



# Ressources pédagogiques

Pour animer des ateliers avec des jeunes  
en utilisant les vidéos d'expériences



## Le principe des vidéos

Chacune des vidéos part d'une question de départ en lien avec l'aéronautique ou l'aérospatiale. Cette question anodine déclenche chez les protagonistes une envie de comprendre en expérimentant. Chaque interrogation mène à des recherches, puis à des expériences visant à vérifier les informations trouvées.

Plus que les résultats des expériences - concluants ou non en fonction des situations ! - c'est le raisonnement mis en œuvre qui est ici important. Comment puis-je simplement tester et mettre en œuvre mes idées pour vérifier ou infirmer une hypothèse ?

Les raisonnements de ces vidéos peuvent ainsi :

- être appliqués tels quels en reproduisant les expériences proposées,
- s'adapter en testant de nouveaux matériaux ou des alternatives aux expériences proposées,
- aller plus loin en se posant de nouvelles questions qui continuent le raisonnement et tester soi-même de nouvelles hypothèses,
- être inspirant pour toute autre nouvelle question scientifique d'intérêt pour les expérimentateurs-trices.

## Conseils pour reproduire une expérience à la maison

Les expériences proposées dans les vidéos sont faciles à reproduire à la maison, en rassemblant le matériel présenté par les protagonistes.

Si c'est la direction que vous choisissez, nous recommandons de laisser au maximum faire le-la ou les jeunes avec qui vous travaillez, tout en leur proposant un cadre sécurisant lorsque les expériences présentent un danger (feu, marteau, ou eau oxygénée).

N'hésitez pas à laisser les jeunes clarifier le but de l'expérience, à quoi elle sert, et à leur permettre d'expliquer ce qu'ils en ont retenu et ce que l'expérience leur a appris.

A noter que certains matériaux sont présentés pour réaliser l'expérience, mais que de nombreuses alternatives existent.

Un objectif de la séance peut ainsi être de trouver une série d'alternatives pour tous les matériaux utilisés, ce qui, in fine, permet de clarifier vraiment le rôle et le fonctionnement de l'expérience.





## Appliquer un raisonnement scientifique avec des jeunes en partant d'une question précise

Le rôle de l'adulte dans ce cadre sera avant tout d'accompagner le-la ou les jeunes dans leurs cheminements et leurs raisonnements. Ainsi, toutes les pistes peuvent être explorées a priori, avec votre accompagnement.

### 1) Aider les jeunes à formuler clairement la question qu'ils-elles se posent.

Plus cette dernière sera claire et précise, plus les hypothèses et les recherches à mener seront claires et faciles à formuler. On incite ainsi les jeunes à formuler ce qu'ils-elles savent déjà de la question posée, et ainsi passer à l'expérimentation pour mettre à l'épreuve leurs connaissances.

### 2) Ne pas hésiter à utiliser les ressources à disposition sur internet ou autour de vous pour ouvrir les recherches.

Si les informations ne sont pas claires, accompagner les jeunes dans leur lecture ou leur méthodologie de recherche (changer de site, croiser les sources).

On peut aussi faire appel au savoir des adultes qui les entourent, ou si un groupe de jeunes travaillent ensemble, il est bon qu'ils-elles mettent en commun leurs connaissances préalables pour partir d'une base commune.

### 3) Formuler des hypothèses pour répondre à la question.

Quels pourraient être les causes possibles ? Comment puis-je les tester de mon côté pour les vérifier ? Aider les jeunes à les formuler clairement.

### 4) Imaginer une expérience avec des matériaux du quotidien.

Il est important à ce stade de ne pas brider l'imagination des expérimentateur-rices. Toute expérience ou manipulation est bonne à réaliser (à condition qu'elle ne soit pas dangereuse) a priori. Il est important de délimiter avec le jeune l'utilité de l'expérience :

- A quoi va-t-elle servir ?
- Quel est le résultat attendu ?
- Si cela ne fonctionne pas, qu'est-ce que cela veut dire ?

Ainsi, même si une expérience vous paraît irréalisable ou trop complexe, laissez le-la jeune tester pour s'en rendre compte par lui-même.

De votre côté, balisez bien le matériel que le jeune pourra utiliser.

### 5) Laisser le-la jeune manipuler et expérimenter par lui-elle-même.

Dans son cheminement, il est important de le laisser réaliser ses propres expériences et aboutir à ses propres conclusions, tout en l'aidant à clarifier ses pensées.

Si le raisonnement vous paraît faux, n'hésitez pas à le lui dire mais surtout à l'inciter à faire des recherches pour s'assurer de son propre raisonnement. Dans le cas où plusieurs jeunes travaillent ensemble, n'hésitez pas également à confronter leurs opinions en leur demandant s'ils-elles sont tous et toutes d'accord, et si non, pourquoi.

### 6) Continuer le raisonnement et pousser à se poser de nouvelles questions.

Chaque expérience n'est pas une fin en soi, elle est une étape dans la construction d'un raisonnement plus complexe, dans laquelle elle s'insère.

Inciter à continuer le raisonnement et à se poser de nouvelles questions permettra au jeune de s'ouvrir au monde et de chercher à comprendre toujours plus les phénomènes qui l'entourent.



