

Partie 2 : Sciences Physiques

Exercice A : Les ondes lumineuses

Indiquer, sur la copie, le numéro de la question suivi de la lettre correspondant à la bonne réponse. Il n'y a qu'une bonne réponse par question et il n'est pas nécessaire de la justifier.

1. La diffraction consiste en :
 - a) un étalement des directions d'une onde lorsqu'elle rencontre un obstacle ou une ouverture de petite dimension ;
 - b) la superposition de deux ondes cohérentes ;
 - c) le changement de direction du rayon lumineux lorsqu'il change de milieu ;
 - d) l'absorption d'une onde par un milieu.
2. Une onde lumineuse de longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$ est diffractée par une fente de très grande longueur. Le premier minimum de diffraction est observé avec un angle $\theta = 0,1 \text{ rad}$ par rapport à l'axe central. Calculer la largeur de cette fente :
 - a) 50 nm ;
 - b) $5,0 \text{ mm}$;
 - c) $2,0 \times 10^5 \text{ m}$;
 - d) $5,0 \mu\text{m}$.
3. Dans une zone où deux ondes interfèrent de manière constructive :
 - a) l'onde résultante a une amplitude plus faible qu'une seule onde ;
 - b) l'onde résultante a une amplitude plus élevée qu'une seule onde ;
 - c) l'onde résultante est déviée ;
 - d) l'onde résultante est absorbée.
4. Pour obtenir des interférences lumineuses :
 - a) les ondes doivent provenir de sources incohérentes ;
 - b) les ondes doivent avoir des fréquences différentes ;
 - c) les ondes doivent provenir de sources cohérentes ;
 - d) les ondes doivent avoir des amplitudes identiques.
5. Dans l'expérience des fentes d'Young, l'interfrange i varie en fonction de la distance D entre l'écran et les fentes d'Young de la façon suivante :
 - a) l'interfrange i diminue quand la distance D augmente ;
 - b) l'interfrange i augmente quand la distance D augmente ;
 - c) l'interfrange i est indépendant de la distance D ;
 - d) l'interfrange i varie de façon non linéaire avec la distance D .
6. La relation entre l'interfrange i , la longueur d'onde λ , la distance D entre les fentes et l'écran, et l'écart b entre les fentes dans le dispositif d'Young est donnée par l'une des formules suivantes. En raisonnant sur les unités, indiquer celle qui est correcte.
 - a) $i = \lambda D b$;
 - b) $i = \frac{\lambda D}{b}$;
 - c) $i = \frac{\lambda D}{b^2}$;
 - d) $i = \frac{b}{D\lambda}$.

Exercice B : Entraînement des spationautes

Les spationautes doivent subir un entraînement intense afin de se préparer aux conditions extrêmes qu'ils subiront lors de leurs missions. L'objet de l'exercice est d'étudier comment on peut reproduire deux situations extrêmes : l'impesanteur et l'hypergravité.

Partie 1 : Impesanteur lors des vols dits « 0 g » à bord de l'airbus A310 ZÉRO-G

L'impesanteur qui accompagnera le spationaute tout au long de sa mission à bord de l'ISS (*International Space Station*) peut être atteinte pour quelques secondes dans des vols paraboliques.

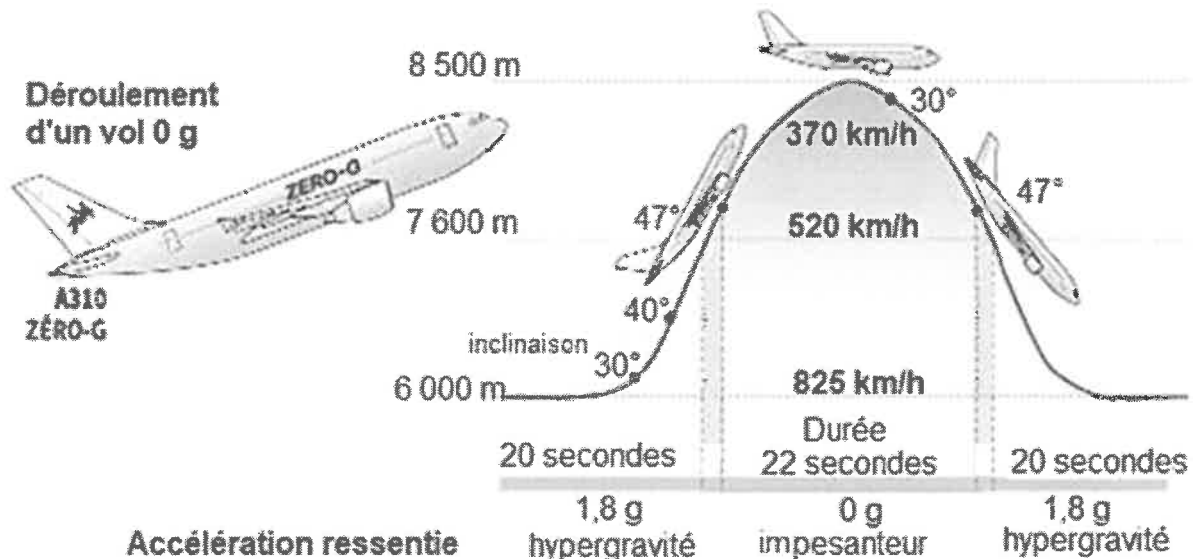


Figure 1 : Vol parabolique d'après Novespace / CNES

Alors que l'avion est en pleine ascension, trois pilotes vont agir simultanément sur leurs commandes respectives afin de placer l'appareil sur sa trajectoire balistique. Cette phase s'appelle « l'injection ». L'appareil décrit ensuite une parabole, son mouvement peut être alors assimilé à une chute libre pendant une durée de 22 s. Il en est de même pour les passagers et les instruments placés à bord.

