

Université Claude Bernard - Lyon 1
UFR-STAPS

Année Universitaire 2014-2015

Contrôle Terminal CT (Session 2)

Janvier 2015

L2

Niveau	L2 (semestre 2)
Unité d'enseignement	3LTC4
Titre de l'enseignement	Biomécanique du mouvement
Nom du responsable du sujet	J. Bastien, P. Legreneur & V. Sevrez
Date de l'épreuve	06 Janvier 2015
Durée de l'épreuve	2 h.

Documents autorisés : OUI NON

IMPORTANT : Calculatrice interdite.

Sujet : Voir 5 pages suivantes, numérotées de 1/5 à 5/5

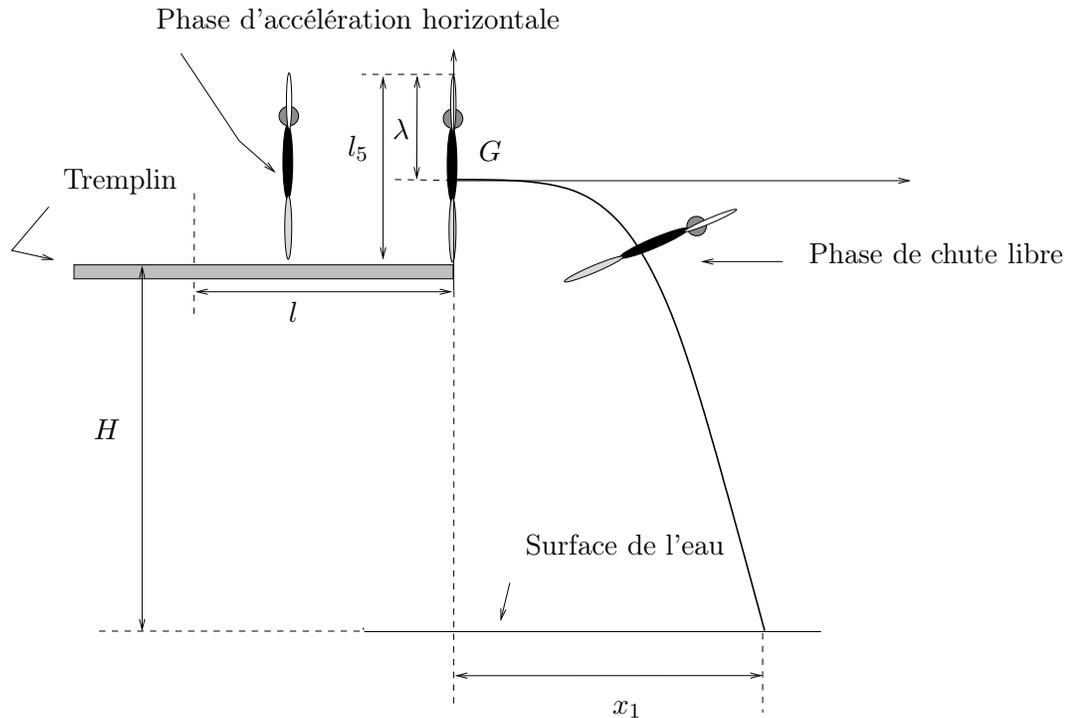
Exercice 1.

FIGURE 1. La situation générale du sportif qui exécute un plongeon.

Dans cet exercice, nous étudions le mouvement d'un sportif qui plonge en s'élançant d'un plongeur, comme représenté sur la figure 1.

L'ensemble des tableaux utilisés est regroupé en fin de sujet, dans l'annexe A page 5.

- (1) Dans cette question, nous étudions tout d'abord la phase où le sportif s'élançe sur la tremplin, partie horizontale du plongeur (notée « Phase d'accélération horizontale » sur la figure 1).
- (a) En supposant que son centre de gravité a un mouvement rectiligne uniformément accéléré d'accélération constante a_0 et que sa vitesse initiale est nulle, montrer que l'on a les lois horaires suivantes :

$$a(t) = a_0, \quad (1a)$$

$$v(t) = a_0 t, \quad (1b)$$

$$x(t) = \frac{1}{2} a_0 t^2 \quad (1c)$$

- (b) En déduire que s'il parcourt une distance l (voir figure 1) alors l'instant où il atteint la fin de la partie horizontale du plongeur est donné par

$$t = \sqrt{\frac{2l}{a_0}}, \quad (2a)$$

et la norme de la vitesse finale est égale à

$$v_0 = \sqrt{2la_0}. \quad (2b)$$

(c) Pour les valeurs numériques suivantes,

$$l = 5.00, \quad a_0 = 0.1958. \quad (3)$$

on donne la valeur de v_0 :

$$v_0 = 1.3994. \quad (4)$$

Caractériser le vecteur vitesse à cet instant.

