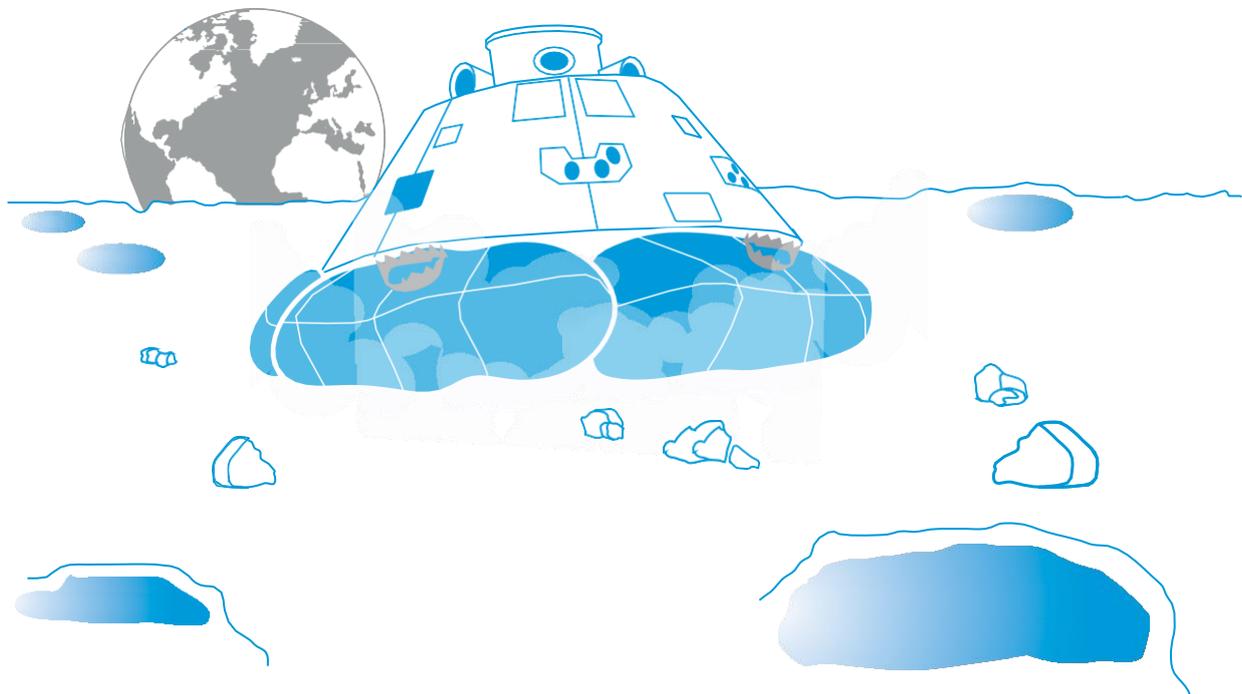
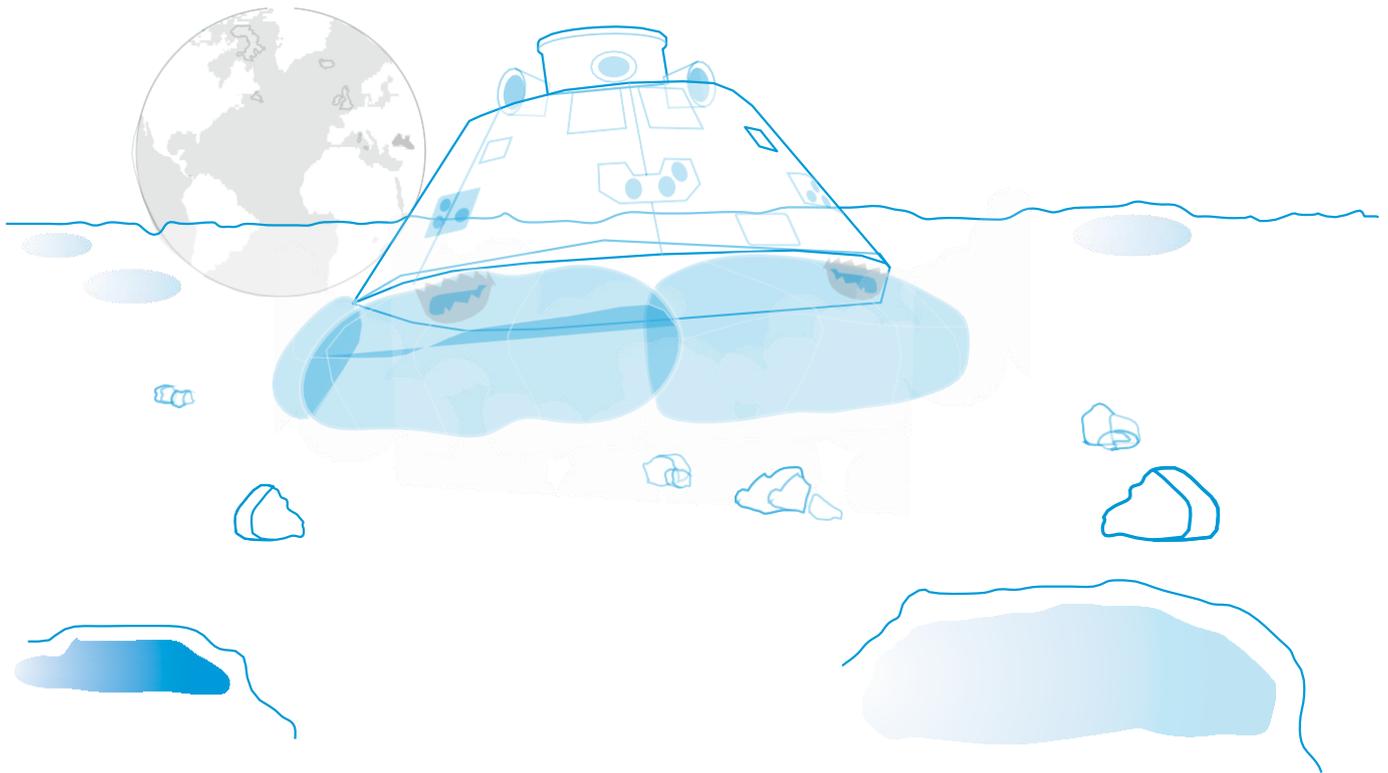


# teach with space

## → ATERRISSAGE SUR LA LUNE

Planification et conception d'un module d'atterrissage lunaire





## Guide de l'enseignant

Quelques faits	page 3
Résumé des activités	page 4
Introduction	page 5
Activité 1 : Concevoir et construire un module d'atterrissage lunaire	page 6
Activité 2 : Tester votre module d'atterrissage	page 9
Activité 3 : Atterrir sur la Lune	page 12
Annexes	page 15
Fiche de travail de l'élève	page 19
Lien	page 26

**teach with space – landing on the moon | P37**  
[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 collaboration with ESERO Nordic**  
Copyright 2018 © European Space Agency

# → ATERRISSAGE SUR LA LUNE

## Planification et conception d'un module d'atterrissage lunaire

### Quelques faits

**Sujet :** Physique, mathématiques, économie

**Tranche d'âge :** 14-16 ans **Type :** activité étudiante **Complexité :** moyenne

**Temps de préparation de l'enseignant :** 1 heure

**Temps de leçon requis :** 2 heures et 30 minutes en tout

**Coût :** faible (0-10 euros)

**Lieu :** salle de classe et extérieur **Mots-clés :** Physique, Mathématiques, Économie, Atterrissage sur la Lune, Gravité, Friction, Force, Accélération, Vitesse, Lois de Newton, Budget, Analyse des risques

### Description rapide

Dans cette série d'activités, les élèves planifient, conçoivent et construisent un module d'atterrissage pour assurer la survie de l'équipage (sous la forme d'un œuf-naut) qui atterrit sur la Lune. Ils exploreront les facteurs à prendre en compte lors de l'atterrissage sur la Lune par rapport à l'atterrissage sur Terre. Dans la conception de l'atterrisseur lunaire, les élèves doivent tenir compte des facteurs de risque et de la budgétisation.

