

STAGES THÉORIQUES PPL

GROUPE MOTO-PROPULSEUR





- **Principes du moteur à explosion**
- **Notions de combustion et de mélange**
- **La carburation**
- **Le réchauffage carburateur**
- **Les circuits d'essence**
- **Le circuit d'huile**
- **Les dispositifs d'allumage**
- **Le refroidissement du moteur**
- **Les servitudes électriques**
- **Les moteurs à injection directe**
- **Puissance, pas d'hélice et mélange**
- **Les moteurs suralimentés**
- **Les réglages spécifiques du moteur**
- **Les hélices, principes, types, exploitation**



NOTIONS DE PHYSIQUE



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

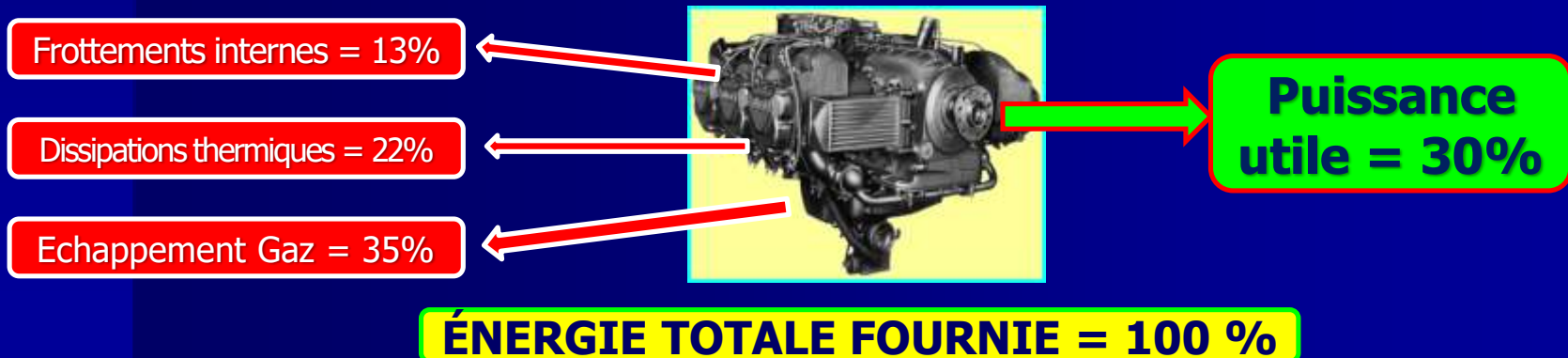
- ① **Tout déplacement nécessite de l'énergie.**
(fossile, hydroélectrique, nucléaire, solaire, éolienne, ...).
- ② **Toute énergie peut être transformée ou adaptée.**
(carburant en énergie mécanique, hydroélectrique en électricité, ...).
- ③ **Toute énergie peut être mesurée (kW/h)
et son utilisation en unité de temps s'appelle : puissance (W).**
- ④ **Tout transformateur d'énergie occasionne des pertes
mécaniques (inertie des pièces), calorifiques (frottements), ... Notion de rendement.**
- ④ **On distingue donc plusieurs puissances :**
 - **Puissance théorique** : énergie fournie au dispositif de transformation ;
 - **Puissance nominale** : puissance utilisable de façon continue (25% de ci-dessus) ;
 - **Puissance effective** : puissance offerte après dispositif de transformation
(environ 30% de la puissance théorique) ;
 - **Autres puissances opérationnelles** : puissance de décollage = max utilisable,
puissance de croisière rapide = 75%, puissance croisière économique = 65%, ...

NOTIONS DE PHYSIQUE



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- 1 **Un moteur est un transformateur d'énergie.**
(fossile, hydroélectrique, nucléaire, solaire, éolienne, ... en énergie mécanique).
- 2 **Un moteur d'automobile ou d'avion transforme une énergie fossile en énergie mécanique** (carburant en énergie mécanique et calorifique).
- 3 **Les transformations d'énergie occasionnent des pertes, dans un moteur d'automobile ou d'avion :**
 - 70 % partent en chaleur
 - 30 % de l'énergie est utilisée.**Ils sont classés dans la catégorie des moteurs thermiques.**



LES MOTEURS A PISTONS

UN CYCLE EN QUATRE TEMPS



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

1 - Admission:

Mélange air / essence préparé par le système de carburation

Conduit Adm

Soupape Adm

Joint de culasse

Chambre de combustion

- La soupape d'admission s'ouvre et le piston descend.
- Le cylindre se remplit par aspiration du mélange air-essence (rapport 1/15, 1g essence 15g air).

Conduit Echappement

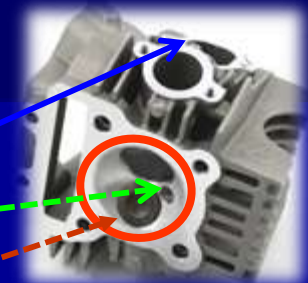
Culasse

Soupape Echap

Cylindre

Piston

Segments



LES MOTEURS A PISTONS

UN CYCLE EN QUATRE TEMPS



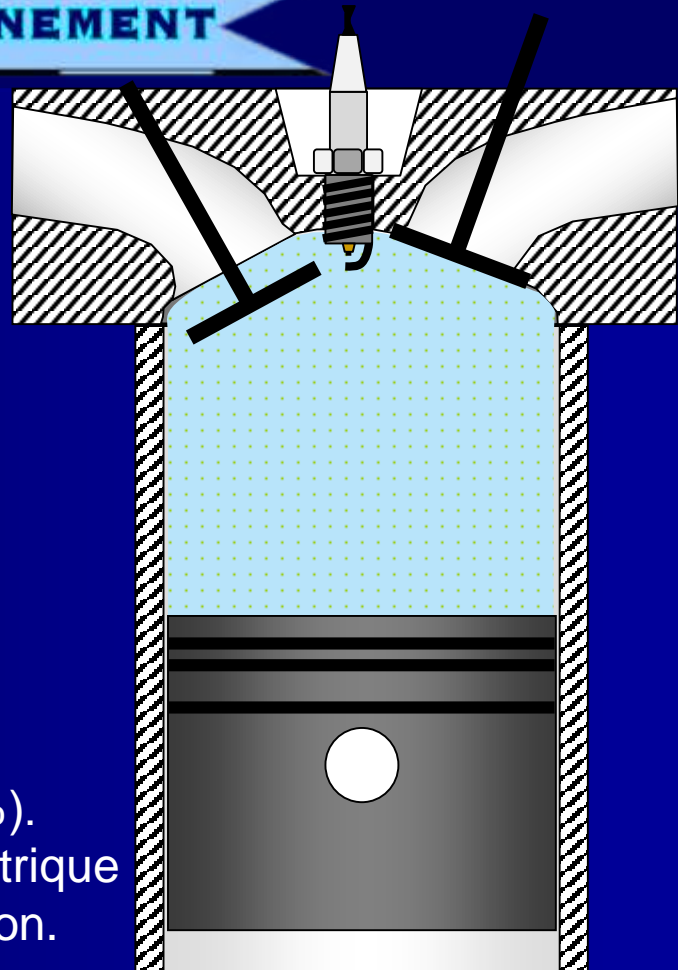
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

2 - Compression :

En fin d'admission :

- La soupape d' admission se ferme ;
- Le piston remonte ;
- Le mélange est comprimé ;
- Il atteint une température ($\sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$) proche de sa température « d'auto inflammation » ($\sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$).

La phase de compression apporte la chaleur nécessaire à l'inflammation du mélange (99%).
Le taux de compression ou le rapport volumétrique « règle » la température de fin de compression.



L'usure ou l'encrassement du moteur peuvent modifier ce paramètre et perturber le fonctionnement du moteur.

LES MOTEURS A PISTONS

UN CYCLE EN QUATRE TEMPS



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

3 - Combustion, détente :

C'est le temps moteur !

En fin de compression :

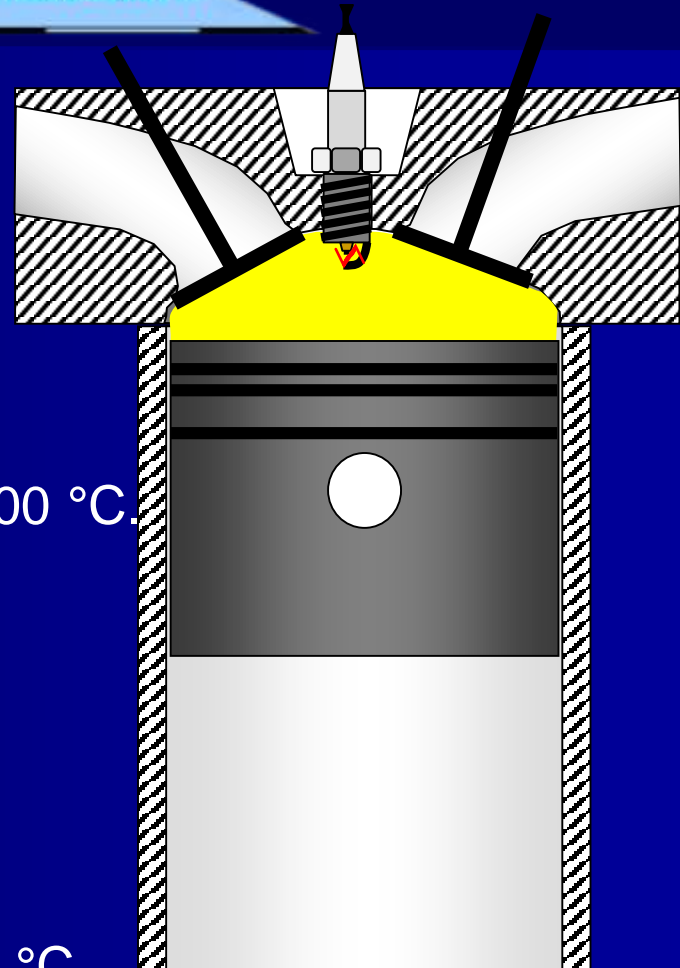
- L'allumage des bougies se déclenche !

En apportant une quantité de chaleur supplémentaire (étincelle de la bougie) $\sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Le mélange air / essence brule.
- La température atteint $\sim 3000^{\circ}\text{C}$.
- Par effet de dilatation :

Les gaz montent en pression et repoussent le piston. (30 à 50 bars)

Par détente, les gaz se refroidissent $\sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$.



LES MOTEURS A PISTONS

UN CYCLE EN QUATRE TEMPS

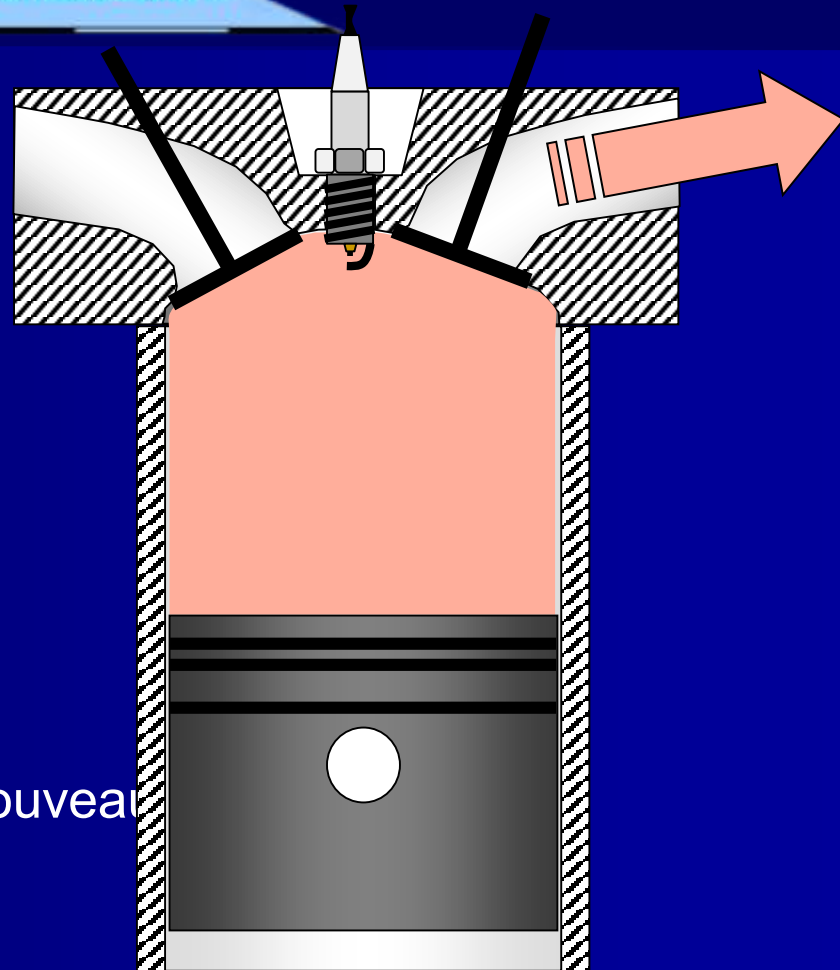


PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

4 - Échappement :

- En fin de détente :
- La soupape d'échappement s'ouvre ;
- Le piston remonte et expulse les gaz brulés.

- En fin d'échappement :
- La soupape d'échappement se ferme.
- La soupape d'admission s'ouvre de nouveau
- Le piston descend ...
- et commence en nouveau cycle ...

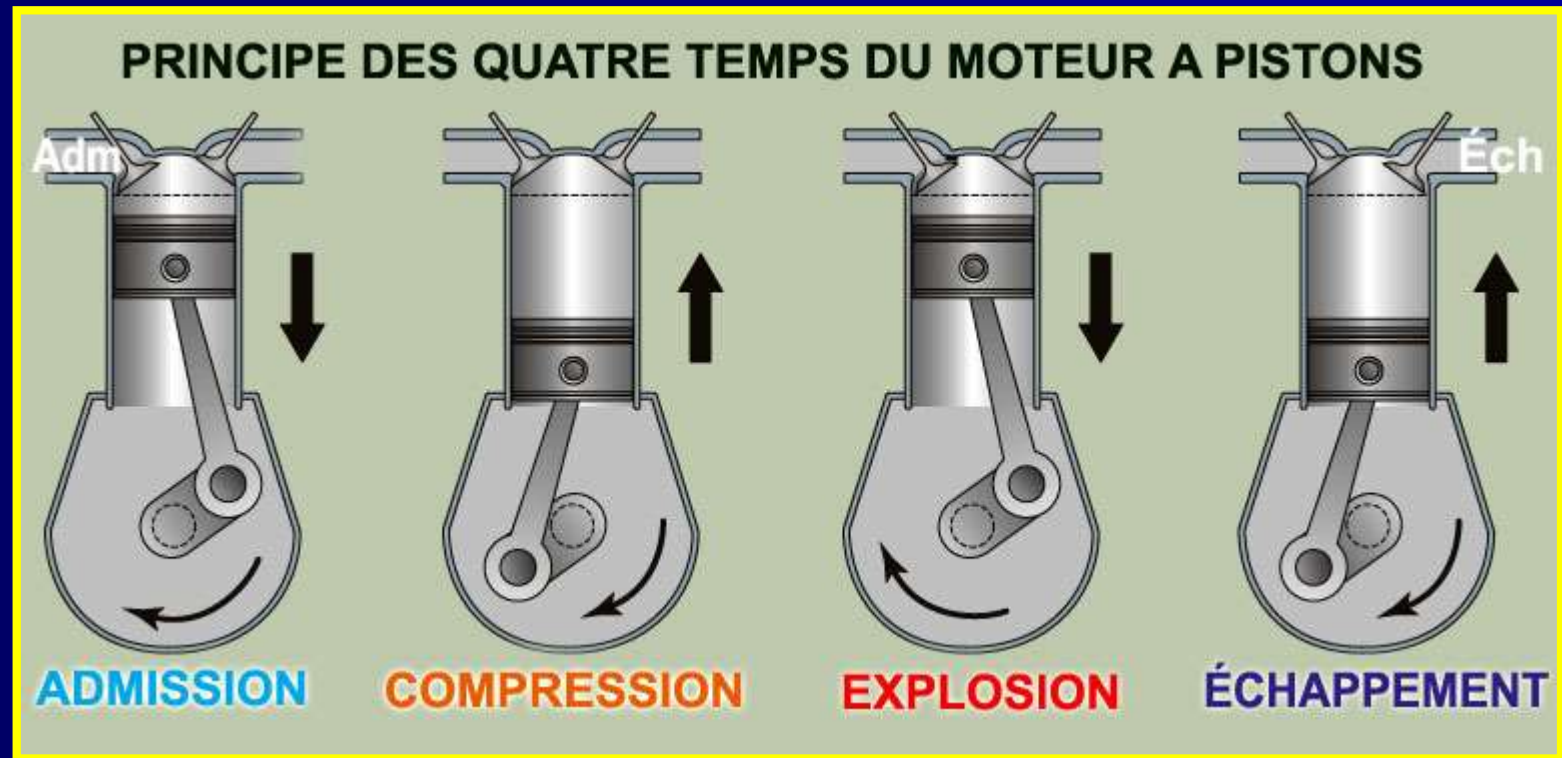


LES MOTEURS A PISTONS



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- ① Utilisation de la détente d'un gaz soumis à une combustion.
- ② Transformation d'un mouvement linéaire en circulaire.



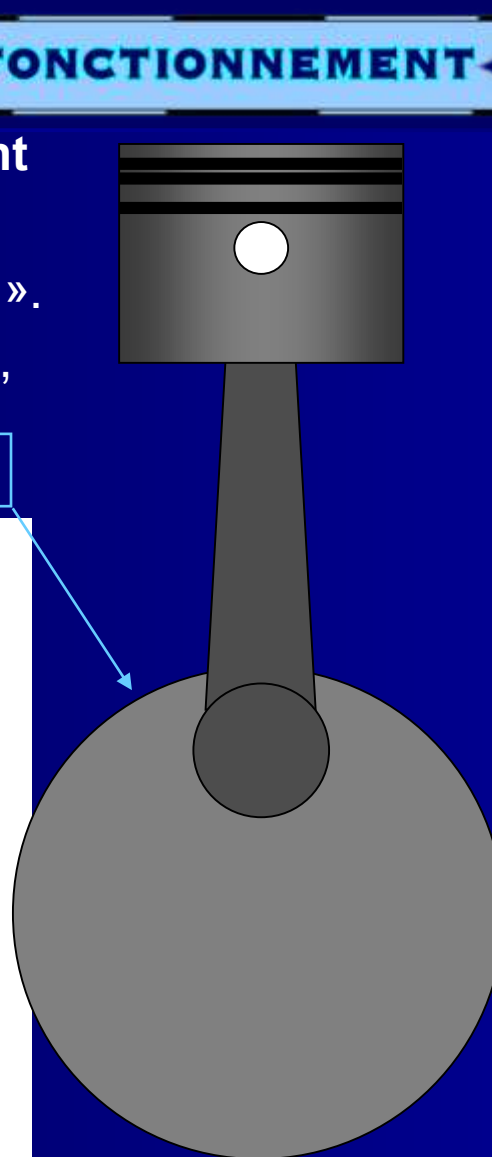
LES MOTEURS A PISTONS



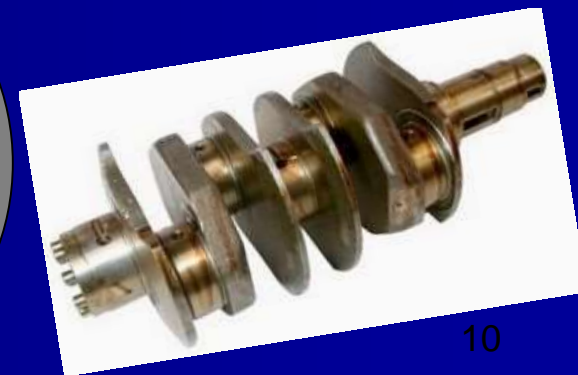
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- Transformation d'un mouvement
 - linéaire en circulaire :
 - Le système « bielle manivelle ».
- Le piston est relié au vilebrequin, par la bielle.

Vilebrequin



Bielle

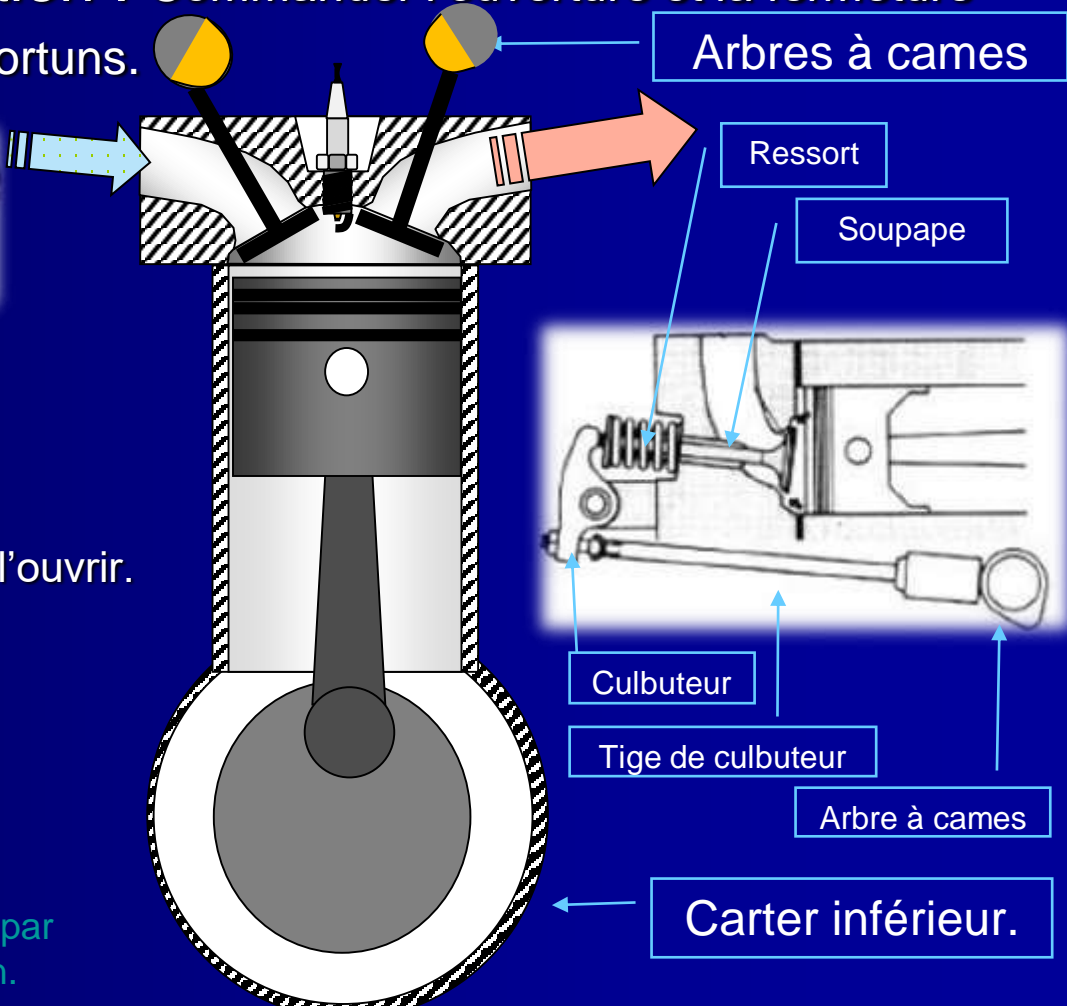


LES MOTEURS A PISTONS



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- Cycle 4 temps, la distribution : Commander l'ouverture et la fermeture des soupapes aux moments opportuns.



- L'ouverture et la fermeture des soupapes est commandée par un arbre à cames.
- La came pousse la soupape pour l'ouvrir.
- C'est un ressort qui repousse la soupape pour la fermer.
- L'arbre à cames est entraîné par le moteur, il tourne deux fois moins vite que le moteur.

En aviation, les arbres à cames sont entraînés par des pignons reliés sur les pignons du vilebrequin.

LES MOTEURS A PISTONS



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Sur quatre temps, un seul temps fournit de l'énergie.
Recherche de régularité cyclique par :

- ① **Multiplication du nombre de cylindres**
(de 1 à 36 cylindres).
- ② **Décalage des énergies dans le cycle**
(plusieurs temps moteur dans le cycle de rotation de l'arbre).
- ③ **Augmentation des cylindrés et des puissances**
(de 50 Cv à 5 000 Cv).
- ④ **Volant d'inertie**
(pour limiter les à-coups entre temps moteur).
- ⑤ **Disposition des cylindres**
(en ligne normale ou inversée, en V, en étoile ou opposés).

LES MOTEURS A PISTONS



TYPES DE MOTEURS

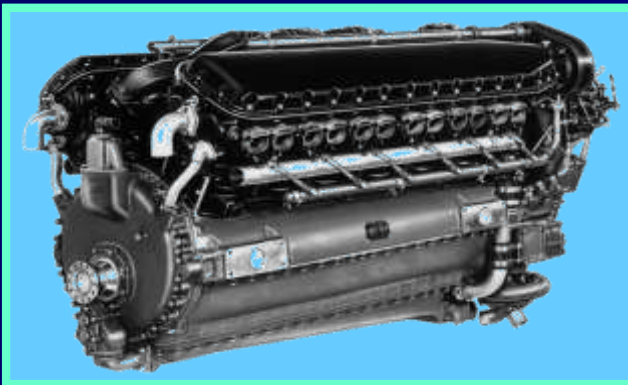
Classement par disposition des cylindres



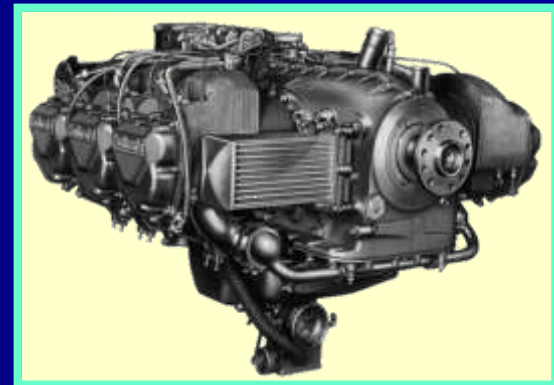
CYLINDRES EN LIGNE
(normaux ou inversés)



CYLINDRES EN ÉTOILE
(simple ou double)



CYLINDRES EN V



CYLINDRES OPPOSÉS

LES MOTEURS A PISTONS



TYPES DE MOTEURS

CODIFICATION DES MOTEURS MODERNES (TROIS COMPOSANTES)

Le premier élément pour le type de moteur

- L Rotation du vilebrequin vers la gauche
- T Turbocompressé
- I Injection
- G Réducté pour hélice
- S Suralimenté
- V Vertical
- H Horizontal
- A Voltige
- O Cylindres opposés

Le second concerne la cylindrée du moteur

(en pouces cubiques, diviser par 2 pour la valeur en Cv, environ)

un 200 = 100 Cv, 235 = 110 Cv, 320 = 160 Cv, 360 = 180 Cv

Le troisième élément renvoie à une nomenclature de spécifications liée aux accessoires (démarreur, magnéto, type de bati, ...)

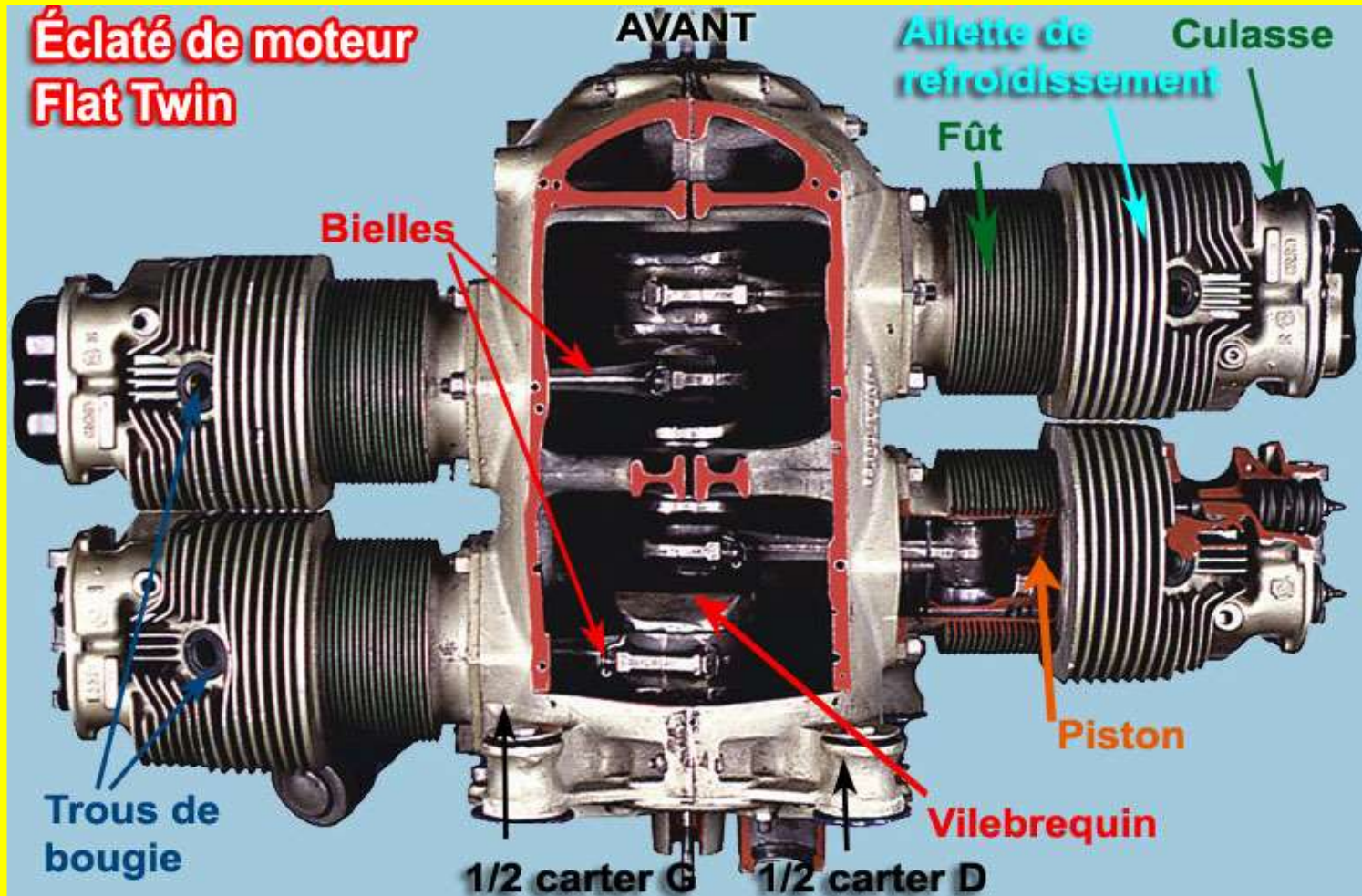
Exemple de codification : O 200 A, IO 360 H, TSIO 540 H,

LES MOTEURS A PISTONS



DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS

Éclaté de moteur Flat Twin

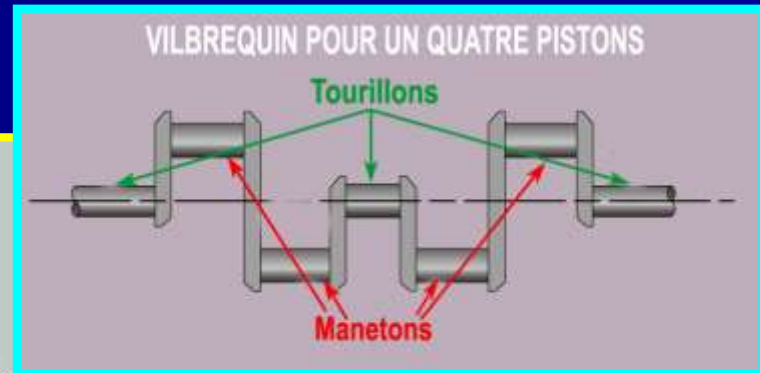
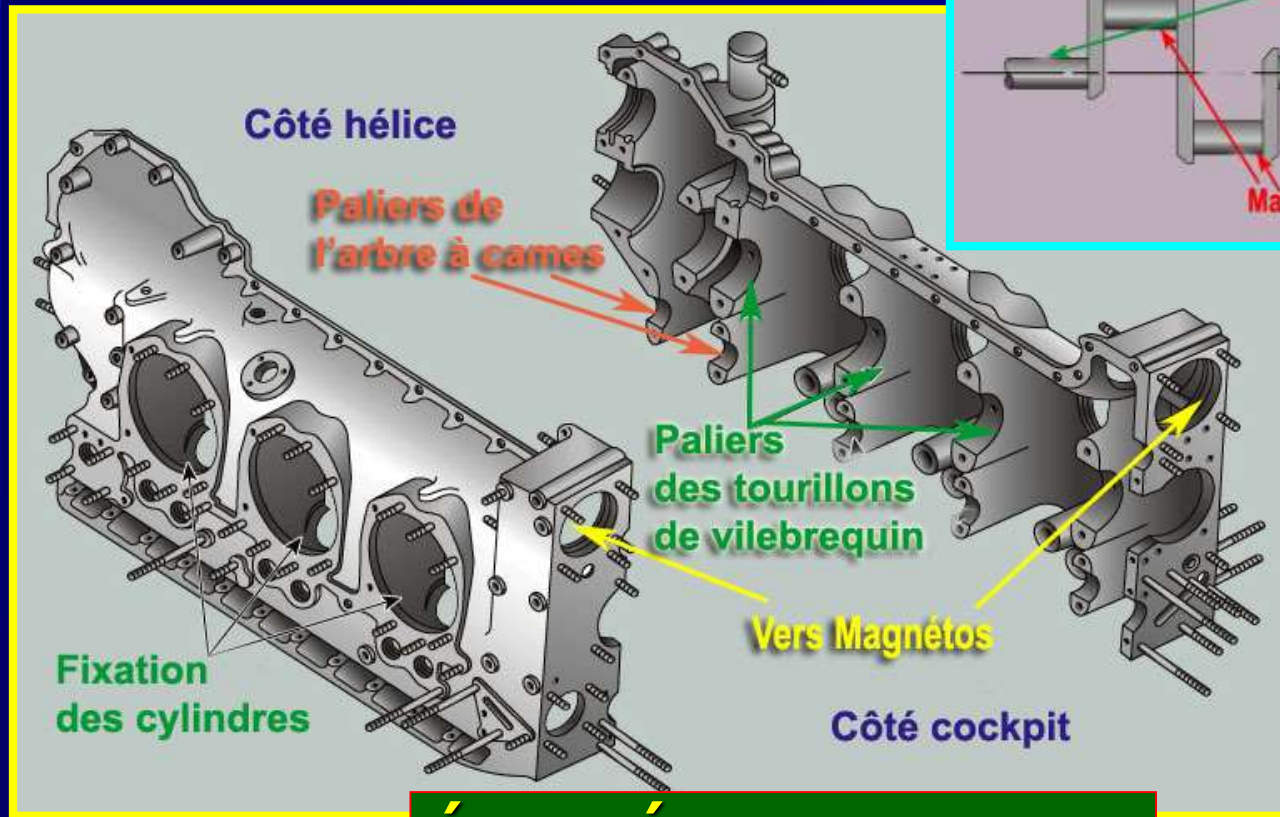


LES MOTEURS A PISTONS



DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS

CARTER : Support des organes du moteur (vilebrequin, arbre à cames, cylindres, ...).



