Université Libre de Bruxelles

Année Académique 2021-2022 *Session de août*

Physique Appliquée aux Sciences de la Vie PHYSG-1101 et PHYSG-1103
Titulaires: Antonin Rovai et Vincent Wens

BA1 en Sciences Biomédicales et Médecine Vétérinaire

Examen

Nom:

Prénom:

Matricule:

Section:

Q1: /10	Q2: /11	Q3: /11	Q4: /8

Instructions:
L'usage de document n'est pas autorisé. L'examen dure 2 heures et 15 minutes. Il y a 4 questions. Vous êtes responsables de vérifier que cet examen comporte bien 10 pages. Vous n'êtes pas autorisés à dégraffer les pages de l'examen. Vous êtes autorisés à utiliser une calculatrice (pas de smartphone). Un aide-mémoire vous est fourni à la fin de ce document. Justifiez bien toutes vos réponses.
Les valeurs numériques peuvent être arrondies au 2e chiffre significatif. Sauf indication contraire, tous les résultats numériques doivent être exprimés dans les unités du Système International. Vous pouvez prendre $g = 10m/s^2$ et $\rho_0 = 1000kg/m^3$.
Lorsqu'il vous est demandé de dessiner une force sur un schéma, on demande que la direction et le sens soient le plus précis possible, mais la norme ne doit pas nécessairement être à l'échelle.
Veuillez répondre à chaque question dans l'espace prévu à cet effet après chaque énoncé. S'il vous manque de la place, vous pouvez faire référence au verso d'une des feuilles d'examen pour indiquer où se trouve votre réponse. Veillez à indiquer *très clairement* si vous recourez à ce système. Enfin, le verso des feuilles d'examen peut-être également utilisé comme brouillon pour vos calculs et raisonnements.
Note finale: Le nombre total de points, sur les 4 questions, s'élève à 40 points. Le nombre de points obtenus est rapporté sur 20, et la note de l'examen est alors obtenue en arrondissant à l'entier le plus proche.

QUESTION 1: *(10 points)*

On considère le problème en 3 dimensions suivant: un petit projectile est tiré depuis un point au sol que l'on note O, avec une vitesse initiale $\vec{v}_0$. En utilisant les coordonnées telles que sur la figure 1, le vecteur $\vec{v}_0$ est dans le plan x, z, et on note θ l'angle qu'il fait avec l'axe des z. Un peu plus loin, à une distance d de O le long de l'axe x, passe une ligne de chemin de fer, les rails étant dans le plan x, y et parallèles à l'axe des y. Un train, que nous assimilons à un corps ponctuel, se déplace dans la direction des y décroissants avec une vitesse $\vec{V}$ constante. Le projectile est lancé au moment où le train passe au point de coordonnée $y = Y_0$ avec $Y_0 > 0$.

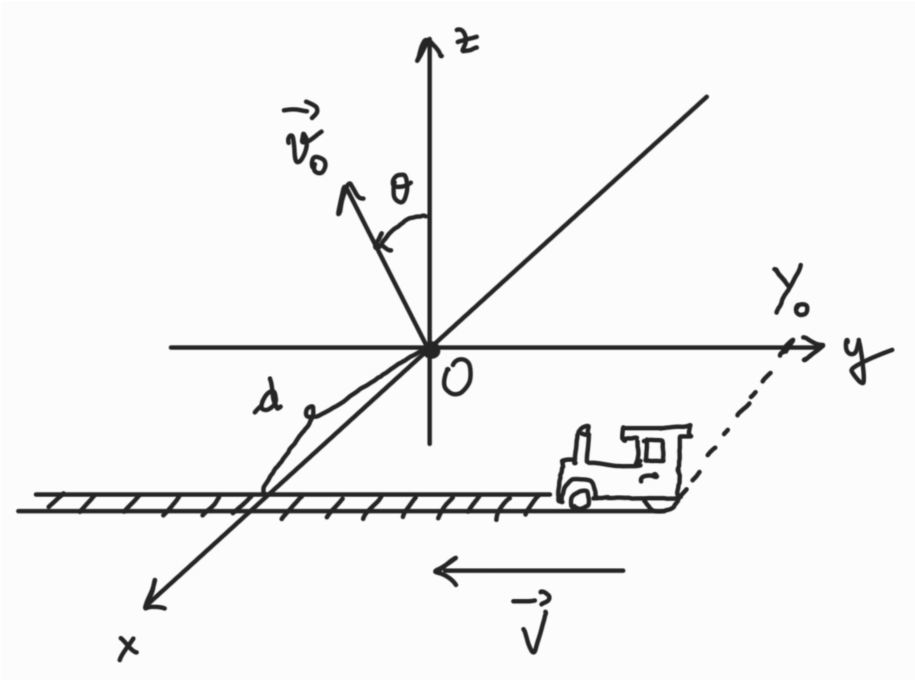

Figure 1: Un projectile est lancé depuis le point O vers un train en mouvement. Les rails sont parallèles à l'axe des y.