### Objectifs d'apprentissage

- Identifier les forces impliquées dans l'atterrissage sur les surfaces de la Terre et de la Lune.
- Comprendre la relation entre la masse et la force gravitationnelle.
- Résoudre un problème en utilisant la deuxième loi du mouvement de Newton.
- Concevoir un projet en tenant compte du budget et de la gestion des risques.
- Travailler en équipe avec des contraintes de temps et d'argent.

## → Résumé des activités

Résumé des activités					
	Titre	Description	Résultat	Exigences	Temps
1	Concevoir et construire un module d'atterrissage lunaire	Conception et construction d'une sonde lunaire, réalisation d'une étude d'évaluation des risques et d'une étude de conception.	Apprendre à concevoir un projet avec un budget fixe et des exigences. Réaliser une évaluation des risques et une étude de conception. Construisez une sonde lunaire.	Rien	60 minutes
2	Tester le module d'atterrissage	Test de l'atterrisseur lunaire. Analyses des résultats.	Tester l'atterrisseur et recueillir les données. Calculez l'accélération et la vitesse pendant l'atterrissage.	Achèvement de l'activité 1.	60 minutes
3	Atterrir sur la Lune	Comparaison entre l'atterrissage sur Terre et sur la Lune.	Découvrez les différences entre la Lune et la Terre. Calculer l'accélération gravitationnelle et la force gravitationnelle.	Achèvement de l'activité 2.	30 minutes

## → Introduction

En 1969, Apollo 11 est devenu la première mission habitée à atterrir sur la Lune. Après un voyage de quatre jours à partir de la Terre, l'atterrisseur lunaire, appelé Eagle, s'est détaché du module de commande en orbite autour de la Lune et s'est posé à Mare Tranquillitatis, une zone relativement lisse et plane. L'atterrisseur lunaire a été commandé manuellement pour éviter les rochers et les cratères. "Houston, ici la Base de la Tranquillité. L'Aigle a atterri." Ces mots marquèrent une nouvelle ère d'exploration humaine.

Apollo 12, la deuxième mission habitée d'atterrissage sur la Lune, était un exercice d'atterrissage de précision ; la plus grande partie de la descente était automatique et l'atterrissage de précision était d'une grande importance parce qu'il augmentait la confiance dans l'atterrissage dans des zones d'intérêt spécifiques.

La descente à la surface lunaire est l'une des phases les plus critiques et les plus difficiles d'un alunissage. Le vaisseau spatial doit réduire sa vitesse de 6000 km/h en orbite lunaire à quelques km/h pour un atterrissage en douceur. Les sites d'atterrissage intéressants pour l'exploration sont souvent dangereux, avec des cratères, des rochers et des pentes, et donc difficiles d'accès.

Seulement 12 personnes ont marché sur la surface de la Lune et la dernière fois, c'était en 1972. L'Agence spatiale européenne, en collaboration avec d'autres partenaires, prévoit de retourner sur la Lune avec des missions robotiques et humaines au cours des prochaines décennies.

Dans cette série d'activités, les élèves conçoivent un module d'atterrissage lunaire et se familiarisent avec certains des défis de l'exploration spatiale.



↑ Image d'artiste d'un module d'atterrissage lunaire.

## → **Activité 1 : Concevoir et construire un module d'atterrissage lunaire**

Dans cette activité, les élèves conçoivent et construisent un module d'alunissage à l'aide de matériaux simples. L'objectif est de concevoir un atterrisseur capable d'atterrir en toute sécurité un œuf-naut à la surface de la Lune. Dans leur planification, les élèves doivent tenir compte des risques associés à une mission lunaire habitée et effectuer une étude d'évaluation des risques et une étude de conception.

### **Équipement**

- Papier
- Feuille de travail de l'élève imprimée pour chaque groupe
- Pailles
- Guimauves
- Boules de coton
- Bâtonnets de glace
- Sac en plastique
- Cordage
- Ruban adhésif
- Ciseaux
- Ballons
- Oeufs - 1 par groupe d'élèves
- Balances

### **Exercice**

Divisez la classe en groupes de 3 à 4 élèves. Distribuez à chaque groupe les feuilles de travail des élèves. Expliquez la mission et ses exigences aux élèves. Invitez chaque groupe à concevoir un atterrisseur lunaire habité pour l'Agence spatiale européenne (ESA). Ils peuvent garder leurs conceptions secrètes des autres groupes ou ils peuvent choisir de former des équipes de collaboration et de s'entraider. Chaque équipe est toujours tenue de présenter son design unique.

Avant que les élèves ne commencent leur travail, guidez-les vers certaines des principales questions dont ils devraient tenir compte. Demandez aux élèves à quoi il est important de penser lorsqu'ils atterrissent sur un autre corps céleste. Par exemple, la distance à la destination, la composition ou l'absence d'atmosphère, l'importance d'atterrir au bon endroit, l'angle d'approche, etc.

Fournir aux élèves la liste du matériel et leurs coûts (annexe 1). Pour favoriser une planification efficace, les matériaux acquis après la phase de conception initiale devraient coûter 10 % de plus. Chaque équipe dispose d'un budget de 1 milliard d'euros. Ce budget devrait couvrir les coûts de la formation de l'œuf-naut (300 millions €), de la mise à l'eau (1 million € par gramme) et du matériel. La liste du matériel et le budget disponible peuvent être ajustés pour rendre l'activité plus ou moins complexe ou à un moment déterminé, une réduction (ou une augmentation) du budget peut être introduite.

## Phase de conception :

Avant de commencer la construction, les élèves devraient préparer une étude d'évaluation des risques à l'aide du modèle de fiche de travail de l'élève. Dans la gestion des risques, vous évaluez à la fois la probabilité et l'impact d'un risque. Les risques surviennent dans tous les aspects de la planification de la conception, de la construction, du transport et de la formation de l'équipage. Dans la fiche de travail de l'élève, les élèves trouveront une matrice d'évaluation des risques et une liste des risques potentiels pour cette mission. L'utilisation d'une telle matrice est un moyen courant d'analyser et d'organiser les risques dans de nombreux domaines professionnels différents. Les élèves devraient indiquer les risques énumérés dans la matrice et faire un remue-méninge, s'il y a des risques qu'ils n'ont pas pris en considération. Ils devraient choisir trois des risques les plus critiques et concevoir des stratégies d'atténuation.

Les élèves devraient faire un remue-méninge pour trouver des solutions et essayer de concevoir l'atterrisseur le plus sécuritaire, dans les limites de leur budget. Les élèves doivent dessiner un croquis précis de leur idée et préparer un budget pour le module proposé, en utilisant le modèle de fiche de travail de l'élève. Expliquez que ce processus est comparable à la conception d'une mission spatiale réelle ; tous les matériaux et systèmes utilisés doivent être soigneusement planifiés, justifiés et budgétisés.

