

Chapitre 7 : travail et énergie

LE HOCKEY SUR GAZON (Amérique du Nord 2009 5 points)

Pratiqué depuis l'Antiquité sous le nom de « jeu de crosses », le hockey sur gazon est un sport olympique depuis 1908. Il se pratique sur une pelouse naturelle ou synthétique, de dimensions quasi identiques à celles d'un terrain de football. Chaque joueur propulse la balle avec une crosse ; l'objectif étant de mettre la balle dans le but. Dans cet exercice, on étudie le mouvement de la balle de centre d'inertie G et de masse m , dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Cette étude peut être décomposée en deux phases.

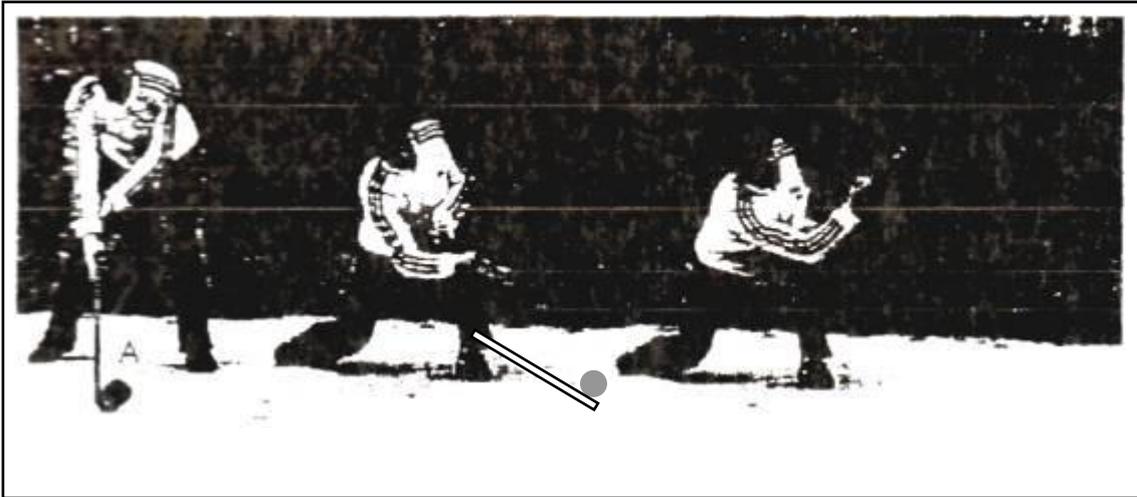


Figure 1

Figure 2

Figure 3

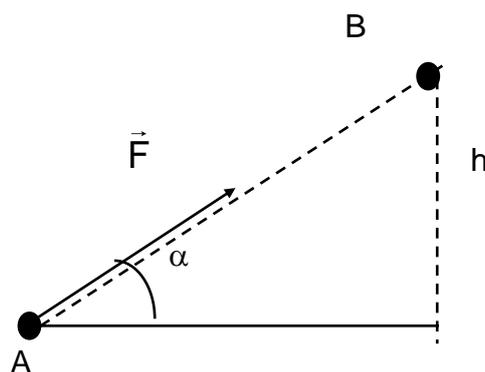


Figure 4

Les parties A, B et C sont indépendantes.

A - Première phase

Durant cette phase, on néglige toutes les actions liées à l'air ainsi que le poids de la balle.

1. La première phase est illustrée par les figures 1 et 2 représentées sur la photographie ci-dessus et schématisée par la figure 4.

Au point A, la balle est immobile. Entre les points A et B, elle reste en contact avec la crosse. La force \vec{F} exercée par la crosse sur la balle, supposée constante, est représentée sur la figure 4. Le segment AB représentant la trajectoire de la balle est incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale.

