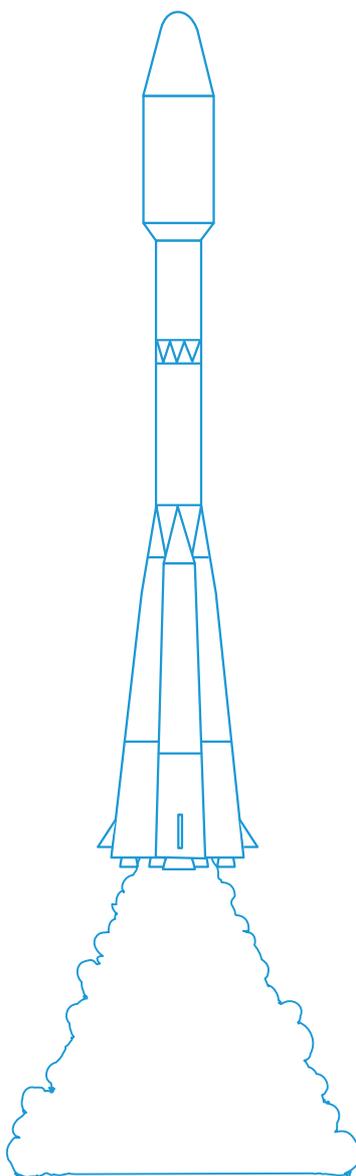
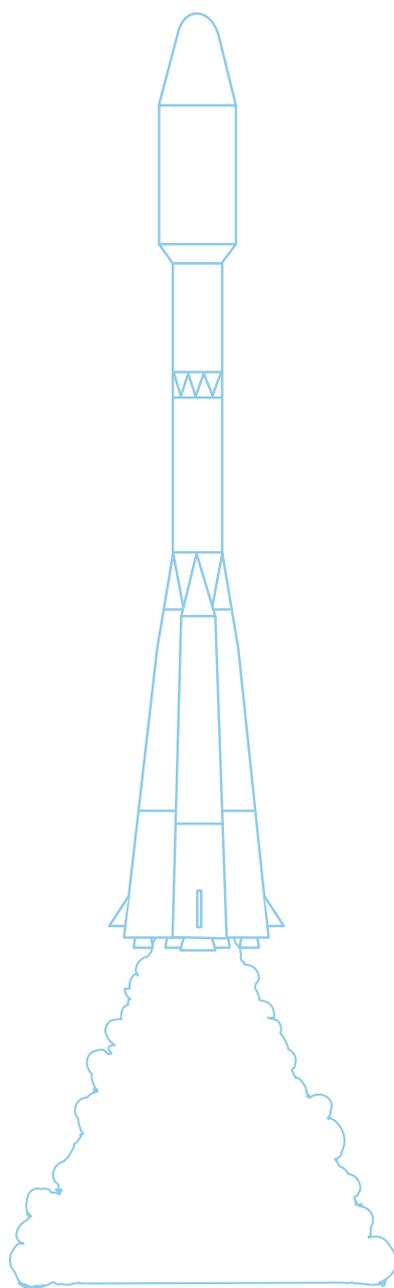


# Enseigner avec l'espace

## → LA MINI BOUTEILLE EXPLOSIVE

Utiliser des fusées pour comprendre les réactions de combustion





Informations générales

page 3

Activité 1: Enflammer la bouteille

page 4

Activité 2: Étude de la réaction de combustion

page 7

## → INFORMATIONS GÉNÉRALES

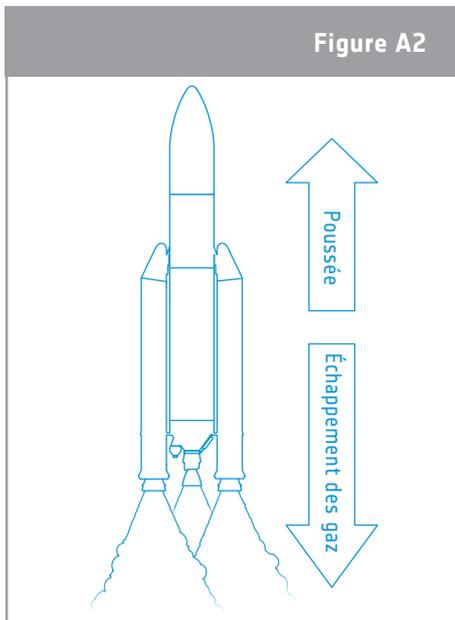
La combustion est une réaction chimique lors de laquelle un combustible et un oxydant sont mélangés pour former un produit oxydé. Ceci implique généralement de brûler un carburant en présence d'oxygène afin de produire du dioxyde de carbone et de l'eau. Le carburant présent dans les véhicules terrestres modernes, comme dans les fusées, est souvent créé à partir de composés d'hydrocarbure. La combustion est une réaction exothermique qui produit de l'énergie sous forme de chaleur et/ou de lumière, comme indiqué dans la Figure A1

