

INTERROGATION - PHYSIQUE

Lundi 29 Septembre 2025

Durée : 30 min (40 min pour les tiers-temps)

Exercice 1 : Vrai ou Faux (8 points)

Pour chacune des affirmations suivantes, dire si elle est Vraie ou Fausse. Justifier *brièvement*.

- 1/ Un système en chute libre peut-être considéré comme pseudo-isolé. **Faux** : il y a la gravité.
- 2/ Un système pseudo-isolé ne subit pas de force. **Faux** : la somme des forces est nulle, mais il peut y avoir des forces.
- 3/ Un mouvement uniforme est nécessairement rectiligne. **Faux** : Il existe des mouvements circulaires uniformes avec une vitesse angulaire constante.
- 4/ Un objet peut voir son accélération changer de sens lorsque le sens de sa vitesse reste le même. **Vrai** s'il décèle par exemple.
- 5/ Deux vecteurs de directions orthogonales et de même norme ont un produit scalaire nul. **Vrai**.
- 6/ Si $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ est une base orthonormée directe, alors $(-\vec{u}_z, \vec{u}_x, \vec{u}_y)$ l'est aussi. **Faux** : indirecte.
- 7/ Un mouvement circulaire a une vitesse qui est toujours radiale. **Faux** : la vitesse est toujours selon \vec{u}_θ .
- 8/ La vitesse au cours d'une chute libre ne dépend pas de la masse de l'objet. **Vrai**.

Exercice 2 : Feux d'artifice (~7 points)

Un feu d'artifice se compose de 2 parties principales (figure 1.a) : la bombe qui sert à propulser le feu d'artifice et un dispositif d'allumage à retardement (espolette) qui va faire exploser la charge d'éclatement. On commence par mettre à feu la mèche rapide qui fait exploser la charge propulsive. Le feu d'artifice est alors propulsé vers le haut. Lorsque le feu arrive à son apogée A (figure 1.b), la charge d'éclatement détonne, ainsi que les billes de poudre (effets) qui vont exploser avec des couleurs différentes.

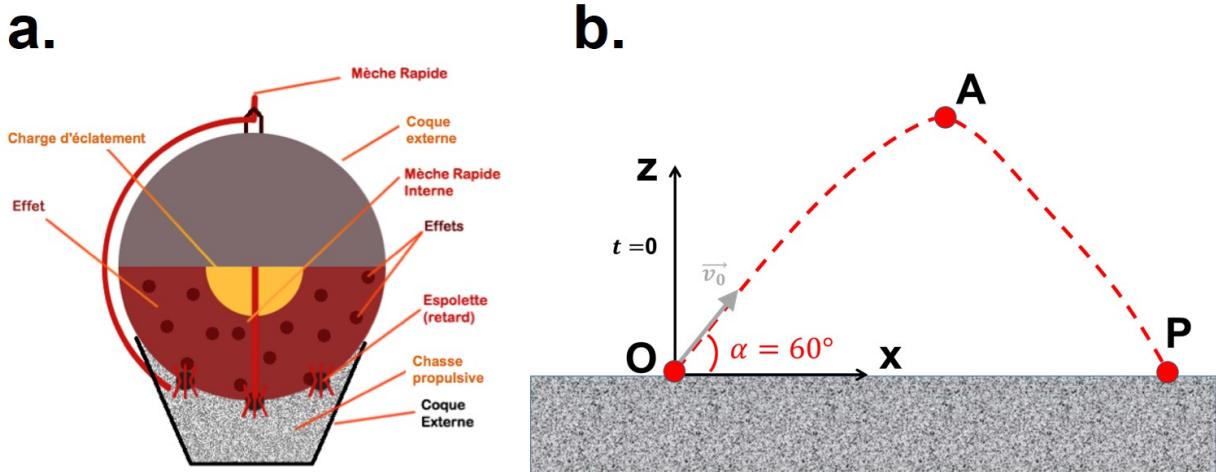


Figure 1: a. Composition d'un feu d'artifice. b. Trajectoire d'un feu d'artifice. © Société Française de Chimie.

On considère que la coque (le feu d'artifice sans la charge propulsive) est de masse $m = 1 \text{ kg}$. Le feu d'artifice est lancé depuis O , le centre du repère orthonormé $Oxyz$, avec une vitesse $\|\vec{v}_0\| = 45 \text{ m.s}^{-1}$ et un angle $\alpha = 60^\circ$, comme schématisé figure 1.b.