## Phase de construction :

Maintenant, demandez aux élèves de construire leur atterrisseur. Ils se rendront probablement compte que certaines décisions qu'ils croyaient possibles n'ont pas le résultat escompté. Pour augmenter la difficulté, inclure un supplément de 10% dans le matériel si les élèves souhaitent changer leur conception.

Les élèves devraient nommer leur module (et leur œuf-naut). En fin de compte, les groupes devront peser leur sonde d'atterrissage et leur coque pour estimer le coût du lancement. Le coût final doit être inférieur à 1 milliard d'euros et doit inclure la formation de l'œuf-naute, la mise à l'eau et les matériaux utilisés pour construire l'atterrisseur.

## Résultats

Ci-dessous, nous montrons un exemple de la façon de remplir l'étude d'évaluation des risques. La façon dont les élèves évaluent le risque peut varier et dépend de leur perception de la mission.

		Conséquence				
		Insignifiant	Mineur	Modéré	Majeur	Catastrophique
Probabilité	Presque certain		L'atterrisseur est endommagé pendant le test	Nous n'atterrissons pas sur le site d'atterrissage prévu.		
	Probable		Une autre société (groupe) a une conception plus efficace et/ou moins coûteuse.	Nous sommes retardés	Il y a des changements inattendus aux exigences	L'œuf-naut ne survit pas
	Possible		L'atterrisseur est endommagé pendant le transport	L'atterrisseur devient très lourd	Il y a des changements inattendus au budget	L'atterrisseur est endommagé lors de l'atterrissage final.
	Improbable				Certains matériaux deviennent trop chers	Changer continuellement la conception signifie que le lander coûte trop cher à construire.
	Rare				Certains matériaux deviennent indisponibles	

**Risque 1 :** L'ovule-naut ne survit pas

**Plan d'atténuation :** Construisez l'atterrisseur en cas d'urgence : ne comptez pas sur un seul mécanisme pour sécuriser l'atterrissage. Tester la chute en augmentant l'altitude avant la chute finale. Testez d'abord l'atterrisseur sans l'œuf-noisette.

**Risque 2 :** Changer continuellement la conception signifie que la sonde coûte trop cher à construire.

**Plan d'atténuation :** Concevoir la sonde avec de l'argent à dépenser avant de commencer la construction. Faire une demande de financement supplémentaire auprès d'autres sources.

**Risque 3 :** Il y a des changements inattendus aux exigences

**Plan d'atténuation :** Conception adaptable et redondance. Ne pas s'appuyer sur une seule technologie ou un seul mécanisme. Concevoir l'atterrisseur avec de l'argent à dépenser avant de commencer la construction.

## Discussion

Cette activité devrait sensibiliser les participants à l'importance de cerner et de comprendre les risques, leur probabilité d'occurrence et, surtout, leurs conséquences. Les élèves devraient prendre conscience de l'immense importance de la planification et de la budgétisation en conséquence dans un projet (spatial).

Vous pouvez utiliser cette activité pour discuter de certains des dangers qui existent dans l'exploration spatiale. En classe, discutez de la façon d'évaluer le risque de perdre la vie d'un astronaute par rapport au coût de l'atterrisseur. L'exploration spatiale devrait-elle à l'avenir être réalisée uniquement par des robots ?

Avant d'entreprendre l'activité 2 (tester l'atterrisseur), assurez-vous d'avoir une définition claire de ce qui est considéré comme un "œuf-naute survivant". Devriez-vous permettre à l'œuf d'avoir des fissures? Qu'est-ce qui définit une mission réussie ?

## → **Activité 2 : Testez votre module d'atterrissage**

Au cours de cette activité, les élèves vérifieront si leurs atterrisseurs survivent à une chute verticale, ce qui assure la sécurité de l'œuf-naut. Ils décriront les conditions d'atterrissage et garderont une trace des autres facteurs qui peuvent influencer les résultats. En option, les élèves peuvent filmer la chute et ensuite utiliser un outil d'analyse vidéo pour examiner l'accélération.

### **Équipement**

- Feuille de travail de l'élève imprimée pour chaque groupe
- Modules d'atterrissage construits par l'élève lui-même, y compris l'œuf-naute (à partir de l'activité 1)
- (en option) Caméra/téléphone caméra et trépied (voir annexe 3)
- (optionnel) Programme de suivi vidéo (voir annexe 3)
- (facultatif) Ordinateur ou smartphone

### **Exercice 1**

Avant de commencer les tests, les élèves doivent noter les conditions d'atterrissage (dureté du sol, conditions météorologiques, etc.). Il est important d'avoir des conditions similaires pour chaque goutte. Discutez avec les élèves de l'importance de ne pas changer plusieurs variables simultanément.

Marquer un site d'atterrissage d'essai au sol. Vous pouvez marquer une croix avec du ruban adhésif sur le sol, ou dessiner une cible en mille et des anneaux marquant la distance à partir du centre. Noter les résultats de chaque goutte (tableau en annexe 2). En option, pour les atterrisseurs lunaires réussis, vous pouvez effectuer des tests à différentes hauteurs. Les atterrisseurs survivants devraient avoir une structure qui atténue l'impact initial (comme un coussin) ou qui peut avoir de multiples mécanismes qui dissipent l'énergie d'impact.

Vous pouvez choisir un atterrisseur lunaire gagnant en fonction des critères suivants :

- Hauteur de la chute que l'atterrisseur pouvait supporter
- Distance de la cible d'atterrissage
- Coût de l'atterrisseur
- La mesure dans laquelle l'atterrisseur final a suivi la conception et le budget initiaux.
- Travail d'équipe global, planification et communication du groupe

Demandez aux élèves de présenter leur projet à la classe. Ils devraient analyser dans quelle mesure leur plan a bien fonctionné et ce qu'ils feraient différemment maintenant qu'ils connaissent leurs résultats finaux. Les élèves devraient également discuter des facteurs externes qui ont influencé la chute, par exemple les conditions météorologiques (vent fort, pluie, etc.) ou l'atterrissage des œufs sur différents matériaux (asphalte, sable, herbe, etc.).

