"Son et lumière"
(Bac S – Métropole - juin 2017)

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

1. Tout en couleur

1.1. Deux processus d'émission de lumière sont cités dans le texte :
- l'incandescence : le spectre de la lumière émise est alors un spectre continu
- l'émission atomique : le spectre de la lumière émise est alors un spectre de raies

1.2. $E_3 = h\nu_3 = \dfrac{hc}{\lambda_3}$, donc $\lambda_3 = \dfrac{hc}{E_3} = \dfrac{6{,}63\times10^{-34}\times3{,}00\times10^{8}}{1{,}825\times1{,}60\times10^{-19}} = 6{,}81\times10^{-7}$ m = 681 nm

625 nm $< \lambda_3 <$ 780 nm, donc la couleur perçue est le rouge.

1.3. Considérons un photon d'énergie $E' < E_3$.
Sa longueur d'onde est donnée par : $\lambda' = \dfrac{hc}{E'}$
Comme $E' < E_3$ et que h et c sont des constantes, on en déduit que $\lambda' > \lambda$.

Ainsi, les photons 1 et 2, d'énergies inférieures à celle du photon 3, correspondent donc soit à la couleur rouge du domaine visible, soit n'appartiennent pas au domaine visible (si $\lambda' >$ 780 nm). *Pour être plus précis, il faudrait déterminer leur longueur d'onde à l'aide d'un calcul similaire à celui de la question 1.2.*

Finalement, comme le photon 3 correspond à de la lumière rouge, et qu'en ce qui concerne les photons 1 et 2, soit c'est le cas aussi, soit ils n'appartiennent pas au domaine visible, la lumière émise par le "crackling R100" est bien rouge, comme indiqué dans le tableau de données.

2. Étude des trajectoires des pièces pyrotechniques

2.1. $\vec{v}_0 \left| \begin{array}{l} v_0 \cos\alpha \\ v_0 \sin\alpha \end{array} \right.$

2.2.

- système : {pièce "crackling R100", de masse m}
  référentiel : terrestre, considéré galiléen

- bilan des forces extérieures appliquées au système :
  $\vec{P}$ son poids
  L'action de l'air est négligée dans cette étude.

- *Remarque : l'énoncé parle de l'étude du mouvement d'* « un » *point M de la pièce, mais la 2ème loi de Newton ne permet de déterminer le mouvement que d'un seul point, le centre d'inertie G (à moins que le solide soit animé d'un mouvement de translation, ce qui paraît peu probable ici). On étudiera donc dans la suite le mouvement du centre d'inertie G.*

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

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

  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

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

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

2.3.

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

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

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

- $\vec{v}_G = \dfrac{d\overrightarrow{OG}}{dt} \quad \Rightarrow \quad \overrightarrow{OG} \left| \begin{array}{l} x = (v_0 \cos\alpha)\,t + C_3 \\ y = -\dfrac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin\alpha)\,t + C_4 \end{array} \right.$

Or $\overrightarrow{OG}$ (t=0 s) $\begin{vmatrix} C_3 \\ C_4 \end{vmatrix} = \overrightarrow{OG_0} \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix} \Rightarrow \begin{cases} C_3 = 0 \\ C_4 = 0 \end{cases}$

Donc $\overrightarrow{OG}$ (t) $\begin{vmatrix} x_G = (v_0 \cos \alpha)\, t \\ y_G = -\dfrac{1}{2} g t^2 + (v_0 \sin \alpha)\, t \end{vmatrix}$

Or $v_0 = 250\ \text{km.h}^{-1} = \dfrac{250}{3{,}6}\ \text{m.s}^{-1} = 69{,}4\ \text{m.s}^{-1}$

On en déduit que :