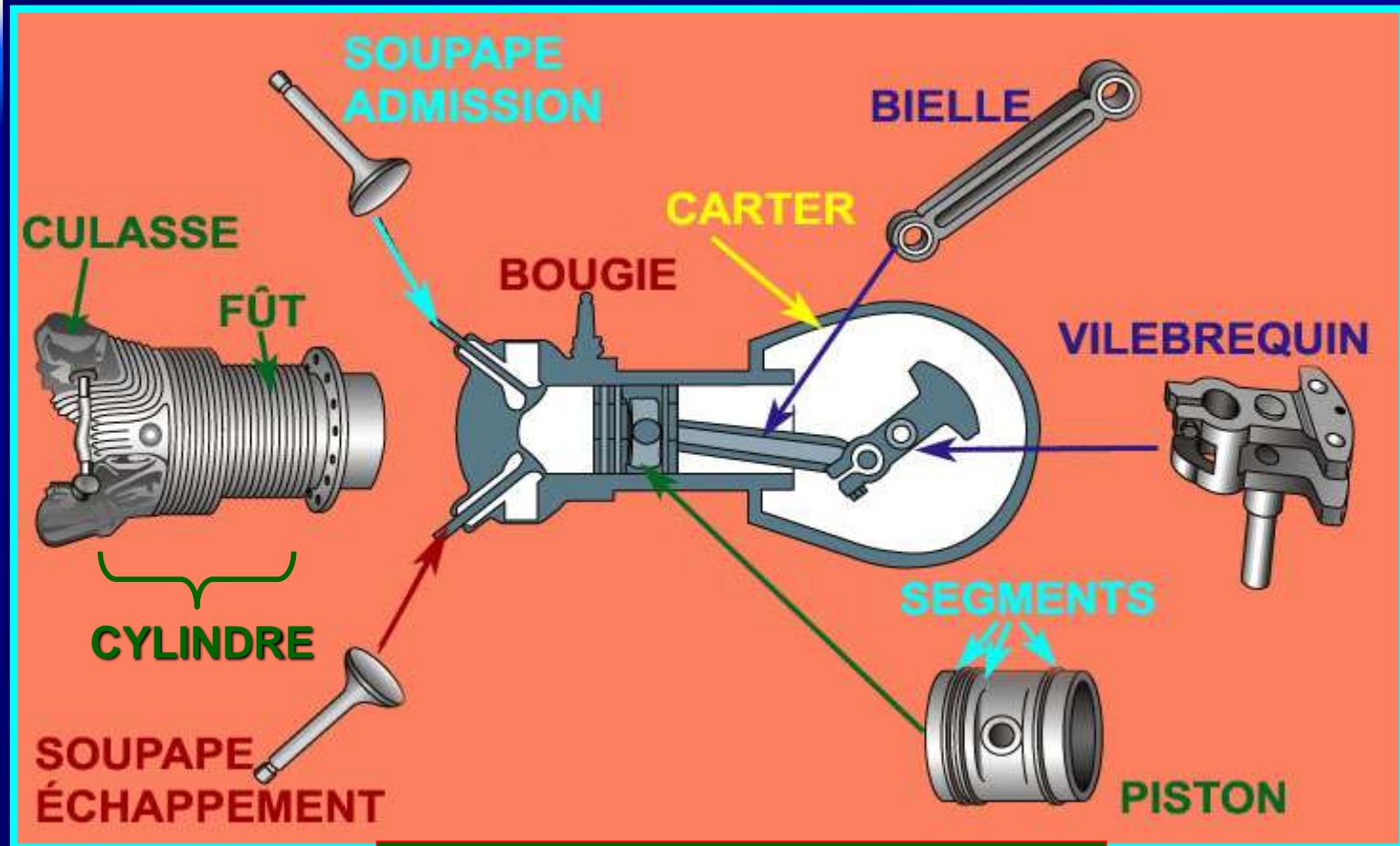
VILBREQUIN
Mis en rotation par les bielles, il entraîne l'hélice, la distribution et les magnétos.

ÉCLATÉ DES CARTERS

LES MOTEURS A PISTONS



DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS



COUPE D'UN CYLINDRE

LES MOTEURS A PISTONS



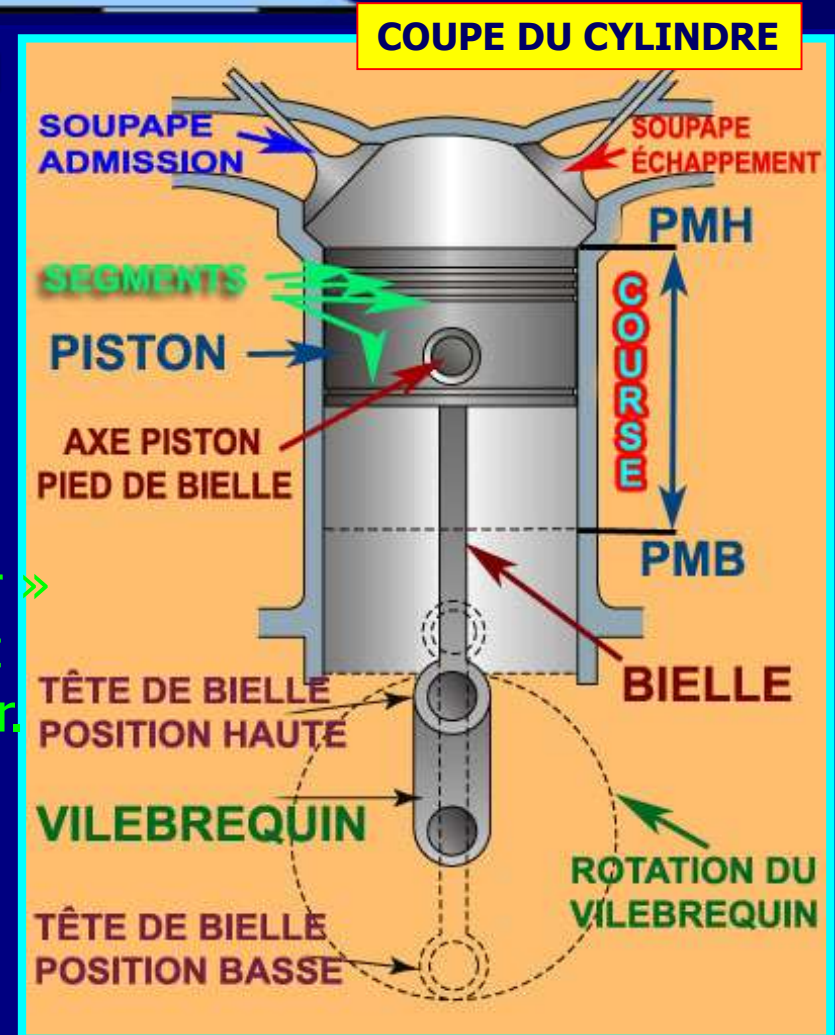
DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS

PISTON-BIELLE-VILEBREQUIN
le système de transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique.

Cylindrée du moteur :
Surface du cylindre X Course
et X par le nombre de cylindres.

Quatre segments dont un « racleur » assurent l'étanchéité piston - fût et améliorent le rendement du moteur.

L'ensemble fût et culasse, appelé Cylindre reçoivent des ailettes de refroidissement par air.



LES MOTEURS A PISTONS



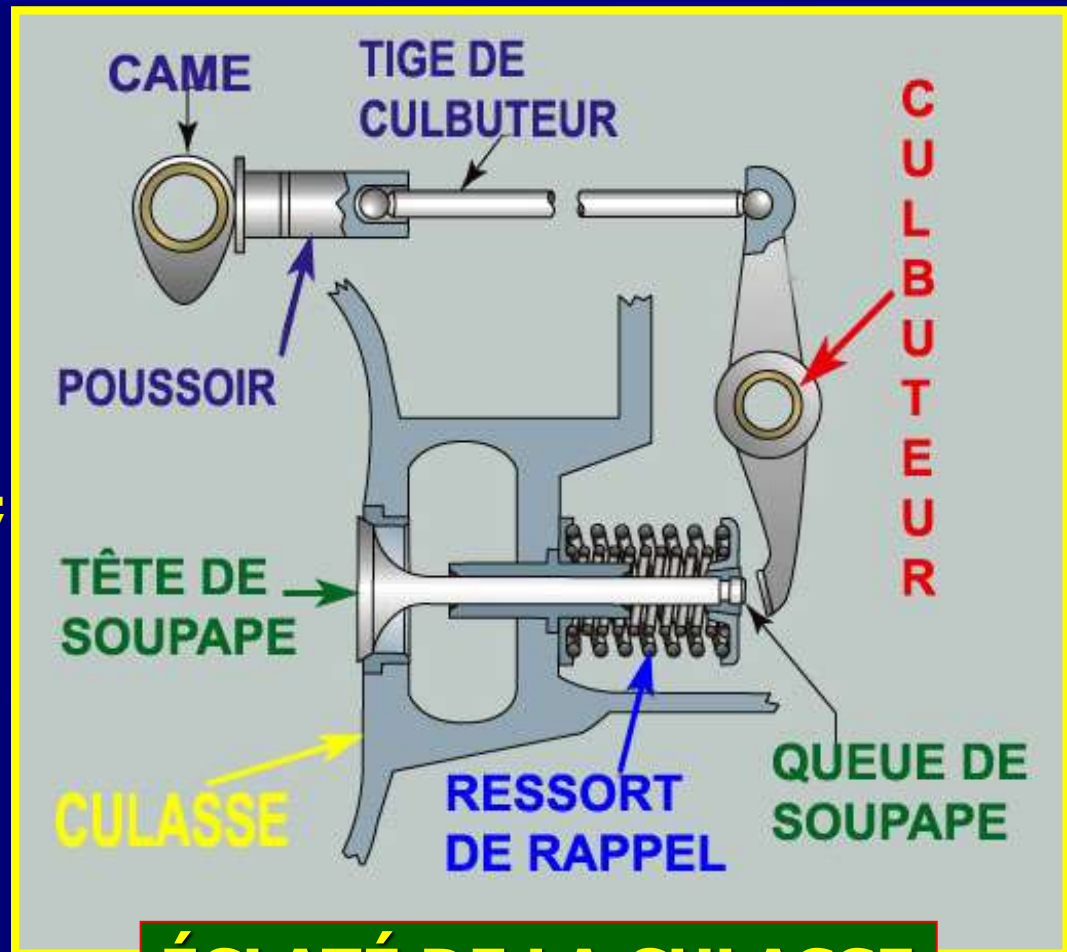
DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS

LA DISTRIBUTION

Ensemble des dispositifs chargés de l'ouverture et de la fermeture des soupapes à des instants précis.

- **ARBRE A CAMES ;**
- **POUSSOIRS ET TIGES ;**
- **CULBUTEURS ;**
- **SOUPAPES ;**
- **RESSORTS DE RAPPEL.**

Vitesse de rotation de l'arbre à cames = $\frac{1}{2}$ vitesse du vilebrequin (admission et échappement tous les 2 tours).



ÉCLATÉ DE LA CULASSE

LES MOTEURS A PISTONS



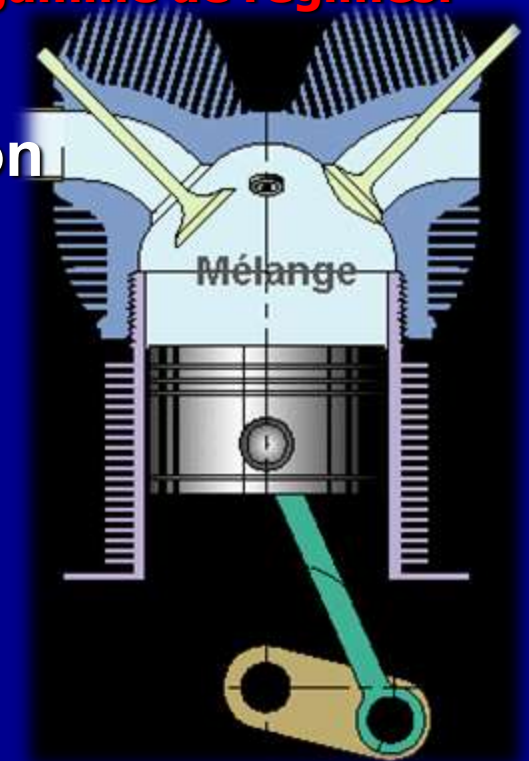
ALIMENTATION EN MÉLANGE AIR-ESSENCE

- Rôles :**
- **Choix du réglage de puissance du moteur ;**
 - **Réguler l'essence nécessaire au fonctionnement ;**
 - **Élaborer le mélange adapté à la puissance demandée ;**
 - **Alimenter les cylindres dans toute la gamme de régimes.**

Deux systèmes de gestion de l'alimentation en énergie sont utilisés.

Le mélange Air-Essence est créé :

- **En amont des cylindres**
C'est le moteur à carburateur
- **Au cœur des cylindres**
C'est le moteur à injection.



LES MOTEURS A PISTONS

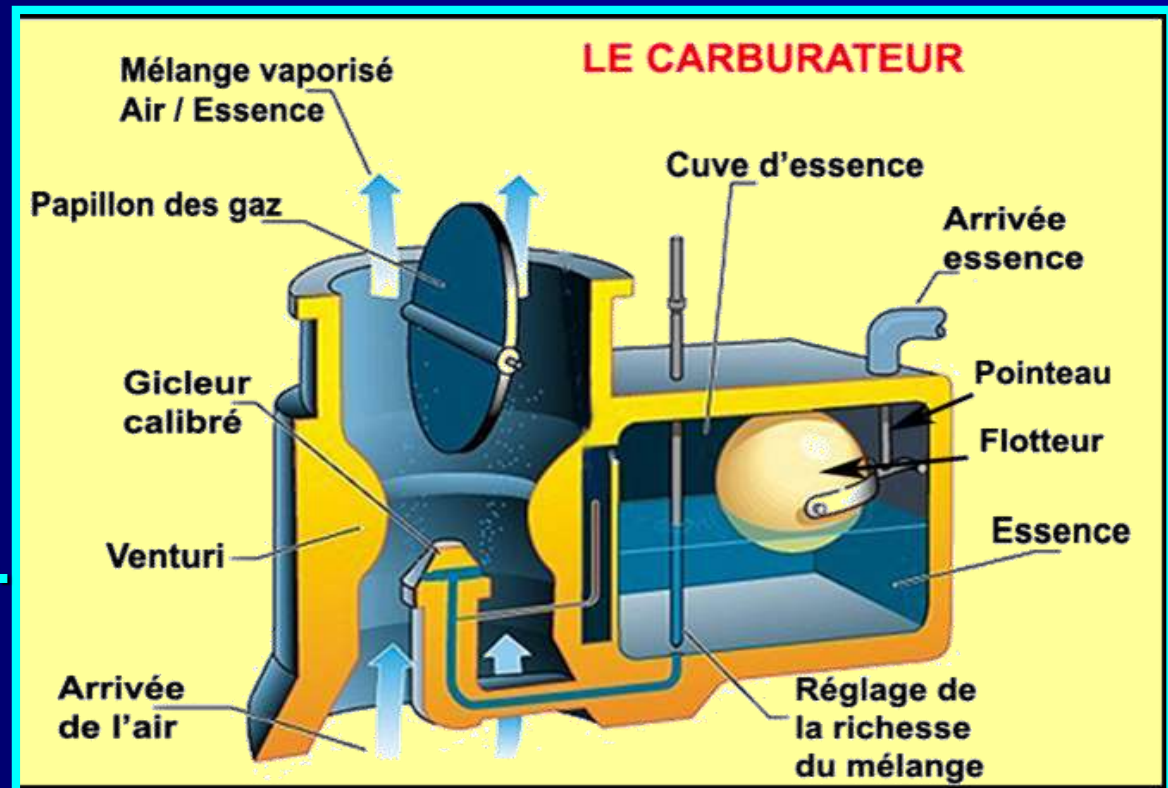


LA CARBURATION

- Rôles :**
- Régler la puissance du moteur suivant choix du pilote ;
 - Réguler l'essence nécessaire au fonctionnement ;
 - Élaborer le mélange adapté ;
 - Alimenter les cylindres dans toute la gamme de régimes.

FONCTIONNEMENT

- Arrivée d'air froid ou réchauffé.
- Arrivée essence dans cuve à niveau constant.
- Réglage de la richesse du mélange air/essence
- Aspiration par effet venturi et pulvérisation du mélange air/essence.
- Contrôle de la puissance choisie par papillon des gaz.

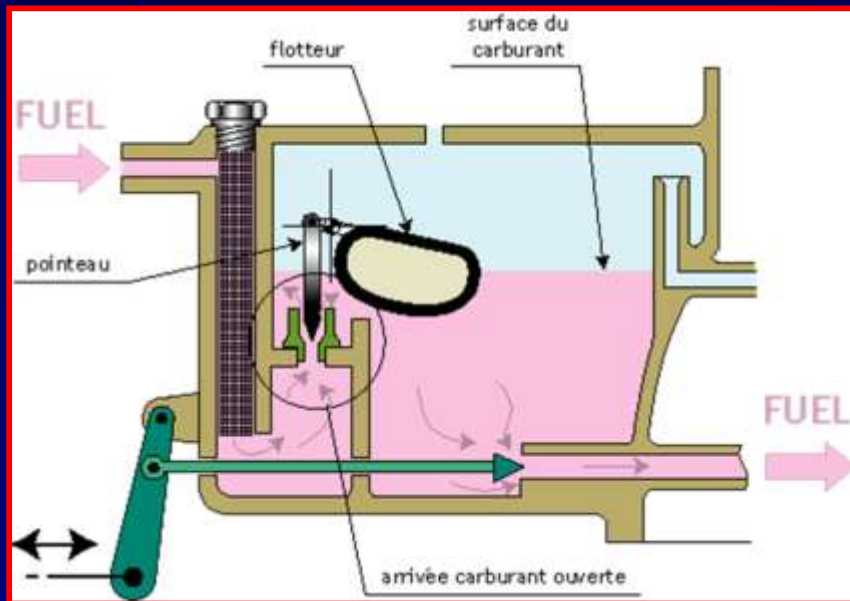


LES MOTEURS A PISTONS

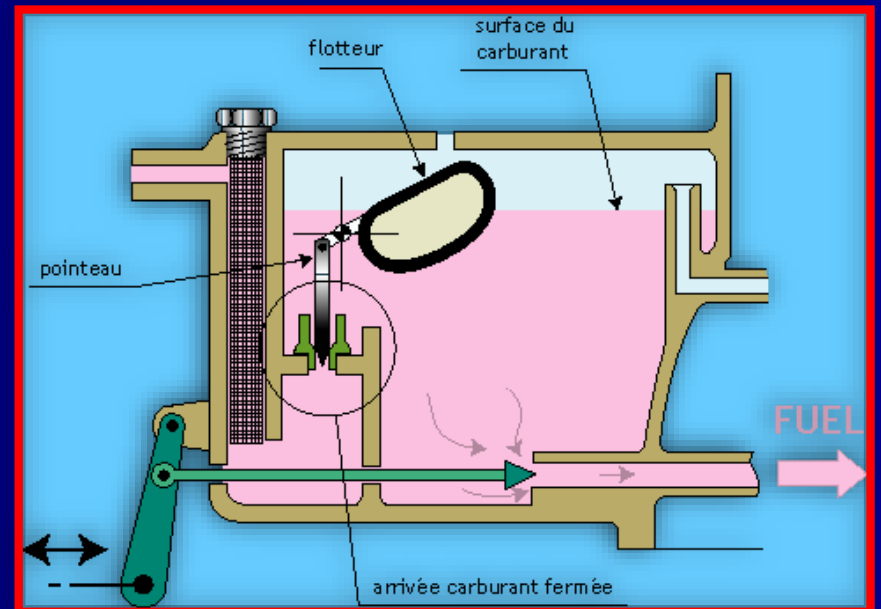


LA CARBURATION

SCHÉMA DE PRINCIPE DU MAINTIEN DE NIVEAU CONSTANT D'ESSENCE



**ESSENCE CONSOMMÉE
NIVEAU BAS FLOTTEUR DESCEND ET
TIRE LE POINTEAU QUI OUVRE
L'ARRIVÉE D'ESSENCE**



**NIVEAU D'ESSENCE HAUT
FLOTTEUR MONTE ET
POUSSE LE POINTEAU QUI BOUCHE
L'ARRIVÉE D'ESSENCE**

LES MOTEURS A PISTONS

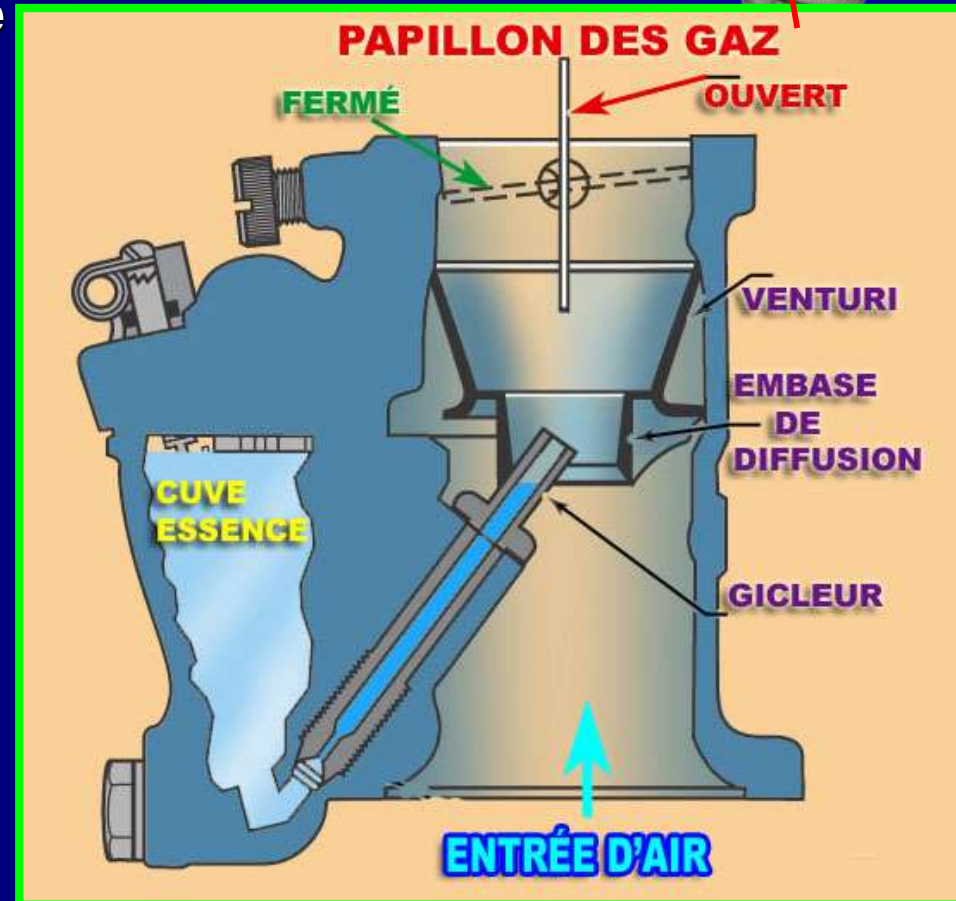
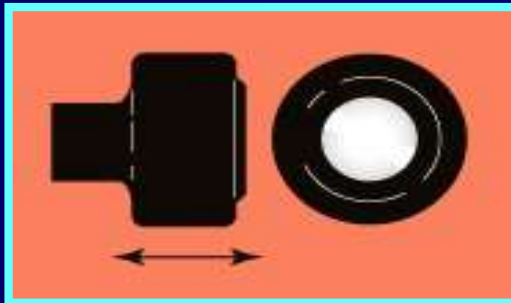


LA CARBURATION



La rotation du papillon des gaz, actionnée par la manette de puissance permet le réglage de la quantité de mélange ESSENCE / AIR fournie aux cylindres. Elle agit donc directement sur la puissance demandée au moteur.

