Le badminton, un sport dans le vent
(Bac S – Afrique - juin 2018)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

1. Première approche

1.1.

- système : {volant de badminton}
  référentiel : terrestre, considéré galiléen

- bilan des forces extérieures appliquées au système :
  $\vec{P}$ son poids
  $\vec{F}$ la force de traînée

Le volant est, en plus de son poids, soumis à une autre force, donc il n'est pas en chute libre.

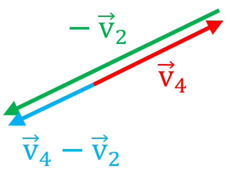
1.2.

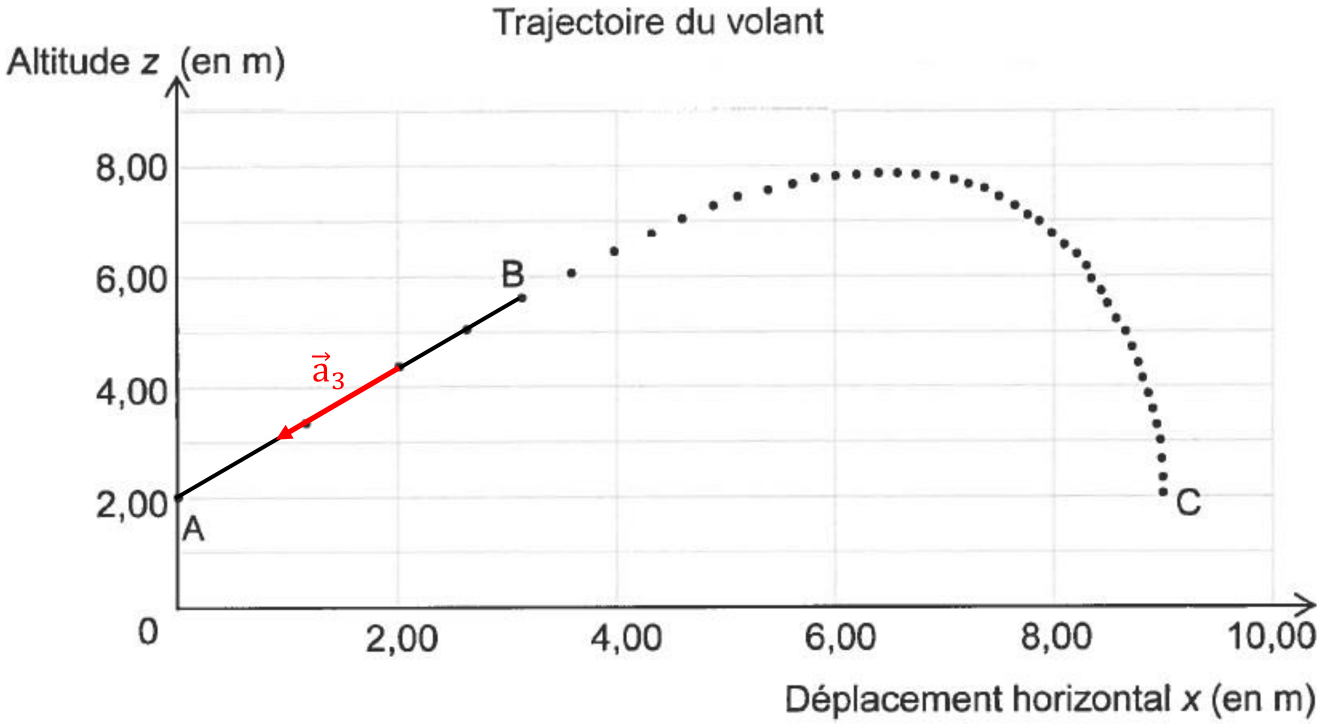
- Entre A et B, la trajectoire peut être considérée comme un segment de droite $\Rightarrow$ le mouvement est rectiligne.
  Le volant parcourt des distances de plus en plus petites pendant des durées égales $\Rightarrow$ le mouvement est ralenti.
  Finalement, entre A et B, le mouvement est, en 1ère approximation, rectiligne ralenti.

- $\vec{a}\,(\,t = 100 \text{ ms}) \;=\; \vec{a}_3 \;=\; \dfrac{\vec{v}_4 - \vec{v}_2}{t_4 - t_2} \;=\; \dfrac{\vec{v}_4 - \vec{v}_2}{2\Delta t}$

  Le mouvement est rectiligne, donc $\vec{v}_2$ et $\vec{v}_4$ ont pour direction la droite (AB) et vont de A vers B.
  Le mouvement est ralenti, donc $v_4 < v_2$

  On en déduit les caractéristiques demandées :
  direction de $\vec{a}_3$: celle de $\vec{v}_4 - \vec{v}_2$, donc la droite (AB)
  sens de $\vec{a}_3$: celui de $\vec{v}_4 - \vec{v}_2$, donc vers A





1.3.

