résonance et l'intensité efficace Io correspondante.

2. Calculer l'inductance de la bobine. (C = 0,5μF).

3. Evaluer, à l'aide de la courbe, la bande passante et le facteur de qualité Q du circuit. Calculer la résistance R.

➢ ***Exercice n°11*** :

1. Avec une bobine B, on réalise deux expériences :

Première expérience : On établit aux bornes de B une tension continue U_1 = 60V ; L'intensité du courant traversant B est I_1 = 0,67A.

Deuxième expérience : On établit aux bornes de B une tension alternative sinusoïdale de fréquence N = 50Hz et de valeur efficace U_2 = 6V, l'intensité du courant traversant B a pour valeur efficace I_2 = 0,27A.

De ces deux expériences, déduire l'inductance L et la résistance R de la bobine B. Rep. : R = 9Ω ; L = 65mH

2. On met en série, avec la bobine B, un condensateur de capacité C = 10μF. L'ensemble est alimenté par un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace U = 6Vet de fréquence réglable.

a. Pour quelle valeur de la fréquence y a-t-il résonance ?

b. Quelle est alors l'intensité efficace I du courant.

➢ ***Exercice n°12*** :

Une bobine est alimentée par une tension sinusoïdale dont la fréquence est N = 100Hz. elle est traversée par une intensité dont la valeur efficace est I = à 0,28A. La puissance moyenne fournie à la bobine est alors P = 3,5W. Le facteur de puissance de la bobine est 0,74.

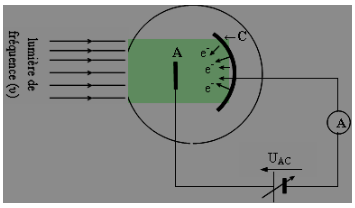
1. Quelle est la tension efficace U existant aux bornes de la bobine ? Calculer la résistance R et l'inductance L de la bobine. Rep. : U = 16,9V ; R = 45Ω ; L = 65mH

2. On place, en série avec la bobine, un condensateur de capacité variable C tel que l'ensemble ait un facteur de puissance égal à 0,9. Quelles sont les valeurs possibles de C ? Rep. : C_1 = 83,6μF ; C_2 = 25,4μF

3. Quelle doit être alors la valeur efficace U' de la tension aux bornes de l'ensemble, si l'on veut que l'intensité traversant la bobine et le condensateur soit de nouveau I = 0,28A ? Rep. : U' = 13,9V

L'Essentiel du cours :

- On appelle effet photoélectrique, le phénomène d'émission des électrons par un métal lorsqu'il est éclairé par une lumière de longueur d'onde λ suffisamment courte



- L'effet photoélectrique se produit dans une cellule photoémissive, dans laquelle on fait le vide ; la cellule contient une cathode C (constituée d'un métal pur) et une anode A métallique. La cathode C et l'anode A sont reliées aux bornes d'un générateur à tension variable. Si la cathode est suffisamment éclairée par une lumière de fréquence υ, les électrons lui sont arrachés. La déviation de l'ampèremètre (qui indique le passage du courant) dépend du nombre des électrons atteignant l'anode A.
- L'émission photoélectrique : est instantanée et dépend de la nature de la cathode et de la fréquence de la lumière.
- L'émission photoélectrique ne se produit que si la fréquence υ de la radiation (lumière) éclairant le métal constituant la cathode est supérieure à la fréquence υ_o caractéristique du métal. La fréquence υ_o est appelée fréquence seuil ($\upsilon > \upsilon_o$).
- L'**énergie maximale** des électrons à la sortie du métal est : $\mathbf{E_{cmax} = e.U_o}$ où La tension $\mathbf{U_o}$ est appelée **potentiel d'arrêt** de la cellule photoémissive.
- La lumière est constituée d'un **faisceau** de particules élémentaires appelées **photons** Le photon est une particule élémentaire **sans masse** ; sa **charge électrique est nulle**. Il se déplace dans le vide à la vitesse $\mathbf{c = 3.10^8 m/s}$ et transporte une **énergie** $\mathbf{E = h.\upsilon}$ (avec $h = 6{,}64.10^{-34}$Js est la constante de Planck et υ : la fréquence de la lumière).
- L'électron émis par un métal a une énergie cinétique maximale : $\mathbf{E_{cmax} = h\upsilon - h\upsilon_o = h(\upsilon - \upsilon_o) = eU_o}$.
- La puissance lumineuse reçue par la cathode est $\mathbf{P = N.h\upsilon}$ et l'intensité I_S du courant de saturation est $\mathbf{I_S = n.e}$. Le rendement d'une cellule photoélectrique est le rapport : $r = \frac{n}{N} = \frac{I_S.h\nu}{P.e}$