## Gérer la frustration des participant·e·s

Ce genre d'expérimentation peut générer de la frustration, car les expériences ne produisent pas à tous les coups le résultat attendu par les jeunes.

Dans ce cas là, on peut inciter le-la jeune à:

- réitérer son expérience : cela ne marche pas à tous les coups, peut-être faut-il être plus délicat, ou la refaire plus posément.
- se rendre compte qu'une expérience qui ne fonctionne pas est aussi un résultat et permet d'apprendre tout autant qu'une expérience qui fonctionne. Quelles informations est-ce que je tire d'une telle expérience ? Qu'est-ce que cela me dit ?

NB : Dans la recherche scientifique, les expériences échouent ou ne produisent pas les résultats attendus dans la majorité des cas ! Et pourtant les chercheur·e·s continuent à chercher !

Pour rendre l'atelier positif, on peut aussi aider le-la jeune à trouver une expérience qui fonctionnera à tous les coups et qui lui permettra d'oublier sa frustration.

## Amusez-vous !

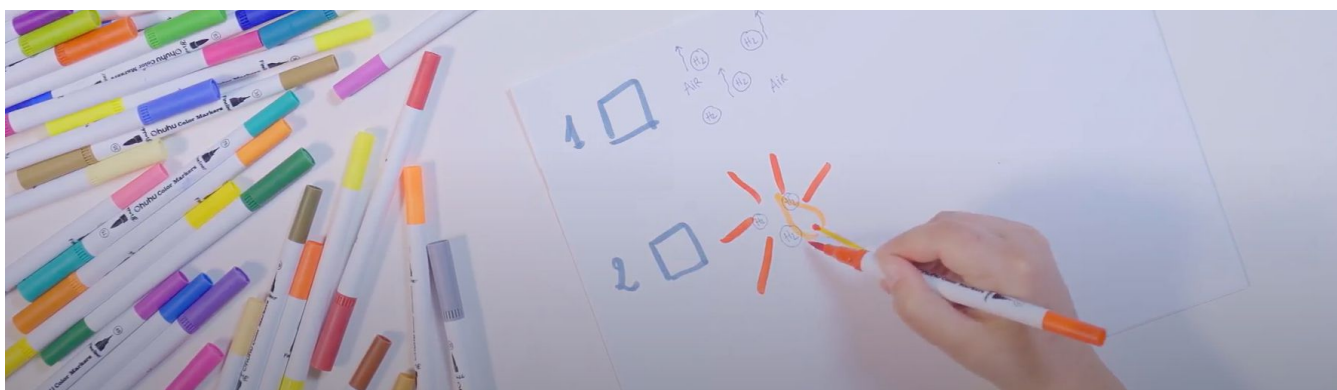
Ces expériences et ces vidéos sont surtout là pour découvrir en s'amusant, et passer un bon moment. Alors surtout : ne vous privez pas d'une bonne rigolade en expérimentant !

# Sommaire

- |   |      |
|---|------|
| 1. Comment produire de l'hydrogène ?            | p.4  |
| 2. Le rôle du feu dans la propulsion des fusées | p.6  |
| 3. Lancer des satellites                        | p.8  |
| 4. L'effet du vide sur le corps humain          | p.10 |
| 5. Les matériaux composites                     | p.12 |
| 6. L'écoulement de l'air autour d'une aile      | p.14 |
| 7. Comment propulser un objet vers le haut ?    | p.16 |



# 1. Comment produire de l'hydrogène ?



## La question scientifique de la vidéo

Dans cette vidéo, Paul a vu qu'on pouvait utiliser le gaz d'hydrogène pour faire avancer des véhicules. Il explore alors comment est-ce qu'on peut produire ce gaz et quelles sont ses caractéristiques.

En mettant une pile dans l'eau, Paul, sans le savoir, crée une réaction chimique appelée l'électrolyse de l'eau. Les molécules d'eau ( $H_2O$ ) sont dissociées par le courant électrique qui passe dans l'eau. Cette dissociation aboutit à la formation de deux gaz distincts, à chaque pôle de la pile. Le dihydrogène  $H_2$  (gaz d'hydrogène, plus communément appelé hydrogène) à l'un des pôles de la pile, et le dioxygène ( $O_2$ ) au pôle opposé. Le dihydrogène est produit en deux fois plus grande quantité que le dioxygène, c'est pourquoi les bulles qu'il produit sont beaucoup plus visibles et faciles à récupérer. Ce principe est utilisé à large échelle dans des centrales dédiées pour produire de grandes quantités de dihydrogène.

Dans les véhicules à hydrogène, c'est la réaction inverse qui est utilisée : en faisant se rencontrer du dihydrogène et du dioxygène, la réaction fait fonctionner le moteur et fait avancer le véhicule, en relarguant de la vapeur d'eau.

Paul vérifie ensuite par une simple expérience les deux caractéristiques principales du dihydrogène :

- il est moins dense que l'air donc monte dans ce dernier, ce qui permet de le récupérer dans un petit récipient,
- il est particulièrement inflammable, ce qui permet de générer des explosions.

