

→ POURQUOI Y A-T-IL DES DÉBRIS DANS L'ESPACE ?





En bref	Page 3
Introduction	page 6
Activité 1 : Collisions dans l'Espace	page 7
Activité 2 : Taille des débris spatiaux	page 10
Fiche de l'élève : Activité 1	page 13
Fiche de l'élève : Activité 2	page 15

TEACH WITH SPACE - Pourquoi y a-t-il des débris dans l'espace | PR51
www.esa.int/education et sur esero.fr

Le Bureau du climat de l'ESA apprécie les retours et commentaires à l'adresse : teachers@esa.int Une production , remarques en français à esero.france@cnes.fr

ESA Education en collaboration avec ESERO UK, traduction et adaptation par CNES et ESERO France
Copyright © European Space Agency 2021
Copyright © CNES / ESERO France



POURQUOI Y A-T-IL DES DÉBRIS DANS L'ESPACE ?

En bref

Thème(s) : mathématiques, physique

Tranche d'âge : 7-11

Type : activité scolaire

Difficulté : facile

Temps nécessaire pour la leçon : 2 h30

Coût : bas (0 à 10 euros)

Lieu : à l'intérieur ou à l'extérieur, salle de classe, hall de l'école

Implique l'utilisation de : matériau pour travaux manuels (carton), billes, petites balles, chips

Mots clés : matériaux, forces, Terre et espace, système solaire, orbite, forces, contact, collision, friction, impact, débris, pesanteur

Aperçu

Dans la première activité, les élèves rechercheront comment les collisions entre objets peuvent entraîner d'autres impacts. Dans la deuxième activité, ils étudieront comment ces impacts peuvent provoquer la fracture de certains matériaux en de nombreuses particules.

Ces activités peuvent être organisées séparément ou combinées afin de permettre un apprentissage progressif.



Objectifs de l'apprentissage

Au terme de ces activités, les élèves pourront :

- Comprendre que les collisions entre les objets en orbite terrestre peuvent conduire à plusieurs autres collisions.
- Comprendre que les satellites brûlent lors de leur rentrée dans l'atmosphère terrestre.
- Comprendre que les impacts répétés augmentent la quantité de débris spatiaux.
- Adopter une approche scientifique en faisant des observations minutieuses et en recherchant des tendances et des corrélations.

Critères de réussite

Au cours de ces activités, les élèves montreront qu'ils sont capables de...

- Collecter et enregistrer des données à partir de leurs propres observations et mesures.
- Faire des prévisions basées sur des résultats préliminaires et effectuer d'autres tests.
- Établir un lien entre leurs résultats et la problématique scientifique plus large en question.



Synthèse des activités

Titre	Description	Résultat	Apprentissage préalable	Durée
1. Collisions dans l'Espace	Les élèves modéliseront les collisions entre les débris et les satellites, et observeront qu'une collision peut en entraîner d'autres.	Les élèves apprendront que les collisions entre des objets en orbite terrestre peuvent conduire à plusieurs autres collisions, et que les satellites brûlent lors de leur rentrée dans l'atmosphère terrestre.	Aucun	1 heure
2. Taille des débris spatiaux	Les élèves observeront comment certains matériaux risquent de se briser en plusieurs morceaux lors d'une collision avec des débris spatiaux.	Les élèves apprendront que des impacts répétés augmentent la quantité de débris spatiaux. Ils apprendront aussi à adopter une approche scientifique en faisant des observations minutieuses et en recherchant des tendances et des corrélations.	Aucun	1,5 heure



INTRODUCTION

Les hommes envoient des satellites dans l'espace depuis des décennies. Ces missions nous permettent d'obtenir davantage d'informations sur notre Soleil, la Terre et d'autres planètes, et de scruter les trous noirs, les étoiles lointaines et les galaxies. Il y a aussi des satellites de communication, des satellites météorologiques et la Station Spatiale Internationale (ISS). Mais que devient un satellite une fois qu'il a rempli sa mission ? Il continue à tourner sur son orbite autour de la Terre ! Les débris spatiaux sont des objets fabriqués par l'homme qui orbitent autour de notre planète mais qui n'ont plus d'utilité. Il s'agit par exemple de gros objets tels que des satellites hors d'usage ou de plus petits objets tels que des particules de peinture.

