

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 :

■ **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.

■ **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.

■ **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 ?

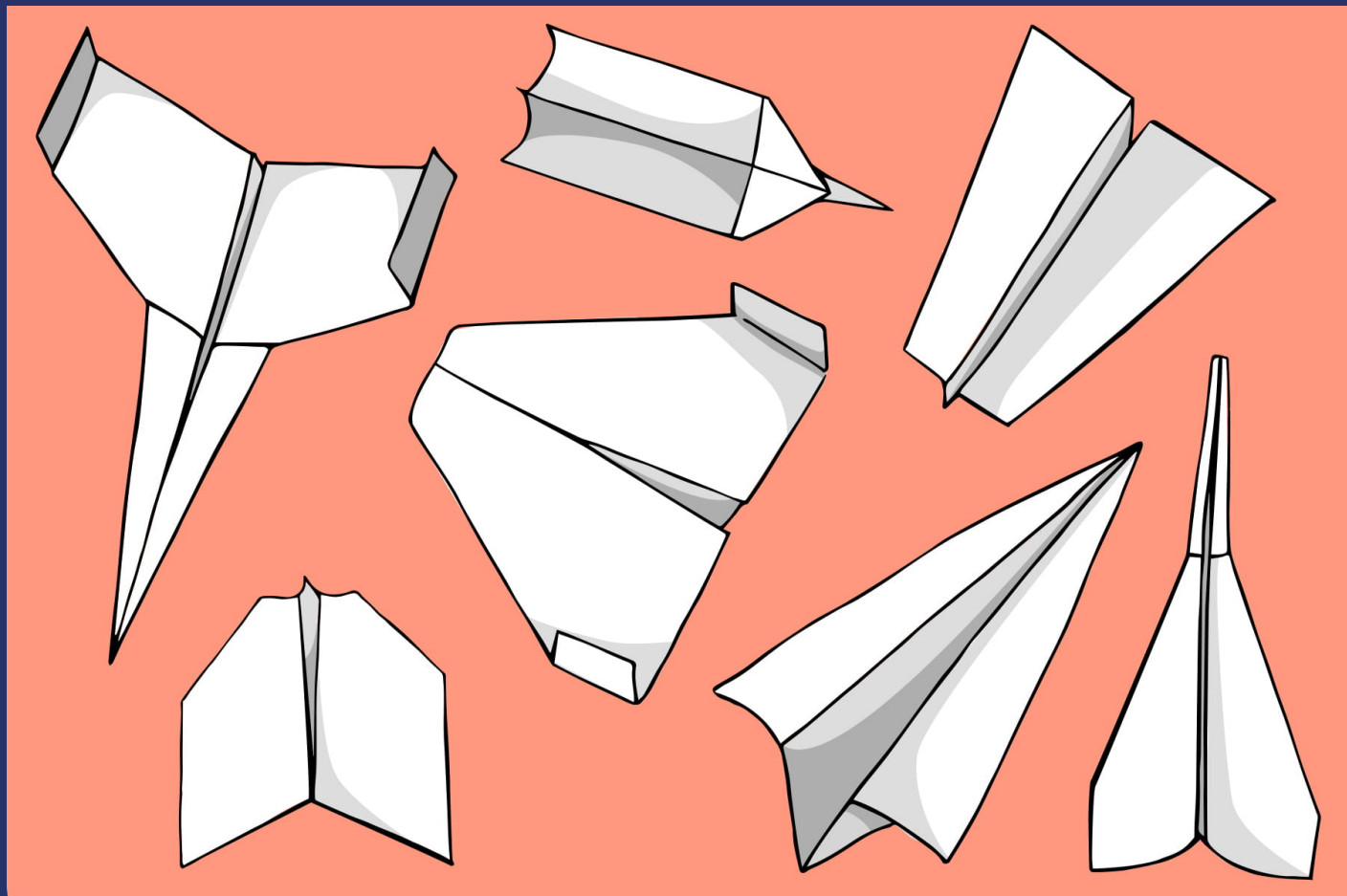


Figure 1. Illustration de l'expérience avec les avions en papier.

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

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

Formules de base de l'aérodynamique

1. Traînée aérodynamique :

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

où : ρ : densité de l'air (kg/m^3), C_d : coefficient de traînée (sans unité), A : surface frontale (m^2), v : vitesse relative (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.
- Quel objet subira la plus grande résistance de l'air ? Pourquoi ?
- Proposez un exemple d'utilisation pour chaque forme dans les transports.

Exercice 2 : Trajectoire d'un avion Réalisez un avion en papier avec des grandes ailes.

- Expliquez pourquoi cet avion vole mieux qu'un modèle avec des ailes plus petites.
- 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 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.

- Calculez F .
- 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 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_{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 kg vole à 200 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. 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 bar = 10^5 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_{total}).
- En utilisant l'énergie calculée, trouvez la hauteur maximale théorique (h_{max}).
- Supposons une efficacité énergétique de 80%. Quelle est la hauteur réelle atteinte ?
- Proposez une amélioration possible pour augmenter la hauteur maximale atteinte.