D'après la plaquette « *Les vols paraboliques* » disponible sur jeunes.cnes.fr

Données

- Intensité de la pesanteur $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Altitude du début et de la fin de la parabole : $h_0 = 7,8 \text{ km}$
- Altitude maximale atteinte lors de la parabole : $h_{\text{max}} = 8,5 \text{ km}$
- Angle entre la vitesse de l'airbus A310 en début de parabole $\vec{v}_0$ et l'horizontale : $\beta = 47^\circ$
- Norme de cette vitesse par rapport au sol : $v_0 = 520 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

1. Préciser dans quelle condition un objet est en chute libre.

Pour la suite de l'exercice, le début de la parabole sera considéré comme l'origine des dates. L'avion sera assimilé à un point matériel. L'étude sera réalisée dans le référentiel terrestre supposé galiléen. L'altitude 0 correspond au niveau de la mer.

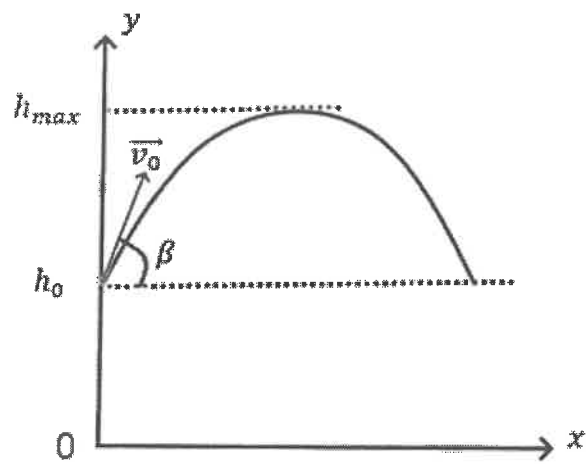


Figure 2 : trajectoire de l'airbus ZÉRO-G dans le référentiel d'étude

2. Montrer, en appliquant la deuxième loi de Newton, que les coordonnées du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ de l'airbus ZÉRO-G lors de phase parabolique sont :

$$\begin{cases} v_x(t) = v_0 \cos \beta \\ v_y(t) = -g t + v_0 \sin \beta \end{cases}$$

3. Déterminer l'expression de t_s , date pour laquelle l'altitude est maximale lors du vol parabolique en fonction de v_0 , β et g .

4. Calculer la valeur de t_s et la comparer à la durée de la phase parabolique.

Partie 2 : Centrifugeuse 20 g de la Nasa

Les centrifugeuses permettent d'accéder à des accélérations très grandes par rapport à l'intensité de la pesanteur telles que les spationautes pourront rencontrer lors des phases de décollage ou de retour sur Terre.

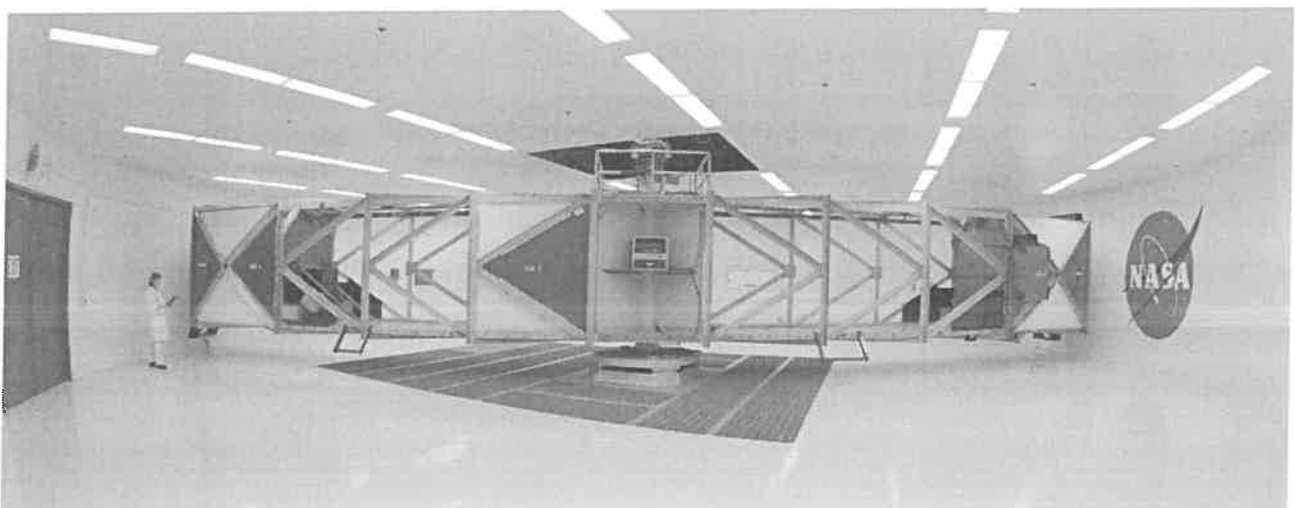


Figure 3 : Centrifugeuse 20 g d'après : NASA / Dominic Hart

Données :

- Distance entre l'axe de rotation et le spationaute assimilé à son centre de masse : $R = 8,84 \text{ m}$
- Vitesse de rotation maximale : 50 tours par minute

5. Donner l'expression des composantes du vecteur accélération du spationaute dans la base de Frenet.

Par la suite, le mouvement du spationaute dans la cabine sera supposé circulaire uniforme, sa vitesse sera notée v . D'autre part, on ne tiendra pas compte de la force gravitationnelle.

6. Déterminer la vitesse de rotation en tours par minute qui permet d'atteindre une accélération égale à 10 g pour le spationaute.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.