



Chapitre 6 : Les outils de la mécanique newtonienne.

I. Comment décrire un mouvement ?

6 Choisir un référentiel d'étude (1)

Associer à chaque mouvement le référentiel d'étude adapté parmi les suivants :

héliocentrique; géocentrique; terrestre.

- Papillon voletant dans un jardin.
- Voiture en mouvement sur une route.
- Satellite Astra en orbite autour de la Terre.
- Planète Mars en orbite autour du Soleil.
- Avion de ligne effectuant un trajet Paris Toulouse.

7 Choisir un référentiel d'étude (2)

Pour chacune des situations suivantes, choisir le référentiel d'étude le plus adapté compte tenu du système :

- Terre tournant autour du Soleil ;
- satellite artificiel terrestre ;
- cycliste roulant sur une route ;
- Io en rotation autour de Jupiter.

21 Coordonnées du vecteur position

COMPÉTENCES Calculer; construire et exploiter un graphique.

« L'homme-canon » est un spectacle de foire, qui consiste à propulser d'un canon un homme convenablement protégé, par la brutale détente d'un ressort comprimé. Lors d'un spectacle, les équations horaires de l'homme-canon modélisé par un point matériel M dans un repère orthonormé $(O; \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ lié au référentiel d'étude sont :

$$x = 20 t; \quad y = -4,9 t^2 + 20 t + 2,5; \quad z = 0$$

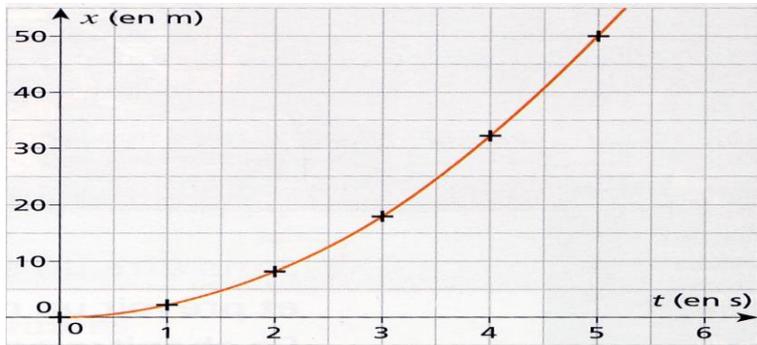
\vec{j} est vertical; \vec{i} et \vec{k} sont horizontaux.

Les coordonnées sont exprimées en mètre et les dates en seconde.

- La trajectoire est plane. Justifier cette affirmation.
- À l'aide d'un tableur ou d'une calculatrice, calculer les coordonnées du point M toutes les 0,5 seconde, de 0 à 4 s. Représenter ces positions.
- Déterminer graphiquement à quelle distance du canon il faut placer le matelas de réception.

**Exercice A1**

Déterminer les caractéristiques du vecteur vitesse du point G (centre d'inertie) d'un objet dont la trajectoire est défini par : $\vec{OM} = 3.t^2 \vec{i} + 8t \vec{j}$

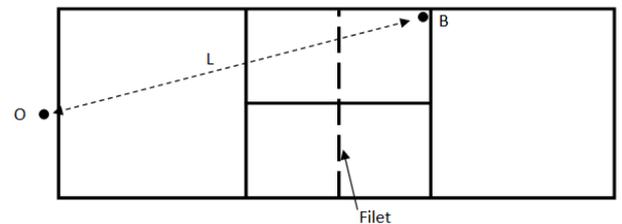
Exercice A2 : Evolution d'une voiture en ligne droite.

1. Le mouvement de la voiture se fait que dans une direction. Que peut-on dire de $y(t)$ et $z(t)$?
2. Sachant que l'équation horaire est de type parabolique, déterminer l'équation horaire du mouvement de la voiture.
3. Donner l'équation horaire de la vitesse. En déduire la valeur de la vitesse à $t = 3,0$ s.

Exercice A3 : Le tennis.

Un terrain de tennis est un rectangle de longueur 23,8 m et de largeur 8,23 m. Il est séparé en deux dans le sens de la largeur par un filet dont la hauteur est 0,920 m.