Série d'Exercices :

Données : $h = 6{,}62.10^{-34}$Js ; $c = 3.10^8$m/s ; $m_{électron} = 9{,}1.10^{-31}$kg; $e = 1{,}6.10^{-19}$C et $1eV = 1{,}6.10^{-19}$J

➢ ***Exercice n°1*** :

La fréquence seuil du métal césium est $\nu_o = 4{,}54.10^{14}$Hz. Laquelle des lumières ci-dessous peut arracher des électrons en éclairant une cathode en césium :

La radiation orangée : longueur d'onde $\lambda = 0{,}6\mu m$ et la radiation rouge de longueur d'onde $\lambda = 0{,}75\mu m$.

➢ ***Exercice n°2*** :

a. Le travail d'extraction d'un électron du zinc est $W_S = 3{,}3$eV. Calculer la fréquence seuil et la longueur d'onde seuil du zinc.

b. On éclaire le zinc par une radiation ultraviolet de longueur d'onde $\lambda = 0{,}25\mu m$. Calculer l'énergie cinétique maximale de sortie des électrons et leur vitesse.

c. On éclaire le zinc par la lumière d'un arc électrique en interposant une plaque de verre qui absorbe les ondes de longueur d'onde inférieure à $0{,}42\mu m$. Un effet photoélectrique est-il observé?

➢ ***Exercice n°3*** :

1. L'énergie d'extraction d'un électron du métal de la cathode d'une cellule photoélectrique à vide est $E_o = 1{,}90$eV. Calculer la fréquence υ_o et la longueur d'onde λ_o correspondant au seuil photoélectrique.
2. La cathode est éclairée simultanément par trois radiations de longueur d'onde : $\lambda_1 = 0{,}70\mu m$; $\lambda_2 = 0{,}60\mu m$; $\lambda_3 = 0{,}50\mu m$. Quelles sont celles qui provoquent l'émission photoélectrique ? Pourquoi ?
3. a. La cellule est éclairée uniquement par la radiation de longueur d'onde λ_3. Quelle est la vitesse maximale d'émission d'un électron?

b. À partir de quelle valeur de U_{AC} l'intensité du courant photoélectrique est-elle nulle ? Nommer cette valeur.

➢ ***Exercice n°4*** :

Une source lumineuse S émet simultanément deux radiations monochromatiques de longueurs d'onde $\lambda = 0{,}5\mu m$ et $\lambda' = 0{,}58\mu m$. La source S éclaire une cellule photoélectrique dont la cathode est recouverte du potassium. L'énergie seuil de ce métal : $E_o = 2{,}25$eV.

1. Calculer la fréquence seuil υ_o et la longueur d'onde λ_o du métal. Une seule des radiations précédentes produit l'effet photoélectrique. Préciser laquelle.
2. Calculer la vitesse maximale des électrons émis.
3. Calculer la d.d.p U_o que l'on devrait appliquer entre l'anode et la cathode pour le courant s'annule.
4. L'intensité du courant de saturation est $I_S = 0{,}05\mu A$ lorsque la puissante rayonnante reçue par la cathode est $P = 9{,}9\mu w$. Déterminer le rendement de la cellule.

