

I. Mesure de la célérité des ultrasons

Sur le graphique, on mesure $\Delta t = 1530 - 200 = 1330 \mu s = 1,330 \times 10^{-3} s$

$$\text{La célérité des ultrasons est } v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{0,44}{1,330 \times 10^{-3}} = 330 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Les ondes sonores sont **longitudinales**. Une onde est dite longitudinale quand la direction de la perturbation est parallèle à la direction de propagation

La **dimension** de ondes sonores est de **3** car la propagation a lieu dans tout l'espace.

La distance **d se nomme la longueur d'onde** λ qui correspond à la plus petite distance séparant 2 points qui vibrent en phase.

$$v_3 = \lambda \times f_3 = 0,22 \times 1500 = 2,2 \times 10^{-1} \times 1,5 \times 10^3 = 2,2 \times 1,5 \times 10^2 = 3,3 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = \mathbf{330 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Pour plus de précision, **mesurer la distance (10 × d) séparant 10 longueurs d'onde** et diviser la valeur obtenue par 10.

II. L'enregistrement au studio d'un groupe de musique

- Le son joué par la guitare comporte plusieurs harmoniques ; s'il ne comportait qu'une seule harmonique, comme le son pur du diapason, le signal serait sinusoïdal, ce qui n'est pas le cas.
- On lit sur le document 1 : $T \approx 5 \text{ ms}$; $f(\text{Hz}) = \frac{1}{T(\text{s})}$ soit $f = \frac{1}{(5 \times 10^{-3})} = 200 \text{ Hz}$.
- Oui, le son joué par la basse a la même hauteur que celui joué par la guitare car il a la même période, donc la même fréquence de 200 Hz.
- Les instruments n'ont pas le même timbre car les signaux ont certes la même fréquence correspondant à des sons de même hauteur, mais les formes des signaux diffèrent, (cela indique des harmoniques d'amplitude différente dans la composition des sons).
- La période du son joué par le violon est inférieure à celle du son joué par la guitare ; la hauteur du son joué par le violon est donc supérieure à celle du son joué par la guitare ; le son joué par le violon est donc plus aigu.
- Analyse et synthèse des sons
- Les harmoniques ont une fréquence multiple du fondamental ; f_4 et f_6 sont des multiples entiers de $f_1 = 220 \text{ Hz}$ et ces fréquences correspondent donc à des harmoniques ; $f_4 = 440 \text{ Hz}$ est l'harmonique de rang 2 et $f_6 = 660 \text{ Hz}$ est l'harmonique de rang 3.
- La fréquence du fondamental est la première fréquence qui apparaît dans le spectre ; c'est 500 Hz.
- Les fréquences des harmoniques sont : 1000 Hz ; 1500 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz.
- Niveau sonore des instruments
- I_0 est l'intensité sonore de référence correspondant au seuil d'audibilité.
- Lorsque les guitares jouent à l'unisson, les intensités sonores s'additionnent. Lorsque l'intensité sonore est multipliée par 2, le niveau sonore augmente de $10 \times \log(2)$ soit 3dB. Ainsi $L_{2G} = 63 \text{ dB}$.

III. Vélocimètre

1. Calcul de la longueur d'onde dans le vide correspondant aux ondes électromagnétiques utilisées :

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{A.N.} \quad \lambda = \frac{3 \times 10^8}{3,47 \times 10^{10}} = 8,6 \times 10^{-3} \text{ m} = 8,6 \text{ mm}$$

Cette longueur d'onde correspond à des micro-ondes

2. Il s'agit de l'effet Doppler qui apparaît lorsque la source et l'observateur sont en mouvement l'un par rapport à l'autre.
3. La voiture et le radar se rapproche l'un de l'autre. La fréquence reçue par le radar est donc plus élevée.
4. Vitesse de la voiture :

$$v_0 = \frac{c \cdot \Delta f}{2 \cdot f_{\text{émise}}} \quad \text{A.N.} \quad v_0 = \frac{3,0 \times 10^8 \times 4,86 \times 10^3}{2 \times 3,47 \times 10^{10}} = 21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 76 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

Le résultat est en accord avec la valeur lue sur le cinémomètre.