Lorsqu'un joueur effectue un service, il doit envoyer la balle dans une zone comprise entre le filet et une ligne située à 6,40 m du filet. On étudie un service du joueur placé au point O.



Ce joueur souhaite que la balle frappe le sol en B tel que $OB = L = 18,7$ m.

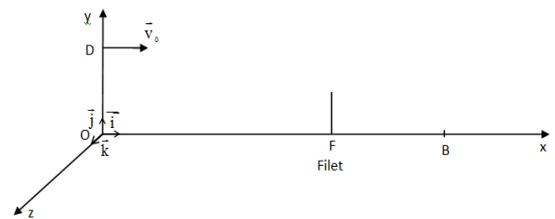
Pour cela, il lance la balle verticalement et la frappe avec sa raquette en un point D situé sur la verticale de O à la hauteur $H = 2,20$ m.

La balle part alors de D avec une vitesse de valeur $v_0 = 126 \text{ km.h}^{-1}$, horizontale comme le montre le schéma.

La balle de masse $m = 58,0$ g sera considérée comme ponctuelle et on considèrera que l'action de l'air est négligeable. L'étude du mouvement sera faite dans le référentiel terrestre, galiléen, dans lequel on choisit un repère Oxyz comme l'indique le schéma.

Les équations horaires paramétriques du mouvement de la balle sont :

$$\begin{aligned} x(t) &= v_0 t \\ y(t) &= \frac{-gt^2}{2} + H \\ z(t) &= 0 \end{aligned}$$



1. Donner les caractéristiques du vecteur vitesse de la balle et du vecteur accélération à tout instant.
2. Sachant que la distance $OF = 12,2$ m, la balle, supposée ponctuelle, passe-t-elle au-dessus du filet ?
3. Donner la valeur de la vitesse lorsque la balle passe au dessus du filet.
4. Montrer que le service sera considéré comme mauvais, c'est-à-dire que la balle frappera le sol en un point B' tel que OB' soit supérieur à OB .



22 Calculer les coordonnées des vecteurs vitesse et accélération

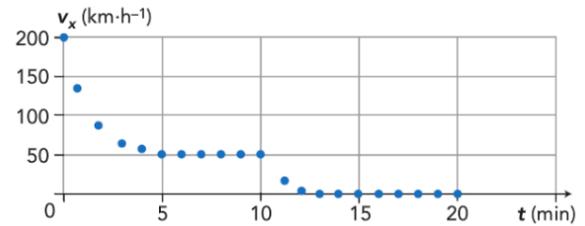
COMPÉTENCES Exploiter une relation ; exploiter un tableau.

- À partir des données de l'exercice précédent, calculer les coordonnées v_x et v_y du vecteur vitesse \vec{v} du point M à chaque instant.
- Quelle est la valeur du vecteur vitesse \vec{v}_1 à $t_1 = 1$ s ?
- Exprimer les coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération \vec{a} du point M à chaque instant.
- Que peut-on dire de l'évolution de la valeur du vecteur \vec{a} au cours du temps ? Qualifier ce mouvement.

24 Arrivée en gare d'un TGV

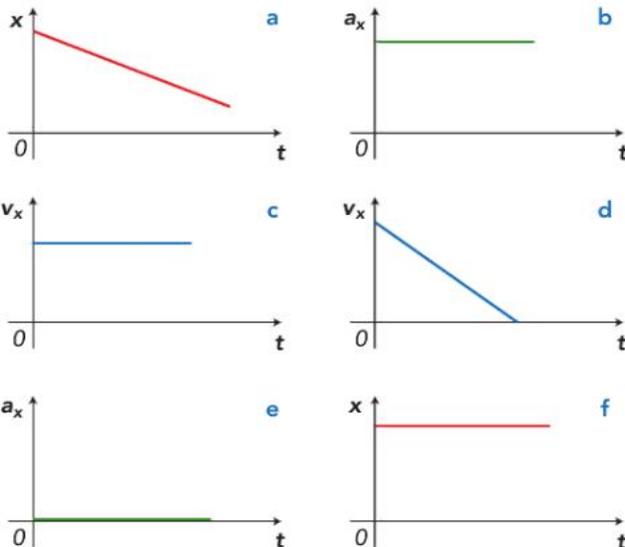
COMPÉTENCE Exploiter un graphique.