Dans un moteur de fusée basé sur une réaction chimique, les propergols (le carburant et l'oxydant) sont mélangés et brûlés dans une chambre de combustion. La combustion produit des gaz chauds qui sont expulsés de l'arrière de la fusée à travers les tuyères du moteur. Il s'agit d'une force d'action. Les gaz exercent une force égale et opposée sur la fusée. C'est ce qu'on appelle la force de réaction ou la poussée. La réaction pousse la fusée vers le haut, en la soulevant du sol (Figure A2). Plus la fusée est lourde, plus la poussée devra être grande pour la lancer. La réaction de combustion doit se produire très rapidement pour générer une poussée assez grande en continu, capable de contrer ainsi la gravité de la Terre.



Figure A1

↑ [Le décollage de la fusée Ariane 5 à Kourou, Guinée française](#)



↑ La poussée est la force de propulsion d'un moteur de fusée. Il s'agit d'une force réactive liée à la 3<sup>ème</sup> loi de Newton.

Le carburant et l'oxydant sont habituellement entreposés sous forme de liquides ou de solides. L'hydrogène liquide et l'oxygène liquide sont des combinaisons communes de carburants et d'oxydants utilisées pour propulser une fusée. Leur combustion produit de la vapeur d'eau, qui ne pollue pas l'environnement. Ces deux substances sont normalement des gaz à température ambiante et doivent dès lors être refroidis à des températures très basses (cryogéniques) pour pouvoir être utilisés dans des moteurs de fusées.

Dans une fusée à carburant liquide, le carburant et l'oxydant sont stockés dans des réservoirs séparés. Ils sont amenés grâce à un système de tuyaux, valves et pompes turbos jusqu'à une chambre de combustion où ils sont mélangés et brûlés pour produire des gaz chauds et provoquer une poussée. Les moteurs de fusées à carburant liquide peuvent être allumés et éteints à n'importe quel moment. Dans une fusée à carburant solide, le carburant et l'oxydant sont mélangés sous forme de poudres fines et ensuite pressés en un « bloc » solide. Une fois allumé, il continuera à brûler jusqu'à ce qu'il soit épuisé.

## → ACTIVITÉ 1 : ENFLAMMER LA BOUTEILLE

Dans cette expérience, tu vas réaliser une explosion « contrôlée » en brûlant un mélange d'alcool et d'air. Cela te permettra d'observer une flamme qui doit filer à toute vitesse du goulot de la bouteille, simulant ce qui se produit durant le lancement d'une fusée.

En brûlant un mélange d'air et d'alcool, tu observes une combustion – une réaction chimique durant laquelle une substance réagit rapidement avec de l'oxygène et produit de l'énergie. La substance d'origine s'appelle le carburant et la source d'oxygène, l'oxydant.

Les moteurs des fusées utilisent aussi des explosions contrôlées. Dans les lanceurs basés sur des réactions chimiques, l'explosion résulte d'une combustion de propergols – le nom donné aux agents chimiques qui réagissent pour produire les gaz chauds qui vont propulser la fusée.

### Equipment

(pour une mini bouteille explosive)

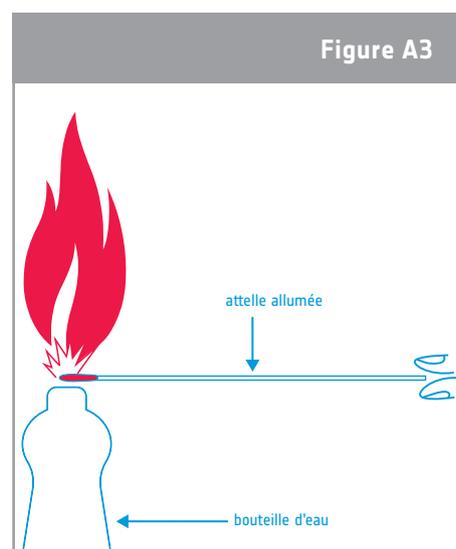
- 1 petite bouteille en plastique (250 – 330 ml), avec bouchon
- 1 ml d'un carburant à base d'alcool
- Des lunettes de sécurité pour chaque étudiant
- 1 paire de gants ultrarésistants (seul ton professeur sera amené à les utiliser)
- Des tapis résistants à la chaleur

### Santé & sécurité

- L'alcool est hautement inflammable. Ne pas utiliser près des flammes nues.
- Vérifiez que les produits chimiques inflammables, et ce y compris les alcools, sont maintenus dans des récipients hermétiques lors de l'utilisation.
- Des lunettes de sécurité devront être portées en permanence.
- Vérifiez que les bouteilles ne sont pas endommagées et ne semblent pas cassantes. Si un craquement apparaît, utilisez une autre bouteille.
- Portez toujours des gants lorsque vous enflamez les bouteilles. Ne vous placez pas au-dessus de la bouteille.
- Suivez les mesures de contrôle de sécurité générale prévues dans le laboratoire.

