CLASSE : Terminale	**EXERCICE 1** : commun à tous les candidats (10 points)
VOIE : ☒ Générale	**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ :** PHYSIQUE-CHIMIE
DURÉE DE L'EXERCICE : 1h45	**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒Oui « type collège »

EXERCICE 1 points de règlement au tennis de table (11 points)

1. Trajectoire d'une balle lors du lancer

Q.1.

Système {balle}
Référentiel terrestre supposé galiléen

D'après la deuxième loi de newton :

$$\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}$$
$$\vec{P} = m\vec{a}$$
$$m\vec{g} = m\vec{a}$$
$$\vec{g} = \vec{a}$$

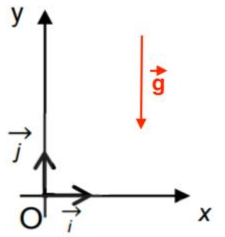


Figure 1 : repère d'étude du mouvement de la balle

Or

$$\vec{g}\begin{vmatrix} 0 \\ -g \end{vmatrix}$$

Le vecteur accélération du centre d'inertie du solide est égal au vecteur champ de pesanteur.

$$\boxed{\vec{a}\begin{vmatrix} a_{x(t)} = 0 \\ a_{y(t)} = -g \end{vmatrix}}$$

Q.2.

La figure 2 montre que la balle à un mouvement assimilable à un mouvement sur l'axe oy uniquement.
La vitesse étant tangente à la trajectoire, on peut dire que la norme du vecteur vitesse de la balle v(t) est assimilable à la valeur de sa composante verticale V_y.

Figure 2 : chronophotographie du mouvement de la balle

Q.3.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$
$$a_{y(t)} = \frac{dv_{y(t)}}{dt}$$

On intègre a_y :

$$v_{y(t)} = -gt + C_1$$

Pour trouver les constantes, on utilise $\vec{v}_0$

$$\vec{v}_0\begin{vmatrix} v_{0x} = 0 \\ v_{0y} = v_0 \end{vmatrix}$$

d'où

$$\boxed{v_{y(t)} = -gt + v_0}$$

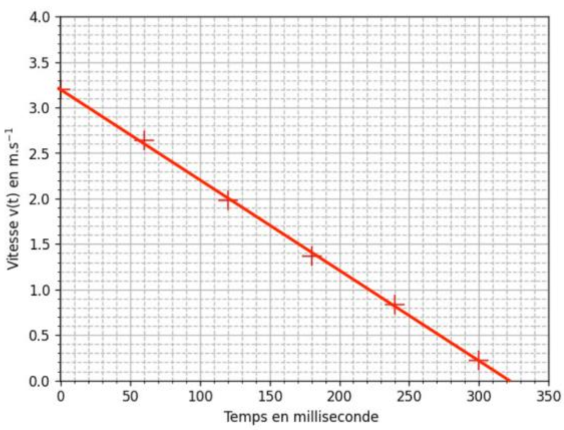


Figure 3 : évolution de la valeur de la vitesse de la balle en fonction du temps

Q.4.

$v_{y(t)} = -gt + v_0$: fonction affine, donc droite ne passant pas par l'origine avec un coefficient directeur négatif.

La représentation de $v_y(t)$ est une fonction affine

Ainsi, ce modèle de la vitesse v(t) est en accord avec les points expérimentaux obtenus sur la figure 3.

Q.5.

Calculons le coefficient directeur de la courbe :

$$k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$k = \frac{0 - 3{,}2}{320 \times 10^{-3} - 0}$$

$$k = -10 \ \mathrm{m.s^{-2}}$$

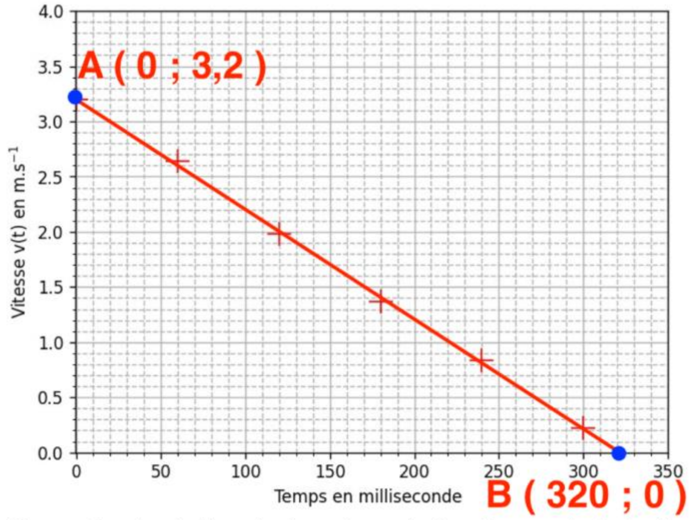


Figure 3 : évolution de la valeur de la vitesse de la balle en fonction du temps

$$v_{y(t)} = -gt + v_0$$

$-g$ est le coefficient directeur :

$$-g = k$$

$$g = -k$$

$$g = 10 \ \mathrm{m.s^{-2}}$$

Q.6.

