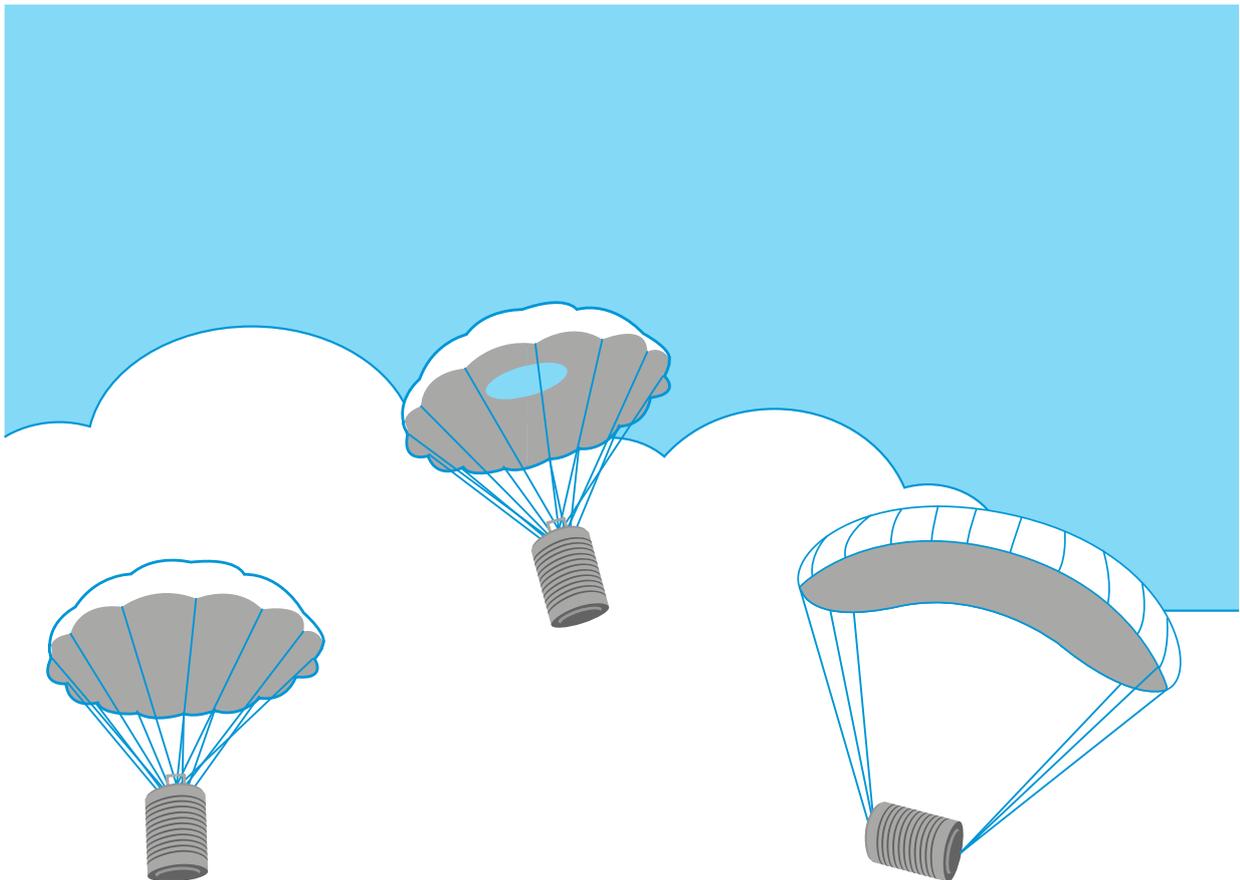
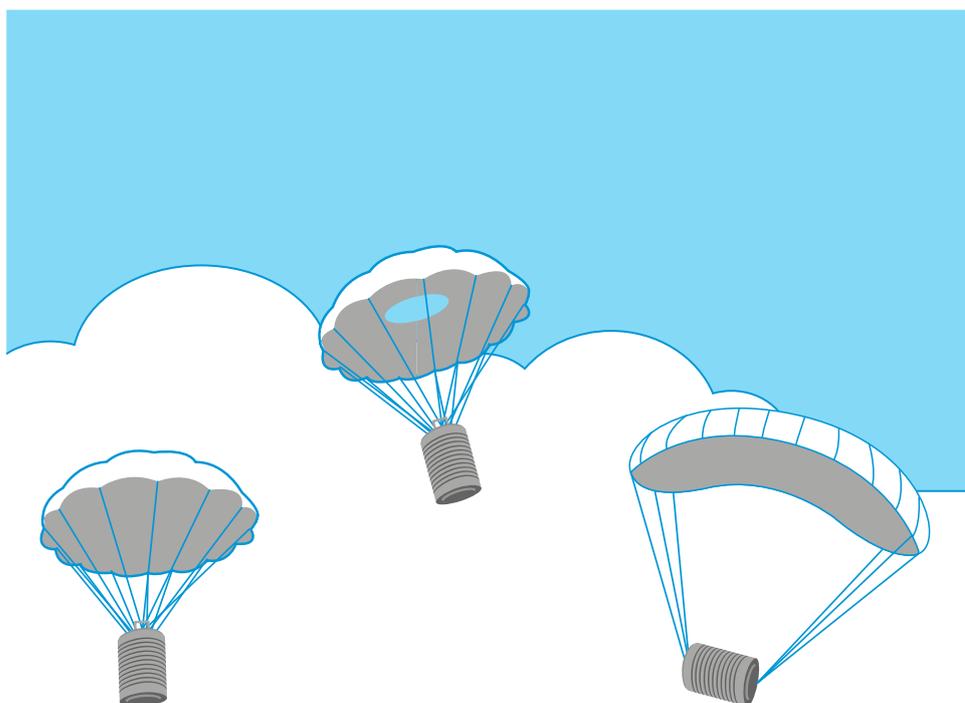


teach with space

→ CONÇOIS TON PARACHUTE

Un guide pour faire atterrir ton CanSat en toute sécurité





Éléments clés	page 3
Résumé des activités	page 4
Introduction	Page 4
GUIDE DU PROFESSEUR	page 5
Activité 1 : Chute libre	page 5
Activité 2: Les parachutes : une telle corvée !	page 6
Activité 3: L'importance de la surface et de la forme	page 7
Activité 4 : Lenteur et Régularité font gagner la course	page 9
FICHE ELEVE	page 11
Liens Utiles	page 22

teach with space – Conçois ton parachute | T10

www.esa.int/education (EN)

www.esero.fr ou <https://www.planete-sciences.org/espace/CanSat/CanSat-Lycees> (FR)

Vos commentaires et retours d'expérience sont les bienvenus, contacter :

ESA Education à cansat@esa.int

ESERO France à esero.france@cnes.fr

Planète Sciences sur espace@planete-sciences.org

Une production ESA Education
en collaboration avec ESERO Irlande
traduite et adaptée en français par ESERO France

Copyright 2018 © European Space Agency

Copyright 2020 © ESERO France, CNES, Planète Sciences

→ Conçoit ton parachute

Un guide pour faire atterrir votre CanSat en toute sécurité

Informations clés

Tranche d'âge : 14-20 ans

Liens avec le programme scolaire :

Physique - Vitesse, accélération, accélération due à la gravité, vitesse terminale

Complexité : Moyenne

Temps de cours requis : 120 minutes

Méthodologie : Apprentissage basé sur l'enquête

Fiches pédagogiques liées : Débuter avec un CanSat

Mots clés :

Parachute, Traînée, Résistance aérienne, Gravité, Poids, CanSat

Résumé

Cette ressource donne aux élèves un bref aperçu des différentes options disponibles lors de la construction de leur parachute CanSat. Les élèves découvriront la physique sous-jacente des parachutes et leur conception, ainsi que la manière 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.
- Comprendre pourquoi il est important de tester un parachute.
- Comprendre le concept de vitesse limite de chute.
- Représenter les graphiques avec des unités et des étiquettes correctes.