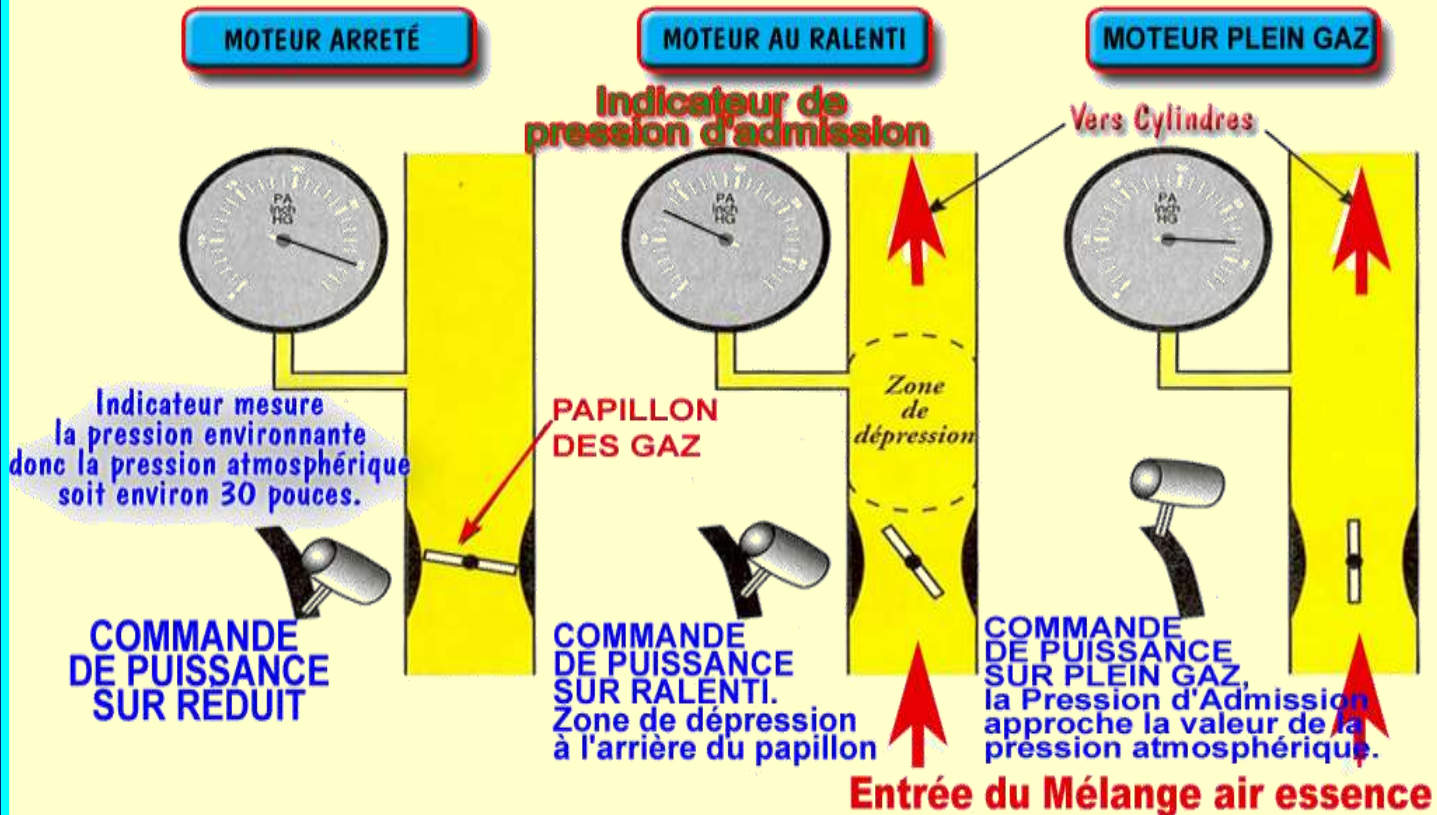
La couleur normalisée de cette commande est NOIRE



LES MOTEURS A PISTONS



LA CARBURATION

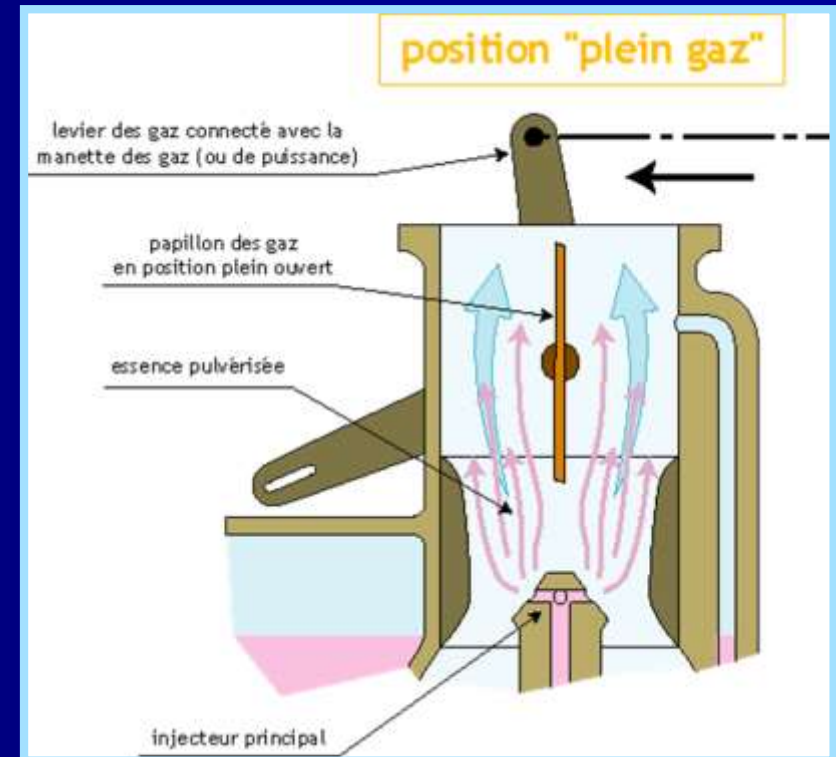
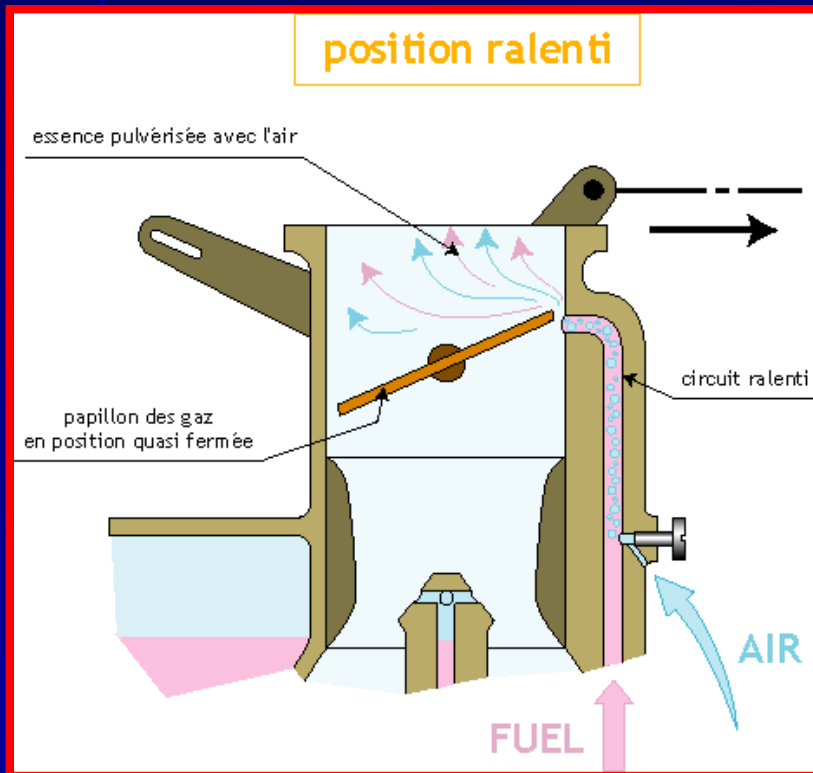


LES MOTEURS A PISTONS



LA CARBURATION

SCHÉMA DE PRINCIPE DU RALENTI (Manette des gaz tirée à gauche - Pleine puissance à droite)

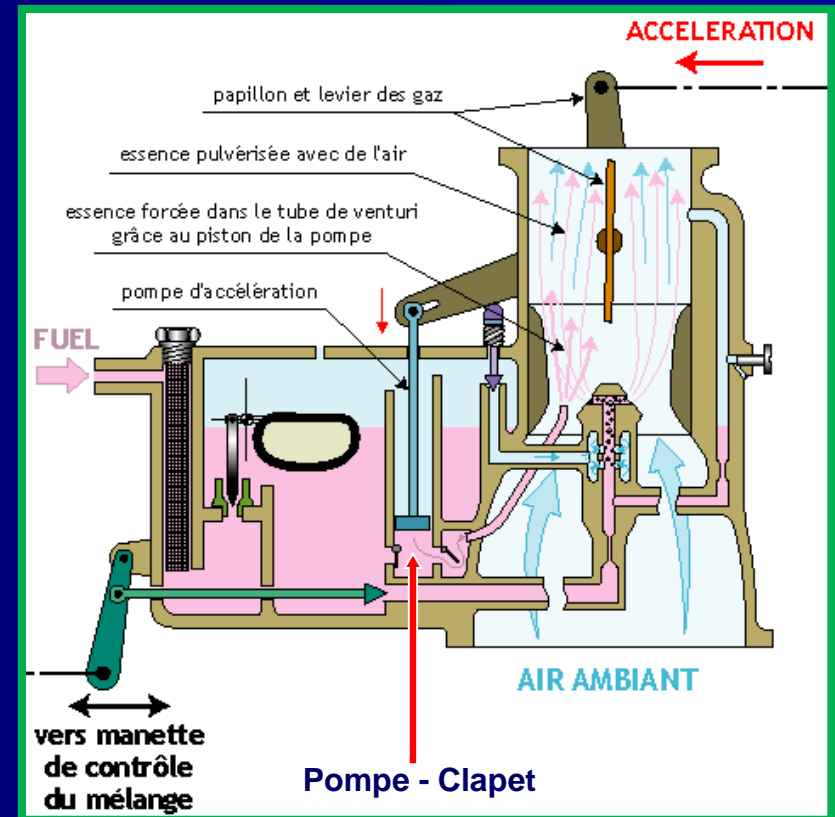
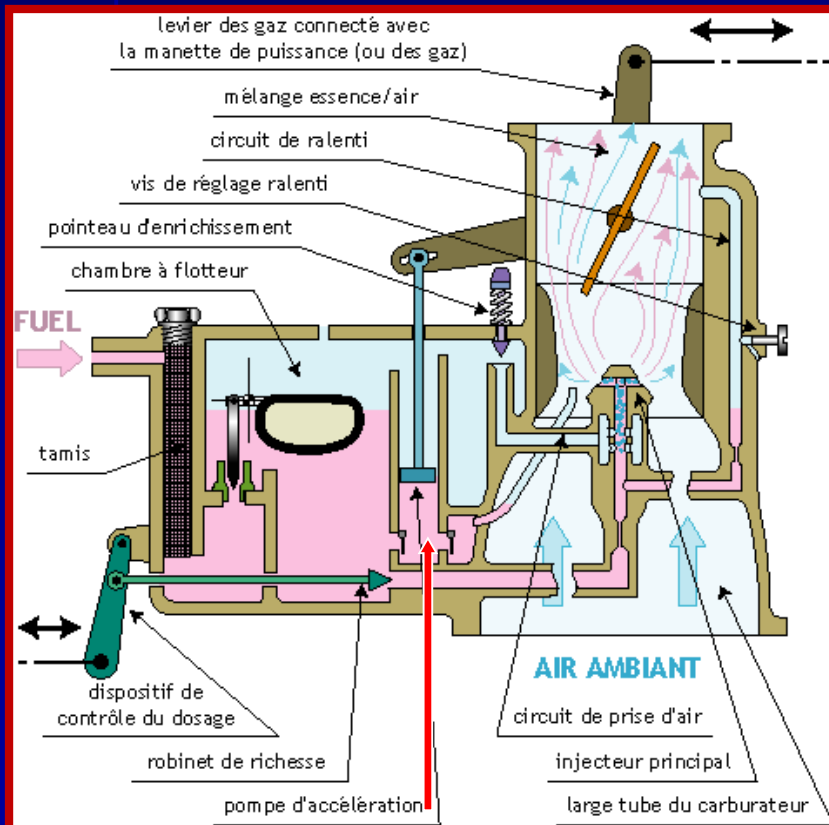


LES MOTEURS A PISTONS



LA CARBURATION

SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA POMPE DE REPRISE (Exemple au démarrage du moteur : cinq injections)



LES MOTEURS A PISTONS

Richesse du mélange

Quatre appellations pour une seule commande

- La richesse
- La mixture
- Le correcteur altimétrique
- L'étouffoir



NOTION DE RICHESSE DU MÉLANGE

- Rapport entre dosage réel et dosage théorique
- Pour 1/15, la richesse est de 1 (pour un mélange de 1 g d'essence pour 10 g d'air, la richesse est de : $1/10 / 1/15 = 1,5$.)

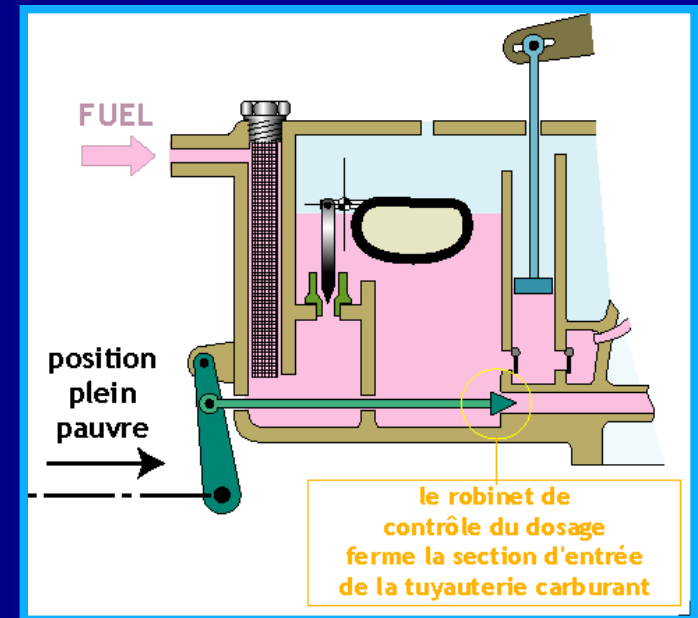
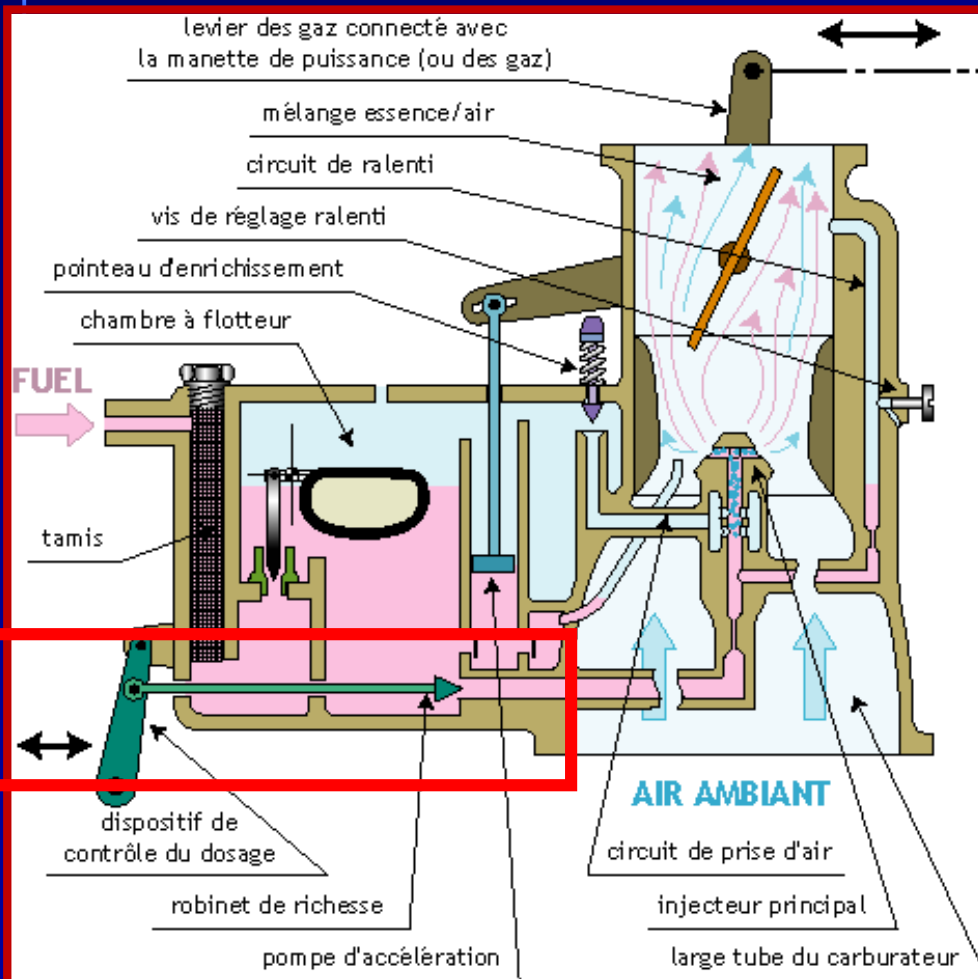
Types de correction de la richesse

- L'enrichissement relatif dû à la raréfaction de l'air en altitude est corrigé manuellement avec la commande de mélange sur les avions légers
- Cet appauvrissement s'effectue aussi de façon automatique ou autocontrôlée en fonction du régime et des variations de pression mesurées par des capsules barométriques.

LES MOTEURS A PISTONS

Commande de mélange

SCHÉMA DE PRINCIPE DU RÉGLAGE



Position ETOUFFOIR

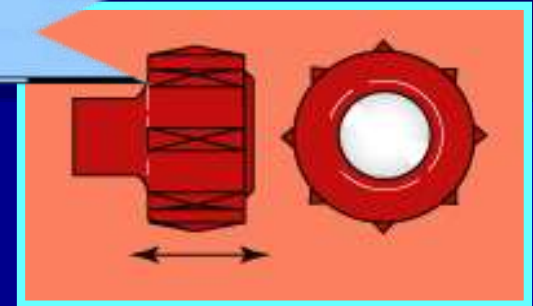
LES MOTEURS A PISTONS



LA CARBURATION

Commande de richesse (Mixture)

La mixture, de couleur rouge, a une forme dentelée et peut se visser (réglage fin) ou se déplacer d'avant en arrière en poussant un bouton central d'enclenchement (amorçage ou étouffoir).



Deux instruments de contrôle sont associés, l'un pour la consommation instantanée, l'autre pour mesurer la température des gaz d'échappement.

Le débitmètre ou Fuel Flow (partie droite de l'instrument) est considéré comme un pré-réglage (mesure le débit et non le mélange).

L'EGT (Exhaust Gaz Température) : réglage du mélange air/essence à toutes les altitudes par sa mesure fine de la température des gaz d'échappement.



LES MOTEURS A PISTONS

Caractéristiques des mélanges pauvres

ÉCONOMIQUES, utilisés en croisière, MAIS ...

RISQUES :

- Manque de puissance ;
- Mauvais rendement ;
- Échauffement du moteur ;
- Température cylindre forte (CHT, T° huile).
- Risque de détonations ;
- Auto-allumage par encrassement du moteur ;
- Retour mélange vers carburateur ;
- Difficultés de démarrage du moteur.



DANGER IMPORTANT EN DESSOUS

D'UNE CERTAINE VALEUR DE MÉLANGE.

LES MOTEURS A PISTONS

Caractéristiques des mélanges riches

- Manque de puissance ;
- Consommation excessive ;
- Température cylindre faible (CHT, T° huile)
- Encrassement des cylindres ;
- Recul des risques de détonation ;
- Risque d'explosion dans le pot d'échappement des gaz incomplètement brûlés ;
- Fumées noires à l'échappement.

UTILISATION RÉSERVÉE POUR :

- POINT FIXE,
- DÉCOLLAGE et
- MONTÉE.



LES MOTEURS A PISTONS

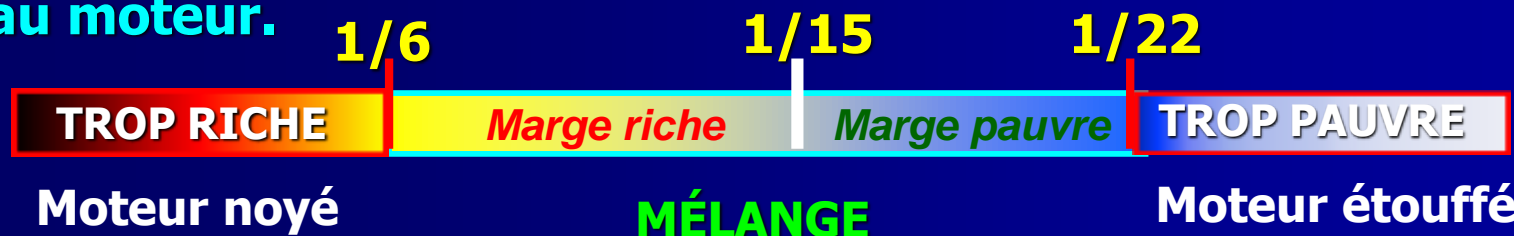
Limites de combustion du mélange

INFLAMMATION = MÉLANGE COMBURANT (air) + CARBURANT (essence)

Pour que cette inflammation génère une combustion contrôlée, et non une EXPLOSION, le mélange air/essence doit être calibré, homogène et constant, la vitesse de propagation de l'inflammation en dépend.

Une combustion correcte a une vitesse de propagation de l'inflammation de 8 à 35 m / s.

En cas de détonations dues à une augmentation de température interne excessive (380°) et un air sec et chaud extérieur, le mélange peut s'autoenflammer et occasionner des détériorations au moteur.



LES MOTEURS A PISTONS

Conditions optimum d'utilisation

MÉLANGE THÉORIQUE OPTIMUM AIR / ESSENCE

- 1 g d'essence pour 15 g d'air soit 7%.
 - Rapport pour lequel le mélange est chimiquement parfait.
 - correspond à la température maxi des gaz d'échappement,

MÉLANGE DE MEILLEURE PUISSANCE

- 1 g d'essence pour 12,5 g d'air soit 8%.
 - légère surconsommation, MAIS
 - plus d'énergie : abaissement de température de l'air admis par vaporisation de l'excédent de carburant.

MÉLANGE DE MEILLEURE ÉCONOMIE

- 1 g d'essence pour 18 g d'air soit 6%.
 - meilleur rapport puissance / dosage donc meilleur rendement
 - attention réglage plus délicat.

LIMITES DU MÉLANGE POUR COMBUSTION

de 1/22 soit 4,6% (pauvre) à 1/6 soit 17% (riche).

LE TABLEAU DE BORD

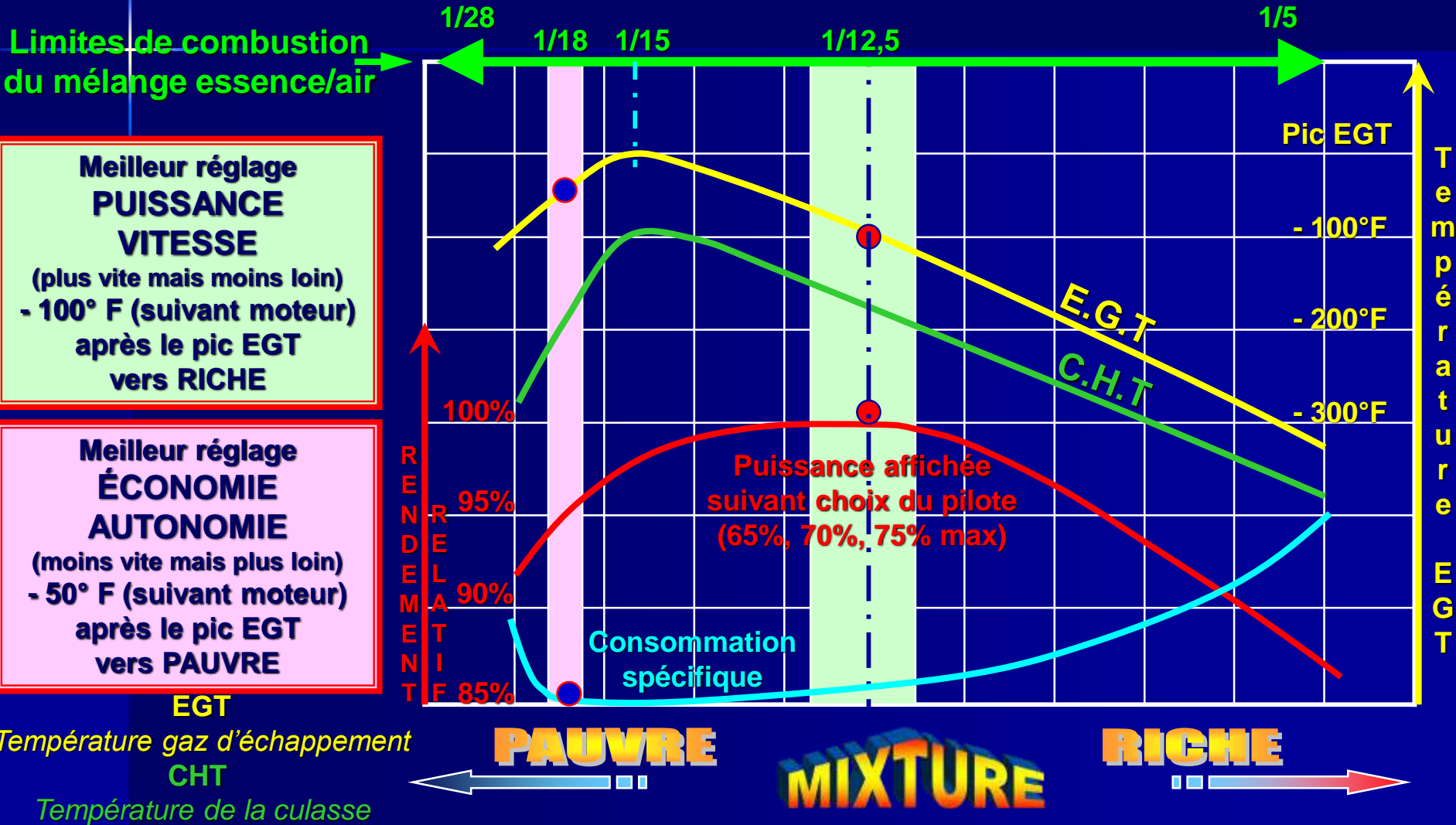
Instruments moteur



COMPTE TOURS
(ATTENTION : Il n'indique qu'un nombre de tours par mn et non la puissance du moteur dépendant de l'altitude et du type de croisière choisi : rapide, économique ou autonomie max, ...).

LES MOTEURS A PISTONS

PUISSANCE ET RÉGLAGES TYPE EN CROISIERE



LES MOTEURS A PISTONS

PROCÉDURE DE RÉGLAGE DE L'E.G.T.

Le dosage Essence / Air est primordial pour le bon fonctionnement, la fiabilité et la longévité du moteur.

La relation liant la Puissance du moteur et la Température des gaz d'échappement permet de régler précisément le mélange Essence / Air.

Croisière Plein riche

Température du moteur et des gaz d'échappement trop froide.



Recherche Pic E.G.T.

Appauvrir lentement avec mixture la température augmente jusqu'à un max jusqu'à la perte de 4 déviations (-100°)
Positionner l'aiguille de référence.



Réglage optimum E.G.T.

Enrichir lentement avec la mixture à - 100°F sous pic
Réglage Puissance-Vitesse.



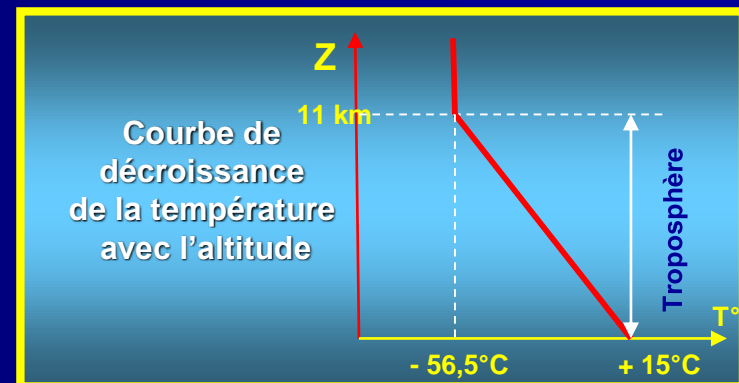
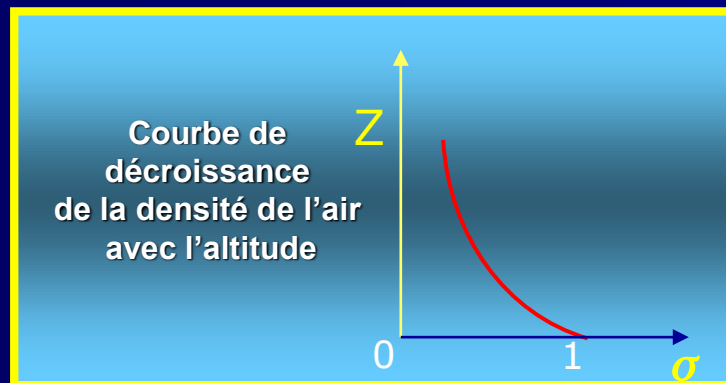
LES MOTEURS A PISTONS

PUISSANCE ET RÉGLAGES TYPE EN CROISIERE

Pour chaque moteur, le motoriste fournit les éléments de conduite du moteur issus de réglages et de mesures effectués au **NIVEAU DE LA MER ET EN ATMOSPHERE STANDARD.**

Dans la pratique, ces deux références deviennent des variables :

- La pression décroît avec l'altitude, donc le mélange s'enrichit tout au long de la montée.
- La pression et la température diffèrent généralement du standard :
 - pression plus basse, - puissance diminuée ;
 - température plus basse, - puissance augmentée ;
 - degré hygrométrique plus fort, - puissance diminuée.



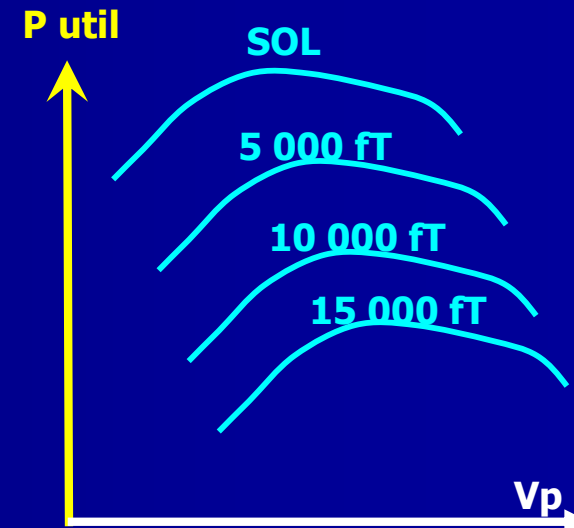
LES MOTEURS A PISTONS

PRESSION ATMOSPHERIQUE ET ALTITUDE

(PUISSANCE PLEIN GAZ SUR MOTEUR ATMOSPHERIQUE)

ALTITUDE (en Feet)	PRESSION ADM (Pouces de Mercure)	% de puissance nominale
10000	18,7	70,8
9000	20,2	73,5
8000	21,0	76,2
7000	21,9	78,9
6000	22,8	81,7
5000	23,7	84,6
4000	24,6	87,5
3000	25,6	90,5
2000	26,6	93,6
1000	27,7	96,8
Niveau de la mer	28,7	100,0

Diminution de pression avec l'altitude entraîne diminution de puissance du moteur



Puissance délivrée est fonction aussi de la vitesse.

LES MOTEURS A PISTONS

PUISSANCE ET RÉGLAGES TYPE EN CROISIERE

Pour une meilleure fiabilité, l'avionneur recommande d'utiliser le moteur entre 55 et 75% de la puissance max.

Pratiquement, les voyages s'effectuent suivant les réglages du type

- Croisière économique correspondant à 65% ou
- Croisière rapide se rapportant à 75% de la puissance max.

Naturellement les deux facteurs décisifs du choix sont la consommation et donc l'autonomie pour l'un (65%) et la vitesse donc le temps de vol pour l'autre (75%).