## Exercice 2

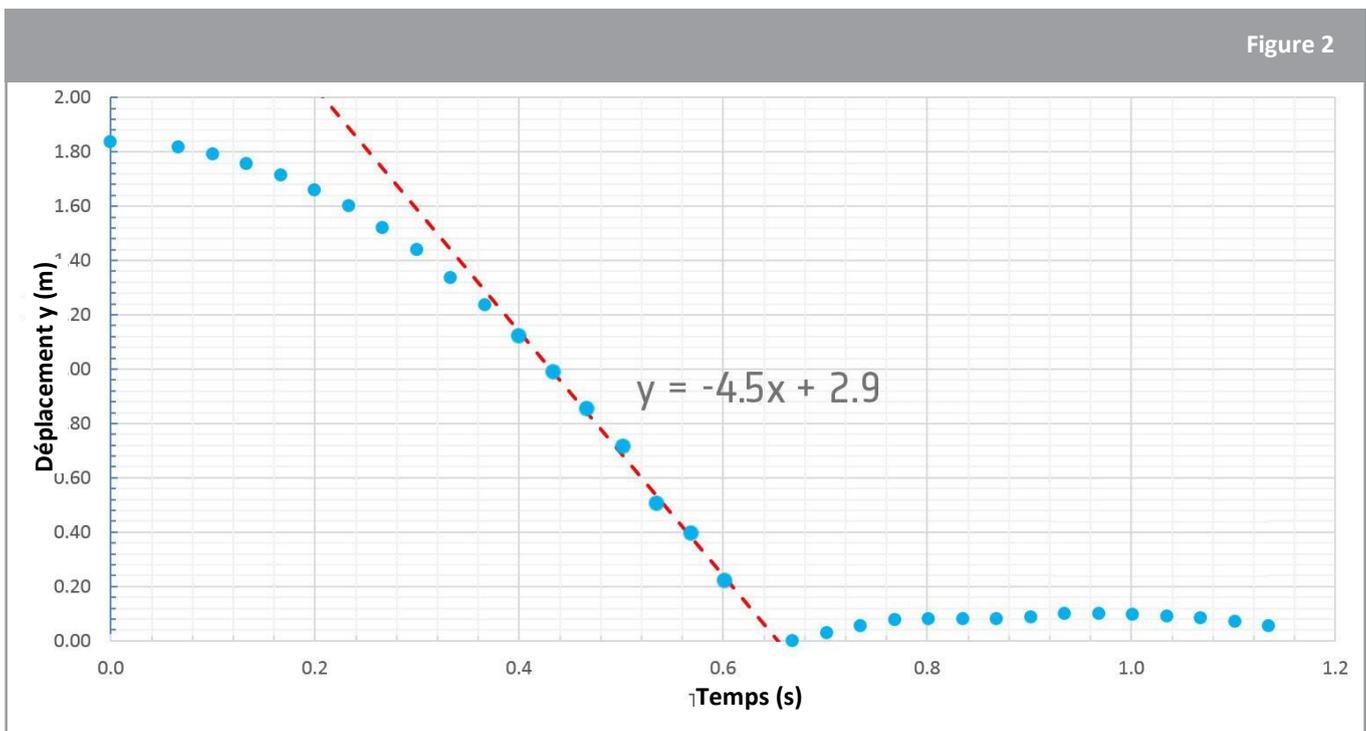
Pour l'exercice 2, vous aurez besoin de la position et de la vitesse, en fonction du temps. Pour des instructions détaillées sur la façon de mesurer ces paramètres, voir l'annexe 3. Vous pouvez également utiliser les exemples de données fournis dans le tableau 1 de l'annexe 3.

Dans cet exercice, les élèves analyseront la vitesse et l'accélération pendant la ou les chutes. En guise d'examen, nous utiliserons les données du tableau 1 de l'annexe 3. Chaque élève aura besoin d'une calculatrice graphique ou d'un ordinateur ou d'un téléphone intelligent avec un programme comme Excel.

1. Calcul de la vitesse d'impact sur un déplacement dans la direction y en fonction du temps :

Pour calculer la vitesse d'impact approximative de l'atterrisseur, les élèves peuvent d'abord tracer le déplacement de l'atterrisseur dans la direction y en fonction du temps. Faites ensuite une analyse de régression linéaire des données, avant que l'atterrisseur ne touche le sol (y compris seulement les 10 à 5 derniers points de données avant l'impact). La pente de cette régression linéaire correspondra à la vitesse d'impact approximative. Si l'atterrisseur n'a pas atteint la vitesse terminale, l'atterrisseur continuera d'accélérer et cette méthode ne sera qu'une approximation.

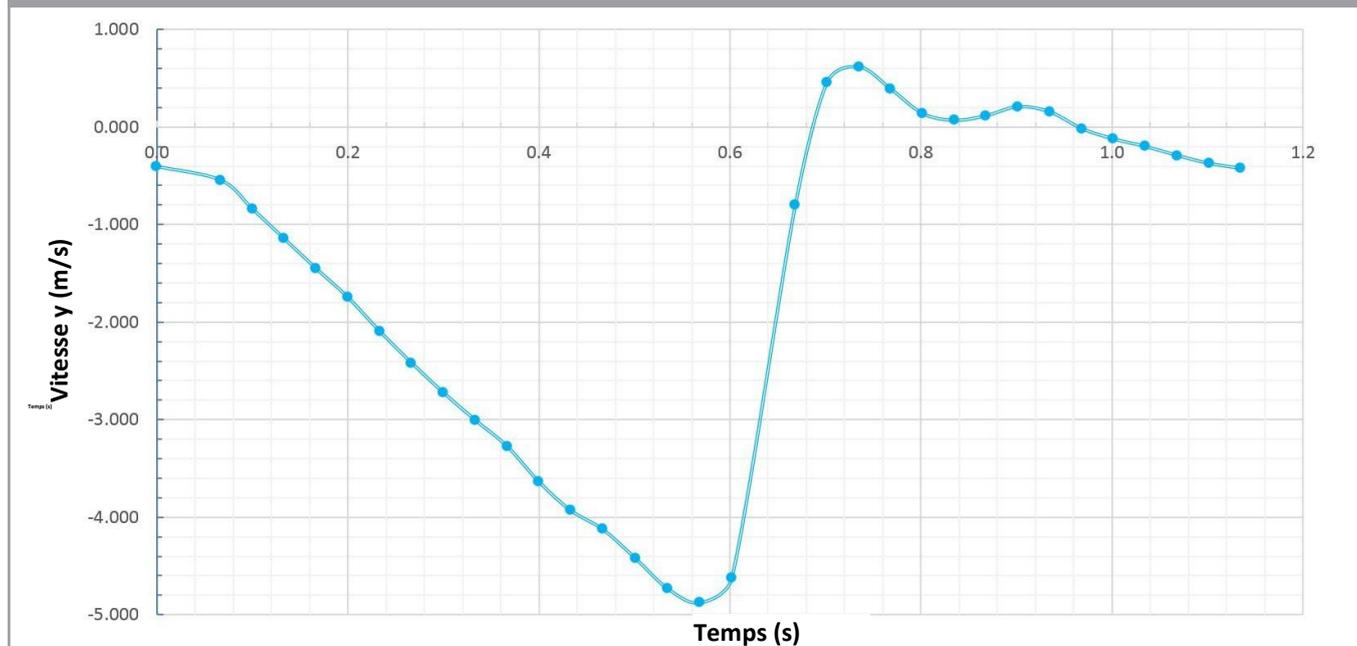
Dans le graphique de l'exemple (Figure 2), la vitesse d'impact est d'environ 4,5 m/s.



↑ Déplacement dans la direction y en fonction du temps.

1. Obtention de la vitesse d'impact sur la vitesse dans la direction y en fonction du temps :  
Une autre méthode pour trouver la vitesse d'impact est de tracer la vitesse dans la direction y en fonction du temps. La vitesse d'impact approximative peut être facilement observée sur ce graphique comme le point auquel la vitesse y change de direction. Dans la figure 3, nous pouvons voir que l'atterrisseur heurte le sol avec une vitesse comprise entre 4,8 et 4,9 m/s, qui est approximativement la même vitesse calculée à la question 1. La vitesse de l'atterrisseur ne devrait pas diminuer jusqu'à ce qu'il atteigne le sol (à moins qu'il n'utilise un système comme un parachute, ce qui n'est pas le cas pour les données de l'échantillon). Les variations de vitesse des points de données proches du point d'impact peuvent être dues à l'incertitude des mesures.