Résumé des activités

Résumé des Activités					
	Titre	Description	Objectifs	Prérequis	Durée
1	Chute Libre	Les élèves réalisent une expérience simple pour découvrir le concept de vitesse terminale.	Les élèves seront capables de décrire la vitesse terminale.	Aucun	25 minutes
2	Parachutes et traînée	Dans cette activité les élèves sont introduits à la physique sous-jacente de la conception de parachutes.	Les élèves seront capables de décrire les facteurs importants d'une chute libre	Activités précédentes	15 minutes
3	L'importance de l'air et de la forme	Une gamme de modèles de parachutes et la conséquence qu'ils ont sur un corps qui tombe sont discutées.	Les élèves seront capables d'identifier un parachute adapté pour leur CanSat.	Activités précédentes	25 minutes
4	Rien ne sert de courir, il faut partir à point	Un lancement de CanSat et sa descente sont étudiés plus en détail et les élèves ont la possibilité de tester leur parachute.	Les élèves seront capables de tracer les graphiques distance-temps et vitesse-temps du lancement et de la descente de leur CanSat	Activités précédentes et un parachute pour effectuer un test de chute	25 minutes

Introduction

Les parachutes sont des éléments essentiels de toute mission CanSat. On pourrait les sous-estimer, les considérant comme de simples pièces de tissu par rapport 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 sur la terre ferme !

Dans ce document, nous allons explorer la physique sous-jacente d'une descente en parachute et commencer à appréhender les décisions qui entrent en jeu dans le choix d'un parachute approprié pour une mission CanSat. À la fin de ce document, vous devriez être certain de pouvoir lancer et faire atterrir votre CanSat en toute sécurité !

Activité 1 : Chute libre

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

Exercice

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

La fourchette de poids autorisée est de 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 suscite une question intéressante : en quoi le lancement d'un CanSat serait-il différent s'il était effectué sur la Lune ?

Sur la lune, les effets gravitationnels sont considérablement réduits, environ 1/8e de la force terrestre! Cela signifie qu'il y a beaucoup moins de forces agissant sur la fusée. Beaucoup de choses peuvent se produire lors d'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 se mettra en orbite. Si ce n'est pas le cas, sa chute suite au lancement 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 force gravitationnelle réduite et entraîner une vitesse de chute importante !

Dans cette question, vous ne devez pas vous attendre à une analyse quantitative détaillée, car la compréhension de la physique requise est complexe, mais vous devez 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 de la bille change-t-elle lorsqu'il descend dans le cylindre ?

Si le cylindre utilisé par les élèves est suffisamment long, les élèves doivent être capables d'identifier que les billes atteignent une vitesse finale. Au début, les billes accélèrent avant de se déplacer brièvement à vitesse constante avant d'atteindre le fond du cylindre.

Ici encore, l'expérience est conçue pour être appréciée sur un plan qualitatif, le but étant que les élèves soient capables d'identifier visuellement que la vitesse finale est atteinte, ou approchée, pendant la descente.

4. A votre avis, que se passera-t-il en remplaçant l'huile par de l'eau ? Notez votre prédiction et essayez-la !

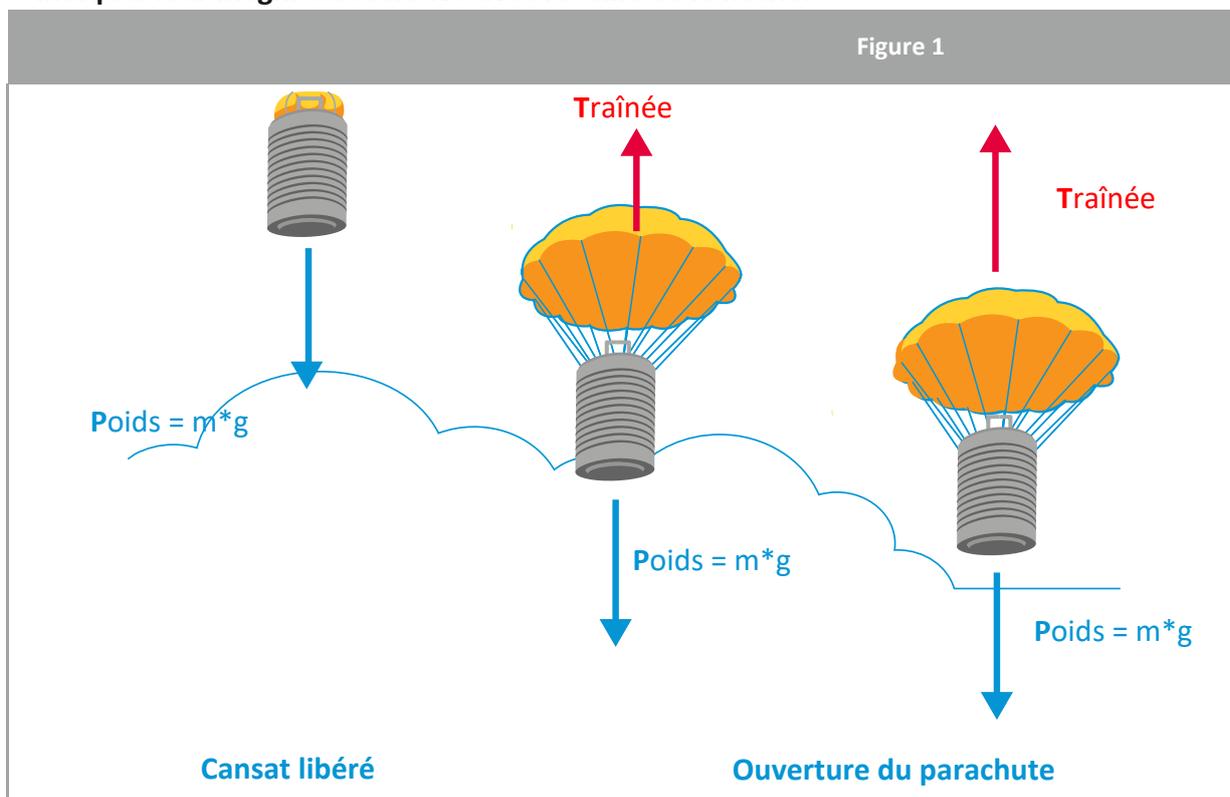
En répétant avec de l'eau, les élèves devraient être capables d'identifier une vitesse de descente accrue et une vitesse finale plus élevée. Ceci est dû à des forces de résistance plus faibles de l'eau par rapport à l'huile.