Le graphique ci-dessous représente l'évolution dans un référentiel terrestre de la coordonnée v_x de la vitesse d'un TGV sur une portion de voie rectiligne (Ox) à l'approche d'une gare.



- Décrire les différentes phases du mouvement du TGV.
- Que vaut la coordonnée a_x de l'accélération du TGV entre les dates $t_5 = 5$ min et $t_{10} = 10$ min puis à partir de la date $t_{13} = 13$ min ?
- Déterminer la coordonnée a_x de l'accélération aux dates $t_2 = 2$ min et $t_{11} = 11$ min.

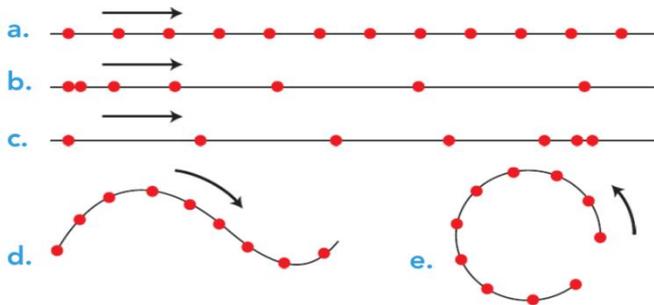
14 Analyser une représentation graphique



- Parmi les représentations graphiques ci-dessus montrant les évolutions temporelles de la position x , la vitesse v_x , l'accélération a_x d'un point matériel sur un axe (Ox), identifier, s'il y en a, celle(s) qui correspond(ent) à un système constamment immobile dans le référentiel.
- Identifier les représentations graphiques correspondant à un mouvement uniforme ou uniformément varié.

15 Reconnaître un mouvement

La position d'un point mobile est repérée à intervalles de temps égaux au cours de divers mouvements dans le même référentiel.



Dans chaque cas, indiquer la nature du mouvement.

Exercice A4 : Evolution d'une voiture.

Le héros de bande dessinée Rocketeer utilise un réacteur placé dans son dos pour voler.

Données :

- vitesse du fluide éjecté supposée constante : $V_f = 2 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$;
- masse initiale du système {Rocketeer et de son équipement} : $m_R = 120 \text{ kg}$
- intensité de la pesanteur sur Terre : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$;

- débit massique de fluide éjecté, durant la phase 1 du mouvement : $D_f = \frac{m_f}{\Delta t}$ où m_f est la masse de fluide éjecté pendant la durée Δt ;
- les forces de frottements de l'air sont supposées négligeables.



1. Mouvement ascensionnel de Rocketeer

Afin de tester le potentiel de son nouveau Jet-Pack, Rocketeer réalise quelques essais de mouvements rectilignes ascensionnels verticaux. Le mouvement de Rocketeer est composé de deux phases. Au cours de la phase 1, d'une durée $\Delta t_1 = 3,0 \text{ s}$, il passe de l'immobilité à une vitesse v_1 , vitesse qui reste constante au cours de la phase 2.

1.1. Pour la phase 1, donner la direction et le sens du vecteur accélération \vec{a}_G du système.

Que dire de l'accélération dans la phase 2 ? Justifier.

