

PCSI₂ : défis

SEAT IBIZA

À partir des deux photos ci-dessous et de vos connaissances en physique, dire si la suspension de ma voiture est bien adaptée pour éviter le mal des transports (qui intervient pour des fréquences inférieures à 1 Hz).



Proposition de correction :

Lorsque le cric est monté, la longueur de la suspension vaut sa longueur l_0 . (On néglige le poids de la roue).

Sans le cric, la longueur de la suspension vaut $l_0 + \delta l$. En appliquant la première loi de Newton à la voiture, on trouve $k \delta l = m^* g$ (avec m^* une certaine proportion de la masse totale de la voiture). La fréquence des oscillations vaut (cf TD):

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m^*}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\delta l}}$$

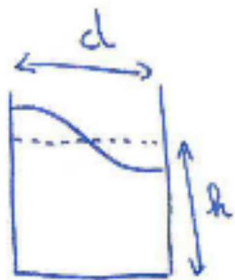
← la même proportion qu'en statique

AN $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{10}{0,1}} = \frac{5}{\pi} \approx 1,6 \text{ Hz}$. suspension adaptée.

Il est plus difficile de transporter une assiette de soupe qu'un verre d'eau sans en renverser. Pourquoi ?

Données : la vitesse des ondes à la surface d'un liquide dépendent (dans le cas qui nous intéresse) de la hauteur de liquide et de l'accélération de la pesanteur.

Proposition de correction :



Lorsque l'on secoue le verre ou l'assiette des ondes apparaissent à la surface de l'eau. Cette onde se propage dans une cavité
 ↳ onde stationnaire (ventres aux

niveaux des bords)

$$\rightarrow \frac{\lambda}{2} = d \rightarrow \lambda = 2d \text{ or } \lambda = \frac{v}{f}$$

avec $v = \sqrt{gh}$ (analyse dimensionnelle)

$$\text{D'où } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{\sqrt{gh}}{2d}$$

$$\text{Av: verre } h \approx 10 \text{ cm } d \approx 4 \text{ cm} \rightarrow f \approx 1 \text{ Hz}$$

$$\text{assiette } h \approx 2 \text{ cm } d \approx 20 \text{ cm} \rightarrow f \approx 1 \text{ Hz}$$

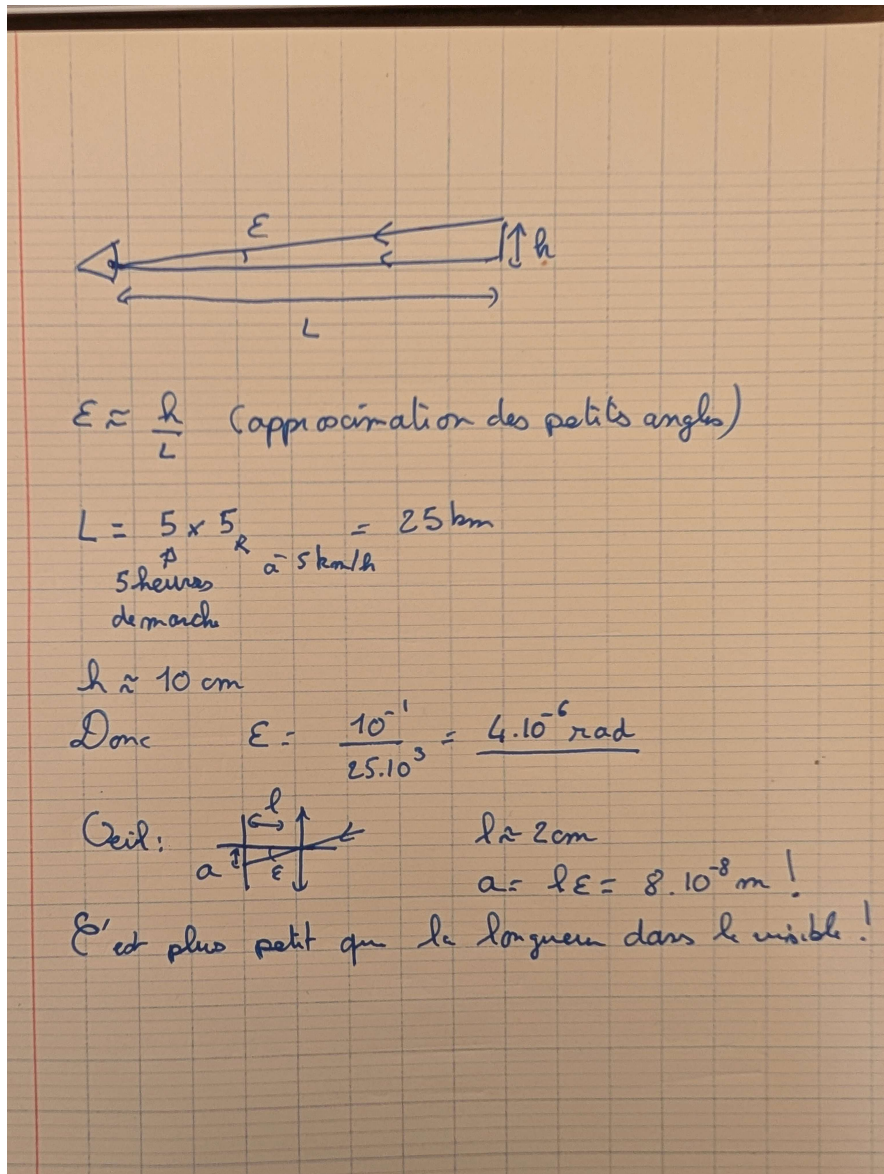
≈ fréquence de la marche.