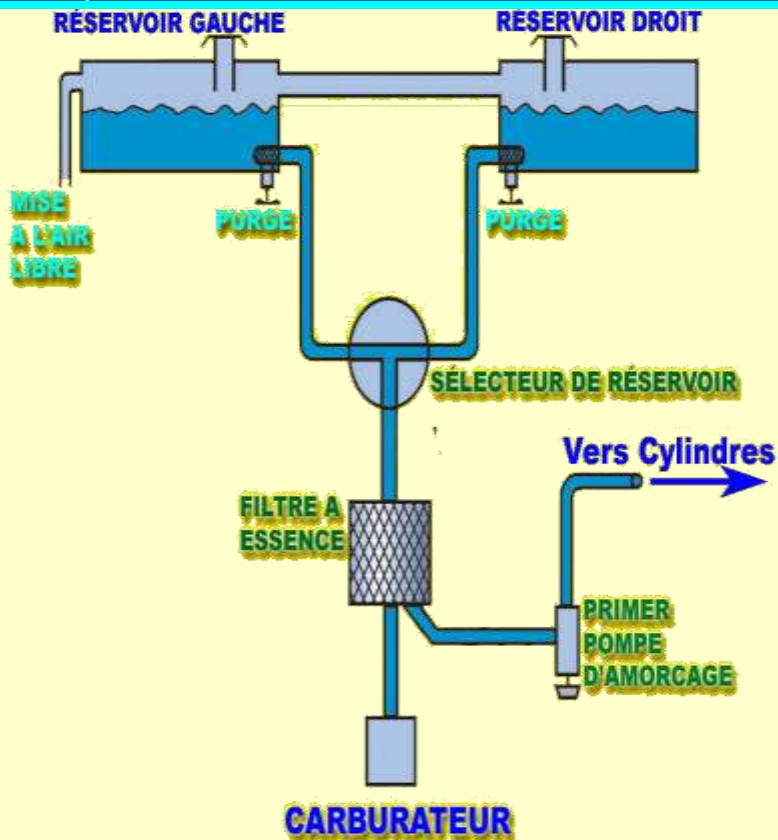


Moteur 200 Cv – 242 litres – Même niveau FL 75 – Même réglage mixture (-100°F)

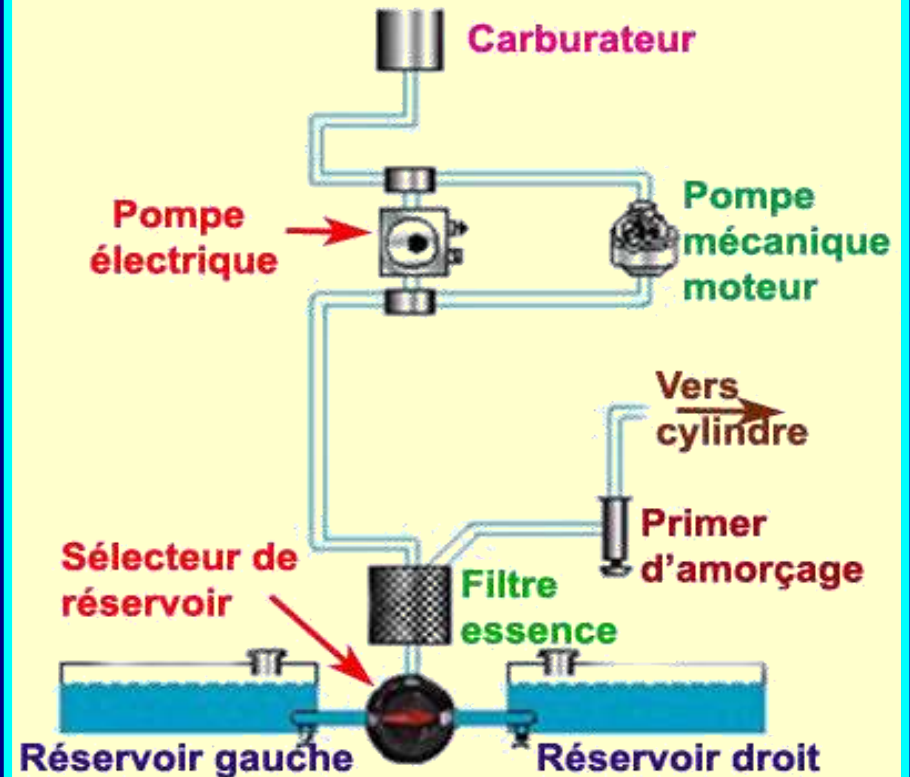
LES MOTEURS A PISTONS



ALIMENTATION EN CARBURANT



ALIMENTATION EN CARBURANT AVION AILES HAUTES



ALIMENTATION EN CARBURANT AVION AILE BASSE

SCHÉMA DES CIRCUITS D'ESSENCE

LES MOTEURS A PISTONS



ALIMENTATION EN CARBURANT

**SÉLECTEUR
DE
RÉSERVOIR**



**PURGE
D'AILE**

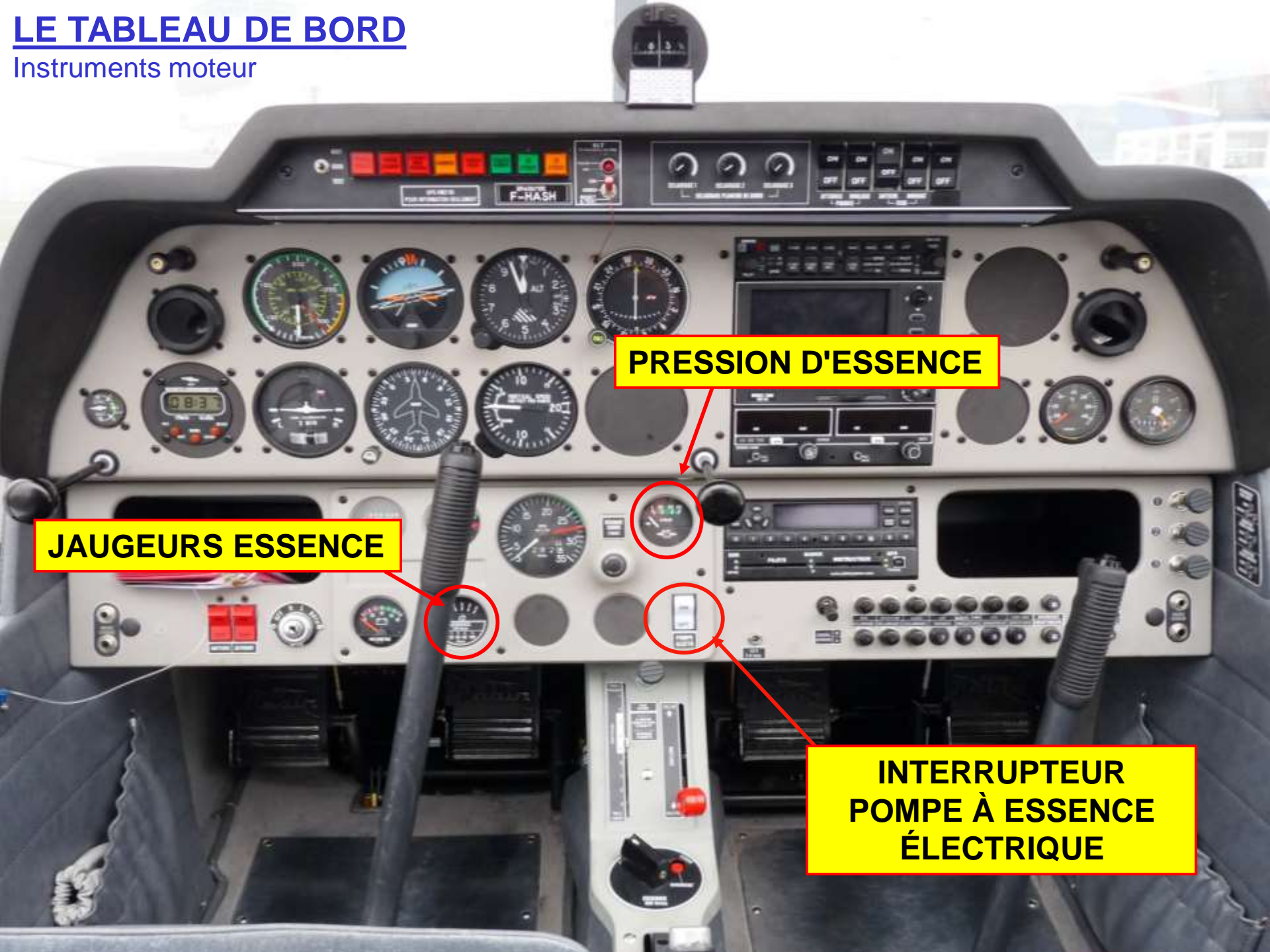


**PURGE
PRINCIPALE
ET FILTRE**



LE TABLEAU DE BORD

Instruments moteur



JAUGEURS ESSENCE

PRESSION D'ESSENCE

**INTERRUPTEUR
POMPE À ESSENCE
ÉLECTRIQUE**

LES MOTEURS A PISTONS



ALIMENTATION EN CARBURANT

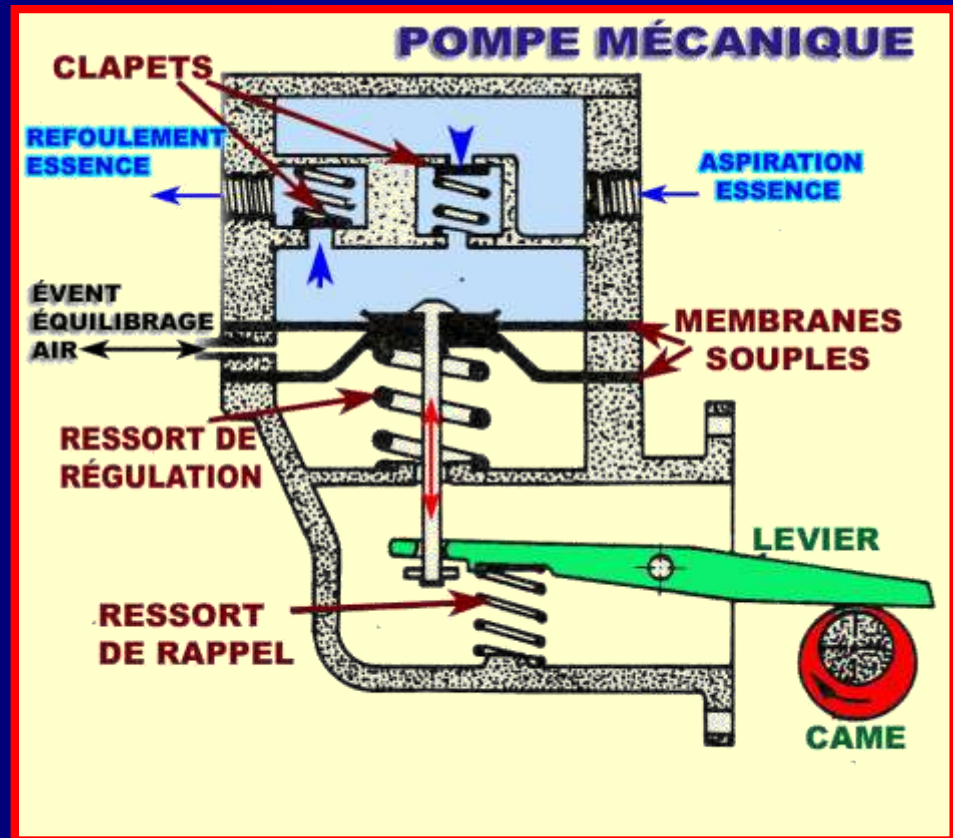
□ PAR POMPE MÉCANIQUE

entraîné mécaniquement par action d'une came sur un levier d'amorçage dès que le moteur tourne.

Pompe à membrane, autorégulatrice, chargée d'alimenter sous pression constante le système de carburation.

Simple et fiables, les seuls défauts se concentrent sur :

- une rupture de l'arbre d'entraînement donc arrêt de la came ;
- une défectuosité de la membrane.



LES MOTEURS A PISTONS



ALIMENTATION EN CARBURANT

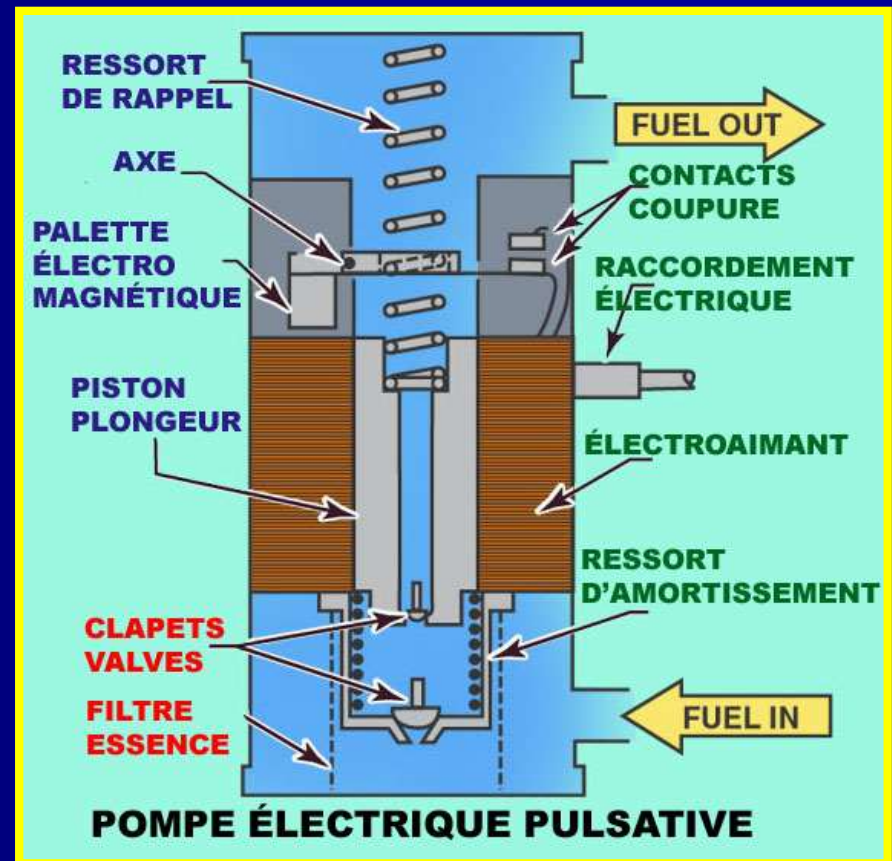
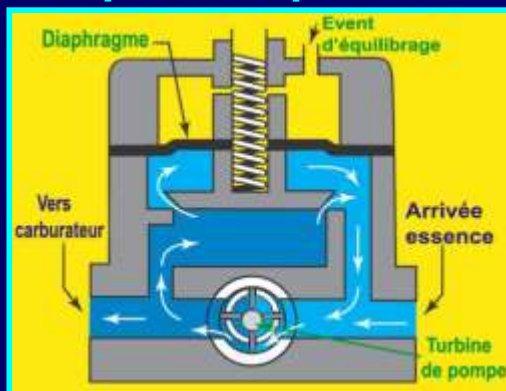
□ PAR POMPE ÉLECTRIQUE

entraîné par moteur électrique indépendant du moteur de l'avion.

UTILISATION :

- au démarrage,
- en cas de défaillance,
- en sécurité (doublage de la pompe mécanique, augmentation de pression, réduction des bulles d'air).

Pompe électrique rotative



LES MOTEURS A PISTONS



ALIMENTATION EN CARBURANT



□ PAR GRAVITÉ (avions à ailes hautes)

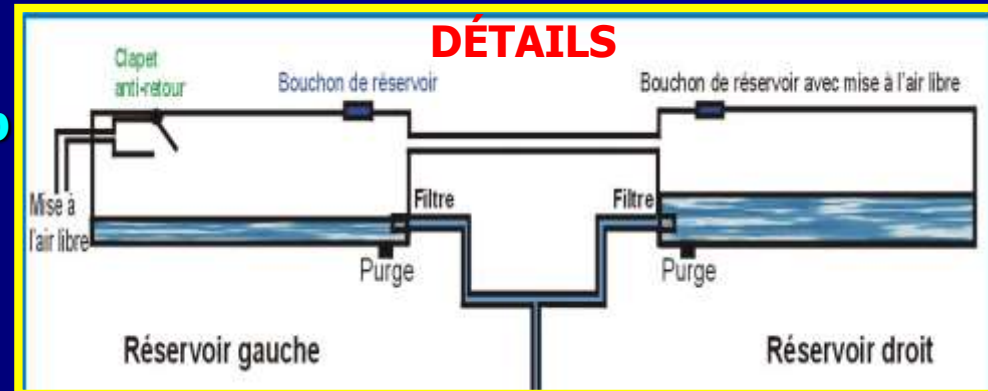
La simple gravité suffit à l'alimentation en essence du carburateur sur beaucoup d'avions légers (Cessna, ...), tant pour le démarrage que pour le fonctionnement du moteur.

PRÉCAUTIONS.

- mise à l'air libre ;
- bouchon de réservoir ;
- filtres propres et
- purges au hangar avant vol.

et naturellement :

- fonds de réservoir ;
- notamment en descente prolongée à faible taux.



LES MOTEURS A PISTONS

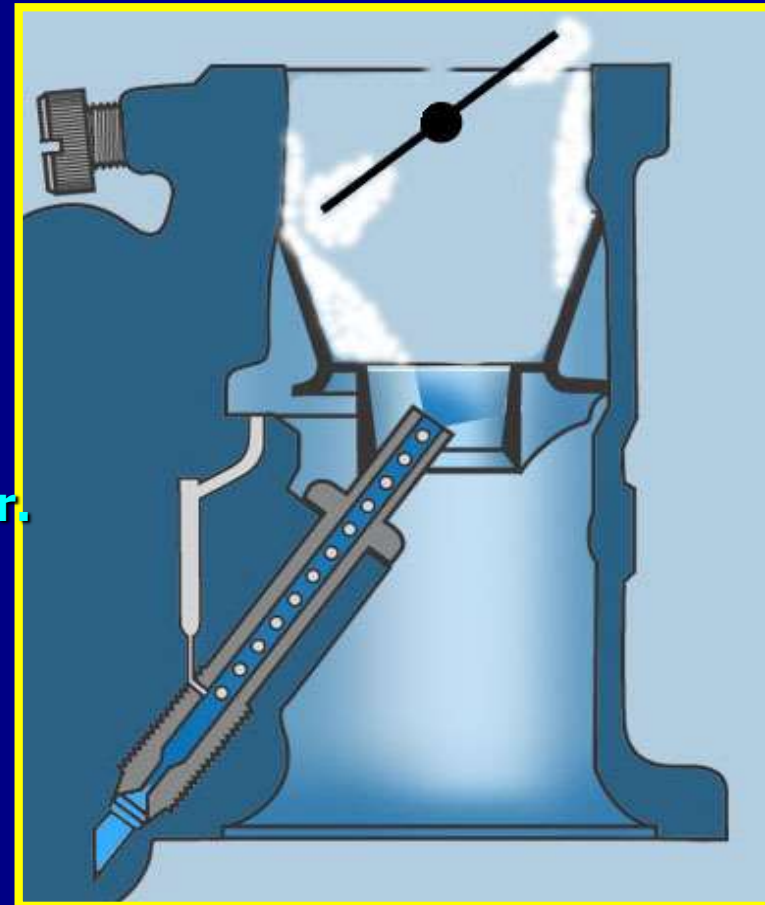


RÉCHAUFFAGE CARBURATEUR

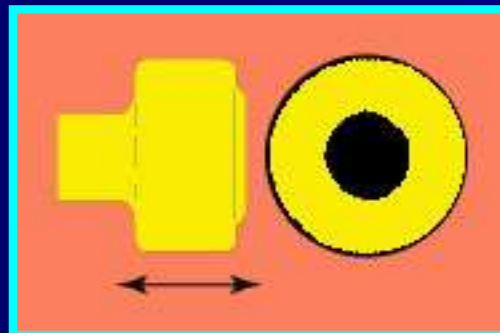
Refroidissement important (20 à 25° C) du mélange Essence / Air dû :

- Vaporisation d'un gaz volatile ;
- Accélération des gaz par effet Venturi ;
- Accélération accentuée des gaz par fermeture du papillon des gaz ;
- Humidité relative de l'air.

Formation et développement de givre sur papillon et parois du carburateur jusqu'à occlusion et donc arrêt moteur.



Commande de réchauffage de couleur normalisée JAUNE (ou GRISE).



LES MOTEURS A PISTONS



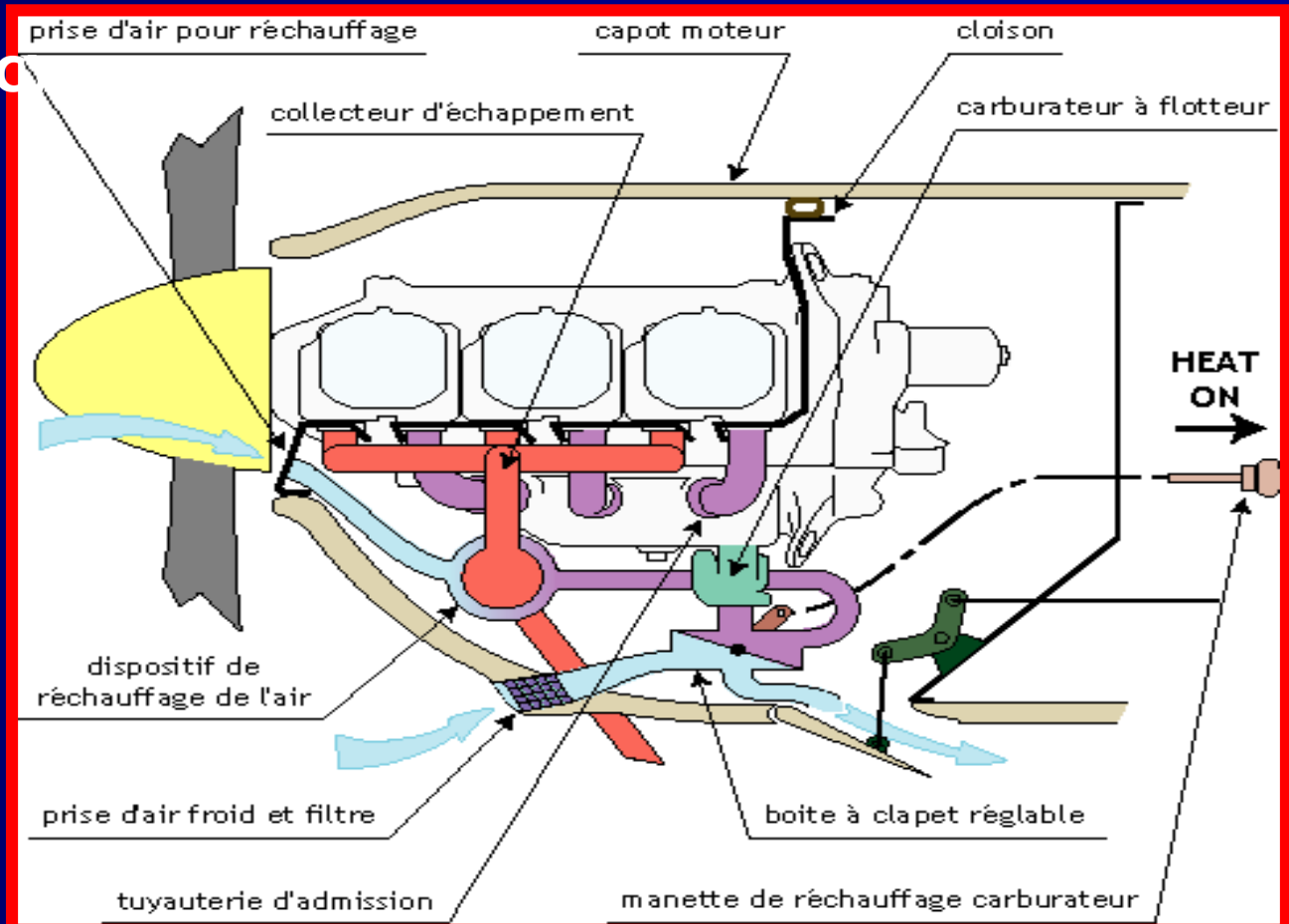
RÉCHAUFFAGE CARBURATEUR

SOLUTION : Utiliser la chaleur du mélange après explosion (850°C) qui est expulsé via le pot d'échappement et donc le réchauffe.

Réaliser un manchon autour de pot, et réchauffer l'air du vent relatif par conduction avec le pot.

Orienter cet air chaud vers le carburateur.

SCHÉMA DE PRINCIPE



LES MOTEURS A PISTONS

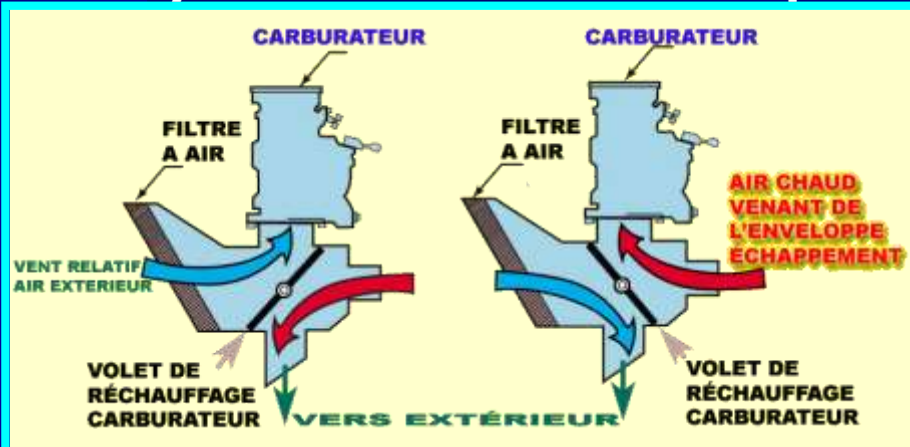
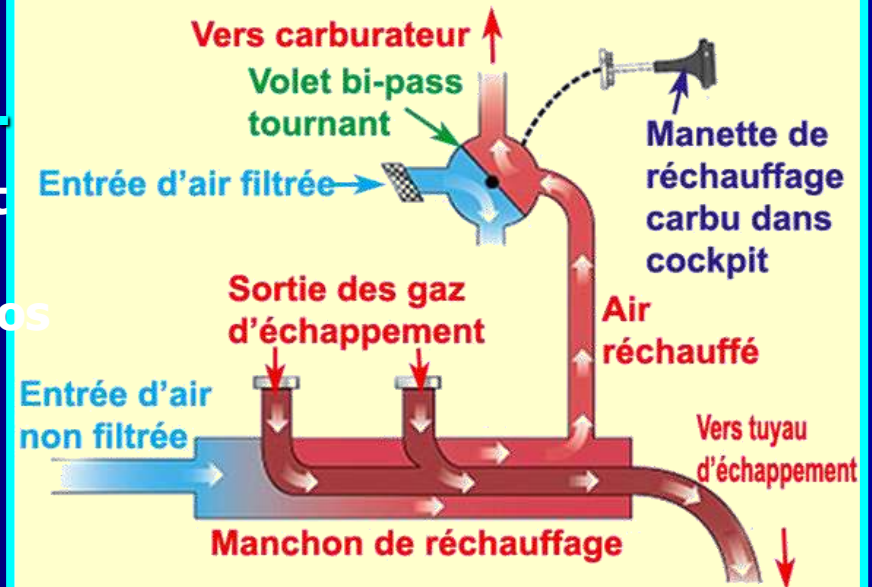


RÉCHAUFFAGE CARBURATEUR

RÉALISATION : Envelopper le pot d'échappement afin de chauffer par conduction l'air extérieur et l'orienter par un volet bi-pass vers le carburateur.

PRÉCAUTION : Si le pot d'échappement a une fissure suite à une explosion interne (ex : essai coupure des magnétos avec puissance), risque d'introduire de l'oxyde de carbone dans cockpit.

PRINCIPE DU RÉCHAUFFAGE CARBURATEUR



LES MOTEURS A PISTONS



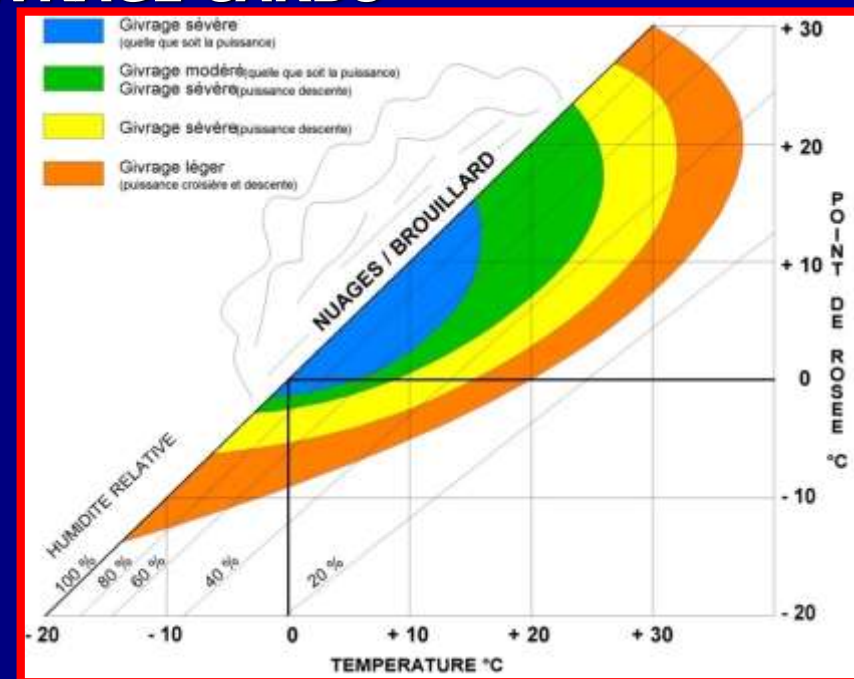
RÉCHAUFFAGE CARBURATEUR

CONDITIONS PROPICES AU GIVRAGE CARBU

- ❑ Atmosphère humide ;
- ❑ Purges mal faites donc présence d'eau dans l'essence ;
- ❑ Température externe de + 25° à - 5 ° C et proche de celle du point de rosée ;
- ❑ Réduction de puissance ;
- ❑ Descente prolongée avec moteur réduit.

DÉTECTION - TRAITEMENT

- Baisse progressive du régime moteur. Tirer le réchauffage carbu.
- Attendre 30 secondes à une minute puis la repousser.
- Si augmentation du régime par rapport au régime initial, **LE GIVRAGE ÉTAIT PRÉSENT**, donc usage préventif du réchauffage recommandé de temps en temps et surveillance accrue du régime.



LES MOTEURS A PISTONS



RÉCHAUFFAGE CARBURATEUR

PARTICULARITÉS DE L'USAGE DU RÉCHAUFFAGE CARBU

- ❑ **UNIQUEMENT PAR TOUT OU RIEN ;**
- ❑ **PRIVILÉGIER LE PRÉVENTIF AU CURATIF ;**
- ❑ **BAISSE DE PUISSANCE NORMALE A L'UTILISATION**
(densité de l'air plus faible, enrichissement du mélange, ...) ;
- ❑ **AGGRAVATION POSSIBLE MOMENTANÉE SI GIVRAGE**
(fonte du givre, envoi de l'eau fondue dans les cylindre, ratées, ...) ;
- ❑ **POSSIBILITÉ DE DÉTONATIONS AVEC PLEIN GAZ**
(mélange trop riche, perte de puissance de l'ordre de 15%) ;
- ❑ **GIVRAGE IMPROBABLE A PLEIN GAZ**
(tous les décollages et montées avec réchauffage carbu fermé) ;
- ❑ **NE PAS UTILISER LE RÉCHAUFFAGE CARBURATEUR AU SOL**
(air non filtré donc risque d'ingestion d'impuretés dans le carbu).

LES MOTEURS A PISTONS

PARTICULARITÉS DU MOTEUR A CARBURATEUR

De nombreux inconvénients dus à sa conception identifiés :

- Alimentation en mélange carburé et répartition par cylindre inégaux ;
- Quantité d'essence injectée en fonction des différences de puissance peu précise ;
- Risques de givrage importants dus au passage du mélange air/essence dans le papillon du carburateur.



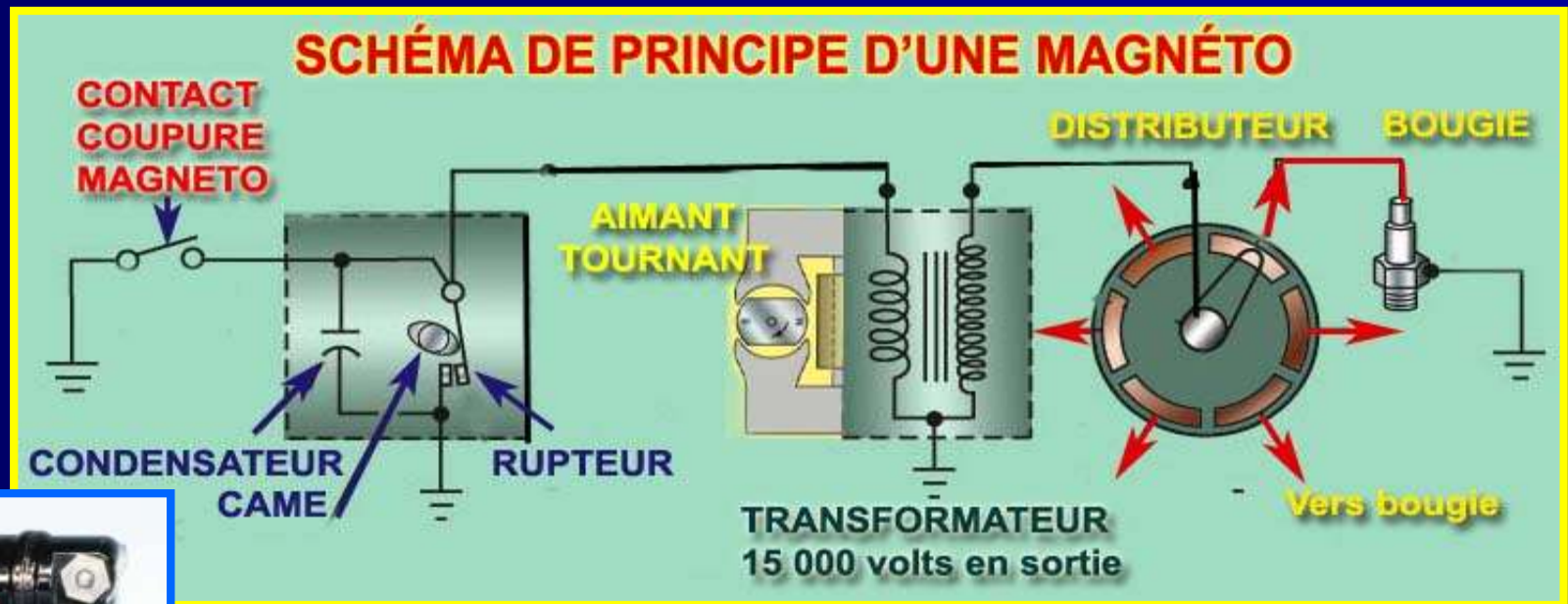
**TOUTES CES IMPERFECTIONS ONT MOTIVÉ
LA RECHERCHE DE SOLUTIONS TECHNIQUES APPLIQUÉES
DANS LE MOTEUR A INJECTION**

LES MOTEURS A PISTONS



LES ÉLÉMENTS DE L'ALLUMAGE

Rôle : Assurer l'inflammation du mélange dans le cylindre par fourniture d'une étincelle (arc électrique de 15 000 volts) à un moment déterminé.