Activité 2 : Parachutes et traînée

Dans cette activité, les élèves reçoivent une introduction à la physique sous-jacente des parachutes. Les élèves apprennent à calculer les forces agissant sur un parachute et à décider de la surface dont ils ont besoin pour leur parachute. Ce calcul peut être effectué en tenant compte de la deuxième loi de Newton et en équilibrant les forces agissant en régime statique. Il est important de noter les simplifications qui sont faites dans ce calcul.

Exercice

- Grâce à votre compréhension de l'expérience sur les billes, étiquetez 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.



- En supposant que votre CanSat sera largué d'une hauteur de 1000 m, selon la vitesse de descente requise dans les directives CanSat, quel est le temps qui devrait s'écouler entre le lancement de votre CanSat et l'atterrissage (en négligeant la période d'accélération) ?

En supposant une distance de 1000m et les restrictions de vitesse de descente incluses dans les directives de CanSat (8-11m/s), les élèves sont capables de calculer une fourchette du temps de descente attendu.

Note : Pour simplifier, nous négligeons toute période d'accélération et supposons une vitesse constante sur l'ensemble des 1000m. En pratique, bien sûr, ce ne sera pas exactement le cas !

$$\text{Comme } t = \frac{d}{v} \text{ on a } t_{max} = \frac{1000}{v_{min}} = 125 \text{ s et } t_{min} = \frac{1000}{v_{max}} = 90 \text{ s}$$

Activité 3 : L'importance de la forme

Dans cette activité, les élèves se familiarisent avec les principaux types de parachutes qui sont couramment utilisés dans les projets CanSat. Les particularités des modèles sont discutées, ainsi que leurs avantages et inconvénients. Des liens sont fournis vers d'autres ressources, où les différents types sont explorés 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 CanSat ?**

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

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

En utilisant l'équation 3, les élèves pourront 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 - c'est logique !

Cela signifie que le parachute hémisphérique donnera la vitesse de descente la plus faible tandis que les parachutes croisés et plats 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 à nouveau l'équation 3 et avec leur intuition, les élèves pourront suggérer qu'ils pourraient surmonter ce problème en augmentant la surface du parachute.

4. **Faire de A l'image de l'équation 3 (sous la forme $A = ..$)**

$$\text{Add } \frac{1}{2}C_D\rho Av^2: \quad mg - \frac{1}{2}C_D\rho Av^2 = 0$$

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

$$\text{Multiply by 2: } 2mg = C_D\rho Av^2$$

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

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 une équation permettant d'obtenir l'Aire A, calculez la gamme de surfaces permises pour chaque type de parachutes dont nous avons parlé. On pose une masse CanSat de 350g. Vous pouvez remplir les valeurs dans le tableau ci-dessous (tableau 2 sur la feuille de travail de l'élève).**

Souvenez-vous : La plage de vitesse autorisée est de 8-11m/s.

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

Table 1			
Type de parachute	Coefficient de traînée	Surface minimale (m ²)	Surface maximale (m ²)
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 simplifiés pour l'équation, en pratique les élèves devront faire une expérience pour valider les surfaces trouvées.

6. Si vous changez votre parachute de croix en parachute hémisphérique, comment devez-vous modifier la surface du parachute pour qu'il tombe à la même vitesse qu'auparavant ?

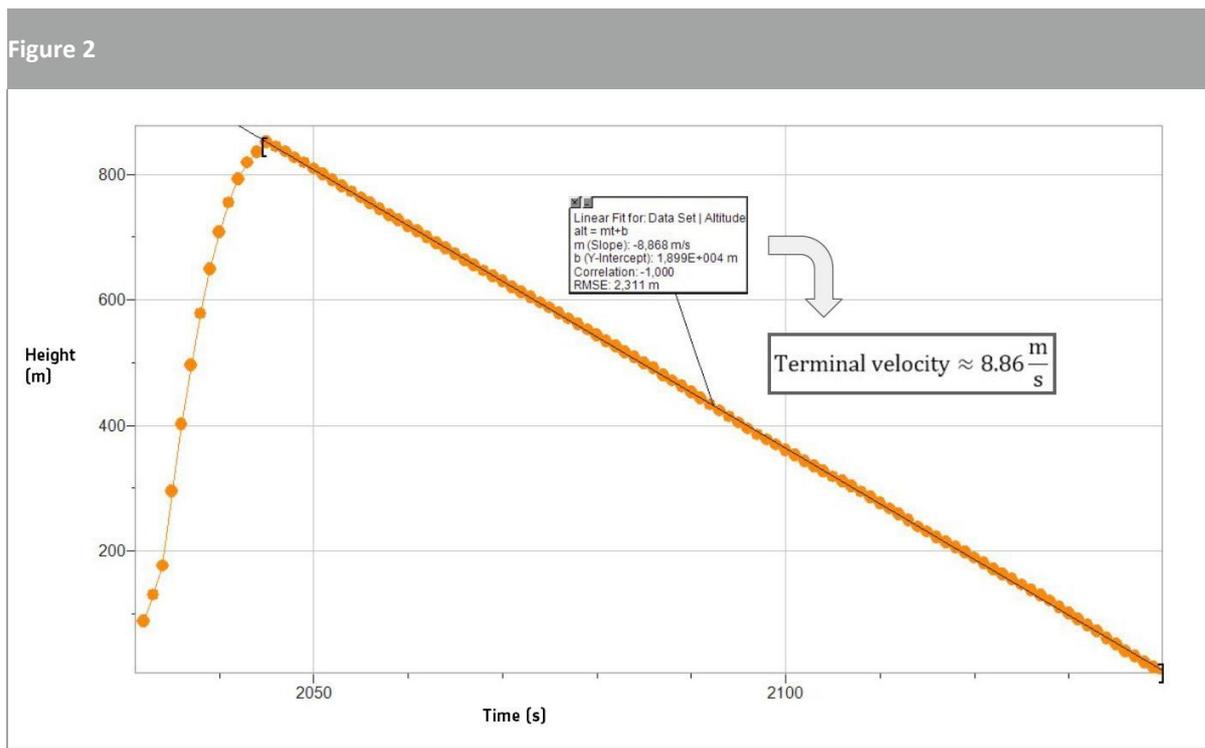
L'exercice final de cette activité permet de renforcer la compréhension des élèves. Ils devraient être capables d'identifier que le passage d'un parachute croisé à un parachute hémisphérique a pour conséquence une augmentation du coefficient de traînée, et donc que pour maintenir la même vitesse de descente, 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 : Rien ne sert de courir, il faut partir à point

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 le règlement de la compétition CanSat lors du test de leur parachute, afin de s'assurer qu'il est conforme aux directives de la compétition.