➢ ***Exercice n°5*** :

On donne les seuils photoélectriques de: césium: $0{,}66\mu m$; sodium: $0{,}52\mu m$; zinc: $0{,}37\mu m$; cuivre: $0{,}29\mu m$. On veut fabriquer une cellule photoélectrique sensible à la radiation monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0{,}579\mu m$.

1. Calculer l'énergie d'un photon de cette radiation.
2. Quel métal peut-on choisir pour la cathode parmi les métaux ci-dessus? Quelle sera alors la vitesse maximale d'un électron à la sortie de la cathode?
3. On applique à cette cellule une tension suffisante pour obtenir le courant de saturation I_S. Calculer le rendement de la cathode. On donne : $P = 3{,}7.10^{-4}$W ; $I_S = 1{,}7.10^{-6}$A.

L'Essentiel du cours :

- Un noyau représenté par le symbole, $^{A}_{Z}X$, est composé de Z protons et de (A–Z) neutrons. On appelle **nucléide**, l'ensemble des atomes dont le noyau a même nombre de charge Z et même nombre de masse A. Les **isotopes** sont des nucléides différents qui ont même nombre de charge Z mais des nombres de masse A différents.
- Toute particule de masse m possède au repos une énergie **E**, appelée **énergie de masse**, donnée par : E = m.c².
- A l'échelle atomique, pour exprimer l'énergie, on utilise l'électron-volt (**eV**) ou le **MeV** (mégaélectronvolt).

1eV = 1,6.10^{-19}J et **1MeV = 10^{6}eV = 1,6.10^{-13}J**

- Pour exprimer les masses, on utilise l'**unité masse atomique** (uma) noté **u**. avec **1u = 931,5MeV/c²**.
- La masse m d'un noyau est toujours inférieure à la somme des masses de ses constituants. On appelle **défaut de masse**: $\Delta m = [Z\times m_p + (A - Z)\times m_n] - m_{noyau} \Rightarrow \Delta m > 0$.
- On appelle **énergie de liaison d'un noyau**, notée E_ℓ, l'énergie que le milieu extérieur doit fournir à un noyau au repos pour le dissocier en nucléons séparés au repos. L'énergie de liaison d'un noyau a pour expression : $E_\ell = \Delta m.c^2$. *Par conséquent, l'énergie de liaison est l'énergie libérée lorsqu'un noyau se forme à partir de ses nucléons séparés.*
- L'**énergie de liaison par nucléon** d'un noyau, notée E_A, est le quotient de son énergie de liaison E_ℓ par le nombre A de ses nucléons : $E_A = E_\ell/A$; elle s'exprime en **MeV/nucléon**.

Remarque : L'énergie de liaison par nucléon E_A permet de comparer la stabilité des noyaux entre eux. L'énergie de liaison par nucléon des noyaux stables est supérieure à 8MeV/nucléon.

Série d'Exercices :

Données numériques : 1eV = 1,6.10^{-19}J ; 1MeV = 1,6.10^{-13}J ; 1u = 1,66.10^{-27}kg = 931,5MeV/c²; c = 3.10^{8}m/s.

➢ ***Exercice n°1*** : Ep =938,26MeV ; En=939,56MeV E=28,34MeV

1. Soit la masse du proton m_p = 1,00728u et celle du neutron m_n = 1,00867u. Calculer, en MeV, les énergies de masse du proton E_p et celle du neutron E_n.
2. La représentation du noyau d'hélium est : $^{4}_{2}He$. Donner les constituants de ce noyau. Calculer le défaut de masse du noyau d'hélium et son énergie de liaison en MeV. On donne : masse de ce noyau : 4,00260u.