Figure 3

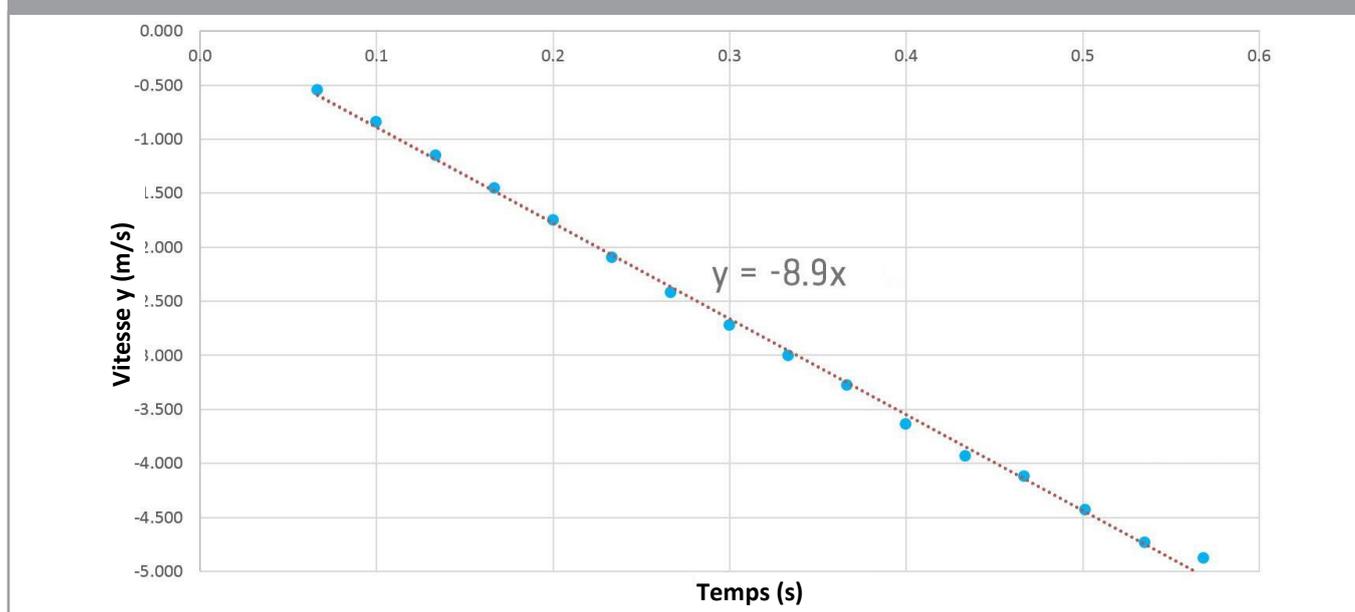


↑ Vitesse dans la direction y en fonction du temps.

1. Calcul de l'accélération sur base d'une vitesse dans le graphique de la direction des y en fonction du temps :

Pour calculer l'accélération de l'atterrisseur, les élèves peuvent faire une régression linéaire de la vitesse dans la direction y en fonction du temps, avant le point d'impact. La pente de cette régression linéaire correspondra à l'accélération de l'atterrisseur. A l'aide des données d'exemple de la figure 4, l'accélération dans la direction y peut être calculée comme  $y = -8,9 x \text{ m/s}^2$ .

Figure 4



↑ Régression linéaire à la vitesse dans la direction y en fonction du temps avant le point d'impact.

1. L'impact de la traînée sur l'accélération :

En raison de la présence de l'atmosphère, la force de traînée agissant sur l'atterrisseur entraînera une décélération. La force de traînée dépend du carré de la vitesse. Si l'atterrisseur avait été largué d'un point beaucoup plus élevé, les élèves seraient en mesure de mesurer que l'atterrisseur atteint sa vitesse finale (vitesse constante) lorsque la force de traînée est égale au poids.

### → Activité 3 : Atterrissage sur la lune

Dans cette activité, les élèves comparent l'atterrissage sur Terre à l'atterrissage sur la Lune. Ils étudieront les différents facteurs influençant l'atterrissage aux deux endroits et le diagramme des forces. De plus, les élèves réitéreront la conception de leur atterrisseur en se basant sur ce qu'ils ont appris pendant le test.

#### Exercice

En guise d'introduction à l'activité 3, discutez des différences entre la Lune et la Terre. Quels facteurs influenceront l'atterrissage dans chaque cas ? Guidez les élèves à débattre de facteurs tels que l'importance de l'emplacement et du type de site d'atterrissage et de l'angle de descente.

1. Demandez aux élèves d'énumérer trois facteurs qui peuvent influencer l'atterrissage aux deux endroits. En voici quelques exemples:

Atterrissage sur Terre	Atterrissage sur la Lune
1. L'atmosphère 2. Le site d'atterrissage 3. La vitesse de rentrée 4. L'angle de rentrée 5. Le temps qu'il fait	1. Le site d'atterrissage 2. L'emplacement sur la Lune 3. La vitesse d'atterrissage 4. L'angle d'approche 5. La variation de température

Discutez de certaines des implications des différences que les élèves ont énumérées, par exemple, l'atmosphère. Comment le fait qu'il n'y ait pas d'atmosphère sur la Lune affecte-t-il l'atterrissage ? Un parachute ne fonctionnerait pas à l'atterrissage sur la Lune - peut-être auront-ils besoin d'un moteur à la place ou peut-être d'un airbag. Les boucliers thermiques sont une nécessité lors du retour sur Terre en raison de la friction avec l'atmosphère, mais sur la Lune, ils ne seraient pas nécessaires. Inversement, les variations de température sur la Lune sont beaucoup plus extrêmes que sur Terre, il faudrait donc acclimater l'atterrisseur.

1. Pour résoudre la question 2, les élèves devraient utiliser l'équation de l'accélération gravitationnelle (g) :

$$g = G \frac{m}{r^2}$$

Où G est la constante gravitationnelle, m est la masse de la planète (lune) et r est le rayon de la planète (ou lune).

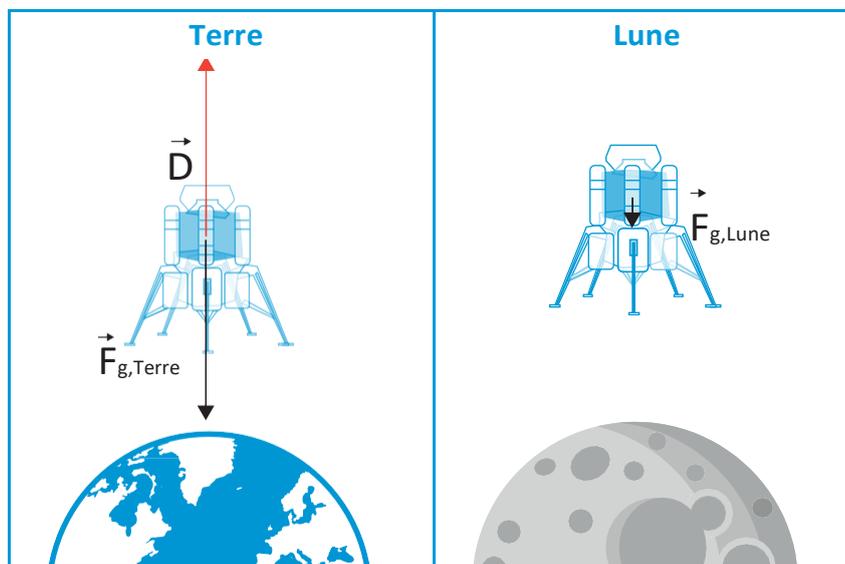
Et la deuxième loi du mouvement de Newton :

$$F = m * a$$

Où F est la force résultante agissant sur un objet, m est la masse de l'objet et a est l'accélération.

