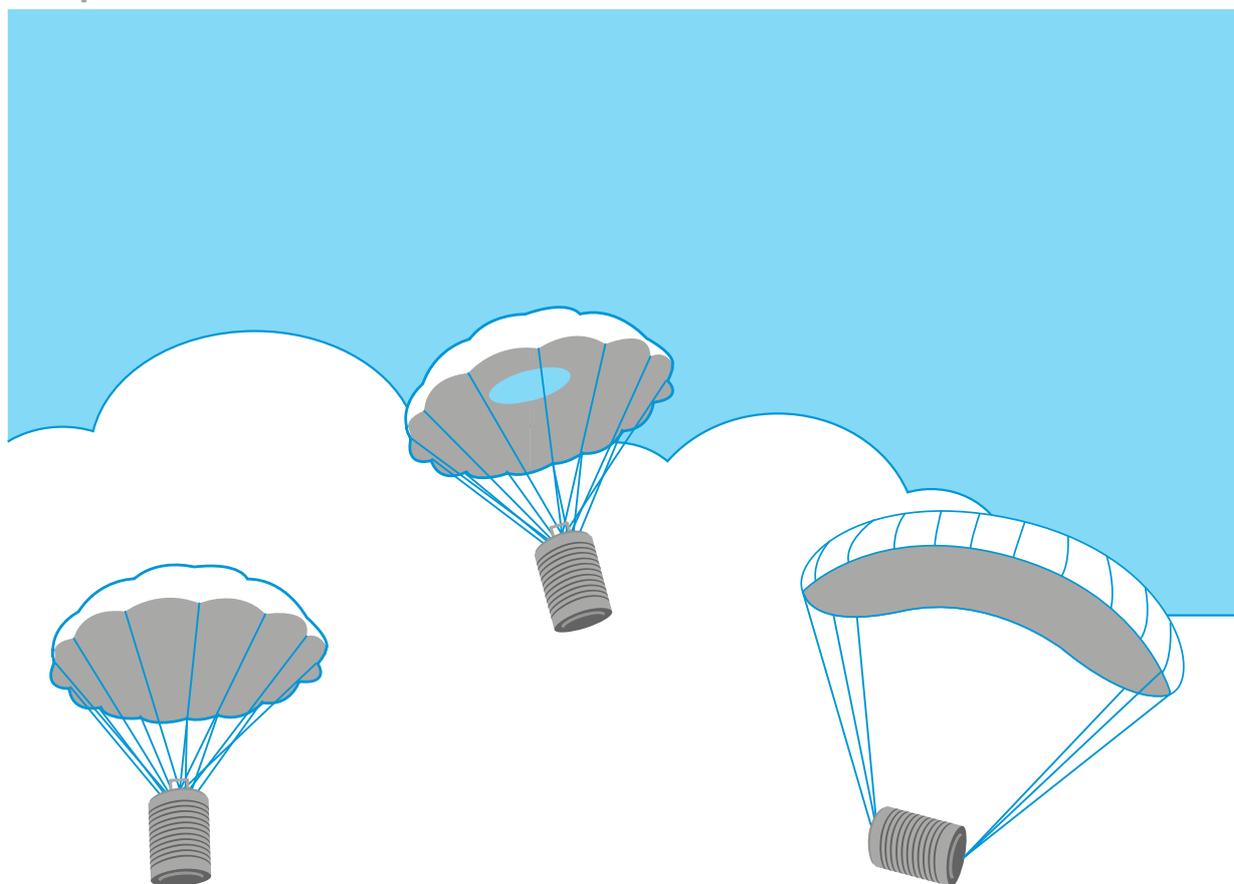
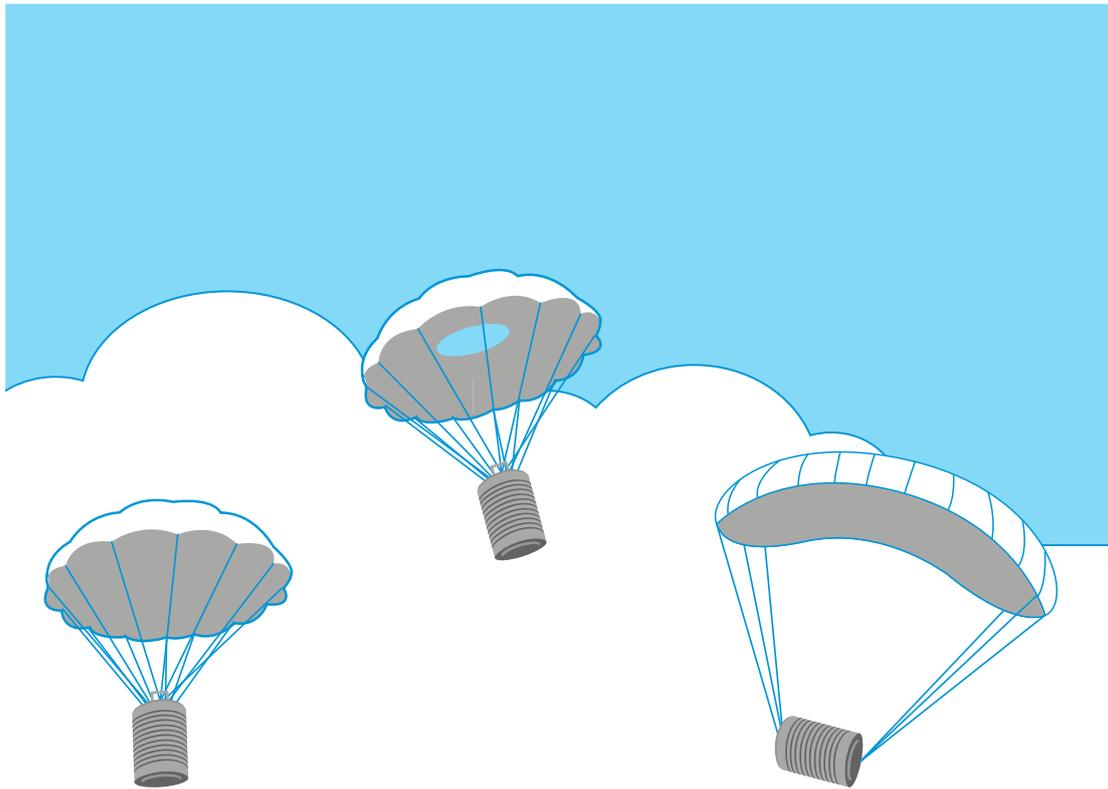


# teach with space

## → CONCEVEZ VOTRE PARACHUTE

Un guide pour atterrir votre CanSat en toute sécurité





Guide de l'enseignant	
Quelques faits	page 3
Résumé des activités	page 4
Activité 1 : Chute libre	page 5
Activité 2 : Les parachutes : un tel frein !	page 6
Activité 3 : L'importance de la surface et de la forme	page 7
Activité 4 : Lent et régulier pour gagner la course	page 9
Fiche de travail de l'élève	page 10
Lien	page 22

teach with space – design your parachute | T10  
[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)The ESA Education Office welcomes  
feedback and comments [teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)An ESA Education  
production in collaboration with ESERO Ireland

Copyright 2018 © European Space Agency

# → CONCEVEZ VOTRE PARACHUTE

## Un guide pour atterrir votre CanSat en toute sécurité

### Quelques faits

**Tranche d'âge :** 14-20 ans

**Liens avec le programme d'études :** Physique - Vitesse, accélération, accélération due à la gravité, vitesse terminale

**Complexité :** Moyen

**Temps de leçon requis :** 120 minutes

**Pièces justificatives :** Pour commencer avec CanSat

**Méthodologie :** Apprentissage basé sur l'enquête

**Mots clés :** Parachute, Traînée, Résistance à l'air, Gravité, Poids, Poids, CanSat

### Aperçu

Cette ressource donne aux élèves un bref aperçu des différentes options disponibles lors de la construction de leur parachute CanSat. Les élèves apprendront la physique sous-jacente des parachutes, leur conception et la façon de contrôler la vitesse de leur CanSat.

### Objectifs d'apprentissage

- Comprendre la différence entre le poids et la masse.
- Identifier les différents types de parachutes et discuter de leur conception et de leur construction.
- Apprécier pourquoi il est important de tester un parachute.
- Comprendre le concept de vitesse terminale.
- Représenter les graphiques en corrigeant les unités et les étiquettes.