➢ ***Exercice n°2*** :

1. Préciser la composition d'un noyau de l'isotope 235 de l'uranium ayant pour représentation : $^{235}_{92}U$.
2. Calculer le défaut de masse de ce noyau, en uma (u) puis en kg. On donne : m_n = 1,00866u ; m_p = 1,00728u et masse du noyau de l'uranium $^{235}_{92}U$ = 234,99332u.
3. Calculer, en MeV, l'énergie de liaison de ce noyau.
4. Calculer l'énergie de liaison par nucléon de ce noyau.
5. Comparer la stabilité du noyau d'uranium 235 à celle du noyau de radium 226 dont l'énergie de liaison par nucléon est E_A = 7,66MeV/nucléon.

➢ ***Exercice n°3*** :

Pour un noyau de cérium $^{142}_{58}Ce$, E_A= 8,45MeV/nucléon.

1. Déterminer l'énergie de liaison d'un noyau de cérium.
2. Calculer le défaut de masse de ce noyau
3. En déduire la masse d'un noyau de cérium 142 puis son énergie de masse.

On donne : m_p =1,67265.10^{-27}kg ; m_n = 1,67496.10^{-27}kg.

➢ ***Exercice n°4*** :

On donne les énergies de liaison des nucléides suivants :

$^{56}_{26}Fe$: E_ℓ = 492,2MeV ; $^{142}_{58}Ce$: E_ℓ = 1199,9MeV.

Déterminer le nucléide le plus stable de deux.

➢ ***Exercice n°5*** :

1. On donne les nucléides suivants : $^{12}_{5}B$; carbone : $^{12}_{6}C$; azote : $^{12}_{7}N$. Indiquer la composition des noyaux correspondants à ces nucléides.
2. a. Rappeler la définition de l'énergie de liaison d'un noyau. La calculer dans le cas de $^{12}_{6}C$ .On donne :
   - masse du noyau carbone $^{12}_{6}C$: 11174,7MeV/c² ;
   - m_p : 938,3MeV/c² et m_n = 939,6MeV/c².

   En déduire l'énergie de liaison par nucléon de ce noyau.
3. Comparer la stabilité du noyau de carbone à celle du noyau de bore et à celle du noyau de l'azote.

On donne : Pour le bore : E_A = 6,7MeV/nucléon.
Pour l'azote : E_A = 6,2MeV/nucléon.

➢ ***Exercice n°6*** :

On donne les masses, en unités de masse atomique u :
- du proton : m_p = 1,007276u
- du neutron : m_n = 1,008665u
- du noyau $^{235}_{92}U$: m_{235} = 234,9942
- du noyau $^{238}_{92}U$: m_{238} = 238,0508u

Calculer, en MeV,les énergies de liaison par nucléon des noyaux $^{235}_{92}U$ et $^{238}_{92}U$. Conclure.

➢ ***Exercice n°7*** :

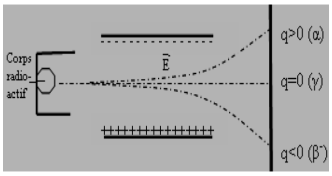
Les réactions nucléaires qui se produisent dans le Soleil libèrent une énergie voisine de 3,46.10^{31}J par jour.

a. Calculer la diminution de masse du Soleil en une journée puis en une année.

b. Calculer la durée de vie probable du Soleil sachant que sa masse évaluée est de 2.10^{30}kg.

L'Essentiel du cours :

- Il existe 3 types de rayonnements radioactifs naturels notés respectivement α, β⁻ et γ. L'action d'un champ électrique (ou d'un champ magnétique) modifie les trajectoires des rayonnements radioactifs.



- Une désintégration radioactive α produit un hélium ${}^{4}_{2}He$ (ou particule α) :

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A-4}_{Z-2}Y$$ avec, X : noyau père et Y : noyau fils.

