

Figure 6 – Description d'un avion léger

2.2. Hélicoptère

Un certain nombre d'éléments sont communs avec un avion la principale différence provenant de la voilure tournante. On se contente ici d'un dessin descriptif :

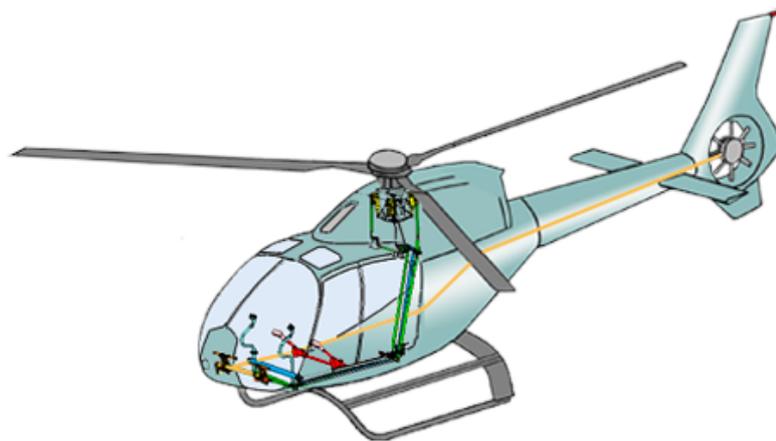


Figure 7 – Description d'un hélicoptère

3. Cellule d'un aéronef

Cette partie considérera essentiellement la cellule d'un avion, d'un planeur ou d'un ULM multiaxes voire d'un hélicoptère.

3.1. Fuselage

Le fuselage est conçu essentiellement pour supporter le poids du groupe motopropulseur et des personnes à bord, relier les ailes et l'empennage. Il tire son nom de sa forme en _____ et ses dimensions et caractéristiques ont évolué au fil du temps pour permettre une utilisation pour du transport massif de passagers, de fret ou pour des missions militaires.

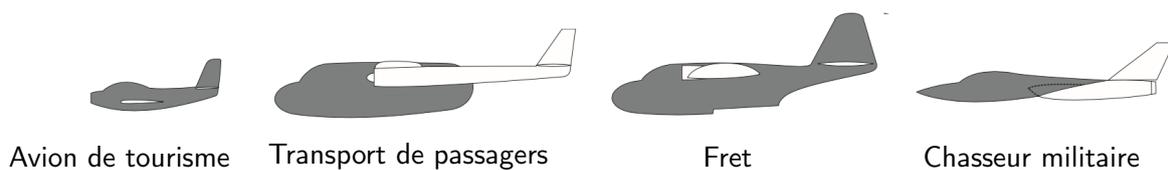


Figure 8 – Exemples de fuselages

3.2. Voilure

La voilure est la surface assurant la portance d'un aérodyne grâce à son mouvement. Dans le cas d'un appareil à **voilure fixe** (avion ou planeur par exemple) il s'agit de l'aile, par opposition à un appareil à **voilure tournante** (hélicoptère ou autogire par exemple), où il s'agit d'un rotor. Sur un avion, la voilure peut être haute, médiane ou basse :



(a) Ailes hautes



(b) Ailes médianes



(c) Ailes basses

Figure 9 – Position des ailes sur un avion

Le choix dépend de l'utilisation de l'aéronef et sera revu lors de l'étude des matériaux de construction. La forme des ailes est assez diversifiée comme en atteste la figure sur la page suivante.



(a) Flèche



(b) Flèche



(c) Rectangulaire



(d) Elliptique



(e) Delta



(f) Gothique

Figure 10 – Forme des ailes

La forme de l'aile est un compromis entre stabilité et maniabilité de l'aérodyne et peut se résumer ainsi :

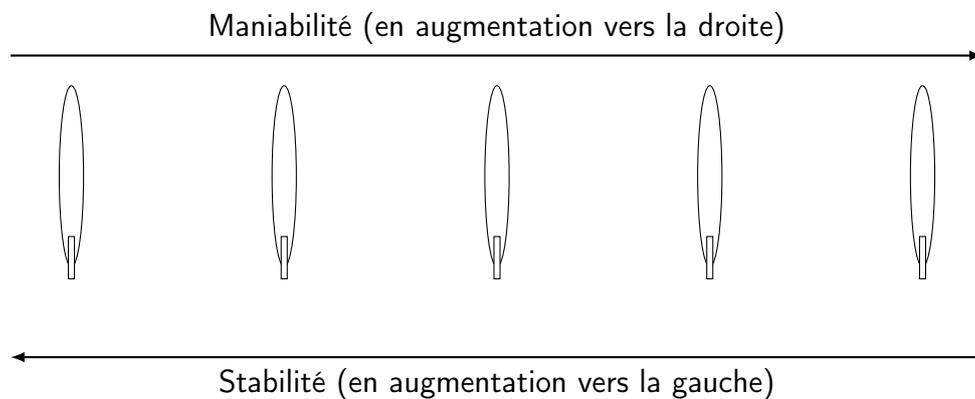


Figure 11 – Stabilité et maniabilité selon la forme des ailes

La voilure n'est pas nécessairement « perpendiculaire » au fuselage de l'avion et on peut considérer l'angle entre les ailes et le fuselage, appelé le _____. Ceci a un effet sur la stabilité du vol.