Les débris spatiaux représentent une menace grandissante pour les engins spatiaux et les satellites en service ; plus ils s'accumulent, plus le risque de collision est élevé. Les scientifiques surveillent en permanence les gros débris (de plus de 10 cm) à l'aide de télescopes spatiaux afin d'évaluer le risque qu'ils représentent. Ils prennent des mesures, si possible, pour protéger les satellites et les engins spatiaux. La station spatiale internationale effectue parfois une « manœuvre d'évitement » pour se soustraire au risque de collision avec des débris.

Il existe cependant des millions de débris spatiaux qui sont trop petits pour être suivis par les scientifiques, et leur nombre s'accroît rapidement. La quantité de débris spatiaux en orbite terrestre a atteint un niveau que nous ne pouvons plus ignorer, et la situation ne fera que s'aggraver si nous n'agissons pas. Le programme Clean Space de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) a pour objectif non seulement de limiter les débris produits par les futures missions spatiales, mais aussi de réduire activement les débris déjà en orbite.

LE SAVIEZ-VOUS ?

Au fur et à mesure que les collisions se multiplient, les débris se désagrègent en morceaux de plus en plus petits. Il y a donc proportionnellement plus de petits fragments de débris spatiaux que de gros. Selon des modèles statistiques, la quantité de débris spatiaux en orbite autour de la Terre est estimée à :

Estimation en novembre 2021 :
36 500 objets de plus de 10 cm
1 000 000 objets de 1 à 10 cm
330 millions d'objets de 1 mm à 1 cm

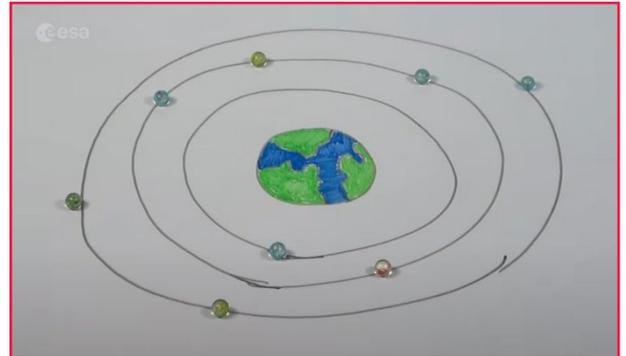


ACTIVITÉ 1 - COLLISIONS DANS L'ESPACE

Dans cette activité, les élèves modélisent des collisions entre des débris et des satellites, et observent qu'une collision peut en entraîner plusieurs autres. Vous pouvez regarder la vidéo de l'activité [ici](#).

Matériel

- Billes ou balles (100 au maximum)
- Grande feuille de papier
- Marqueurs ou craies
- Fiche d'activité n° 1 (facultatif)



PRÉPARATION PRÉALABLE

Tracez 5 orbites circulaires concentriques sur une grande feuille de papier. Dessinez la Terre au centre. Autre possibilité, dessinez les orbites à la craie sur le sol de la salle ou dans la cour de récréation.

Exercice

Organisez une discussion de la classe autour des questions suivantes :

- *Que se passe-t-il quand on jette quelque chose à la poubelle ? Où cela finit-il ? Vous pouvez éventuellement montrer à la classe une image de décharge.*
- *Que deviennent les débris dans l'espace ? Quels types d'objets pourraient être considérés comme des débris spatiaux ?*
- *Vous pouvez montrer à la classe l'image (début de cette ressource) qui montre des débris spatiaux en orbite autour de la Terre.*

Amenez la classe à réfléchir au processus de création des déchets ici sur Terre : lorsque les gens en ont fini avec un produit, ils le jettent et, à moins qu'ils ne le recyclent, il finit dans une décharge. Expliquez que la situation est similaire dans l'espace : si les débris spatiaux ne sont pas enlevés, ils restent en orbite autour de la Terre et polluent l'espace qui nous entoure.



Regarder l'animation de Paxi. La vidéo montre pourquoi nous devons nous occuper du problème des débris spatiaux. Le personnage, Paxi, guide les enfants vers l'orbite terrestre basse (LEO), à 500-2000 kilomètres de la Terre ! Là, il constate un embouteillage de satellites (personnifiés), qui entrent parfois en collision les uns avec les autres.... une situation chaotique !

