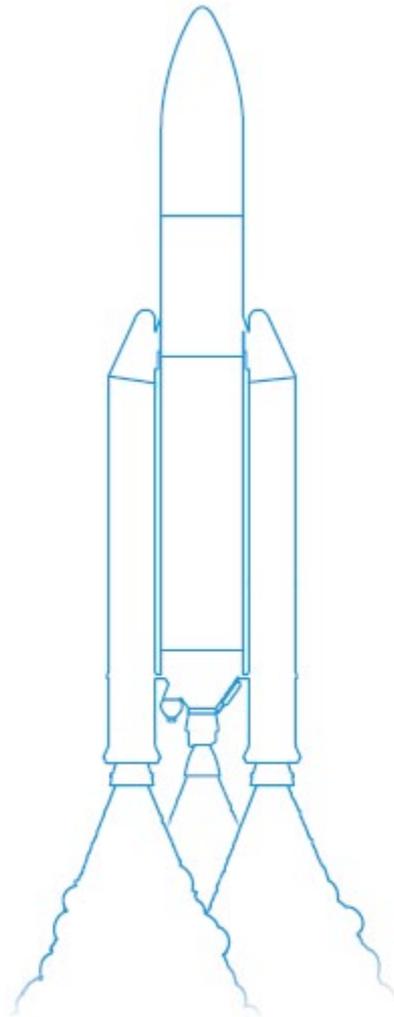
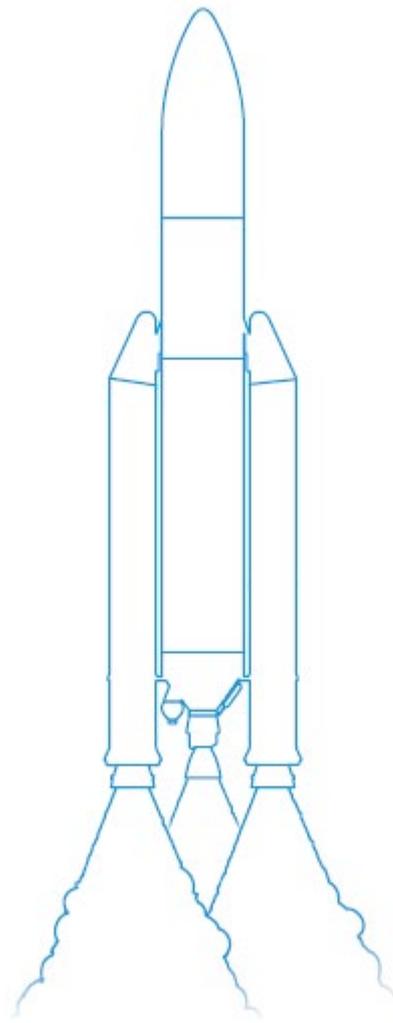


Enseigner avec l'espace

WHOOSH BOTTLE

Appliquer les lois de Newton aux fusées





Activités de l'élève

Informations générales

page 3

Activité 1 : Brûle carburant, brûle !

page 5

Activité 2 : Appliquer la seconde loi de Newton aux fusées

page 8

Informations générales

Comprendre les forces est fondamental pour comprendre comment et pourquoi la matière bouge dans l'Univers. Les effets des forces peuvent être décrits par les lois du mouvement de Newton.

Première Loi de Newton

Si aucune force globale - ou RÉSULTANTE - n'agit sur un objet, celui-ci reste au repos ou continue à vitesse constante (c'est-à-dire qu'il se déplace en ligne droite à une vitesse constante). Des forces sont nécessaires pour modifier la vitesse ou la direction de tout objet.

Un équilibre survient lorsque la force résultante (ou nette) sur un objet est égale à zéro. Si un objet accélère (c'est-à-dire qu'il change de direction de mouvement ou de vitesse - ou les deux), il doit exister une force résultante agissant sur l'objet.

Seconde Loi de Newton

La force nette agissant sur un corps est proportionnelle à la vitesse à laquelle son impulsion change : $F = ma$, où F est mesuré en newton.

La deuxième loi de Newton explique comment une force résultante modifie le mouvement d'un objet.

Troisième Loi de Newton

Si le corps A exerce une force sur le corps B , alors, par ce processus, le corps B exercera une force égale et opposée sur le corps A .

Ceci est souvent décrit comme « chaque action a une réaction égale et opposée ». Les forces se produisent par paires et aucun objet ne peut exercer de force par lui-même de manière isolée.