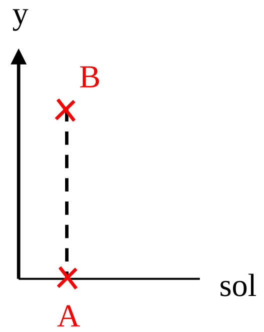
$$\begin{cases} x_G = (69{,}4 \times \cos 80°) \times t = 12{,}1\, t \\ y_G = -\dfrac{1}{2} \times 9{,}81 \times t^2 + (69{,}4 \times \sin 80°) \times t = -4{,}91\, t^2 + 68{,}4\, t \end{cases}$$

avec t en s
x_G et y_G en m

2.4. D'après les équations horaires du mouvement, l'altitude théorique atteinte par le projectile à t = 3,2 s est :
y_G (t = 3,2s) $= -4{,}91 \times 3{,}2^2 + 68{,}4 \times 3{,}2 = 169$ m

2.5. Cette valeur (169 m) est différente de celle indiquée par le constructeur (120 m) car dans notre étude, il n'a pas été tenu compte des frottements de l'air, qui ne sont pas négligeables ici.

3. Le "marron d'air"



3.1. Notons A la position du "marron d'air" au départ (au niveau du sol), et B sa position quand il atteint son altitude maximale.

- Si l'énergie mécanique se conservait, on aurait donc :
  $E_m(B) = E_m(A)$ *(1)*

- Déterminons les expressions de $E_m(B)$ et $E_m(A)$.
  On choisit $E_{pp} = 0$ J pour y = 0 m.

$E_m(A) = E_c(A) + E_p(A)$

Or $E_c(A) = \dfrac{1}{2} m v_A^2 = \dfrac{1}{2} m v_i^2$ et $E_p(A) = E_{pp}(A) = 0$ J

Donc $E_m(A) = \dfrac{1}{2} m v_i^2$

$E_m(B) = E_c(B) + E_p(B)$

Or $E_c(B) = \frac{1}{2} m v_B^2 = 0$ J car $v_B = 0$ m.s^{-1}

et $E_p(B) = E_{pp}(B) = mgy_B = mgh$

Donc $E_m(B) = mgh$

- En remplaçant $E_m(B)$ et $E_m(A)$ par leurs expressions dans l'équation (1), on obtient : $mgh = \frac{1}{2} m v_i^2$

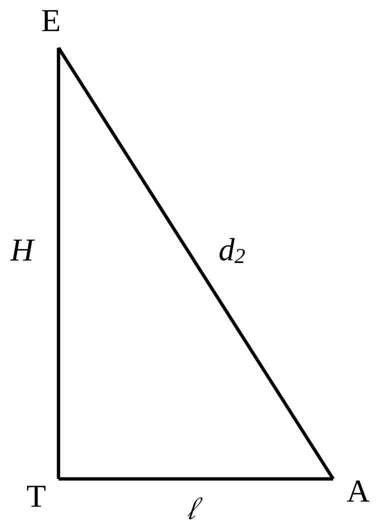
  c'est-à-dire : $h = \frac{v_i^2}{2g}$

3.2. $v_i = 200$ km.h^{-1} $= \frac{200}{3,6}$ m.s^{-1} $= 55,6$ m.s^{-1}

donc : $h = \frac{55,6^2}{2 \times 9,81} = 157$ m

3.3.

- Déterminons la distance entre le point d'éclatement E et l'artificier A :



D'après le théorème de Pythagore, $d_2^2 = H^2 + \ell^2$

Donc $d_2 = \sqrt{H^2 + \ell^2} = \sqrt{70^2 + 95^2} = 118$ m

- Calculons le niveau d'intensité sonore à cette distance.
  À $d_1 = 15$ m du point E, le niveau d'intensité sonore vaut $L_1 = 120$ dB.
  Donc d'après la formule fournie, à la distance d_2, le niveau d'intensité sonore est :

  $L_2 = L_1 + 20 \log\left(\frac{d_1}{d_2}\right) = 120 + 20 \log\left(\frac{15}{118}\right) = 102$ dB

  Ce niveau d'intensité sonore est, d'après les données, difficilement supportable, donc il faut recommander à l'artificier de porter un dispositif de protection auditive.