Métropole septembre 2026 Sujet 2 CORRECTION Yohan Atlan © https://www.vecteurbac.fr/	
CLASSE : Terminale	**EXERCICE 3** : 5 points
VOIE : ☒ Générale	**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ :** PHYSIQUE-CHIMIE
DURÉE DE L'EXERCICE : 0h53	**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒Oui « type collège »

EXERCICE 3 : Un champion du monde inattendu

1. Étude du saut de puce le plus long

Q1.

Calculons la norme de la poussée d'Archimède :

$F_A = \rho_{air} \times V_{puce} \times g$

$F_A = 1{,}20 \times 4{,}19 \times 10^{-9} \times 9{,}81$

$F_A = 4{,}93 \times 10^{-8}$ N

Calculons la norme du poids :

$P = m \times g$

$P = 1{,}00 \times 10^{-6} \times 9{,}81$

$P = 9{,}81 \times 10^{-6}$ N

Comparons ces deux forces :

$\frac{F_A}{P} = \frac{4{,}93 \times 10^{-8}}{9{,}81 \times 10^{-6}}$

$\frac{F_A}{P} = 5{,}03 \times 10^{-3}$

$F_A \ll P$: la poussée d'Archimède est négligeable devant le poids.

Q2.

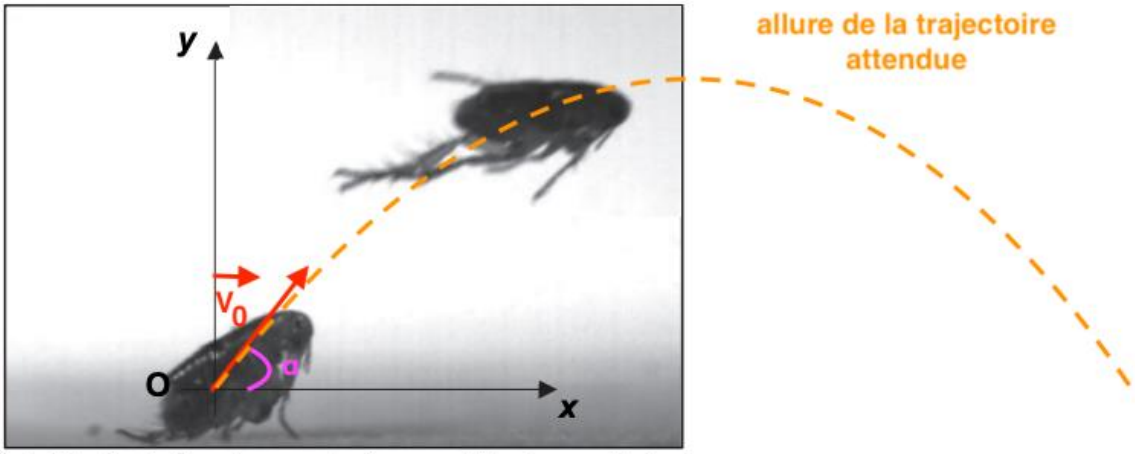


Figure 1. Extrait de la chronophotographie du saut de la puce.

Q3.

Système {puce}

Référentiel terrestre supposé galiléen

D'après le sujet, les frottements de l'air sont négligés et d'après la question Q1 la poussée d'Archimède est négligeable : la puce n'est soumise qu'à son poids.

D'après la deuxième loi de newton :

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

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

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

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

Le vecteur accélération du centre d'inertie de la puce est égal au vecteur champ de pesanteur.
$$\vec{a}\begin{vmatrix} a_x(t) = 0 \\ a_y(t) = -g \end{vmatrix}$$

Q4.
Or
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$
On intègre le système d'équation précédent :
$$\vec{v}\begin{vmatrix} v_x(t) = C_1 \\ v_y(t) = -gt + C_2 \end{vmatrix}$$

Pour trouver les constantes, on utilise $\vec{v}_0$
$$\vec{v}_0\begin{vmatrix} v_{0x} = v_0 \times \cos\alpha \\ v_{0y} = v_0 \times \sin\alpha \end{vmatrix}$$

D'où
$$\vec{v}\begin{vmatrix} v_x(t) = v_0 \times \cos\alpha \\ v_y(t) = -gt + v_0 \times \sin\alpha \end{vmatrix}$$