## Expérience complémentaire - Une autre façon de produire de l'oxygène

*Attention, cette expérience utilise de l'eau oxygénée (ou peroxyde d'hydrogène). Ce liquide peut brûler la peau et les yeux. Fais toujours cette expérience en présence d'un adulte et si possible, mets des gants et des lunettes de protection pour faire la manipulation !*



Matériel :

- un bol,
  - une bouteille vide,
  - de la levure de boulangerie,
  - de l'eau oxygénée concentrée (idéalement 6%) (attention, produit dangereux !),
  - du produit vaisselle,
  - un entonnoir,
  - de l'eau,
  - de quoi mélanger,
  - une bassine dans laquelle réaliser l'expérience.
- 1) Dans un bol, verse 3 cuillères à soupe d'eau tiède et la moitié d'un sachet de levure de boulangerie et remue bien jusqu'à obtenir un mélange homogène.
  - 2) Dans la bouteille vide, verse environ 15 cL d'eau oxygénée, ainsi qu'un peu de produit vaisselle que tu mélangeras doucement pour ne pas faire trop de bulles.
  - 3) Place la bouteille contenant l'eau oxygénée et le produit vaisselle dans la bassine.
  - 4) A l'aide d'un entonnoir, verse le mélange levure - eau dans la bouteille.
  - 5) Observe le résultat : une grosse mousse remplie de bulles devrait se former très rapidement. Attention à ne pas toucher la mousse car elle est très chaude.

Toujours laisser un adulte nettoyer l'expérience et bien se laver les mains après cette dernière.

### A ton avis, que s'est-il passé ?

Dans cette expérience, on observe à nouveau une réaction chimique, qui cette fois aboutit à la production de dioxygène en grande quantité (le gaz présent dans la mousse).

Grâce à une enzyme - une grosse molécule - appelée catalase présente dans la levure de boulangerie, l'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ) va être dissociée en deux molécules distinctes :

- de l'eau ( $H_2O$ ) qui va rester dans le mélange liquide,
- du dioxygène gazeux ( $O_2$ ) qui va chercher à s'échapper mais reste prisonnier des bulles de savon.

On peut ici faire le parallèle entre le rôle de la catalase dans cette réaction et celui du courant électrique dans l'électrolyse de l'eau. Ces deux éléments vont permettre de dissocier une molécule pour en produire deux autres issues de la première. On appelle cela une dismutation.

## Défi !

**Arriverais-tu à fabriquer un véhicule qui avance tout seul sur une petite distance sans carburant ni électricité ?**

Pour t'aider, tu peux rechercher sur internet :

- moteur à élastique,
- propulsion au gaz.



Tu peux aussi aller visionner la vidéo "Propulsion" pour avoir de nouvelles idées !



## 2. Le rôle du feu dans la propulsion des fusées



### La question scientifique de la vidéo

Paul, Maxime et Clémentine essaient dans cette vidéo de comprendre le rôle du feu dans la propulsion des fusées. Ils testent avec une flamme simple, puis essaient de construire une flamme plus dirigée qui leur semblerait plus efficace.

Le raisonnement présenté dans la vidéo met en avant par l'expérience que la création d'une flamme ne suffit pas pour propulser un objet. Les conditions à remplir sont en effet plus complexes. Ainsi, ce qui permet de propulser une fusée dans l'espace est avant tout l'éjection d'un gaz vers le bas en très grande quantité, ce qui va permettre de pousser la fusée en sens inverse. On appelle ce principe Action - Réaction et on parle alors de propulsion à réaction.

Dans le moteur de la fusée, les gaz sont produits par une explosion qui les projette à très grande vitesse, ce qui permet une poussée très importante .. et un décollage impressionnant !

### Expérience complémentaire : La fusée allumette

*Attention : cette expérience utilise du feu - À réaliser en présence d'un adulte impérativement, en extérieur, en vérifiant que rien d'inflammable ne se trouve en face de l'allumette. Et avant toute chose : vérifier que personne ne passe devant l'allumette !*

Pour visualiser un peu mieux l'expérience, tu peux taper sur internet : fusée allumette.

Matériel nécessaire :

- une allumette,
- un carré de papier aluminium,
- une bouteille en verre,
- un briquet.



- 1) Enroule les deux-tiers supérieurs de l'allumette dans du papier aluminium en faisant au moins 4 tours avec le papier aluminium. Il faut que l'aluminium soit bien serré autour de l'allumette et contienne le moins d'air possible. Il est important de laisser dépasser le papier aluminium au-dessus de la tête rouge de l'allumette.
- 2) Enroule sur lui-même l'aluminium qui dépasse de la tête de l'allumette pour le rendre bien hermétique à l'avant. Il faut que l'aluminium recouvre toute la tête de l'allumette.
- 3) Dépose l'allumette sur un support non inflammable, la tête de l'allumette dans l'aluminium orientée vers le haut (un goulot de bouteille en verre par exemple), et dirigé vers un espace dégagé.



**A ce stade, assure-toi que rien d'inflammable ne se trouve devant toi, ni que personne ne s'apprête à passer devant toi !**

- 1) Approche la flamme d'un briquet sous la pointe de l'allumette (à l'endroit où tu aurais voulu enflammer l'allumette).
- 2) Attends quelques secondes, et observe la fusée partir !



**A ton avis, que s'est-il passé ?**

Lorsque la flamme est approchée de la tête de l'allumette, cette dernière chauffe et libère une grande quantité de gaz de combustion qui cherche à s'échapper. La seule sortie libre est vers le bas de l'allumette. En conséquence, cette dernière est propulsée vers le haut au moment où le gaz réussit à s'échapper d'un coup, vers le bas.