IV. Les fentes d'Young

1. Pour observer une frange brillante, il faut que les interférences au point M soient constructives, donc que $\delta = k \cdot \lambda$

2. D'après la différence de marche donnée $\delta = \frac{b \cdot x}{D}$, on a des franges brillantes lorsque la relation $\frac{b \cdot x}{D} = k \cdot \lambda$ est vérifiée, donc lorsque $x = k \cdot \frac{\lambda \cdot D}{b}$

On obtient deux franges brillantes consécutives pour $k = 1$ et $k = 2$, c'est à dire pour les positions

$$x_1 = \frac{\lambda \cdot D}{b} \quad \text{et} \quad x_2 = \frac{2 \lambda \cdot D}{b}$$

$$D'où l'interfrange : i = x_2 - x_1 = \frac{\lambda \cdot D}{b}$$

3. Grâce au phénomène de diffraction, les fentes se comportent comme des sources secondaires et les lumières issues de ces sources peuvent interférer. Les ondes peuvent interférer constructivement ou destructivement car elles sont cohérentes (synchrones, c'est-à-dire de même fréquence, et présentant un déphasage constant entre elles) dans la mesure où elles sont issues de la même source ; il s'agit du même train d'onde qui a été divisé, grâce à ce dispositif, en deux parties identiques.

Puisqu'on observe 7 franges brillantes à l'intérieur de la tache centrale de diffraction, on peut écrire

$$7 \times i = L \text{ soit } 7 \times \lambda \times \frac{D}{b} = \frac{2D \times \lambda}{a} \text{ d'où } b = \frac{7}{2} \times a ; b = 245 \mu\text{m} \approx 0,25 \text{ mm}$$

$$\text{On peut aussi faire le calcul intermédiaire } i = \frac{L}{7} = 3,15 \text{ mm puis } b = \frac{D \times \lambda}{i}$$

$$b = \frac{1,2 \times 650 \times 10^{-9}}{3,15 \times 10^{-3}} = 2,5 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,25 \text{ mm}$$

4. Pour déterminer la nature de la frange brillante ou non, il faut calculer le rapport δ/λ

$$\frac{\delta}{\lambda} = \frac{b \times x}{\lambda \times D} \cdot \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,25 \times 10^{-3} \times 18,7 \times 10^{-3}}{650 \times 10^{-9} \times 1,2} \approx 6$$

Il s'agit d'une frange brillante puisque la différence de marche est un multiple entier de la longueur d'onde λ

5. Les deux fentes sont toujours ouvertes avec un Laser vert

L'interfrange i diminue car i est proportionnel à λ et λ diminue : $\lambda(\text{vert}) < \lambda(\text{rouge})$

La largeur de la figure d'interférence diminue également car elle dépend de l'ouverture angulaire qui est proportionnelle à λ .

V. Mesure de la longueur d'onde d'un LASER

1. Le phénomène de diffraction est observé si la longueur d'onde λ est du même ordre de grandeur que la largeur de la fente a .

$$2. \tan(\theta) = \frac{\ell/2}{D} = \frac{\ell}{2D}. \text{ L'angle } \theta \text{ vérifie } \theta = \frac{\lambda}{a} \text{ d'où } \frac{\ell}{2D} = \frac{\lambda}{a} \text{ soit } \ell = (2 \times D \times \lambda) \times \frac{1}{a}$$

3. La courbe $\ell = f(1/a)$ est une fonction linéaire. La droite doit passer par l'origine. Le coefficient directeur de la droite est $k = 2 \times D \times \lambda$.

$$\text{Graphiquement, } k = \frac{11,5 \text{ mm}}{6,0 \text{ mm}^{-1}} = 1,9 \text{ mm}^2 = 1,9 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\lambda = \frac{k}{2D} = \frac{1,9 \times 10^{-6}}{(2 \times 1,50)} = 6,3 \times 10^{-7} \text{ m} = 6,3 \times 10^{-6} \times 10^9 \text{ nm} = 630 \text{ nm}.$$

Remarque : on calcule la valeur de θ pour la valeur de a la plus petite (soit $1/a$ la plus grande) :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} = 640 \cdot 10^{-9} \times (10 \times 10^3) = 6,4 \times 10^{-3} \text{ rad soit } 0,37^\circ \text{ qui est bien un angle faible.}$$

VI. Décollage fusée Ariane :

$$1. \text{ Bilan : } \begin{aligned} \vec{P} &= -P \cdot \vec{j} \\ \vec{F} &= F \cdot \vec{j} \end{aligned}$$

$$2. \text{ 2}^{\text{ème}} \text{ loi de Newton : } \vec{F} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}$$

$$\text{Avec } \vec{P} = -P \cdot \vec{j} = -mg \cdot \vec{j} \quad \vec{F} = F \cdot \vec{j} \quad \text{et} \quad \vec{a} = a \cdot \vec{j}$$

$$\text{On a } -P + F = m \cdot a$$

$$\text{D'où } a = \frac{F-P}{m} = \frac{F}{m} - g$$

3. On considère d'abord la situation au décollage. La masse de la fusée vaut alors m_1 . Calculer la valeur numérique de l'accélération a_1 à cet instant.