On néglige les forces de frottement dans ce problème, et on utilise les axes x, y et z tels que sur la figure 1. Le but de cette question est de déterminer v_0 et θ de façon à ce que le projectile intercepte le train.

1. (1pt) Exprimer les composantes suivant x, y et z du vecteur d'accélération gravitationnelle $\vec{g}$ en fonction de g.

2. (1pt) Exprimer les composantes suivant x, y et z de la vitesse initiale $\vec{v}_0$ en fonction de v_0 et θ.

3. (1pt) On note $x_{\mathrm{P}}(t)$, $y_{\mathrm{P}}(t)$ et $z_{\mathrm{P}}(t)$ les coordonnées de la position du projectile au temps t. Que valent ces composantes en fonction des paramètres du problème, pour n'importe quelle valeur de t?

4. (1pt) Même question que ci-dessus, mais avec les coordonnées x_{T}, y_{T} et z_{T} du train.

5. (4pt) On note $t_\star$ le temps auquel l'impact a lieu. Déterminer $t_\star$, v_0 et θ en fonction de Y_0, V, d et g afin que la collision ait lieu.

6. (2pt) Application numérique: calculer v_0 et θ pour $d = 2m$, $V = 15km/h$ et $Y_0 = 5m$.

Question 2: *(11 points)*

On considère une tige rigide de masse négligeable de longueur L et on note A_1 et A_2 ses deux extrêmités. En A_1, une petite boule de taille négligeable et de masse m_1 est fixée, et de même en A_2 avec une boule de masse m_2. La tige est attachée au mur par une corde tendue et horizontale fixée en A_1, et s'appuie en A_2 sur le même mur. Le solide composé de la tige et des deux masses est supposé immobile, la tige formant un angle α avec la verticale. Voir figure 2 pour un récapitulatif.

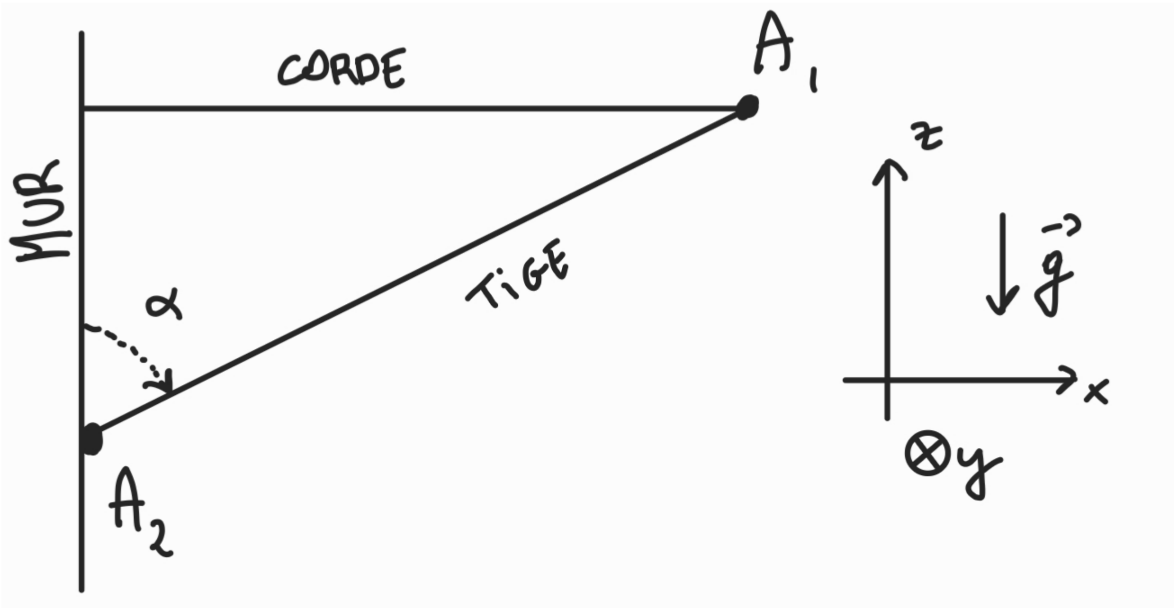

Figure 2: Deux masses sont reliées par une tige attachée au mur.

