Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + SI, veuillez visiter :
bac-maths-si.fr/annales-sujets-et-corriges

Bac 2022 Septembre Jour 1 Sciences physiques pour les Sciences de l'ingénieur.e
Métropole EXERCICE A – étude d'une frappe au football (10 points)
Durée : 30 min Correction © https://labolycee.org

Mots-clés : deuxième loi de Newton ; chute libre

Données : − accélération de pesanteur : g = 9,81 m.s^{-2}.

Le ballon est immobile au sol avant la frappe. Dans un premier temps on se place dans le cadre du modèle de la chute libre.

Q1. Effectuer un bilan des forces exercées sur le système {ballon} avant et après la frappe, en réalisant deux schémas sur lesquels figurent les vecteurs force, vitesse et accélération.

On assimile le ballon a un objet ponctuel.

AVANT LA FRAPPE

Bilan des forces

Réaction du sol $\vec{R}$

Poids $\vec{P}$

Ballon immobile dans le référentiel du sol

D'après le principe d'inertie, si $\vec{v} = \vec{0} = \overrightarrow{Cte}$ alors $\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$, soit $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$

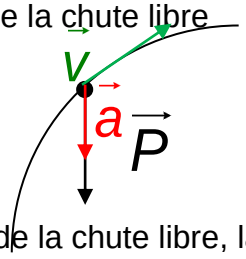
vitesse : $\vec{v} = \vec{0} = \overrightarrow{Cte}$

accélération :

$\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt} = \vec{0}$

APRÈS LA FRAPPE

Modèle de la chute libre



Par définition de la chute libre, la balle n' est soumise qu'à son poids.

$\vec{v}$ est tangent à la trajectoire

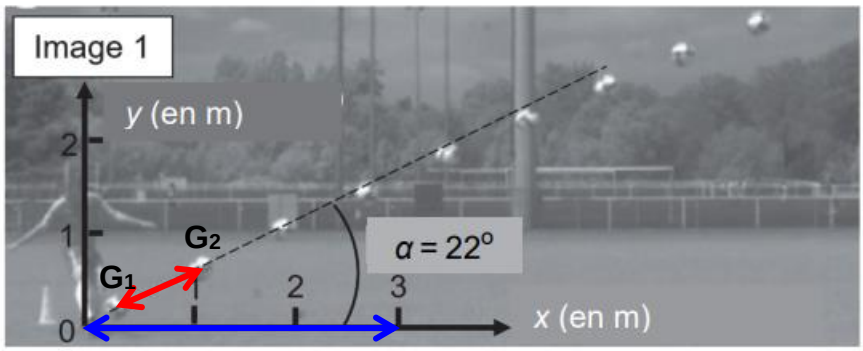
D'après la deuxième loi de Newton $\vec{P} = m.\vec{a}$

$m.\vec{g} = m.\vec{a}$ donc $\vec{a} = \vec{g}$

$\vec{a}$ est donc vertical orienté vers le bas

Q2. Déterminer, à l'aide de l'image 1, la valeur de la norme de la vitesse initiale. Commenter.

Pour l'image 1, l'intervalle de temps est de 40 ms. Pour l'image 2, l'intervalle de temps est de 33 ms et fait intervenir 106 photographies entre la frappe et le rebond.



$v_0 = \dfrac{G_1G_2}{t_1 - t_0}$

Il faut déterminer l'échelle des distances sur l'image 1.

Sur l'axe des abscisses, 4,2 cm représentent une distance de 3,0 m.

G_1G_2 mesure 1,3 cm soit en réalité $\dfrac{3,0 \times 1,3}{4,2}$ = 0,93 m

$v_0 = \dfrac{0,93 \text{ m}}{40 \text{ ms}} = \dfrac{0,93 \text{ m}}{40 \times 10^{-3} \text{ s}}$ = 23 m.s^{-1}, en multipliant par 3,6 on obtient une vitesse de 84 km.h^{-1} ce qui semble réaliste.

Autre méthode : En position G_2, t = 40 ms = 0,040 s et x = 1 m or $x = v_0.\cos\alpha.t$ donc $v_0 = \dfrac{x}{\cos\alpha.t}$

$v_0 = \dfrac{1}{\cos 22 \times 0{,}040}$ = 27 m.s^{-1}

$a_x = 0$	$a_y = -g$
$v_x = v_0 . \cos(\alpha)$	$v_y = v_0 . \sin(\alpha) - g . t$
$x = v_0 . \cos(\alpha) . t$	$y = v_0 . \sin(\alpha) . t - \frac{1}{2} g . t^2$

Tableau 1. Expressions des composantes des vecteurs position, vitesse et accélération. Dans le tableau, v_0 est la norme du vecteur vitesse à l'instant initial, α est l'angle du vecteur vitesse par rapport à l'horizontal et t est la durée avec, pour instant initial, la frappe.

Q3. Pour les expressions des composantes v_x et v_y fournies, interpréter qualitativement leur signe au cours du temps.

$v_x = v_0.\cos(\alpha)$ $v_x > 0$ le ballon se déplace toujours vers la droite

$v_y = v_0.\sin(\alpha) - g.t$

$v_y > 0$ si $v_0.\sin(\alpha) - g.t > 0$ donc si $v_0.\sin(\alpha) > g.t$, la balle monte.

Quand $v_0.\sin(\alpha) < g.t$ alors $v_y < 0$, la balle descend.

Q4. Toujours dans le cadre du modèle de la chute libre, déterminer la valeur de la durée écoulée entre la frappe et l'impact au sol.

On doit déterminer la durée t pour laquelle $y = 0$.