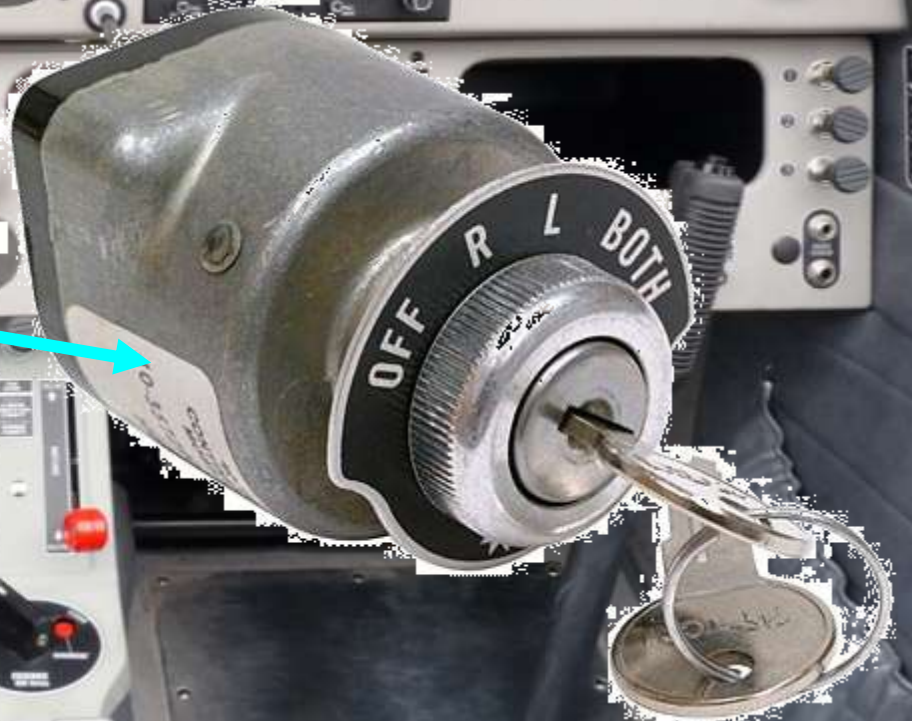


FONCTIONNEMENT MAGNÉTO : totalement indépendant de la batterie et de l'installation électrique de bord.

LE TABLEAU DE BORD

Instruments moteur

SÉLECTEUR D'ALLUMAGE



LES MOTEURS A PISTONS



LES ÉLÉMENTS DE L'ALLUMAGE

Deux magnétos fonctionnant simultanément et indépendamment ;

Deux rampes d'allumage comprenant un faisceau de fils blindés chargés d'amener l'électricité haute tension aux bougies ;

Deux bougies par cylindre fonctionnant simultanément, indépendamment et reliées chacune à une magnéto différente.

Un sélecteur de commande et d'arrêt des magnétos.



LES MOTEURS A PISTONS

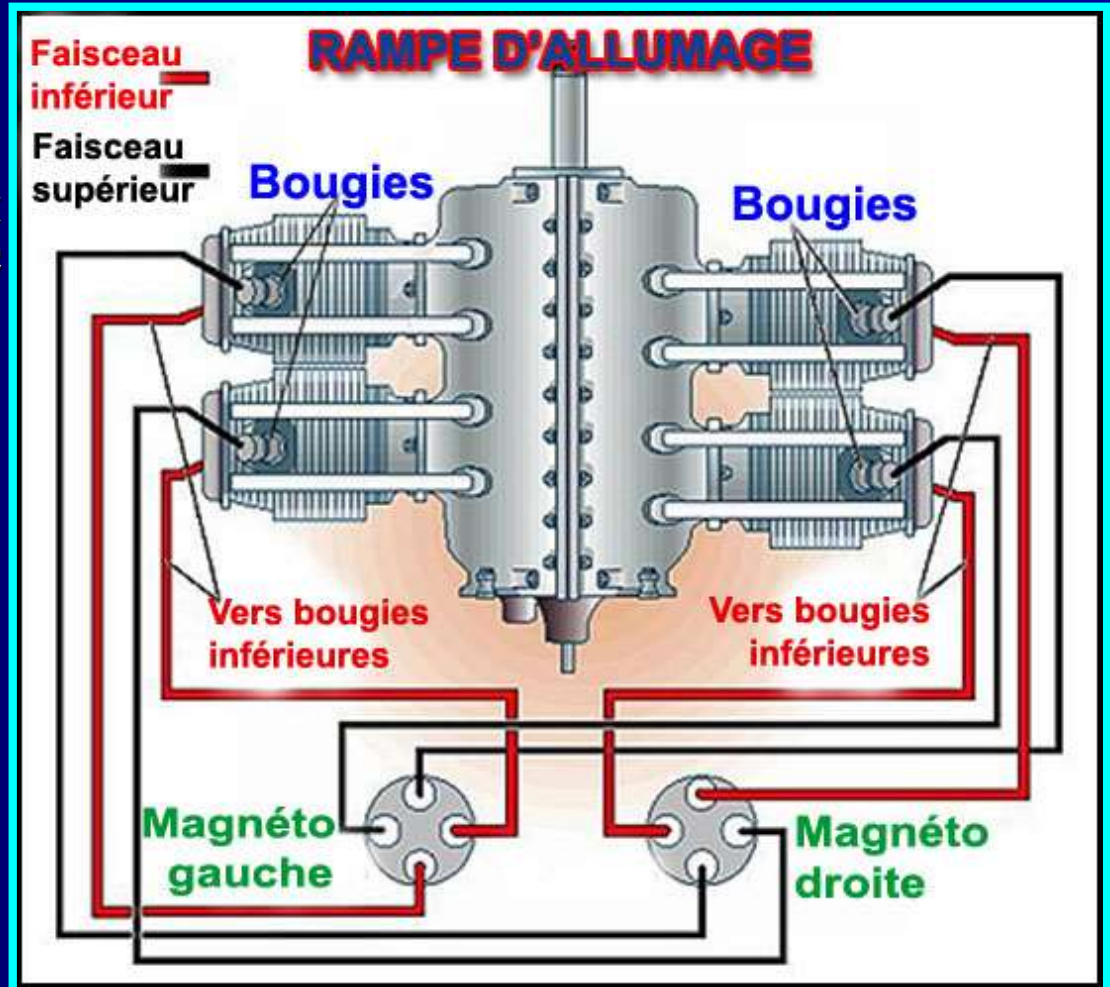
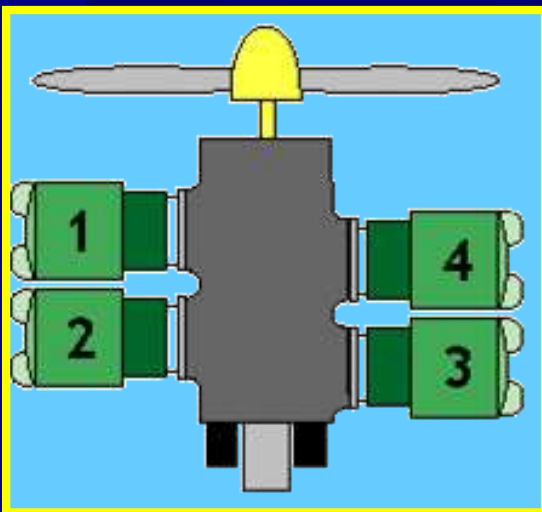


LES ÉLÉMENTS DE L'ALLUMAGE

LIMITATION DES DÉFAILLANCES

- Deux magnétos ;
- Deux bougies par cylindre
- Deux circuits supérieurs et deux circuits inférieurs par magnéto ;

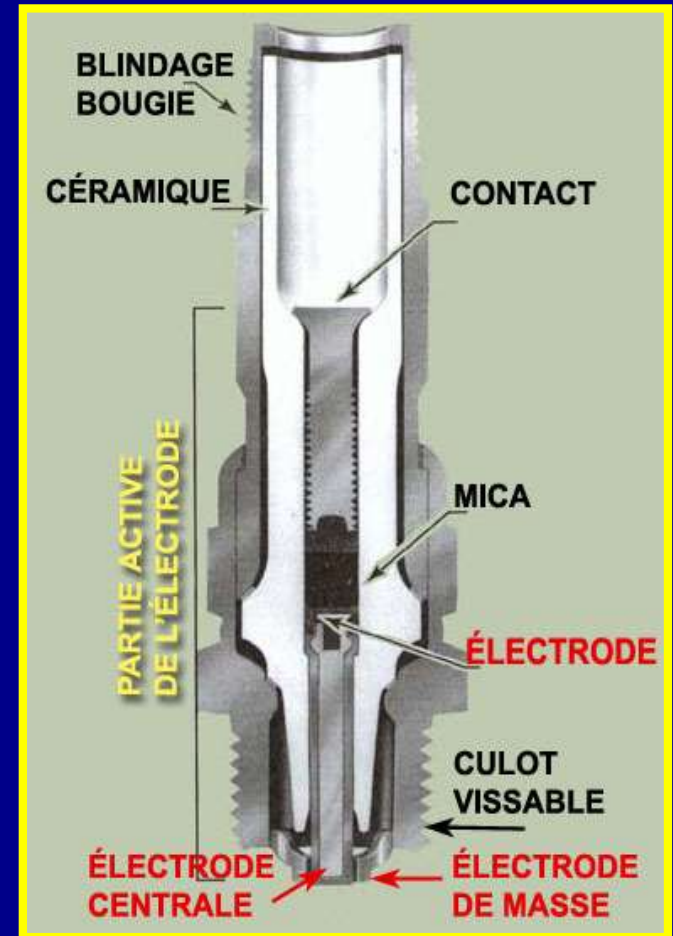
ORDRE D'ALLUMAGE DES CYLINDRES



LES MOTEURS A PISTONS



LES ÉLÉMENTS DE L'ALLUMAGE



LES MOTEURS A PISTONS



LUBRIFICATION MOTEUR

DISPOSITIF SOUS PRESSION A RECYCLAGE ET PAR GRAVITÉ

SCHÉMA DE PRINCIPE

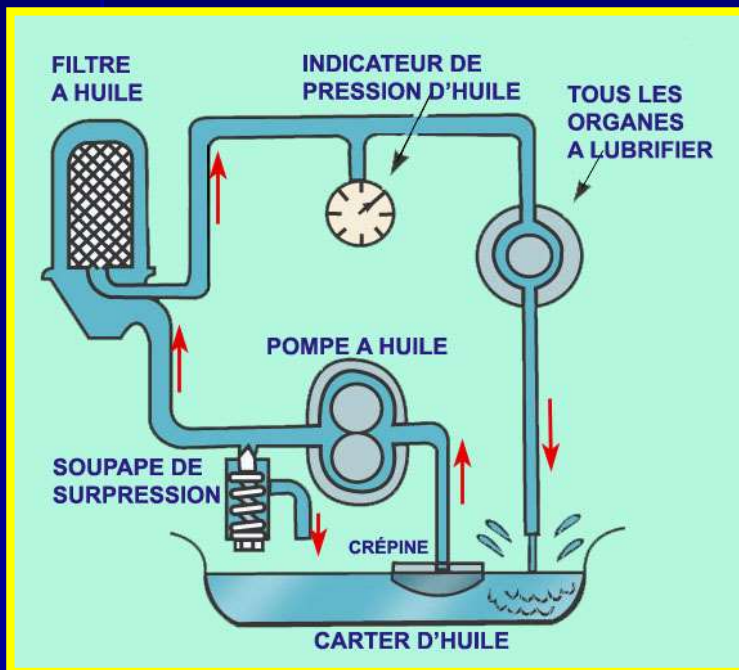
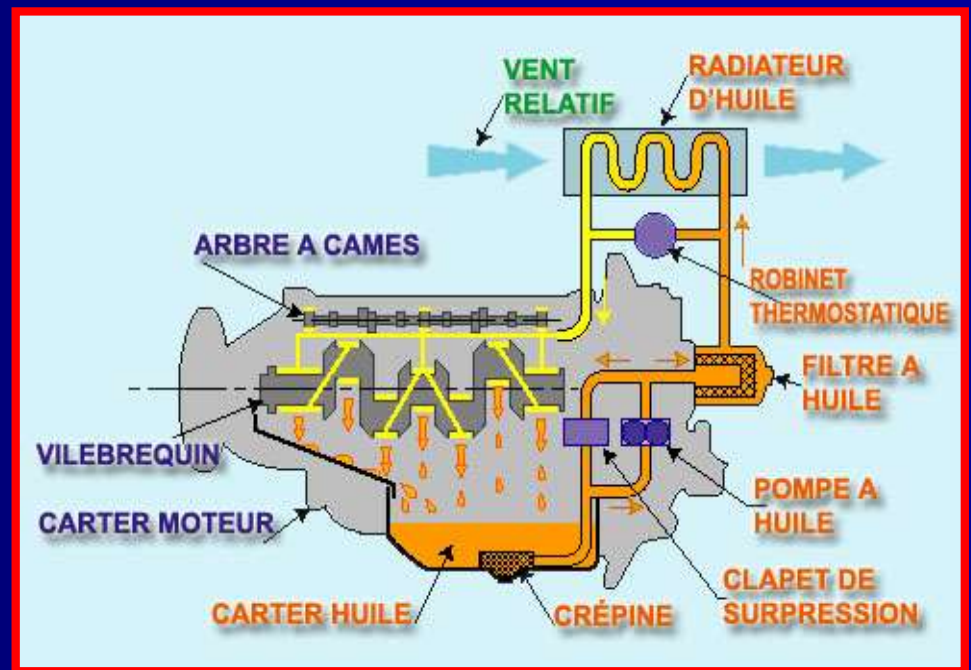


SCHÉMA DE RÉALISATION

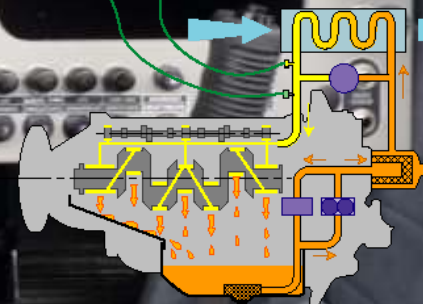


PARTICULARITÉS : Pompe aspiration / refoulement à engrenages
Dispositif de limitation de la pression d'huile
Robinet thermostatique automatique.

LE TABLEAU DE BORD

Instruments moteur

PRESSION ET TEMPÉRATURE D'HUILE



LES MOTEURS A PISTONS

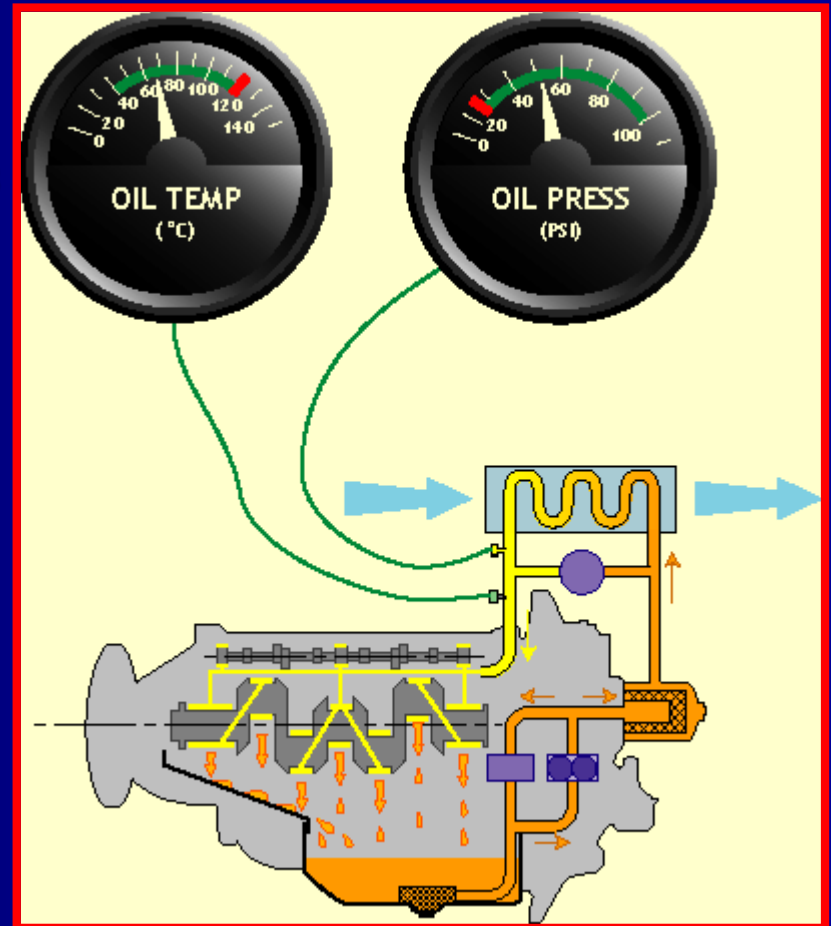


LUBRIFICATION MOTEUR

Température et de pression d'huile sont relevées juste avant que le lubrifiant n'entre dans le moteur.

Ces informations sont transmises aux indicateurs correspondants situés dans le cockpit.

A ce stade, c'est une huile sous pression, filtrée et refroidie (si nécessaire) qui est délivrée aux différents orifices, stratégiquement placés dans le moteur, afin de lubrifier des éléments comme les paliers, les axes des culbuteurs, l'arbre à cames, le vilebrequin, les parois des cylindres et beaucoup d'autres composants encore.

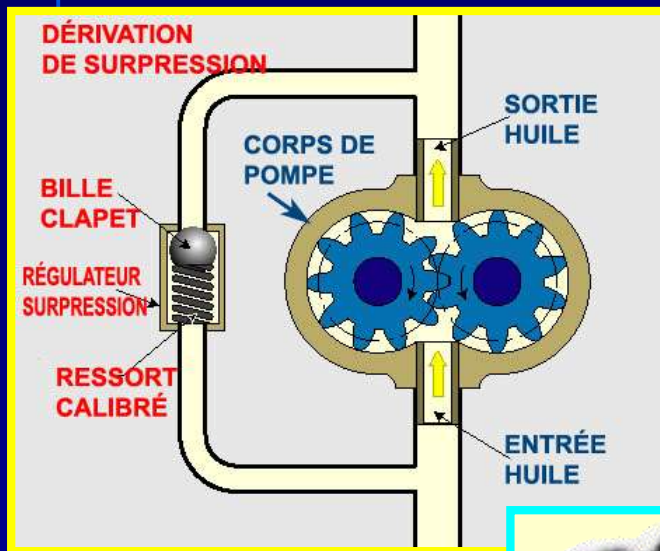


LES MOTEURS A PISTONS

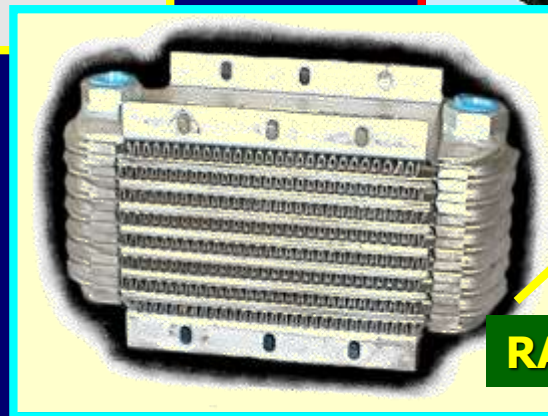
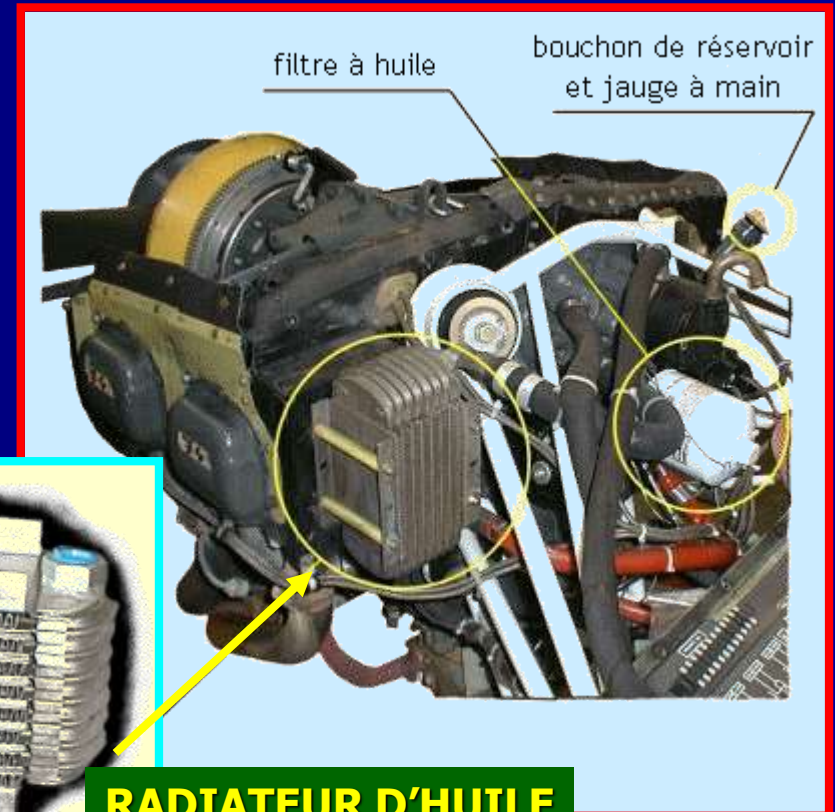


LUBRIFICATION MOTEUR

DÉTAILS D'ÉLÉMENTS DU CIRCUIT DE LUBRIFICATION



**POMPE A HUILE
AVEC RÉGULATEUR
DE PRESSION**



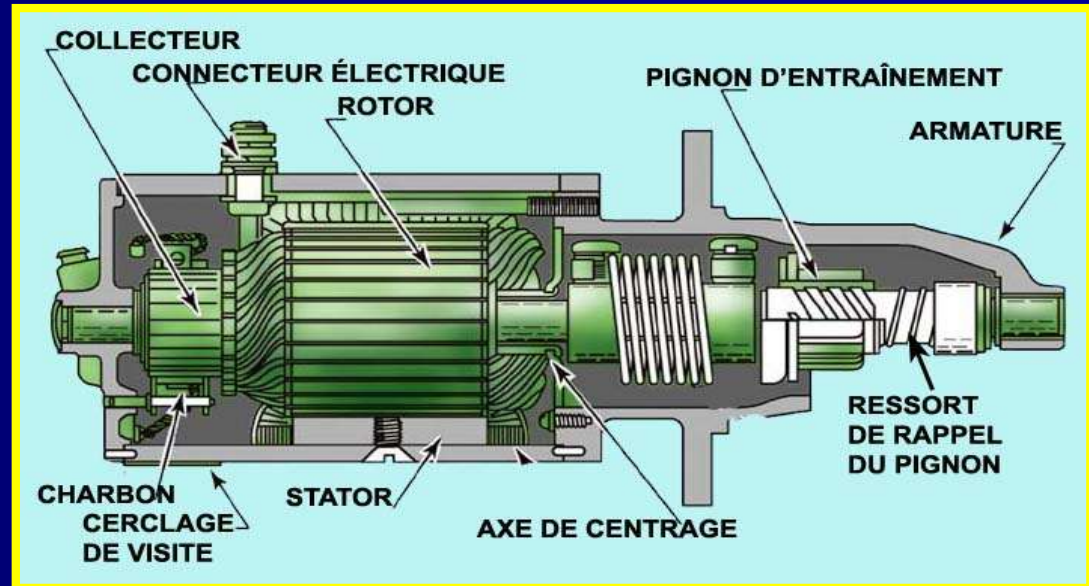
RADIATEUR D'HUILE

LES MOTEURS A PISTONS



LE DISPOSITIF DE DÉMARRAGE

- **UNE BATTERIE** (fourniture de l'énergie).
- **UN CONTACTEUR DE COMMANDE.**
- **UN DÉMARREUR** (Moteur électrique qui peut s'enclencher sur une grande couronne dentée fixée sur l'arbre moteur).
- **UNE COURONNE D'ENTRAÎNEMENT** (régulatrice également du couple moteur).

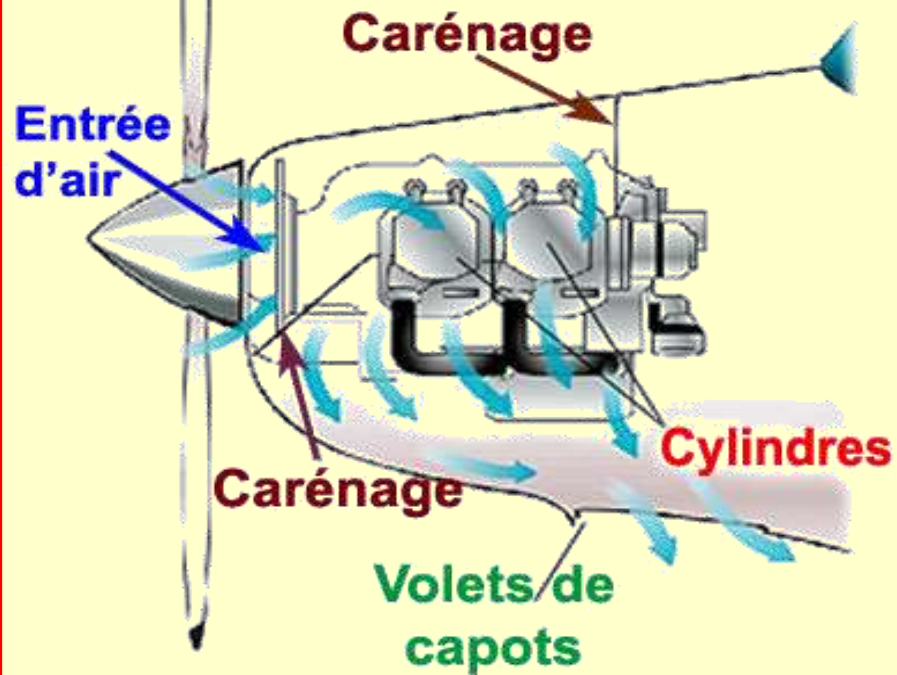


LES MOTEURS A PISTONS



LE DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT

REFROIDISSEMENT PAR AIR



LES MOTEURS A PISTONS



LE DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT

SOLUTIONS RETENUES EN FONCTION DES ORGANES

Cylindres et culasses	Refroidissement dynamique forcé
Carter	Convection et huile
Pistons, vilebrequin, arbre à cames	Refroidissement par huile
Haut de cylindre (bougies et soupapes)	Convection aidée par balayage (croisement des soupapes)
Soupape d'échappement	Conduction améliorée par cavité (remplie de sodium)
Soupape d'admission	Vaporisation du carburant (injection en chapelle)
Distribution	Refroidissement par huile
Circuit de lubrification	Radiateur air / huile
Autres accessoires	Refroidissement dynamique par air

LES MOTEURS A PISTONS

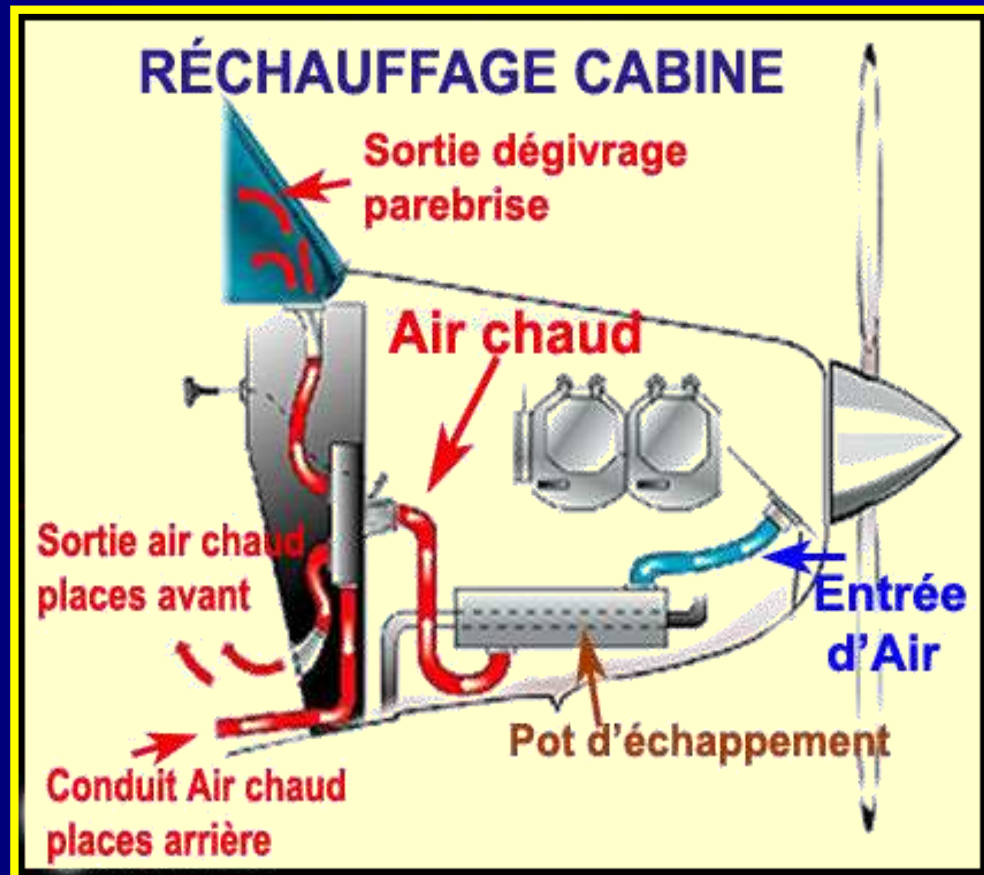


CLIMATISATION CABINE

UTILISATION DE L'AIR RÉCHAUFFÉ AUTOUR DU POT D'ÉCHAPPEMENT OU DE L'AIR FROID EXTÉRIEUR PAR TRAPPE DE CLOISON PARE-FEU

- ❑ Canalisé dans des conduits (boas) et
- ❑ Bloqué ou non par trappe de la cloison pare-feu
- ❑ Distribué via des conduits sélectionnables vers
 - le pare-brise ;
 - une sortie places AV ;
 - une sortie places AR.

Réglage : Chaud, Froid
- Ventilation normale ou
- Ventilation forcée.



LES MOTEURS A PISTONS



GÉNÉRATION ÉLECTRIQUE

Bien que le moteur soit totalement autonome pour fonctionner et n'ait aucun besoin d'une batterie ou d'une génération électrique, de nombreux appareils périphériques utilisent de l'électricité fournie par une BATTERIE DE 12 OU 24 VOLTS.



LES MOTEURS A PISTONS



GÉNÉRATION ÉLECTRIQUE

L'ALTERNATEUR

La quantité d'énergie incluse dans une batterie et consommée dans tous les accessoires et périphériques est compensée par l'alternateur.



CHARGE



Sa mise en rotation crée un courant alternatif qui est redressé et sert à recharger en courant continu la batterie.

Entraînement par courroie sur arbre moteur.

LE TABLEAU DE BORD

Instruments du système électrique



**COMMANDES DE
CHAUFFAGE
DÉSEMBUAGE**

CONTRÔLE CHARGE BATTERIE

**INTERRUPTEURS
BATTERIE ET ALTERNATEUR**

**EMPLACEMENT
FUSIBLES ET
DISJONCTEURS**

LES MOTEURS A PISTONS



GÉNÉRATION ÉLECTRIQUE



LA BATTERIE

Deux caractéristiques d'identification :

- Sa tension en volts continu (en aviation légère, on utilise surtout des batteries de 12 v reconnaissable par 6 bouchons) mais on trouve parfois des batteries de 24 ou 48 volts (plus rares, 12 bouchons).
- Sa capacité en Ampères/heure qui détermine sa possibilité de débiter une certaine intensité pendant un certain nombre d'heures tout en gardant une tension nominale utilisable environ 12 v continu).

Exemple d'utilisation de la capacité de la batterie de 36 Ah

Si elle débite 2 ampères, fonctionnement pendant $36 / 2 = 18$ h.

Si elle débite 4 ampères, fonctionnement pendant $36 / 4 = 9$ h...