## Exercice

1. Mets tes lunettes de sécurité.
2. Retire le bouchon de la bouteille d'eau et assure-toi que la bouteille est complètement sèche.
3. Ajoute 1 ml de carburant dans la bouteille
4. Remplace le bouchon et secoue bien. Le fait de secouer va contribuer à l'évaporation de l'alcool.
5. S'il reste du carburant au fond de la bouteille, vide-le dans un endroit sûr, et remplace le bouchon.
6. Place la bouteille sur la table, sur un tapis résistant à la chaleur et attend que ton professeur vienne. Veille à ce que ta table soit toujours propre.
7. Quand ton professeur est là, retire le bouchon, recule et regarde quand ton professeur enflamme le goulot de la bouteille (Figure A3).
8. Observe ce qui se produit. Observe aussi ce qui se passe quand le professeur enflamme les bouteilles des autres étudiants.



↑ Environnement expérimental

## Discussion

1. Explique pourquoi tu penses qu'il est nécessaire de contribuer à l'évaporation de l'alcool en premier lieu.

---



---

2. Décris ce que tu vois dans la bouteille à la fin de l'expérience.

---

3. Selon toi, de quelle substance s'agit-il ? Sans la goûter ou la sentir, explique comment tu pourrais déterminer cette substance.

---



---

4. Écris une équation, sous forme de mots, pour cette réaction.

---

5. Mentionne si cette réaction est exothermique ou endothermique. Justifie ta réponse.

---



---

6. Identifie le facteur limitant dans cette réaction.

---

7. Explique pourquoi tu ne peux pas répéter cette expérience immédiatement après l'avoir finie.

---



---

8. Explique comment tu pourrais contrôler et arrêter la combustion.

---



---

9. Discute des points communs et des différences entre la réaction qui se produit dans la bouteille et celle qui se produit dans les moteurs de fusées. Tu peux utiliser la feuille d'activité, Internet ou tes propres connaissances.

---



---



---

## Sais-tu que...

Dans un moteur de fusée basé sur une réaction chimique, le carburant et l'oxydant sont mélangés et brûlés dans une chambre de combustion. Une combinaison habituelle de carburant et d'oxydant est le liquide d'hydrogène et le liquide d'oxygène. Leur combustion produit de la vapeur d'eau, qui ne nuit pas à l'environnement. Ces deux substances sont normalement des gaz à température ambiante. Par conséquent, ils doivent être refroidis à de très basses températures (cryogéniques) pour être utilisés dans les moteurs des fusées.

Il s'agit des propergols utilisés dans l'étape principale de cryogénisation du lanceur Ariane 5. Ariane 5 possède aussi deux lanceurs à poudre solides. Dans ces moteurs, le carburant et l'oxydant sont mélangés sous forme de poudres fines et ensuite pressés sous forme d'un « bloc » solide. La poudre d'aluminium est le carburant et le perchlorate d'ammonium est l'oxydant.



ESA/CNES/ARIANESPACE-S. Conrāja

## → ACTIVITÉ 2: ÉTUDE DE LA RÉACTION DE COMBUSTION

Pour lancer des satellites ou des astronautes dans l'espace, les fusées doivent brûler du carburant pour gagner de la poussée. Celle-ci peut être créée grâce à une réaction de combustion. Dans l'activité 1, la combustion des alcools s'est produite à l'intérieur de la fusée qui était représentée par la bouteille d'eau. Les questions suivantes concernent la réaction de combustion complète de l'éthanol, en commençant avec 1 ml de carburant. Supposons que tout le carburant est utilisé dans la réaction et que  $\rho(\text{ethanol}) = 0.789 \text{ g/ml}$ .

[Masses atomique relative: C = 12; H = 1.01; O = 16]

1. Écris les noms des réactifs et des produits de la réaction.

**Réactifs:**

**Produits:**

2. Écris une équation chimique équilibrée pour cette réaction.

3. Écris la masse de l'éthanol utilisée dans cette réaction.

4. Calcule combien de moles de chaque réactif et de chaque produit sont impliquées dans le processus. Tu devras utiliser internet ou un manuel scolaire pour trouver les valeurs de la masse molaire.

**Calcul:**

5. Calcule les masses de chaque réactif et produit.

**Calcul:**

6. La masse totale des réactifs et des produits est-elle identique ? Explique ta réponse.

---

---

7. Dans la version réelle de cette expérience, explique si la masse totale des produits serait identique à la valeur trouvée à la question 6.

---

---

---

**Enseigner avec l'espace – la mini bouteille explosive | C01b**

[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

**Le Bureau de l'Éducation de l'ESA accueille volontiers les réactions et commentaires**

[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

**Traduit en français par ESERO Belgium**

**Concept développé pour l'ESA par la National Space Academy (NSA, Royaume-Uni)**

**Une production de l'ESA Education**

Copyright 2017 © European Space Agency