TERRE	LUNE
$g_{\text{Terre}} = \frac{5.97 * 10^{24} \text{ kg} * 6.67408 * 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(6\,371\,000 \text{ m})^2}$ $g_{\text{Terre}} = 9.81 \text{ m/s}^2$	$g_{\text{Lune}} = \frac{7.35 * 10^{22} \text{ kg} * 6.67408 * 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}{(1\,737\,000 \text{ m})^2}$ $g_{\text{Lune}} = 1.62 \text{ m/s}^2$
<p>Assuming the mass of the lander is 250 g:</p> $F_{g \text{ Terre}} = 9.81 \text{ m/s}^2 * 0.25 \text{ kg}$ $F_{g \text{ Terre}} = 2.45 \text{ N}$	$F_{g \text{ Lune}} = 1.62 \text{ m/s}^2 * 0.25 \text{ kg}$ $F_{g \text{ Lune}} = 0.41 \text{ N}$

1. Demandez aux élèves de dessiner le diagramme de force de l'atterrisseur, sur Terre et sur la Lune. Vous pouvez commencer par dire que l'accélération gravitationnelle sur la Lune est 6 fois inférieure à celle de la Terre, ou vous pouvez demander aux élèves de réfléchir sur leur résultat calculé.



La Lune est entourée d'un vide, donc la seule force agissant sur l'atterrisseur est la force gravitationnelle.

( $F_{g, \text{Lune}}$ ) ou poids. Le vecteur poids de l'atterrisseur sera 6 fois plus petit sur la Lune que sur la Terre, comme calculé à la question 2.

La Terre est entourée d'une atmosphère, il faut donc tenir compte de la traînée aérodynamique. La force de traînée ( $D$ ) dépend du carré de la vitesse de l'atterrisseur. Lorsque la vitesse augmente, la force de traînée augmente également jusqu'à ce qu'elle soit égale au poids. Lorsque la traînée est égale au poids, il n'y a pas de force externe sur l'objet et celui-ci continuera à tomber à une vitesse constante (vitesse terminale).

2. Avec l'analyse faite dans les questions précédentes, les élèves devraient maintenant être conscients de certaines des principales différences entre un atterrisseur lunaire et un atterrisseur terrestre. Discutez avec les groupes de la possibilité d'utiliser un parachute. Discutez également des avantages et des inconvénients de l'utilisation d'un moteur pour atterrir ou d'un coussin gonflable pour amortir l'atterrissage. Demandez aux élèves s'ils concevraient leur atterrisseur différemment s'ils n'avaient pas à s'occuper de la survie de l'œuf-naute. Reliez cela à l'exploration spatiale réelle et aux différences entre une mission avec et sans équipage.

### → Conclusion

Les élèves devraient conclure que l'atterrissage d'un atterrisseur lunaire est une tâche difficile, qui comporte de nombreuses considérations et tests avant son exécution. Ils devraient conclure que les compétences, comme l'élaboration d'un projet avec un budget fixe, l'évaluation des risques, la conception, les essais et le travail en équipe, sont essentielles à toute mission spatiale. Les considérations à prendre en compte et les risques associés aux missions habitées sont beaucoup plus élevés que pour les missions robotiques.

Les élèves devraient également conclure que les tests effectués sur Terre ne peuvent pas reproduire entièrement l'environnement et les conditions d'atterrissage sur la Lune ; par conséquent, un test doit être complété par la théorie pour comprendre les différences entre la Terre et la Lune.

## → ATERRISSAGE SUR LA LUNE

### Planification et conception d'un module d'atterrissage lunaire

#### → **Activité 1 : Concevoir et construire une sonde lunaire**

L'ESA vous a chargé de concevoir un atterrisseur qui peut amener un œuf-naute à la surface de la Lune en toute sécurité.

#### **Exercice**

Comme dans le monde réel de l'industrie spatiale, vous êtes en compétition et/ou collaborez avec d'autres organisations (vos camarades de classe) pour un contrat avec l'ESA.

#### **Votre mission est de :**

- Concevoir et construire un atterrisseur lunaire pour faire atterrir un œuf-naute en toute sécurité sur la Lune.

#### **Exigences :**

- L'atterrisseur doit réussir un test de chute sur Terre et l'œuf-noisette doit survivre à l'atterrissage.
- Vous ne pouvez utiliser que les matériaux disponibles.
- L'atterrisseur doit être construit dans le cadre d'un budget fixe (maximum 1 milliard d'euros).
- L'atterrisseur doit être en mesure d'atterrir avec précision sur un site d'atterrissage désigné.
- Vous devez présenter une évaluation des risques et une étude de conception.
- Vous devez terminer la conception et construire l'atterrisseur dans le temps alloué : 60 minutes.



## Étude d'évaluation des risques

Lors de la conception d'une mission spatiale, il faut tenir compte de deux facteurs importants : le risque et le coût. Pour votre mission, vous voulez vous assurer que votre œuf-naute atterrit en toute sécurité, mais vous voulez quand même une mission abordable afin de remporter le contrat avec l'ESA.

Placez les risques énumérés à droite dans la matrice d'évaluation des risques en fonction de leur probabilité d'occurrence et des conséquences s'ils se produisent :

		Conséquences				
		Insignifiant	Mineur	Modéré	Majeur	Catastrophique
Probabilité	Presque certain					
	Probable ment					
	Possible					
	Peu probable					
	Rare					

1. Nous n'atterrissons pas sur le site d'atterrissage prévu.
2. Les exigences sont modifiées de façon inattendue.
3. L'œuf-naute ne survit pas
4. Il y a des changements inattendus au budget
5. Certains matériaux deviennent indisponibles
6. Certains matériaux deviennent trop chers
7. L'atterrisseur devient très lourd
8. Une autre société (groupe) a une conception efficace et moins coûteuse
9. Changer continuellement la conception signifie que le lander coûte trop cher à construire.
10. Nous sommes retardés
11. L'atterrisseur est endommagé pendant le test
12. L'atterrisseur est endommagé pendant le transport
13. L'atterrisseur est endommagé lors de l'atterrissage final.

Choisissez trois des principaux risques et notez comment les atténuer :

- 1) Risque #: \_\_\_\_\_ Plan d'atténuation: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2) Risque #: \_\_\_\_\_ Plan d'atténuation: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3) Risque #: \_\_\_\_\_ Plan d'atténuation: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Etude de conception

Nom du module d'atterrissage

Nom de l'œuf-naute

Vérifiez les matériaux disponibles et les prix avec votre professeur. Faites un croquis précis de ce à quoi ressemblera votre module d'atterrissage. Discutez de la façon dont les différentes pièces et les différents matériaux protègent l'œuf-naute. Faites un budget pour votre atterrisseur, basé sur les prix de chaque matériel et n'oubliez pas d'inclure le prix de la mise à l'eau et de l'entraînement de l'œuf-naute :



Matériau	Prix par unité	Montant	Prix
Prix du module d'atterrissage			
Masse Totale (œuf-naute + module)			
Prix du lancement			
Prix de l'entraînement de l'œuf-naute			
<b>Prix total</b>			

## → Activité 2 : Testez votre module d'atterrissage

### Exercice 1

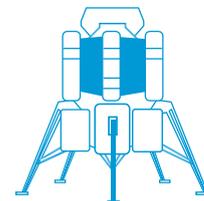
1. Avant la mise à l'eau, prenez note des conditions d'atterrissage (vent, pluie, type de site d'atterrissage, etc.).