## Défi !

**Réussirais-tu à fabriquer une fusée ou un système à propulsion sans utiliser de feu ?**

Pour t'aider, tu peux rechercher sur internet :

- Propulsion sans feu,
- Fabriquer une fusée à la maison,
- Fusée sans feu.

Tu peux aussi aller visionner la vidéo "Propulsion" pour avoir de nouvelles idées !



## 3. Lancer des satellites



### La question scientifique de la vidéo

Cette vidéo aborde la question de la mise en orbite, autour de la Terre, des satellites lancés depuis la Terre. D'abord, on peut souligner que le terme "satellites" ne concerne pas que les satellites artificiels : par exemple, la Lune est un satellite de la Terre !

#### Les satellites en orbite

Lorsqu'un satellite est au voisinage de la terre, il est soumis à la gravité terrestre. Plus le satellite est loin de la terre, plus la force de gravitation qui le ramène vers la Terre est faible.

Si un satellite s'éloigne trop il ne pourra plus être en orbite.

Mais la gravité ne fait pas tout ! Car s'il n'y avait qu'elle en jeu, le satellite retomberait sur Terre (s'il n'est pas trop loin), comme nous lorsqu'on saute d'un plongeur par exemple.

Il faut un autre ingrédient : la vitesse !

Pensez à la salade que vous essorez. Quand on la fait tourner dans l'essoreuse, l'eau est projetée sur les bords.

Il se passe, en quelque sorte, la même chose pour les satellites. Ils doivent être lancés à grande vitesse pour ne pas retomber, et tourner autour de la Terre.... Mais ils ne doivent pas être lancés trop vite non plus, sous peine de s'éloigner et de partir dans l'espace.

Ainsi, pour qu'un satellite tourne en orbite autour de la Terre, il faut un équilibre entre sa hauteur et sa vitesse.

#### Les orbites possibles

C'est donc cet équilibre entre altitude et vitesse du satellite qui détermine son mouvement autour de la Terre.

Si un satellite dépasse la vitesse limite de 11,2 km par seconde, alors, quelle que soit son altitude, la force de gravitation exercée par la Terre sur le satellite n'est plus assez forte pour le retenir, et le satellite s'échappe dans l'espace.

Pour une altitude donnée, il existe une vitesse très précise qui permet au satellite de tourner autour de la Terre en décrivant un cercle. C'est à cette vitesse-ci qu'il faut le lancer si on souhaite une orbite circulaire.

Par exemple, un satellite en orbite circulaire à 300 km d'altitude doit avoir une vitesse de presque 8 km par seconde ! Un peu plus rapide ou un peu plus lent, et l'orbite ne sera pas circulaire mais en forme d'ellipse !

#### Mise en orbite

Comment, alors, met-on les satellites en orbite ?

C'est un lanceur (ou fusée), qui :

- Décolle,
- monte jusqu'à l'altitude où l'on veut placer le satellite,
- se met à tourner autour de la Terre à la vitesse où le satellite devra le faire,
- relâche enfin le satellite, qui a donc l'altitude et la vitesse voulues !





## Expérience complémentaire : Le billard gagnant

Nous te proposons de construire un billard où l'on gagne à tous les coups !

Matériel :

- une plaque de carton,
- deux punaises,
- une ficelle,
- un crayon,
- deux billes,
- un lacet

- 1) Sur la plaque de carton, trace deux points espacés d'environ 20 cm l'un de l'autre.
- 2) Coupe un bout de ficelle de 28 cm de long.
- 3) Plante chaque extrémité de la ficelle sur les points que tu as tracés en enfonçant les punaises : tu obtiens un bout de ficelle bloqué sur le carton, qui n'est pas tendu entre les deux punaises, mais qu'on peut tendre en l'écartant.

On va maintenant tracer ce qu'on appelle une ellipse à l'aide de ce dispositif.

- 4) Avec la pointe de ton crayon, écarte la ficelle d'un côté jusqu'à ce qu'elle soit tendue.
- 5) Tu peux alors commencer le tracé : en gardant toujours la ficelle tendue grâce à la pointe du crayon, trace l'ellipse en déplaçant ton crayon et en faisant le tour des punaises (il faudra lever le crayon à un moment, puis le replacer).
- 6) Une fois l'ellipse tracée, retire la ficelle et les punaises.

Ça y est, tu as une ellipse tracée au crayon ! On va maintenant créer les bords du billard.

- 7) Colle un lacet de chaussure tout le long de l'ellipse, sur le carton.

Le billard est terminé!

Maintenant :

- 8) Place une bille sur chaque endroit où l'on avait mis les punaises.
- 9) lance une bille en ligne droite dans n'importe quelle direction.
- 10) Observe !

Tu remarqueras sans doute qu'à tous les coups, quelle que soit la direction de lancé de la bille, elle rebondit contre le lacet puis va frapper l'autre bille.

### A votre avis, que s'est-il passé ?

L'ellipse est la trajectoire décrite par les satellites (et le cercle est en fait une ellipse particulière, qui n'est pas "aplatie").

Lorsqu'on lance un objet depuis un des points de construction de l'ellipse, dans n'importe quelle direction, il passera forcément par l'autre point de construction !

