EXERCICE I. LE SAUT DE FÉLIX BAUMGARTNER (5 points)

Le dimanche 14 octobre 2012, Félix Baumgartner est entré dans l'histoire en s'élançant de la stratosphère à plus de 39 000 m d'altitude. Félix Baumgartner a sauté depuis la nacelle d'un ballon avec une vitesse initiale nulle. Au cours de la première phase de sa chute qui a duré quatre minutes et vingt secondes, il a atteint une vitesse de pointe de 1342 km.h^{-1}, soit MACH 1,24 ! Dans une seconde phase, il a ouvert son parachute. Au total, son saut depuis la stratosphère a duré neuf minutes et trois secondes.

Avec ce saut, trois records du monde ont été battus :
- « la chute la plus rapide » : il a atteint une vitesse maximale de 1342 km.h^{-1} ;
- « le saut le plus haut » : 39 045 m (ancien record : 31 333 m) ;
- le plus haut voyage en ballon d'un homme : 39 045 m (ancien record : 34 668 m).

Dans cet exercice, on cherche à évaluer la pertinence d'un modèle de chute.

Description de l'atmosphère terrestre

zone de l'atmosphère	troposphère	stratosphère	mésosphère	thermosphère
altitude (en km)	de 0 à 10	de 10 à 50	de 50 à 80	plus de 80
masse volumique moyenne de l'air (en kg.m^{-3})	entre 1 et 0,1	entre 0,1 et 10^{-3}	entre 10^{-3} et 10^{-5}	Moins de 10^{-5}

Données :

- La chute d'un objet est dite libre si l'objet n'est soumis qu'à l'action de la Terre, et si on peut négliger l'action de l'air. Lorsque l'action de l'air n'est pas négligeable, l'effet de l'air est d'autant plus important que la vitesse de chute est grande.
- Masse de Félix Baumgartner et de son équipement : m = 120 kg ;
- constante de gravitation universelle $G = 6{,}67\times10^{-11}$ m^3.kg^{-1}.s^{-2} ;
- masse de la Terre : $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg ;
- rayon de la Terre : R_T = 6380 km.

1. Attraction gravitationnelle lors du saut

1.1. Donner, en fonction de G, R_T, H, m et M_T, l'expression de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur Félix Baumgartner lorsqu'il s'élance dans le vide à l'altitude H.

1.2. En assimilant le poids P à cette force d'attraction, déduire l'expression de l'intensité de la pesanteur g. L'intensité de la pesanteur g reste-t-elle constante au cours de la chute ? Justifier quantitativement.

2. Étude de la première phase du saut de Félix Baumgartner avec le modèle de la chute libre

Dans un référentiel terrestre supposé galiléen, le repère choisi possède un axe Oy vertical.
Dans cette première phase, on admet que l'accélération de la pesanteur g est égale à 9,71 $m.s^{-2}$.

2.1. Établir l'expression de l'accélération a_y de Félix Baumgartner. De quel type de mouvement s'agit-il ?

2.2. Établir l'équation horaire de son mouvement $y = f(t)$.

2.3. En déduire la date t_1 correspondant au record de vitesse de Félix Baumgartner.

2.4. Quelle distance Félix Baumgartner a-t-il parcouru lorsqu'il atteint cette vitesse maximale ? Quelle est alors son altitude H_1 ?

3. Dans la stratosphère, le modèle choisi de la chute libre est-il pertinent ?

3.1. Proposer un argument qui justifie l'utilisation précédente du modèle de chute libre.

3.2. En réalité, la distance parcourue par Félix Baumgartner lorsqu'il atteint sa vitesse maximale est supérieure à celle calculée à la question 2.4. Proposer un autre argument qui permette d'invalider le modèle de la chute libre.

4. Analyse des transferts d'énergie lors de la première phase du saut

Lors de la première phase de la chute, l'énergie mécanique se conserve-t-elle ? Argumenter votre réponse en identifiant les formes d'énergie mises en jeu et leurs variations.