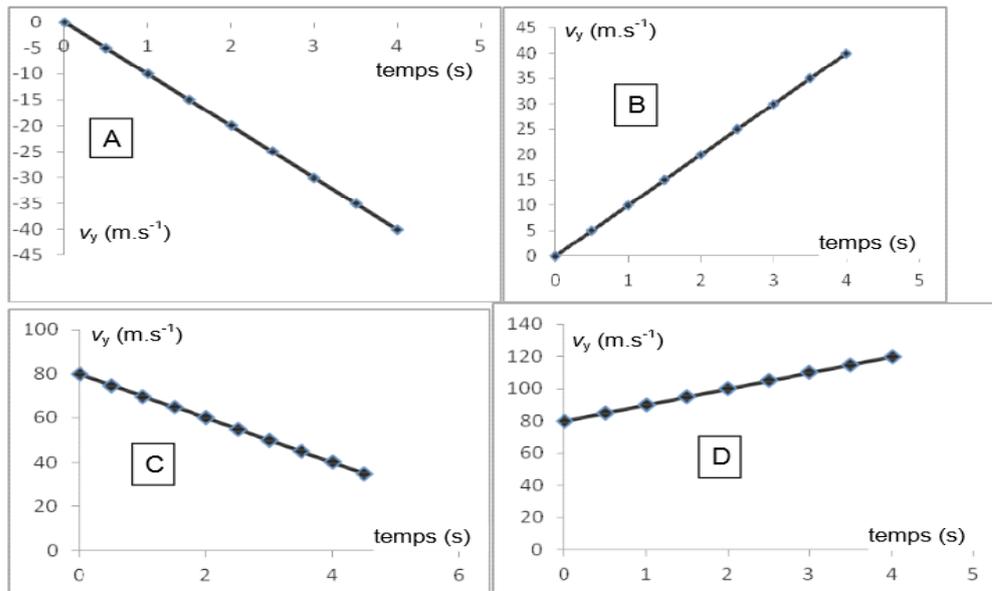
1.2. On assimile Rocketeer et son équipement à un système noté M dont on néglige la variation de masse (due à l'éjection des gaz) durant la phase 1 du mouvement. Juste après le décollage, la force de poussée \vec{F} est l'une des forces s'exerçant sur le système M. Quelle est l'autre force s'exerçant sur ce système ?

2. Problème technique

Après à peine quelques dizaines de mètres, le jet-pack ne répond plus et tombe en panne : au bout de 80 m d'ascension verticale, la vitesse de Rocketeer est nulle. Le « Super héros » amorce alors un mouvement de chute verticale. La position de Rocketeer et de son équipement est repérée selon l'axe Oy vertical dirigé vers le haut et la date $t = 0 \text{ s}$ correspond au début de la chute, soit à l'altitude $y_0 = 80 \text{ m}$.

2.1. Les représentations graphiques données proposent quatre évolutions au cours du temps de V_y , vitesse de Rocketeer suivant l'axe Oy. Quelle est la représentation cohérente avec la situation donnée ?

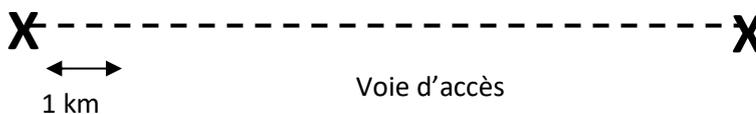
Représentation graphique de V_y en fonction du temps t



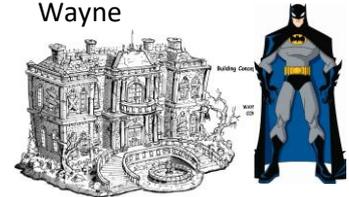
2.2. Lors de cette chute, la position de Rocketeer est donnée par l'équation horaire : $y(t) = -5t^2 + 80$ avec t en seconde et y en mètre.

À quelques kilomètres du lieu de décollage de Rocketeer se trouve le Manoir Wayne, demeure d'un autre super héros, Batman. Alerté par ses superpouvoirs dès le début de la chute de Rocketeer, ce dernier saute dans sa Batmobile, véhicule se déplaçant au sol.

Lieu du décollage de Rocketeer



Manoir Wayne



Quelle doit-être la valeur minimale de la vitesse moyenne à laquelle devra se déplacer Batman au volant de sa Batmobile pour sauver à temps son ami Rocketeer ? Commenter.

Exercice A5 : Définir et connaître des mouvements.

Un point mobile noté A se déplace dans un plan. L'étude est réalisée dans le repère d'espace $(O; \vec{i}, \vec{j})$.

L'enregistrement de son mouvement a permis d'obtenir l'expression de ses coordonnées en fonction du temps :

$$x(t) = 5t + 1 \text{ et } y(t) = 3 \text{ (} x \text{ et } y \text{ en mètre et } t \text{ en seconde).}$$

a. Donner l'expression du vecteur position à l'instant de date $t_0 = 0$ s.

b. Déterminer les coordonnées du vecteur vitesse.

c. Préciser la trajectoire du point A et les caractéristiques de son mouvement.