## → Résumé des activités

Résumé des activités					
	Titre	Description	Résultats	Exigences	Temps
1	Chute libre	Les élèves font une expérience simple pour explorer le concept de la vitesse terminale.	Les élèves seront en mesure de décrire la vitesse terminale.	Rien	25 minutes
2	Parachutes: un tel frein!	Dans cette activité, les élèves sont initiés à la physique sous-jacente de la conception des parachutes.	Les élèves seront capables de décrire les facteurs importants de la chute libre.	Activités antérieures	15 minutes
3	L'importance de la surface et de la forme	Une gamme de modèles de parachutes et les conséquences qu'ils ont sur la chute d'un corps sont discutées.	Les élèves seront en mesure d'identifier un modèle de parachute approprié pour leur CanSat.	Activités antérieures	25 minutes
4	Lent et régulier pour gagner la course	Le lancement et la descente de CanSat sont étudiés plus en détail et les élèves ont l'occasion de tester leur parachute.	Les élèves seront en mesure de tracer des graphiques distance-temps et vitesse-temps du lancement et de la descente de CanSat.	Activités antérieures. Un parachute pour effectuer un test de chute	25 minutes

## → Introduction

Les parachutes sont un élément essentiel de toute mission CanSat. On pourrait pardonner qu'ils soient souvent négligés, étant donné qu'il s'agit souvent de simples pièces de tissu comparativement à l'électronique complexe qui se trouve dans le CanSat, mais ce serait une grosse erreur ! Sans un parachute bien conçu, votre CanSat pourrait ne pas avoir le temps d'atteindre ses objectifs scientifiques, ou pire encore, il pourrait s'écraser !

Dans cette ressource, nous explorerons la physique sous-jacente d'une descente en parachute et commencerons à comprendre les décisions qui entrent dans le choix d'un parachute approprié pour une mission CanSat. D'ici la fin de la ressource, vous devriez être assuré de pouvoir lancer et faire atterrir votre satellite CanSat en toute sécurité !

## → Activité 1 : Chute libre

Dans cette activité, les élèves explorent le concept de vitesse terminale et de chute libre en réalisant une expérience qualitative simple, en faisant tomber des billes dans l'huile et l'eau. En complétant cette activité, ils commenceront à comprendre l'importance du liquide dans les situations de chute libre.

## Exercice

### 1. Quelle est la fourchette de poids permise pour le satellite CanSat ?

La plage de **poids** autorisée est **2,9 -3,4N**. Une erreur courante ici est que les élèves confondent masse et poids et répondent 300-350g !

### 2. L'expérience du marteau et de la plume soulève une question intéressante : en quoi le lancement d'un satellite CanSat serait-il différent s'il était effectué sur la Lune ?

Sur la lune, les effets gravitationnels sont considérablement réduits, la gravité est d'environ 1/8 de la force ! Cela signifie qu'il y a beaucoup moins de forces agissant sur la fusée. Beaucoup de choses peuvent arriver avec un lancement de fusée sur la lune. Si la fusée est assez puissante, elle aura alors une vitesse suffisante pour échapper à l'attraction gravitationnelle de la lune et elle pourrait entrer en orbite. Si ce n'est pas le cas, la descente à la surface de la lune est également très différente. Comme il y a beaucoup moins d'air sur la lune, il y a moins de traînée. Cela pourrait compenser quelque peu la réduction de la force gravitationnelle et entraîner une vitesse de descente importante !

Dans cette question, vous ne devriez pas vous attendre à une analyse quantitative détaillée, car la compréhension physique requise est complexe, mais vous devriez rechercher des processus de pensée justifiés et une compréhension des principales différences entre les environnements de la Terre et de la Lune.

### 3. Comment la vitesse du marbre change-t-elle au fur et à mesure qu'il descend dans le cylindre ?

Si le cylindre que les élèves utilisent est assez long, les élèves devraient être capables d'identifier que les billes atteignent une vitesse terminale. Dans un premier temps, les billes accélèrent avant de se déplacer brièvement à vitesse constante avant d'atteindre le fond du cylindre.

Là encore, l'expérience est conçue pour être appréciée sur un plan qualitatif, le but étant que les élèves puissent identifier visuellement que la vitesse terminale est atteinte, ou approchée, pendant la descente.

### 4. À quoi vous attendriez-vous si vous remplaciez l'huile par de l'eau ? Notez votre prédiction et essayez-la !

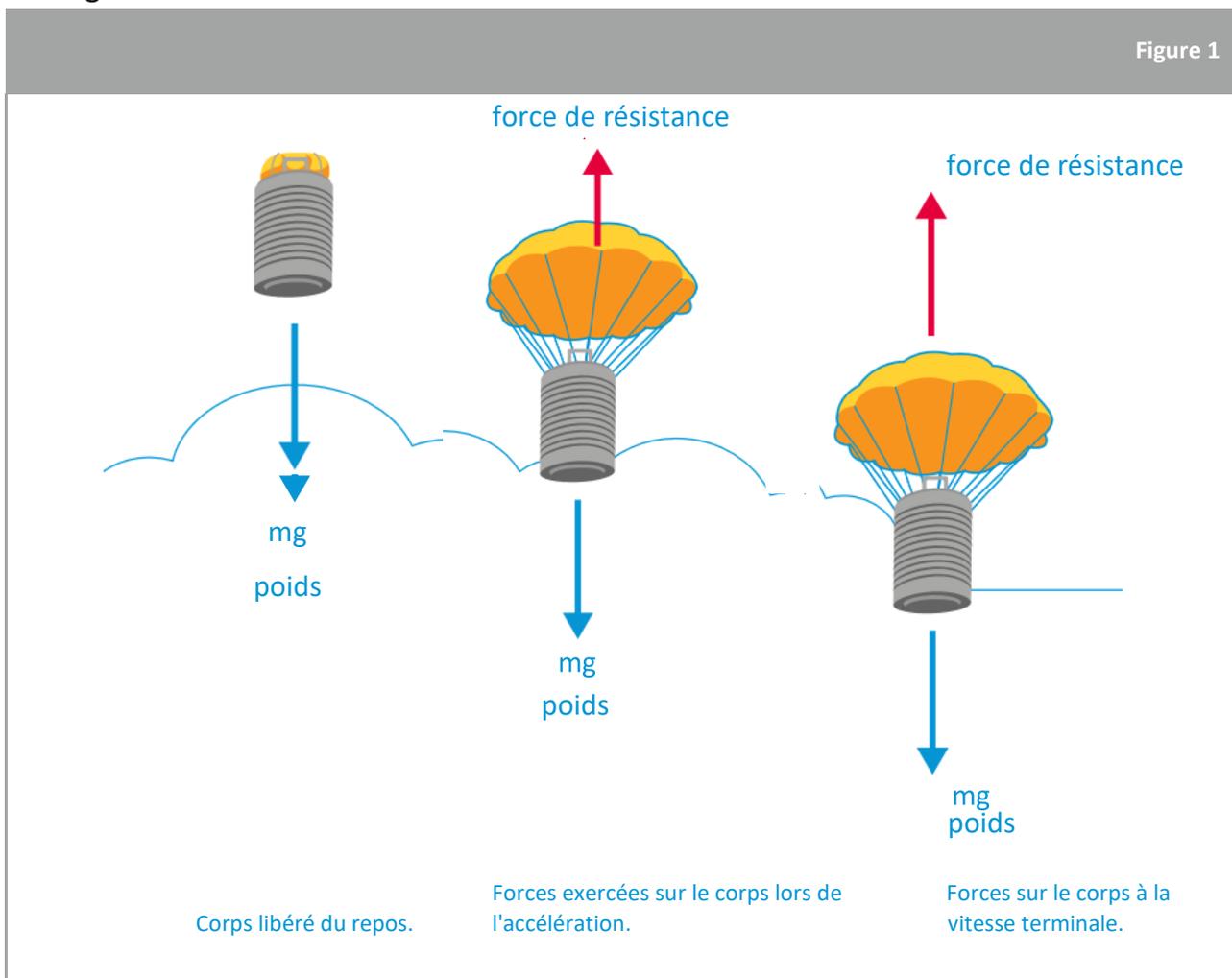
Lorsqu'ils sont répétés avec de l'eau, les élèves devraient être en mesure d'identifier une vitesse de descente accrue et une vitesse terminale plus élevée. Ceci est dû à des forces de résistance de l'eau inférieures à celles de l'huile.

## → Activité 2 : Parachutes - un tel frein !

Dans cette activité, les élèves reçoivent une introduction à la physique sous-jacente des parachutes. Les élèves apprendront comment calculer les forces agissant sur un parachute et comment décider de la zone dont ils ont besoin pour leur parachute. Ceci peut être calculé en considérant la deuxième loi de Newton et en équilibrant les forces agissant en régime permanent. Il est important de noter les simplifications qui sont faites dans ce calcul.

