Correction des questions 1 à 4 de l'exercice
"Embouteillages et collisions dans l'espace"
(Bac Spécialité SI – Sujet zéro - 2021)

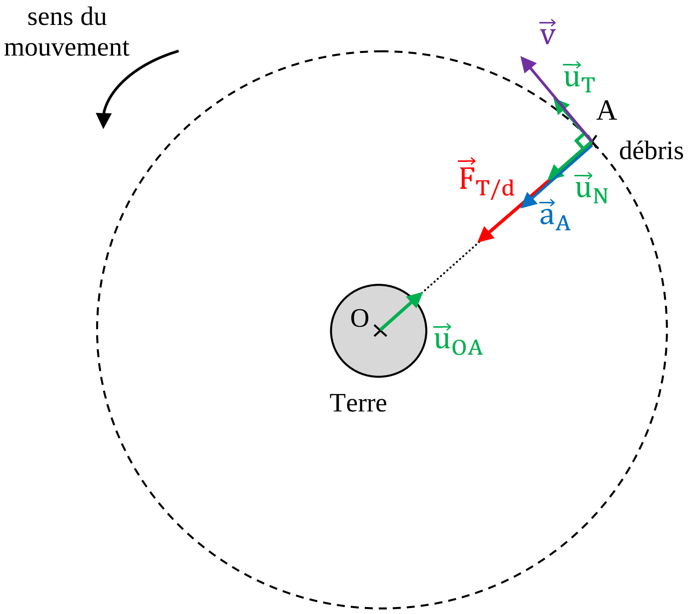
Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

1.

- système : {débris}
  référentiel : géocentrique, considéré galiléen

- bilan des forces extérieures appliquées au système :
  force gravitationnelle exercée par la Terre sur le débris : $\vec{F}_{T/d} = -\dfrac{GM_T m_{débris}}{R^2}\,\vec{u}$

  On néglige les forces gravitationnelles dues aux autres astres.



$\vec{u}_N = -\vec{u}_{OA}$

2.

- D'après la 2ème loi de Newton, $\Sigma\vec{F}_{ext} = m_{débris}\,\vec{a}_A$
  car le référentiel d'étude est considéré galiléen et la masse du système est constante.

$\Rightarrow \vec{F}_{T/d} = m_{débris}\,\vec{a}_A \Rightarrow m_{débris}\,\vec{a}_A = -\dfrac{GM_T m_{débris}}{R^2}\,\vec{u}_{OA}$

$\Rightarrow \vec{a}_A = -\dfrac{GM_T}{R^2}\,\vec{u}_{OA}$

De plus, comme $\vec{u}_N = -\vec{u}_{OA}$, on obtient : $\vec{a}_A = \dfrac{GM_T}{R^2}\,\vec{u}_N$

- Or dans le cas d'un point ayant un mouvement circulaire de rayon R , $\vec{a} = \frac{dv}{dt}\ \vec{u}_T + \frac{v^2}{R}\ \vec{u}_N$

Par identification, on obtient :

$$\begin{cases} \frac{dv}{dt} = 0 & \textit{(1)} \\ \frac{v^2}{R} = \frac{GM_T}{R^2} & \textit{(2)} \end{cases}$$

D'après l'équation (1), $\frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow$ v = cte : le mouvement est uniforme

D'après l'équation (2) $\frac{v^2}{R} = \frac{GM_T}{R^2}$

$\Rightarrow \quad v^2 = \frac{GM_T}{R}$

$\Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{GM_T}{R}}$

3. $v = \sqrt{\frac{GM_T}{R}} = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$

$\Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{6,67\times10^{-11}\times5,97\times10^{24}}{(6371+1000)\times10^3}} = 7,35\times10^3\ m.s^{-1} = 7,35\times10^3 \times 3,6\ km.h^{-1} = 2,65\times10^4\ km.h^{-1}$

Calculons l'écart relatif avec la valeur citée dans l'infographie :

$$e_R = \left| \frac{v_{calculée} - v_{texte}}{v_{texte}} \right| = \left| \frac{2,65\times10^4 - 30000}{30000} \right| = 0,12 = 12\ \%$$

Il y a un écart relatif de 12 % avec la valeur affichée dans l'infographie.
Cela peut être dû à un arrondi grossier pour simplifier celle-ci.
Sinon, en plus des incertitudes de mesure sur les données utilisées (M_T, G), peut-être est-ce dû à l'approximation faite dans notre calcul d'une trajectoire circulaire (la trajectoire est peut-être elliptique, non circulaire).

4.

- Faisons une estimation de l'énergie cinétique du débris.

$E_{c,\ débris} = \frac{1}{2}\, m\, v^2_{débris} = \frac{1}{2}\, \mu V\times v^2_{débris}$, où μ est la masse volumique du débris.

La masse volumique du débris n'étant pas fournie dans l'énoncé, on prendra celle de l'acier, voisine de 8×10^3 kg.m^{-3}

$\Rightarrow \quad E_{c,\ débris} = \frac{1}{2} \times 8\times10^3 \times 5\times10^{-9} \times \left(\frac{30000}{3,6}\right)^2 = 1,4\times10^3$ J

- Calculons maintenant la vitesse v_B d'une boule de bowling qui aurait la même énergie cinétique :

$$E_c = \frac{1}{2} m_B v_B^2 \quad \Rightarrow \quad v_B^2 = \frac{2E_c}{m_B}$$

$$\Rightarrow \quad v_B = \sqrt{\frac{2E_c}{m_B}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,4 \times 10^3}{3,5}} = 2,8\times10^1 \text{ m.s}^{-1} = 2,8\times10^1 \times 3,6 \text{ km.h}^{-1} = 1,0\times10^2 \text{ km.h}^{-1}$$

Ainsi, le débris considéré a la même énergie cinétique qu'une boule de bowling allant à $1,0\times10^2$ km.h^{-1}
Cela correspond à la vitesse indiquée dans l'infographie.
Le choc d'un tel débris avec un autre satellite risquerait donc de fortement endommager celui-ci.