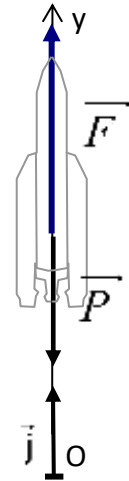
$$a_1 = \frac{F}{m_1} - g \quad \text{A.N.} \quad a_1 = \frac{2445 \times 10^3}{208 \times 10^3} - 9,8 = 2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

4. On envisage la situation qui est celle immédiatement avant que tout le peroxyde d'azote ne soit consommé. La masse de la fusée vaut alors m_2 . Calculer la valeur numérique de m_2 puis celle de l'accélération a_2 à cet instant.

$$m_2 = m_1 - m_{\text{N}_2\text{O}_4} \quad m_2 = 60,5 \text{ t}$$

$$a_2 = \frac{F}{m_2} - g \quad \text{A.N.} \quad a_2 = \frac{2445 \times 10^3}{60,5 \times 10^3} - 9,8 = 31 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

L'accélération n'est pas constante.



VII. Exercices quantité de mouvement

- *Système d'étude : {patineur A + patineur B}*

Référentiel d'étude : référentiel terrestre, considéré galiléen pour les mouvements « courts »

- *On peut considérer que le système est pseudo-isolé : le poids de chaque patineur est compensé par la réaction de la glace, et les frottements peuvent être négligés.*

En conséquence, il y a conservation de la quantité de mouvement totale du système :

Avant le « repoussage » : $\vec{p}_{\text{sys}} = \vec{0}$ (système immobile)

Après le « repoussage » : $\vec{p}'_{\text{sys}} = \vec{p}_A + \vec{p}_B$

La conservation de la quantité de mouvement permet d'écrire :

$$\vec{p}_{\text{sys}} = \vec{p}'_{\text{sys}}$$

$$\text{soit } \vec{p}_A + \vec{p}_B = \vec{0}$$

$$\text{et donc } \vec{p}_A = -\vec{p}_B$$

- *A partir de la relation précédente, on peut écrire : $m_A \cdot \vec{v}_A = -m_B \cdot \vec{v}_B$ soit $\vec{v}_B = -\frac{m_A}{m_B} \cdot \vec{v}_A$*

On peut donc déduire de cette relation que :

\vec{v}_B a la même direction que \vec{v}_A

\vec{v}_B a un sens opposé à \vec{v}_A (signification du signe « - »)

L'intensité (valeur) de v_B est : $v_B = \frac{m_A}{m_B} \cdot v_A$

$$\text{A.N. } v_B = \frac{50}{80} \times 4,0 = 2,5 \text{ m.s}^{-1}$$

VIII. Saut en hauteur ou « la tête et les jambes »

- Force(s) exercées sur l'athlète pendant son saut

Le référentiel utilisé est le référentiel terrestre. Le système est l'athlète.

La seule force exercée est le poids de l'athlète

$$\vec{v}_0 \begin{cases} v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_0 \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

- Équation de la trajectoire

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquées à un système est égale à la dérivée du vecteur quantité de mouvement par rapport au temps. La masse étant constante, c'est aussi le produit de sa masse par le vecteur accélération de son centre d'inertie.

$$\vec{P} = m \vec{a} \text{ or } \vec{P} = m \vec{g} \text{ donc } \vec{a} = \vec{g}; \vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

Par intégration de \vec{a} , on obtient le vecteur vitesse $\vec{v} \begin{cases} v_x = C_1 \\ v_y = -g \times t + C_2 \end{cases}$ or à $t = 0$, $\vec{v}(t=0) = \vec{v}_0$

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = v_0 \cos \alpha \\ v_y = -g \times t + v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

Par intégration de \vec{v} , on obtient le vecteur position $\vec{OG} \begin{cases} x(t) = (v_0 \cos \alpha) \times t + C_3 \\ y(t) = -\frac{1}{2}g \times t^2 + (v_0 \sin \alpha) \times t + C_4 \end{cases}$

or à $t = 0$, $x(t=0) = 0 = C_3$, $y(t=0) = h = C_4$ d'où $\vec{OG} \begin{cases} x(t) = (v_0 \cos \alpha) \times t \\ y(t) = -\frac{1}{2}g \times t^2 + (v_0 \sin \alpha) \times t + h \end{cases}$

- Calcul de la vitesse initiale

g est m.s^{-2} ; $(H-h)$ est en m donc $2g(H-h)$ est en $\text{m}^2.\text{s}^{-2}$; $\cos \alpha$ n'a pas d'unité

donc $\sqrt{\frac{2g(H-h)}{\cos \alpha}}$ est en m.s^{-1} homogène à une vitesse.

$$v_0 = \sqrt{\frac{2g(H-h)}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{2 \times 9,80 (1,78 - 1,00)}{\cos 60^\circ}} = 5,53 \text{ m.s}^{-1} = 5,53 \times 3,6 = 19,9 \text{ km.h}^{-1}$$

La valeur trouvée pour la vitesse initiale n'est pas aberrante car elle correspond à la vitesse d'un athlète.