### Exercice

1. À l'aide de votre compréhension de l'expérience sur les billes, identifiez et nommez les forces qui agissent sur votre CanSat pendant sa descente sur les images ci-dessous. Vous devez indiquer leur magnitude relative avec la taille de la flèche.



↑ Les forces exercées sur un CanSat pendant le vol.

2. En supposant que la fusée lancera votre CanSat à une altitude de 1 000 m, selon le taux de descente requis dans les lignes directrices de CanSat, quel est le temps qui devrait s'écouler entre le lancement de votre CanSat et son atterrissage (sans tenir compte de la période d'accélération) ?

En supposant une distance de 1000 m et les restrictions sur la vitesse de descente incluses dans les lignes directrices de CanSat (8-11m/s), les élèves sont capables de calculer une plage de temps de descente prévus. Note : Pour des raisons de simplicité, nous négligeons toute période d'accélération et supposons une vitesse constante pour l'ensemble du 1000m. Dans la pratique, bien sûr, ce ne sera pas exactement le cas !

$$\begin{aligned}
 \text{As } t &= s/v & t_{\max} &= 1000/v_{\min} \\
 t_{\min} &= 1000/v_{\max} & &= 1000/8 \\
 &= 1000/11 & t_{\max} &= \mathbf{125s} \\
 t_{\min} &= \mathbf{90s}
 \end{aligned}$$

## → Activité 3 : L'importance de la forme

Dans cette activité, les élèves sont initiés aux principaux types de parachutes couramment utilisés dans les projets CanSat. Les considérations de conception sont discutées, ainsi que les aspects positifs et négatifs des différentes conceptions. Des liens sont fournis vers d'autres ressources, où les différents types sont discutés plus en détail.

### Exercice

1. **Quels facteurs de l'équation 3 (sur la feuille de travail de l'élève) peuvent être modifiés en même temps que la conception de votre système CanSat ?**

La surface de la voile peut être modifiée en rendant le parachute plus petit ou plus grand. Le coefficient de traînée peut être modifié en utilisant un autre style de parachute.

2. **D'après les coefficients de traînée ci-dessus (tableau 1 de la feuille de travail de l'élève), quel type de parachute donnera la vitesse de descente la plus lente ? Quelle est la vitesse de descente la plus rapide ?**

À l'aide de l'équation 3, les élèves seront capables d'identifier que le coefficient de traînée est inversement proportionnel à la vitesse, c'est-à-dire que plus le coefficient de traînée est **élevé**, plus la vitesse de descente est **faible** - cela a du sens !

Cela signifie que le parachute hémisphérique donnera la vitesse de descente la plus basse tandis que le parachute en croix et le parachute plat donneront la vitesse de descente la plus élevée.

3. **La conception en croix est facile à réaliser, mais la vitesse de descente par rapport à la conception semi-sphérique est trop rapide, que pourriez-vous faire pour contrôler cela ?**

En examinant de nouveau l'équation 3 et avec leur intuition, les élèves seront en mesure de suggérer qu'ils pourraient surmonter ce problème **en augmentant la surface du parachute**.

4. **Faire de A le sujet de l'équation 3.**

$$\text{Additionner } \quad | \quad \frac{1}{2} C_D \rho A v^2: \quad mg - \frac{1}{2} C_D \rho A v^2 = 0$$

$$mg = \frac{1}{2} C_D \rho A v^2$$

$$\text{Multiplier par } \quad \mathbf{2}: \quad 2mg = C_D \rho A v^2$$

$$\text{Diviser par } \quad C_D \rho v^2: \quad A = \frac{2mg}{C_D \rho v^2}$$

Les élèves peuvent ensuite utiliser cette équation pour calculer la surface de parachute nécessaire pour obtenir une vitesse de descente donnée.

5. Maintenant que vous avez l'équation avec la surface comme sujet, calculez la gamme des surfaces autorisées pour les différents types de parachutes dont nous avons discuté, en supposant une masse CanSat de 350g. Vous pouvez remplir les valeurs du tableau ci-dessous (tableau 2 de la fiche de travail de l'élève). Souviens-toi : La plage de vitesse autorisée est de 8-11m/s.

Les élèves devraient utiliser l'équation qu'ils ont trouvée dans l'exercice 4 pour répondre à cet exercice.

Pour calculer les surfaces minimales et maximales, ils peuvent utiliser les limites données sur la vitesse de descente.

Table 1			
Type de parachute	Coefficient de traînée	Aire minimum (m <sup>2</sup> )	Aire maximum (m <sup>2</sup> )
Hémisphérique	0.62	0.08	0.14
Croix	0.8	0.06	0.11
Plat, hexagonal	0.8	0.06	0.11

Il est important de noter que ces chiffres sont pour notre expression physique simplifiée, dans la pratique, les étudiants devraient faire une démonstration de leur parachute afin de déterminer les e minimums et maximums autorisés.

6. Si vous changez votre parachute d'un parachute croisé à un parachute hémisphérique, comment devez-vous changer la surface du parachute pour qu'il tombe à la même vitesse que précédemment ?

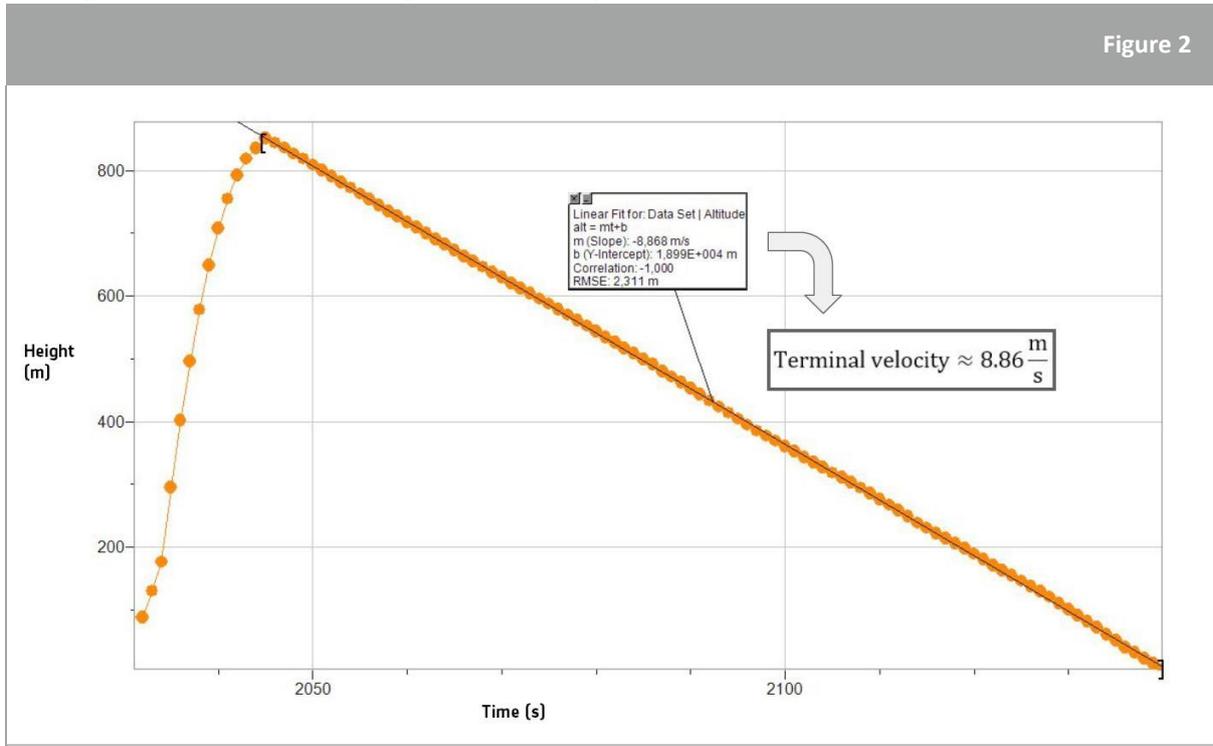
L'exercice final de cette activité aide à renforcer la compréhension des élèves. Ils devraient être capables d'identifier que le passage d'un parachute croisé à un parachute hémisphérique est une augmentation du coefficient de traînée, et donc pour maintenir la même vitesse de descente, une diminution de la surface du parachute est nécessaire. Les élèves peuvent aller un peu plus loin et quantifier la diminution requise en utilisant l'équation, mais ce n'est pas nécessaire.