Exercice

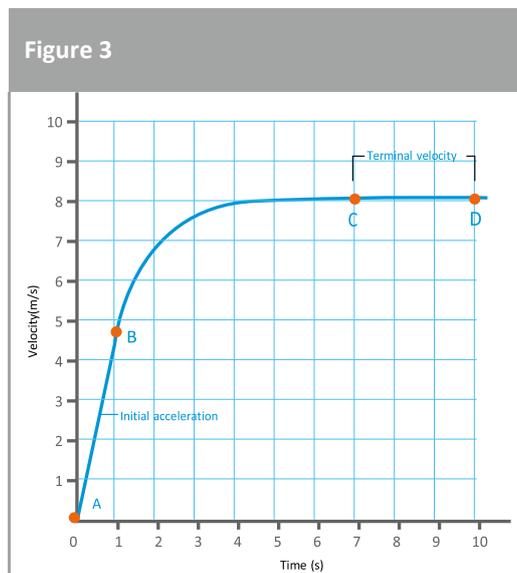
1. Sur le graphique ci-dessous, ajoutez une courbe indiquant l'évolution de l'altitude du cansat en fonction du temps. La courbe sera tracée du largage du CanSat à l'atterrissage, en supposant qu'il n'y ait pas de vitesse latérale. Pour vous aider à tracer la courbe, réfléchissez à la façon dont la vitesse change et à l'effet que cela a sur la forme de la courbe.



↑ Graphique Altitude-Time présenté à la Compétition CanSat Européenne de 2018 par l'équipe danoise AnaCan Skywalker

La première partie de la courbe correspond à l'ascension dans la fusée. A environ 800 m, le CanSat est libéré et tombe à une vitesse approximativement constante (vitesse finale). La vitesse finale peut être calculée comme la pente de la ligne droite de la chute.

7. Comme nous l'avons fait pour la hauteur, dessinez maintenant une courbe sur le graphique ci-dessous montrant comment la vitesse du CanSat change avec le temps pendant la descente (nous ne tiendrons pas compte de la montée avec la fusée ici). De cette façon, $t = 0$ correspondrait à la sortie du CanSat de la fusée.



↑ Vitesse en fonction du temps pour un CanSat

Une fois que le CanSat est libéré à l'altitude maximale, il connaîtra un moment d'apesanteur au cours duquel la vitesse et l'accélération seront toutes deux nulles. Ensuite, 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). Pendant le reste de la chute, le CanSat avec le parachute aura une vitesse constante (B-C).

Résumé

Une fois que votre CanSat a été lancé, l'une des choses les plus importantes est qu'il atterrisse en toute sécurité. Sans un atterrissage sûr, le CanSat peut potentiellement être endommagé au point d'être irréparable. La façon la plus évidente de permettre un atterrissage en toute sécurité à votre CanSat est d'attacher un parachute. Il s'agit d'un dispositif qui réduit la vitesse de l'objet en pleine chute, ce qui permet un atterrissage plus doux. L'avantage d'un parachute est double : en réduisant la vitesse du CanSat, vous augmentez le temps disponible pour collecter des données ! Nous allons maintenant examiner le fonctionnement d'un parachute et certaines des considérations que vous prendrez-en compte lors de la conception et de la fabrication de votre parachute.

Activité 1 : Chute libre

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

Ce qui monte, doit descendre

Tout sur terre est tiré vers le bas en raison de la force de gravité, qui est causée par l'attraction terrestre. Le poids d'un objet est la force qu'il subit en raison de la gravité et qui est fonction de sa masse :

$$p = m * g$$

avec **p** le poids ($N \Leftrightarrow kg \cdot m \cdot s^{-2}$),

m la masse (kg),

g accélération de la pesanteur terrestre ($m \cdot s^{-2}$)

Selon les directives de CanSat, la masse de CanSat doit être comprise entre 300 et 350 g, ou 0,3 à 0,35 kg.

Exercice

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

Lorsqu'un objet tombe sous l'influence de la gravité, il prend de la vitesse, ou **accélère**. Sur Terre, cette accélération est de $9,81 \text{ m.s}^{-2}$. Imaginons que nous lançons deux objets depuis un bâtiment au-dessus du vide. Comme il n'y a pas de fluide pour exercer une force de résistance, alors les deux objets tomberont à la même vitesse (même s'ils ont des masses complètement différentes) !

Ce fait peut être anti-intuitif, car sur Terre, l'air exerce une force de résistance sur les objets qui tombent. C'est pourquoi, par exemple, une plume tombe plus lentement qu'une balle. L'élément clé est le milieu dans lequel les objets tombent, qu'il s'agisse d'air, d'huile ou de vide.

Le saviez-vous ?

L'astronaute David Scott a démontré ce principe lors de la mission Apollo 15. Il a fait tomber un marteau géologique et une plume de la même hauteur sur la surface de la lune. Comme la lune est essentiellement vide, il y a peu ou pas de résistance de l'air, et donc les deux objets sont tombés à la même vitesse ! Ici, vous pouvez voir le marteau et la plume en chute libre.



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

Étudier l'effet d'un fluide sur les objets qui tombent

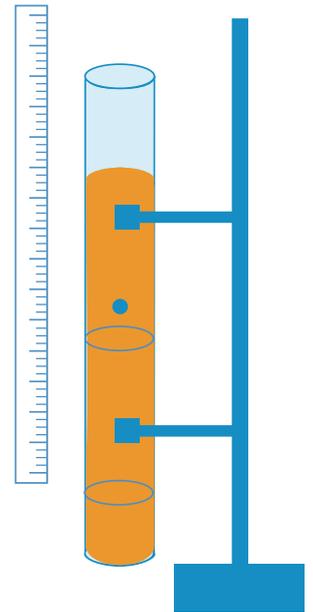
Qu'arrive-t-il à un objet lorsqu'il tombe dans un fluide ? Concevons une petite expérience pour le découvrir

Expérience

For this experiment, you will need:

- Un support
- Une éprouvette graduée ou tout récipient (le plus haut/large possible)
- Huile (le glycérol fonctionne bien) ou de la colle à papier peint
- Une règle
- Des billes de différentes tailles
- Elastiques
- Un minuteur (telephone...)
- Un aimant (si vous utilisez des billes en métal)
- De l'eau

Note: si vous utilisez un cylindre de mesure en verre, il est conseillé de placer une bande en caoutchouc ou une boule de coton au fond du cylindre, ce qui empêchera le roulement à billes ou la bille de fissurer le verre.



Étapes :

a. Si vous avez un Iphone :

1. Installez l'équipement comme indiqué dans 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 faites tomber une bille dans le cylindre.
4. Utilisez les fonctionnalités de l'application pour calculer la vitesse de la bille à chaque point.
5. Répétez l'expérience !

b. Si vous avez un Android :

1. Installez l'équipement comme indiqué dans 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 faites tomber une bille dans le cylindre.
4. Utilisez l'application pour calculer la vitesse de la bille à chaque point.
5. Répétez l'expérience !

c. A l'ancienne

1. Installez l'équipement comme indiqué dans la figure ci-dessus.
2. Démarrez le chronomètre en faisant tomber la bille dans le cylindre
3. Arrêtez le chronomètre lorsque la bille parcourt une distance donnée - en fonction de la vitesse de la bille, tous les 5 cm devraient être possibles. Vous devrez probablement effectuer ces mesures à plusieurs reprises.
4. Utilisez ces mesures pour calculer la vitesse de la bille à chaque point.
5. Répétez l'expérience !

Exercice

3. Comment la vitesse de la bille change-t-elle lorsqu'elle descend dans le cylindre ?

4. Que pensez-vous que cela changera si vous remplacez 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 limite (constante). La vitesse finale se produit lorsque les forces de résistance, ou de traînée, qui s'opposent à l'objet en chute, sont égales à la force de gravité qui agit sur la masse de l'objet.