Dans le livre *Le seigneur des anneaux* de Tolkien on peut lire :

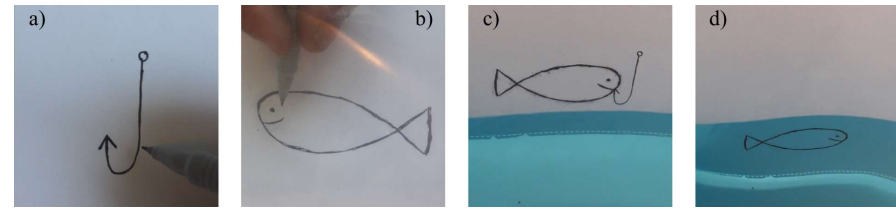
"Riders!" cried Aragorn, springing to his feet. "Many riders on swift steeds are coming towards us!" "Yes," said Legolas, "there are one hundred and five. Yellow is their hair, and bright are their spears. Their leader is very tall." Aragorn smiled. "Keen are the eyes of the Elves," he said. "Nay! The riders are little more than five leagues distant," said Legolas.

Sachant que 1 lieue correspond à peu près à la distance qu'un homme parcourt en marchant pendant une heure, quelle est la résolution angulaire des yeux de Legolas ? Quelle est la taille de ses cônes ou bâtonnets ? Qu'en pensez-vous ?

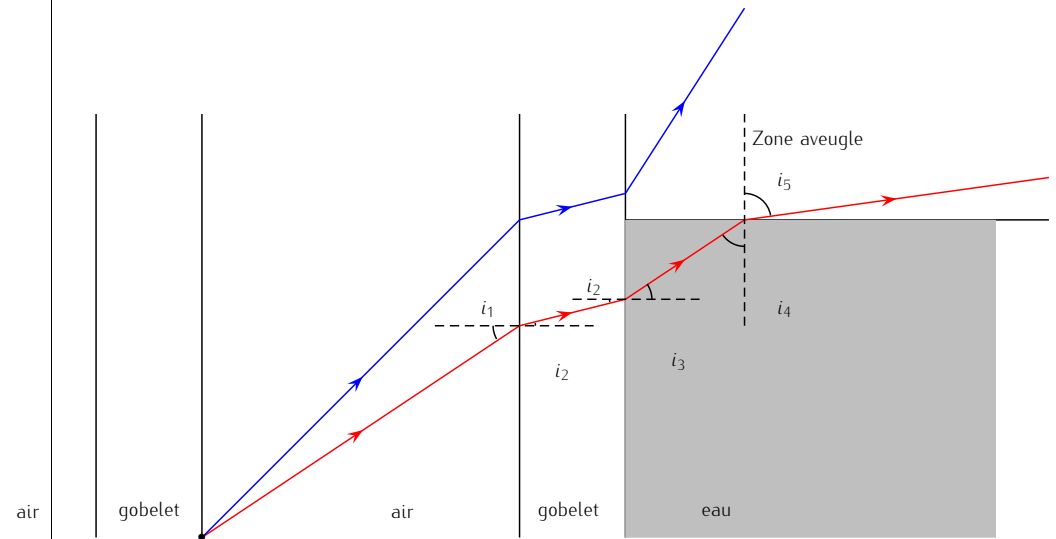
Proposition de correction :



L'HAMEÇON QUI DISPARAIT



Proposition de correction : Pour répondre à ce problème il suffit de faire un joli dessin et de se souvenir que si l'on voit un objet c'est qu'un rayon lumineux partant de l'objet est parvenu à notre œil.