---



---

Assurez-vous que votre œuf-naute est confortable. Préparez-vous pour le test.



**Prêt ! Doucement ! Lâchez !!!**

1. Est-ce que l'œuf-naute a survécu à la chute ?

**Oui** \_\_\_\_\_ **Non** \_\_\_\_\_

2. À quelle distance du centre de la cible votre atterrisseur s'est-il immobilisé ? \_\_\_\_\_ cm

3. Dans quelle mesure votre plan de conception a-t-il bien fonctionné ? Tu ferais quelque chose de différent maintenant ?

---



---

4. Après avoir observé les gouttes de chaque groupe, avez-vous remarqué des caractéristiques de conception récurrentes des atterrisseurs dans lesquels l'œuf-naute a survécu ?

---



---



---

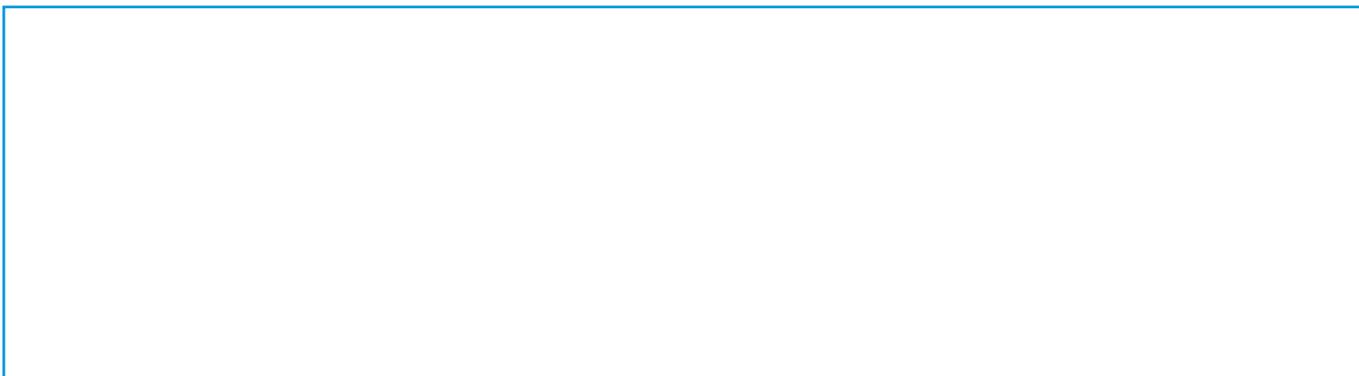


---

## Exercice 2

Pour cet exercice, vous devrez utiliser le déplacement de l'atterrisseur en fonction du temps.

1. Calculer la vitesse d'impact de l'atterrisseur à l'aide d'un graphique du déplacement dans la direction  $y$  en fonction du temps.



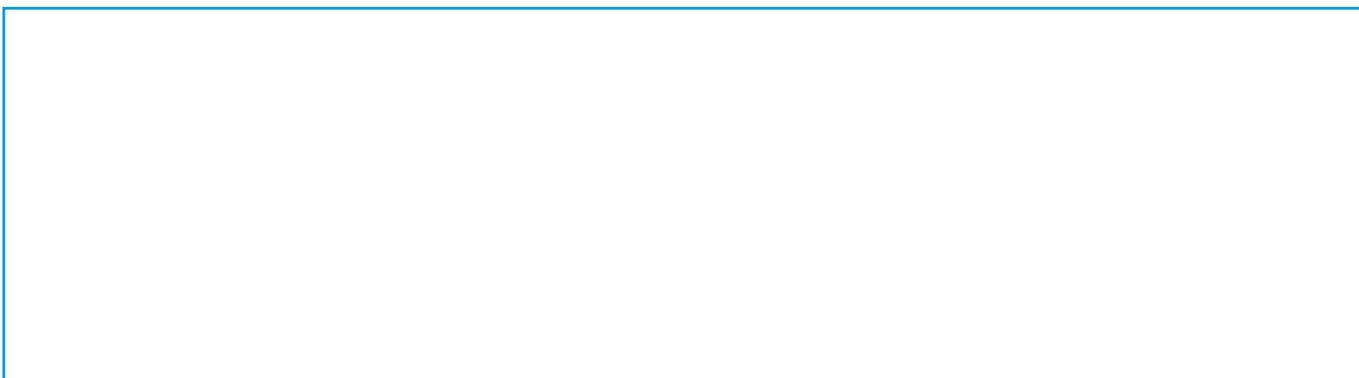
2. Vitesse du tracé dans la direction  $y$  en fonction du temps. Estimer la vitesse d'impact à partir de la courbe. Correspond-elle à la même valeur calculée à la question 1 ? Expliquez la différence, le cas échéant.

---

---

---

3. Utilisez le graphique de la vitesse dans la direction  $y$  en fonction du temps pour calculer l'accélération de l'atterrisseur dans la direction  $y$ .



4. L'accélération gravitationnelle est de  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Expliquez pourquoi vous ne récupérez pas cette valeur.

---

---

---

### → Activité 3 : Atterrissage sur la Lune

Il est temps de préparer l'atterrissage sur la Lune. Vous avez testé votre atterrisseur sur Terre, mais que va-t-il se passer quand il va devoir atterrir sur la Lune ?

- Il y a plusieurs différences entre l'atterrissage sur la Lune et l'atterrissage sur Terre. Énumérez 3 facteurs qui peuvent influencer un atterrissage sur Terre et sur la Lune :

Atterrissage de la Terre	Atterrissage de la Lune
1. _____	1. _____
2. _____	2. _____
3. _____	3. _____

- L'accélération gravitationnelle ( $g$ ) d'une planète est donnée par :

$$g = G \frac{m}{r^2}$$

Où  $m$  est la masse de la planète (ou lune),  $G$  est la constante gravitationnelle et  $r$  est le rayon de la planète (ou lune). Utilisez les valeurs ci-dessous pour répondre aux questions a) et b) :

$G = 6.67408 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$	
$r_{\text{Lune}} = 1737 \text{ km}$	$m_{\text{Lune}} = 7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$
$r_{\text{Terre}} = 6371 \text{ km}$	$m_{\text{Terre}} = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$

- Calculer l'accélération gravitationnelle sur la Terre et sur la Lune.