**Exercice A6 : Nature du mouvement.**

L'étude du mouvement d'un point mobile A de coordonnées x et y se déplaçant dans le repère d'espace $(O; \vec{i}, \vec{j})$ est effectuée à l'aide d'un enregistrement vidéo et d'un logiciel de pointage qui fournit les résultats ci-dessous.

t (s)	0,00	0,10	0,20	0,30	0,50	0,70
x (m)	0,00	0,15	0,30	0,45	0,75	1,05
y (m)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

- Représenter $x(t)$ en fonction du temps. En déduire une expression algébrique de $x(t)$.
- Déterminer les coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse.
- Quelle est la nature du mouvement du point mobile ?



II. Dynamique newtonienne

Exercice B1 : Objet au repos.

COMPÉTENCES S'approprier, connaître, réaliser, valider.

Un livre de masse $m = 300$ g est posé sur une table.

Faire l'inventaire des actions mécaniques qui s'exercent sur lui, puis représenter les forces qui les modélisent dans les deux cas suivants :

- la table est horizontale ;
- la table est inclinée d'un angle de 10° par rapport à l'horizontale et le livre ne glisse pas.

18 Déterminer des forces inconnues

Un skieur de masse $M = 60$ kg glisse à vitesse de valeur constante sur une piste rectiligne qui fait un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale.



Le skieur est modélisé par son centre de gravité S . On considère qu'il est soumis à trois forces :

- son poids \vec{P} ;
- l'action normale du sol \vec{R} (perpendiculaire au plan de la piste) ;
- une force de frottement \vec{f} (parallèle à la piste et de sens opposé au déplacement).

- Quelle relation vérifient ces forces ? Justifier.
- Schématiser, à l'échelle 1 cm pour 200 N et en respectant les angles, les vecteurs qui modélisent ces forces.
- Déduire de la construction les valeurs de \vec{R} et de \vec{f} .

Donnée : $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Exercice B2 : Exemples de quantité de mouvement.

- Définir le vecteur quantité de mouvement d'un point matériel et d'un système.
- Calculer la valeur p_1 de la quantité de mouvement d'une automobile de masse $m_1 = 1,0$ tonne se déplaçant à la vitesse de valeur constante $v_1 = 120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.
- Quelle doit être la valeur v_2 de la vitesse en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ d'un camion de masse $m_2 = 30$ tonnes pour que la valeur de sa quantité de mouvement soit égale à celle de l'automobile ?



13 Définir et calculer une quantité de mouvement

1. Quelle est la définition de la quantité de mouvement d'une bille de paintball? Préciser l'unité de chaque grandeur.
2. Calculer la valeur de la quantité de mouvement de la bille de paintball de masse $m = (3,5 \pm 0,1)$ g projetée avec une vitesse de valeur $v = (75 \pm 1) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
3. a. Donner un encadrement de la valeur de p , compte tenu des incertitudes sur m et v .

On rappelle que
$$\frac{U(p)}{p} = \sqrt{\left(\frac{U(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{U(v)}{v}\right)^2}$$

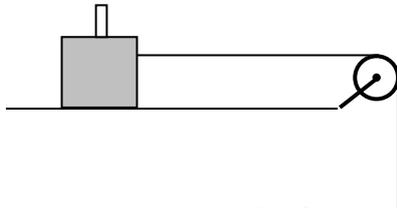
- b. Justifier le nombre de chiffres significatifs à retenir pour écrire la valeur de p .

Terminale S

Chapitre 6

Activité 1 : Etude d'un mouvement rectiligne.

On réalise le montage ci-dessous avec un palet de masse m . on accroche une masse de 100g.