- Calcul de la distance d

$$d = \frac{2(H-h)}{\tan \alpha} = \frac{2 \times (1,78 - 1,00)}{\tan 60^\circ} = 0,901 \text{ m}$$

La valeur trouvée pour la distance d n'est pas aberrante.

IX. Saut en longueur ... motorisé

- La phase d'accélération du motard

Le graphe de la figure 2 est une droite passant par l'origine, donc la vitesse proportionnelle au temps

: $v = k \times t$. Par définition l'accélération est $a = \frac{dv}{dt}$; ici $a = \frac{d(k \times t)}{dt} = k = \text{Constante}$.

L'accélération de la moto est constante.

On détermine le coefficient directeur de la droite entre les points $(0; 0)$ et $(50; 10)$:

$$a = \frac{50 - 0}{10 - 0} = 5,0 \text{ m.s}^{-2}$$

On trace la droite horizontale d'équation $v = 50 \text{ m.s}^{-1}$ sur la figure 2. Le point d'intersection avec le graphe $v(t)$ donne en abscisse, le temps de parcours : $t = 10 \text{ s}$. On reporte ce temps de parcours sur la figure 3 : le point d'intersection avec le graphe $d(t)$ nous donne la distance parcourue.

On mesure ici : $d = 250 \text{ m}$.

Cette détermination graphique étant approximative, on ne conserve que deux chiffres significatifs : $d = 2,5 \times 10^2 \text{ m}$.

■ Le saut

Le mouvement du système { motard + moto }, de masse m , est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Le système n'étant soumis qu'à son poids, la deuxième loi de Newton donne : $\vec{P} = m \cdot \vec{a}$

Or $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ donc $m \vec{g} = m \vec{a}$ soit en projection dans le repère (O, \vec{i}, \vec{k}) il vient :

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases}$$

Par définition $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ alors \vec{a}

$$\left. \begin{cases} \int a_x = \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ a_z = \frac{dv_z}{dt} = -g \end{cases} \right\} \text{ Par intégration, } \vec{v}$$

$$\left. \begin{cases} v_x = C_1 \\ v_z = -g \times t + C_2 \end{cases} \right\}$$

C_1 et C_2 sont des constantes définies par les conditions initiales sur la vitesse

Or $\vec{v}(0) = \vec{v}_0$ soit $v_0 \begin{cases} v_0 \cos \alpha = C_1 \\ v_0 \sin \alpha = C_2 \end{cases}$; le vecteur vitesse \vec{v} est $\begin{cases} v_x = v_0 \cos \alpha \\ v_z = -g \times t + v_0 \sin \alpha \end{cases}$

Par définition $\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt}$ alors $\vec{v} \begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} = v_0 \cos \alpha \\ v_z = \frac{dz}{dt} = -g \times t + v_0 \sin \alpha \end{cases}$;

Par intégration $\vec{OG} \begin{cases} x(t) = (v_0 \cos \alpha) \times t + C_3 \\ z(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + (v_0 \sin \alpha) \times t + C_4 \end{cases}$

C_3 et C_4 sont des constantes définies par les conditions initiales sur la position