Afin de fixer les notations pour les forces, on utilisera $\vec{T}$ pour la force de la corde sur la tige, $\vec{N}$ la réaction du mur sur la tige, $\vec{P}_1$ et $\vec{P}_2$ pour les vecteurs de poids et $\vec{F}$ pour la force de frottement. On note comme toujours $\vec{g}$ le vecteur d'accélération gravitationnelle. On utilise de plus le système d'axes x, y et z tel que sur la figure 2.

1. (1pt) Représenter sur la figure 2 toutes les forces agissant sur ce système, en prenant soin de localiser les vecteurs en leur point d'application.

2. (5pt) Exprimer les composantes suivant x, y et z de ces forces en fonction de leur norme et de l'angle α.

3. (1pt) Déterminer le moment de force par rapport à A_2 de $\vec{T}$ en fonction de L, T et de l'angle α.

4. (1pt) Déterminer le moment de force par rapport à A_2 de $\vec{P_1}$ en terme de L, m_1 et de l'angle α.

5. (3pt) En utilisant les conditions d'équilibre appropriées, déterminer N, F et T en terme des paramètres du problème.

Question 3: *(11 points)*

On considère une bassine remplie d'eau dans laquelle deux blocs sont liés par une corde. Le bloc 1 a un volume $V_1 = 260cm^3$ et une densité volumique de masse $\rho_1 = 88kg/m^3$ et le bloc 2 a un volume $V_2 = 380cm^3$ et une densité volumique de masse $\rho_2 = 750kg/m^3$. Les deux blocs, moins denses que l'eau, ont tendance à flotter, mais le bloc 2 est attaché au fond de la bassine par une chaîne. Voir figure 3 pour un récapitulatif.

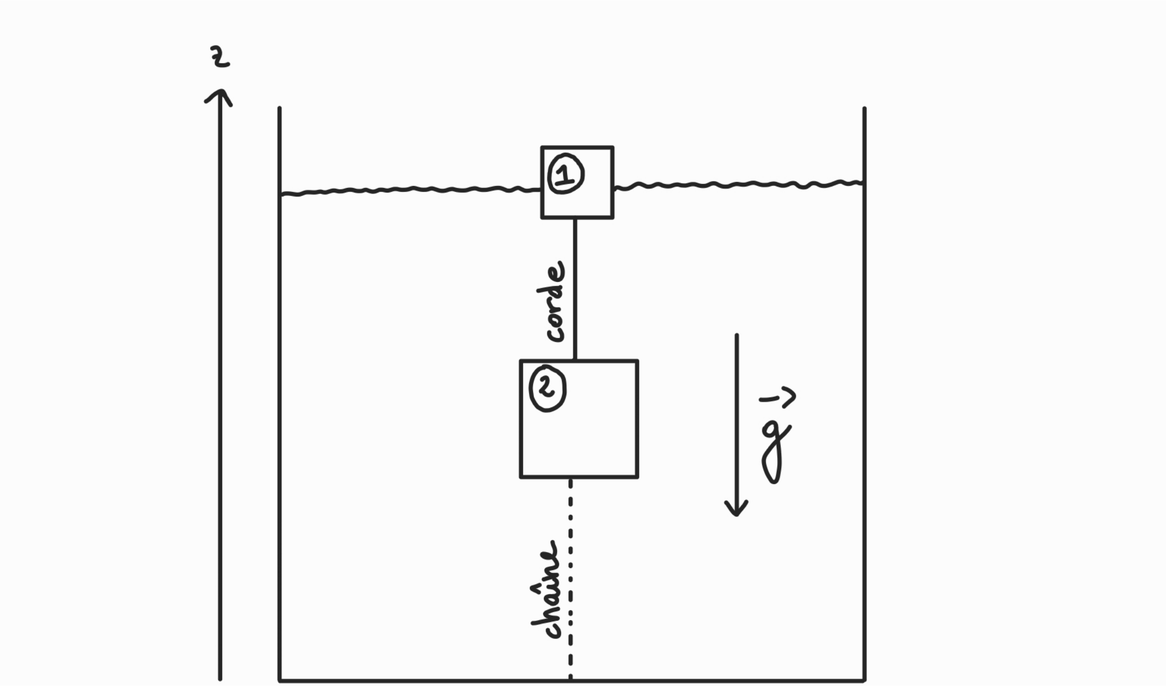

Figure 3: Deux blocs sont attachés ensemble par une corde tendue dans une bassine. Le bloc du dessous est attaché par une chaîne au fond de la bassine. Nous prenons l'axe des z comme indiqué sur la figure.

On suppose pour l'instant que 15% du volume du bloc 1 est immergé dans l'eau, que le bloc 2 est totalement immérgé que la corde et la chaîne sont tendues et que le système est à l'équilibre. On néglige de plus la masse de la corde ainsi que la masse de la chaîne.

