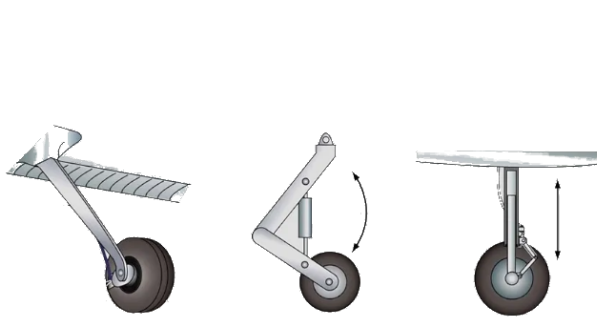
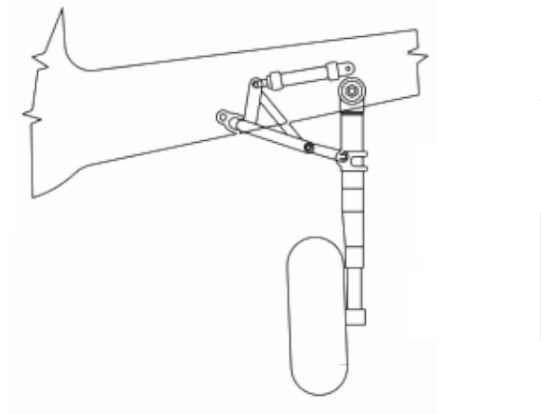


L'amortisseur le plus courant est \_\_\_\_\_ : composé d'une cavité contenant généralement de l'huile, l'écoulement plus lent de celle-ci permet d'amortir le choc.

Nous présentons ici certains systèmes des atterrisseurs à roues :



(a) Types de trains



(b) Train rentrant

**Figure 35** – Conception des trains d'atterrissage

Les freins sont généralement à friction : un disque métallique solidaire des roues est pincé entre deux pièces pour freiner. Le freinage peut être une phase délicate car il suppose que les roues adhèrent au sol. S'il reste de la portance à l'atterrissage, qui peut être liée à une vitesse trop importante, l'avion n'a pas un contact suffisamment important avec la piste pour freiner. L'annulation de la portance est fondamentale pour que les systèmes de freinage demeurent efficaces.

## 6. Groupe motopropulseur

Le groupe motopropulseur comprend l'ensemble des éléments permettant la mise en mouvement d'un aérodyne selon différents circuits comme :

- le circuit \_\_\_\_\_ assurant la circulation de la source d'énergie vers le moteur ;
- le circuit \_\_\_\_\_ qui permet le fonctionnement de certains éléments de motorisation ;
- le circuit \_\_\_\_\_ qui transforme le carburant en un travail prêt à être transmis au système de propulsion ;
- le circuit \_\_\_\_\_ qui permet le mouvement de pièces (notamment tournantes) en minimisant les frottements ;
- le circuit \_\_\_\_\_ qui assure une température optimale du moteur en évitant notamment une usure prématurée ;
- le circuit \_\_\_\_\_ qui transmet le mouvement assuré par le moteur vers les systèmes propulsifs ;
- le circuit \_\_\_\_\_ qui peut être constitué d'une simple hélice ou de l'éjection de gaz voire de rotors.

Dans la suite, on abordera seulement certains éléments des circuits précédents.

## 6.1. Motorisation à pistons

La plupart des moteurs à pistons sont généralement de moteurs à quatre temps. Pour pouvoir fonctionner, les moteurs quatre temps comportent un certain nombre d'éléments différents, notamment :

- les **soupapes** d'admission et d'échappement, des obturateurs mobiles ;
- les **bougies** d'allumage, qui initient la combustion en enflammant le mélange d'air et de carburant ;
- les **pistons**, qui compriment les gaz avant la combustion puis transforment la force de celle-ci en mouvement ;
- les **bielles**, rattachées aux pistons à une extrémité et au vilebrequin de l'autre, transformant le mouvement linéaire du piston en un mouvement rotatif ;
- le **vilebrequin**, qui permet de distribuer entre les différents cylindres chacun des temps du moteur et de transmettre le mouvement au système de propulsion (par exemple une hélice) ;
- la **chambre de combustion**, l'espace hermétique où le mélange d'air et de carburant est comprimé avant de s'enflammer.