### Défi !

**Parmi tous les objets envoyés par les humains dans l'espace, quel est ton "top 3" de ceux qui te semblent les plus étranges?**

Pour t'aider, tu peux rechercher sur internet :

- objets envoyés dans l'espace,
- qu'a-t-on envoyé dans l'espace



## 4. L'effet du vide sur le corps humain



### La question scientifique de la vidéo

Dans cette vidéo, Clémentine Maxime et Paul partent d'une question posée par Maxime : que se passerait-il si un humain se retrouvait dans l'espace sans combinaison?

C'est le début d'un cheminement qui va notamment conduire à s'interroger sur la notion de "vide" et la possibilité d'en créer.

En physique, le vide désigne l'absence de toute matière. Mais il n'est pas possible de créer un espace qui ne contiendrait AUCUN atome ou AUCUNE molécule.

Quand on parle du "vide intersidéral" ou bien du "vide de l'espace", on parle en fait de milieux où les molécules sont beaucoup, beaucoup moins nombreuses que sur Terre autour de nous.

Considérons par exemple un petit cube d'un centimètre de côté ( $1 \text{ cm}^3$ ) qui flotterait au-dessus de la paume de notre main :

- quand on se trouve sur Terre, ce cube d'air contient environ 20 milliards de milliards de molécules (20 000 000 000 000 000 000 000),
- si l'on se trouve par contre dans les zones les plus "vides" de l'univers, ce cube peut n'en contenir qu'une seule! On dit que l'air est "raréfié".

On dispose d'outils qui nous permettent de nous rapprocher du vide en raréfiant les molécules : les pompes à vide, par exemple, aspirent l'air d'un bocal pour en retirer le maximum. Mais elles ne sont pas assez puissantes pour tout enlever !

Une autre façon de rendre les molécules plus rares est celle proposée dans la vidéo : enfermer un volume d'air dans un contenant, puis agrandir ce contenant (mais sans laisser entrer ni sortir d'air!). On est bien loin du vide, mais déjà, l'effet peut se faire sentir.

On le remarque sur la vidéo lorsque les bulles d'air gonflent légèrement : dans l'air du bocal, les molécules sont "plus rares" que dans les bulles. Les molécules d'air contenues dans les bulles tendent alors à pousser la surface des bulles depuis l'intérieur et les font ainsi légèrement gonfler.



La dernière expérience de la vidéo permet, à l'aide de la seringue, de diminuer plus encore le nombre de molécules pour chaque cm<sup>3</sup> d'air contenu dans la seringue : l'eau se retrouve alors entourée d'un air très "rare", et elle peut bien plus facilement bouillir (donc remplir cet air "rare" avec de la vapeur d'eau) que dans les conditions dont nous avons l'habitude. Si l'air est suffisamment raréfié, l'eau bout à la température de la pièce !

N.B. Le terme de pression n'est jamais amené dans la vidéo. Cette expérience et les observations que l'on peut faire (ballon qui est comme "aspiré" vers l'intérieur, bulles qui gonflent, eau qui bout) peuvent être un point de départ pour se questionner!

## Expérience complémentaire : Le ballon froid

Matériel :

- un ballon de baudruche,
- un objet pointu (pour percer le ballon).

- 1) Gonfle le ballon.
- 2) Pose le ballon au sol, et assieds-toi dessus doucement : il ne devrait pas exploser :-)
- 3) Tout en étant assis sur le ballon, fais-le exploser avec l'objet pointu.
- 4) Que ressens-tu au niveau de tes fesses? Touche aussi le ballon : quelle impression as-tu?

Normalement, tu devrais sentir une sensation de fraîcheur juste après l'explosion du ballon.

### A votre avis, que s'est-il passé ?

Lorsqu'on explose le ballon, l'air contenu dans le ballon, qui était très "serré" (sous pression), est très soudainement libéré et se met à occuper beaucoup plus de place qu'il n'en occupait juste avant l'explosion. C'est un peu comme l'expérience de la vidéo lorsqu'on tire le couvercle, mais cette fois c'est beaucoup plus rapide.

Quand de l'air, de façon très soudaine, occupe tout à coup beaucoup plus de place, il refroidit !

C'est ce refroidissement que tu sens au niveau de tes fesses, ou encore en touchant le ballon explosé, qui a été refroidi par l'air.

## Défi !

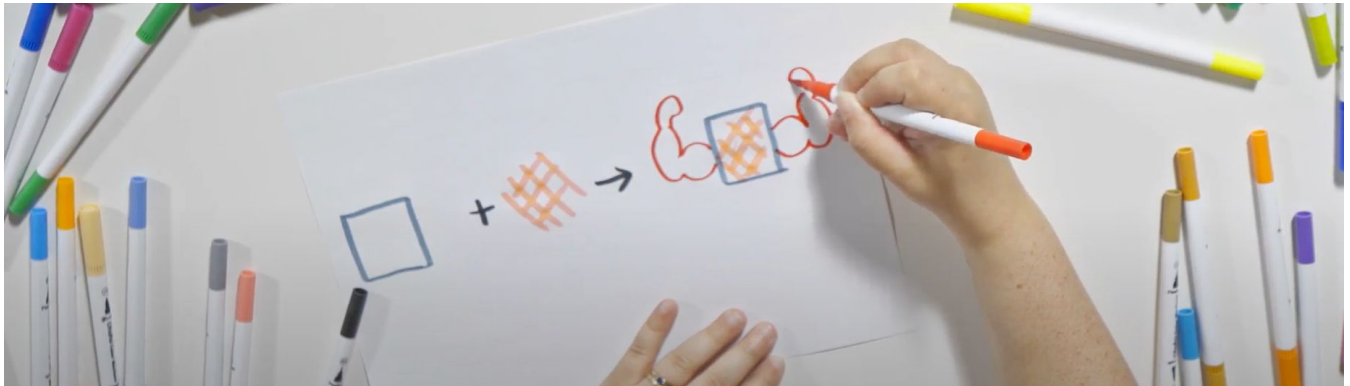
**Pourrais-tu trouver trois êtres vivants (plantes ou animaux) capables de survivre dans l'espace sans protection?**