(2) On étudie maintenant la phase de chute libre qui s'étend du moment où il quitte le plongeur jusqu'à celui où il touche l'eau (notée « Phase de chute libre » sur la figure 1).

(a) À partir des données anthropométriques du gymnaste (taille $L = 1.70$ m et masse $M = 65$ kg) et du tableau 1 page 5, démontrer comment ont été calculées les valeurs des cases soulignées du tableau 3.

(b)

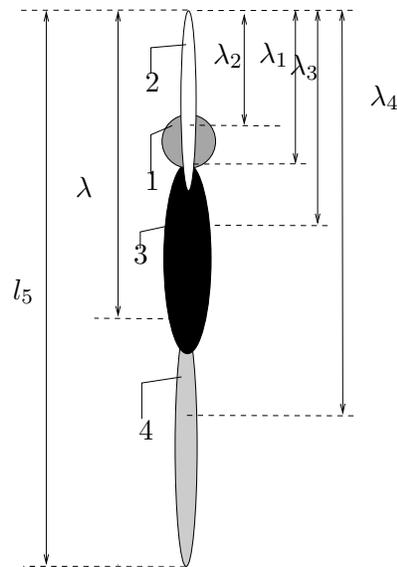


FIGURE 2. Le gymnaste en position verticale et les centres de gravité des segments repéré par les longueurs λ_i et le centre de gravité total repéré par la longueur λ . La distance l_5 est la distance totale entre les extrémités distales du membre supérieur et du membre inférieur.

On repère le centre de gravité G_i de chacun des 4 segments, numérotés de 1 à 4, par la distance λ_i entre l'extrémité distale du membre supérieur et G_i . Voir figure 2. À partir du tableau 2 page 5, démontrer comment ont été calculées les valeurs des cases soulignées du tableau 4.

(c) On appelle λ la distance entre l'extrémité distale du membre supérieur et G , le centre de gravité du corps, considéré comme vertical tendu et rigide (les bras au dessus de la tête¹) au début de la chute libre. Montrer que

$$\lambda = 1.092 \text{ m} \quad (5)$$

1. C'est le même sportif qui a déjà effectué un soleil autour de la barre pour le CCF2, mais qui a échoué!

- (3) (a) En utilisant les résultats de la question 1c, montrer qu'au début de la chute libre, la vitesse \vec{v}_0 du centre de gravité du gymnaste fait un angle $\alpha = 0$ avec l'horizontale et que sa norme est donnée par (4).
- (b) Établir alors les équations horaires de la trajectoire du centre de gravité du gymnaste lors de la chute libre. L'origine du repère est placée au centre de gravité au début de la chute libre comme l'indique la figure 1. On montrera en particulier que l'on a

$$x(t) = v_0 t, \quad (6a)$$

$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2. \quad (6b)$$

- (c) On appelle H la hauteur entre la partie supérieure du tremplin et la surface de l'eau (voir figure 1). Quelle est la distance verticale entre le centre de gravité du sportif au début de la chute de la chute libre et la surface de l'eau ?
- (d) En déduire que le centre de gravité du sportif touche l'eau à l'instant t_1 donné par

$$t_1 = \sqrt{2\frac{H + l_5 - \lambda}{g}} = 1.501. \quad (7)$$

- (e) Quelle est la distance horizontale entre le centre de gravité du sportif au début de la chute de la chute libre et son point d'impact à la surface de l'eau ?
- (4) Caractériser la vitesse du gymnaste à l'instant t_1 .
- (5) (a) Pendant la chute libre, la posture du corps du gymnaste reste tendu et rigide, les bras au dessus de la tête. On note ω sa vitesse angulaire et I son moment d'inertie, supposé constant. Quelle est l'expression de l'énergie mécanique totale du gymnaste ?
- (b) En utilisant (6b) ainsi que les coordonnées de $v(t)$, démontrer qu'à tout instant t , le carré de la norme de la vitesse est donné par

$$V^2 = v_0^2 - 2yg. \quad (8)$$

- (c) On supposera que le sportif est un système isolé. En déduire, en utilisant le résultat de la question 5a que

$$\omega = \omega_0, \quad (9)$$

où ω_0 est la vitesse angulaire du sportif au début de la chute libre.