(a) Dièdre positif



(b) Dièdre négatif

Figure 12 – Dièdre

Une aile d'avion classique est constituée d'une **emplanture** qui assure la jonction avec le fuselage via le **karman** qui permet d'améliorer l'écoulement de l'air à cette jonction. Le **saumon** se trouve en bout d'aile à l'opposé du fuselage, l'**extrados** étant la partie supérieure, l'**intrados**, la partie inférieure, le **bord d'attaque** la partie avant et le **bord de fuite** la partie arrière.

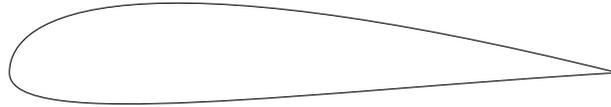


Figure 13 – Coupe d'une aile

3.3. Empennage

L'**empennage** est un ensemble de plans fixes et mobiles qui assurent la stabilité de l'aéronef dans le plan vertical (**axe de lacet**) et dans le plan horizontal (**axe de tangage**). Généralement, l'empennage se compose de deux parties, l'une horizontale et l'autre verticale — appelée **dérive** — dédiées à la stabilité sur les axes précédents. Observons à nouveau différents empennages d'avions :



(a) En V



(b) En T



(c) Plan canard



(d) Multi-dérives



(e) Classique



(f) Cruciforme

Figure 14 – Différents empennages

Remarque : Le plan canard se distingue des autres cas car celui-ci est composé d'une partie située à l'avant de l'avion.

Les différentes surfaces de l'empennage comportent aussi des parties mobiles pour modifier volontairement l'équilibre : en lacet, la gouverne de direction pour le contrôle du virage, et l'équilibre en tangage, la gouverne de profondeur pour le contrôle de la montée ou de la descente. Ceci est étudié dans la partie sur les commandes de vol.

Sur un hélicoptère, l'empennage est très différent car une partie du groupe motopropulseur participe à la stabilité de l'aéronef.



Figure 15 – Empennage d'un hélicoptère

3.4. Atterrisseurs

On regroupe sous le terme **atterrisseur** l'ensemble des dispositifs permettant à l'aéronef de se poser et/ou de se déplacer sur le sol. L'atterrisseur est généralement monté sur des dispositifs **amortisseurs** destinés à absorber l'impact au moment de l'atterrissage. Il existe différents types d'atterrisseurs prévus pour différentes utilisations et différentes surfaces :

- des _____ sont utilisées dans la plupart des cas et permettent la plus grande polyvalence ;
- des _____ sont utilisés sur les aéronefs amphibie (hydravion ou hélicoptère amphibie) ;
- des _____, ne permettant pas de déplacement au sol et donc généralement réservés pour les hélicoptères pouvant décoller verticalement ;
- des _____ sont utilisés pour permettre l'atterrissage sur des surfaces enneigées.



(a) Atterrisseur à roues



(b) Atterr. à flotteurs



(c) Atterrisseur à patins



(d) Atterrisseur à skis

Figure 16 – Les différents types d'atterrisseurs

Les atterrisseurs peuvent être _____ ou _____. Dans le premier cas, l'atterrisseur est toujours présent tandis que dans le second, il est possible de rétracter l'atterrisseur et de le ranger dans le fuselage. Ceci permet alors d'améliorer les performances de l'aéronef. Les atterrisseurs escamotables sont généralement à roues.



Figure 17 – Les coffres de roues apparaissent clairement sous le fuselage

Pour les trains d'atterrissage à roues, on décompose l'atterrisseur en deux ensembles :

- le _____, proche du centre de gravité de l'avion et supportant la majorité de la masse de l'avion ;
- le _____, permettant d'équilibrer l'avion au sol et éventuellement de diriger l'avion lors de ses déplacements au sol.

Il existe deux configurations différentes pour les trains d'atterrissages à roues :

- la configuration _____, dans laquelle le train auxiliaire est placé à l'avant de l'avion. On parle alors de _____ ;
- la configuration _____, dans laquelle le train auxiliaire est placé à l'arrière de l'avion. On parle alors de _____.



(a) Train tricycle



(b) Train classique

Figure 18 – Les deux types de trains d'atterrissages à roues

L'ensemble du train d'atterrissage est caractérisé par deux éléments :

- sa voie, correspondant à la distance maximale séparant les roues du train principal ;
- son empattement, correspondant à la distance maximale séparant les roues du train principal de celles du train auxiliaire.