Pour t'aider, tu peux rechercher sur internet :

- un animal qui survit dans l'espace,
- une plante survivant au vide.



# 5. Les matériaux composites



## La question scientifique de la vidéo

Cette vidéo aborde le thème des matériaux composites : partant d'un questionnement sur les matériaux constitutifs des avions, on en vient à s'intéresser aux matériaux composites et l'on tente d'en fabriquer.

Dans les châssis de voiture, dans les avions, dans les pales d'éoliennes... on retrouve ces fameux "matériaux composites" un peu partout.

Il y en a de nombreux types, certains adaptés à la fabrication à l'échelle industrielle, d'autres réservés aux applications de pointe, etc.

Un des grands champs d'application est celui de l'aéronautique car en combinant ainsi deux matériaux différents on parvient à obtenir des matériaux composites résistants et légers.

Le principe est toujours le même : assembler deux matériaux différents d'une certaine façon pour en obtenir un nouveau avec des propriétés que les matériaux de base n'ont pas seuls.

Un matériau composite est (au moins) constitué de deux matériaux :

- Une **ossature** (ou renfort) : c'est en quelque sorte le "squelette" du matériau composite. Par exemple composé de tiges ou de fibres disposées de façon précise,
- Une **matrice** : c'est la matière qui enferme, qui contient le squelette. Par exemple de la résine, du béton ou du métal.

Quelques exemples !

**Le béton armé** : on coule du béton (qui est la matrice) autour de tiges métalliques (qui forment l'ossature).

**Le torchis** : utilisé pour les murs et cloisons, il a pour matrice de la terre argileuse mélangée à de l'eau, et pour ossature des fibres naturelles (paille, foin, crins de chevaux).

## Expériences complémentaires : Le papier est plus étrange qu'on ne le croit!

### Première expérience

Matériel :

- Des feuilles de papier.

Une feuille de papier est le plus souvent en forme de rectangle. Elle a donc un grand et un petit côté.



- 1) Déchire une feuille à partir du milieu du petit côté et observe la façon dont elle se déchire.
- 2) Ensuite, déchire une feuille mais cette fois à partir du milieu du grand côté, et observe à nouveau.

Tu as peut-être remarqué que dans un sens (souvent en partant du petit côté), la déchirure se fait "tout droit", alors qu'en partant de l'autre côté, elle fait un virage, comme si elle n'arrivait pas à se faire tout droit.

### Deuxième expérience

Matériel :

- Des feuilles de papier,
- Une paire de ciseaux.

On va découper deux bandelettes rectangulaires dans la feuille de papier. Chaque bandelette aura la même taille : 10 centimètres de longueur, et 2 centimètres de largeur.

- 1) Pour la première bandelette : découpe-la parallèlement au grand côté de la feuille.
- 2) Pour la deuxième bandelette : découpe-la parallèlement au petit côté de la feuille.
- 3) Maintenant, place les deux bandelettes exactement l'une sur l'autre, et maintient-les ensemble, à l'horizontale, en pinçant les petits côtés entre le pouce et l'index. Observe.
- 4) Fais pivoter ton poignet de 180 degrés afin que la bandelette qui était au-dessus se retrouve en-dessous, et celle qui était en-dessous soit maintenant au-dessus de l'autre. Observe.

Tu remarques probablement qu'on n'observe pas les mêmes choses ! Dans un cas, la bandelette du dessous se sépare complètement de celle du dessus en se tordant vers le bas.

Dans l'autre cas : la bandelette du dessous ne se sépare pas de celle du dessus : les deux bandelettes s'inclinent ensemble vers le bas.

A ton avis, que s'est-il passé ?

Le papier est constitué de fibres, qui sont globalement orientées dans un sens précis. Ceci fait que les feuilles auront tendance à se déchirer en suivant le sens des fibres (première expérience), et auront tendance à se tordre plus facilement dans un sens que dans l'autre (deuxième expérience).