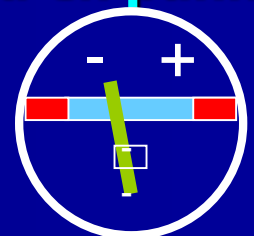
Le régime de recharge de la batterie est identique. une charge de 6 A pendant 5 h = 30 Ah

Le contrôle du débit ou de la charge batterie se fait par lecture du témoin de charge. Si alternateur coupé ou en panne la déviation est à gauche du zéro central.

CHARGE



DÉCHARGE



LES MOTEURS A INJECTION

LES COMPOSANTS DE L'INJECTION

Distributeur dit "Araignée"

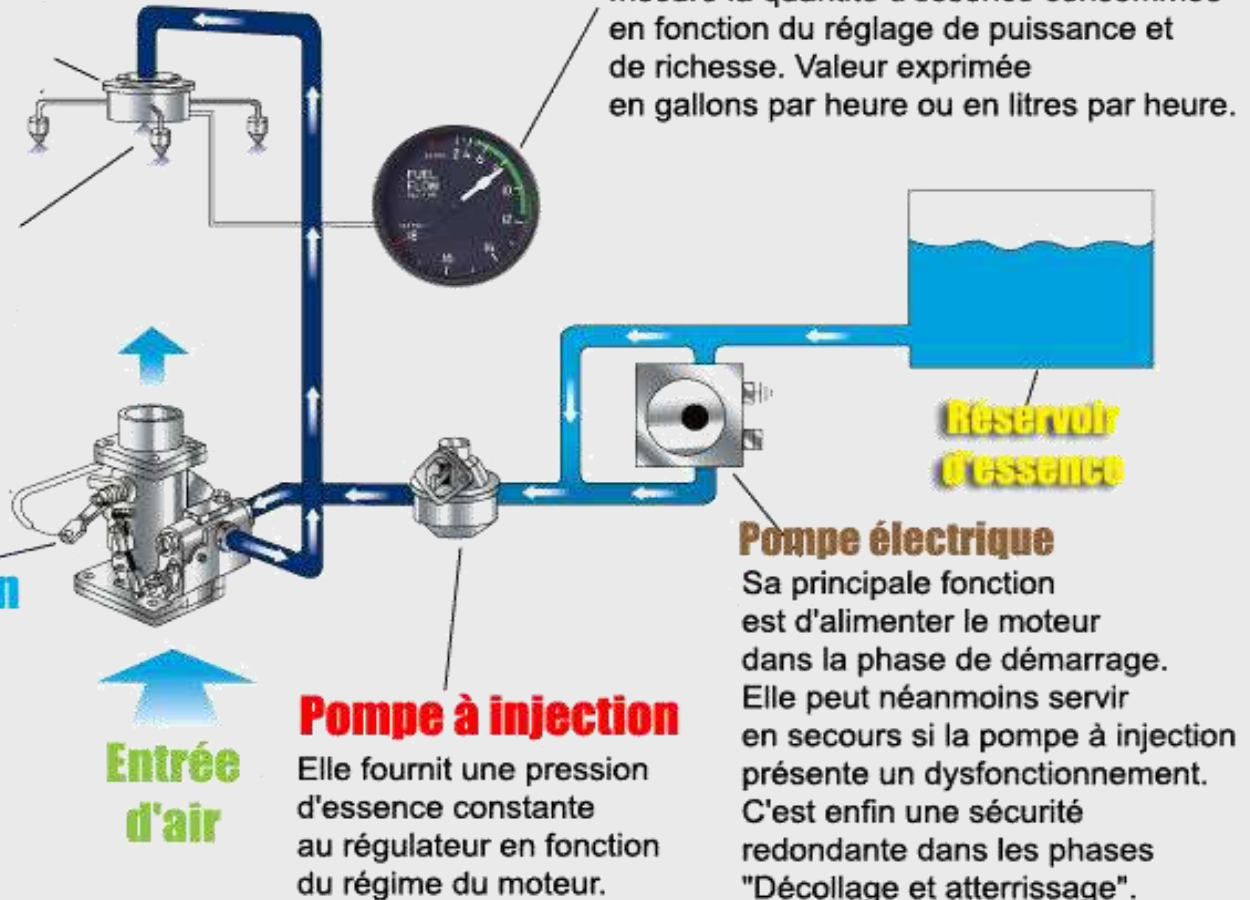
Organe d'alimentation de chaque cylindre.

Injecteurs

Chaque cylindre dispose d'un injecteur. Celui-ci vaporise uniformément l'essence dans la chambre de combustion.

Organe de régulation

Il assure la commande de puissance, ajuste le mélange nécessaire au bon fonctionnement du moteur en fonction du réglage choisi et contrôlé par le fuel flow.



Indicateur FUEL FLOW

mesure la quantité d'essence consommée en fonction du réglage de puissance et de richesse. Valeur exprimée en gallons par heure ou en litres par heure.

Réservoir d'essence

Pompe électrique

Sa principale fonction est d'alimenter le moteur dans la phase de démarrage. Elle peut néanmoins servir en secours si la pompe à injection présente un dysfonctionnement. C'est enfin une sécurité redondante dans les phases "Décollage et atterrissage".

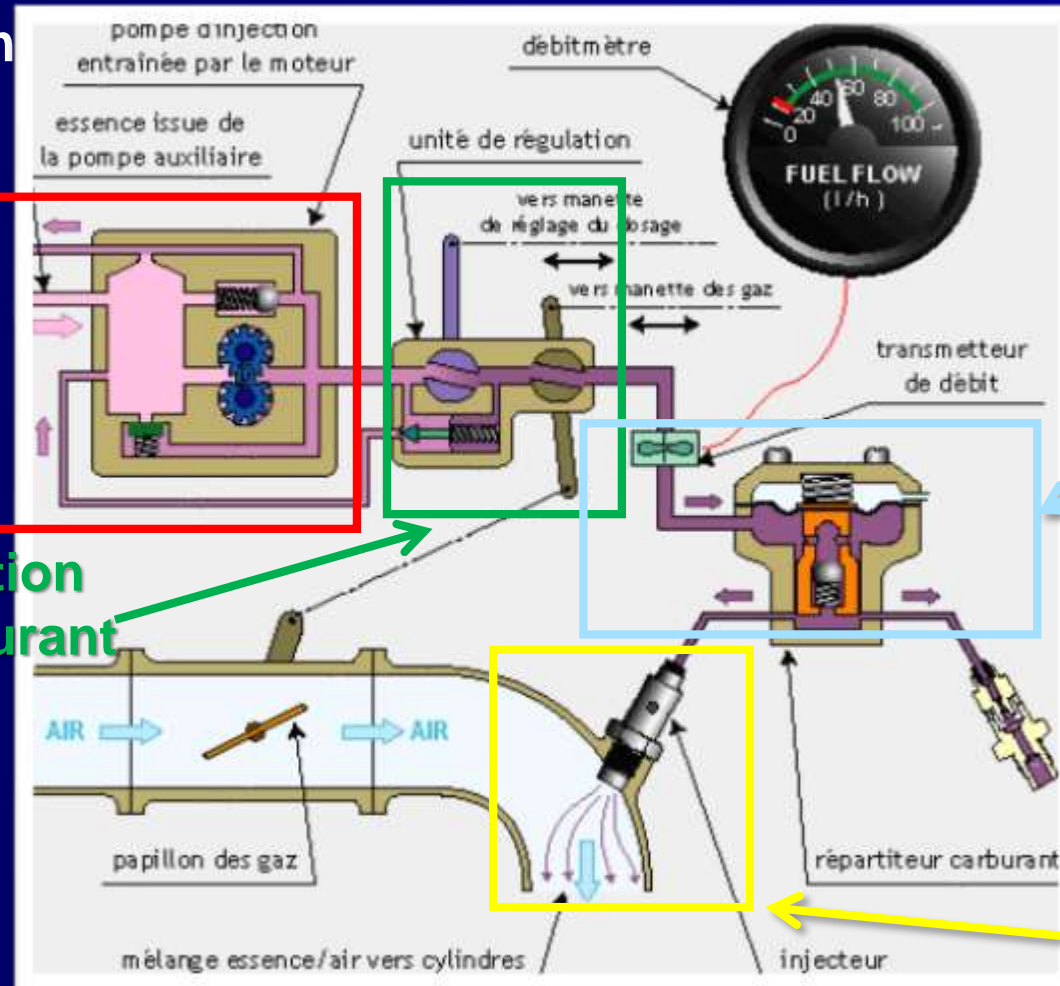
Pompe à injection

Elle fournit une pression d'essence constante au régulateur en fonction du régime du moteur.

Entrée d'air

LES MOTEURS A INJECTION

SCHÉMA DE PRINCIPE



Mise en pression
du carburant

Répartition
du carburant
aux injecteurs

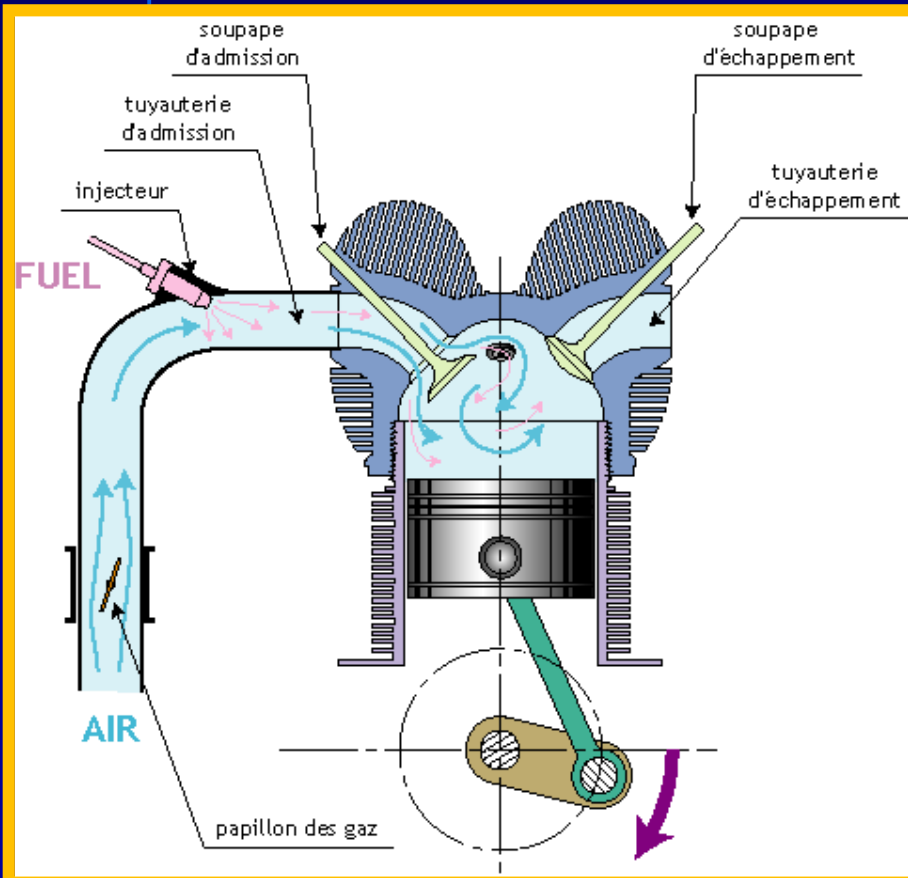
Unité de régulation
Dosage du carburant

Injection
du carburant
par injecteurs

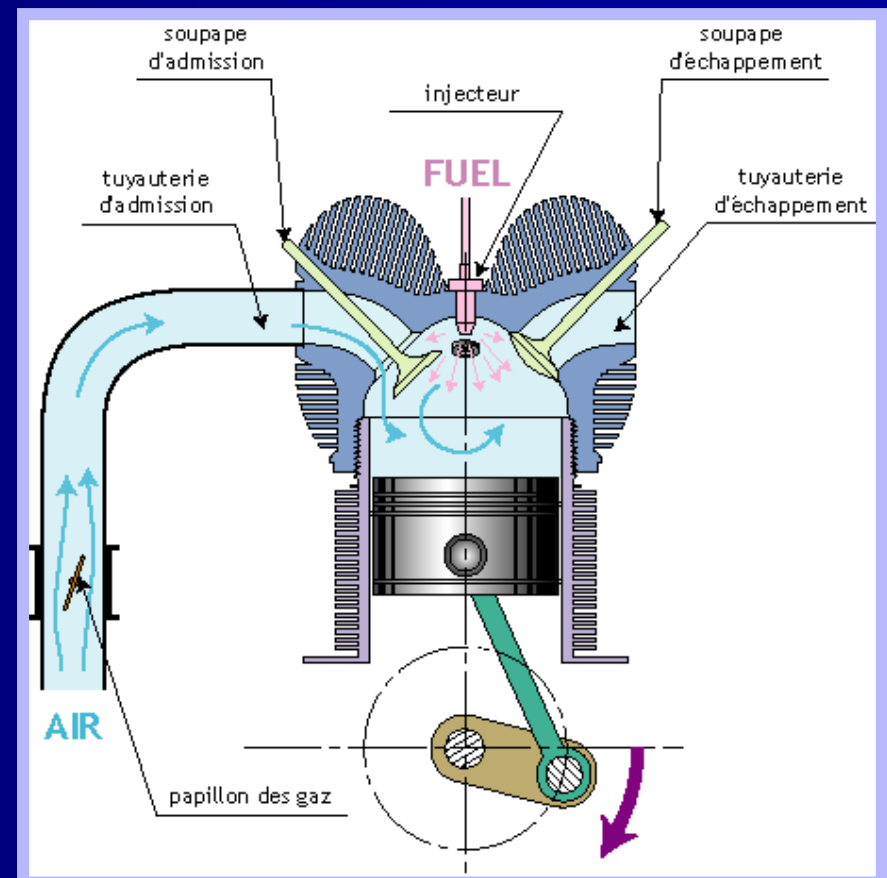
LES MOTEURS A INJECTION

DEUX TYPES : indirecte ou directe

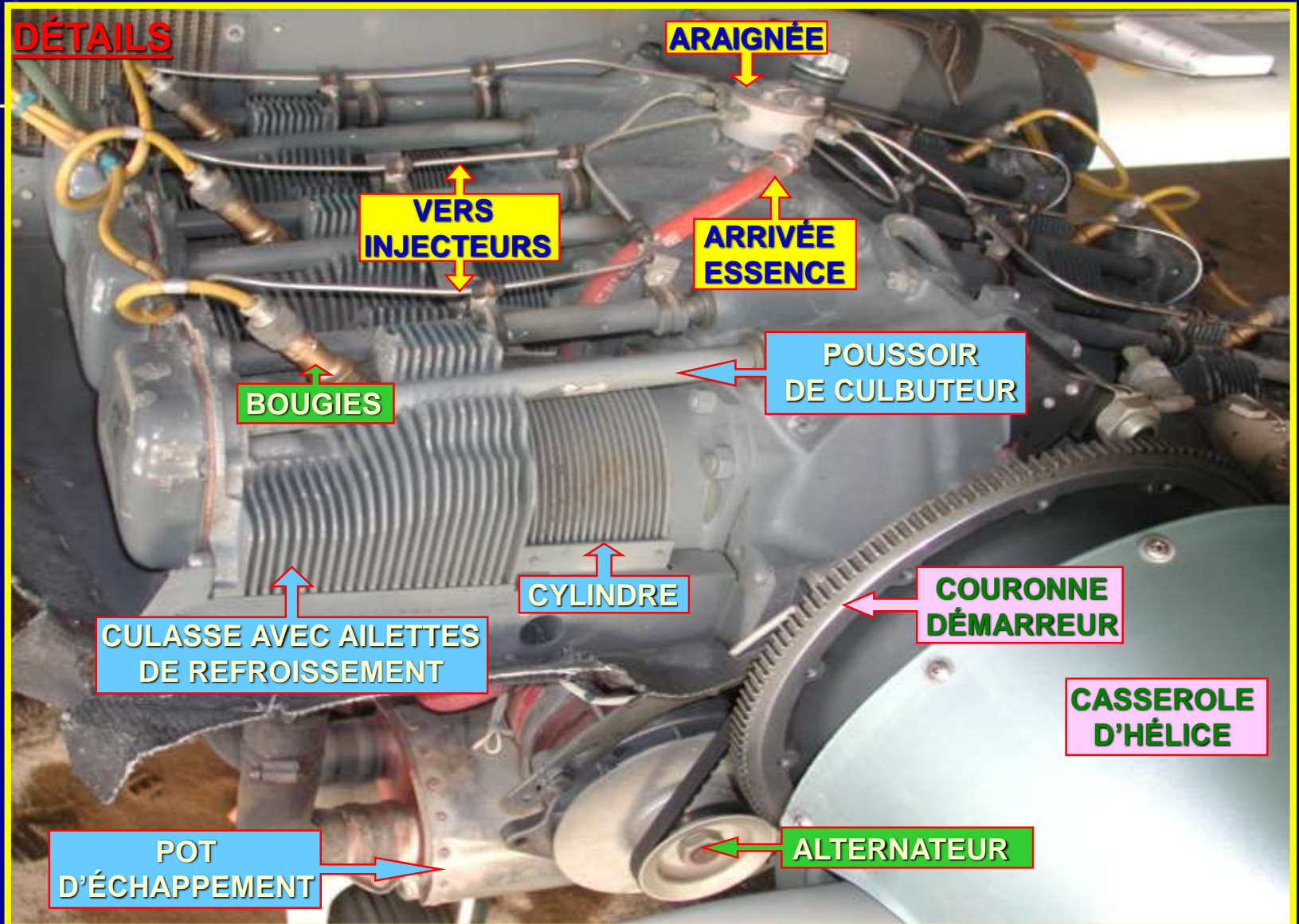
Admission d'essence
avant chambre du cylindre



Admission d'essence
au cœur du cylindre



LES MOTEURS A INJECTION



LES MOTEURS A INJECTION

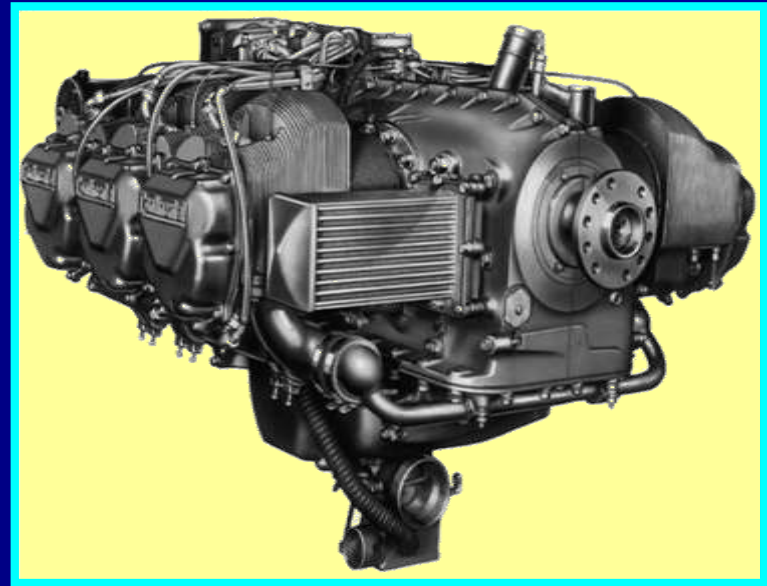
CARACTÉRISTIQUES

Un certain nombre d'avantages

- Meilleur rendement (puissance massique accrue avec consommation spécifique réduite).
- Meilleure répartition du combustible dans les cylindres (pompe d'injection et injecteurs calibrés).
- Réduction importante des risques de givrage (effet venturi du papillon du bloc injection agissant uniquement sur l'air).

Mais également quelques défauts ...

- Coût plus important à l'achat et en entretien ;
- Difficultés de démarrage, notamment à chaud ;
- Moteur plus sensible aux variations du mélange carburé.



LES MOTEURS A INJECTION

MINI MÉMO DES RÉGLAGES

- TOUT DÉCOLLAGE ET ATERRISSAGE :
PLEIN RICHE PLEIN PETIT PAS
- LORS DE LA MONTÉE, RÉAJUSTER LA PRESSION D'ADMISSION
- LORS DE LA CROISIÈRE EN PALIER,
CHOISIR LE TYPE DE CROISIÈRE SOUHAITÉ (PA - RPM)
RÉGLER LE MÉLANGE (ÉCO OU PUISSANCE)
- MONTÉE ET DESCENTE MIXTURE PLEIN RICHE
- NE JAMAIS APPAUVRIR
POUR UNE PUISSANCE SUPÉRIEURE A 75%.

LES MOTEURS TURBOCOMPRESSÉS

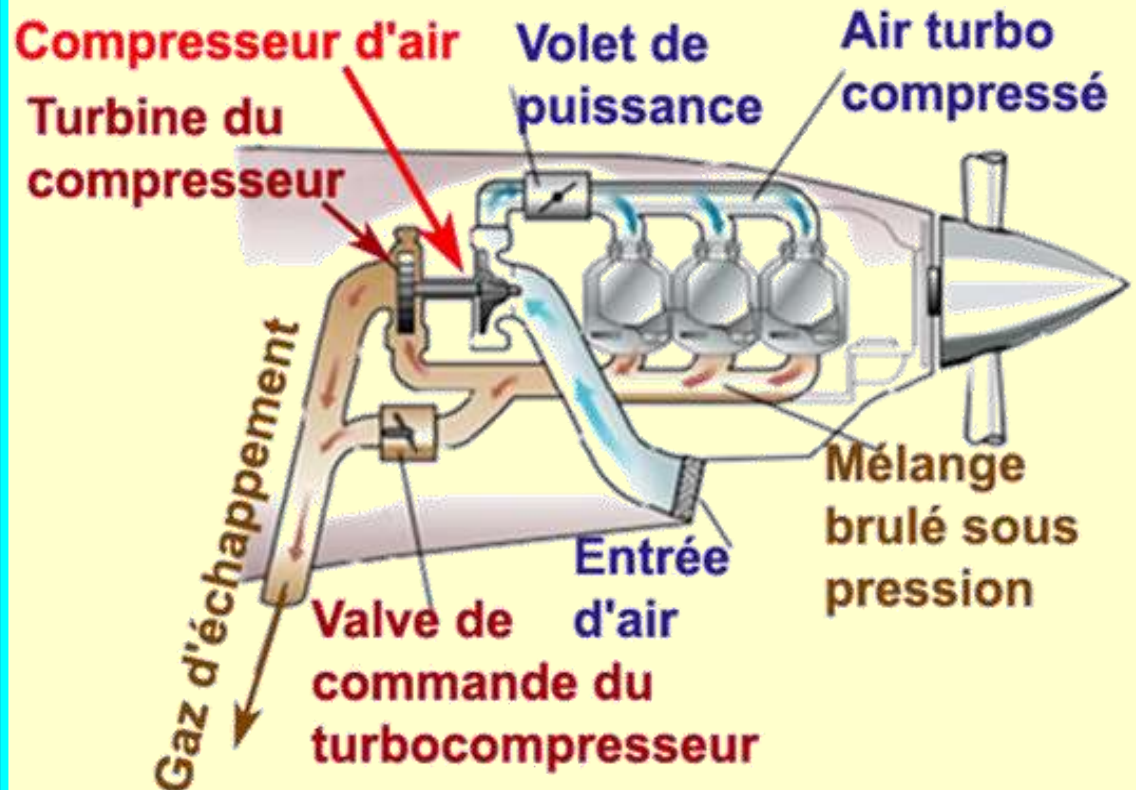
LA DIMINUTION DE LA PRESSION AVEC L'ALTITUDE ENTRAÎNE UNE PERTE DE PUISSANCE DU MOTEUR.

Vers 17000 Ft, la pression atmosphérique n'est que la moitié de celle que l'on a au sol. La puissance du moteur est donc divisée par deux.

SOLUTION

Utiliser la poussée des gaz d'échappement pour alimenter une turbine reliée à un compresseur.

En fonction de la puissance demandée et de la pression extérieure, ce compresseur rétablit une pression d'admission proche de celle que l'on trouve au sol.



LES MOTEURS TURBOCOMPRESSÉS

SCHÉMA DE PRINCIPE

1) ENTRÉE DE LA TURBINE

Les gaz d'échappement sont envoyés avec énergie vers des ailettes (turbine) qui se mettent donc en rotation (100 000 t/mn).

2) SORTIE DE LA TURBINE

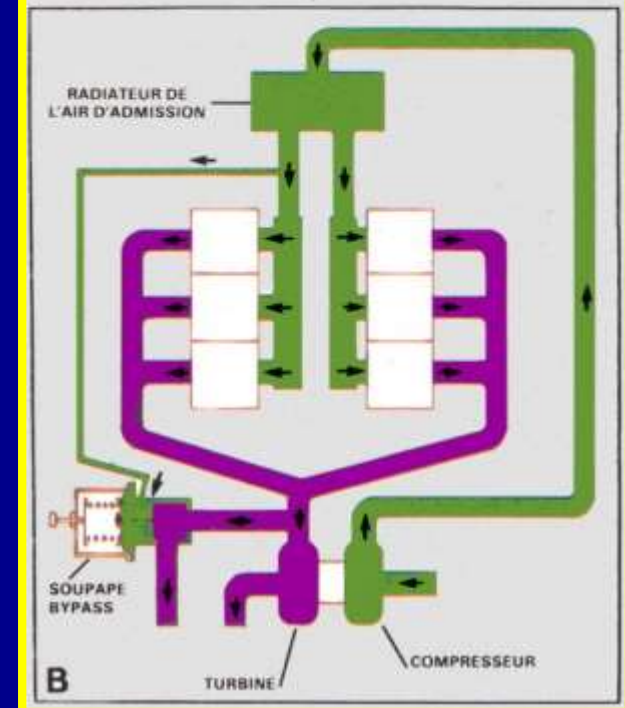
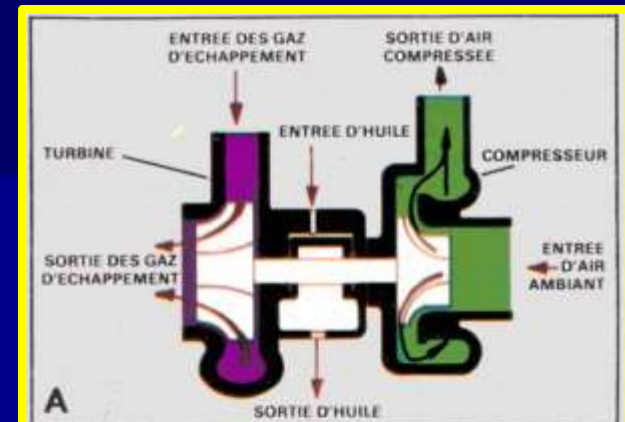
Les gaz d'échappement sont éjectés de la turbine et orientés vers le tuyau d'échappement.

3) ENTRAÎNEMENT DU COMPRESSEUR

Un dispositif identique à la turbine est couplé mécaniquement à celle-ci. Le vent relatif entre dans cette turbine en rotation et comprime fortement la quantité d'air entrante.

4) SORTIE DU COMPRESSEUR

L'air comprimé sort de la turbine à une pression nettement supérieure à celle de l'altitude du vol. L'air est orienté vers les tubulures d'admission du moteur et permet de conserver une puissance importante



LES MOTEURS TURBOCOMPRESSÉS

PARTICULARITÉS DES TURBOS

1) AUGMENTATION DE LA PUISSANCE DU MOTEUR

Plus d'air donc plus d'essence donc plus de puissance.

Mais, risque de surpuissance si réglage de la pression d'air comprimé trop forte avec explosion du turbocompresseur et dommages au moteur.

2) AUGMENTATION DU PLAFOND DE PROPULSION

Le maintien ou rétablissement de la pression d'admission permet de conserver une puissance efficace malgré la raréfaction de l'air due à l'altitude.

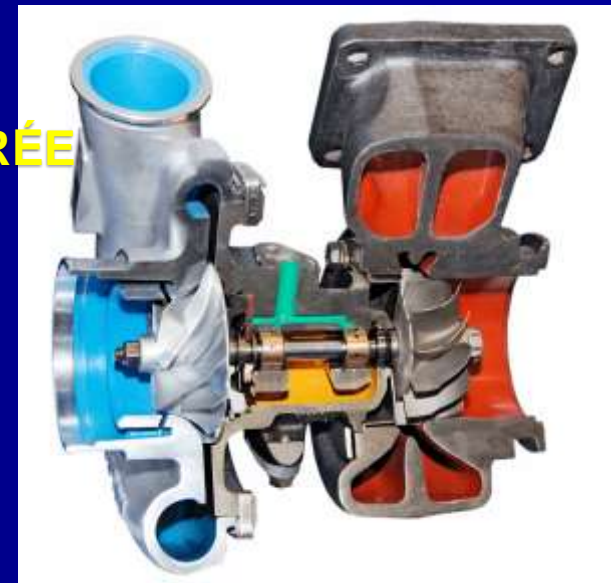
En 1921, un biplan américain atteignit 13600 m.

3) POTENTIALITÉ DE RÉDUCTION DE CYLINDRÉE DONC DU POIDS DU MOTEUR

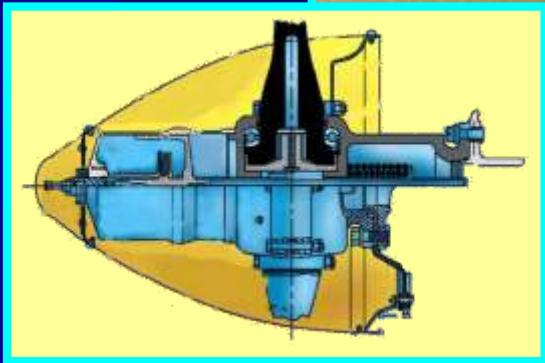
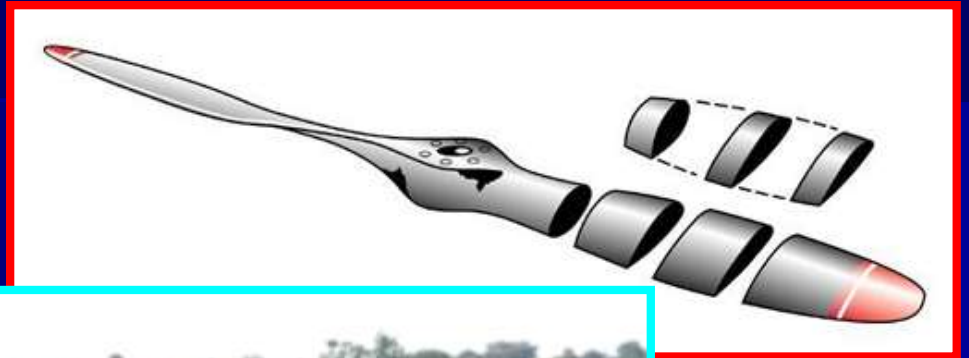
Compte tenu de l'augmentation de la puissance d'un moteur suralimenté, on peut produire un moteur plus petit pour la même puissance.

4) MAIS MOTEUR :

Plus cher - Plus fragile - Potentiel turbo aléatoire -
A ne pas mettre dans toutes les mains.



