

## Concepts fondamentaux

**Traînée aérodynamique :** La résistance exercée par l'air sur un objet en mouvement. Elle dépend de :

- **La forme :** Les formes profilées réduisent la traînée.
- **La surface frontale :** Une surface plus petite génère moins de traînée.
- **La vitesse :** La traînée augmente proportionnellement au carré de la vitesse.

**Portance :** Force perpendiculaire au flux d'air, essentielle pour les objets volant horizontalement (comme les avions).

- **Pour les avions :** Permet le vol.
- **Pour les fusées :** Influence mineure, mais peut affecter la trajectoire en montée.

**Stabilité :** La capacité à maintenir une trajectoire malgré les perturbations.

- **Facteurs clés :** Centre de gravité en avant du centre de portance.
- **Avantage :** Garantit précision et efficacité énergétique.

## Rôle des ailerons

**Réduction de la traînée parasite :** Des ailerons bien conçus optimisent l'écoulement de l'air autour de la fusée en diminuant les turbulences.

**Stabilisation de la trajectoire :** Les ailerons agissent comme des stabilisateurs et augmentent le moment de redressement.

**Facteurs d'influence :**

- **Forme :** Triangulaires ou elliptiques pour équilibrer stabilité et traînée.
- **Dimensions :** Grands ailerons = meilleure stabilité, mais plus de traînée.
- **Position :** Près de la base de la fusée pour un effet stabilisateur maximal.

## Symétrie et répartition des masses

**Répartition uniforme :** Réduit les oscillations en vol et prévient les mouvements parasites.

**Effets d'une asymétrie :** Une fusée mal équilibrée peut dévier de sa trajectoire, perdre de l'altitude, voire se désintégrer.

**Placement du centre de gravité :**

- **Trop en arrière :** Instabilité accrue.
- **En avant du centre de pression :** Favorise la stabilité dynamique.

## Expérience pratique : les avions en papier

**Objectif de l'activité :** Comprendre comment les formes, le poids et les ajustements influencent la stabilité, la portance et la trajectoire d'un objet volant.

**Matériel nécessaire :**

- Feuilles de papier (format A4 ou équivalent) ;
- Ruban adhésif ou trombones pour ajuster le poids ;
- Une règle ou un mètre pour mesurer les distances parcourues.

**Étapes de l'expérience :**

1 **Concevez différents modèles d'avions en papier :**

- Un modèle basique ;
- Un modèle avec de grandes ailes pour augmenter la portance ;
- Un modèle fin et effilé pour réduire la traînée aérodynamique.

2 **Ajoutez des modifications au design :**

- Pliez légèrement les ailes vers le haut ou vers le bas pour voir l'impact sur la stabilité ;
- Ajoutez un à plusieurs trombones pour modifier le centre de gravité.

3 **Testez les performances de chaque modèle :**

- Lancez chaque avion depuis un même point avec une force constante ;
- Observez leur trajectoire (droite, oscillante, déviée) et mesurez la distance parcourue.

**Analyse des résultats :**

- Quel modèle a volé le plus loin ? Pourquoi ?
- Quels ajustements ont amélioré ou dégradé la stabilité ?
- Comment la répartition du poids affecte-t-elle la trajectoire et la portance ?

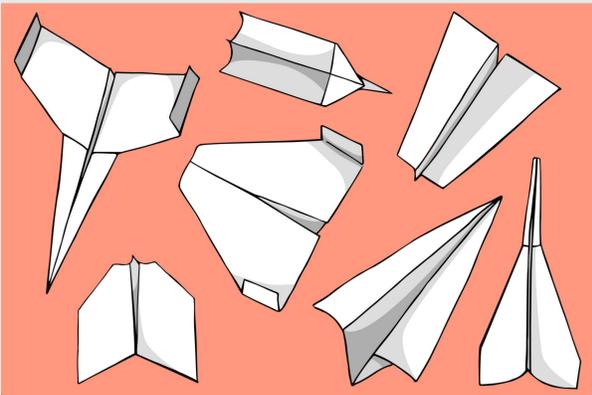


Figure 1. Illustration de l'expérience avec les avions en papier.

**Tutoriels :** Pour concevoir différents types d'avions en papier, voici quelques ressources utiles (cliquez sur les noms) :

- 1 **Avion Basique :** Une plateforme de base, le Dart offre une bonne introduction.
- 2 **Avion avec Grandes Ailes :** Le Nakamura Lock est un avion simple avec une endurance.
- 3 **Avion Effilé :** Le Hammer est fait pour la vitesse.
- 4 **D'autres tutoriels :** Allez sur Origami Way pour une variété d'avions.

## Formules de base de l'aérodynamisme

1. **Traînée aérodynamique :**

$$F_d = \frac{1}{2} \rho C_d A v^2$$

où :  $\rho$  : densité de l'air ( $\text{kg/m}^3$ ),  $C_d$  : coefficient de traînée (sans unité),  $A$  : surface frontale ( $\text{m}^2$ ),  $v$  : vitesse relative ( $\text{m/s}$ ).

