

Le rugby, sport de contact et d'évitement (Bac S - Liban - juin 2013)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie
© <http://b.louchart.free.fr>

1. Le rugby, sport de contact

1.1. Ces vitesses sont définies dans un référentiel terrestre.

1.2. système : {joueur A et joueur B}

- Notons $\vec{p}_i$ et $\vec{p}_f$ les quantités de mouvement du système, respectivement juste avant et juste après le choc.

Le système formé par les 2 joueurs est pseudo-isolé, donc il y a conservation de la quantité de mouvement de ce système.

Ainsi, $\vec{p}_f = \vec{p}_i$

- Déterminons les expressions de $\vec{p}_i$ et $\vec{p}_f$:

$$\vec{p}_i = m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B = m_A \vec{v}_A \quad \text{car } \vec{v}_B = \vec{0}$$

Juste après le choc, les 2 joueurs ont le même vecteur vitesse, que l'on notera $\vec{v}_f$.

La quantité de mouvement juste après le choc est donc : $\vec{p}_f = (m_A + m_B) \vec{v}_f$

- On peut ainsi obtenir l'expression de $\vec{v}_f$:

$$\vec{p}_f = \vec{p}_i \Rightarrow (m_A + m_B) \vec{v}_f = m_A \vec{v}_A \Rightarrow \vec{v}_f = \frac{m_A}{m_A + m_B} \cdot \vec{v}_A$$

et en déduire la valeur de la vitesse des deux joueurs juste après le choc :

$$v_f = \|\vec{v}_f\| = \frac{m_A v_A}{m_A + m_B} = \frac{115 \times 5,0}{115 + 110} = 2,6 \text{ m.s}^{-1}$$

2. Le rugby, sport d'évitement

2.1. Étude du mouvement du ballon

2.1.1.

- système : {ballon, assimilé à un objet ponctuel}
référentiel : terrestre, considéré galiléen

- bilan des forces extérieures appliquées au système :
 $\vec{P}$ son poids
 On néglige les forces dues à l'action de l'air.



- 2^{ème} loi de Newton :

Dans un référentiel galiléen, $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$

Or : $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{P}$

et : $\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \vec{a}$
 car m ne dépend pas de t

$$\Rightarrow \vec{P} = m \vec{a}$$

$$\Rightarrow m \vec{g} = m \vec{a}$$

$$\Rightarrow \vec{a} = \vec{g}$$

$$\vec{a} \left| \begin{array}{l} a_x \\ a_y \end{array} \right. = \vec{g} \left| \begin{array}{l} 0 \\ -g \end{array} \right. \Rightarrow \vec{a} \left| \begin{array}{l} a_x \\ a_y \end{array} \right. = \left| \begin{array}{l} 0 \\ -g \end{array} \right.$$

2.1.2.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow \vec{v} \left| \begin{array}{l} v_x \\ v_y \end{array} \right. = \left| \begin{array}{l} C_1 \\ -gt + C_2 \end{array} \right.$$

$$\text{Or } \vec{v}(t=0 \text{ s}) \left| \begin{array}{l} C_1 \\ C_2 \end{array} \right. = \vec{v}_0 \left| \begin{array}{l} v_0 \cos \alpha \\ v_0 \sin \alpha \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} C_1 = v_0 \cos \alpha \\ C_2 = v_0 \sin \alpha \end{array} \right.$$

$$\text{Donc } \vec{v}(t) \left| \begin{array}{l} v_x \\ v_y \end{array} \right. = \left| \begin{array}{l} v_0 \cos \alpha \\ -gt + v_0 \sin \alpha \end{array} \right.$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt} \Rightarrow \vec{OM} \left| \begin{array}{l} x \\ y \end{array} \right. = \left| \begin{array}{l} (v_0 \cos \alpha)t + C_4 \\ -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin \alpha)t + C_6 \end{array} \right.$$