$$g_{\text{Terre}} =$$

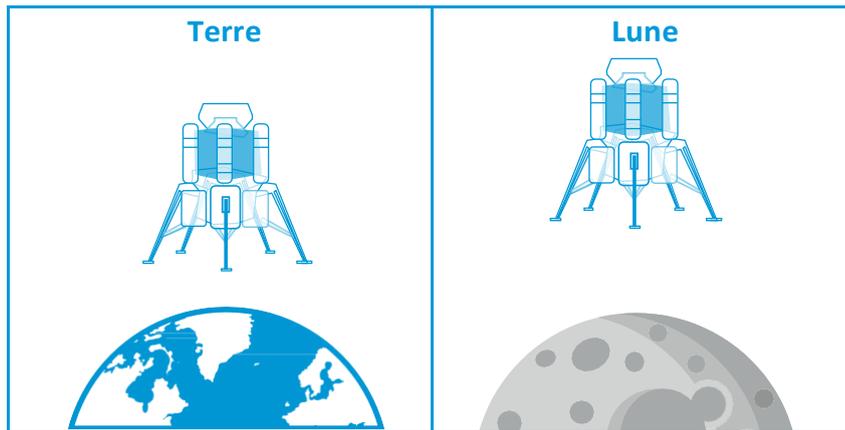
$$g_{\text{Lune}} =$$

- En utilisant la deuxième loi du mouvement de Newton  $F = m \cdot a$ , calculez la force gravitationnelle de votre atterrisseur sur Terre et sur la Lune.

$$F_{g, \text{Terre}} =$$

$$F_{g, \text{Lune}} =$$

3. a) Dessinez les forces agissant sur l'atterrisseur, sur la Terre et sur la Lune.



b) Expliquez votre diagramme de force.

---

---

---

---

---

4. 4. Que pourriez-vous changer pour que votre atterrisseur soit mieux adapté à l'atterrissage sur la Lune ? Expliquer.

---

---

---

---

---

## → Liens

### Ressources de l'ESA

Moon Camp Challenge

[esa.int/Education/Moon\\_Camp](http://esa.int/Education/Moon_Camp)

Animations sur la Lune pour savoir comment s'y rendre.

[esa.int/Education/Moon\\_Camp/Travelling\\_to\\_the\\_Moon](http://esa.int/Education/Moon_Camp/Travelling_to_the_Moon)

Ressources pour les classes de l'ESA :

[esa.int/Education/Classroom\\_resources](http://esa.int/Education/Classroom_resources)

### Projets spatiaux de l'ESA

SMART-1

<http://sci.esa.int/smart-1>

HERACLES

[esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Exploration/Landing\\_on\\_the\\_Moon\\_and\\_returning\\_home\\_Heracles](http://esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Exploration/Landing_on_the_Moon_and_returning_home_Heracles)

### Informations supplémentaires

Guide interactif de l'ESA sur la Lune

<http://lunarexploration.esa.int/#/intro>

### Comment utiliser le programme Tracker

Tutoriel 1

[youtube.com/watch?v=JhI-\\_glsE6o](https://youtube.com/watch?v=JhI-_glsE6o)

Tutoriel 2

[youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y](https://youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y)

## → ANNEXE 1

### Activité 1 - Concevoir et construire une sonde lunaire

#### Coûts obligatoires:

Entraînement à l'œuf-naut	300 MILLIONS D'EUROS
Le coût du lancement	1 million € par gramme

#### Matériaux:

1 morceau de papier A4	50 millions d'euros
1 paille	100 millions d'euros
1 guimauve	150 millions d'euros
1 bâtonnet de popsicle	100 millions d'euros
1 sac plastique	200 millions d'euros
1 m de ficelle	100 millions d'euros
1 m de bande	200 millions d'euros
1 ballon	200 millions d'euros



## → ANNEXE 3

### Activité 2 - Testez votre module d'atterrissage

Cette partie de l'exercice 2 peut être effectuée soit à titre de démonstration, soit dans le prolongement des activités du groupe d'élèves, selon la disponibilité d'ordinateurs ou de téléphones intelligents dans votre classe.

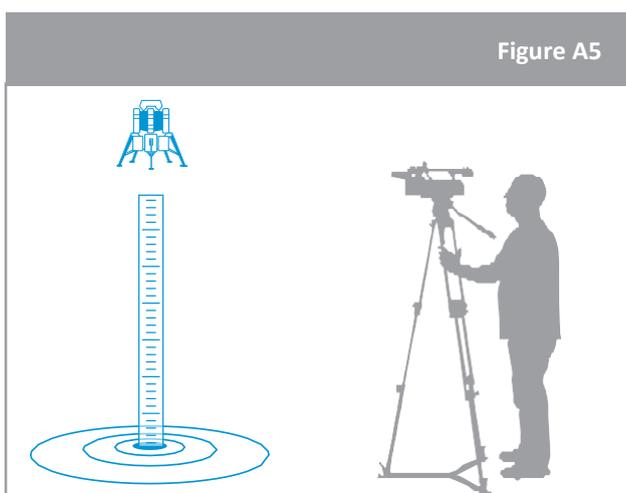
L'analyse vidéo du mouvement sera utilisée pour suivre l'atterrissage. Il existe plusieurs programmes d'analyse vidéo disponibles en ligne - certains sont gratuits et d'autres nécessitent une licence. Nous suggérons l'utilisation de :

- Le programme "Tracker" peut être téléchargé gratuitement à partir du site <http://physlets.org/tracker/> et convient parfaitement pour une utilisation sur ordinateur.
- L'application 'Video Physics' en combinaison avec 'Graphical' (tous deux disponibles pour Android et iOS) est idéale pour le suivi avec des tablettes ou des smartphones.

Vous pouvez effectuer l'expérience et distribuer un seul ensemble de données aux élèves, ou ils peuvent effectuer les mesures pour leurs atterrisseurs individuellement.

### Mise en place

1. Fixez un bâton de mètre (ou une règle) comme référence à côté du site d'atterrissage.
2. Positionnez la caméra de manière à ce que le point de chute et le bras de mesure se trouvent dans le même cadre.
3. Maintenez l'appareil stable pendant le tournage, idéalement à l'aide d'un trépied.
4. Lorsque vous laissez tomber l'atterrisseur, assurez-vous qu'il est à la même distance que le bâton de mesure de l'appareil photo.



↑ Représentation du réglage du jet d'essai.



↑ Exemple d'analyse du mouvement vidéo d'une chute d'essai à partir d'une hauteur d'environ 2 m.

5. Suivre l'atterrisseur dans le programme que vous avez sélectionné en réglant les points de repère manuellement.
6. Sauvegardez les données.

Données d'échantillon pour le largage de l'atterrisseur.

Temps (s)	Déplacement Y (m)	Vitesse Y (m/s)
0.000	1.84	-0.406
0.067	1.82	-0.547
0.100	1.79	-0.843
0.133	1.76	-1.148
0.167	1.71	-1.453
0.200	1.66	-1.748
0.233	1.60	-2.096
0.267	1.52	-2.420
0.300	1.44	-2.725
0.333	1.34	-3.006
0.367	1.24	-3.274
0.400	1.12	-3.638
0.433	0.99	-3.931
0.467	0.86	-4.123
0.502	0.71	-4.428
0.535	0.51	-4.734
0.568	0.40	-4.877
0.602	0.22	-4.623
0.668	0.00	-0.798
0.702	0.03	0.457
0.735	0.06	0.614
0.768	0.08	0.386
0.802	0.08	0.135
0.835	0.08	0.066
0.868	0.08	0.115
0.902	0.09	0.207
0.935	0.10	0.151
0.968	0.10	-0.019
1.002	0.10	-0.125
1.035	0.09	-0.201
1.068	0.08	-0.294
1.102	0.07	-0.375
1.135	0.06	-0.426