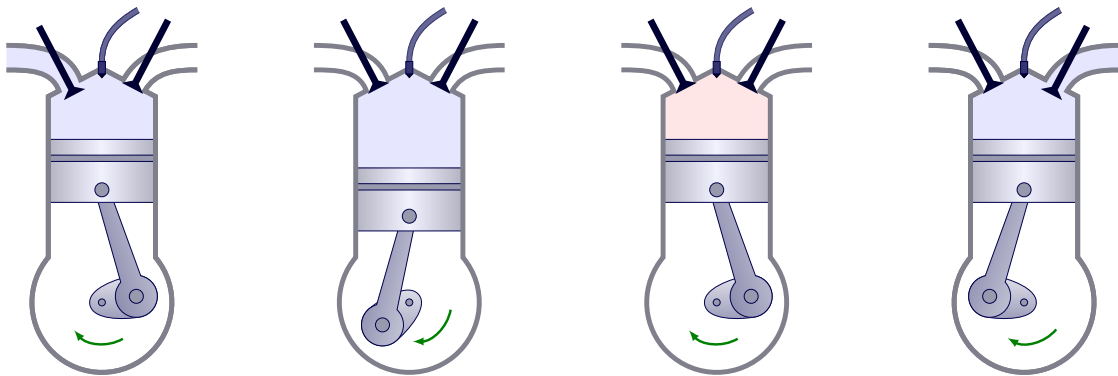


Figure 36 – Description et cycle d'un moteur à quatre temps

Les phases successives du cycle d'un tel moteur sont les suivantes :

1. \_\_\_\_\_ d'un mélange d'air et de carburant pulvérisé ;
2. \_\_\_\_\_ du mélange : fermeture de la soupape d'admission, puis remontée du piston qui comprime le mélange ;
3. \_\_\_\_\_ et détente ce qui repousse le piston, initiant le mouvement ;
4. \_\_\_\_\_ : ouverture de la soupape d'échappement et remontée du piston qui chasse les gaz brûlés.

Les pistons peuvent être placés de façons diverses selon l'aéronef considéré :

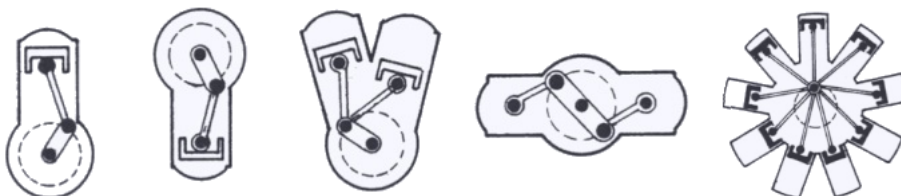


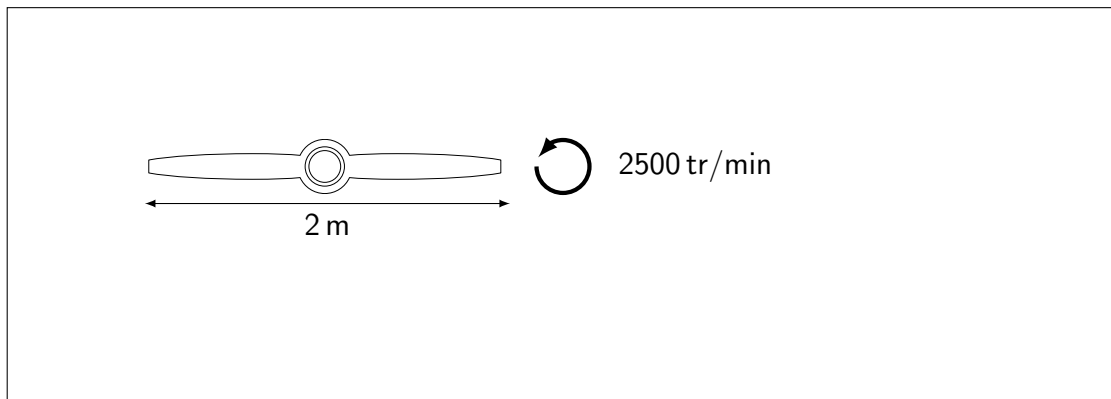
Figure 37 – Disposition des cylindres dans un moteur à pistons

L'alimentation en carburant est effectuée par une **pompe mécanique** qui est doublée par une pompe électrique de secours. Le mélange entre l'air et l'essence est assurée par un **carburateur** ou un système d'**injection**. La proportion entre l'air et l'essence variant avec l'altitude, une commande de **mélange** permet au pilote de régler cette proportion en vol. Le système d'allumage constitué des **magnétos** est toujours doublé en cas de panne.