## Défi!

**Pourrais-tu citer 5 êtres vivants qui sont des sources d'inspiration pour la création de nouveaux matériaux ?**

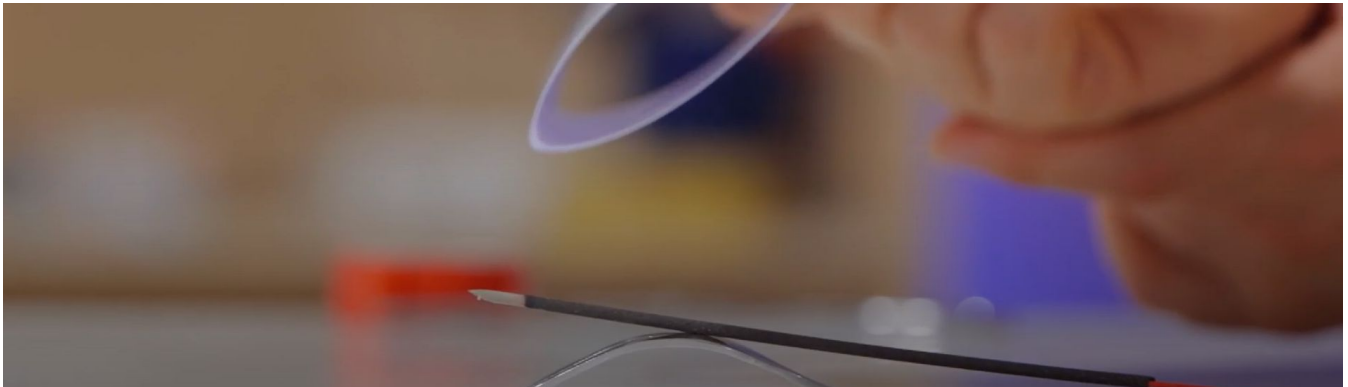
Pour t'aider, tu peux rechercher sur internet :

- Biomimétisme,
- Matériau biomimétique.





## 6. L'écoulement de l'air autour d'une aile



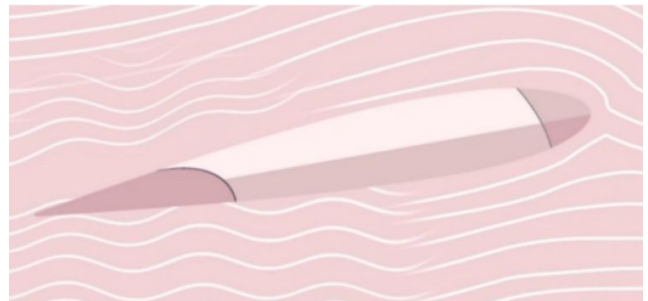
### La question scientifique de la vidéo

Dans cette vidéo, on s'intéresse au schéma suivant :

C'est le schéma classique que l'on trouve lorsque l'on cherche à savoir comment se déplace l'air autour d'une aile d'avion. L'objectif donné dans la vidéo est de vérifier expérimentalement ce schéma.

Il peut sembler étrange à première vue que l'air qui arrive par la droite, et passant au-dessus de l'aile, soit dévié et suive la forme de l'aile, comme s'il "collait" à l'aile.

A l'aide d'un bâton d'encens et d'un profil d'aile fabriqué en papier, on peut vérifier que c'est pourtant bien le cas.



En observant le dessus de l'aile, à bien y regarder, le schéma met en évidence deux zones :

- une zone sur la première moitié de l'aile, où le flux d'air épouse la forme de l'aile,
- une zone ensuite où l'air semble se "décoller" et commence à être un peu plus turbulent.

Ce sont bien deux types d'écoulement cruciaux à prendre en compte sur l'écoulement de l'air autour d'une aile.

Il existe un **écoulement laminaire** : on construit les avions pour obtenir au maximum ce type d'écoulement, car c'est celui qui assure la meilleure portance, et qui est le plus sûr. En écoulement laminaire, l'air suit des courbes guidées par le profil de l'aile.

L'autre est l'**écoulement turbulent** : il est impossible de s'en débarrasser, mais on cherche généralement à le réduire au maximum. Dans cet écoulement, l'air s'agite et peut donner lieu à des tourbillons qui réduisent considérablement la capacité à voler de l'avion.

La capacité qu'a un avion de voler est intimement liée à ces types d'écoulements. D'une part par la notion de **portance** (c'est la force exercée vers le haut sur l'aile, et donc qui "porte" l'avion), et d'autre part par la force de **traînée** (celle qui s'oppose à l'avancée de l'avion, qui "frotte").



Si un avion augmente petit à petit son incidence (pointe son nez vers le haut), il arrive un moment où l'écoulement devient entièrement turbulent. Alors l'avion "décroche" : il ne vole plus.

Le fait qu'un écoulement sur une aile d'avion ou un obstacle soit laminaire ou turbulent dépend très largement de la forme de l'obstacle. C'est pourquoi la détermination de la meilleure forme d'aile est l'objet d'études, de calculs, et d'expérimentations.

## Expérience complémentaire : La balle de ping-pong qui vole

Matériel :

- une balle de ping-pong,

Il va falloir souffler à la verticale, tout droit vers le haut!

Pour ça :

- Renverse ta tête en arrière pour regarder bien au-dessus de toi.
- Prends la balle de ping-pong entre ton pouce et ton index de la main droite et place-là à un centimètre de ta bouche.
- Commence à souffler : imagine que tu souhaites souffler un jet d'air très fin, puissant, vertical et régulier.
- Après avoir commencé à souffler, lâche la balle de ping-pong.

Avec un peu d'entraînement, tu devrais pouvoir réussir à maintenir la balle en l'air pendant quelques secondes (tant que tu as du souffle!).

Si tu as du mal, tu peux remplacer le souffle de ta bouche par le souffle d'un sèche-cheveux.