- (d) Déterminer alors ω_0 pour que le corps du gymnaste ait tourné entre le début du mouvement et l'instant t_1 d'un angle égal à

$$\gamma = (90 - \beta) + 2 \times 360^\circ, \quad (10)$$

où l'angle β , l'angle entre la vitesse de son centre de gravité et l'horizontale est donné par

$$\beta = -84.570^\circ. \quad (11)$$

Vous montrerez que

$$\omega_0 = 1.656 \text{ tour s}^{-1}. \quad (12)$$

- (e) Conclure en montrant qu'avec cette valeur, au moment de l'impact dans l'eau, le corps du gymnaste rentre dans l'eau avec un angle égal à celui que fait la vitesse de son centre de gravité avec l'horizontale. Quel en est l'intérêt ?

- (6) (a) Si vous pratiquez ce sport, est-ce que la modélisation et les hypothèses faites (notamment, corps rigide, tendu, à rotation constante, équation (12)) vous paraissent convenables.
- (b) Pouvez-vous, le cas échéant, les améliorer, en vous appuyant sur votre propre expérience ?

Exercice 2.

Roger, un plongeur des Hommes grenouilles de Champagne-Reims part plonger à Vodelée. Il pèse 85 kg pour un volume de 90 l. Il porte une combinaison de 8 mm et de masse 4 kg pour un volume de 8 l. Son bloc pèse 18 kg pour un volume de 14 l. On suppose que la densité de l'eau est donnée par

$$d = 1. \quad (13)$$

Il rentre dans l'eau de la façon suivante :

- il se met à l'eau ;
- on lui passe sa ceinture de plombs de 5 kg et de volume 0 l (volume négligeable) ;
- on lui passe son équipement photo de masse 6 kg et de volume 2 l.

On considère que tout le reste de son équipement a une flottabilité négligeable.

- (1) Déterminer pour chacune de ces étapes la masse réelle et la masse apparente et conclure sur l'équilibre de Roger.
- (2) Qu'arrivera-t' il à Roger s'il prête son appareil à son binôme au palier pour être pris en photo ?
- (3) Pourquoi ce lestage ne convient-il pas ? Donner deux explications et une façon d'y remédier.

Corrigé

Un corrigé sera disponible sur <http://utbmjb.chez-alice.fr/UFRSTAPS/index.html>

Annexe A. Ensemble des tableaux

segment	numéro i	m_i/M	l_i/L
tête et cou	1	0.081	0.182
membre supérieur	2	0.100	0.440
tronc	3	0.497	0.288
membre inférieur	4	0.322	0.530

TABLE 1. Rapports masse segment/masse corps (m_i/M) et rapports longueur segment/taille (l_i/L). Attention, les masses des segments doubles ont été doublées.

segment	numéro i	Distance CM/longueur l_i (proximales)	Distance CM/longueur l_i (distales)
tête et cou	1	1.000	0.000
membre supérieur	2	0.530	0.470
tronc	3	0.500	0.500
membre inférieur	4	0.447	0.553

TABLE 2. Rapport de la longueur entre l'extrémité et le centre de gravité/ l_i (proximales et distales)

segments	numéro i	m_i	l_i
tête et cou	1	<u>5.265</u>	0.309
membre supérieur	2	6.500	<u>0.748</u>
tronc	3	32.305	0.490
membre inférieur	4	20.930	0.901
total (corps tendu)	5	65.000	<u>2.139</u>

TABLE 3. Masses (m_i , en kg) et longueurs (l_i , en m.) des segments utilisés.

segment	numéro i	distance λ_i
tête et cou	1	0.439
membre supérieur	2	<u>0.352</u>
tronc	3	0.993
membre inférieur	4	<u>1.640</u>

TABLE 4. Distances λ_i entre l'extrémité distale du membre supérieur et G_i .