## → Activité 4 : Lent et régulier pour gagner la course

Dans cette activité, les élèves reçoivent des conseils sur la façon d'effectuer un test de chute pour leur parachute. Il est important de garder à l'esprit les lignes directrices de CanSat lors du test de leur parachute, afin de s'assurer qu'il est conforme aux lignes directrices de la compétition.

### Exercice

1. Sur le graphique ci-dessous, ajoutez une courbe indiquant comment vous vous attendez à ce que la hauteur change avec le temps, du lancement d'un CanSat à l'atterrissage, en supposant qu'il n'y a aucune vitesse latérale due à la stabilité. Pour vous aider à tracer la courbe, pensez à la façon dont la vitesse change et à l'effet que cela a sur la forme de la courbe.

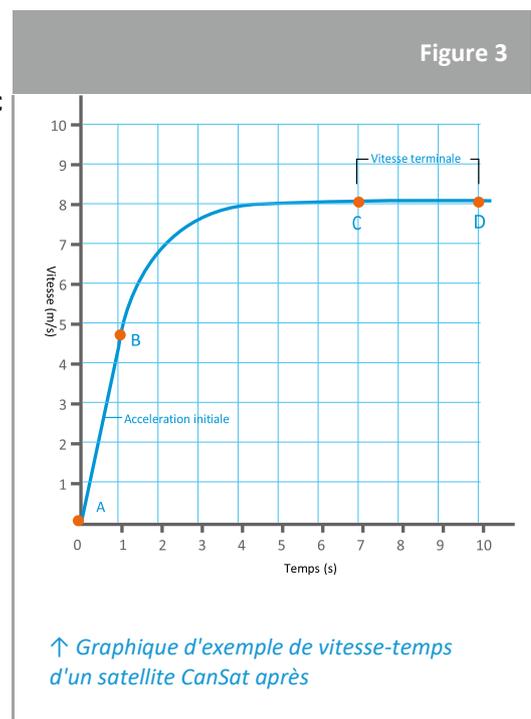


↑ Graphique Altitude-Temps présenté au concours européen CanSat 2018 par l'équipe AnaCan Skywalker, du Danemark

La première partie de la courbe correspond à la montée avec la fusée. A environ 800 m, le CanSat est libéré et tombe à une vitesse approximativement constante (vitesse terminale). La vitesse terminale peut être calculée comme la pente de la ligne droite à partir de la chute.

2. Comme nous l'avons fait pour la hauteur, traçons maintenant une courbe sur le graphique ci-dessous montrant comment la vitesse du CanSat change avec le temps pendant la descente (nous ne prendrons pas en compte la montée avec la fusée ici). De cette façon,  $t = 0$  serait le rejet de CanSat par la fusée.

Une fois le CanSat libéré à l'altitude maximale, le CanSat aura un moment d'apesanteur où la vitesse et l'accélération seront égales à 0, puis le CanSat commencera à accélérer (A-B) jusqu'à atteindre sa vitesse finale. Grâce au parachute, la phase d'accélération est extrêmement faible (négligeable lors du calcul de la vitesse). Dans le reste de l'automne, le CanSat avec le parachute aura une constante vitesse terminale (B-C).



## → CONCEVEZ VOTRE PARACHUTE !

### Un guide pour atterrir votre CanSat en toute sécurité

#### → Aperçu

Une fois votre satellite CanSat lancé, l'une des choses les plus importantes est qu'il atterrisse en toute sécurité. Sans un atterrissage en toute sécurité, le CanSat risque d'être endommagé au-delà de toute réparation. La façon la plus évidente de permettre à votre CanSat d'atterrir en toute sécurité est d'attacher un parachute, un dispositif qui fonctionne en réduisant la vitesse de l'objet qui tombe, ce qui entraîne un atterrissage plus doux. L'avantage d'un parachute est double : en réduisant la vitesse du CanSat, vous augmentez le temps disponible pour recueillir des données ! Nous allons maintenant examiner le fonctionnement d'un parachute et certaines des considérations que vous devez prendre en compte lors de la conception et de la fabrication de votre parachute.

#### → Activité 1 : Chute libre

La vitesse terminale est l'un des concepts les plus importants que nous devons comprendre avant de penser à construire un parachute. Dans cette activité, nous réaliserons une expérience simple pour nous aider à comprendre ce qu'est la vitesse terminale.

#### Ce qui monte, doit redescendre

Tout sur terre est tiré vers le bas en raison de la force de gravité, qui est causée par la masse de la Terre.

Le poids d'une chose est la force qu'elle subit en raison de la gravité agissant sur sa masse : **poids = masse x gravité** ; ( $P=mg$ ).

Selon les lignes directrices de CanSat, **la masse** de CanSat doit se situer entre **300 et 350 g**, ou entre 0,3 et 0,35 kg.

#### Exercice

1. Quelle est la fourchette de poids permise pour le satellite CanSat ?

---

Lorsqu'un objet tombe sous l'influence de la gravité, il prend de la vitesse ou accélère. Sur Terre, ceci à  $9.81\text{m/s}^2$ . Imaginons que nous lancions deux objets d'un bâtiment où il y a un vide. Comme il n'y a pas de fluide pour exercer une force résistive, les deux objets tomberont à la même vitesse croissante (même s'ils ont des masses complètement différentes) !

Ce fait peut être anti-intuitif, car sur Terre, l'air exerce une force résistive sur les objets qui tombent. C'est pourquoi, par exemple, une plume tombe plus lentement qu'un ballon.

La clé est le milieu dans lequel les objets tombent - qu'il s'agisse d'air, d'huile ou d'un vide.

## Le saviez-vous ?

L'astronaute David Scott a fait la démonstration de ce principe lors de l'alunissage d'Apollo 15. Il lâcha un marteau géologique et une plume de la même hauteur sur la surface de la lune. Parce que la lune est essentiellement un vide, il y a peu ou pas de résistance à l'air, et donc les deux objets sont tombés à la même vitesse ! Ici, vous pouvez voir le marteau et la plume surlignés sur la surface de la lune.



2. L'expérience du marteau et de la plume soulève une question intéressante : en quoi le lancement d'un satellite CanSat serait-il différent s'il était effectué sur la lune ?

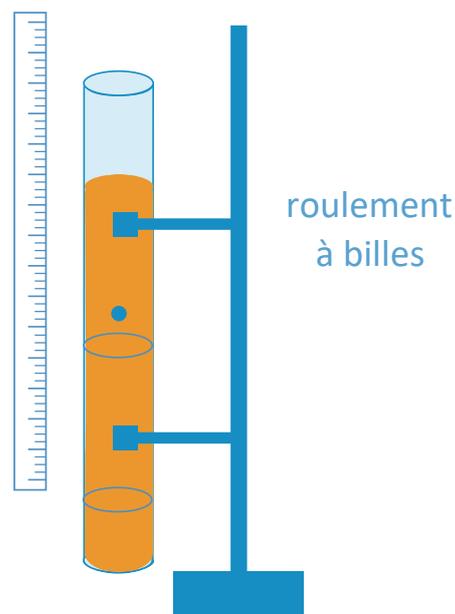
## Étude de l'effet d'un fluide sur la chute d'objets

Qu'arrive-t-il à un objet lorsqu'il tombe dans un fluide ? Faisons une petite expérience pour le savoir.

### Experiment

Pour cette expérience, vous aurez besoin de :

- Support de serrage
- Un cylindre de mesure, ou tube de verre (plus grand et plus large, mieux c'est)
- Huile (le glycérol fonctionne bien) ou pâte à papier peint
- Une règle
- Roulements à billes, ou billes de différentes tailles
- Bandes élastiques
- Un chronomètre (vous pouvez utiliser la minuterie de votre téléphone portable)
- Un aimant (si vous utilisez des roulements à billes métalliques)
- Eau



**Remarque :** Si vous utilisez un cylindre de mesure en verre, il est recommandé de placer un bouchon en caoutchouc ou une boule de coton au fond du cylindre, afin d'éviter que le roulement à billes ou le marbre ne craque le verre.

L'aimant peut aider à tirer les roulements à billes hors du cylindre une fois qu'ils sont tombés.

## Étapes:

### a. Si vous avez un iPhone :

1. Installez l'équipement comme indiqué sur la figure ci-dessus.
2. Téléchargez l'application 'Vernier Video Physics' :  
<https://itunes.apple.com/us/app/vernier-video-physics/id389784247>
3. Enregistrez pendant que vous laissez tomber une bille dans le cylindre.
4. Utilisez les fonctionnalités de l'application pour calculer la vitesse du marbre à chaque point.
5. Répétez l'expérience !