2. **Portance :**

$$F_L = \frac{1}{2} \rho C_L A v^2$$

où  $C_L$  est le coefficient de portance (analogue à  $C_d$ ).

## Exercices sur l'aérodynamisme

**Exercice 1 : Comprendre la forme des objets** Dans une soufflerie, on observe deux objets :

- Un cylindre : grande surface frontale exposée.
  - Un cône : profilé et effilé.
- 1 Quel objet subira la plus grande résistance de l'air ? Pourquoi ?
  - 2 Proposez un exemple d'utilisation pour chaque forme dans les transports.

**Exercice 2 : Trajectoire d'un avion en papier** Vous pliez un avion en papier avec de grandes ailes.

- 1 Expliquez pourquoi cet avion vole mieux qu'un modèle avec des ailes plus petites.
- 2 Ajoutez un trombone à l'avant : qu'observez-vous sur sa trajectoire ?

**Exercice 3 : Résistance à l'air** Un cycliste roule à une vitesse de  $10 \text{ m/s}$ . La résistance de l'air  $F$  est donnée par :

$$F = \frac{1}{2} \rho C_d A v^2,$$

où  $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ ,  $C_d = 0.9$ ,  $A = 0.5 \text{ m}^2$ ,  $v$  la vitesse.

- 1 Calculez  $F$ .
- 2 Quelle serait la force si la vitesse doublait ?

### Exercice avancé (facultatif) : Approfondir pour aller plus loin

**Exercice 4 : Trajectoire d'un objet en chute libre** Un objet de masse  $2 \text{ kg}$  tombe verticalement. La résistance de l'air est donnée par  $F_r = kv^2$ , avec  $k = 0.1 \text{ kg/m}$ . La force de gravité est  $F_g = mg$ , avec  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ .

- 1 Écrivez l'équation des forces agissant sur l'objet (lois de Newton).
- 2 Déterminez la vitesse limite  $v_{\text{lim}}$  (l'accélération est nulle).
- 3 Expliquez pourquoi un parachute augmente  $k$ .

**Exercice 5 : Portance et traînée** Une aile d'avion génère une portance  $L = \frac{1}{2} \rho C_L A v^2$  et une traînée  $D = \frac{1}{2} \rho C_D A v^2$ . Un avion de  $5000 \text{ kg}$  vole à  $200 \text{ m/s}$ , avec  $C_L = 1.5$ ,  $C_D = 0.3$ ,  $A = 30 \text{ m}^2$ ,  $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ .

- 1 Calculez la portance et la traînée.
- 2 L'avion peut-il voler ? Justifiez.
- 3 Proposez une méthode pour réduire la consommation en carburant. Discutez entre vous de ces idées.

## Défi mathématiques

**Contexte** Vous participez à une compétition pour concevoir une fusée capable d'atteindre la hauteur maximale possible en utilisant de l'air comprimé et de l'eau comme propulsion. L'objectif est d'analyser les performances de votre fusée à partir des données expérimentales.

**Données initiales :**

- Masse de la fusée (sans eau) :  $m_{\text{fusée}} = 0.5 \text{ kg}$ .
- Capacité maximale de la fusée :  $V_{\text{total}} = 2 \text{ L}$ .
- Volume d'eau utilisé :  $V_{\text{eau}} = 0.6 \text{ L}$ .
- Pression initiale :  $P_{\text{initiale}} = 5 \text{ bars}$  ( $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ ).
- Gravité :  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ .

**Formule de propulsion :** L'énergie libérée par l'air comprimé peut être modélisée par :

$$E = P_{\text{initiale}} \cdot V_{\text{air}} \cdot \ln \left( \frac{P_{\text{initiale}}}{P_{\text{finale}}} \right),$$

où  $V_{\text{air}} = V_{\text{total}} - V_{\text{eau}}$  est le volume d'air initialement comprimé, et  $P_{\text{finale}} = 1 \text{ bar}$  (pression atmosphérique).

La hauteur maximale atteinte par la fusée peut être estimée par :

$$h_{\text{max}} = \frac{E}{m_{\text{total}} \cdot g},$$

où  $m_{\text{total}} = m_{\text{fusée}} + m_{\text{eau}}$ , avec  $m_{\text{eau}} = \rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{eau}}$  ( $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ).

**Questions**

- Calculez l'énergie initialement libérée par l'air ( $E$ ) et la masse totale de la fusée ( $m_{\text{total}}$ ).
- En utilisant l'énergie calculée, trouvez la hauteur maximale théorique ( $h_{\text{max}}$ ).
- Supposons une efficacité énergétique de 80%. Quelle est la hauteur réelle atteinte ?
- Proposez une amélioration possible pour augmenter la hauteur maximale atteinte.