### A ton avis, que s'est-il passé ?

En regardant attentivement le mouvement de la balle de ping-pong, tu vas t'apercevoir qu'elle est comme bloquée dans le flux d'air de ton souffle : elle semble vouloir s'échapper d'un côté, mais elle est ramenée vers le centre. Puis de l'autre côté, et elle est à nouveau ramenée vers le centre. Et ainsi de suite : elle oscille d'un côté à l'autre mais en restant dans le jet d'air tant que tu souffles d'une manière régulière.

Le phénomène intéressant dans cette expérience est le fait que la balle soit toujours ramenée vers le centre du jet d'air : lorsqu'elle se décale, l'air est beaucoup plus rapide du côté du jet d'air que de l'autre côté de la balle. C'est cette différence de vitesse qui est à l'origine du retour de la balle vers le centre du jet d'air.

## Défi !

**Est-il possible de faire voler ou léviter des objets d'autres manières que celle utilisée par les avions?**

Pour t'aider, tu peux rechercher sur internet :

- lévitation,
- lévitation acoustique,
- lévitation magnétique,
- lévitation électrostatique.



# 7. Comment propulser un objet vers le haut ?



## La question scientifique de la vidéo

Dans cette vidéo, Maxime et Clémentine cherchent à comprendre différents principes de propulsion en se basant sur des modèles qu'ils connaissent : les hélicoptères et les fusées.

Leurs expérimentations leur permettent de comprendre qu'il existe plusieurs manières de propulser un objet afin de le faire décoller.

Le premier principe qu'ils explorent est la **propulsion à réaction**, que l'on retrouve dans les systèmes à hélices ou encore dans les systèmes de décollage des fusées. La propulsion à réaction se base sur le **principe d'action - réaction**.

On parle de la 3<sup>ème</sup> loi de Newton : "Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'égale intensité, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B."

- En tournant, l'hélice appuie sur l'air vers le bas (action), ce qui la propulse vers le haut en retour (réaction).
- Le gaz qui sort de la fusée pousse vers le bas (action), ce qui propulse la fusée vers le haut (réaction).

Ce grand principe s'applique également à d'autres systèmes, comme dans les avions à réaction, par exemple, ce qui leur permet d'avancer, ou encore la propulsion des bateaux à hélices.

Leur deuxième expérience explore un autre principe : faire monter la pression appliquée sur un objet jusqu'à ce que celui-ci se mette brusquement en mouvement sous l'effet de la poussée. Ainsi, le gaz mis sous pression dans la bouteille appuie sur le bouchon en liège et l'expulse vers le haut.



## Expérience complémentaire : La fusée à eau

La présence d'un-e adulte est indispensable!

Pour cette expérience, tu peux aussi de référer au tutoriel suivant :

<https://www.instructables.com/Pump-Rocket/>

(Auteur : mikeasaurus sur le site Instructables ; License CC BY-NC-SA 4.0)

Matériel :

- une bouteille en plastique rigide (idéalement boisson gazeuse),
  - du carton,
  - des ciseaux,
  - un bouchon en liège,
  - une pompe à vélo adaptée au gonflage des ballons de football ou de basket.
- 1) Découpe dans du carton 3 ou 4 ailerons identiques d'assez grande taille.
  - 2) Colle-les avec de la bande adhésive à la base de ta bouteille (l'ouverture de la bouteille doit se trouver vers le bas) en les positionnant de manière bien symétrique. Les ailerons doivent dépasser de ta bouteille pour servir de support à ta fusée (celle-ci doit pouvoir reposer sur ses ailerons).
  - 3) Dans un bouchon en liège adapté à la taille du bouchon de la bouteille, plante l'aiguille de la pompe à vélo.
  - 4) Verse de l'eau dans la bouteille.
  - 5) Rebouche la bouteille avec le bouchon en liège percé de l'aiguille.
  - 6) Positionne toi avec la pompe le plus loin possible de la bouteille (ne la regarde surtout pas par le dessus !).

### POINT DE SÉCURITÉ :

**On va maintenant gonfler la bouteille, qui partira sans nous prévenir ! Il est donc très important que :**

- un-e adulte soit présent-e,
- la fusée soit orientée vers le haut,
- toutes les personnes présentes s'écartent d'au moins 1 mètre de la bouteille et la regardent de son décollage jusqu'à sa chute.

- 7) Pompe de l'air dans ta bouteille pour la mettre sous pression jusqu'à ce qu'elle décolle tout seule ! (attention, à l'éclaboussure lorsque la fusée part !)

Et recommence en faisant varier la quantité d'eau que tu verses dans la bouteille pour trouver le remplissage qui permet à la fusée de monter le plus haut possible!

### A ton avis, que s'est-il passé ?

Ici, on utilise le principe de la propulsion à réaction. On met l'air de la bouteille sous pression en utilisant la pompe à vélo. Lorsque la pression atteint un certain seuil, le frottement du bouchon sur le goulot ne suffit plus pour l'y maintenir : toute l'eau ainsi que l'air contenus dans la bouteille sont éjectés d'un coup vers le bas, ce qui propulse la fusée à eau vers le haut.

## Défi!

**Essaie de trouver une technique qui fait décoller une balle de ping pong le plus haut possible, sans utiliser ta force musculaire !**

Tu as des idées ? Alors teste-les !