- Une désintégration radioactive β^- produit un électron ${}^{0}_{-1}e$ et s'écrit : ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{A}_{Z+1}Y$
- Une désintégration radioactive β^+ (artificielle) produit un positron ${}^{0}_{+1}e$ et s'écrit : ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{0}_{+1}e + {}^{A}_{Z-1}Y$
- Les trois types de désintégrations radioactives sont accompagnées de l'émission de rayons γ constitués de photons, qui sont émis lors de la désexcitation des noyaux-fils, si ceux-ci ont été créés en un état d'énergie excité : $Y^* \rightarrow Y + \gamma$.
- La radioactivité est une transmutation au cours de laquelle des noyaux atomiques instables se détruisent en donnant naissance à d'autres noyaux de structures différentes.

La radioactivité est un phénomène **spontané**, **aléatoire**, **inéluctable** et **indépendant des paramètres habituels**.

- Les réactions nucléaires obéissent à 4 lois de conservation : Conservation de quantité du mouvement ; conservation de l'énergie totale; **conservation des charges ; - conservation du nombre total des nucléons.**
- **La loi de décroissance radioactive** est : $\mathbf{N = N_0 e^{-\lambda t}}$ où λ est la **constante radioactive** du noyau (exprimée en s^{-1}).
- L'activité radioactive, **A**, est défini comme le nombre de désintégration par seconde : $\mathbf{A = -\Delta N/\Delta t = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda . t}}$.
- La **période radioactive** d'un radioélément, appelée aussi **demi-vie**, est le temps $T = t_{1/2}$ au bout duquel la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon se sont désintégrés : $\mathbf{\lambda T = \ln 2 = 0{,}693}$.
- Une transmutation artificielle (changement de nombre de charge Z) est obtenue en bombardant un nucléide cible à l'aide d'un nucléide projectile choisi.
- Une **fission** est la rupture d'un nucléide sous l'impact d'un projectile. Exemple : ${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + 2({}^{1}_{0}n)$
- A partir de deux nucléides légers, une **fusion** crée un nucléide plus lourd. Exemple : ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

Série d'Exercices :

➢ ***Exercice n°1*** :

Compléter les réactions suivantes. Préciser s'il s'agit d'une réaction nucléaire spontanée ou provoquée :

${}^{14}_{....}C \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{....}_{7}N$; ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{...}_{38}Sr + {}^{140}_{...}Xe + 2({}^{1}_{0}n)$;

${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{....}_{....}Pb$; ${}^{30}_{15}P \rightarrow {}^{...}_{...}e + {}^{30}_{14}Si$

${}^{....}_{1}H + {}^{....}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$; ${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + ...$

➢ ***Exercice n°1*** :

1. a. Un nucléide ${}^{A}_{Z}X$ possédant une radioactivité de type α conduit, par désintégration, au nucléide ${}^{A_1}_{Z_1}Y$. Ecrire l'équation-bilan de cette désintégration.

b. Un nucléide différent ${}^{A'}_{Z'}X'$ possédant une radioactivité de type β⁻, conduit, par désintégration, au nucléide ${}^{A'_1}_{Z'_1}Y'$. Ecrire l'équation-bilan de cette désintégration.

2. Le radium ${}^{226}_{88}Ra$ est un élément radioactif qui, par désintégration successives de types α et β⁻, conduit à un isotope stable du plomb ${}^{206}_{82}Pb$.

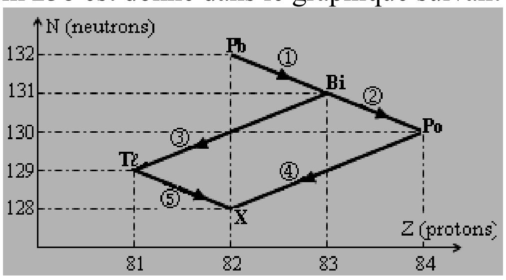
Déterminer le nombre de désintégration de type α et celui de type β⁻ pour le passage du nucléide ${}^{226}_{88}Ra$ au nucléide ${}^{206}_{82}Pb$. (Pour effectuer ce calcul, la connaissance de l'ordre des désintégrations n'est pas nécessaire).x=5 ; y=4

➢ ***Exercice n°2*** :