- D'après la 2[ème] loi de Newton, dans un référentiel galiléen, $\Sigma\ \vec{F}_{ext} = \dfrac{d\vec{p}}{dt}$

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

  et : $\dfrac{d\vec{p}}{dt} = \dfrac{d(m\ \vec{v}_G)}{dt} = m\ \dfrac{d\vec{v}_G}{dt} = m\ \vec{a}_G$

  car m ne dépend pas de t

  $\Rightarrow\ \vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}_G$

- $\vec{P}$ est vertical vers le bas.
  $\vec{F}$ s'oppose au mouvement du volant dans l'air : $\vec{F}$ est donc selon (AB) et dirigée vers A.

  Si P n'était pas faible par rapport à F, $m\vec{a}_G$ ($= \vec{P} + \vec{F}$) ne serait pas dirigé selon la droite (AB).
  Or $\vec{a}_G$ est en 1ère approximation dirigé selon (AB).
  On en déduit que P est faible par rapport à F.
  Ainsi, P n'est pas du même ordre de grandeur que F.

2. Étude énergétique du mouvement

2.1. Pour $t < 2{,}50$ s, z augmente au cours du temps, donc $E_{pp} = mgz$ aussi.
$\Rightarrow$ c'est la courbe 1 qui correspond à $E_{pp} = f(t)$.
$E_m = E_c + E_p = E_c + E_{pp}$, donc $E_m = f(t)$ correspond à la courbe 2.

On en déduit, par élimination, que c'est la courbe 3 qui est celle de $E_c = f(t)$.

2.2. À l'instant $t_B = 4\,\Delta t = 4\times50 = 200$ ms, d'après le graphique, $E_c = 2{,}0$ J.

Or $E_c = \dfrac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v^2 = \dfrac{2E_c}{m}$

On obtient alors :

$$v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2\times2{,}0}{5{,}0\times10^{-3}}} = 28\ \text{m.s}^{-1} = 28\times3{,}6\ \text{km.h}^{-1} = 1{,}0\times10^{2}\ \text{km.h}^{-1}$$

2.3. $W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B) = 5{,}0\times10^{-3}\times9{,}8\times(2{,}0-5{,}6) = -0{,}18$ J

$W_{AB}(\vec{P}) < 0$, donc le travail du poids est résistant.

2.4. L'énergie mécanique diminue au cours du temps car le volant est soumis à une force non conservative dont le travail est non nul.
La variation d'énergie mécanique est égale au travail des forces non conservatives.

3. L'expérience de Thomas Pesquet

3.1. Dans le référentiel lié à l'ISS, le volant est immobile.
Dans le référentiel géocentrique, le volant a un mouvement circulaire uniforme.

3.2.

- système : {volant, assimilé à un objet ponctuel}
  référentiel : géocentrique, considéré galiléen

- bilan des forces extérieures appliquées au système :
  $\vec{F}_{T/V}$ force gravitationnelle exercée par la Terre sur le volant
  On néglige les forces gravitationnelles dues aux autres astres.

- D'après la 2ème loi de Newton, dans un référentiel galiléen, $\Sigma\vec{F}_{ext} = \dfrac{d\vec{p}}{dt}$

Or $\dfrac{d\vec{p}}{dt} = \dfrac{d(m\vec{v})}{dt} = m\dfrac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$ *(où m est la masse du volant)*

car m ne dépend pas de t

$$\Rightarrow \vec{F}_{T/V} = m\vec{a} \Rightarrow m\vec{a} = -\frac{GM_Tm}{(R_T+h)^2}\vec{u}$$

(où $\vec{u}$ est le vecteur unitaire orienté du centre O de la Terre vers le volant
et h est l'altitude de l'ISS)

$$\Rightarrow \vec{a} = -\frac{GM_T}{(R_T+h)^2}\vec{u}$$

$$\Rightarrow \quad a = \frac{GM_T}{(R_T + h)^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}{(6380 \times 10^3 + 400 \times 10^3)^2} = 8,66 \text{ m.s}^{-2}$$

3.3. Dans le référentiel géocentrique, considéré galiléen,

✓ Pour le volant de masse m et de centre d'inertie G,

$$\vec{a}_G = -\frac{GM_T}{(R_T + h)^2}\,\vec{u} \qquad \text{(indépendant de m)}$$

✓ Pour l'astronaute de masse m' et de centre d'inertie G',

$$\vec{a}_{G'} = -\frac{GM_T}{(R_T + h)^2}\,\vec{u} \qquad \text{(indépendant de m')}$$

Donc l'astronaute et le volant ont le même vecteur accélération.
De plus, les conditions initiales étant les mêmes pour l'astronaute et le volant (l'astronaute lâche le volant sans vitesse initiale par rapport à lui), le volant et l'astronaute ont, indépendamment, le même mouvement dans le référentiel géocentrique.
Ainsi, dans le référentiel lié à l'astronaute, le volant est immobile : il reste près de l'astronaute, sans mouvement relatif par rapport à celui-ci.