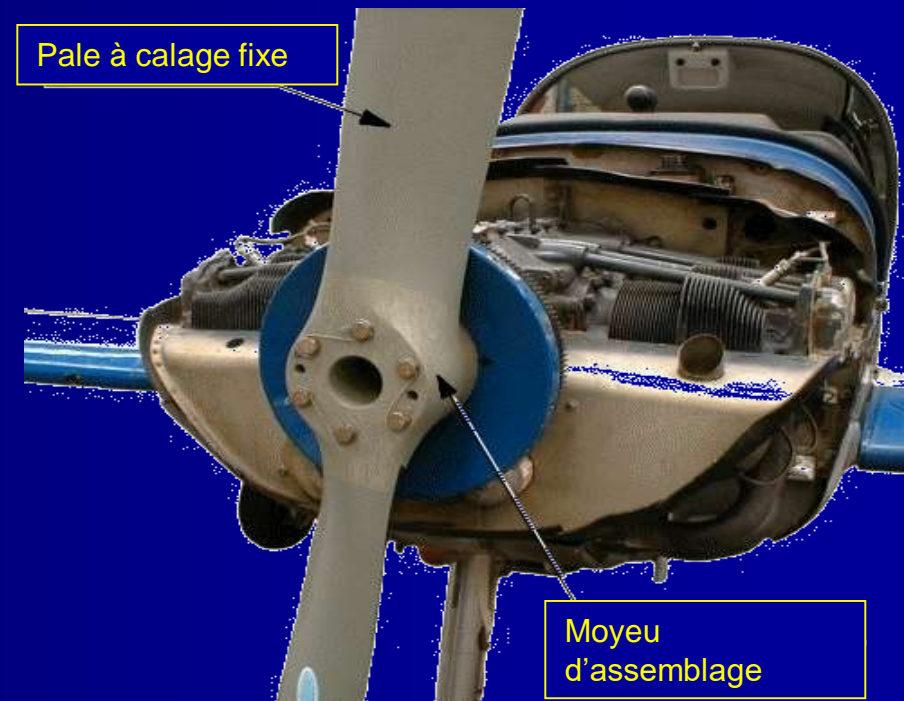
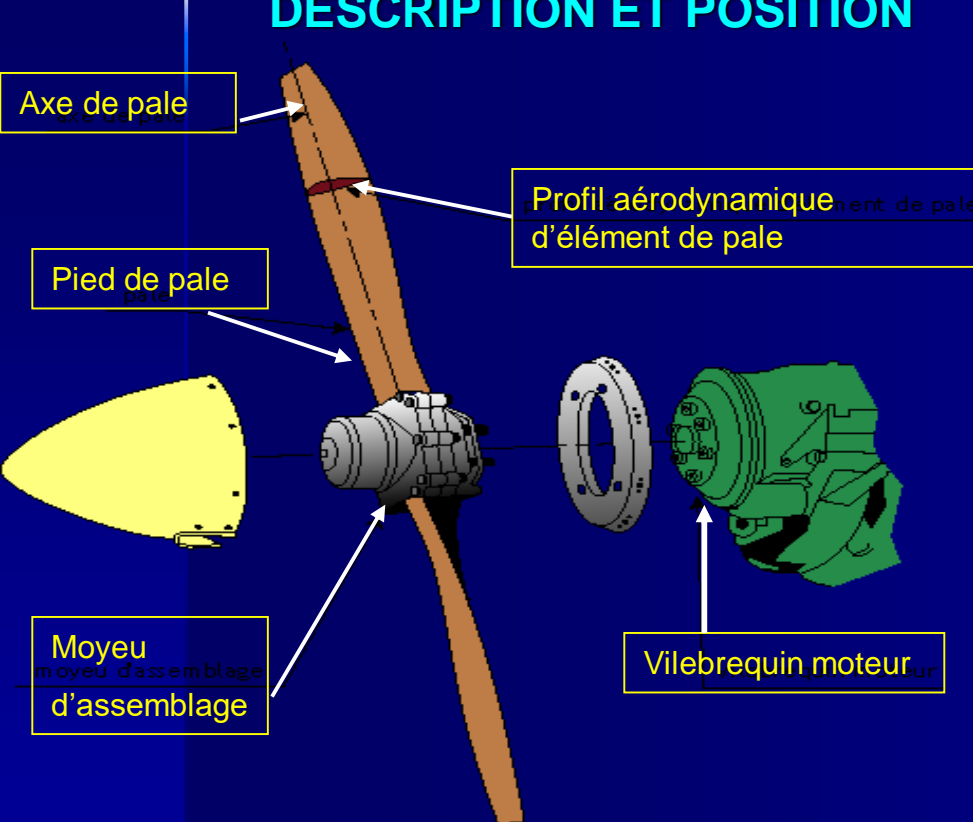
LES HÉLICES



L'HÉLICE

RÔLE : TRANSFORMER UNE ÉNERGIE MÉCANIQUE DE ROTATION EN ÉNERGIE AÉRODYNAMIQUE DE TRACTION.

DESCRIPTION ET POSITION



Assemblage de l'hélice au moteur par le moyeu

L'HÉLICE

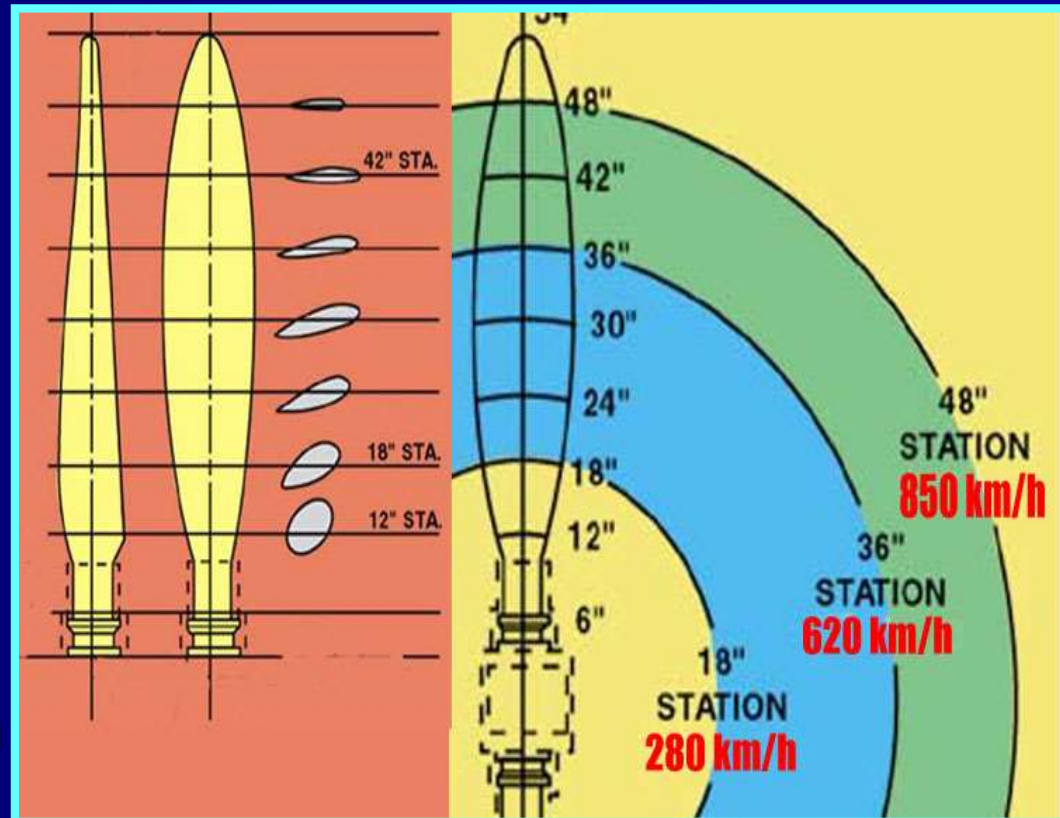
RÔLE : TRANSFORMER UNE ÉNERGIE MÉCANIQUE DE ROTATION EN ÉNERGIE AÉRODYNAMIQUE DE TRACTION.

NOTIONS DE BASE

La longueur de la pale est limitée :

- par la vitesse angulaire en bout de pale (maxi 950 km/h) et
- par la garde au sol.

Le vrillage de l'hélice permet l'équilibrage des forces sur toute la longueur de la pale, (augmentation de la vitesse vers le bout de pale compensée par une diminution de l'angle de calage).

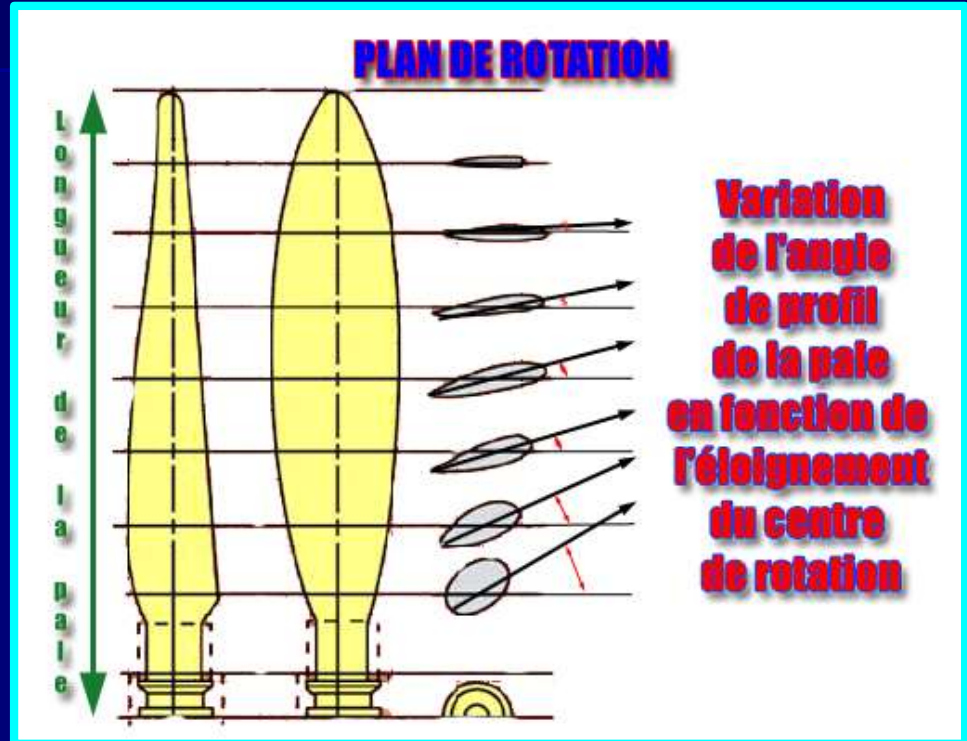


L'HÉLICE

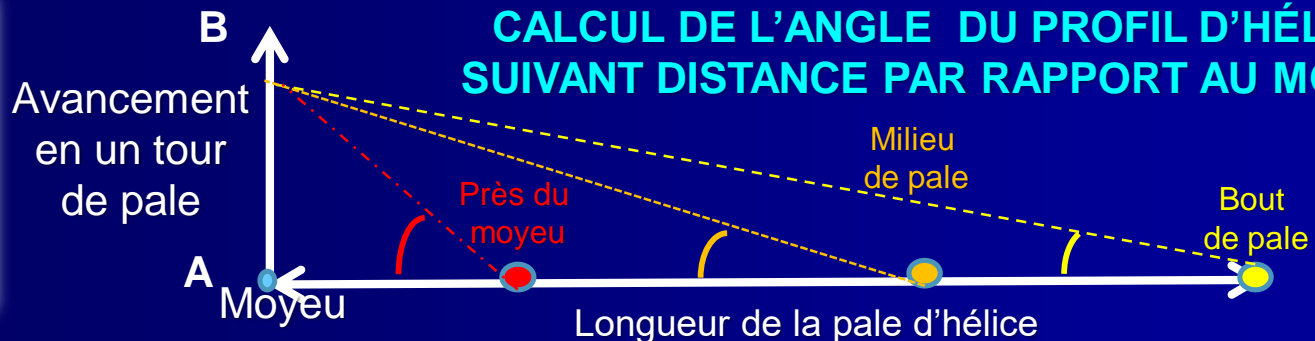
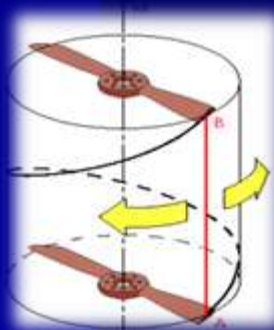
RAPPEL DES NOTIONS DE BASE

Ce vrillage induit la création d'un angle d'incidence, variable et décroissant vers le bout de pale.

Cet angle est formé par le plan de rotation de l'hélice et par la corde de profil de la pale.



CALCUL DE L'ANGLE DU PROFIL D'HÉLICE SUIVANT DISTANCE PAR RAPPORT AU MOYEU

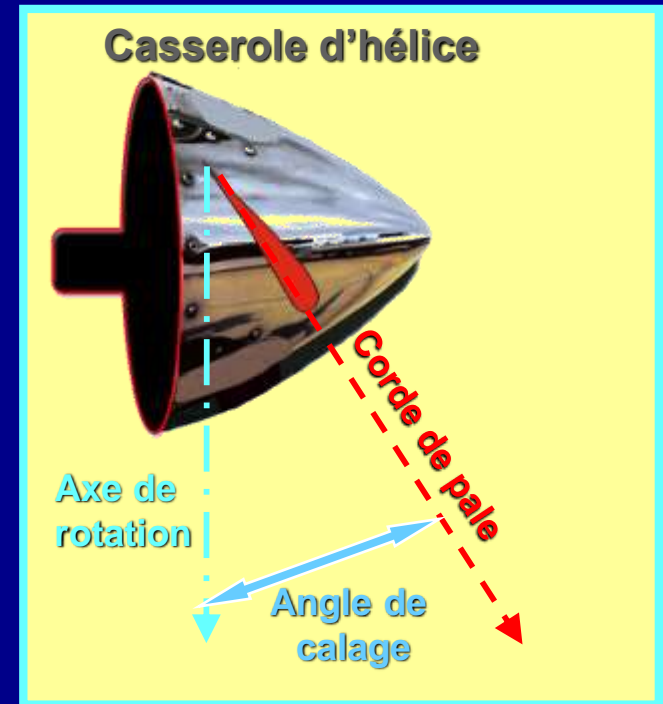
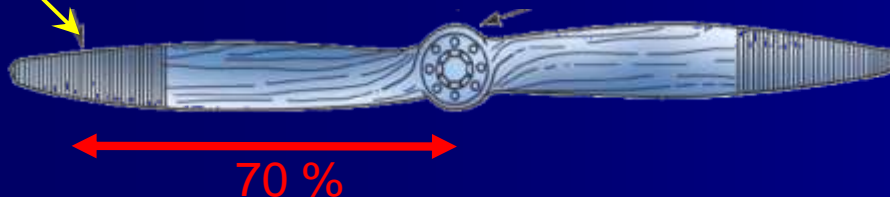


L'HÉLICE

RAPPEL DES NOTIONS DE BASE

La référence de l'angle de calage de la pale se mesure au pied de pale et définit le pas de l'hélice donc son avancement théorique par tour complet.

Par convention, on situe la section de référence d'une hélice et sa résultante aérodynamique de traction en général à 70% de la longueur de la pale.



Une des composantes du rendement de l'hélice s'appelle le coefficient de plénitude et s'obtient par le rapport de la surface couverte par l'hélice à la somme des surfaces de pale.

L'HÉLICE

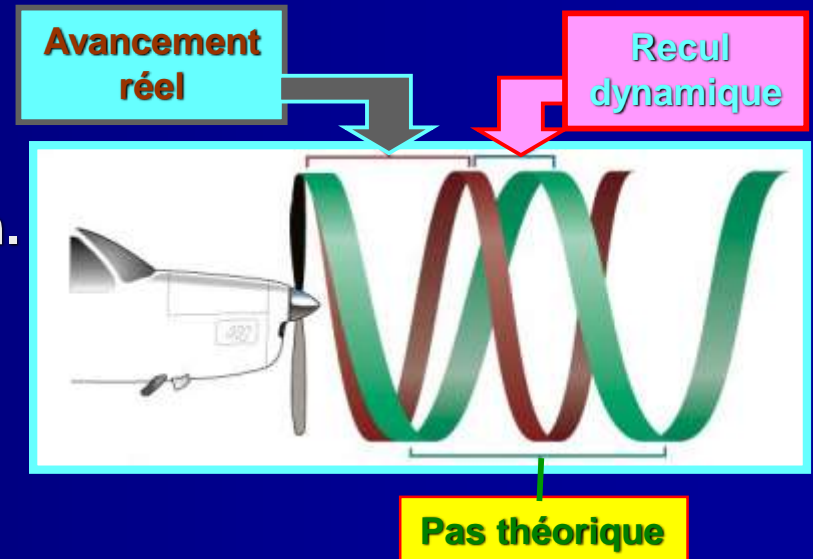
RAPPEL DES NOTIONS DE BASE

Le Pas est la longueur théorique de l'hélicoïde parcourue en un tour de rotation de la pale.

Ce pas est dit géométrique puisqu'il dépend des dimensions géométriques de l'hélice et non de ses performances. Sa valeur peut aller de 5 à 6 mètres par tour pour les avions de compétition à 1 mètre pour les avions lents (remorqueurs, ...).

Parallèlement, le pas moyen expérimental se définit comme la distance parcourue par l'hélice quand elle ne produit plus de traction.

Le recul dynamique est dû au rendement imparfait de l'hélice et à la vitesse de translation de l'avion.



L'HÉLICE

RAPPEL DES NOTIONS DE BASE

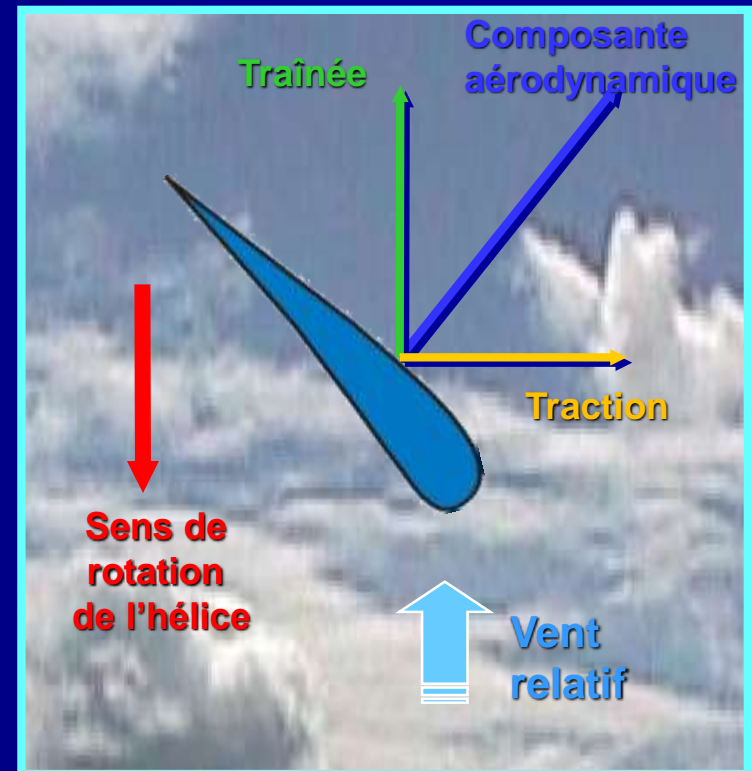
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Identique à un profil d'aile soumis à un vent relatif, l'hélice en rotation produit une résultante aérodynamique (la portance) décomposable en :

- **UNE FORCE DE TRACTION**
(perpendiculaire à l'axe de rotation)

ET

- **UNE FORCE RÉSISTANTE**
(la traînée) qui s'oppose à la rotation de la pale.



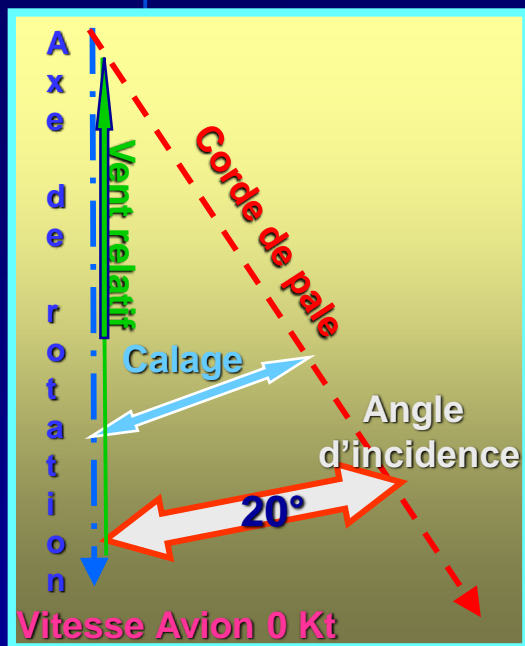
L'HÉLICE A CALAGE FIXE

RAPPEL DES NOTIONS DE BASE

Évolution de l'angle d'incidence par rapport à la vitesse

Vent relatif hélice = composante vitesse hélice sur son axe de rotation et vitesse avion

Avion à l'arrêt Plein gaz

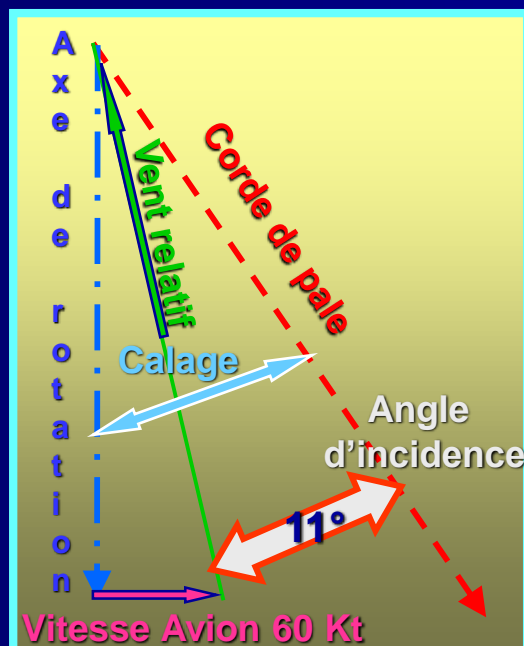


Angle d'incidence important

=

Traînée trop importante
Vitesse de rotation
du moteur limitée
(puissance insuffisante)

Montée initiale Plein gaz



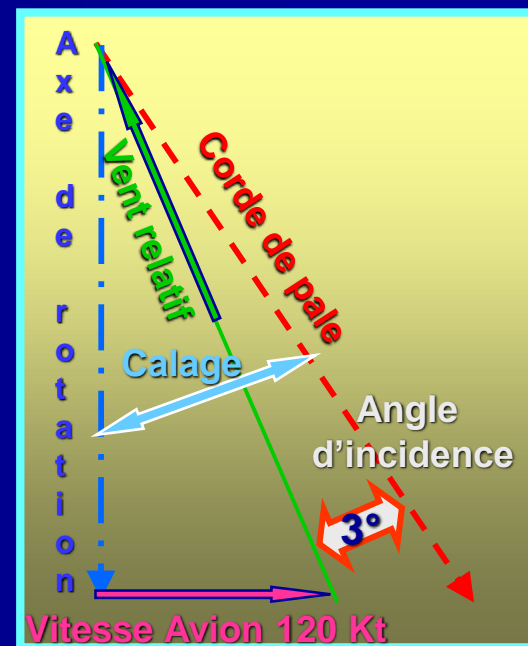
Vitesse Avion 60 Kt

Angle d'incidence diminué

=

Traînée moins importante
Vitesse de rotation
du moteur améliorée
(puissance moyenne)

Palier croisière Plein gaz



Vitesse Avion 120 Kt

Angle d'incidence faible

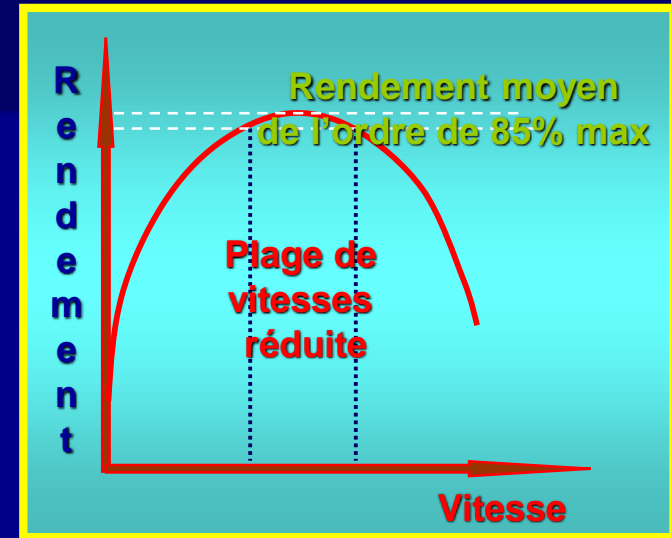
=

Traînée insignifiante
Vitesse de rotation
du moteur réglable
(puissance excédentaire)

L'HÉLICE A CALAGE FIXE

RENDEMENT ET SPÉCIFICITÉS

L'hélice à calage fixe n'est véritablement adaptée que dans une plage réduite de vitesses où son rendement est acceptable (de l'ordre de 80 à 90%).



AVANTAGES DE L'HÉLICE A PAS FIXE

**Robuste et Économique à la fabrication et à l'entretien,
Poids relatif léger et d'un emploi simple.**

INCONVÉNIENTS

Rendement moyen, utilisation limitée :

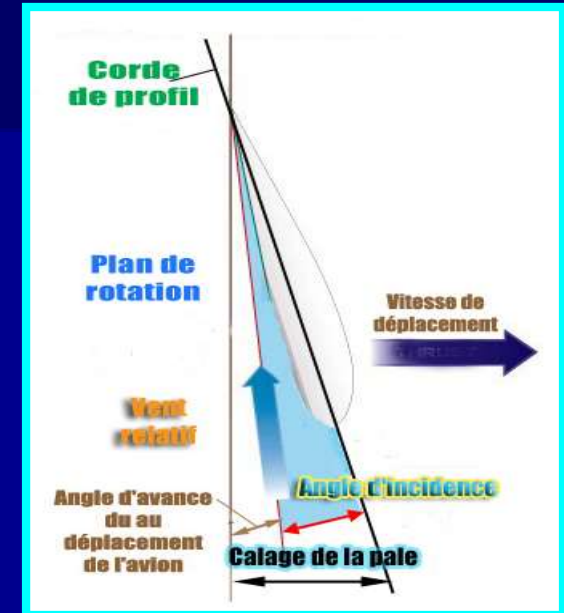
- soit pour la croisière mais décollage et montée poussifs ;
- soit pour décollages et traction efficaces mais croisière lente.

L'HÉLICE A CALAGE VARIABLE

OPTIMISATION DU RENDEMENT

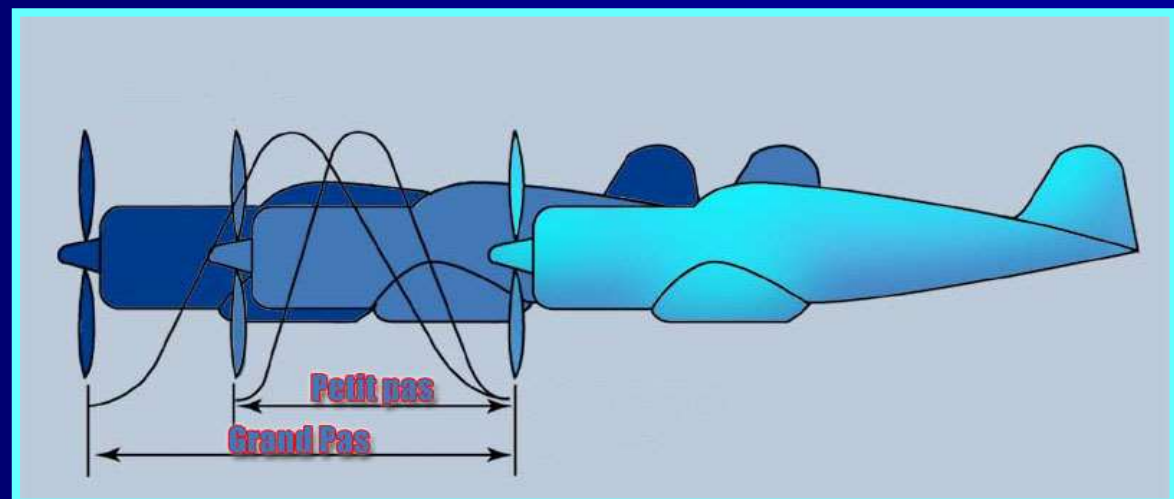
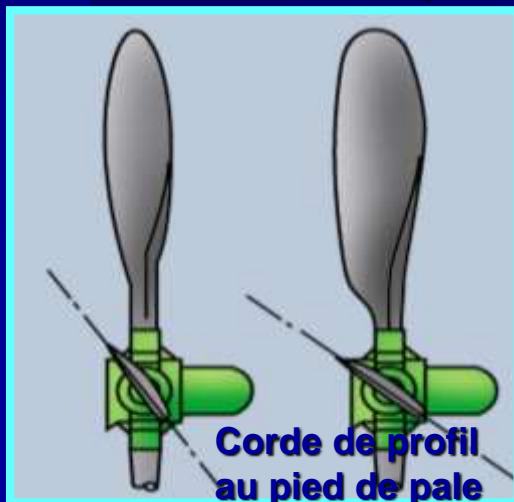
CALAGE VARIABLE

L'optimisation du meilleur angle d'incidence, (donc de la force tractrice) correspondant aux différents régimes de vol (vitesse et puissance disponible) est réalisée par **une adaptation de l'angle de calage de l'hélice à la vitesse avion.**



Petit pas

Grand pas



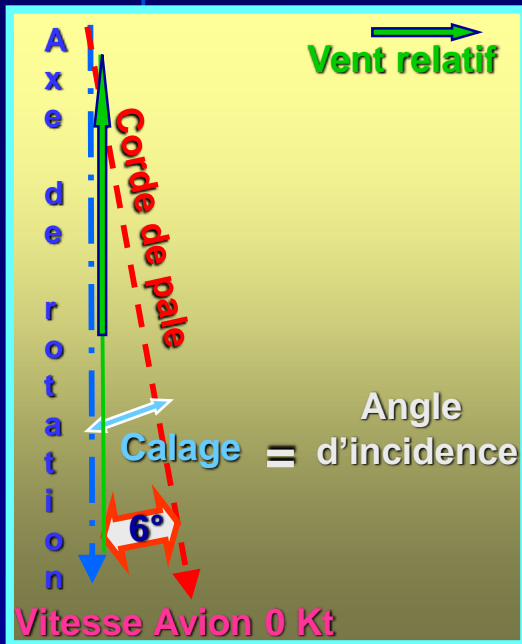
L'HÉLICE A CALAGE VARIABLE

OPTIMISATION DU RENDEMENT

Évolution de l'angle d'incidence par rapport à la vitesse

Vent relatif hélice = composante vitesse hélice sur son axe de rotation et vitesse avion

Avion à l'arrêt Plein gaz

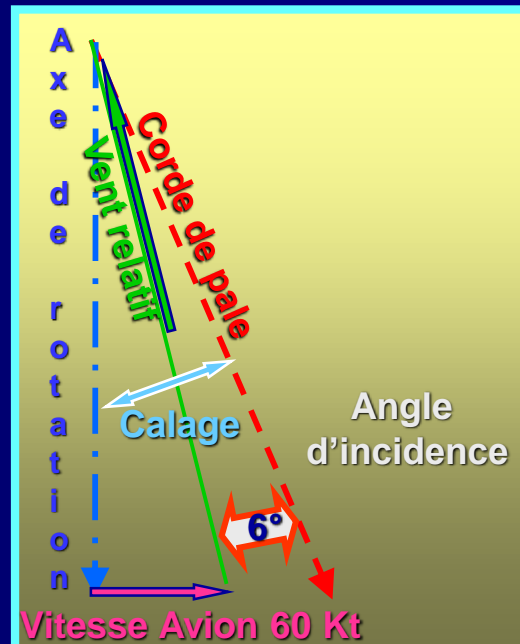


Angle d'incidence faible

=

Traînée insignifiante
Vitesse de rotation
du moteur réglable
(puissance suffisante)