On étudie la désintégration radioactive de la famille de l'uranium 238. L'uranium ${}^{238}_{92}U$ conduit après plusieurs désintégrations successives à un isotope stable du plomb ${}^{206}_{82}Pb$ après avoir subi x désintégrations de type α et y désintégrations de type β⁻.

a. Ecrire l'équation de la transformation globale et calculer le nombre x désintégrations α et le nombre y désintégrations β⁻.

b. Un extrait des nucléides de la famille radioactive de l'uranium 238 est donné dans le graphique suivant :



Ecrire les équations des désintégrations ①; ②; ③; ④ et ⑤ et préciser à chaque fois le type de la désintégration. Donner le nom du nucléide X.

➢ ***Exercice n°5*** :

Une réaction de fission de l'uranium 235 est la suivante :

$${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{139}_{53}I + {}^{94}_{x}Y + y\,{}^{1}_{0}n$$

a. Déterminer les entiers x et y.

b. Calculer, en MeV et en joules, l'énergie libérée par une fission et l'énergie fournie par la fission de 1kg d'uranium selon l'équation ci-dessous.

Données : 1u = 931,5MeV/c² ; c = 3.10⁸m/s

Particule	neutron	uranium	iode	Yttrium
Masse (en u)	1,0087	235,0	138,9	93,91

➢ ***Exercice n°3*** :

Données : 1u = 931MeV/c²

noyau	$^{7}_{3}Li$	$^{1}_{1}H$	$^{1}_{0}n$	$^{4}_{2}He$	$^{14}_{7}N$	$^{17}_{8}O$
masse (en u)	7,0158	1,0073	1,0087	4,0015	14,0031	16,9991

1. On considère le noyau de lithium : $^{7}_{3}Li$

Définir l'énergie de liaison de ce noyau, puis déterminer sa valeur en MeV. Rep : E = 38,1MeV

2. Des noyaux de lithium $^{7}_{3}Li$ sont bombardés par des protons. On obtient seulement des particules α.

a. Ecrire l'équation de la réaction nucléaire.

b.On détecte, en plus des particules α, un rayonnement γ. Expliquer l'origine de ce rayonnement. Rep c. ΔE=18,7MeV

c. Déterminer l'énergie libérée par la réaction nucléaire, en précisant sous quelle forme apparaît cette énergie.

3. Les particules α précédentes sont utilisées pour transformer des noyaux d'azote $^{14}_{7}N$, immobiles, en des noyaux d'oxygène $^{17}_{8}O$.

a. Ecrire l'équation de cette réaction, en précisant quel autre noyau apparaît.

b. Déterminer la variation de masse au cours de cette réaction. Conclure sur le bilan énergétique. ΔE=1,68MeV

➢ ***Exercice n°5*** :

Le thorium $^{227}_{90}Th$ est radioactif émetteur α.

1. Ecrire l'équation-bilan de sa désintégration radioactive sachant qu'elle conduit au radium (Ra).

2. a. La période (ou demi-vie) du thorium 227 vaut : T = 18,3jours. Calculer la constante radioactive λ du noyau du thorium 227 et l'activité A_o d'un échantillon de masse 1mg de thorium $^{227}_{90}Th$. ($\mathcal{N}$ = 6,02.10^{23}mol^{-1})

b. Quelle masse de thorium 227 de l'échantillon considéré a-t-elle disparu au bout de 36 heures ? Quelle est alors l'activité de l'échantillon ?

➢ ***Exercice n°4*** :

L'une des réactions possibles de fusion contrôlée envisageable pour produire de l'énergie à partir de deutérium est : $^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + ^{1}_{0}n$

a. Calculer, en MeV et en Joules, l'énergie libérée par une fusion et l'énergie fournie par la fusion de 4g de deutérium.

b. Quelle masse de deutérium faut-il utiliser pour produire la même énergie que celle produite par la combustion de 2kg de charbon soit 6.10^{7}J.