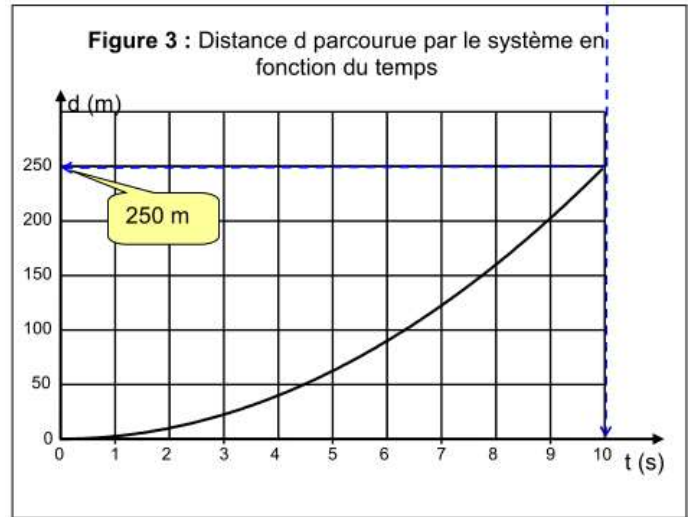
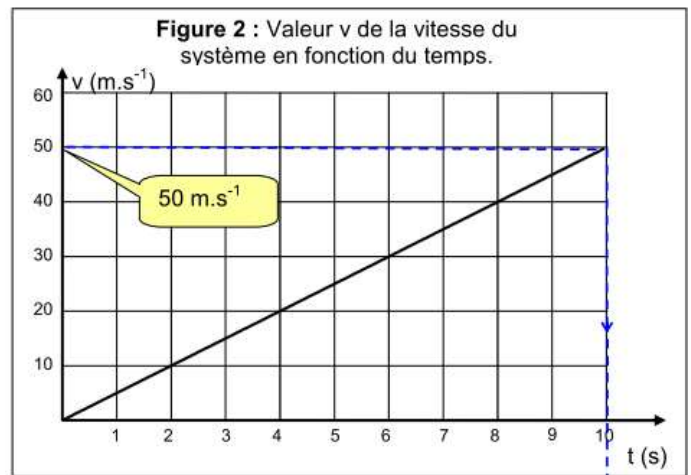
A $t = 0$ $\vec{OG}(t = 0) \begin{cases} 0 \\ h \end{cases}$; le vecteur position \vec{OG} est $\begin{cases} x(t) = (v_0 \cos \alpha) \times t \\ z(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + (v_0 \sin \alpha) \times t + h \end{cases}$

On isole la variable t de l'équation $x(t) = (v_0 \cos \alpha) \times t$ que l'on reporte dans $z(t)$

$$\text{Soit } t = \frac{x}{(v_0 \cos \alpha)} \text{ d'où } z(t) = -\frac{1}{2} g \times \left(\frac{x}{(v_0 \cos \alpha)}\right)^2 + (v_0 \sin \alpha) \times \frac{x}{(v_0 \cos \alpha)} + h$$

$$z(x) = -\left(\frac{g}{2v_0^2 \times \cos^2 \alpha}\right) \times x^2 + (\tan \alpha) \times x + h$$

« L'atterrissage » se fait sur le tremplin si $x_D \geq h$. La distance maximale du point D correspondant au cas de l'égalité $z(x_D) = h$



$$\text{Soit } -\left(\frac{g}{2v_0^2 \times \cos^2 \alpha}\right) \times x_D^2 + (\tan \alpha) \times x_D + h = h \Leftrightarrow x_D \left(\tan \alpha - \frac{g \times x_D}{2v_0^2 \times \cos^2 \alpha}\right) = 0$$

$$\text{Il faut écarter la solution } x_D = 0 ; \text{ il vient : } \left(\tan \alpha - \frac{g \times x_D}{2v_0^2 \times \cos^2 \alpha}\right) = 0$$

$$\text{soit } x_D = \frac{2 v_0^2 \times \tan \alpha \times \cos^2 \alpha}{g} = \frac{2 v_0^2 \times \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \times \cos^2 \alpha}{g} = \frac{2 v_0^2 \times \sin \alpha \times \cos \alpha}{g}$$

$$\text{Or } \sin(2\alpha) = 2 \sin \alpha \times \cos \alpha \text{ donc } x_D = \frac{v_0^2 \times \sin(2\alpha)}{g}$$

$$x_D = \frac{50^2 \times \sin(2 \times 30^\circ)}{10} = \frac{50^2 \times \sin(60^\circ)}{10} = \frac{2500 \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{250}{2} \times 1,7 = \frac{425}{2} = 2,1 \times 10^2 \text{ m.}$$

Cette valeur est supérieure à 113 m. Cette différence est due aux forces de frottements qui n'ont pas été prises en compte lors de l'étude du système ; elles diminuent la portée du saut.

$$\sin \alpha = \frac{h}{L} \text{ soit } h = L \times \sin \alpha = 8,0 \times \frac{1}{2} = 4,0 \text{ m.}$$

X. Pomme de Newton

La seule force qui s'applique sur la pomme au cours de sa chute est le poids. Il s'agit d'une force conservative (= dont le travail ne dépend pas du chemin suivi). On peut appliquer la conservation de l'énergie mécanique.

On choisit l'origine des altitudes au niveau du sol.

On choisit l'origine de l'énergie potentielle au niveau du sol.

