

*Aérostatique,
aérodynamique
et principes du vol*



Table des matières

1. Aérostatique	5
1.1. Le ballon à air chaud	5
1.2. Le ballon à gaz	6
1.3. Le dirigeable	6
2. Aérodynamique	7
2.1. Les forces aérodynamiques	7
2.2. Courbe polaire d'une aile	10
2.3. Retour sur les caractéristiques de l'aile	15
3. Mécanique du vol	17
3.1. Équilibre, stabilité et maniabilité de l'aéronef	17
3.2. Relation assiette, pente, incidence	20
3.3. Étude du vol stabilisé	20
4. Le vol spatial	25
4.1. Loi de la gravitation universelle	25
4.2. Lois de Kepler	27
4.3. Les orbites	27

1. Aérostatique

Les aérostats sont des aéronefs plus légers que l'air dont la sustentation est assurée par le _____

_____ qui s'énonce ainsi :

« Tout corps plongé dans un fluide au repos subit une force verticale dirigée vers le haut de norme égale au poids du volume de fluide déplacé. »

Ici, le corps est l'aérostат et le fluide est l'atmosphère environnante. La force de poussée d'Archimède $\vec{F}_A$ peut donc s'écrire

$$\vec{F}_A = -\rho_{\text{ext}} \vec{g} V$$

où ρ_{ext} est la masse volumique de l'air extérieur, $\vec{g}$ est l'accélération de la pesanteur et V est le volume de l'air déplacé par l'aérostат.

Parallèlement à cela, l'enveloppe de l'aérostат est remplie d'un gaz et l'on peut calculer la force de pesanteur $\vec{F}_P$ qu'il subit à l'aide de la relation

$$\vec{F}_P = \rho_{\text{int}} \vec{g} V$$

où ρ_{int} est la masse volumique du gaz intérieur. Cette force de pesanteur est appliquée verticalement vers le bas.

Le ballon à air chaud est donc soumis à deux forces de même direction, de sens opposé et de norme différentes, de sorte que l'effort résultant (la force aérostатique $\vec{F}$) sera calculé par somme des deux forces élémentaires :

$$\vec{F} = \vec{F}_A + \vec{F}_P = (\rho_{\text{ext}} - \rho_{\text{int}}) \vec{g} V$$

La sustentation du ballon à air chaud est rendue possible par le fait que la masse volumique de l'air dépend fortement de la température : à 15 °C, la masse volumique de l'air vaut $\rho_{15} = 1,225 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ tandis qu'à 100 °C elle ne vaut plus que $0,946 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Exercice 1

À l'aide des valeurs de masse volumique proposées ci-dessus, **déterminer** la norme de la force aérostатique s'appliquant sur une montgolfière de 2550 m^3 de volume.

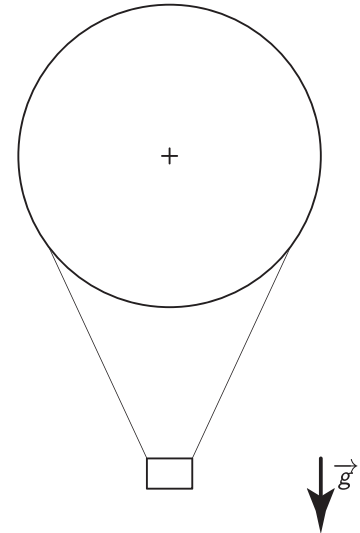


Figure 1 – Forces aérostатiques.

1.1. Le ballon à air chaud

Dans un ballon à air chaud, l'air chaud est contenu dans une _____ ouverte à sa partie inférieure et au sommet de laquelle on trouve une _____ qui peut être actionnée depuis la _____ au moyen d'une corde. L'ouverture de la soupape laisse échapper l'air chaud afin de faire descendre le ballon puis, lors de l'atterrissage, de dégonfler rapidement l'enveloppe.

Lorsque le ballon s'élève, la température de l'air extérieur diminue, ainsi que la température de l'air intérieur, de sorte qu'un équilibre se crée et la masse des éléments de volume négligeable (nacelle et équipage) tend à faire redescendre le ballon. Il est alors nécessaire de réchauffer l'air au moyen de _____ alimentés par des bouteilles de propane liquide.

De par son principe de pilotage, le ballon à air chaud ne peut que monter ou descendre. Son déplacement relatif au sol n'est que le résultat de l'effet du vent (force et direction) et une bonne connaissance des caractéristiques du vent aux différentes altitudes permet de modifier dans une certaine mesure la route suivie par la montgolfière.

1.2. Le ballon à gaz

Dans un _____, l'enveloppe est constituée d'un matériau caoutchouc ou d'un matériau synthétique étanche muni, à sa partie inférieure d'un tuyau appelé _____ et destiné au gonflement ou à l'évacuation du gaz lorsque celui-ci se dilate avec l'altitude.

Comme pour le ballon à air chaud, le haut de l'enveloppe est équipé d'une _____ que l'aérostat peut actionner depuis la nacelle pour permettre l'évacuation du gaz.

À la différence du ballon à air chaud, la montée est possible grâce au fait que le gaz embarqué (généralement de l'hélium) est plus léger que l'air. Mais s'il est possible de réchauffer l'air du ballon à air chaud, il n'est pas possible d'ajouter de l'hélium en cours de vol. Il est donc nécessaire d'emporter du lest (sable ou eau) qui sera largué pour diminuer la masse du ballon et lui permettre de s'élever dans l'atmosphère. La descente se fera grâce à la soupape, en libérant une petite quantité de gaz par le haut du ballon.

Pour l'atterrissage, le ballon à gaz est généralement équipé d'une _____ : une grosse corde de quelques dizaines de mètres qui est larguée à l'approche du sol pour freiner le ballon et permettre à des personnes au sol, en s'en saisissant, d'arrêter le ballon et de l'amarrer.

1.3. Le dirigeable

Pour palier l'inconvénient majeur des ballons à air chaud et à gaz, pour lesquels le seul pilotage possible est le pilotage en montée et en descente, le _____ a été conçu en ajoutant sur un ballon à gaz :

- _____, permettant à l'aérostat de se déplacer dans le plan horizontal ;
- _____, permettant d'orienter l'aérostat dans le plan horizontal et d'initier des montées ou descentes.

Ainsi, pour le contrôle du dirigeable, on trouve à l'arrière des plans fixes appelés _____, sur lesquels s'articulent des parties mobiles appelées _____.



(a) Le ballon à air chaud.



(b) Le ballon à gaz.



(c) Le dirigeable.

Figure 2 – Les aérostats.