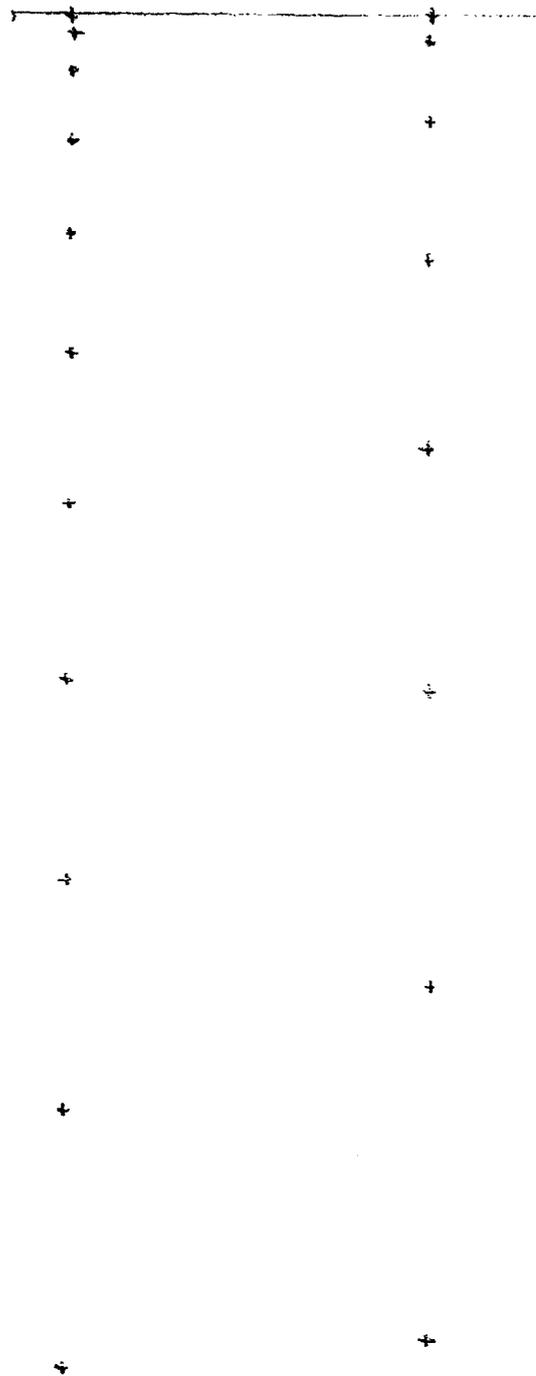


Durée entre 2 points : 40 ms

On obtient l'enregistrement ci-contre :

Masse du mobile 1
440g

Masse du mobile 2
220g



Questions pour le mobile 1.

- Numéroté les points expérimentaux (le premier point étant M0).
- Sans calcul indiquer le type de mouvement.

- Calculer la vitesse en M2, M4 et M6.

- Calculer la quantité de mouvement en M2, M4 et M6.

- Le mouvement étant rectiligne, on peut soustraire les quantités de mouvement. Calculer la variation de quantité de mouvement en M3 et M5.

Questions pour le mobile 2.

- calculer la variation de quantité de mouvement en M3

**28** Voiture au banc d'essai**COMPÉTENCE** Construire et exploiter un graphique.

Lors d'une séance d'essais, on enregistre la coordonnée v_x de la vitesse d'une voiture de masse $m = 1\,200$ kg pendant la phase de démarrage sur une portion de route rectiligne. L'axe (Ox) étant orienté dans le sens du mouvement, on obtient les résultats suivants :

t (s)	0	1	2	4	5	10	15	20
v_x ($m \cdot s^{-1}$)	0,0	2,5	5,0	10	12	22	28	33

t (s)	25	30	35	40	45	50	55	60
v_x ($m \cdot s^{-1}$)	38	41	43	45	46	46	46	46

- Représenter l'évolution de v_x en fonction du temps.
 - Repérer et caractériser les trois phases du mouvement. Décrire qualitativement l'évolution de la valeur de l'accélération sur chacune des phases.
 - Expliquer comment déterminer la coordonnée a_x de l'accélération du véhicule à différents instants, à partir de cette courbe?
- Calculer la valeur de l'accélération durant la première phase.
 - Calculer la valeur de l'accélération à la date $t = 25$ s.
- En déduire un ordre de grandeur de la valeur de la force motrice de la voiture à $t = 25$ s.

**EXERCICE : FÉLIX BAUMGARTNER**

Le 14 octobre 2012, Félix Baumgartner a réalisé un saut historique en inscrivant trois records à son tableau de chasse : celui de la plus haute altitude atteinte par un homme en ballon soit 39 045 m d'altitude, le record du plus haut saut en chute libre, et le record de vitesse en chute libre soit 1341,9 km.h⁻¹. Après une ascension dans un ballon gonflé à l'hélium, il a sauté vers la Terre, vêtu d'une combinaison spécifique en ouvrant son parachute au bout de 4 min et 20 s. Le saut a duré en totalité 9 min et 3 s.