Il faut résoudre l'équation $y = v_0.sin(\alpha).t - \frac{1}{2}.g.t^2 = 0$

$t.\left(v_0.sin(\alpha) - \frac{1}{2}.g.t\right) = 0$

Deux solutions possibles, t = 0 s non retenue car date de départ de la balle et

$v_0.sin(\alpha) - \frac{1}{2}.g.t = 0$

$\frac{1}{2}.g.t = v_0.sin(\alpha)$

$t = \dfrac{2.v_0.sin(\alpha)}{g}$ *

$t = \dfrac{2 \times 23 \times sin(22°)}{9{,}81}$ = 1,8 s

```
2*23*sin(22)
9.81
                1.756565066E0
```

Q5. Toujours dans le cadre du modèle de la chute libre, on suppose que la frappe est effectuée par le gardien dans la surface de réparation avec le même angle α et la même vitesse initiale v_0 . Déterminer par un raisonnement quantitatif si le gardien est susceptible de marquer directement un but sans rebond.

Déterminons l'abscisse atteinte par la balle lorsqu'elle touche le sol.

$x(t) = v_0.\cos(\alpha).t$

$x(t = 1{,}8) = 23 \times \cos(22°) \times 1{,}7566 = 37$ m

```
1.756565066E0*23*cos(22)
                3.745915168E1
```

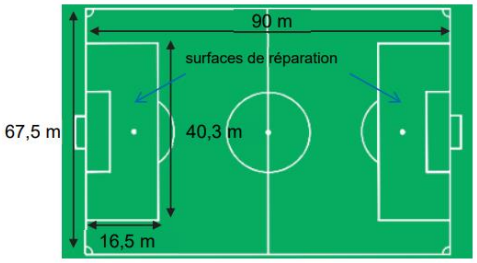


Figure 1. Dimensions d'un terrain de football

Si le gardien se place à la limite de la surface de réparation, le ballon doit parcourir horizontalement 90 –16,5 = 73,5 m.

Or il ne parcourt que 37 m, ainsi le gardien ne marque pas de but sans rebond.

Q6. Au regard de la chronophotographie de l'ensemble de la trajectoire (image 2), discuter de la pertinence du modèle choisi compte tenu de la distance du point d'impact d'une part et de la durée du vol du ballon entre l'instant de la frappe et celui de l'impact.

Pour l'image 1, l'intervalle de temps est de 40 ms. Pour l'image 2, l'intervalle de temps est de 33 ms et fait intervenir 106 photographies entre la frappe et le rebond.

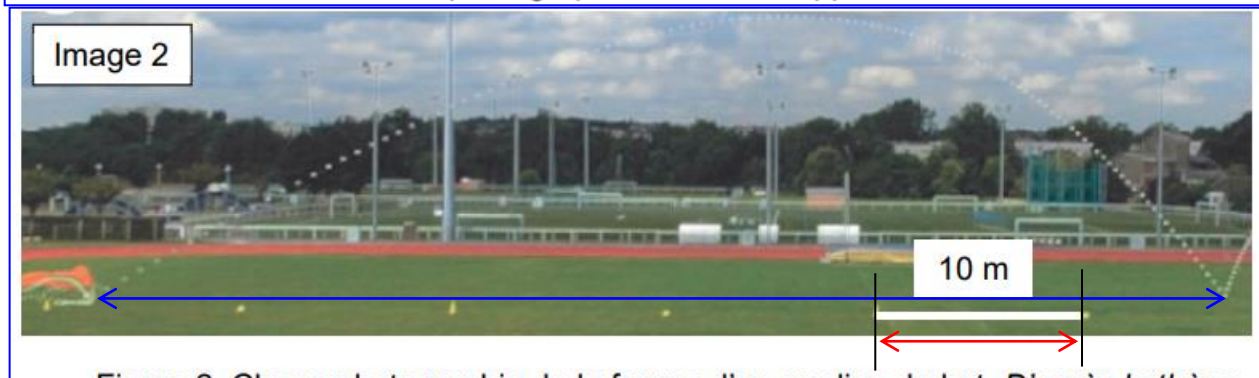


Figure 2. Chronophotographie de la frappe d'un gardien de but. *D'après la thèse de Caroline Cohen, La Physique du Sport*

- **Distance du point d'impact**

On détermine sur la figure 2, la distance réelle parcourue entre l'instant de la frappe et celui de l'impact au sol.

2,7 cm correspondent à 10 m

15 cm correspondent à d m

$$d = \frac{10m \times 15cm}{2,7cm} = 56m$$

Le point d'impact est situé à 56 m du point de frappe, or avec le modèle de chute libre nous avions déterminé une distance de 37 m.

Le modèle choisi n'est donc pas pertinent.

- **Durée du vol du ballon**

Il y a 106 photographies entre l'instant de la frappe et celui de l'impact, elles sont séparées d'une durée de 33 ms.

La durée de vol du ballon est de 106×33 ms = 3498 ms = 3,498 s

Avec le modèle, on a obtenu une durée de vol de 1,8 s donc bien inférieure à la réalité.

Là encore le modèle choisi n'est pas pertinent.

Effets d'un fluide sur le mouvement d'une sphère dans un champ de pesanteur

Une sphère en mouvement dans un fluide est ralentie du fait des frottements. Lorsqu'elle est animée d'une rotation sur elle-même, la sphère peut aussi faire l'objet d'un phénomène de portance. En plus d'être ralentie, elle est alors aussi partiellement « portée » par l'air.

La chronophotographie de l'image 1 met en évidence un mouvement de rotation du ballon sur lui-même estimé à 5 tours par seconde.

Q7. Proposer une interprétation à la valeur de la durée du temps de vol mesurée.

En reprenant le texte du sujet, on comprend que grâce à la rotation sur elle-même la balle a fait l'objet d'un phénomène de portance qui a allongé la durée du temps de vol.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.