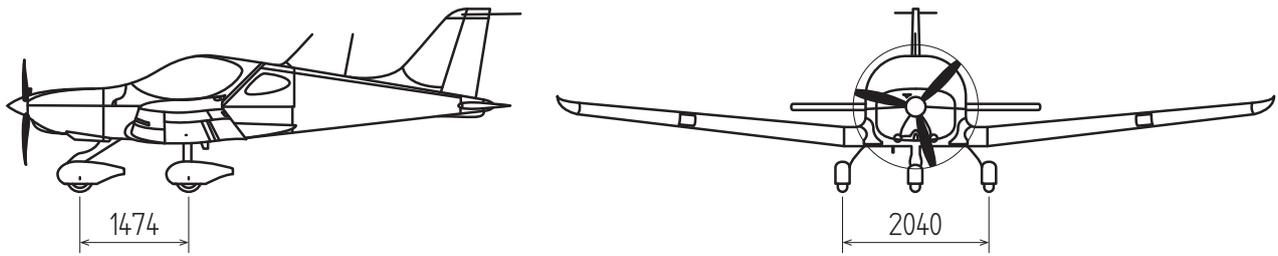


Figure 19 – Empattement et voie d'un train d'atterrissage

Dans certains cas de figures rares, généralement pour les planeurs et dans un souci d'économie de masse, le train principal ne comporte qu'une seule roue. On parle alors de train d'atterrissage monorace.



Figure 20 – Atterrisseur monorace sur planeur

Selon la masse de l'avion et sa répartition sur les différentes roues du train d'atterrissage, on pourra trouver des trains d'atterrissage à roue simple, à roues en diabolos ou à boggies.



(a) Roue simple



(b) Roues en diabolos



(c) Boggies

Figure 21 – Les différentes associations de roues

4. Les commandes et gouvernes

Le comportement de l'avion dans l'air est modifié par le déplacement de parties mobiles situées en différents endroits de la cellule. Ces parties mobiles, appelées **gouvernes**, sont contrôlées par le pilote à l'aide de **commandes**.

On distingue deux types de commandes et gouvernes :

- les commandes et gouvernes **primaires**, qui permettent d'agir directement sur l'attitude de l'avion (son orientation dans l'air) ;

- les commandes et gouvernes **secondaires**, qui modifient les profils d'aile de manière à aider le pilote dans ses actions ou à modifier la sustentation de l'avion.

Remarque : Les éléments dont nous parlerons dans cette partie sont plus spécifiquement adaptés aux avions, planeurs et ULM multiaxes. Pour les autres aéronefs (hélicoptère, parachute, deltaplane, ULM pendulaire, etc.) le pilotage est se fait différemment (potentiellement de manière complexe), et nous ne présenterons pas dans le cadre de ce cours les commandes et gouvernes pour de tels appareils.

4.1. Les trois axes de l'avion

Aux commandes d'un aéronef évoluant dans l'atmosphère, il faut pouvoir orienter son appareil autour de trois directions pour le diriger dans l'espace. On définit pour cela trois axes présentés ci-après.

- L'axe de _____ est l'axe longitudinal de l'avion. On mesure autour de cet axe l'**inclinaison** de l'avion.
- L'axe de _____ est l'axe « matérialisé par les ailes de l'avion ». On mesure autour de cet axe l'**assiette** de l'avion.
- L'axe de _____ est l'axe perpendiculaire au plan des ailes. *L'angle de lacet, bien qu'important pour le pilotage, n'est pas mesuré de manière quantitative ni nommé spécifiquement.*

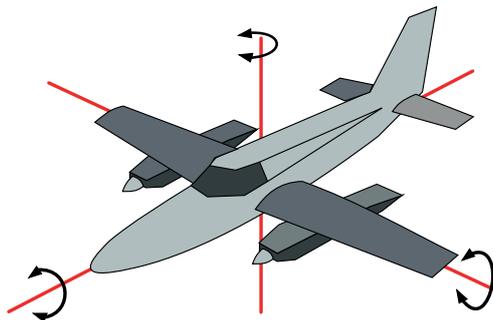


Figure 22 – Les trois axes d'un avion

4.2. Les commandes et gouvernes primaires

Les commandes et gouvernes primaires sont celles qui vont permettre au pilote de contrôler l'orientation de l'avion autour des trois axes vus précédemment. Nous expliquerons dans le chapitre d'aérodynamique la relation entre la position des gouvernes et les mouvements de l'avion, nous nous contenterons ici de décrire ces mouvements.

- La _____ permet le contrôle de l'avion selon l'axe de tangage. Elle est située sur l'empennage horizontal et se commande à l'aide du volant ou du manche en lui appliquant un mouvement d'avant en arrière.
- Les _____ permettent le contrôle de l'avion selon l'axe de roulis. Ils sont situés aux extrémités des ailes et se commandent à l'aide du volant ou du manche en lui appliquant un mouvement de gauche à droite.