Mettez la vidéo en pause sur l'image des satellites qui se disputent.

Ensuite, réunissez la classe pour la démonstration des collisions. Répartissez les billes sur les différentes orbites circulaires que vous avez préparées au préalable. Expliquez qu'elles représentent des satellites et des débris spatiaux. Il peut être utile de choisir une couleur de billes pour les débris spatiaux et une autre pour les satellites actifs. Si ce n'est pas possible, vous pouvez tracer de petits cercles autour des billes qui symbolisent les « satellites ». Montrez-leur que si vous faites rouler une bille (représentant un débris spatial) sur la feuille, cela provoque des impacts qui génèrent à leur tour des impacts secondaires.

Invitez les enfants à faire rouler la bille à leur tour en essayant de deviner où les collisions risquent de se produire si la direction ou la force du lancement est modifiée.

Discussion

Organisez une discussion avec l'ensemble des élèves de la classe sur ce qu'ils ont appris de cette activité. Quelques pistes de discussion :

- *Dans cette activité, les billes ont pu passer au-dessus du dessin de la Terre. À leur avis, que se passerait-il si un vrai satellite ou débris spatial venait à tomber en direction de la Terre ? Pensez-ils que ce serait une bonne ou une mauvaise chose ?*

Expliquez que les satellites sont conçus pour brûler lors de leur rentrée dans l'atmosphère terrestre. Ils peuvent imaginer l'atmosphère terrestre comme une bulle d'« air » qui nous entoure et dans laquelle nous pouvons respirer. Il y a beaucoup plus de forces de friction à l'intérieur de la bulle qu'à l'extérieur, et c'est ce qui explique que les débris brûlent lors de leur rentrée dans l'atmosphère. Expliquez que la chute de débris dans l'atmosphère est généralement une bonne chose car leur combustion n'aura pas d'impact sur la vie sur Terre.

- *Chaque fois qu'un élève lance une bille dans cette activité, qu'est-ce que cela pourrait représenter en ce qui concerne les débris spatiaux ?*

Expliquez que cela pourrait représenter un débris qui quitte son orbite. En réalité, ce phénomène serait dû aux faibles niveaux de friction de l'orbite terrestre basse (les limites extérieures de la « bulle d'air »).

- *Que remarquent-ils lorsqu'un débris percute un satellite ?*

Les élèves devraient observer que le satellite est dévié de son orbite. Précisez qu'il faudrait un gros débris pour que cela se produise dans la réalité, raison pour laquelle les scientifiques de l'espace surveillent les débris de plus de 10 cm. Le plus souvent, les débris causent la rupture de certaines parties des satellites, comme le montre l'activité 2.

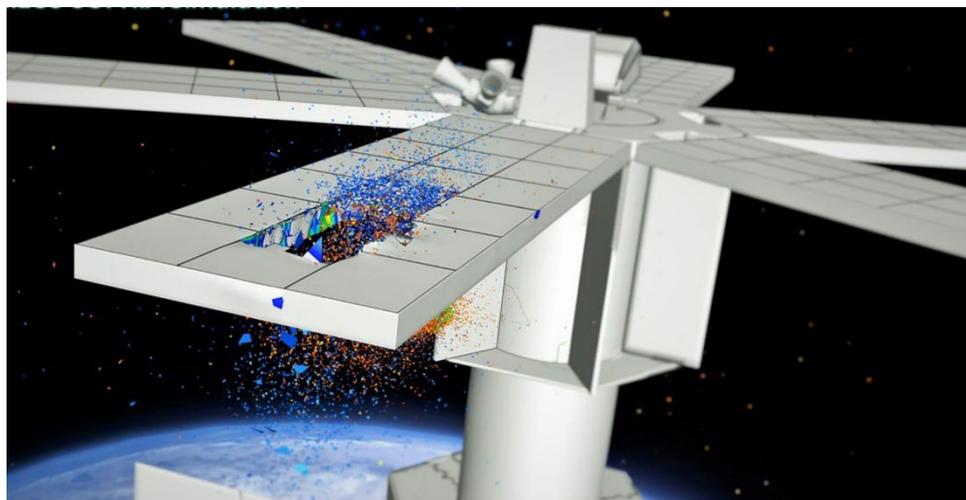
Terminez en disant qu'une simple collision entraîne généralement d'autres collisions qui peuvent engendrer différents effets.