### b. Si vous avez un téléphone Android :

1. Installez l'équipement comme indiqué sur la figure ci-dessus.
2. Téléchargez l'application 'VidAnalysis Free' :  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vidanalysis.free>
3. Enregistrez pendant que vous laissez tomber une bille dans le cylindre.
4. Utilisez l'application pour calculer la vitesse du marbre à chaque point.
5. Répétez l'expérience !

### a. A l'ancienne !

1. Installez l'équipement comme indiqué sur la figure ci-dessus.
2. Commencez le chronomètre en laissant tomber la bille dans le cylindre.
3. Arrêtez le chronomètre lorsque le marbre parcourt une distance donnée - selon la vitesse du marbre, tous les 5 cm devrait être possible. Vous devrez probablement effectuer ces mesures sur plusieurs essais.
4. Utilisez ces mesures pour calculer la vitesse du marbre à chaque point.
5. Répétez l'expérience !

## Exercice

3. Comment la vitesse du marbre change-t-elle au fur et à mesure qu'il descend dans le cylindre ?
- 

4. À quoi vous attendriez-vous si vous remplaciez l'huile par de l'eau ? Notez votre prédiction et essayez-la !
- 

Contrairement au vide, dans un fluide, un objet en chute atteindra (éventuellement) une **vitesse terminale**. La vitesse terminale se produit lorsque les forces résistives, ou forces de traînée, opposées à l'objet qui tombe, sont égales à la force de la gravité agissant sur la masse de l'objet. Un objet qui tombe dans l'air a beaucoup moins de contact avec les particules environnantes que s'il tombe à travers l'huile. Par conséquent, il y a moins de résistance à son mouvement, et il est capable de tomber plus vite. Dans l'air, nous appelons cette **résistance de l'air** ; vous connaissez probablement très bien ce terme.

La quantité de traînée (ou les forces résistives lors d'une chute à travers un autre fluide tel que l'huile), dépend de :

1. La densité du fluide ( $\rho$ )
2. La vitesse de l'objet ( $V$ )
3. La section transversale ( $A$ )
4. Le coefficient de traînée ( $C_d$ )

Dans la prochaine section, nous examinerons comment toutes ces variables influent sur la baisse de CanSat.

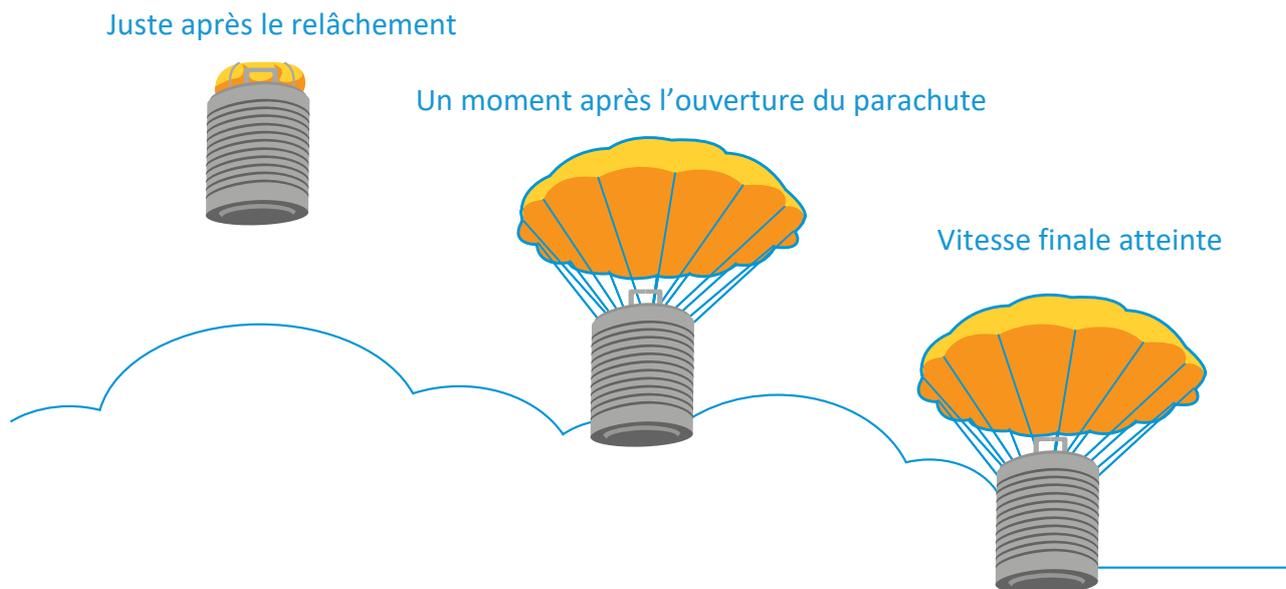
## → Activité 2 : Parachutes - un tel frein !

Il existe des moyens de réduire la vitesse terminale d'un fluide peu visqueux, comme l'air - par exemple, augmenter la surface projetée en contact avec l'air - en utilisant un parachute.

### Exercice

1. À l'aide de votre compréhension de l'expérience sur les billes, identifiez et nommez les forces qui agissent sur votre CanSat pendant sa descente sur les images ci-dessous.

Vous devez indiquer leur magnitude relative avec la taille de la flèche.



### Que la force soit avec votre parachute

Analysons maintenant les forces impliquées dans ce processus, en choisissant la direction du CanSat (vers le bas) comme direction positive de la force. La première force qui nous vient à l'esprit est le poids du CanSat, une force qui est dirigée vers le bas (car elle est le résultat de l'attraction de la terre).

$$F_{\text{gravité}} = m g z \quad \text{équation 1}$$

là où

$m$  = masse du satellite CanSat (typiquement 0,35 kg)

$g$  = accélération due à la gravité = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Lorsque le CanSat descend dans les airs, il subit une force de traînée (qui s'oppose au poids) due au parachute :

$$F_{\text{Trainée}} = 1/2 C_D \rho A v^2 z \quad \text{équation 2}$$

$A$  = surface du couvert végétal

$C_D$  = coefficient de traînée du parachute - cette valeur dépend de la forme/géométrie du parachute ; des exemples de valeurs sont donnés dans la section suivante.

$\rho$  = densité locale de l'air, supposée constante à 1,225 kg/m<sup>3</sup>.

$v$  = vitesse de descente du CanSat en m/s

Comme le dit la 2e loi de Newton :

$$F_{\text{net}} = \sum F = ma \hat{z}$$

**Note:** Durant la chute, cette force nette ne sera pas nulle pendant quelques secondes (elle s'accélération et décélérera pendant un court moment), mais nous la négligerons maintenant, car la majeure partie du temps de chute de CanSat sera à sa vitesse terminale.

En supposant que, lorsque la vitesse terminale est atteinte,  $a=0$ , et donc  $F_{\text{net}}=0$ . Cela nous donne :

$$F_{\text{gravité}} + F_{\text{Trainée}} = 0$$

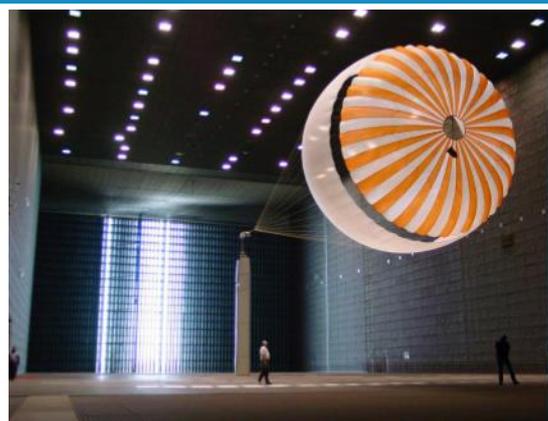
Par conséquent, en équilibrant les forces dans l'axe z, on obtient l'équation suivante :

$$mg - 1/2 C_D \rho A v^2 = 0 \quad \text{équation 3}$$

Plus tard, une fois que vous aurez décidé de la conception de votre parachute, vous pourrez réorganiser cette équation et utiliser les contraintes sur la vitesse de descente pour calculer la surface requise pour votre parachute. N'oubliez pas, nous avons fait quelques approximations ici ; vous aurez encore besoin de tester et de mesurer la vitesse de descente de votre parachute !