Un objet tombant dans l'air a beaucoup moins de contact avec les particules environnantes que s'il tombait à travers du pétrole. Il y a donc moins de résistance à son mouvement et il peut tomber plus vite. Dans l'air, nous appelons cette résistance "résistance à l'air" ; vous connaissez probablement très bien ce terme.

L'importance de la traînée (ou des forces de résistance lors de la chute à travers un autre fluide comme l'huile) dépend de :

1. La densité du fluide (ρ)
2. La vitesse de l'objet (v)
3. La section transversale (A)
4. Le coefficient de traînée (C_d)

Nous verrons dans la prochaine section comment toutes ces variables influencent la chute de CanSat.

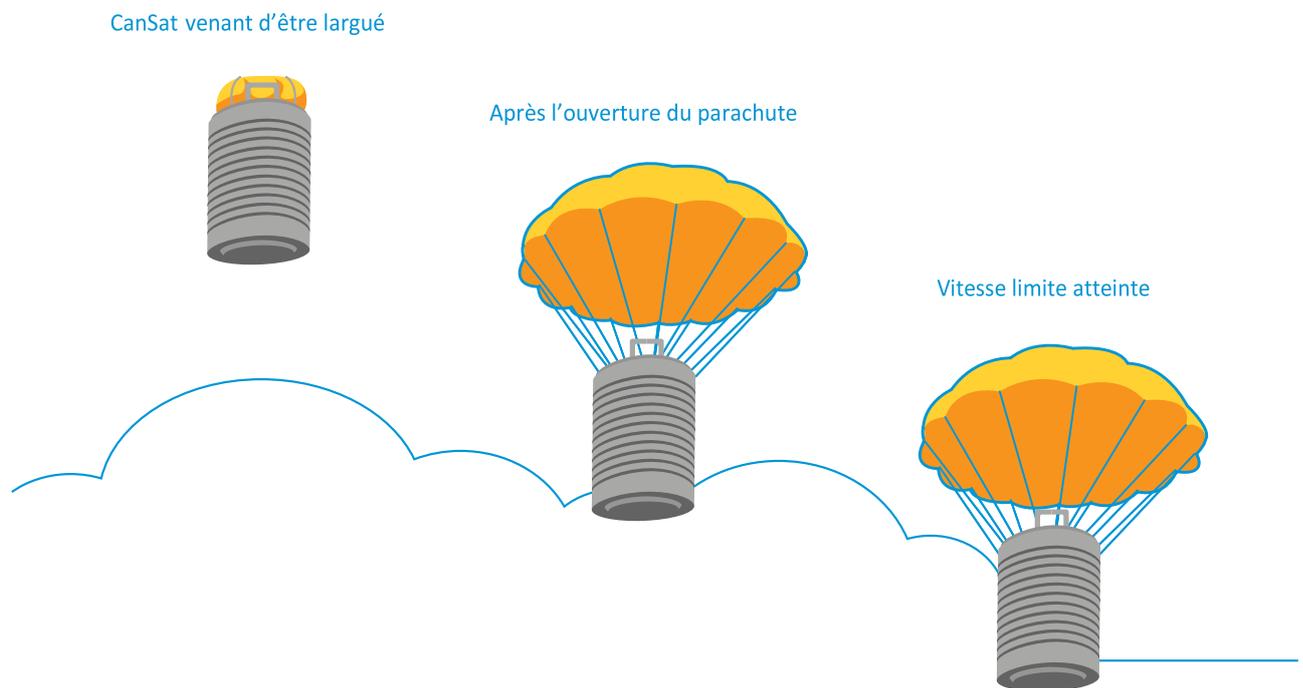
Activity 2 : Parachutes et trainée !

Il existe des moyens de réduire la vitesse de chute dans un fluide peu visqueux, comme l'air - par exemple, en augmentant la surface projetée qui est en contact avec l'air *c.-à-d.* en utilisant un parachute.

Exercice

1. Grâce à votre compréhension de l'expérience sur les billes, faite un bilan 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 résulte de l'attraction de la terre).

$$F_{gravité} = m \cdot g$$

Où

m = masse du CanSat (typiquement 0.35 kg)

g = acceleration dûe à la gravité (9.81 m/s²)

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

$$F_{\text{traînée}} = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$$

- A = section transversale
- C_D = Coefficient de traînée du parachute – sa valeur dépend de la forme/géométrie du parachute ; des valeurs typiques sont listées dans la prochaine section.
- ρ = densité de l'air, généralement considérée constante (1.225 kg/m³)
- v = Vitesse de chute du CanSat (m/s)

Selon la 2^{ème} loi de Newton :

$$F_{\text{totale}} = \Sigma F = m \cdot a$$

Note: Durant la chute, cette somme des forces ne sera pas nulle pendant quelques secondes (le CanSat accélérera et décélérera pendant une courte période), mais nous négligerons cet aspect. Nous considérerons que le CanSat est à vitesse constante durant la chute.

En supposant cela, lorsque cette vitesse constante est atteinte, $a = 0 \text{ m/s}^2 \Rightarrow F_{\text{totale}} = 0 \text{ N}$

$$\text{Donc } F_{\text{gravité}} + F_{\text{traînée}} = 0 \text{ N}$$

Par conséquent, en tenant compte du sens des forces, nous trouvons l'équation suivante :

$$m \cdot g - \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 = 0 \text{ (équation 1)}$$

Plus tard, une fois que vous aurez décidé de la conception de votre parachute, vous pourrez réarranger cette équation et utiliser les contraintes sur la vitesse de descente pour calculer la surface A nécessaire à votre parachute. Rappelez-vous, nous avons fait quelques approximations ici : vous devrez encore tester et mesurer la vitesse de descente de votre parachute !

Le savez-vous ?

Le vaisseau spatial Viking qui a réussi à envoyer un atterrisseur à la surface de Mars en 1976 a été fabriqué de manière très similaire aux parachutes que vous allez concevoir. Le défi unique que posait Mars était son atmosphère. Avec une atmosphère de moins de 1% de l'épaisseur 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 pourrez pas faire de même, vous devez donc perfectionner la conception de votre parachute !

[Les tests du parachute du vaisseau spatial Viking](#) →



Selon les règles de la compétition du CanSat, quelques secondes après le déploiement de son parachute (c'est-à-dire après le lancement), il devrait avoir une vitesse de descente (ou vitesse finale) comprise entre 8 et 11 m/s. Pas trop lent, pour éviter qu'il ne dérive loin du site de lancement, et pas trop rapide pour qu'il ait le temps de collecter des données et ne risque pas un atterrissage brutal.

Note : L'aérodrome peut déterminer des restrictions obligatoires supplémentaires sur la vitesse de descente

Exercice

2. **En supposant que la fusée lancera votre CanSat à une altitude de 1000 m, selon la vitesse de descente requise dans les directives CanSat, quel est le temps qui devrait s'écouler entre le lancement de votre CanSat et l'atterrissage (en négligeant 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 des parachutes. Nous discuterons également des principaux types de parachutes que vous rencontrerez lors de la conception du vôtre, et nous examinerons les avantages et les inconvénients de chacun.