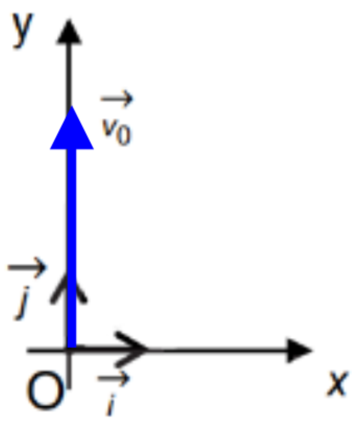
Nous avons assimilé la norme du vecteur vitesse de la balle v(t) à la valeur de sa composante verticale V_y. Ceci peut être une origine à l'écart observe avec la valeur de référence de l'intensité du champ de pesanteur terrestre local, g = 9,81 $N \cdot kg^{-1}$.

Q.7.

$$v_{y(t)} = -gt + v_0$$

$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$$

$$v_{y(t)} = \frac{dy(t)}{dt}$$



On intègre :

$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \times t + C_2$$

Pour trouver les constantes, on utilise $\overrightarrow{OG_0}$

$$\overrightarrow{OG_0} \begin{vmatrix} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{vmatrix}$$

d'ou

$$\boxed{y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \times t}$$

Q.8.

Lorsque la balle atteint h_{max} , elle ne monte plus, sa vitesse s'annule :

$$v(t_{max}) = -gt_{max} + v_0 = 0$$

$$-gt_{max} = -v_0$$

$$t_{max} = \frac{v_0}{g}$$

De plus, h_{max} est la hauteur maximale atteinte par le centre de masse M de la balle lors du lancer.

$$y(t_{max}) = -\frac{1}{2}g{t_{max}}^2 + v_0 \times t_{max}$$

$$h_{max} = -\frac{1}{2}g\left(\frac{v_0}{g}\right)^2 + v_0 \times \frac{v_0}{g}$$

$$h_{max} = -\frac{1}{2}g\frac{{v_0}^2}{g^2} + \frac{{v_0}^2}{g}$$

$$h_{max} = -\frac{1}{2} \times \frac{{v_0}^2}{g} + \frac{{v_0}^2}{g}$$

$$h_{max} = \frac{1}{2} \times \frac{{v_0}^2}{g}$$

$$\frac{1}{2} \times \frac{{v_0}^2}{g} = h_{max}$$

$${v_0}^2 = 2 \times g \times h_{max}$$

$$v_0 = \sqrt{2 \times g \times h_{max}}$$

D'où la formule v_0=np.sqrt(2*g*h_max)

Q.9.

Article 2.6.2 du règlement sportif de la F.F.T.T: Le serveur lance alors la balle verticalement vers le haut, seulement avec la main, et sans lui communiquer d'effet, de telle manière qu'elle s'élève d'au moins 16 cm après avoir quitté la paume de la main libre et retombe ensuite sans toucher quoi que ce soit avant d'être frappée.

Ainsi h_max=0.16 (on rentre la valeur de la hauteur en mètres)

Q.10.

$$v_0 = \sqrt{2 \times g \times h_{max}}$$

$$v_0 = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 16 \times 10^{-2}}$$

$$v_0 = 1{,}8 \text{ m.s}^{-1}$$

La valeur minimale de v_0 que le programme va afficher est v_0=1,8 m.s^{-1}.

Q.11.

Pour convertir une vitesse en km.h-1 il faut la multiplier par 3,6 : v_ini=v_0*3.6

2. Qualité d'une balle de tennis de table

Q.12.

Lors de la chute d'une balle, son énergie potentielle de pesanteur Epp=mgz diminue car son altitude z diminue.

Ainsi, la courbe ▲ est celle de l'énergie potentielle de pesanteur.

Lors de la chute d'une balle, sa vitesse augmente, son énergie cinétique $Ec=1/2mv^2$ augmente.

Ainsi, la courbe ● est celle de l'énergie cinétique.

L'énergie mécanique Em est la somme de l'énergie cinétique et potentielle de pesanteur. La courbe la représentant est donc supérieure aux deux autres courbes.

Ainsi, la courbe + est celle de l'énergie mécanique.

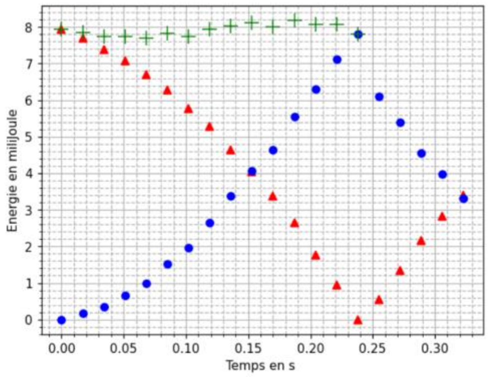


Figure 6 : évolutions des énergies mécanique, cinétique et potentielle de pesanteur de la balle lâchée depuis *h* = 30 cm

Q.13.