Considérons deux rayons lumineux issus du poisson dessiné sur le gobelet intérieur. L'un d'eux (celui en bleu sur le dessin) traverse le gobelet extérieur et poursuit sa propagation dans l'air. En appliquant les relations de Snell-Descartes aux deux interfaces successives air/plastique on trouve que le rayon n'est pas dévié, seulement décalé. Le second rayon (celui en rouge) traverse le gobelet puis l'eau et ressort dans l'air. On constate graphiquement que ce rayon est très dévié par rapport au rayon en bleu. Il existe donc une zone de l'espace dans laquelle aucun rayon issu du poisson ne parvient. Pour les calculs, on suppose que l'indice de l'air vaut 1, l'indice de l'eau est $n_{eau} = 1.33$. L'indice du plastique est appelé simplement n .

On le verra par la suite, sa valeur n'a pas d'importance. Appliquons successivement les relations de Snell-Descartes pour le rayon rouge :

- $\sin(i_1) = n \sin(i_2)$
- $n \sin(i_2) = n_{eau} \sin(i_3)$
- $n_{eau} \sin(i_4) = \sin(i_5)$

On obtient alors : $\sin(i_1) = n_{eau} \sin(i_3)$, or $i_4 = \pi/2 - i_3$, donc $n_{eau} \cos(i_3) = \sin(i_5)$
 On obtient donc $\sin(i_5) = \sqrt{n_{eau}^2(1 - \sin(i_3)^2)} = \sqrt{(n_{eau}^2 - \sin(i_1)^2)}$. On suppose que les épaisseurs du gobelet et de la couche d'air est faible devant la profondeur du poisson. Ainsi i_1 varie entre 0 et $\frac{\pi}{2}$ et on néglige le décalage du rayon lumineux suite à la traversée du gobelet. On remarque alors que $\sin(i_5)$ est borné : $\sqrt{(n_{eau}^2 - 1)} \leq \sin(i_3) \leq 1$, soit numériquement : $0,87 \leq \sin(i_3) < 1$ et donc les rayons émergeant de l'eau auront une inclinaison i_3 comprise entre 60° et 90° .

504 COUPÉE

Une 504 coupée possède une vitesse limite de 180 km.h^{-1} et réalise le kilomètre départ arrêté en 32 s. Combien de temps met-elle pour aller de 0 à 100 km.h^{-1} ?



Proposition de correction :

$\frac{v_{roul}}{a} \rightarrow$ Supposons que $a = \text{cste sur le tout du kilomètre}$
 $\circ D = 1 \text{ km}$ alors : $x(t) = \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow a = \frac{2 \times D}{t_f^2} = \frac{2 \cdot 10^3}{32^2} = 1,95 \text{ m.s}^{-2}$
 Mais dans ce cas : $v(t_f) = a t_f = 224 \text{ km.h}^{-1} > v_{lim}$.
 On suppose donc $a = \text{cste}$ jusqu'à $a \text{ fin } v = v_{lim}$ puis $a = 0$.
 Pour $t < t^*$
 $\Rightarrow x(t) = \frac{1}{2} a t^2$
 $v(t) = a t$ jusqu'à $t^* = \frac{v_{lim}}{a}$
 Pour $t > t^*$
 $x(t) = x(t^*) + v_{lim}(t - t^*) = \frac{1}{2} a \left(\frac{v_{lim}}{a}\right)^2 + v_{lim}\left(t - \frac{v_{lim}}{a}\right)$
 $= v_{lim} t - \frac{1}{2} \frac{v_{lim}^2}{a} \Rightarrow x(t_f) = D \Rightarrow \frac{D}{v_{lim}} = t_f - \frac{v_{lim}}{2a}$
 $a = \frac{1}{2} \frac{v_{lim}^2}{t_f - \frac{D}{v_{lim}}} = 2,1 \text{ m.s}^{-2}$ Donc $\boxed{\gamma = 13,3 \text{ g}}$ de $0 \text{ à } 100 \text{ km.h}^{-1}$

FORMULE 1

Dans l'épingle du Fairmont du grand prix de Monte-Carlo, les monoplaces roulent à une vitesse comprise entre 45 et 50 km.h^{-1} .



À quelle vitesse doit rouler une formule 1 pour pouvoir se maintenir à l'envers ?

Proposition de correction :