D'après un article de « Pour la Science » janvier 2013

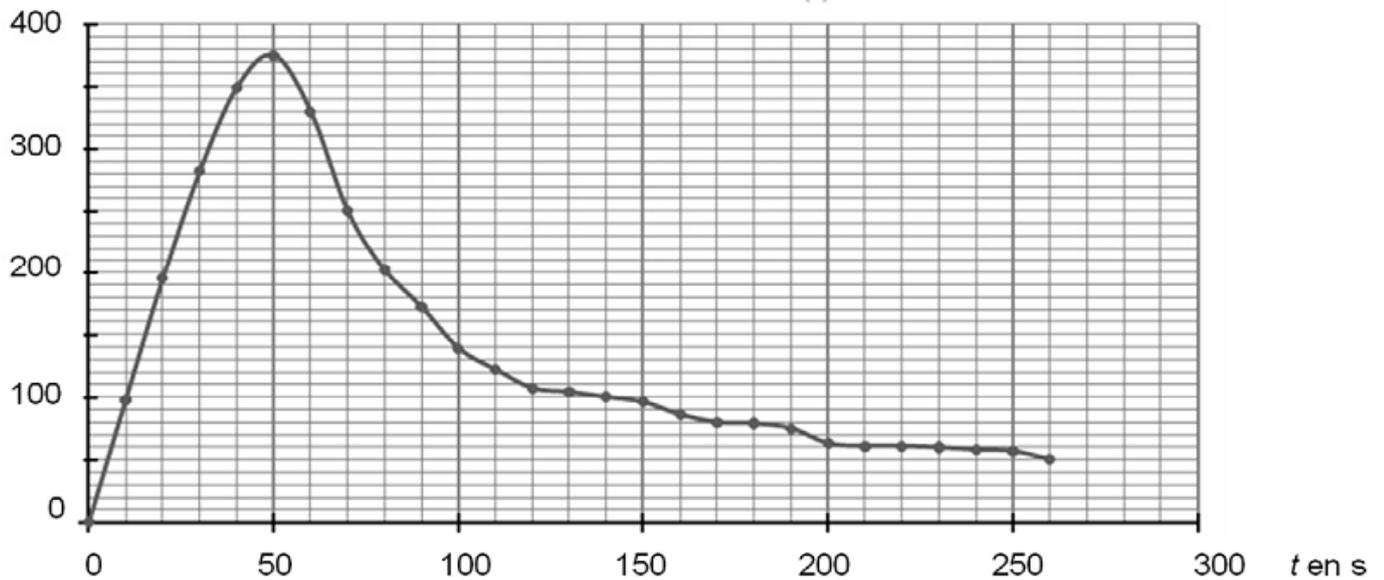
**Étude du saut de Felix Baumgartner**

La masse de Félix Baumgartner et de son équipement est $m = 120$ kg.

La date $t = 0$ correspond au début du saut de Felix Baumgartner.