Les scientifiques étudient les effets des collisions entre objets par le biais de simulations informatiques et de tests d'impact physiques. L'ESA dispose de moyens d'essai où les scientifiques évaluent les effets des impacts sur les matériaux utilisés dans la fabrication des engins spatiaux ou des satellites, afin de s'assurer qu'ils répondent aux normes strictes exigées pour les missions spatiales.

LE SAVIEZ-VOUS ?

Cette activité a pour but de simuler « l'effet Kessler ». Il s'agit d'une théorie proposée par Donald Kessler, expert en débris spatiaux à la NASA : une succession de collisions risque de provoquer des réactions en chaîne impliquant des satellites et d'autres objets en orbite autour de la Terre. Mais l'effet Kessler peut être stoppé si suffisamment de débris sont retirés des orbites principales.



ACTIVITÉ 2- TAILLE DES DÉBRIS SPATIAUX

Dans cette activité, les élèves étudient comment les collisions avec des débris spatiaux peuvent provoquer la fracture de certains matériaux en plusieurs morceaux. Vous pouvez regarder la vidéo de cette activité [ici](#).

Matériel

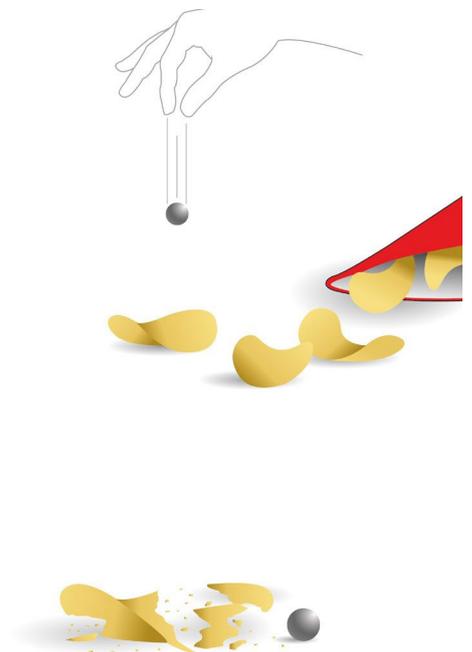
- 1 bille
- Des chips
- 1 plateau ou boîte à bords larges
- 1 règle
- Fiche d'activité n°2



Exercice

Demandez aux élèves de préparer leur installation d'essai. Ils doivent dégager un espace pour effectuer les tests et placer du papier journal sur le sol pour faciliter le nettoyage après l'expérience. Les groupes doivent dire ce qu'il va se passer et pourquoi. Ils devront faire quelques essais avant de commencer le test afin de déterminer la hauteur de lâcher la plus appropriée. Incitez-les à réfléchir à un moyen de trier ou de séparer les fragments de chips en trois catégories.

Les élèves doivent laisser tomber la bille trois fois sur la même chips. Après chaque lâcher de bille, ils doivent compter le nombre de fragments en fonction de leur taille (<1cm, 1-5cm, >5cm), et noter les résultats. Les élèves peuvent choisir leur propre méthode d'enregistrement ou utiliser le tableau de la fiche d'activité n°2.



Le tableau 1 présente des exemples de données recueillies lors de l'essai d'impact.

Nombre de fragments après chaque lâcher de bille				
Lâcher de 25 cm	<1cm	1-5cm	>5cm	Total
1	2	2	1	5
2	10	2	1	13
3	13	3	1	17

Discussion

Affichez les résultats des tests d'impact de chaque groupe et demandez à la classe de les comparer. Voici quelques pistes de discussion :

- *Quelles sont les observations de chaque groupe ou de la classe ? Une tendance se dégage-t-elle de leurs résultats ?*
- *Comment évolue le nombre de fragments lorsque le nombre d'impacts augmente ?*
- *Expliquez que le nombre de collisions augmente proportionnellement au nombre de débris créés. Autrement dit, le nombre croissant de fragments générés augmente le risque de collisions.*
- *Que conseilleraient-ils aux scientifiques et aux ingénieurs qui conçoivent les satellites et les engins spatiaux ?*
- *À leur avis, quels types de matériaux seraient appropriés ? Pourquoi ?*