Conséquences : $E_p = mgz$

Initial	Final
Energie cinétique : $E_{c_i} = 0$ car $v_i = 0$	Energie cinétique : $E_{c_f} = \frac{1}{2}mv_f^2$
Energie potentielle : $E_{p_i} = mgz_i$	Energie potentielle : $E_{p_f} = 0$ car $z_f = 0$

Conservation : $E_{m_i} = E_{m_f}$

donc $E_{c_i} + E_{p_i} = E_{c_f} + E_{p_f}$

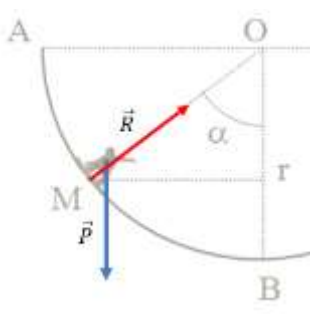
d'où $mgz_i = \frac{1}{2}mv_f^2$

Donc $v_f = \sqrt{2gz_i}$ A.N. $v_f = \sqrt{2 \times 9,8 \times 1,8} = 5,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 21 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

XI. Half pipe

On suppose que les forces de frottements sont négligeables. Calculer la vitesse du skieur au point B

▪ Bilan des forces sur l'objet :

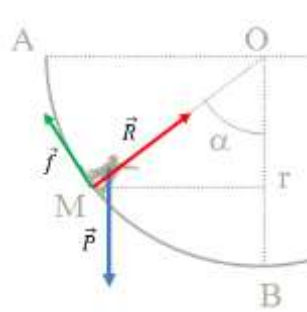


- poids \vec{P} : il s'agit d'une force conservative dont le travail au cours de la chute s'exprime par :

$$W_{\vec{P}_{A \rightarrow B}} = m \cdot g \cdot (z_A - z_B) = m \cdot g \cdot r$$

Le skieur arrive au point B avec une vitesse $v_B = 5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Calculer la valeur de la force de frottement avec la piste, supposée constante.

▪ Bilan des forces sur l'objet :



- poids \vec{P} : il s'agit d'une force conservative dont le travail au cours de la chute s'exprime par :

$$W_{\vec{P}_{A \rightarrow B}} = m \cdot g \cdot (z_A - z_B) = m \cdot g \cdot r$$

Remarque : $W_{\vec{P}} > 0$ car le travail est moteur (entraîne le mouvement)

<p>Remarque : $W_{\vec{P}} > 0$ car le travail est moteur (entraîne le mouvement)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réaction de la piste \vec{R} : force perpendiculaire à la piste (s'oppose à l'enfoncement) ; on a donc : $W_{\vec{R}} = 0$ à chaque instant <p>▪ Le système n'est soumis qu'à des forces conservatives et à des forces dont le travail est nul. L'énergie se conserve. On a donc $\Delta E_m = 0$ ou encore $\Delta E_c = -\Delta E_p = W_{\vec{P}_{A \rightarrow B}}$ Soit $\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = m \cdot g \cdot r$ ou encore $\frac{1}{2}mv_B^2 = m \cdot g \cdot r$ car $v_i = 0$ d'où $v_B = \sqrt{2gr}$ A.N. $v_B = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Réaction de la piste \vec{R} : force perpendiculaire à la piste (s'oppose à l'enfoncement) ; on a donc : $W_{\vec{R}} = 0$ à chaque instant - Frottement de la piste \vec{f} : force non conservative dont le travail est : $W_{\vec{f}_{A \rightarrow B}} = -f \cdot L$ avec $L = \text{longueur d'un quart de périmètre} = \frac{2\pi r}{4} = \frac{\pi r}{2}$ d'où $W_{\vec{f}_{A \rightarrow B}} = -\frac{f \cdot \pi r}{2}$ <p>▪ L'énergie du système ne se conserve pas donc : $\Delta E_m = \sum W_{\vec{f} \text{ conservatives}} = W_{\vec{f}_{A \rightarrow B}}$ Ou encore $\Delta E_c + \Delta E_p = W_{\vec{f}_{A \rightarrow B}}$ Avec $\Delta E_p = -W_{\vec{P}_{A \rightarrow B}}$ d'où $\Delta E_c = W_{\vec{f}_{A \rightarrow B}} + W_{\vec{P}_{A \rightarrow B}}$ $\frac{1}{2}mv_B^2 = -\frac{\pi f r}{2} + mgr$ $f = \frac{m \cdot (2gr - v_B^2)}{\pi r}$ A.N. $f = 127 \text{ N}$</p>
--	---

