

INTERROGATION - PHYSIQUE

Mercredi 5 octobre 2022

Durée : 30 min (40 min pour les tiers-temps)

Exercice 1 : Vrai ou Faux (8 points)

Pour chacune des affirmations suivantes, dire si elle est Vraie ou Fausse. Justifier *brièvement*.

- 1/ Un système isolé est toujours immobile. **Faux. Il peut être en mouvement rectiligne uniforme.**
- 2/ Deux vecteurs orthogonaux ont un produit scalaire nul. **Vrai**
- 3/ Si $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta, \vec{u}_\varphi)$ est une base orthonormée directe, alors $(\vec{u}_\theta, \vec{u}_\varphi, \vec{u}_r)$ l'est aussi. **Vrai**
- 4/ Un mouvement circulaire a une accélération qui est toujours perpendiculaire au cercle qu'il décrit. **Faux. C'est vrai uniquement pour un mouvement circulaire uniforme.**
- 5/ L'accélération au cours d'une chute libre dépend de la masse de l'objet. **Faux. $\vec{a} = \vec{g}$.**
- 6/ L'énergie mécanique d'un système varie au cours du temps s'il subit des forces de frottement. **Vrai**
- 7/ Lorsqu'un pendule est animé d'un mouvement circulaire, la tension du fil produit un travail non nul. **Faux. La tension est perpendiculaire au mouvement et a donc un travail nul.**
- 8/ Une force non-conservative est une force dont le travail ne dépend pas de la trajectoire suivie par l'objet qui la subit. **Faux. C'est la définition d'une force conservative.**

Exercice 2 : Le poisson archer (7 points)

Pour capturer une proie qui se trouve à l'extérieur de l'eau (un insecte par exemple), les poissons archers lancent un jet d'eau pour faire tomber la proie dans l'eau afin qu'ils puissent ensuite la gober (figure 1). Ils adaptent la vitesse initiale de leur jet à la hauteur de la proie, mais on peut estimer que le jet d'eau est expulsé de la bouche du poisson à $v_0 = 5 \text{ m.s}^{-1}$, avec un angle $\alpha = 70^\circ$. On suppose que le poisson se trouve au moment de lancer son jet à l'origine du repère Oxz .

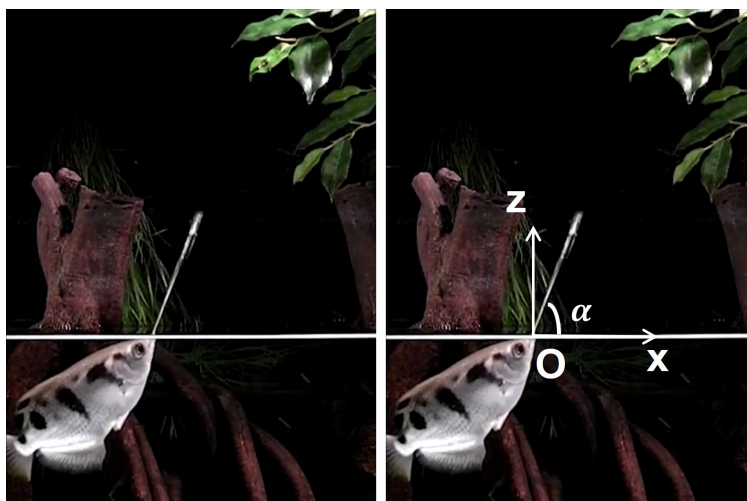


FIGURE 1 – Un poisson archer lançant son jet d'eau pour capturer une proie. La ligne blanche correspond à la surface de l'eau. La figure de droite est la même image, avec les notations du problème. © The New York Times.