Dans cette activité, les lois de Newton sont appliquées aux fusées :

Première et seconde lois de Newton: La force résultante sur la fusée (la poussée moins le total de toutes les forces agissant dans la direction opposée) provoque une accélération, qui peut être calculée en appliquant la deuxième loi de Newton « $F = ma$ » et en la substituant dans la masse de la fusée. Lors de la mise à feu du moteur de la fusée, la masse de la fusée diminue à mesure que les produits de la réaction chimique sont éjectés du moteur. Cela signifie que pour un stade donné, l'accélération produite pour une poussée donnée augmente avec le temps.

Troisième loi de Newton: lorsqu'un moteur-fusée rejette les gaz d'échappement dans une direction, les gaz qui s'échappent exercent une force égale et opposée sur la fusée. C'est ce qu'on appelle la force de réaction, ou force de poussée, produite par le moteur. La réaction pousse la fusée vers le haut et hors du sol.

Une modélisation plus réaliste de ce concept peut être étudiée à travers l'application de la version complète de la deuxième loi de Newton - la force est proportionnelle au taux de changement d'élan. Ceci, combiné à la troisième loi de Newton, indique qu'une plus grande poussée peut être obtenue en :

- Maximisant la masse de gaz d'échappement expulsés par seconde.
- Maximisant la vitesse des gaz d'échappement.
- Minimisant le temps pendant lequel cela se produit.



↑ Pour lancer une fusée dans l'espace, il faut une poussée suffisante. Ces captures sont issues de la vidéo de démonstration en classe que vous pouvez trouver sur le site de l'ESA.

ACTIVITE 1: BRÛLE CARBURANT, BRÛLE

Les fusées sont utilisées depuis des centaines d'années. Les premières fusées ont été utilisées en Chine pour des feux d'artifice il y a près de 1000 ans. De nos jours, les fusées ont de nombreuses autres applications, notamment amener des astronautes à la Station spatiale internationale, envoyer des sondes dans l'espace pour explorer le système solaire et lancer des satellites en orbite autour de la Terre.

Dans cette activité, un mélange d'air et d'alcool s'enflamme à l'intérieur d'une bouteille en plastique, simulant ce qui se passe lors de l'inflammation de carburant au lancement d'une fusée. Vous verrez une réaction rapide, accompagnée d'un son retentissant et de flammes, démontrant la grande quantité d'énergie libérée lors des réactions de combustion.

Equipement

1 petite bouteille en plastique avec capuchon (500ml)

1 ml d'alcool méthyle/éthanol (ou autre)

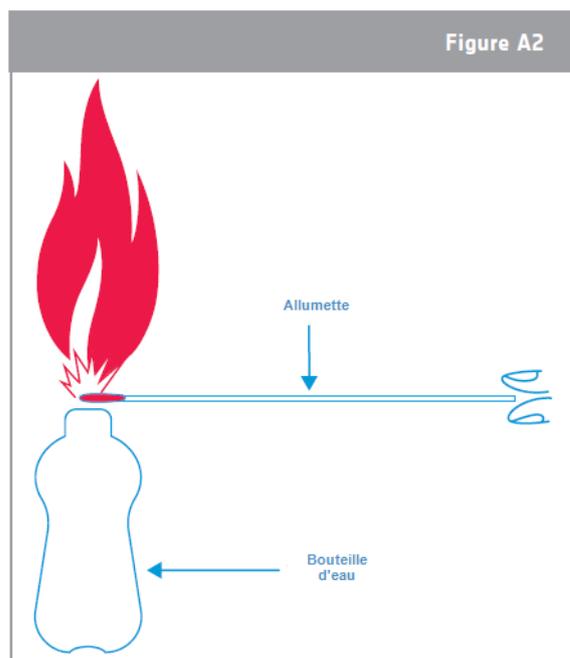
Lunettes de sécurité

1 tapis anti-chaleur

Des allumettes longues

Santé & sécurité

- L'éthanol (et tout autre alcool) est extrêmement inflammable. Ne pas utiliser près des flammes nues.
- Assurez-vous que les produits chimiques inflammables, y compris tous les alcools, sont conservés dans des récipients fermés lorsqu'ils ne sont pas utilisés.
- Des lunettes de sécurité doivent être portées en tout temps.
- Vérifiez que les bouteilles ne sont pas endommagées. Si des fissures sont présentes, utilisez une autre bouteille.
- Ne tenez pas votre corps par-dessus le flacon.
- Suivez les mesures de sécurité générales en laboratoire.