[Regardez la première minute de l'animation Clean Space](#)



Supplément

Suggestions d'extension des tests d'impact :

- **Modifier la hauteur de lâcher des billes**

Il pourrait y avoir une corrélation entre la hauteur de lâcher et la vitesse à laquelle elle percute les débris
– plus la bille est lâchée de haut, plus la vitesse de collision est élevée.

- **Modifier la masse de la bille**

Des billes de masses différentes pourraient être utilisées pour représenter des débris plus ou moins lourds entrant en collision avec des satellites.

- **Changer le matériau testé**

L'utilisation de différents matériaux d'essai pourrait mettre en évidence la vulnérabilité de certains matériaux par rapport à d'autres. Les scientifiques doivent choisir avec discernement les matériaux utilisés pour la construction de leurs satellites.

Note : il existe une autre activité permettant d'étudier les matériaux d'un véhicule spatial [ici](#). N'hésitez pas à la consulter et à demander le prêt du kit associé à esero.france@cnes.fr.

- **Modifier le nombre de couches de matériau ou le nombre de chips**

L'utilisation de plusieurs couches du matériau d'essai pourrait être un bon moyen de démontrer l'intérêt de prévoir plusieurs couches dans la conception des satellites : que se passe-t-il lorsqu'une couche plus solide est superposée à une couche plus fragile ?

- **Élaborer une nouvelle méthode d'essai d'impact**

Les scientifiques et les ingénieurs essaient toujours de tester leurs modèles selon différentes méthodes, car une batterie de tests peut mettre en évidence différents points forts et points faibles.

En explorant chacune des variables ci-dessus, les élèves devront faire le lien avec les débris spatiaux et réfléchir à l'incidence que ces modifications pourraient avoir sur ceux-ci.

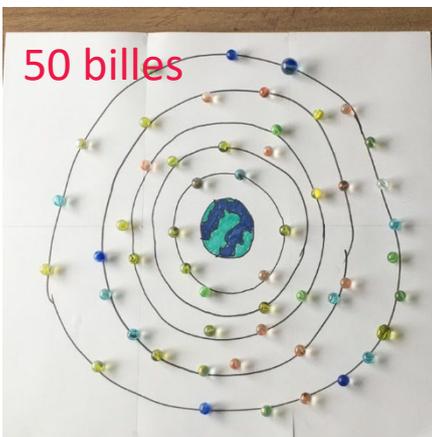


FICHES D'ACTIVITÉ DE L'ÉLÈVE

ACTIVITÉ 1

Tu vas faire rouler une bille (qui symbolise un débris) vers la Terre pour étudier les collisions en chaîne. Prends des photos avant et après les 3 tests d'impact : le premier avec 10 billes en orbite, le deuxième avec 50 billes et le troisième avec 100 billes, et note tes résultats dans le tableau ci-dessous.

Remarque : si tu n'as pas assez de billes, corrige les chiffres du tableau et utilise celles dont tu disposes. Attention, la différence du nombre de collisions sera moins évidente si on utilise moins de billes.



Nombre de satellites (billes) en orbite	Image avant	Image après
10		
50		
100		

1. Que remarques-tu concernant la proportion de collisions par rapport au nombre de satellites en orbite ?

2. À l'aide des connaissances acquises lors de cette activité, explique pourquoi les débris spatiaux constituent un problème.



ACTIVITÉ 2

Fais tomber une bille sur la même chips à trois reprises. Après chaque lâcher, compte le nombre de fragments en fonction de leur taille. Consigne les résultats dans le tableau ci-dessous.

Nombre de fragments après chaque lâcher				
Lâcher de __ cm	<1cm	1-5cm	>5cm	Total
1				
2				
3				

1. As-tu constaté une tendance dans tes résultats ?

2. Quelles conclusions peux-tu en tirer ? Examine l'évolution du nombre de fragments en fonction de l'augmentation du nombre d'impacts.