XII. Pourquoi Pluton a-t-elle perdu son statut de planète ?

- *Troisième loi de Kepler : Le carré de la période de révolution T d'une planète autour du Soleil est proportionnel au cube du demi-grand axe a de l'orbite elliptique : $\frac{T^2}{a^3} = \text{constante}$.*
- *On applique la troisième loi de Kepler à Pluton et Éris évoluant autour du Soleil soit : $\frac{T_E^2}{a_E^3} = \frac{T_P^2}{a_P^3}$ d'où $\frac{T_E^2}{T_P^2} = \frac{a_E^3}{a_P^3}$ or $T_E = 557 \text{ ans}$ et $T_P = 248 \text{ ans}$ donc $T_E > T_P$ donc $\frac{a_E^3}{a_P^3} > 1$ soit $\frac{a_E}{a_P} > 1$
L'orbite d'Éris se situe-t-elle au-delà de celle de Pluton.*
- *On utilisera un référentiel dont le centre est confondu avec le centre de gravité d'Éris et dont les axes sont dirigés vers trois étoiles lointaines supposées fixes. On pourrait parler de référentiel « ériscentrique ». Ce référentiel est considéré comme galiléen.*
- *On considère le mouvement circulaire uniforme de Dysnomia dans le référentiel « ériscentrique ». Le satellite Dysnomia est soumis, en première approximation, à une unique force d'attraction gravitationnelle exercée par Éris, $\vec{F}_{E/D}$. On applique la deuxième loi de Newton à Dysnomia, la masse M_D étant constante, d'où*

$$M_D \vec{a} = \vec{F}_{E/D} \text{ soit } M_D \vec{a} = -G \times \frac{M_D \times M_E}{R_D^2} \vec{u}_{ED}; \vec{a} = -G \times \frac{M_E}{R_D^2} \vec{u}_{ED}$$

Le vecteur accélération est porté par le rayon de la trajectoire (il est radial) et est orienté vers le centre de la trajectoire (il est centripète).

- *La période de révolution T_D de Dysnomia est la durée pendant laquelle Dysnomia effectue un tour (distance parcourue : $2\pi R_D$)*

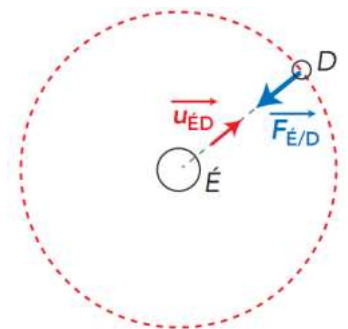
$$\text{Sa vitesse est } v = \frac{2\pi R_D}{T_D} \text{ donc } T_D = \frac{2\pi R_D}{v}$$

Le mouvement de Dysnomia est circulaire et uniforme de rayon R_D , l'accélération est centripète, on

$$\text{peut donc écrire : } \vec{a} = \frac{v^2}{R_D^2} \vec{n} = -\frac{v^2}{R_D^2} \vec{u}_{ED};$$

En comparant avec l'expression de la question 4) il vient :

$$\frac{v^2}{R_D^2} = G \times \frac{M_E}{R_D^2} \text{ soit } v = \sqrt{\frac{G \times M_E}{R_D}} \text{ en reportant dans l'expression de}$$



$$T_D = \frac{2\pi R_D}{v} = 2\pi R_D \times \frac{1}{v} = 2\pi R_D \times \sqrt{\frac{R_D}{G \times M_E}} \text{ soit } T_D = 2\pi \sqrt{\frac{R_D^3}{G \times M_E}}$$

En élevant au carré, on retrouve la 3^{ème} loi de Kepler : $\frac{T_D^2}{R_D^3} = \frac{4\pi^2}{G \times M_E} = \text{constante car } G \text{ et } M_E \text{ sont des constantes.}$

- De la loi précédente, on obtient la masse d'Eris :

$$\frac{T_D^2}{R_D^3} = \frac{4\pi^2}{G \times M_E} \text{ soit } \frac{M_E}{R_D^3} = \frac{4\pi^2}{G \times T_D^2} \text{ d'où } M_E = \frac{4\pi^2 \times R_D^3}{G \times T_D^2}; M_E = \frac{4\pi^2 \times 3,60 \times 10^7}{(6,67 \times 10^{-11} \times (1,30 \times 10^6)^2)} = 1,63 \times 10^{22} \text{ kg.}$$

Le rapport des deux masses est donc de : $\frac{M_E}{M_P} = \frac{1,63 \times 10^{22}}{1,31 \times 10^{22}} = 1,24$

La masse d'Éris est un peu plus grande que celle de Pluton. Si Éris n'est pas considérée comme une planète, alors Pluton, qui a une masse moins importante que celle d'Éris, ne l'est pas non plus. Éris et Pluton sont en fait des représentants des « planètes naines ».