### Le saviez-vous?

Le vaisseau spatial viking qui a envoyé avec succès un atterrisseur à la surface de Mars en 1976 a été fabriqué d'une manière très similaire aux parachutes que vous allez concevoir. Le défi unique que Mars posait était son atmosphère. Avec une atmosphère inférieure à 1% de l'épaisseur de celle de la Terre et une vitesse supersonique, un parachute seul n'était pas suffisant pour assurer un atterrissage lent et stable. Pour résoudre le problème, les ingénieurs de la NASA ont utilisé des fusées pour aider à l'atterrissage - malheureusement, vous ne serez pas en mesure de faire de même et vous devez donc perfectionner votre conception de parachute !



[Le parachute du vaisseau spatial Viking pendant les essais](#)

Selon les lignes directrices de CanSat, quelques secondes après le déploiement de son parachute (c.-à-d. après le lancement), il devrait avoir un **taux de descente (vitesse terminale)** entre **8 et 11 m/s**. Pas trop lent qu'il dérive loin du site de lancement, pas trop rapide qu'il n'a pas le temps de collecter les données et risque un atterrissage dur.

**Note :** L'aérodrome pourrait déterminer d'autres restrictions obligatoires sur la vitesse de descente.

### Exercice

2. En supposant que la fusée lancera votre CanSat à une altitude de 1 000 m, selon le taux de descente requis dans les lignes directrices de CanSat, quel est le temps qui devrait s'écouler entre le lancement de votre CanSat et son atterrissage (sans tenir compte de la période d'accélération) ?

---



---

### →Activité 3 : L'importance de la surface et de la forme

Dans cette activité, nous examinerons certains des principes de base de la conception d'un parachute. Nous discuterons également des principaux types de parachutes que vous rencontrerez lors de la conception du vôtre, ainsi que des avantages et des inconvénients de chacun.

## Choisir les matériaux de votre parachute

Le déploiement du parachute sera relativement violent, donc le tissu et les fibres que vous utilisez doivent être solides. Tenez compte du fait que la force que subit le parachute (et aussi la charge utile à laquelle il est attaché) peut atteindre le double de la force agissant pendant la vitesse terminale ! Dans cette analyse, nous nous concentrerons sur l'impact de votre parachute sur la vitesse terminale. Cependant, il ne faut pas oublier que la vitesse terminale (vitesse verticale) n'est pas le seul facteur important : les différents modèles de parachutes ont des performances de "stabilité" différentes, et nous devons également prendre en compte la vitesse latérale. En général, plus la traînée est élevée, moins le parachute est stable.

Les matériaux appropriés sont les fils de nylon et le tissu ripstop, qui peuvent être achetés dans un magasin de couture.

Ces matériaux sont parfaitement adaptés au parachute. Un point faible majeur est le point d'attache de la corde et du matériel de parachute. Ne pas utiliser de ligne à poisson.

Lorsque vous coupez le tissu, vous devez tenir compte du fait qu'une partie du tissu doit être doublée pour pouvoir le coudre.

## Choisir le design de votre parachute

Voyons l'équation de notre descente de CanSat :

$$mg - \frac{1}{2} C_D \rho A v^2 = 0 \quad \text{équation 3}$$

## Exercice

1. Quels facteurs de l'équation 3 peuvent être modifiés en même temps que la conception de votre système CanSat ?

---



---

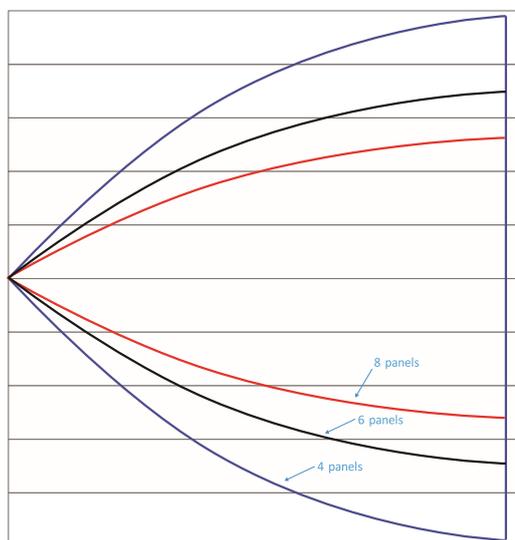


---

## Formes de parachute

Les types de parachutes les plus simples sont les parachutes circulaires plats et les parachutes sphériques. Le problème de ces modèles est qu'ils se remplissent d'air et s'inclinent d'un côté pour évacuer l'air.

Parfois, un trou de déversement peut aider à stabiliser un parachute. Nous explorerons brièvement quelques-unes des différents types de parachutes que vous pouvez concevoir pour votre parachute **hémisphérique** CanSat.



Un parachute hémisphérique est probablement le design qui vient immédiatement à l'esprit quand on vous demande de penser à un parachute. Le tissu forme un hémisphère lorsqu'il est rempli d'air. Il est fait à partir de sections appelées 'gores'. Chaque gore est cousu ensemble pour former la forme hémisphérique complète. Plus on utilise de gores, plus la forme se rapproche d'un véritable hémisphère, mais plus le processus de production est complexe.

L'angle sous-tendu par les deux côtés intérieurs du trou diminue au fur et à mesure que vous ajoutez des trous. L'angle peut être calculé à l'aide de la formule ci-dessous :

Ici, vous pouvez voir trois parachutes hémisphériques typiques facilitant la descente du module Orion. Remarquez les différentes couleurs, vous pouvez voir comment les gores séparés s'assemblent pour former la forme hémisphérique.



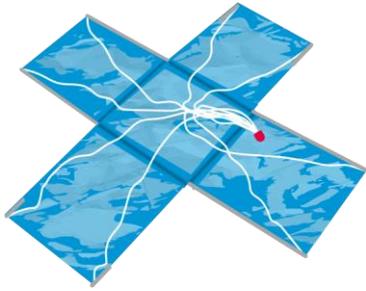
La procédure de construction d'un parachute hémisphérique est la suivante :

- Tout d'abord, tracez la forme des gores dans le matériau et découpez-les, en veillant à prévoir un bord d'environ 2 cm pour l'ourlet.
- Coudre les bords ensemble pour former la forme du parachute.
- Enfin, cousez des lignes directrices/cordes sur le parachute\* pour permettre de l'attacher à votre CanSat.

\* Notez que normalement les lignes passent par les gores : la charge de l'air n'est pas prise par le gore lui-même mais par les lignes. Habituellement, une ligne part du point de confluence, court tout le long d'un trou, passe par l'autre et revient au point de confluence.

### Cross parachute

Un parachute croisé est plus facile à coudre qu'un parachute semi-sphérique car la forme régulière est plus facile à créer à la main.

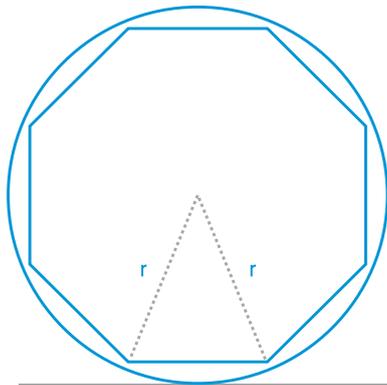


Des informations sur la fabrication d'un parachute croisé peuvent être trouvées ici : <http://www.nakka-rocketry.net/xchute1.html>

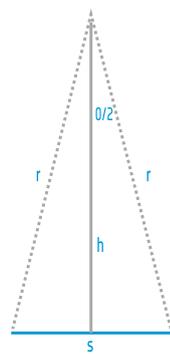
#### Paraglider

Vous avez peut-être déjà rencontré un design de parapente si vous êtes intéressé par le parapente. Le plus grand avantage de la conception d'un parapente est qu'il est possible de le piloter. Cependant, il est plus difficile à concevoir et à fabriquer que les modèles plus simples ci-dessus.

### Flat parachute



Les parachutes plats sont les parachutes les plus couramment disponibles, créés à partir de figures géométriques plates telles que des hexagones ou des octogones.



La figure montre que le parachute octogonal est constitué de 8 triangles égaux.

Voici quelques types de parachutes adaptés à un CanSat, dont les coefficients de traînée sont indiqués dans le tableau ci-dessous. Pour en savoir plus sur les coefficients de traînée, voir Annexe I.