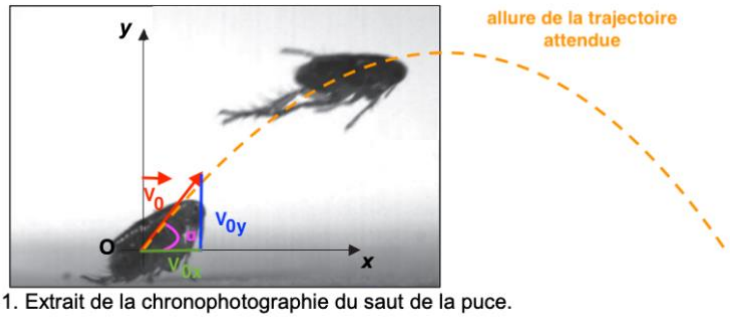


Figure 1. Extrait de la chronophotographie du saut de la puce.

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

On intègre le système d'équation précédent :
$$\overrightarrow{OG}\begin{vmatrix} x(t) = v_0 \times \cos(\alpha) \times t + C_3 \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \times \sin(\alpha) \times t + C_4 \end{vmatrix}$$

Pour trouver les constantes, on utilise $\overrightarrow{OG}_0$
$$\overrightarrow{OG}_0\begin{vmatrix} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{vmatrix}$$

D'où
$$\overrightarrow{OG}\begin{vmatrix} x(t) = v_0 \times \cos(\alpha) \times t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \times \sin(\alpha) \times t \end{vmatrix}$$

Q5.
$$x = v_0 \times \cos(\alpha) \times t$$
$$v_0 \times \cos(\alpha) \times t = x$$
$$t = \frac{x}{v_0 \times \cos(\alpha)}$$

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

Q6.

Au point où la puce retombe sur le sol :

$x = p$

$y(p) = 0$

$$-\frac{1}{2}g\frac{p^2}{v_0^2 \times \cos^2(\alpha)} + p \times \tan(\alpha) = 0$$
$$p \times \left(-\frac{1}{2}g\frac{p}{v_0^2 \times \cos^2(\alpha)} + \tan(\alpha)\right) = 0$$

$p \neq 0$ (la puce a quitté le point de départ), donc :

$$-\frac{1}{2}g\frac{p}{v_0^2 \times \cos^2(\alpha)} + \tan(\alpha) = 0$$
$$\frac{1}{2}g\frac{p}{v_0^2 \times \cos^2(\alpha)} = \tan(\alpha)$$
$$p = \frac{2 \times v_0^2 \times \cos^2(\alpha)}{g} \times \tan(\alpha)$$

Avec

$$\tan(\alpha) = \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)}$$
$$p = \frac{2 \times v_0^2 \times \cos^2(\alpha)}{g} \times \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)}$$
$$p = \frac{2 \times v_0^2 \times \sin(\alpha) \times \cos(\alpha)}{g}$$

Q7.

$$p = \frac{2 \times v_0^2 \times \sin(\alpha) \times \cos(\alpha)}{g}$$
$$p = \frac{2 \times 1,90^2 \times \sin(45) \times \cos(45)}{9,81}$$
$$p = 0,368 \text{ m}$$
$$p = 36,8 \text{ cm}$$

Calculons le diamètre de la puce:

$$V_{puce} = \frac{4}{3} \times \pi \times (r)^3$$
$$V_{puce} = \frac{4}{3} \times \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^3$$
$$\frac{4}{3} \times \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^3 = V_{puce}$$
$$\left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{3 \times V_{puce}}{4\pi}$$

$$\frac{d}{2} = \left(\frac{3 \times V_{puce}}{4\pi}\right)^{\frac{1}{3}}$$
$$d = 2 \times \left(\frac{3 \times V_{puce}}{4\pi}\right)^{\frac{1}{3}}$$
$$d = 2 \times \left(\frac{3 \times 4{,}19 \times 10^{-9}}{4\pi}\right)^{\frac{1}{3}}$$
$$d = 2{,}00 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

Calculons le rapport :
$$\frac{p}{d} = \frac{0{,}368}{2{,}00 \times 10^{-3}}$$
$$\frac{p}{d} = 184$$
La portée du saut est 184 fois plus grande que la taille de la puce : c'est un saut très long par rapport à la taille de la puce.