Choisir les matériaux de votre parachute

Le déploiement du parachute sera relativement violent, c'est pourquoi le tissu et les suspentes 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 être aussi élevée que 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 finale. Cependant, vous devez être conscient que la vitesse finale (comprise comme vitesse verticale) n'est pas la seule à être importante : les différentes conceptions de parachutes ont des performances de "stabilité" différentes, et nous devons également prendre en compte la vitesse latérale. En général, plus la traînée est importante, moins le parachute est stable.

Les matériaux appropriés sont les fils de nylon et le tissu rip-stop, qui peuvent être achetés dans un magasin de cerf-volant. Ces matériaux sont parfaitement adaptés au parachute. Un point faible majeur est le point d'attache de la corde et du matériau du parachute. N'utilisez pas de ligne de pêche. Lorsque vous coupez le tissu, vous devez prendre en compte une marge, qui vous permettra de coudre un revers sur votre parachute (ce qui assurera sa solidité).

Choisir la conception de son parachute

Examinons l'équation de descente de notre CanSat :

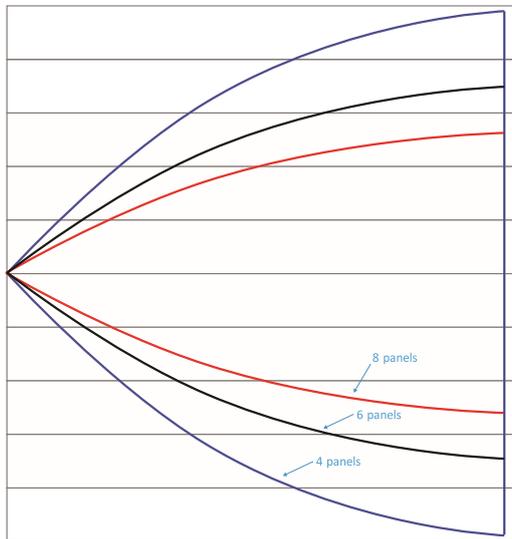
$$m \cdot g - \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 = 0 \text{ (équation 3)}$$

Exercice

1. **Quels facteurs de l'équation 3 peuvent être influencés par la conception de votre CanSat ?**

Formes de parachute

Les types de parachutes les plus simples sont les parachutes à feuille circulaire plate et les parachutes sphériques. Le problème de ces modèles est qu'ils se remplissent d'air et s'inclinent d'un côté pour laisser échapper l'air. Parfois, un trou de déversement peut aider à stabiliser un parachute. Nous allons brièvement explorer quelques-uns des différents types de parachutes que vous pouvez concevoir pour votre CanSat.



Parachute hémisphérique

Un parachute hémisphérique est probablement la conception qui vous vient immédiatement à l'esprit lorsqu'on vous demande de penser à un parachute. Le tissu forme un hémisphère lorsqu'il est rempli d'air. Il est fabriqué à partir de sections appelées "fuseaux". Tous les fuseaux sont cousus ensemble pour former la forme hémisphérique complète. Plus on utilise de fuseaux, plus la forme est proche d'un véritable hémisphère, mais plus la procédure de fabrication est complexe.

La forme du fuseau peut être déterminée à partir du graphique ci-contre.

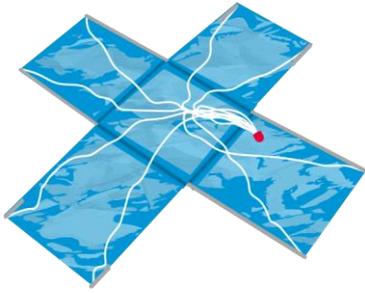
Ici, vous pouvez voir trois parachutes hémisphériques typiques qui aident à la descente du module Orion. Remarquez les différentes couleurs, vous pouvez voir comment les gores séparés s'assemblent pour former la forme hémisphérique.



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

- Tout d'abord, tracez la forme des fuseaux dans le matériau et découpez-les, en veillant à laisser un bord d'environ 2 cm pour l'ourlet.
- Coudre les bords ensemble pour former la forme du parachute
- Enfin, cousez des suspentes sur le parachute pour permettre de l'attacher à votre CanSat.

Parachute croisé

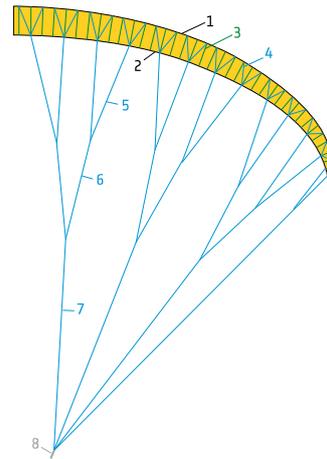


Un parachute croisé est plus facile à coudre qu'un parachute semi-sphérique car la forme régulière est plus facile à créer à la main.

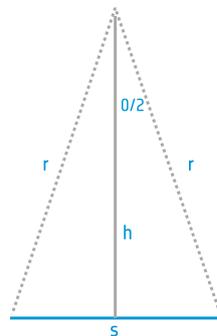
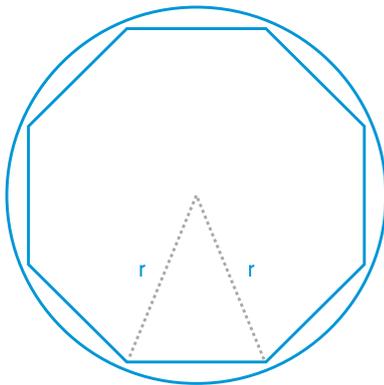
Vous trouverez ici des informations sur la fabrication d'un parachute croisé: <http://www.nakka-rocketry.net/xchute1.html>

Parapente

Si vous vous intéressez au parapente, vous avez peut-être déjà étudié un modèle de parapente. Le plus grand avantage de cette conception est qu'il est possible de la piloter. Cependant, il est plus difficile à concevoir et à fabriquer que les modèles plus simples mentionnés ci-dessus.



Parachute Plat



Les parachutes plats sont les plus courants, créés à partir de figures géométriques plates telles que des hexagones ou octogones. La figure ci-contre montre que le parachute octogonal est constitué de 8 triangles égaux.

Si vous voulez fabriquer votre propre parachute plat, vous en aurez besoin :

- Un matériau approprié - le meilleur est le tissu rip stop
- Des suspentes pour relier le CanSat au parachute
- Du fil pour coudre les ourlets et les bords du parachute et les suspentes

Le processus est assez 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 suspentes à une longueur appropriée et cousez-les au parachute et vous êtes prêt à tester !

Voici quelques types de parachutes pertinents pour un Cansat.
 Les coefficients de traînée pour chacun d'entre eux sont indiqués dans le tableau ci-dessous. Si vous voulez faire des recherches plus approfondies sur les coefficients de traînée, voir Annexe I.

Tableau 1

Formes de parachute	Coefficient de traînée C_D	Commentaires
Hémisphérique	0.62-0.77	Très courante ; longue à réaliser
Croix	0.6-0.8	Facile à réaliser ; populaire pour CanSats
Parapente	0.75-1.10	Conception compliquée ; atterrissage guidé possible
Plat, hexagonal	0.75-0.8	Facile à réaliser, populaire pour CanSats

Exercice

2. D'après les coefficients de traînée ci-dessus, quel type de parachute donnera la vitesse de descente la plus lente ? Lequel donnera 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 cela ?