Exercices

1. Mettez des lunettes de sécurité.
2. Retirez le bouchon de la bouteille d'eau et assurez-vous que la bouteille soit complètement sèche.
3. Versez 1 ml de carburant dans la bouteille.
4. Replacez le bouchon et agitez bien.
5. S'il reste du carburant au fond de la bouteille, versez-le dans un endroit sûr et replacez le couvercle.
6. Placez la bouteille sur la table sur un tapis résistant à la chaleur et attendez votre professeur. Gardez toujours votre table propre.
7. Lorsque l'enseignant est présent, retirez le couvercle, reculez-vous et regardez votre enseignant mettre une allumette allumée dans la bouche de la bouteille.
8. Observez ce qui se passe. Observez également ce qui se passe lorsque les bouteilles des autres élèves sont allumées.

Discussion

1. Expliquez pourquoi la bouteille devrait être secouée après avoir ajouté l'alcool.

2. La réaction était accompagnée d'un bruit de whoosh. Expliquez d'où vient ce son.

3. En considérant la troisième loi de Newton, identifiez les forces qui agissent sur la bouteille pendant la réaction de combustion.

4. Tracez un diagramme des forces illustrant les forces agissant sur la bouteille pendant la réaction de combustion.

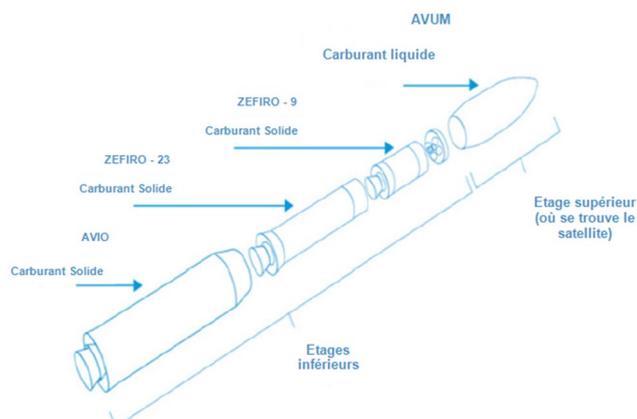
5. Dessinez un diagramme des forces montrant les forces agissant sur une fusée au moment de son lancement, immédiatement après qu'elle a quitté le sol. Ignorez la résistance de l'air.

6. Décrivez les similitudes et les différences entre les deux diagrammes dessinés.

7. Expliquez les effets des forces dans les deux exemples (la bouteille whoosh et la fusée).

Le saviez-vous ?

La poussée d'une fusée accélère toute sa masse (charge utile, carburant, oxydant et structure de la fusée). Afin de limiter la quantité de masse supplémentaire transportée pendant tout le voyage et de maximiser ainsi l'accélération, les fusées sont souvent construites en plusieurs étapes. En règle générale, deux ou plusieurs étages vont tomber de l'engin (ce qui réduit considérablement la masse) une fois qu'ils ont terminé leur combustion du moteur. Vega, le petit lanceur de l'ESA, est présenté dans le diagramme à droite. Vega dispose de trois étages à propulsion solide et d'un module supérieur à propulsion liquide pour contrôler la fusée en orbite.