XIII. Chemcam

- Deux propriétés du laser à **choisir** parmi les suivantes :
la lumière émise est **monochromatique**,
il présente une **très grande puissance par unité de surface**,
un laser émet un faisceau lumineux **directif**,
pour le laser pulsé, comme celui de Chemcam, il permet une **concentration temporelle de l'énergie**.
- D'après le document 1, le laser émet un rayonnement de longueur d'onde égale à 1067 nm, donc **supérieure à 800 nm** : il s'agit d'un rayonnement **infrarouge** et non pas de la lumière visible.
- Afin d'obtenir une irradiance suffisante pour créer un plasma, le document 1 nous indique qu'elle doit être **supérieure à 1,0 GW.cm⁻²**.

On apprend aussi que l'irradiance I correspond à la puissance P par unité de surface A : $I = \frac{P}{A}$

Or $P = \frac{E}{\Delta t}$ et l'aire d'un disque vaut $A = \pi \times R^2 = \pi \times (D/2)^2$ donc $I = \frac{4 \times E}{\pi \times D^2 \times \Delta t}$

$$I = \frac{4 \times 15 \times 10^{-3}}{\pi \times (350 \times 10^{-6} \times 10^2)^2 \times 5 \times 10^{-9}} = 3 \times 10^9 \text{ W.cm}^{-2} = \mathbf{3 \text{ GW.cm}^{-2}}$$

L'irradiance est **supérieure à 1,0 GW.cm⁻²**. Les caractéristiques du laser de Chemcam permettent donc bien d'obtenir une irradiance suffisante pour créer des plasmas.

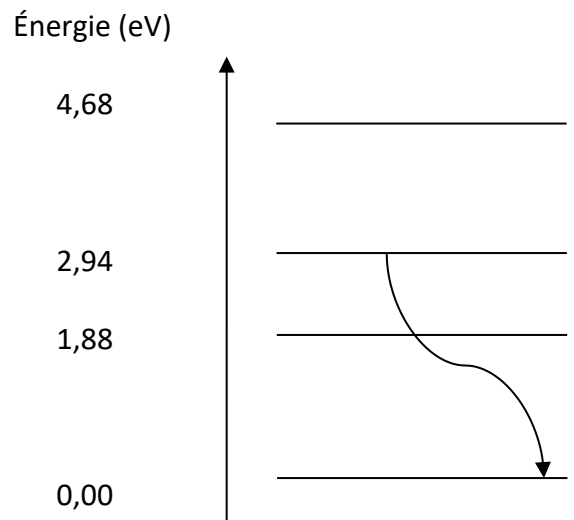
- Test de fonctionnement de l'analyseur spectral de ChemCam.
- L'énergie d'un atome est **quantifiée**. Or chaque atome (ou ion) possède des **niveaux d'énergie qui lui sont propres** (comme celui de l'élément calcium donné au document 5).

La désexcitation spontanée d'un niveau d'énergie E_j à un niveau d'énergie E_i ($E_i < E_j$) tels que $\Delta E = E_j - E_i$ s'accompagne de **l'émission d'un photon** d'énergie ΔE

$$= \frac{h \times c}{\lambda} \text{ Les niveaux d'énergie étant différents d'un}$$

atome à l'autre, les **longueurs d'ondes λ des radiations émises seront différentes**.

Ceci explique pourquoi deux atomes (ou ions) différents ne donnent pas le même spectre d'émission. Chaque spectre est unique et constitue « la carte d'identité » ou « l'empreinte digitale » de l'élément.



- D'après la relation $\Delta E = \frac{h \times c}{\lambda}$, $\Delta E = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{423 \times 10^{-9} \times 1,602 \times 10^{-19}} = 2,94 \text{ eV}$

Cela correspond donc à la **transition énergétique** entre le deuxième niveau excité et le niveau fondamental.

- La roche témoin analysée par Chemcam contient l'élément calcium. Si l'analyseur spectral de Chemcam fonctionne bien, nous devons retrouver dans le spectre d'émission atomique du document 4, les longueurs d'onde des raies d'émission de l'élément calcium présentées au document 3. Ceci est en effet le cas Le document 7 présente le spectre de la roche témoin.

Longueur d'onde des raies d'émission de l'élément Ca (doc.5)(nm)	394	397	423	443	444	446
Correspondance dans le spectre de la roche témoin (doc.7)	C	D	F	J	K	L