Déterminer la zone

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 l'image de l'équation 3 (la mettre sous la forme $A = \dots$)

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

Souvenez-vous : La plage de vitesse autorisée est de 8-11m/s

Tableau 2

Formes de parachute	Coefficient de traînée C_D (e.g.)	Surface minimum	Surface maximum
Hémisphérique	0.62		
Croix	0.8		
Parapente	0.8		
Plat, hexagonal	0.8		

6. Si vous changez votre parachute de croix en parachute hémisphérique, comment devez-vous modifier la surface du parachute pour qu'il tombe à la même vitesse qu'auparavant ?

Activité 4 : Rien ne sert de courir, il faut partir à point

Une fois que vous avez décidé de la conception de votre parachute, il est essentiel de le tester. Les équations que nous avons présentées ci-dessus peuvent vous donner une idée de ce à quoi vous pouvez vous attendre, mais vous devez toujours tester vos conceptions dans le monde réel. Avant de le faire, vous devez penser au vol de votre CanSat et à l'évolution des forces qui agissent sur lui au fil du temps.

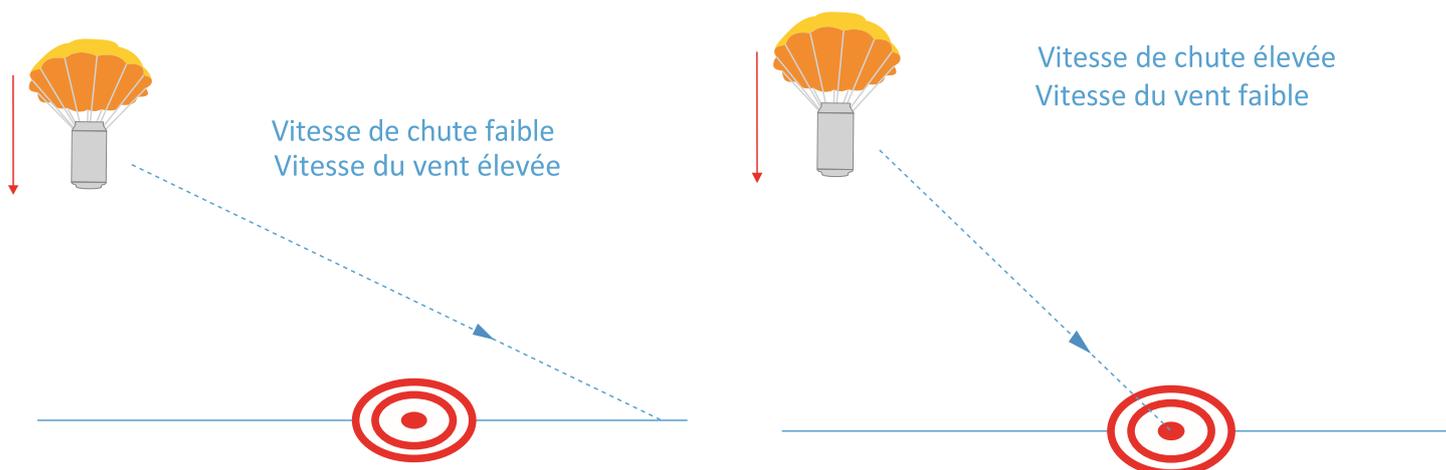
Ce qui monte doit redescendre

Réfléchissons d'abord à la façon dont la hauteur et la vitesse de votre CanSat vont changer pendant tout le lancement. Ensuite, nous rassemblerons toutes nos connaissances pour que vous soyez prêt à construire et à tester votre propre parachute !

Lorsque vous pensez à la descente de votre CanSat, il faut tenir compte de l'effet que le vent peut avoir sur sa trajectoire de vol. Lorsque le CanSat tombe à la verticale, un vent horizontal peut le faire voler dans la direction horizontale. De plus, il faut tenir compte du fait que même en l'absence de vent, certains types de parachutes (par exemple les cruciformes) peuvent avoir une vitesse latérale importante en raison de leur stabilité.

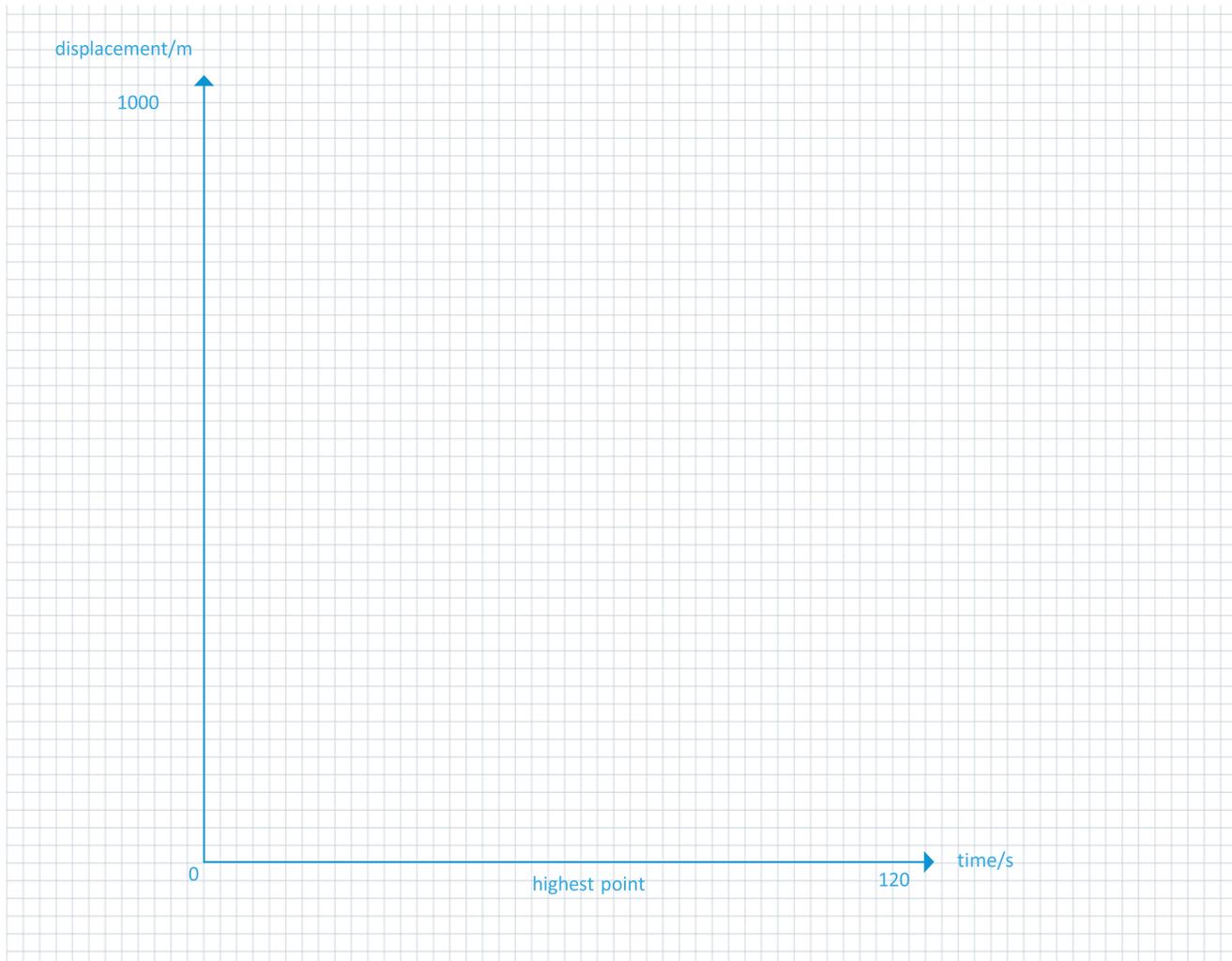
Selon la vitesse de descente et la vitesse du vent, cela peut signifier que le CanSat atterrit sur le sol à une distance importante de son lieu de lancement - c'est l'une des raisons pour lesquelles la vitesse de descente imposée est si importante. Si votre CanSat descend trop lentement, il peut être emporté par le vent loin du site de lancement et être difficile à récupérer !