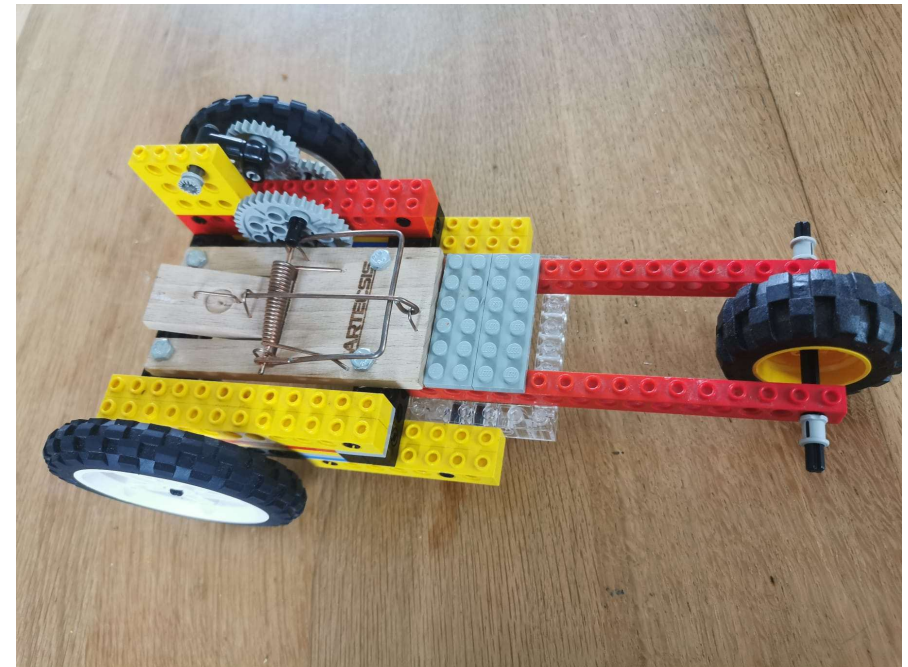
on sait que $a = \frac{v^2}{R}$ $R \approx 15 \text{ m}$
donc $a = 10,4 \text{ ms}^{-2}$ γ , $N g \approx 4 \text{ ms}^{-2}$
 $\approx 0,4$

$\vec{F} = +\beta v^2 (-\vec{u}_y)$ On applique le PFD à la voiture dans le virage:
 $m(-\frac{v^2}{R}) = T = -N(mg + \beta v^2) \Rightarrow \beta = \frac{m}{NR} - \frac{mg}{v^2}$

$mg = \beta v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{mg}{\beta} = \frac{1}{\frac{1}{NR} - \frac{1}{v^2}}$
 $v^2 \approx 53 \text{ km h}^{-1}$ si $R = 15 \text{ m}$
bon ordre. $\Rightarrow v^2 \approx 120 \text{ km h}^{-1}$ si $R = 20 \text{ m}$

VOITURE ÉCOLO

Quelle serait la vitesse de ma voiture (Nissan Xtrail diesel, 6,0 L/100km) si je remplace son moteur par des tapettes à souris ?



Proposition de correction :

Pour ~~calculer~~ la tapette on exerce environ 10N et on déplace la lige de longueur $R = 4\text{cm}$ sur un demi-tour.
 donc: $F = k\pi R = 10\text{N}$ donc $k \approx 80\text{N.m}^{-1}$
 Chaque tapette stocke $E_p \approx \frac{1}{2}k(\pi R)^2 = 0,63\text{J}$
 Le volume de la voiture est environ 1m^3 .
 Celui des tapettes $\approx 0,1 \times 0,05 \times 0,05 = 2,5 \cdot 10^{-4}\text{m}^3$
 On peut donc caser $N = 4000$ tapettes soit $2,5\text{kJ}$.
 Pour parcourir 1km , la ~~tapette~~ voiture consomme $6 \cdot 10^{-2}\text{L}$ soit une énergie de $\approx 35 \cdot 10^6 \times 6 \cdot 10^{-2} = 2,1 \cdot 10^6\text{J}$
 mais le rendement du moteur est de 10%, il faut donc $2,1 \cdot 10^7\text{J}$ d'énergie mécanique.
 Ainsi les tapettes à sauts permettent de parcourir:
 $d \approx \frac{2,5 \cdot 10^3}{2,1 \cdot 10^7} \cdot 10^3 \approx 12\text{m}$
 Il faut ensuite 1s pour recharger chaque tapette
 alors $v \approx \frac{12}{4000} \times 3600 \approx \underline{\underline{11\text{m.h}^{-1}}}$

Proposition de correction :

jet d'eau : débit $Q_v \approx 1\text{L}/10\text{s} \approx 10^{-4}\text{m}^3\text{s}^{-1}$
 volumique

débit $q = 10^{-4} \times 10^3\text{kg}\cdot\text{s}^{-1} = 10^{-1}\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$
 massique

débit $Q_N = \frac{q}{M_{\text{eau}}} \times N_A = \underline{\underline{3 \cdot 10^{24}\text{s}^{-1}}}$
 particulaire

ampoule : 100W , rendement 2% $\rightarrow 2\text{W}$ de ~~puissance~~ ^{énergie} lumineuse.

$P = D \times h\nu$ avec D le débit de photon
 $\nu \approx 10^{14}\text{Hz}$. $\rightarrow D = \frac{P}{h\nu} \approx \underline{\underline{3 \cdot 10^{19}\text{s}^{-1}}}$

JETS DE PARTICULES

Qu'est ce qui projette le plus de particules : un jet d'eau ou une ampoule ?