- 1/ Si on néglige les frottements, à quelle(s) force(s) est soumise une goutte d'eau du jet, une fois lancée par le poisson ? **La force de pesanteur**
- 2/ Déterminer la vitesse à tout instant d'une goutte d'eau, si elle a été émise à $t=0$ par le poisson archer (on n'oubliera pas que le vecteur vitesse peut avoir plusieurs composantes non-nulles).
 $\vec{v} = -gt \vec{u}_z + \vec{v}_0 = (-gt + v_0 \sin \alpha) \vec{u}_z + v_0 \cos \alpha \vec{u}_x$
- 3/ Déterminer la trajectoire ($x(t)$ et $z(t)$) de cette même goutte d'eau dans le plan (Oxz).
 $x(t) = v_0 t \cos \alpha$ et $z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t \sin \alpha$
- 4/ La proie se trouve à une hauteur $h_0 = 40$ cm au-dessus du niveau de l'eau. À quel instant T est-ce que la proie est touchée par le jet d'eau (attention aux unités!) ? Vous exprimerez T littéralement en fonction de g , v_0 , h_0 et α puis numériquement ($g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$). $H = -\frac{1}{2}gT^2 + v_0 T \sin \alpha$. On résout l'équation du second degré en T et le temps le plus petit correspond à l'instant où l'insecte est touché : $T = 0.094 \text{ s}$.
- 5/ Le jet d'eau est destiné à assommer l'insecte (de masse $m' = 3 \text{ mg}$) qui tombe ensuite sans vitesse initiale de h_0 . Donner la valeur de son énergie cinétique et de son énergie potentielle au moment où il commence sa chute libre. $E_c = 0$ et $E_p = m'gh_0 = 1.2 \times 10^{-5} \text{ J}$.
- 6/ Énoncer le théorème de l'énergie mécanique. **La variation d'énergie mécanique d'un mobile entre deux points A et B est égale à la somme des travaux des forces non conservatives s'appliquant sur le mobile sur le trajet considéré : $\Delta E_m = \Sigma W_{\vec{F}_{non\ cons}}$.**
- 7/ Déterminer la vitesse de l'insecte étourdi lorsqu'il atteint la surface de l'eau. Ici $\Delta E_m = 0$ si on néglige les frottements, donc $E_{c,ini} = E_{c,fin} = m'gh_0 = \frac{1}{2}m'v_{fin}^2$. D'où $v_{fin} = \sqrt{2gh_0} = 2.8 \text{ m/s}$.



Exercice 3 : Entraînement des astronautes (7 points)

Pour habituer les astronautes à ressentir les effets d'une accélération importante - telle que celle qu'ils vont subir au décollage de la fusée - ceux-ci sont entraînés dans des centrifugeuses : les astronautes sont installés dans une capsule qui tourne à grande vitesse via un bras motorisé. On modélise la capsule contenant l'astronaute par une masse m située au point M , tournant sur un cercle de rayon $r = 9 \text{ m}$ avec une vitesse angulaire de $\omega = 50 \text{ rpm}$ (rotations par minute), c'est-à-dire qu'il effectue 50 tours par minute.

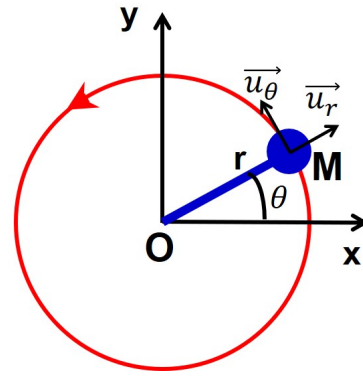


FIGURE 2 – La centrifugeuse d’entraînement de la Cité des Étoiles et sa modélisation. Source : Wikipedia.

- 1/ Exprimer le vecteur \overrightarrow{OM} décrivant le mouvement de la capsule dans le repère circulaire $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$, en fonction des données. $\overrightarrow{OM} = r\vec{u}_r$.
- 2/ Exprimer le vecteur vitesse de la capsule dans le repère circulaire. Exprimer la norme v du vecteur vitesse en fonction de r et $\dot{\theta}$. $\vec{v} = r\dot{\theta}\vec{u}_\theta$ et $v = r\dot{\theta}$.
- 3/ Que vaut la vitesse de rotation de la capsule ω en rad.s^{-1} ? $\omega = \dot{\theta} = 50 \text{ rpm} = 5.2 \text{ rad.s}^{-1}$.
- 4/ Que vaut (numériquement) la vitesse v de la capsule? Vous la donnerez tout d’abord en m.s^{-1} puis en km.h^{-1} . $v = 47.1 \text{ m.s}^{-1} = 170 \text{ km.h}^{-1}$
- 5/ Exprimer le vecteur accélération de la capsule dans le repère circulaire. $\vec{a} = r\ddot{\theta}\vec{u}_\theta - r\dot{\theta}^2\vec{u}_r$
- 6/ L’astronaute est placé dans la capsule parallèlement à \vec{u}_r . Pourquoi dit-on que la centrifugeuse permet de simuler les effets d’une forte accélération? Quelle composante de l’accélération faut-il alors considérer? **L’astronaute subit une accélération suivant $-\vec{u}_r$, comme s’il était accéléré vers le centre de rotation, avec une accélération $-r\dot{\theta}^2$.**
- 7/ **BONUS** - On mesure l’accélération en g . Combien de fois l’accélération terrestre fait l’accélération subie par l’astronaute dans la direction de \vec{u}_r ? $a_r = -r\dot{\theta}^2 = 243 \text{ m.s}^{-2} = 25 g$. **L’astronaute peut subir jusqu’à 25 fois l’accélération terrestre.**