Table 1

Type de parachute	Coefficient de traînée $C_D$	Commentaires
Hémisphérique	0.62-0.77	Très courant ; prend beaucoup de temps à faire
Croix	0.6-0.8	Facile à faire ; populaire pour CanSats
Parapente	0.75-1.10	Conception compliquée ; atterrissage guidé possible
Plat, hexagonal	0.75-0.8	Facile à faire, populaire pour CanSats

Si vous voulez faire votre propre parachute plat, vous aurez besoin :

- Matériau approprié - le tissu anti-déchirure est la meilleure solution
- Cordes/cordes pour connecter le CanSat au parachute
- Fil à coudre les ourlets et les bords du parachute et les cordons.

Le processus est très simple, il suffit de prendre votre tissu et de le couper à la taille et à la forme désirées, en utilisant un pochoir pour vous guider. Il est préférable de laisser quelques centimètres autour du bord afin de pouvoir les replier pour renforcer la structure. Coupez les cordons de connexion à une longueur appropriée et cousez-les sur le parachute et vous êtes prêt à les tester !

## Exercice

2. A partir des coefficients de traînée ci-dessus, quel type de parachute donnera la vitesse de descente la plus lente ? Quelle est la vitesse de descente la plus rapide ?

---



---

3. La conception en croix est facile à réaliser, mais la vitesse de descente par rapport à la conception semi-sphérique est trop rapide, que pourriez-vous faire pour contrôler ça.

---



---

## Déterminer la superficie

Maintenant que nous avons les vitesses maximale et minimale (8-11 m/s) et les différents coefficients de traînée des différents types de parachutes, nous pouvons calculer la surface nécessaire de notre parachute.

### Exercice

4. Faire de A le sujet de l'équation 3 :

5. Maintenant que vous avez l'équation avec la surface comme sujet de l'équation, calculez la gamme des surfaces autorisées pour les différents types de parachutes dont nous avons parlé, supposez une masse CanSat de 350g. Vous pouvez remplir les valeurs dans le tableau ci-dessous.

**Souviens-toi : La plage de vitesse autorisée est de 8-11m/s**

Table 2			
Type de parachute	Coefficient de traînée (e.x.)	Aire minimum	Aire maximum
Hémisphérique	0.62		
Croix	0.8		
Parapente	0.8		
Plat, hexagonal	0.8		

6. Si vous changez votre parachute d'un parachute croisé à un parachute hémisphérique, comment devez-vous changer la surface du parachute pour qu'il tombe à la même vitesse que précédemment ?

---



---

## → Activité 4 : Lent et régulier pour gagner la course

Une fois que vous avez décidé d'un design pour votre parachute, il est essentiel que vous le testiez. Alors que les équations que nous avons présentées ci-dessus peuvent vous donner une idée de ce à quoi vous pouvez vous attendre, vous devriez toujours tester vos designs dans le monde réel. Avant de faire cela, vous devriez penser au vol de votre CanSat et à la façon dont les forces qui agissent sur lui changeront avec le temps.

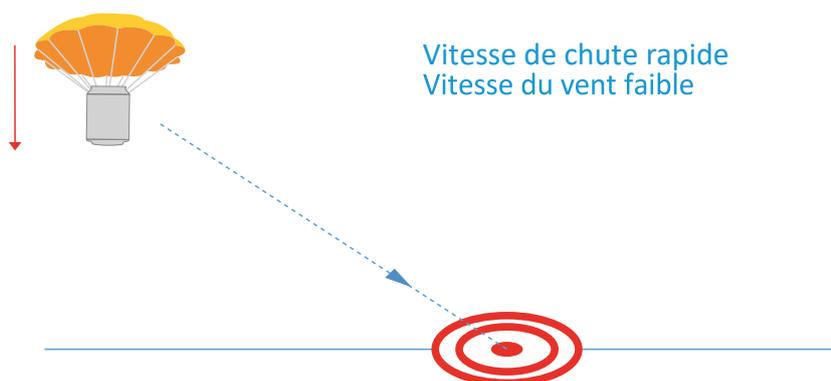
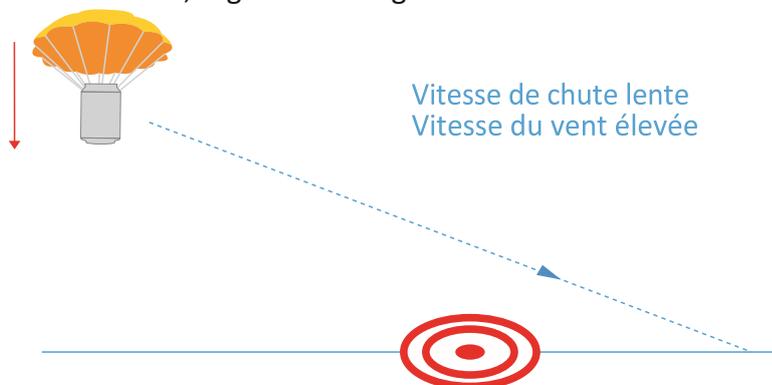
### Ce qui monte doit redescendre

Pensons d'abord à la façon dont la hauteur et la vitesse de votre CanSat changeront pendant tout le lancement. Après avoir fait ceci, nous mettrons toute notre compréhension ensemble, de sorte que vous soyez prêt à construire et tester votre propre parachute !

Lorsque vous pensez à la descente de votre CanSat, il faut tenir compte de la façon dont le vent peut affecter sa trajectoire de vol. Lorsque le CanSat tombe verticalement, un vent horizontal peut souffler le CanSat dans la direction horizontale. De plus, tenez compte du fait que même en l'absence de vent, certains types de parachutes (par exemple cruciformes) peuvent obtenir une grande vitesse latérale en raison de leur stabilité.

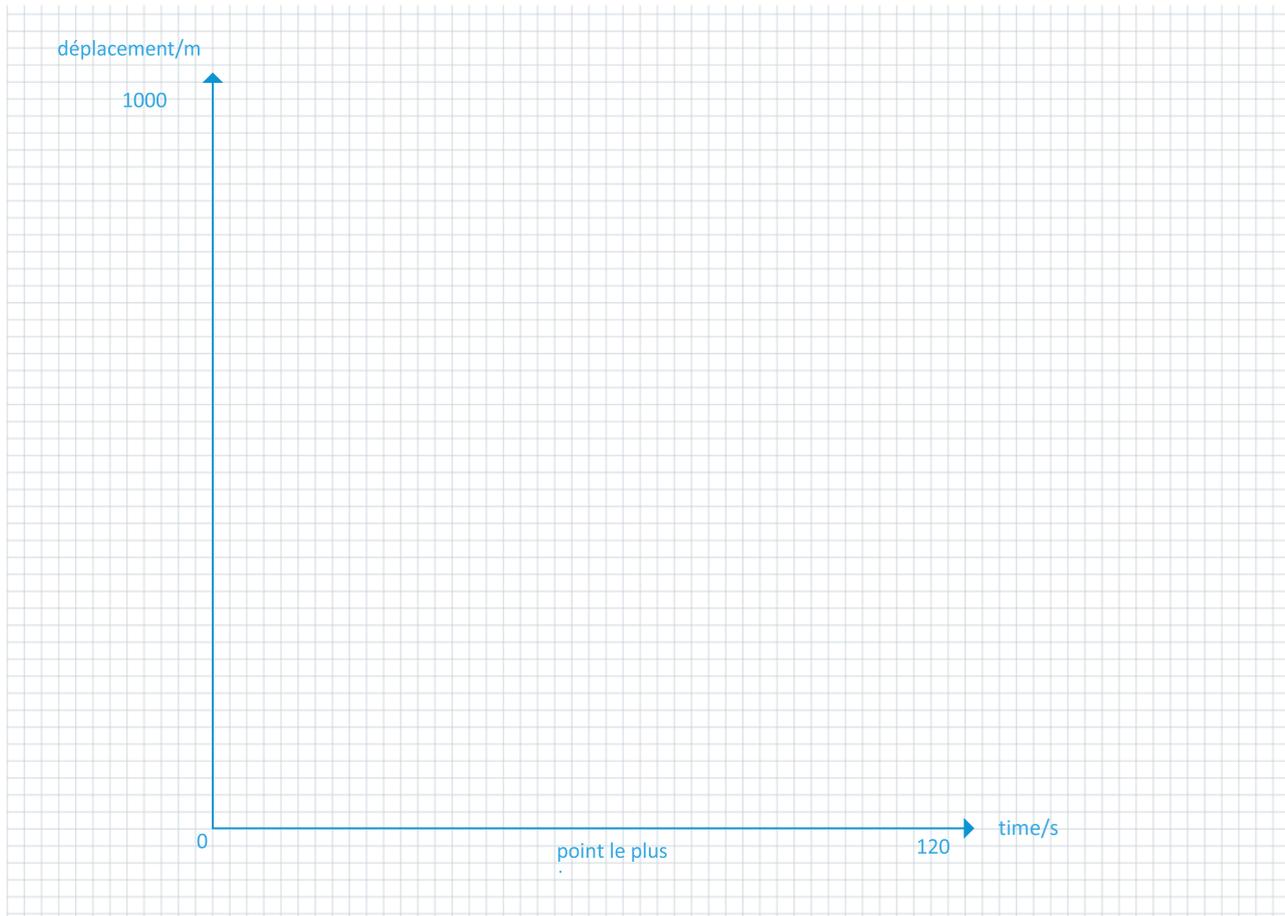
Selon la vitesse de descente et la vitesse du vent, cela peut signifier que le CanSat atterrit sur le sol à une distance significative de l'endroit où il a été lancé - c'est une des raisons pour lesquelles la vitesse de descente est si importante. Si votre CanSat descend trop lentement, il peut être projeté loin du site de lancement et être difficile à récupérer !