Données : - masse de la balle : $m = 160 \text{ g}$

- intensité du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

- 1.1. Énoncer la deuxième loi de Newton et l'appliquer à la balle lors de son trajet entre A et B.
- 1.2. Que peut-on dire de la nature du mouvement de la balle entre A et B ?
2. La force \vec{F} s'exerce pendant une durée $\Delta t = 0,11 \text{ s}$. La balle part du point A sans vitesse initiale et arrive en B avec une vitesse \vec{v}_B telle que $v_B = 14 \text{ m.s}^{-1}$.
 - 2.1. Donner l'expression du vecteur accélération en fonction du vecteur vitesse.
 - 2.2. Calculer la valeur de l'accélération du centre d'inertie de la balle entre les points A et B.
3. En utilisant les résultats obtenus en 1.1.2, calculer l'intensité de la force exercée sur la balle par la crosse. L'hypothèse concernant le poids de la balle est-elle



justifiée ?
B -
Deuxième phase
Au point B, la balle quitte la crosse à la date $t = 0$ avec

le vecteur vitesse \vec{v}_B contenu

dans le plan (xOz) ; c'est la deuxième phase du mouvement correspondant à la figure 3 de la photographie. On néglige toutes les actions liées à l'air.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G de la balle dans le champ de pesanteur supposé uniforme. Le système d'axes utilisé est représenté sur le schéma ci-dessous : l'axe Ox est

horizontal dirigé vers la droite et Oz est vertical et dirigé vers le haut. L'origine des axes est située à la verticale du point B telle que $OB = h = 0,40 \text{ m}$.

1. Trajectoire de la balle.

- 1.1. Donner l'expression des coordonnées v_{Bx} et v_{Bz} du vecteur vitesse \vec{v}_B de la balle à l'instant $t = 0 \text{ s}$, en fonction de v_B et de α .
- 1.2. Donner l'expression des coordonnées x_B et z_B du vecteur \vec{OB} de la balle au point B.
- 1.3. En appliquant la deuxième loi de Newton, on obtient les équations horaires suivantes :

$$\vec{a}_G \begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \quad \vec{v} \begin{cases} v_x = v_B \cdot \cos \alpha \\ v_z = v_B \cdot \sin \alpha - gt \end{cases}$$

Montrer que la valeur v_s de la vitesse de la balle au sommet S de la trajectoire est $v_s = 12 \text{ m.s}^{-1}$.

1.4. Montrer que les coordonnées du vecteur position \vec{OG} du centre d'inertie de la balle sont les suivantes :

$$\vec{OG} \begin{cases} x = (v_B \cdot \cos \alpha)t \\ z = h + (v_B \cdot \sin \alpha)t - \frac{1}{2}g \cdot t^2 \end{cases}$$

1.5. En déduire l'équation de la trajectoire de la balle.

2. La ligne de but est située à une distance $d = 15 \text{ m}$ du point O. La hauteur du but est $L = 2,14 \text{ m}$. On néglige le diamètre de la balle devant la hauteur du but.

2.1. Quelles conditions doivent satisfaire x et z pour que le but soit marqué ?

2.2. Vérifier que ces conditions sont bien réalisées.

C - Étude énergétique

Le même tir est réalisé du milieu du terrain à une distance du but supérieure à 15 m .

On rappelle les valeurs suivantes ; $OB = h = 0,40 \text{ m}$; $v_B = 14 \text{ m.s}^{-1}$; vitesse au sommet S de la trajectoire : $v_S = 12 \text{ m.s}^{-1}$. L'énergie potentielle de pesanteur $E_p(0)$ est choisie nulle à l'altitude $z = 0$.

1. Donner l'expression littérale de l'énergie potentielle de pesanteur EP puis celle de l'énergie mécanique EM de la balle en fonction de g , m , v et z .

2. Calculer l'énergie mécanique $EM(B)$ de la balle au point B.

3. Toutes les actions de l'air sont négligées.

3.1. Que peut-on dire de la valeur de l'énergie mécanique EM de la balle au cours de son mouvement ?

3.2. Exprimer l'altitude maximale z_{\max} que pourrait atteindre la balle au point S dans ces conditions, en fonction de EM, v_s , m et g .

Calculer la valeur de z_{\max} .