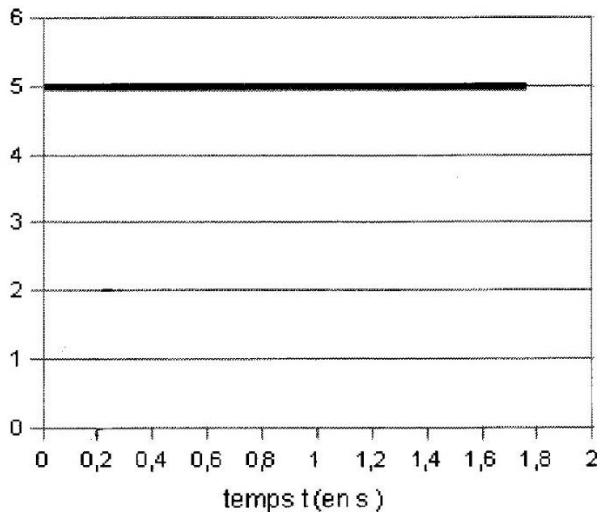
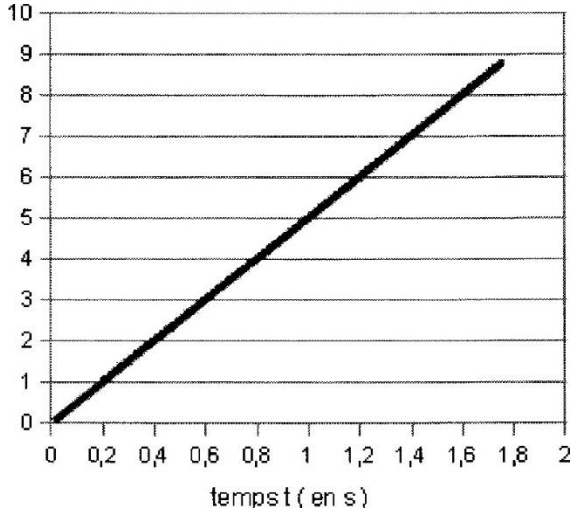
$$\text{Or } \vec{OM}(t=0 \text{ s}) \left| \begin{array}{l} C_3 \\ C_4 \end{array} \right. = \vec{OM}_0 \left| \begin{array}{l} 0 \\ 0 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} C_3 = 0 \\ C_4 = 0 \end{array} \right.$$

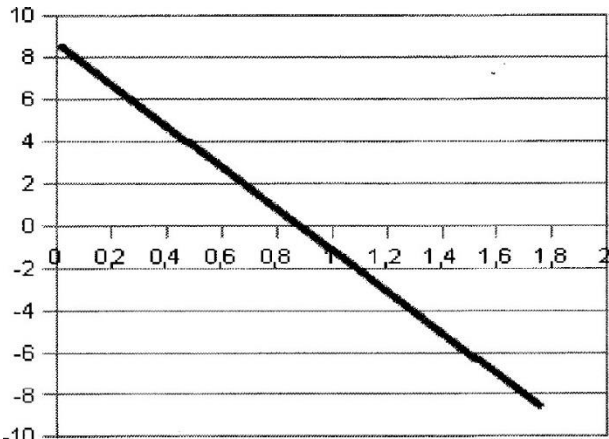
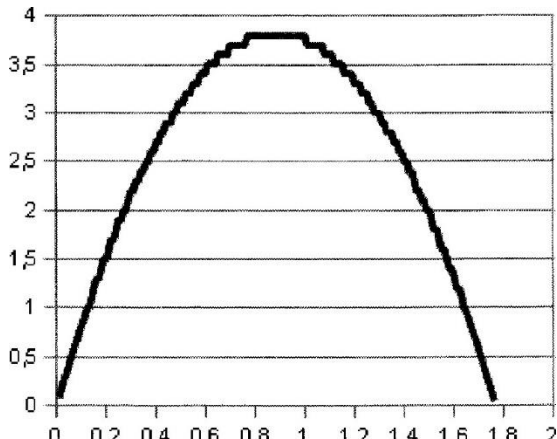
Donc $\overrightarrow{OM}(t) \left| \begin{array}{l} x = (v_0 \cos \alpha) t \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin \alpha) t \end{array} \right.$

2.1.3. $x = (v_0 \cos \alpha) t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$

$$\Rightarrow y = -\frac{1}{2}g \frac{x^2}{(v_0 \cos \alpha)^2} + (v_0 \sin \alpha) \times \frac{x}{v_0 \cos \alpha} = -\frac{g}{2(v_0 \cos \alpha)^2} x^2 + (\tan \alpha) x$$

2.1.4.