Pour voir cet effet plus clairement, regardez le diagramme ci-dessous.



## Exercice

1. Sur le graphique ci-dessous, ajoutez une courbe indiquant comment vous vous attendez à ce que la hauteur change avec le temps, du lancement d'un CanSat à l'atterrissage, en supposant qu'il n'y a aucune vitesse latérale due à la stabilité. Pour vous aider à tracer la courbe, pensez à la façon dont la vitesse change et à l'effet que cela a sur la forme de la courbe.



**N'oubliez pas :** Dans le cadre du concours européen CanSat, CanSat est lancé à une hauteur de 1 000 m!

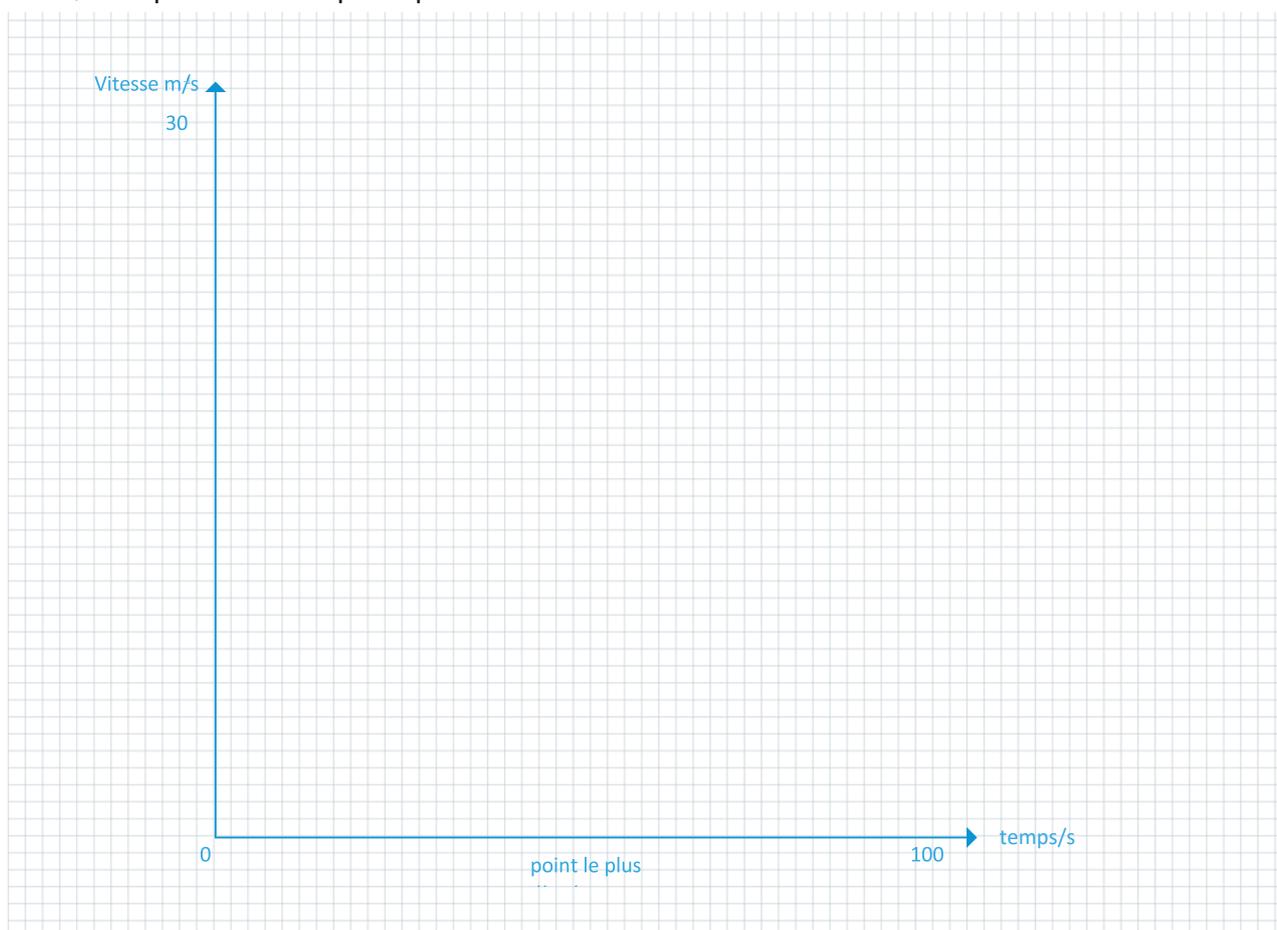
La partie la plus importante du lancement pour nous en ce moment, c'est la descente du point le plus haut vers le sol, car c'est là que le parachute entre en jeu.

Nous allons réfléchir à la façon dont la vitesse du CanSat varie avec le temps pendant sa descente.

2. Comme nous l'avons fait pour la hauteur, tracez une courbe sur le graphique ci-dessous montrant comment la vitesse du CanSat change avec le temps pendant la descente (nous ne prendrons pas en compte la montée avec la fusée ici). De cette façon,  $t=0$  serait le lancement du satellite CanSat de la fusée.

Pensez aux questions suivantes avant d'esquisser la courbe :

- Quelle est la vitesse du satellite CanSat lorsqu'il est lancé ?
- À quelle vitesse le satellite CanSat accélère-t-il vers la Terre ?
- Que se passe-t-il lorsque le parachute s'ouvre ?



### - C'est l'heure du test ?

Maintenant que vous avez une bonne compréhension du comportement d'un CanSat lors d'un lancement, et des forces qui agissent sur lui, vous devriez penser à tester votre parachute. Afin de ne pas risquer de gaspiller le temps et les efforts que vous avez consacrés à construire votre CanSat, vous devriez d'abord tester le parachute avec un faux CanSat !

#### Santé et sécurité

Avant de commencer l'examen, vous devez vous assurer d'avoir la supervision de votre professeur. La chute du parachute et de la boîte d'une hauteur, telle qu'une fenêtre au 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> étage, fournira un bon premier test pour le parachute, mais vous devriez vous assurer que la zone ci-dessous est bien dégagée de tout passant ou objet qui pourrait être endommagé !

Avec des tests successifs, vous pouvez affiner la conception de votre parachute, étudier les effets de chaque aspect de votre parachute, ce qui devrait inclure :

- Le matériel utilisé
- Comment il est rattaché au satellite CanSat
- La zone du parachute
- La façon dont le parachute est plié

À l'approche de la conception finale de votre parachute, assurez-vous que la charge utile de votre test correspond plus précisément au poids et à la taille de votre CanSat actuel.

Si tout est conforme aux directives de CanSat, alors votre parachute est prêt !

## → Lien

Le site Web de Fruitychutes contient de plus amples informations sur la conception d'un parachute :

[https://fruitychutes.com/help\\_for\\_parachutes/how\\_to\\_make\\_a\\_parachute.htm](https://fruitychutes.com/help_for_parachutes/how_to_make_a_parachute.htm)

Informations sur la conception d'un parachute croisé:

<http://www.nakka-rocketry.net/xchute1.html>

Les mathématiques des parachutes plats sont discutées ici :

[https://www.sunward1.com/imagespara/The%20Mathematics%20of%20Parachutes\(Rev2\).pdf](https://www.sunward1.com/imagespara/The%20Mathematics%20of%20Parachutes(Rev2).pdf)

Plus d'informations sur les différents types de conception de parachutes :

<http://www.hsl.org.au/articles/parachutes.pdf>

Informations de fond sur Wikipédia sur les parachutes :

<https://en.wikipedia.org/wiki/Parachute>