

Nom: ..... Prénom: ..... Classe: ..... Date: .....

## Chute libre de Felix Baumgartner

Objectifs	Classe
<input type="checkbox"/> Cas de la chute libre à une dimension.	2 <sup>nde</sup>
<input type="checkbox"/> Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).	Durée
	1,5 h

### Contexte: la chute libre verticale<sup>1</sup>

Galilée a réalisé de nombreuses expériences sur la chute des corps. La légende voudrait qu'il ait lâché des objets depuis la tour de Pise. Ses travaux sur les mouvements de chute libre ont conduit au principe d'inertie, encore utilisé aujourd'hui. Plus tard, Felix Baumgartner a réalisé un saut en chute libre depuis la stratosphère.

#### Document 1: Galilée et la vitesse de chute des corps

Vers 1630, dans un ouvrage intitulé *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles*, Galilée écrit au sujet de la chute des corps dans le vide: "... en des temps égaux quelconques se produisent des additions égales de vitesse". Pour une chute libre sans vitesse initiale, cela se traduit aujourd'hui par "la valeur de la vitesse de chute est proportionnelle à la durée de la chute":

$$v = g \times \Delta t \quad (1)$$



À l'époque de Galilée, il était impossible de réaliser des chutes dans le vide pour vérifier cette relation qui montre en outre que la vitesse ne dépend pas de la masse du système.

Plusieurs siècles ont été nécessaires pour en obtenir la preuve expérimentale. C'est lors de la mission Apollo sur la Lune que des astronautes ont pu observer qu'une plume et un marteau tombaient à la même vitesse.

#### Document 2: le saut de Felix Baumgartner

"Le 14 octobre 2012, Felix Baumgartner est le premier à franchir le mur du son en chute libre en atteignant Mach 1,25 (1 357,6 km/h), 65 ans jour pour jour après le premier franchissement du mur du son en avion par Chuck Yeager.

Équipé d'une combinaison pressurisée munie d'un récepteur GPS et d'une centrale inertie permettant de mesurer sa vitesse et son orientation, ainsi que d'un enregistreur pour la validation de ses records, Felix Baumgartner prend place dans une capsule suspendue à un ballon gonflé à l'hélium et haut de 101 à 180 m (selon l'altitude et la pression), qui le hisse dans la stratosphère : il s'en élance à l'altitude de 38 969,4 mètres, et effectue une chute libre de 36 402,6 m, ouvrant son parachute à 2 566,8 m et battant ainsi les records du monde d'altitude atteinte par un homme en ballon, d'altitude de saut en parachute et de chute libre, homologués par la Fédération aéronautique internationale (FAI). " *D'après Wikipedia*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Travail en partie basé sur Hachette 2019.

<sup>2</sup> Voir [https://fr.wikipedia.org/wiki/Felix\\_Baumgartner](https://fr.wikipedia.org/wiki/Felix_Baumgartner)

1. Réaliser la vidéo d'une chute libre verticale sans vitesse initiale (lâcher la balle sans la lancer) depuis le second étage du hall du lycée. On n'oubliera pas de mettre un mètre étalon sur l'image et de cadrer la vidéo de manière à ce que le bord de l'image soit vertical. Choisir une balle ou tout autre objet qui n'est pas dangereux.  
⚠ Vous devez vous filmer brièvement pour que votre professeur puisse vous identifier et soit sûr que la vidéo est personnelle.
2. Réaliser le pointage à l'aide du logiciel *tracker* et de la fiche méthode. On pourra télécharger le logiciel de pointage à l'adresse suivante: <https://physlets.org/tracker/>. On fera particulièrement attention à:



- Ouvrir le logiciel *Tracker*.
- Changer la langue à français: « edit → Language → français »
- Enregistrer le projet sous le nom "nom1Prenom1\_Nom2Prenom2\_Classe".
- Cliquer sur l'icône « fichier » puis « ouvrir fichier ». Sélectionner votre vidéo.
- Lire la vidéo en cliquant sur la flèche verte en bas à gauche.
- Faire une rotation à la vidéo si nécessaire: « video → filtres → nouveau → pivoter ».
- Retourner au début de la vidéo sur la 1<sup>ère</sup> image (bouton  )
- Ajuster l'image de départ et de fin: déplacer le curseur (bouton  ) sur l'image d'intérêt (lorsque la balle quitte la main) puis clic droit « Définir l'image de départ ici » et pour l'image de fin (lorsque la balle touche le sol) « Définir l'image de fin ici ».
- Étalonner la chronophotographie en cliquant sur « Trajectoires → Nouveau → Outils de calibration → Bâton de calibration ». Sélectionner un point de départ et de fin (en faisant "shift + clic"). On ajustera la valeur de la longueur du bâton.
- Afficher le système d'axes en cliquant sur le bouton  . Choisir l'origine sur la position de la balle avant le mouvement. Choisir des axes orientés vers la droite et vers le haut.
- Ajouter des points à la trajectoire: « Trajectoires → Nouveau → Point Masse → "shift + clic" sur les positions de la balle ». Suivre ainsi la trajectoire entière.
- Dans la partie graphique de droite, choisir en cliquant sur le nom des axes  $y$  en ordonnées et  $x$  en abscisses: on obtient la trajectoire du mouvement.
- Dans la partie graphique de droite, choisir en cliquant sur le nom des axes  $v_y$  en ordonnées et  $t$  en abscisses: on obtient la vitesse verticale en fonction du temps.

3. Tracer la position verticale  $y$  en fonction du temps  $t$ .
4. Tracer la valeur de la vitesse  $v_y$  en fonction du temps  $t$ .
5. Donner la nature du mouvement (forme de la trajectoire + mouvement accéléré, ralenti ou uniforme).
6. Quelle est la seule force qui s'exerce sur la balle pendant la chute libre ?
7. Conclure sur la validité de l'affirmation de Galilée.
8. Regarder la vidéo à l'adresse suivante: <https://www.youtube.com/watch?v=YtH4tVAPU7Y>.
9. Si on considère que la vitesse est proportionnelle au temps, calculer la vitesse de Felix Baumgartner lorsqu'il ouvre le parachute, soit 258 s après avoir quitté le ballon.
10. Conclure sur la validité de la loi dans le cas du saut de Baumgartner. Si la loi n'est pas valide, expliquer pourquoi.
11. On donne ci-dessous le graphique de la vitesse de Felix Baumgartner en fonction du temps:



Recopier ce graphique (schématiquement) et le légéner avec les différentes phases du saut: début du saut, atterrissage, accélération, ralentissement, ouverture du parachute, chute avec le parachute, record de vitesse, vitesse supérieur à celle du son.

12. Existe-t-il une phase où le principe d'inertie peut s'appliquer ? Qu'en conclure quant aux forces qui s'exercent sur Felix durant cette phase ?
13. Partager votre travail (fichier *tracker*) en l'envoyant par mail à votre professeur.