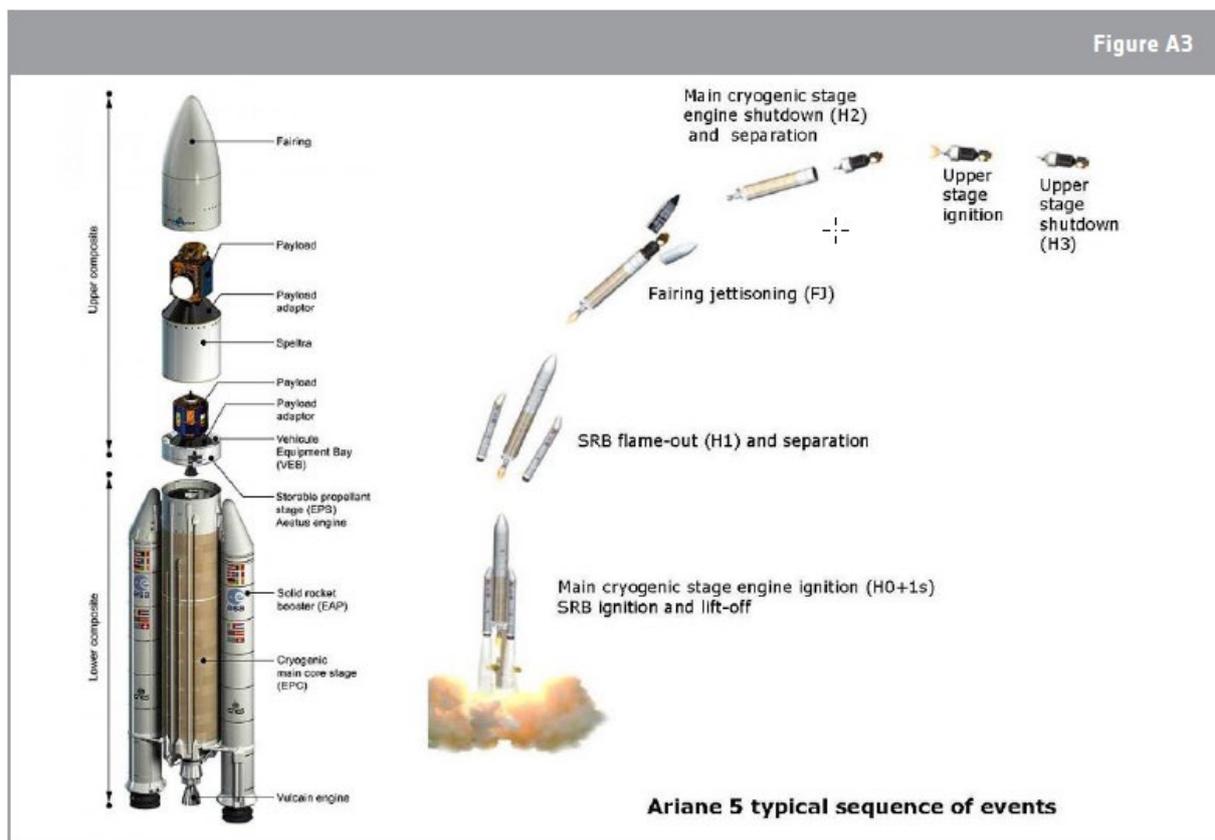
ACTIVITE 2 : APPLIQUER LA SECONDE LOI DE NEWTON AUX FUSEES

Pour lancer une fusée dans l'espace, il faut que la poussée soit suffisante pour contrecarrer la gravité. Dans cette activité, les élèves appliquent la deuxième loi de Newton aux fusées pour calculer la quantité de carburant nécessaire à une fusée pour créer la poussée nécessaire au lancement.

Exercices

1. Une **fusée** Ariane 5 ECA est sur la rampe de lancement à Kourou, en Guyane française. La section inférieure d'Ariane 5 ECA comprend l'étage principal cryogénique (EPC) et les deux boosters à propergol solide (EAP) (voir Figure 4). La poussée générée par ses moteurs est de 960 kN du premier étage cryogénique EPC et de 6 400 kN de chacun des deux boosters à propergol solide qui y sont fixés. La masse totale de la fusée sur la rampe de lancement est de 777 tonnes.

Prenez l'accélération due à la pesanteur (g) à 9,8 N/kg ou 9,8 m/s².



↑ Séquence de lancement typique d'une fusée Ariane 5

- a. Calculez la force résultante sur la fusée. Il peut être utile de dessiner un diagramme de force. Ignorer la résistance de l'air.

Calcul :

b. Calculez l'accélération de la fusée au moment du lancement.

Calcul:

2. Supposons que la fusée se lève verticalement pendant les vingt premières secondes. Chaque propulseur EAP brûle 1,8 tonnes de carburant par seconde et l'étage principal EPC brûle 0,3 tonnes de propulseur par seconde.

a. Calculez la masse de la fusée après 20 secondes et calculez donc son accélération à cet instant.

Calcul :

b. En réalité, l'accélération de la fusée à ce moment serait différente de celle que vous avez calculée. Pensez-vous que la valeur réelle serait supérieure ou inférieure? Expliquez votre réponse. Un nouveau diagramme de force peut vous aider.

3. Le manuel d'utilisation d'Ariane 5 donne deux chiffres pour la poussée de l'étage principale EPC (qui dure neuf minutes):

960 kN au niveau de la mer

1390 kN sous vide

Expliquez pourquoi ces chiffres sont différents.

Enseigner avec l'espace – whoosh bottle | P01b
www.esa.int/education

Le Bureau de l'Education de l'ESA accueille volontiers vos feedback et commentaires teachers@esa.int

Concept developed for ESA by the National Space Academy (NSA, UK)
Traduit et adapté par ESERO Belgium

Une production d'ESA Educaiton
Copyright 2017 © European Space Agency