## 6.2. Hélice

Une **hélice** tourne grâce au mouvement rotatif imprimé par un moteur et qui, en accélérant vers l'arrière l'air situé devant elle, crée la traction ou la poussée de l'avion. Elle comporte au moins deux pales (mais parfois bien plus). Elle est généralement fabriquée en **bois**, en **alliage d'aluminium** ou en **composite**. Elle est généralement placée à l'avant de l'aéronef créant une traction mais peut aussi être placée à l'arrière pour créer une poussée.

La capacité à mettre en mouvement l'aéronef dépend de la puissance du moteur appliquée et de la vitesse de rotation de l'hélice qui sont en partie liés. Deux hélices tournant à la même vitesse mais avec des moteurs délivrant une puissance différente ne propulseront pas l'aéronef avec la même efficacité. La plupart du temps, les vitesses de rotation en croisière des hélices se situent entre 2000 tr/min pour les plus lourdes et 5000 tr/min pour les plus légères. Calculons la vitesse en km/h d'un point situé à l'extrémité d'une hélice de 2 m tournant à 2500 tr/min :



On peut définir le pas à l'aide du schéma suivant :

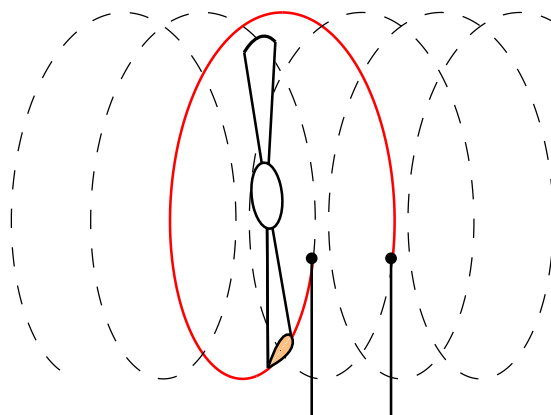
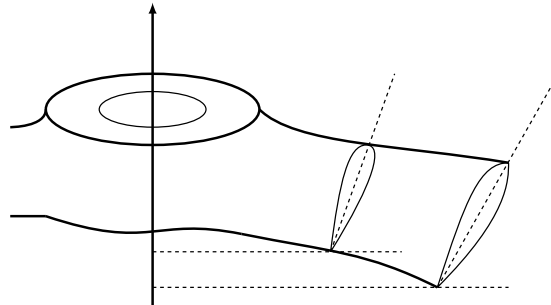


Figure 38 – Pas d'une hélice

Avec le calcul précédent, la vitesse de déplacement d'un point de l'hélice dans l'air est d'autant plus importante que l'on s'éloigne de l'axe de rotation. Afin de répartir correctement la force de traction, l'hélice est vrillée.

D'une certaine façon, la coupe d'une hélice est semblable à la coupe d'une \_\_\_\_\_ mais possède d'autres particularités : son plan de coupe n'est pas le même tout au long de l'hélice.



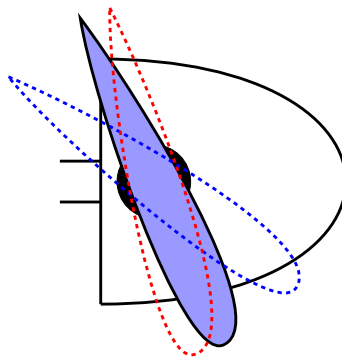
**Figure 39** – Vrillage d'une hélice

En réalité, l'hélice n'est pas totalement efficace et elle glisse dans l'air ambiant. Ainsi, on peut aussi définir le pas réel lors du déplacement de l'hélice. On a ainsi une différence entre le pas « géométrique » de l'hélice et son pas réel. Le pas réel inclut donc le glissement de l'hélice dans l'air.

Les hélices à \_\_\_\_\_ glissent moins dans l'air et sont donc adaptées au décollage mais donneront des vitesses plus faibles en croisière.

Les hélices à \_\_\_\_\_ ont plus d'inertie lors de l'application de la traction au décollage mais donneront des vitesses plus élevées en croisière.

Ainsi, sur certains avions, il est possible d'agir en vol sur le pas de l'hélice : on parle alors de \_\_\_\_\_ ou \_\_\_\_\_.



**Figure 40** – Vue de profil d'une hélice à pas variable

Contrairement à une hélice à pas fixe, une telle hélice garde une vitesse relativement constante dans une large gamme de puissance délivrée par le moteur. Le ou la pilote dispose d'une manette permettant d'agir sur le pas :

- au décollage et à l'atterrissage, on se place \_\_\_\_\_ pour avoir une meilleure efficacité à une vitesse faible ;

- en croisière, on se place \_\_\_\_\_ pour avoir une meilleure efficacité à une vitesse importante.