Montée initiale Plein gaz

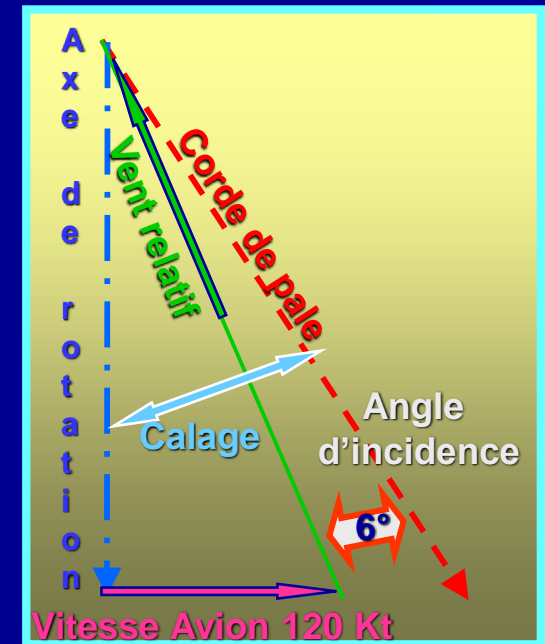


Angle d'incidence faible

=

Traînée insignifiante
Vitesse de rotation
du moteur réglable
(puissance suffisante)

Palier croisière Plein gaz



Angle d'incidence faible

=

Traînée insignifiante
Vitesse de rotation
du moteur réglable
(puissance suffisante)

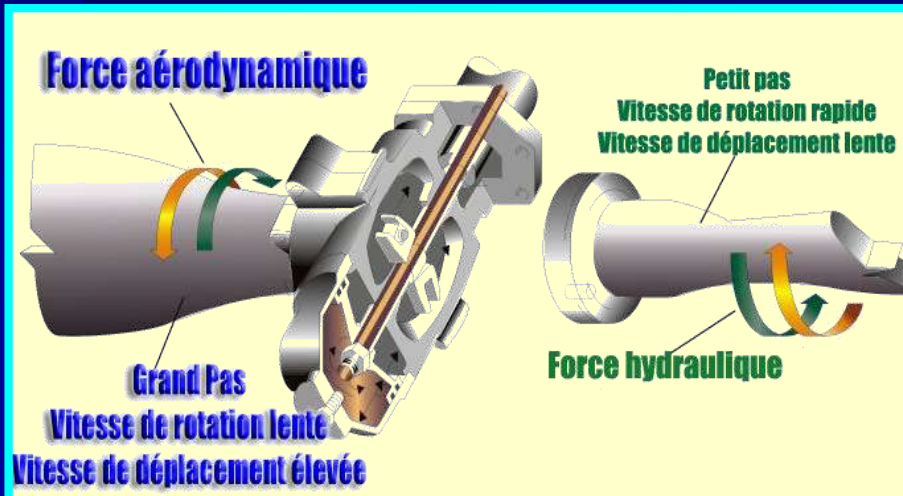
L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

RÉALISATION TECHNIQUE

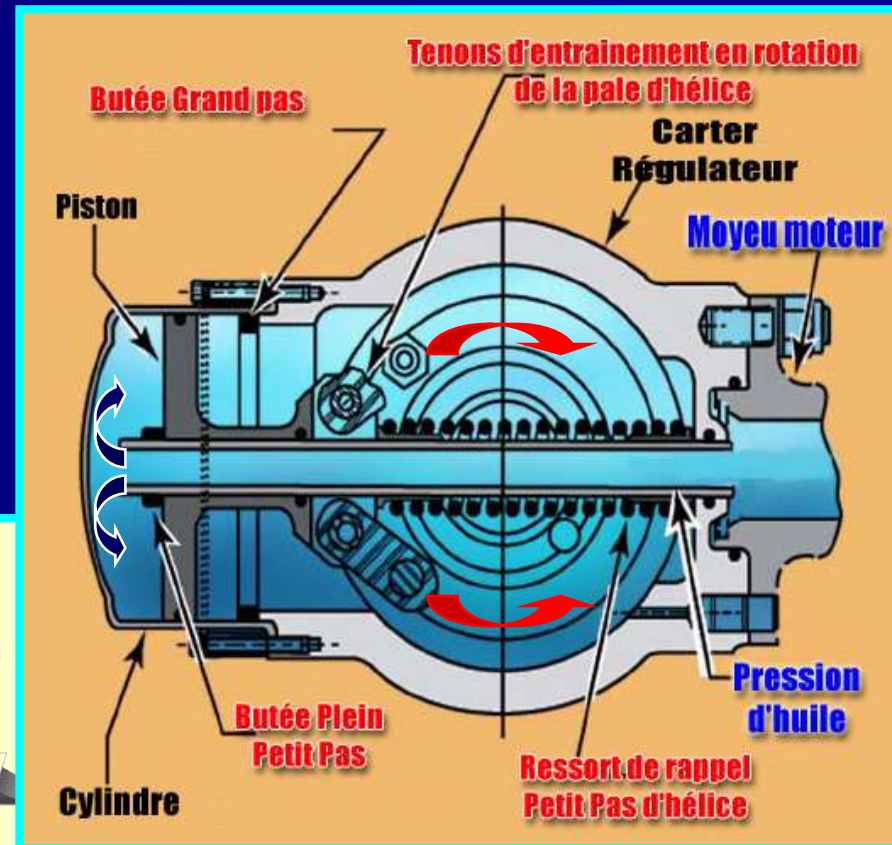
VITESSE CONSTANTE

La conduite du GMP est facilitée par l'adjonction d'un régulateur de régime de rotation de l'hélice.

Celui-ci règle automatiquement l'angle de calage de l'hélice en fonction des conditions de vol (décollage, montée, croisière, ...).



Régulateur d'hélice



La variation automatique de calage est basée sur l'équilibre du couple moteur et du couple résistant.

L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

SCHÉMA DE PRINCIPE DU FONCTIONNEMENT

**Manette de régime
HÉLICE**

Le pilote affiche une vitesse de rotation correspondant à une phase de vol déterminée.

Le régulateur de Watt (effort centrifuge dû à la vitesse de rotation de l'hélice) agit par comparaison avec la pression d'un ressort taré sur le régime souhaité de l'hélice sur un clapet navette mobile.

**Circuit
Retour
d'huile**

**Alimentation
en huile
moteur**

**Pompe de
mise en
Pression**

**Bressort de tarage
du couple demandé**

**Masselottes
Effort centrifuge
Régime réel**

**Clapet
Navette
mobile**

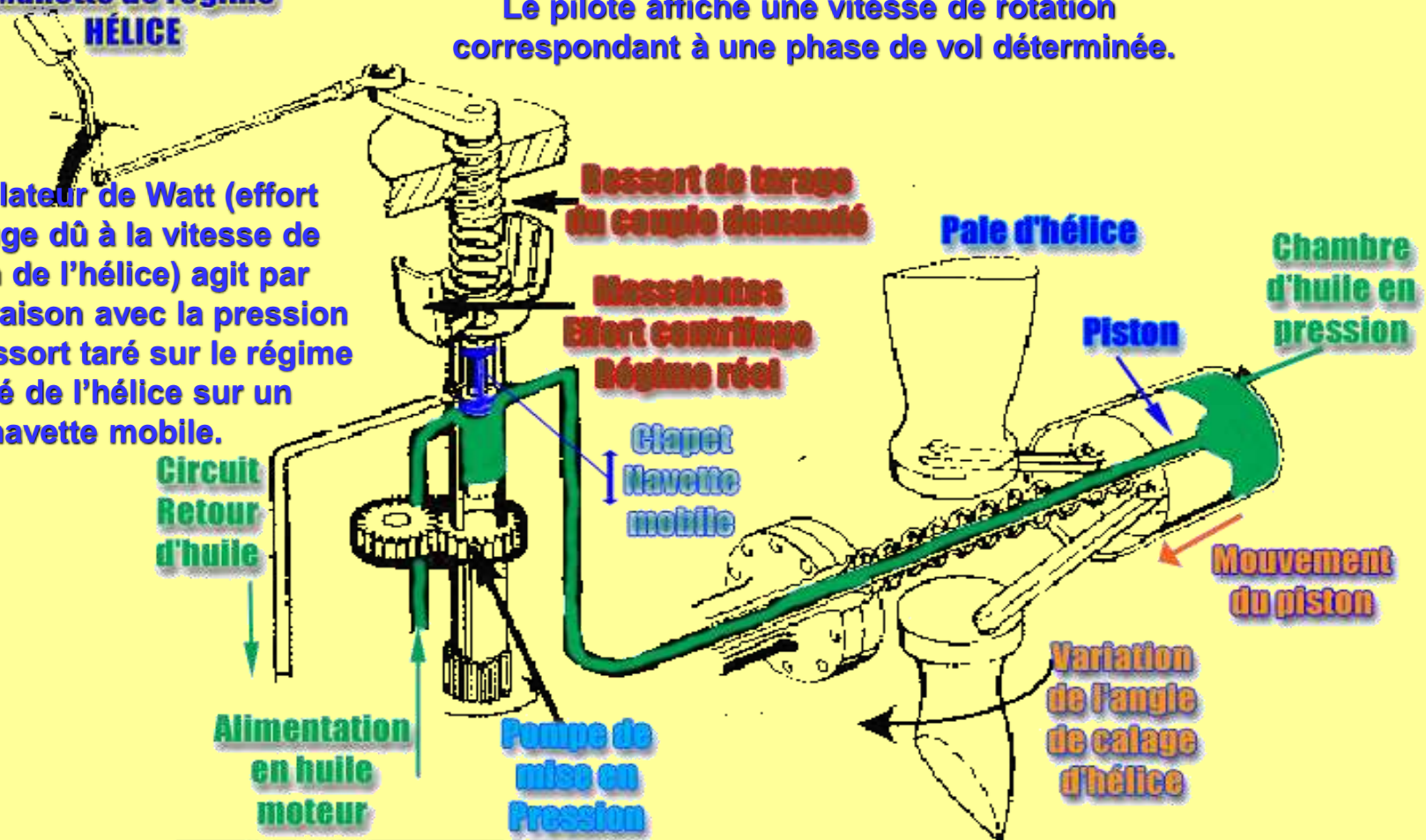
Pale d'hélice

Piston

**Chambre
d'huile en
pression**

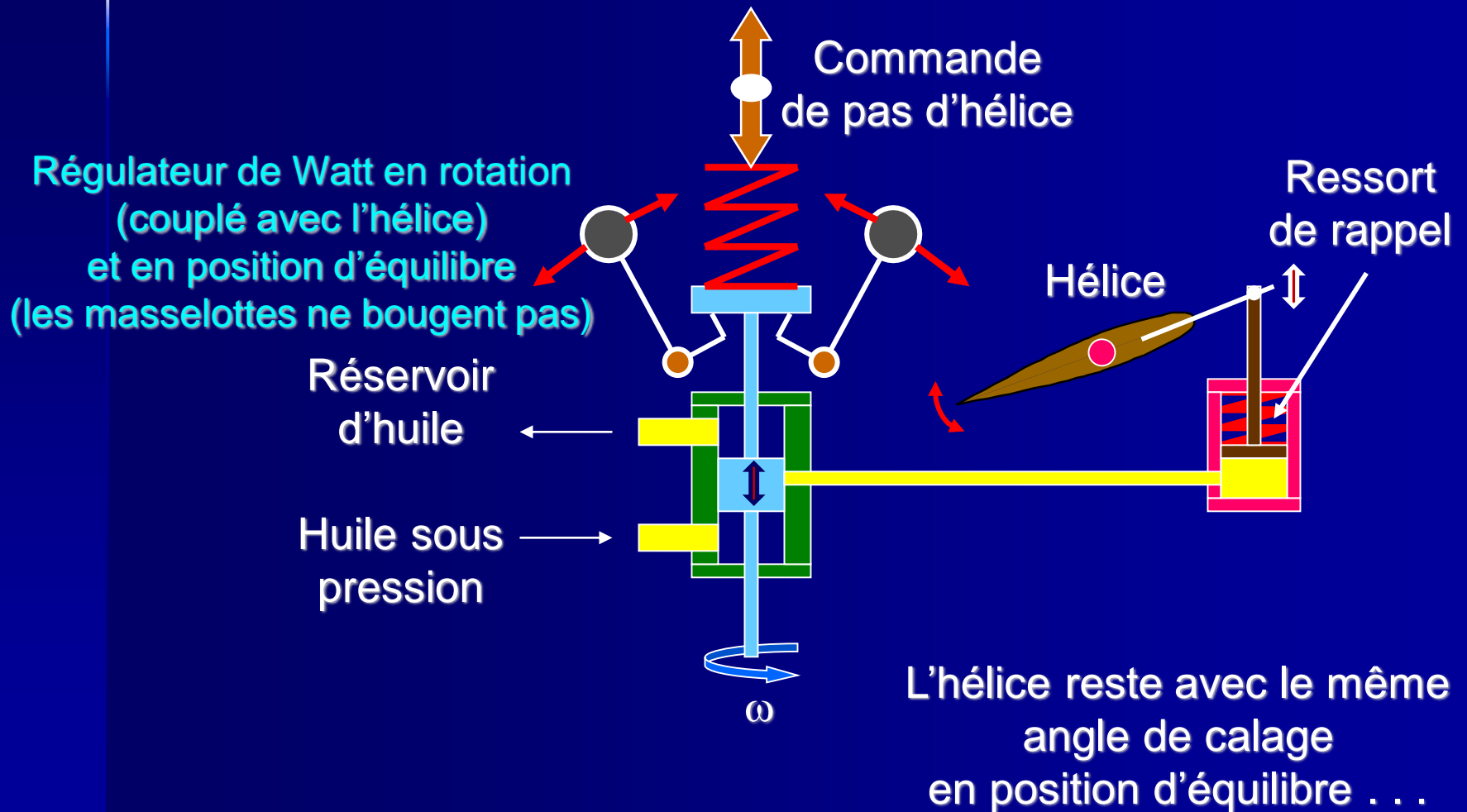
**Mouvement
du piston**

**Variation
de l'angle
de calage
d'hélice**



L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

SCHÉMA DE PRINCIPE DU FONCTIONNEMENT DU RÉGULATEUR D'HÉLICE



L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

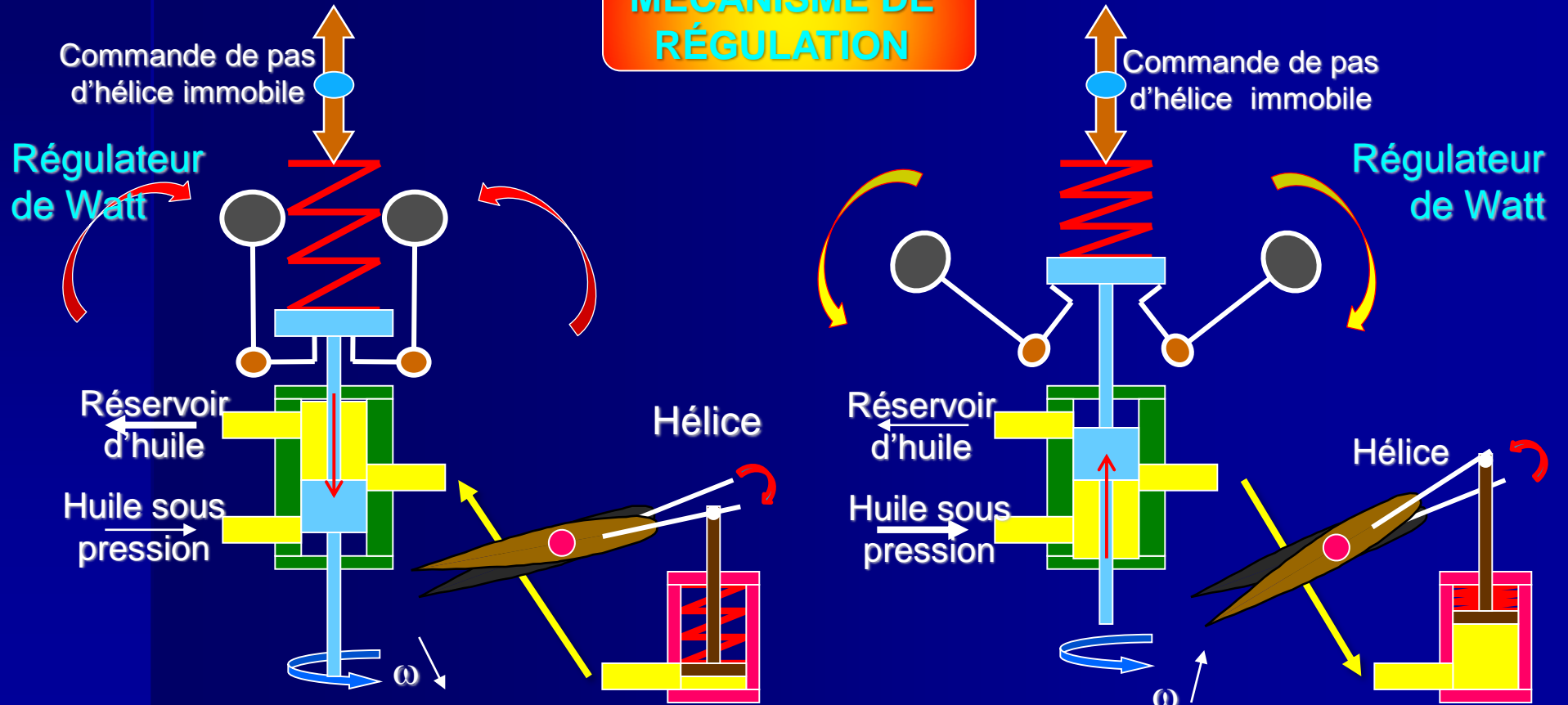
Vitesse de rotation tend à diminuer . . .

Les masselottes remontent
le ressort de rappel pousse le piston et
renvoie de l'huile de l'hélice vers le réservoir.
le calage diminue, la vitesse de l'hélice augmente.

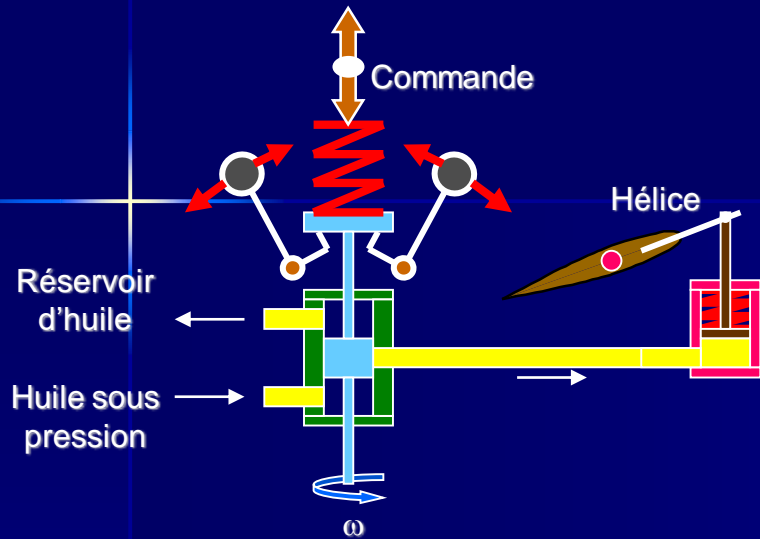
Vitesse de rotation tend à augmenter . .

Les masselottes s'écartent et remontent le piston.
De l'huile sous pression est envoyée vers l'hélice .
le calage augmente, la traînée augmente,
la vitesse de l'hélice ralentit.

MÉCANISME DE RÉGULATION



L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante



Relation de la position de la commande de pas d'hélice avec la position des masselottes du régulateur :

- pousser la commande revient à rapprocher les masselottes (petit pas),
- tirer la commande éloigne les masselottes (grand pas).

CONSÉQUENCES :

En cas de panne moteur (monomoteur) ou une fuite sur le circuit d'huile, le ressort de rappel place les pales de l'hélice au calage mini (petit pas).

PARTICULARITÉS :

Le régulateur n'est actif qu'à partir d'une puissance minimale affichée (PA au ralenti : le régulateur n'est pas actif donc plein petit pas).

Notion de « seuil critique » : en dessous de certaines valeurs de PA ou de la vitesse de rotation, le distributeur du régulateur n'est plus stable, des « variations » de régulations peuvent être constatées.

L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

COMMANDES ET INSTRUMENTS DE CONTRÔLE

Pression d'Admission
en Pouces de mercure

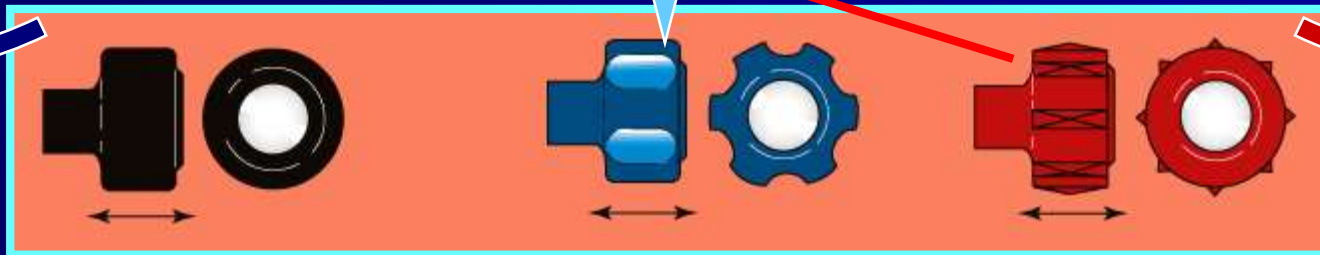


Consommation instantanée
en Gallons par heure

Tachymètre
en Tours par minute (X 100)



Température Gaz Echappement (EGT)
en Degrés Fahrenheit



Pression d'Admission

Régime Hélice

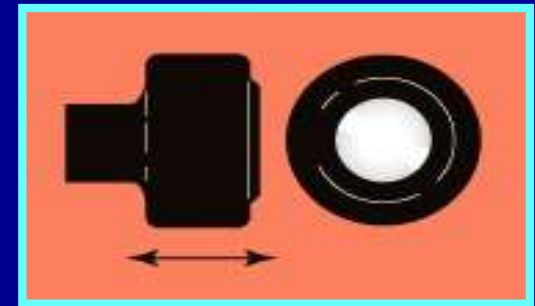
Mixture

L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

COMMANDES ET INSTRUMENTS DE CONTRÔLE

Commande de Pression d'Admission

Cette commande, de couleur noire ou métal, agit sur **l'ouverture du papillon d'admission d'air non carburé** ainsi que sur la quantité d'essence injectée. Elle agit directement sur la puissance demandée au moteur.



Au sol, moteur arrêté, la pression d'admission indique la pression atmosphérique.

En montée, la diminution de la pression atmosphérique nécessite une action sur la PA.

La valeur de la PA et le contrôle sont effectués, par référence au manuel constructeur, sur la partie gauche de l'instrument ci-contre.

L'unité courante est le Pouce de mercure



L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

COMMANDES ET INSTRUMENTS DE CONTRÔLE

Commande d'hélice

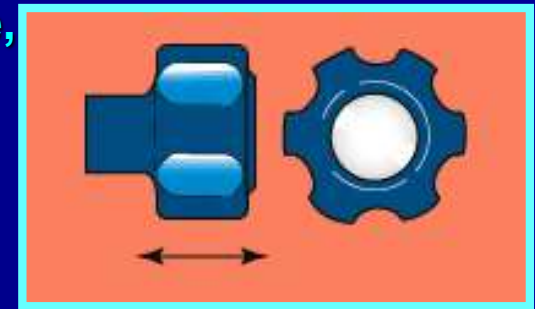
La manette de régime d'hélice, de couleur bleue, détermine une vitesse de rotation (RPM) du moteur et de l'hélice.

Elle peut varier graduellement par rotation du pommeau ou par déclenchement central :

- de la position plein « grand pas » (sens antihoraire ou manette en arrière) ;
- au « plein petit pas » (sens horaire ou manette en butée avant).

Elle commande le nombre de tours par minute de l'hélice (RPM).

L'instrument de contrôle associé est le compte-tours (tachymètre).



L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

COMMANDES ET INSTRUMENTS DE CONTRÔLE

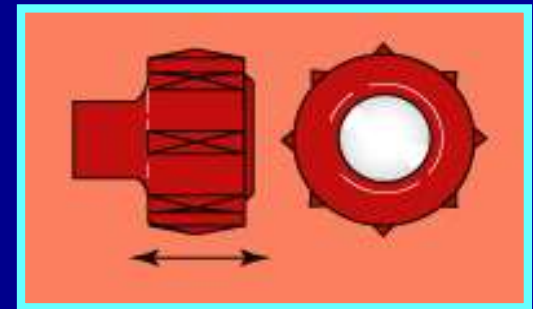
Commande de richesse (Mixture)

La mixture, de couleur rouge, a également une forme dentelée et peut se visser (réglage fin) ou se déplacer d'avant en arrière en poussant un bouton central d'enclenchement (amorçage ou étouffoir).

Deux instruments de contrôle sont associés, l'un pour la consommation instantanée, l'autre pour mesurer la température des gaz d'échappement.

Le débitmètre ou Fuel Flow (partie droite de l'instrument) est considéré comme un pré-réglage (mesure le débit et non le mélange).

L'EGT (Exhaust Gas Température) permet le réglage du mélange air/essence à toutes les altitudes par sa mesure fine de la température des gaz d'échappement.



L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

PROCÉDURE DE RÉGLAGE DE L'E.G.T.

MOTEUR A INJECTION

Le dosage Essence / Air est primordial pour le bon fonctionnement, la fiabilité et la longévité du moteur.

La relation liant la Puissance du moteur et la Température des gaz d'échappement permet de régler précisément le mélange Essence / Air.

Croisière Plein riche

Température du moteur et des gaz d'échappement trop froide.



Recherche Pic E.G.T.

Appauvrir lentement avec mixture la température augmente jusqu'à un max Positionner l'aiguille de référence.



Réglage optimum E.G.T.

Enrichir lentement avec la mixture jusqu'à la perte de 4 déviations Réglage Puissance-Vitesse.

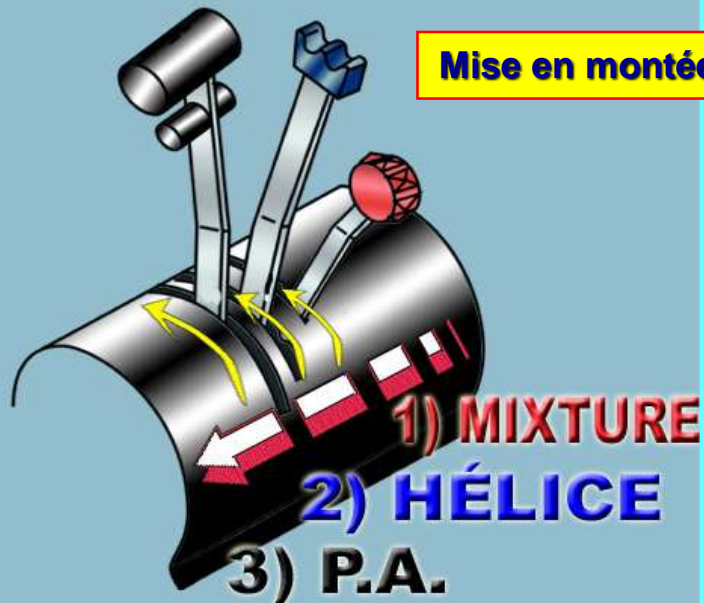


L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

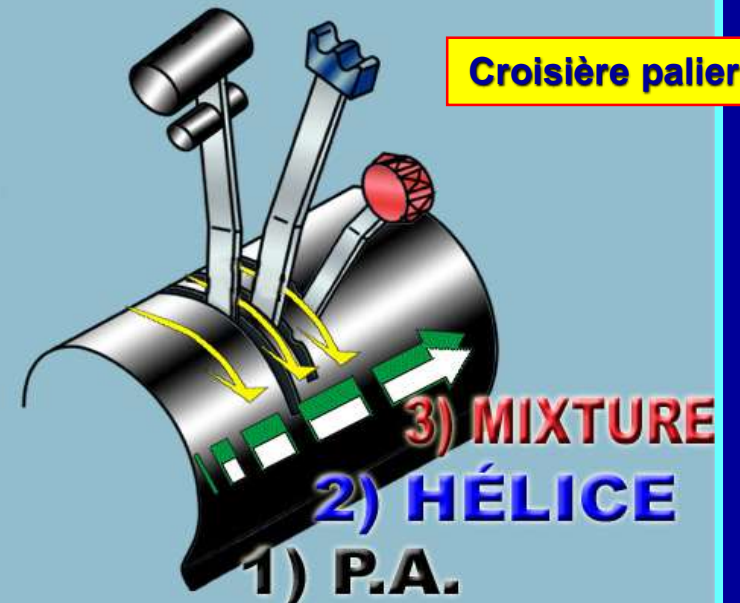
PROCÉDURES D'UTILISATION DES COMMANDES

Le couple résistant doit rester inférieur à la limite de résistance des matériaux, d'où l'obligation du respect de l'ordre d'utilisation des manettes de Pression d'Admission, de régime d'Hélice et de Mixture.

AUGMENTATION DE PUISSANCE



DIMINUTION DE PUISSANCE



Toujours réduire le couple résistant avant d'augmenter le couple moteur

L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

PROCÉDURES D'UTILISATION DES COMMANDES

DÉCOLLAGE



- 1) **Plein Riche**
- 2) **Plein Petit Pas**
- 3) **Plein gaz**

MONTÉE APRES DÉCOLLAGE



- 1) **PA montée**
- 2) **RPM montée**
- 3) **Plein Riche vérifié**

CROISIERE



- 1) **PA croisiere**
- 2) **RPM croisière**
- 3) **Mélange réglé**

+ PUISSANCE



- 1) **Plein Riche**
- 2) **RPM montée**
- 3) **PA montée**

DESCENTE



- 1) **Plein Riche**
- 2) **RPM croisière**
- 3) **PA descente**

ATTERRISSAGE



- 1) **Plein Riche**
- 2) **Plein Petit Pas**
- 3) **PA à la demande**

L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

RENDEMENT

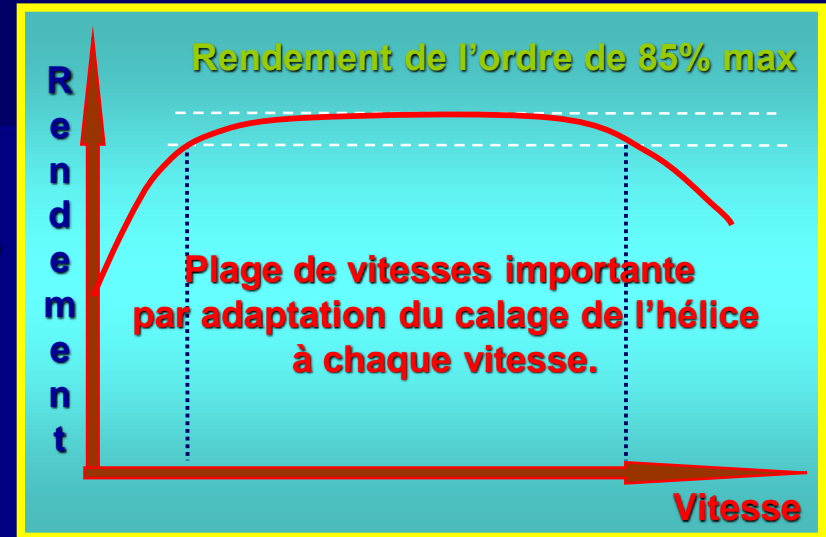
Le rendement est optimal sur une très large plage de vitesses. Il est conditionné par l'utilisation d'une puissance comprise entre 70 et 100 % du régime max.

Avantages de l'hélice à calage variable et vitesse constante :

- Rendement important sur une large plage de vitesses :
 - Décollage, traction et montée améliorés ;
 - Vitesse de croisière supérieure ;
- Protection des sur-régimes moteur ;
- Facilité d'emploi.

Inconvénients :

- Coût élevé de l'ensemble hélice – régulateur ;
- Maintenance onéreuse ;
- Poids plus élevé.



L'HÉLICE à calage variable et vitesse constante

HÉLICES A PALES MULTIPLES



L'utilisation d'hélices multiples améliorent le rendement, permet de diminuer le diamètre de l'hélice, donc la vitesse en bout de pale et participe ainsi à la diminution du bruit.



**Merci
de votre attention**