	
Équation : $v_x(t) = v_0 \cos \alpha$ Justification : La courbe est une droite horizontale. Or il n'y a que $v_x = f(t)$ qui est une fonction constante.	Équation : $x(t) = (v_0 \cos \alpha) t$ Justification : La courbe est une droite passant par l'origine, et qui n'est pas horizontale. Or il n'y a que $x = f(t)$ qui est une fonction linéaire non constante.

 temps t (en s)	 temps t (en s)
Équation : $v_y(t) = -g \cdot t + v_0 \sin \alpha$ Justification : La courbe est une droite qui ne passe pas par l'origine et qui n'est pas horizontale. Or il n'y a que $v_y = f(t)$ qui est une fonction affine non linéaire et non constante.	Équation : $y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin \alpha)t$ Justification : La courbe est un arc de parabole d'axe parallèle à celui des ordonnées. Or il n'y a que $y = f(t)$ qui est du type $f(t) = at^2 + bt + c$, avec $c \neq 0$

2.2. Une « chandelle » réussie

2.2.1. Notons t_1 l'instant auquel le ballon retombe à son altitude initiale.

$$\Rightarrow y(t_1) = 0$$

$$\Rightarrow -\frac{1}{2}gt_1^2 + (v_0 \sin \alpha)t_1 = 0$$

$$\Rightarrow t_1 \times \left(-\frac{1}{2}gt_1 + v_0 \sin \alpha \right) = 0$$

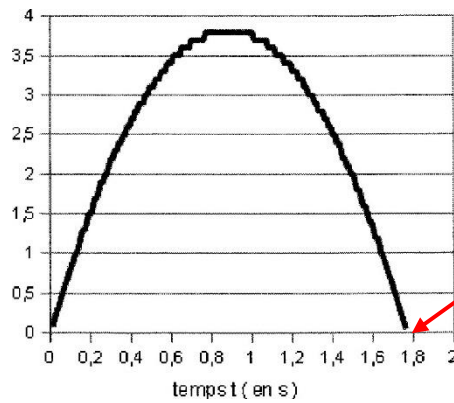
La solution $t_1 = 0$ s n'est pas à retenir car cet instant correspond à celui où le joueur de rugby a frappé le ballon, au début de la chandelle.

$$\Rightarrow -\frac{1}{2}gt_1 + v_0 \sin \alpha = 0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}gt_1 = v_0 \sin \alpha$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 \times 10,0 \times \sin 60}{9,81} = 1,8 \text{ s}$$

Vérifions la valeur obtenue sur le graphe $y = f(t)$:



Sur le graphique $y = f(t)$, on vérifie que le ballon retombe à son altitude initiale ($y = 0$) au bout d'une durée voisine de 1,8 s.

2.2.2. 1^{ère} méthode :

Considérons que le joueur court à vitesse constante.

Pendant la durée $\Delta t = t_1 - 0 = t_1$ de la chandelle, le joueur doit parcourir la distance

$$d = x(t_1) - x(t=0) = (v_0 \cos \alpha) t_1$$

On en déduit la valeur de la vitesse du joueur :

$$v_1 = \frac{d}{\Delta t} = \frac{(v_0 \cos \alpha) t_1}{t_1} = v_0 \cos \alpha = 10,0 \times \cos 60 = 5,0 \text{ m.s}^{-1}$$

2^{ème} méthode :

Dans les conditions de l'exercice, la chandelle sera réussie si la composante v_{1x} du vecteur vitesse du joueur est égale à la composante v_x du vecteur vitesse du ballon.

$$v_{1x} = v_0 \cos \alpha$$

La valeur de la vitesse du joueur est alors :

$$v_1 = \sqrt{v_{1x}^2 + v_{1y}^2} = \sqrt{(v_0 \cos \alpha)^2 + 0^2} = v_0 \cos \alpha = 10,0 \times \cos 60 = 5,0 \text{ m.s}^{-1}$$