1. (2pt) Calculer les masses M_1 et M_2 des blocs 1 et 2.

2. (3pt) En utilisant la loi de Newton appropriée pour le bloc 1, déterminer la valeur de la tension T_{corde} dans la corde. (Si vous ne trouver pas la réponse numérique, vous pouvez prendre $T_{corde} = 0.20N$ dans la suite.)

3. (3pt) En utilisant la loi de Newton appropriée pour le bloc 2, déterminer la valeur de la tension T_{chaine} dans la chaine.

On augmente maintenant progressivement le niveau de l'eau dans la bassine. On suppose de plus que la chaîne se brise si sa tension excède $550N$ tandis que la tension de la corde ne peut dépasser $140N$ sans se rompre.

4. (3pt) Peut-on complètement immerger le bloc 1 sans briser la chaine et sans rompre la corde? Si oui, démontrer pourquoi et si non, déterminer laquelle des deux cède en premier, et à quelle valeur du volume immergé du bloc 1 la rupture a lieu.

QUESTION 4: *(8 points)*

On considère un fluide parfait et incompressible, de densité ρ, dans une conduite verticale et ayant un rétrécissement à mi-parcours, voir figure 4. On repère différents points de l'écoulement par A, B et C: le rayon de la conduite en A et C est noté R et celui en B est noté r. On suppose que r est plus petit que R. On suppose également que l'écoulement est non-turbulent et satisfait à la loi de conservation de la masse. On note Q le débit à l'entrée de la conduite et z_A, z_B, z_C les coordonnées des points A, B et C en utilisant l'axe des z comme sur la figure 4. On considère que l'écoulement a lieu dans le sens descendant.

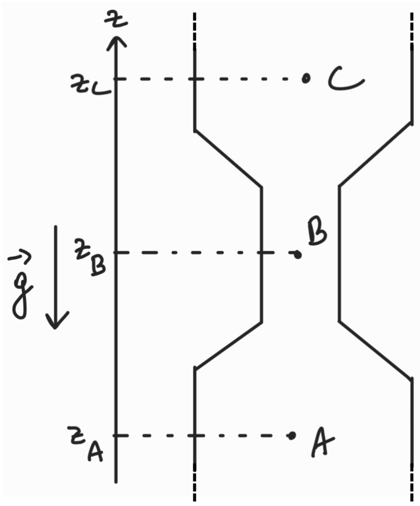

Figure 4: Un fluide s'écoule vers le bas dans une conduite de diamètre variable. On ne montre ici qu'une portion de la conduite, le système n'est pas ouvert à l'atmosphère.

Exprimez toutes vos réponses en fonction des paramètres du problème, à savoir r, R, z_A, z_B, z_C, Q et ρ.

1. (3pt) Que vaut la vitesse du fluide aux points A, B et C?

2. (2pt) Que vaut la différence de pression $p_B - p_C$?

3. (1pt) Que vaut la différence de pression $p_C - p_A$?

4. (2pt) Que doit valoir r pour que la pression en B et en C soit identique?

$$\frac{GM}{R_{\mathrm{T}}^2} = 10m/s^2 \qquad R_{\mathrm{T}} = 6400km \qquad 1\mathrm{atm} = 101325\mathrm{Pa}$$

$$\rho_0 = 1000kg/m^3 \qquad \|\vec{A}\| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} \qquad v_\ell = \sqrt{\frac{2GM}{r_0}}$$

$$g = 10m/s^2 \qquad \frac{\mathrm{d}\sin(ax)}{\mathrm{d}x} = a\cos(ax) \qquad \sin\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) = \cos\alpha$$

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z + p \qquad \sin(\pi - \alpha) = \sin\alpha \qquad \vec{a}_{\mathrm{c}} = -\omega^2\vec{r}$$

$$\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos\theta \qquad \|\vec{A}\times\vec{B}\| = AB\sin\theta \qquad F_f^{\max} = \mu N$$

$$\cos\alpha = \frac{\text{adjacent}}{H} \qquad Q = Av \qquad \int_a^b f'(x)\ \mathrm{d}x = f(b) - f(a)$$

$$P = \frac{\mathrm{d}E_{\mathrm{c}}}{\mathrm{d}t} \qquad \vec{F} = -\frac{GMm}{r^3}\vec{r} \qquad A = \pi R^2$$

$$\omega^2 = \frac{GM}{R^3} \qquad V = \frac{4}{3}\pi R^3 \qquad G = 6,67\ 10^{-11}Nm^2/kg^2$$

$$\vec{A}\times\vec{B} = (A_yB_z - A_zB_y, A_zB_x - A_xB_z, A_xB_y - A_yB_x)$$