v en m.s⁻¹

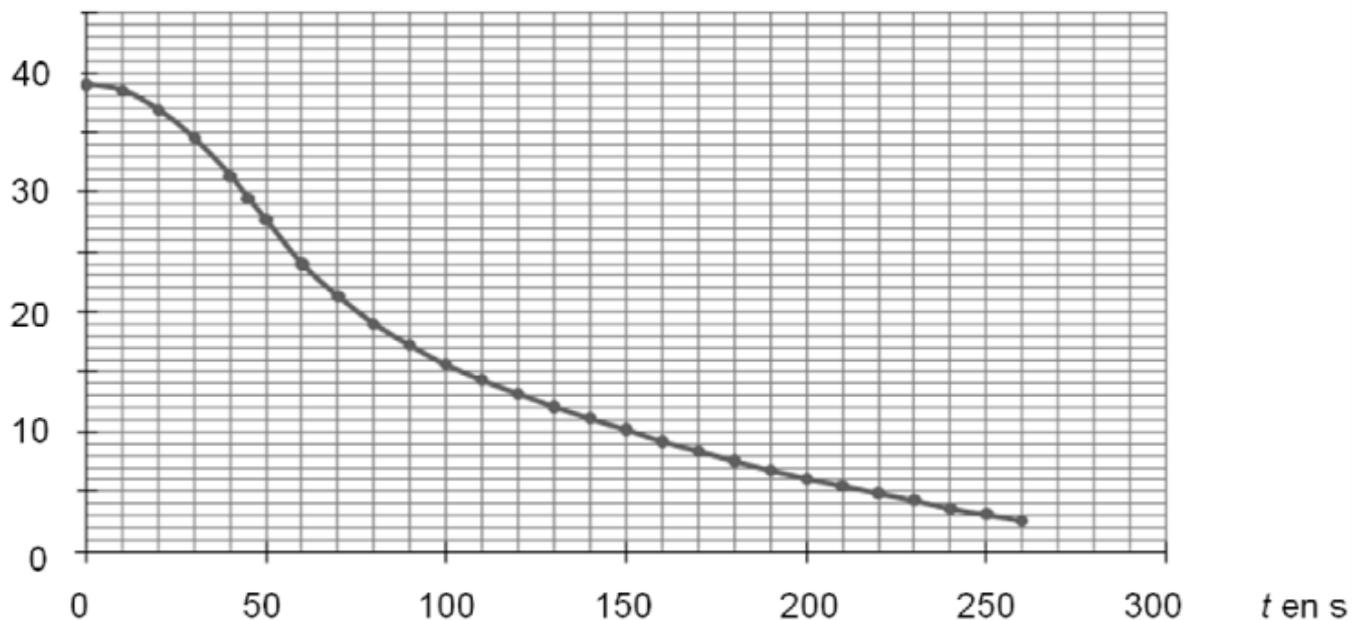
Courbe 1 : $v(t)$



Courbe 1 : évolution temporelle de la vitesse v de Félix Baumgartner, dans le référentiel terrestre, jusqu'à l'ouverture du parachute.

z en km

Courbe 2 : $z(t)$





Courbe 2 : évolution temporelle de l'altitude z par rapport au sol de Félix Baumgartner, jusqu'à l'ouverture du parachute.

D'après www.dailymotion.com/video/x15z8eh_the-full-red-bull-stratos-mission-multi-angle-cameras_sport

Données :

- l'intensité du champ de pesanteur est considérée comme constante entre le niveau de la mer et l'altitude de 39 km : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$;
- la célérité du son dans l'air en fonction de l'altitude est donnée dans le tableau ci-dessous :

Altitude (km)	10	20	30	40
Célérité du son (m.s^{-1})	305	297	301	318

- la vitesse d'un mobile dans un fluide est dite supersonique si elle est supérieure à la célérité du son dans ce fluide.
- Pour une chute libre sans vitesse initiale et sans frottement l'équation horaire est :
 $y = 1/2.g.t^2$

Le saut de Félix Baumgartner

On étudie le système {Félix Baumgartner et son équipement} en chute verticale dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen. On choisit un axe (Oz) vertical vers le haut dont l'origine O est prise au niveau du sol. Le système étudié, noté S, a une vitesse initiale nulle.

On négligera la poussée d'Archimède.

1. A l'aide de l'équation horaire, déterminer la hauteur de chute de Baumgartner à $t = 20\text{s}$.
2. A l'aide de l'équation horaire, déterminer sa vitesse instantanée à $t=20\text{s}$. Comparer cette hauteur de chute à la valeur réellement mesurée (courbe 1). Commenter le résultat obtenu.
3. Lors de son saut, Félix Baumgartner a-t-il atteint une vitesse supersonique ? Justifier.
4. Utiliser l'étude du saut de Félix Baumgartner (courbe 1) afin de déterminer la valeur de sa décélération pour $60\text{s} < t < 70 \text{ s}$.
5. Déterminer l'altitude à laquelle Félix Baumgartner ouvre son parachute.
6. En supposant que le système a un mouvement rectiligne et uniforme après l'ouverture du parachute et jusqu'à l'arrivée au sol, déterminer la valeur de la vitesse du système durant cette phase du mouvement. On rappelle que le saut a duré en totalité 9 min et 3 s.