$\mathrm{Em} = \mathrm{Ec} + \mathrm{Epp}$

Vérifions si l'énergie se conserve après rebond :

$\mathrm{Em} = \mathrm{Ec} + \mathrm{Epp}$

$\mathrm{Em} = 6{,}1 + 0{,}6$

$\mathrm{Em} = 6{,}6\ \mathrm{mJ}$

$\mathrm{Em} = \mathrm{Ec} + \mathrm{Epp}$

$\mathrm{Em} = 4{,}0 + 2{,}8$

$\mathrm{Em} = 6{,}8\ \mathrm{mJ}$

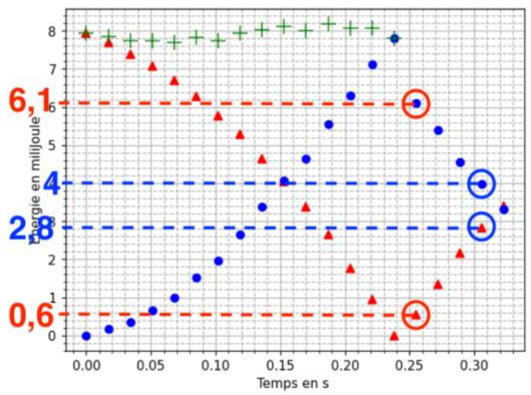


Figure 6 : évolutions des énergies mécanique, cinétique et potentielle de pesanteur de la balle lâchée depuis *h* = 30 cm

Ainsi, l'énergie mécanique se conserve dans cette phase et a une valeur proche de 6,7 mJ.

Q.14.

Pour trouver la hauteur du rebond nous allons prendre la valeur maximale de l'énergie potentielle de pesanteur : lorsque l'énergie cinétique sera nulle, l'énergie potentielle sera maximale $\mathrm{Epp}_{max} = 6{,}7\ \mathrm{mJ}$

$$\mathrm{Epp}_{max} = \mathrm{m} \times \mathrm{g} \times \mathrm{h}$$
$$\mathrm{m} \times \mathrm{g} \times \mathrm{h} = \mathrm{Epp}_{max}$$
$$\mathrm{h} = \frac{\mathrm{Epp}_{max}}{\mathrm{m} \times \mathrm{g}}$$
$$\mathrm{h} = \frac{6{,}7 \times 10^{-3}}{2{,}7 \times 10^{-3} \times 9{,}81}$$
$$\mathrm{h} = 0{,}25\ m$$

La hauteur du rebond de la balle est de 0,25 m soit 25 cm.

Article 2.1.3 du règlement sportif de la F.F.T.T: La surface de jeu peut être faite de n'importe quelle matière et doit permettre un rebond uniforme d'environ 23 cm lorsqu'on laisse tomber une balle règlementaire sur cette surface d'une hauteur de 30 cm au-dessus d'elle.

Dans notre cas, la balle est lâchée d'une hauteur de 30 cm et remonte après rebond à 25 cm. Cette valeur est en accord avec la valeur réglementaire d'environ 23 cm. La surface utilisée est donc réglementaire.

3. Vitesse d'un coup droit smashe au tennis de table

Q.15.

Le cinémomètre émet une onde d'une certaine fréquence qui va se réfléchir sur la balle. Cette balle qui est en mouvement perçoit une fréquence différente. Celle-ci se comporte a son tour comme un émetteur et réfléchie l'onde. Le récepteur perçoit une fréquence différente du fait du déplacement relatif émetteur récepteur.

Ainsi, la situation illustre l'effet Doppler.

Q.16.

$\Delta f = f_r - f_0$

Lorsque l'émetteur et le récepteur se rapprochent, la fréquence perçue est plus grande.

Ainsi $f_r > f_0$

Donc $\Delta f = f_r - f_0 > 0$

Q.17.

$|\Delta f| = 2 \times f_0 \times \frac{v}{c_{onde}}$

$2 \times f_0 \times \frac{v}{c_{onde}} = |\Delta f|$

$v = \frac{|\Delta f| \times c_{onde}}{2 \times f_0}$

$v = \frac{4470 \times 3{,}00 \times 10^8}{2 \times 24{,}125 \times 10^9}$

$v = 27{,}8\ m.s^{-1}$

Q.18.

Le record du monde du smash le plus rapide a été établi en 2003 par Mark Brandt avec une vitesse atteinte de 112,5 $km \cdot h^{-1}$.

Calculons la vitesse de notre balle en $km \cdot h^{-1}$

$v = 27{,}8\ m.s^{-1}$

$v = 27{,}8 \times 3{,}6$

$v = 100\ \ km.h^{-1}$

La vitesse du smash du joueur amateur est du même ordre de grandeur (10^2 $km \cdot h^{-1}$) que le record du monde.