### 6.3. Turbomachines

Lorsque l'on gonfle un ballon, la pression de l'air à l'intérieur du ballon est supérieure à la pression de l'air à l'extérieur. Si on libère l'embouchure du ballon, alors l'air à l'intérieur du ballon va être éjecté et, par réaction, créer une force de même direction mais de sens opposé à la vitesse d'éjection.

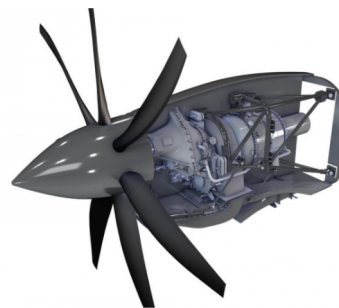
C'est sur ce même principe que fonctionnent les turbomachine : on crée une augmentation de la pression de l'air et on l'éjecte pour :

- propulser directement l'avion avec un \_\_\_\_\_ ;
- faire tourner une hélice ou un ensemble de rotor avec un \_\_\_\_\_.

*Remarque : Pour un hélicoptère, on parle plutôt de turbomoteur. Une autre turbomachine, le statoréacteur, n'est pas étudié dans le cadre du BIA.*



(a) Turboréacteur

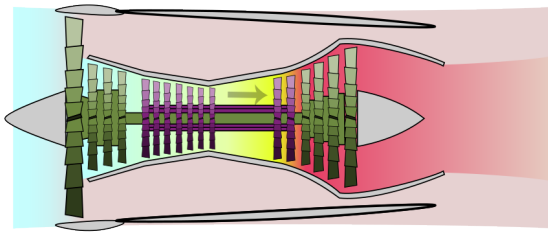


(b) Turbopropulseur et hélice

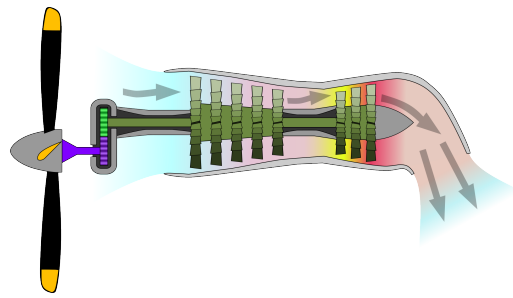
**Figure 41** – Exemples de turbomachines

Un **turboréacteur double flux**, comme en sont équipés la plupart des avions de ligne, fonctionne sur le principe suivant :

1. la \_\_\_\_\_ en entrée joue le rôle d'une hélice en propulsant l'air en deux parties ;
2. une partie de l'air passe dans un \_\_\_\_\_ constitué de roues avec des ailettes ;
3. dans la \_\_\_\_\_, l'air comprimé est mélangé au carburant ;
4. l'air de la chambre de combustion est ensuite éjecté vers une \_\_\_\_\_ qui permet d'entraîner la soufflante en étant mélangé à l'autre flux d'air créant ainsi la propulsion.



(a) Turboréacteur à double flux



(b) Turbopropulseur

**Figure 42** – Exemples de turbomachines

**Remarque :** D'autres réacteurs sont à simple flux. La soufflante entraîne tout l'air entrant uniquement dans le compresseur sans séparation : il n'y a qu'un seul flux d'air.

Un turbopropulseur est tout à fait identique à un turboréacteur simple flux à l'exception du fait que la turbine n'entraîne pas uniquement la soufflante mais également l'hélice via un système d'engrenages.

## 6.4. Autres motorisations

L'aviation électrique et à hydrogène notamment se développent actuellement. Néanmoins, si les considérations écologiques peuvent justifier le développement de ces nouvelles motorisations, le stockage de la source d'énergie (batterie ou réservoir à hydrogène) est encore lourd et la puissance des moteurs reste en deçà des motorisations utilisant les carburants fossiles.

Les drones peuvent fonctionner avec un moteur électrique lorsqu'ils sont de petite taille même en comportant des calculateurs capables de stabiliser celui-ci en l'air.

# 7. Instruments de bord

Pour la conduite du vol et le suivi d'une navigation, un aéronef doit obligatoirement être équipé des instruments de bord suivants :

- un altimètre ;
- un variomètre ;
- un anémomètre ;
- un horizon artificiel ;
- un indicateur de virage et de dérapage ;
- un compas magnétique compensable ou un indicateur gyroscopique de direction ;

Ces six instruments sont donc classiquement retrouvés dans tous les aéronefs, en des positions généralement semblables d'un appareil à l'autre. Nous allons voir dans cette section le fonctionnement de ces instruments