Pour mieux comprendre cet effet, regardez le dessin ci-dessous.



Exercice

1. Sur le graphique ci-dessous, ajoutez une courbe indiquant qu'elle est selon vous l'évolution de la hauteur en fonction du temps, du lancement d'un CanSat à l'atterrissage, en supposant qu'il n'y ait pas de vitesse latérale en raison de la stabilité. Pour vous aider à tracer la courbe, réfléchissez à la façon dont la vitesse change et à l'effet que cela a sur la forme de la courbe.



Rappel : dans le cadre du concours européen CanSat, les CanSats sont lancés à une hauteur de 1000m !

La partie la plus importante du lancement pour nous en ce moment, est la descente du CanSat, de la hauteur de largage au sol, car c'est là que le parachute entre en jeu.

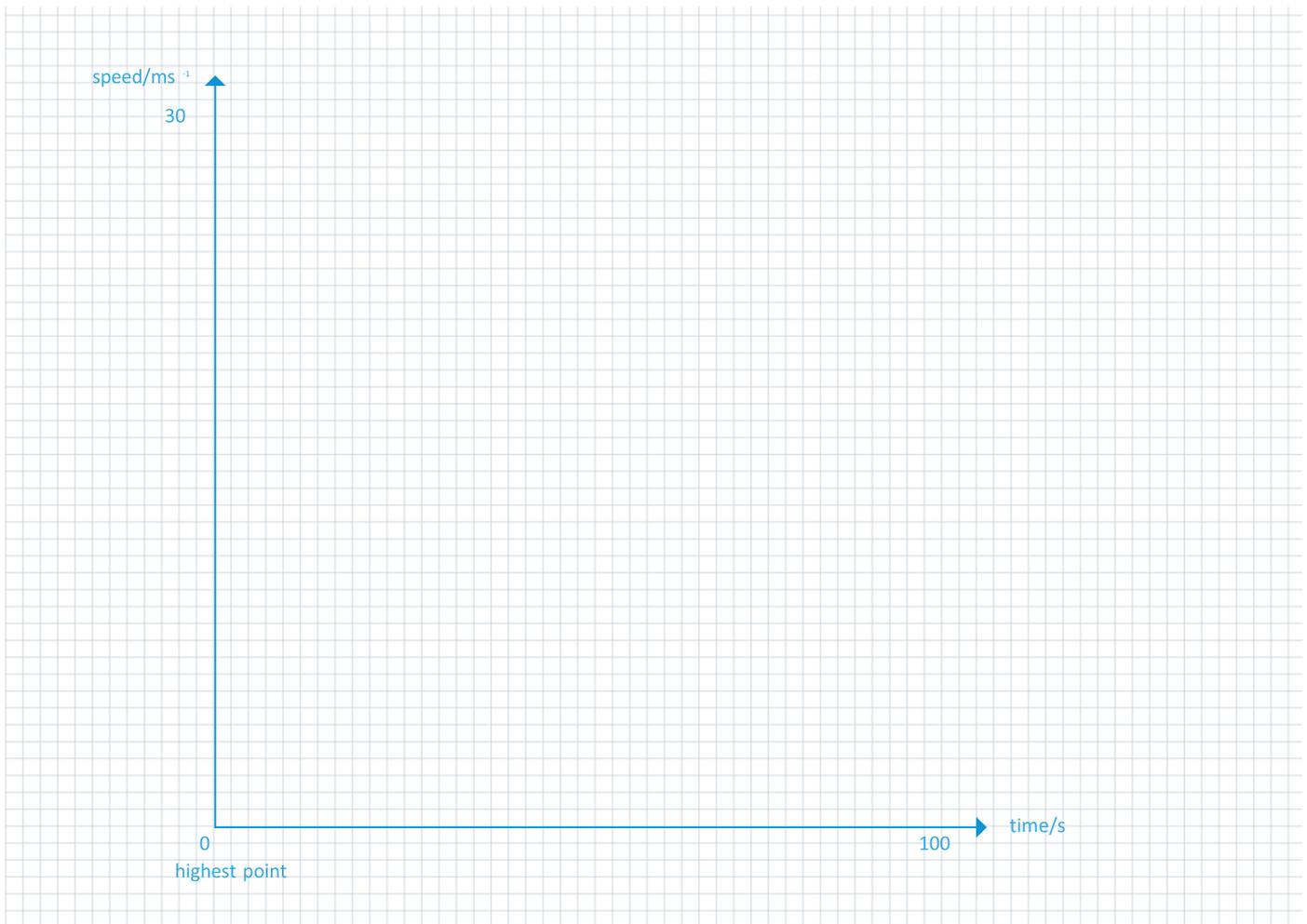
Nous allons réfléchir à la façon dont la vitesse du CanSat varie avec le temps pendant sa descente.

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 tiendrons pas compte de la montée avec le ballon ici). De cette façon, $t=0$ serait la sortie du CanSat du ballon.

Réfléchissez aux questions suivantes avant d'esquisser la courbe

- Quelle est la Vitesse du CanSat au moment de son largage

- À quelle vitesse le CanSat accélère-t-il vers la Terre ?
- Que se passe-t-il lorsque le parachute s'ouvre ?



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. Pour ne pas risquer de gaspiller les efforts et le temps que vous avez consacrés à la construction de votre CanSat, vous devriez d'abord tester le parachute avec un CanSat factice !

Santé et sécurité

Avant de commencer les tests, vous devez vous assurer que vous êtes sous la surveillance de votre professeur. Lâcher le parachute et la boîte de conserve d'une certaine hauteur, par exemple d'une fenêtre du 2e ou 3e étage, constituera un bon premier test pour le parachute, mais vous devez vous assurer que la zone en dessous est bien dégagée !

Grâce à des tests successifs, vous pouvez affiner la conception de votre parachute, étudier les effets de chaque aspect de votre parachute, y compris

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

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

Si tout est conforme au règlement de la compétition CanSat, alors votre parachute est prêt !

Liens Utiles

The Fruitychutes website contains further information on designing a parachute:

https://fruitychutes.com/help_for_parachutes/how_to_make_a_parachute.htm

Information on designing a cross parachute: <http://www.nakka-rocketry.net/xchute1.html>

The mathematics of flat parachutes are discussed here:

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

More information on different types of parachute design:

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

Wikipedia background information on parachutes: <https://en.wikipedia.org/wiki/Parachute>