➢ ***Exercice n°4*** :

La courbe de décroissance exponentielle N(t) du nombre de noyaux non désintégrés de cobalt $^{60}_{27}Co$, élément radioactif β⁻, est donnée à la figure ci-dessous :

1. a. Ecrire l'équation-bilan de la désintégration produite en citer les lois de conservation utilisées.

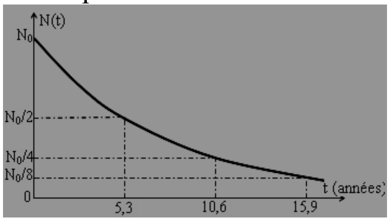
c. Déterminer la constante radioactive du cobalt.

d. Calculer, en joules et en MeV, l'énergie que libère la désintégration. (1u = 1,66.10^{-27}kg ; c = 3.10^{8} m/s)

2. Le noyau fils est émis pratiquement sans vitesse. IL est d'abord dans un état excité, puis libère deux photons γ, d'énergies E_1 = 1,173MeV et E_2 = 1,333MeV avant de retrouver son état fondamental.

a. Calculer la longueur d'onde dans le vide de chacun des photons émis. On donne : h = 6,63.10^{-34}J.s

b. Calculer l'énergie cinétique maximale Ec_{max} de l'électron émis.



3. L'échantillon de cobalt a une activité de 4,22.10^{10}Bq.

a. Quel est le nombre moyen de noyaux radioactifs présents dans cet échantillon à l'instant où est mesurée son activité ? Quelle est la masse de cobalt 60 correspondant ?

b. Combien restera-t-il de noyaux radioactifs après t_1 = 25ans ? Données : $m_{électron}$ = 5,486.10^{-4}u

m($^{60}_{27}Co$) = 59,919010u ; m($^{60}_{28}Ni$) = 59,915439u

➢ ***Exercice n°5*** :

Dans une centrale nucléaire, l'une des réactions de l'uranium 235 peut se résumer ainsi :

$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe$ + ...?...

1. Compléter l'équation - bilan.

2. Calculer, en MeV et en Joules, l'énergie libérée lorsqu'un noyau d'uranium est consommé. On donne :

E_A($^{235}_{92}U$) = 7,4; E_A($^{94}_{38}Sr$) = 8,4 ; $m_{neutron}$ =1,66.10^{-27}kg.

3. Cette centrale nucléaire utilisant la fission de l'uranium 235 fournit une puissance électrique de 900Mégawatt (900MW). Le rendement de la transformation d'énergie nucléaire en énergie électrique est de 30%. En considérant qu'un atome d'uranium 235 dégage en moyenne une énergie de 200MeV, calculer :

a. le nombre de fission par seconde se produisant dans la centrale nucléaire.

b. la masse d'uranium 235 qu'il faut utiliser pour faire fonctionner cette centrale durant une année. (On l'exprimera en tonnes).

➢ ***Exercice n°4*** :

1. Le potassium $^{40}_{19}K$ est radioactif et se désintègre en donnant l'argon $^{40}_{18}Ar$. Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire. Donner la nature de la désintégration.

2. a. Exprimer, en fonction du temps, les nombres n_K d'atomes de potassium 40 et n_{Ar} 40 présents à une date t dans un échantillon ne contenant initialement que du potassium. (Nombre d'atomes n_0). $n_K=n_0e^{-tln2/T}$ $n_{Ar}=n_0(1-e^{-tln2/T})$

b. Représenter sur un même graphe n_K =f(t) et n_{Ar} =g(t).

3. Certaines roches volcaniques comme l'obsidienne contiennent du potassium dont une partie est potassium 40. Au moment de sa formation, cette roche ne contient pas d'argon. Un géologue analyse un échantillon d'obsidienne et constate que les atomes d'argon 40 y sont deux fois moins nombreux que les atomes de potassium 40. Quel est l'âge de cette roche ? Rep : t = 0,6.10^{9}ans

Période radioactive du potassium 40 : 10^{9}ans