Q8.
Ligne 6 : v0 = 1.90 # valeur de la vitesse initiale en m/s
Ligne 9 : alpha = 45 * np.pi / 180 # en radian

Q9.
Ligne 14 : # calcul de la portée x du saut (en m), d'après l'expression établie à la question Q6 : x = 2 v0² sin(alpha) cos(alpha) / g

Q10.
D'après les résultats de la simulation :
$$u(p) = 0{,}08356\ \text{m}$$

Avec deux chiffres significatifs :
$$u(p) = 0{,}084\ \text{m}$$

La portée est écrite avec le même nombre de décimales que son incertitude-type :
$$p = 0{,}368\ \text{m}$$

Q11.
$$p_{ref} = 17{,}9\ \text{cm} = 0{,}179\ \text{m}$$

$$z = \left|\frac{x - x_{ref}}{u(x)}\right|$$
$$z = \left|\frac{p - p_{ref}}{u(p)}\right|$$
$$z = \left|\frac{0{,}368 - 0{,}179}{0{,}084}\right|$$
$$z = 2{,}3$$

$z > 2$: la portée du saut le plus long n'est pas en accord avec la portée de référence.
Ce résultat est cohérent : le saut étudié est le saut le plus long, sa portée est donc plus grande que la portée moyenne de l'ensemble des sauts.

2. Record du monde de saut en longueur

Q12.

Énergie cinétique de la puce en début de saut :

$$E_{c1} = \frac{1}{2} \times m_1 \times v_0^2$$
$$E_{c1} = \frac{1}{2} \times 1{,}00 \times 10^{-6} \times 1{,}90^2$$
$$E_{c1} = 1{,}81 \times 10^{-6}\ \text{J}$$

Énergie cinétique d'Arne Tvervaag en début de saut :

$$E_{c2} = \frac{1}{2} \times m_2 \times v_2^2$$
$$E_{c2} = \frac{1}{2} \times 70 \times 6{,}0^2$$
$$E_{c2} = 1{,}26 \times 10^{3}\ \text{J}$$

L'énergie cinétique acquise est fournie pendant la durée de l'impulsion.
La puissance moyenne développée est :

$$P = \frac{E_c}{\Delta t}$$

Masse de muscles sollicitée pour la puce : $m_{muscles,1} = 0{,}11 \times m_1$

Puissance par kilogramme de muscle pour la puce :

$$\frac{P_1}{m_{muscles,1}} = \frac{E_{c1}}{\Delta t_1 \times 0{,}11 \times m_1}$$
$$\frac{P_1}{m_{muscles,1}} = \frac{1{,}81 \times 10^{-6}}{1{,}2 \times 10^{-3} \times 0{,}11 \times 1{,}00 \times 10^{-6}}$$
$$\frac{P_1}{m_{muscles,1}} = 1{,}37 \times 10^{4}\ \text{W.kg}^{-1}$$

Masse de muscles sollicitée pour Arne Tvervaag: $m_{muscles,2} = 0{,}11 \times m_1$

Puissance par kilogramme de muscle pour Arne Tvervaag :

$$\frac{P_2}{m_{muscles,2}} = \frac{E_{c2}}{\Delta t_2 \times 0{,}40 \times m_2}$$
$$\frac{P_2}{m_{muscles,2}} = \frac{1{,}26 \times 10^{3}}{0{,}40 \times 0{,}40 \times 70}$$
$$\frac{P_2}{m_{muscles,2}} = 1{,}13 \times 10^{2}\ \text{W.kg}^{-1}$$

Comparons les deux valeurs :

$$\frac{P_1/m_{muscles,1}}{P_2/m_{muscles,2}} = \frac{1{,}37 \times 10^{4}}{1{,}13 \times 10^{2}}$$
$$\frac{P_1/m_{muscles,1}}{P_2/m_{muscles,2}} = 1{,}2 \times 10^{2}$$

La puissance par kilogramme de muscle développée par la puce est $1{,}2 \times 10^2$ fois plus grande que celle développée par le sauteur humain.
Les muscles de la puce seuls ne peuvent pas développer une telle puissance : cela s'explique par le stockage puis la libération brusque d'énergie élastique, comme un ressort comprimé brusquement relâché.