- 1/ Expliquer par analogie avec la fusée, comment le feu d'artifice est propulsé lors de sa mise à feu au sol. Il y a explosion des gaz qui exercent une poussée sur le sol. Par action-réaction, le feu est propulsé.
- 2/ Si on néglige les frottements, à quelle(s) force(s) est soumise la coque une fois propulsée ? Le poids.
- 3/ Déterminer l'expression littérale de la vitesse de la coque à tout instant (on n'oubliera pas que le vecteur vitesse peut avoir plusieurs composantes non-nulles). $\vec{v} = (-gt + v_0 \sin(60)) \vec{u}_z + v_0 \cos(60) \vec{u}_x$.
- 4/ Déterminer la trajectoire ($x(t)$ et $z(t)$) de la coque dans le plan (Oxz) en fonction de v_0 , m et α . $z(t) = (-gt^2/2 + v_0 t \sin(60))$; $x(t) = v_0 t \cos(60)$.
- 5/ Déterminer l'expression littérale puis numérique de l'instant t_1 où le feu d'artifice atteint son apogée, c'est-à-dire le point A . C'est à ce moment que l'espolette doit lacher pour mettre à feu les effets. $t_1 = v_0 \sin(60)/g = 3.97 \text{ s}$.
- 6/ Si le feu d'artifice n'explose pas (par exemple à cause d'un dysfonctionnement), à quelle distance atterrit-il sur le sol ? Autrement dit, quelle est la distance OP indiquée sur la figure 1 ? Il revient au sol à $t_2 = 2v_0 \sin(60)/g = 3.97 \text{ s}$. Soit $OP = v_0 t_2 \cos(60) = 179 \text{ m}$.

Exercice 3 : Le Large Hadron Collider (7 points)

Le Large Hadron Collider (LHC) au CERN est le plus grand accélérateur de particules au monde. C'est aussi le plus puissant. Il s'agit d'un anneau de 27 km de circonférence où des protons ou des ions sont accélérés en une trajectoire circulaire. On modélise l'accélérateur comme un cercle de son centre O et de rayon R . On définit un point M dans l'accélérateur comme indiqué figure 2. Il est repéré par un angle θ par rapport à l'axe Ox .

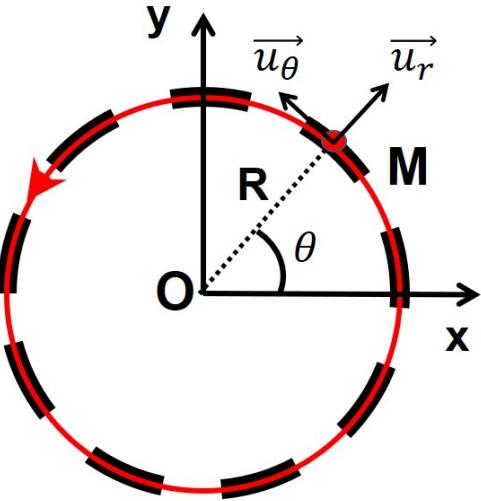
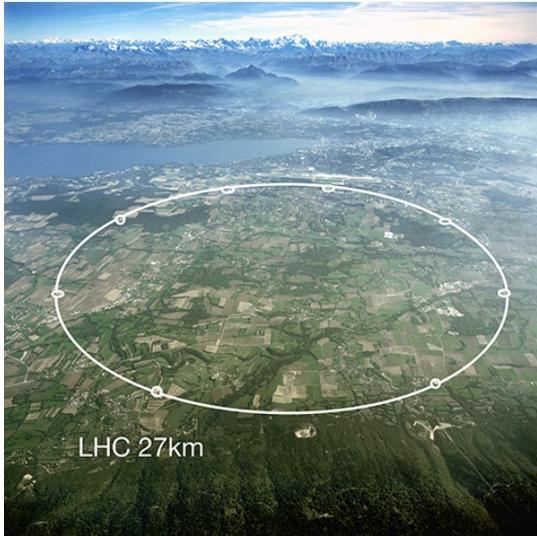


Figure 2: a. Localisation du CERN. b. Modélisation du CERN. Source : Hamamatsu Photonics.

- 1/ Que vaut numériquement le rayon R du LHC ? $R = 4.3$ km.
- 2/ Exprimer le vecteur \overrightarrow{OM} décrivant le mouvement du point M dans le repère cartésien (\vec{u}_x, \vec{u}_y) , en fonction des données littérales du problème. $\overrightarrow{OM} = R \cos \theta \vec{u}_x + R \sin \theta \vec{u}_y$.
- 3/ Exprimer le vecteur \overrightarrow{OM} décrivant le mouvement du point M dans le repère circulaire $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$, en fonction des données littérales du problème. $\overrightarrow{OM} = R \vec{u}_r$.
- 4/ Exprimer le vecteur vitesse du point M dans le repère circulaire. Exprimer la norme v du vecteur vitesse en fonction de r et $\dot{\theta}$. $\vec{v} = R \dot{\theta} \vec{u}_\theta$ et $v = R \dot{\theta}$.
- 5/ La vitesse des protons ou des ions accélérés est très proche de celle de la lumière $c = 3 \times 10^8$ m.s $^{-1}$. Que vaut la vitesse de rotation du point M en radians par seconde ? Et en tours par minute ? $\dot{\theta} = 69767$ rad/s = 6.67×10^5 tours/min.
- 6/ Il y a un projet pour construire le FCC (Future Circular Collider) de 100 km de circonférence. Quel serait son rayon ? Quelle serait alors la vitesse de rotation des protons ou des ions en radians par seconde ? Et en tours par minute ? $R = 15.92$ km. $\dot{\theta} = 18840$ rad/s = 1.8×10^5 tours/min.