

NOTIONS DE BASES SUR LES AVIONS LEGERS

(D'après le livre "Connaissance de l'avion léger de A. Hémond "

1) Introduction : Les éléments apportés ci-dessous, ne constituent pas à proprement parler un cours formel sur le fonctionnement des avions légers, mais plutôt, une base de connaissances indispensables pour profiter pleinement du pilotage d'un avion léger." On aime bien, ce que l'on comprend bien.

Ces quelques lignes s'adressent plus particulièrement aux jeunes en phase d'apprentissage du pilotage, mais aussi aux "anciens" qui n'ont jamais eu la curiosité de savoir "Comment ça marche"

Le cours est divisée en 2 notices séparées :

- Le Moteur et l'Hélice.
- La Cellule.

2) Le Moteur – Généralités : Les moteurs considérés ici, correspondent à ceux rencontrés le plus souvent dans les aéroclubs, c'est-à-dire des moteurs à 4 temps à 4 cylindres à plat de marque Lycoming ou Continental. Ce sont des moteurs à *combustion interne* alternatifs dits " à explosion ", car le mélange gazeux (air+ essence) effectué dans un carburateur, est enflammé par une étincelle générée électriquement par une magnéto aux bornes d'une bougie. Ces moteurs sont dits à explosion, car la combustion est théoriquement instantanée.

Dans les moteurs dits " à combustion", le combustible est injecté dans de l'air fortement comprimé directement à l'intérieur du cylindre, pour le monter à haute température. Le combustible s'enflamme alors spontanément et progressivement au fur et à mesure de son introduction dans l'air chaud. C'est le type même des moteurs diesel que l'on rencontre encore peu dans l'aviation légère.

2-1) Description du moteur à explosion : (Voir figure n° 1) Celui-ci comprend :

- Une enceinte dans laquelle le mélange gazeux est comprimé et enflammé : le **cylindre**.
- A l'intérieur de l'enceinte se meut un **piston** qui constitue le fond mobile du cylindre.
- A la partie supérieure du cylindre, se trouvent 2 conduits, ouverts et fermés périodiquement par 2 **soupapes**.
Un conduit dit d'**admission** est relié au **carburateur** qui fabrique le mélange gazeux. Ce conduit est fermé alternativement par la soupape d'admission.
Un conduit dit d'**échappement** est relié directement à l'air libre via un **pot d'échappement** ou **silencieux**. Ce conduit est fermé alternativement par la soupape d'échappement.
- Entre les 2 soupapes , une **bougie** connectée à une source de courant haute tension (**magnéto**) permet la création d'une étincelle entre 2 électrodes.
- Un système **bielle-** manivelle transforme le mouvement alternatif linéaire (va et vient) du piston en mouvement rotatif du **vilebrequin** .

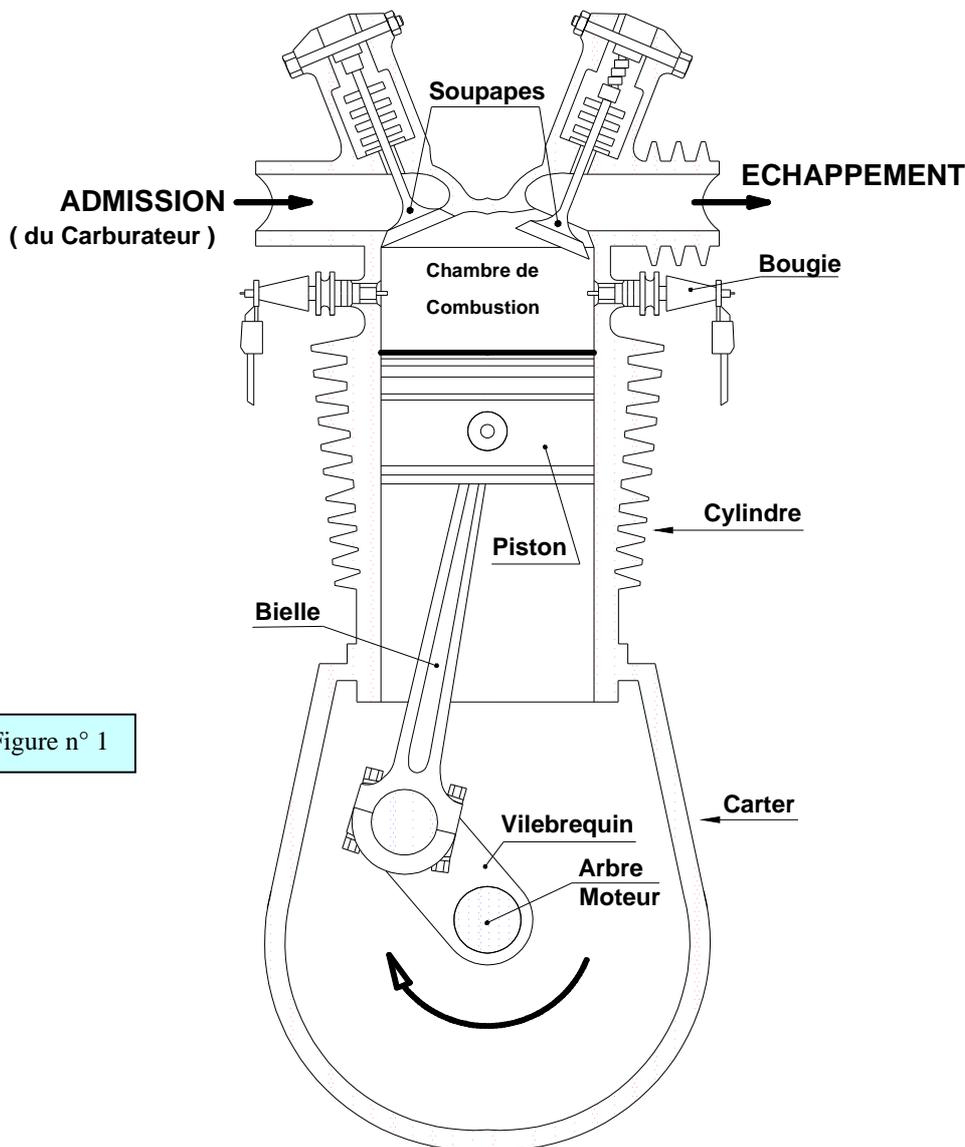


Figure n° 1

- L'**arbre moteur** solidaire du vilebrequin transmet directement le mouvement à l'**hélice**.

Les deux positions extrêmes du piston sont appelées **points morts**:

- La position la plus proche du fond du cylindre (ou culasse) se nomme point mort (PMH)
- La position la plus éloignée se nomme point mort bas (PMB).

Le volume compris entre les deux positions PMB et PMH représente la **Cylindrée** du moteur

2-2) Le cycle à 4 temps: Il a été initié par Beau de rochas en 1861, puis Otto en 1888, puis enfin Louis Forest qui a été le premier à mettre au point le premier moteur à explosion.

Le cycle est dit à 4 temps car il s'effectue en 4 courses du piston (2 aller/retour) séparées en 4 phases distinctes :

- Admission du mélange air + essence.
- Compression du mélange par le piston en montant.
- Explosion du mélange par l'étincelle et détente des gaz.
- Echappement des gaz brûlés vers le pot d'échappement.

Le rôle des soupapes est laisser passer alternativement les gaz frais et brûlés et de fermer la chambre de combustion pour permettre la compression et l'explosion.

La figure n° 2 montre les 4 temps sur nos moteurs d'avion.

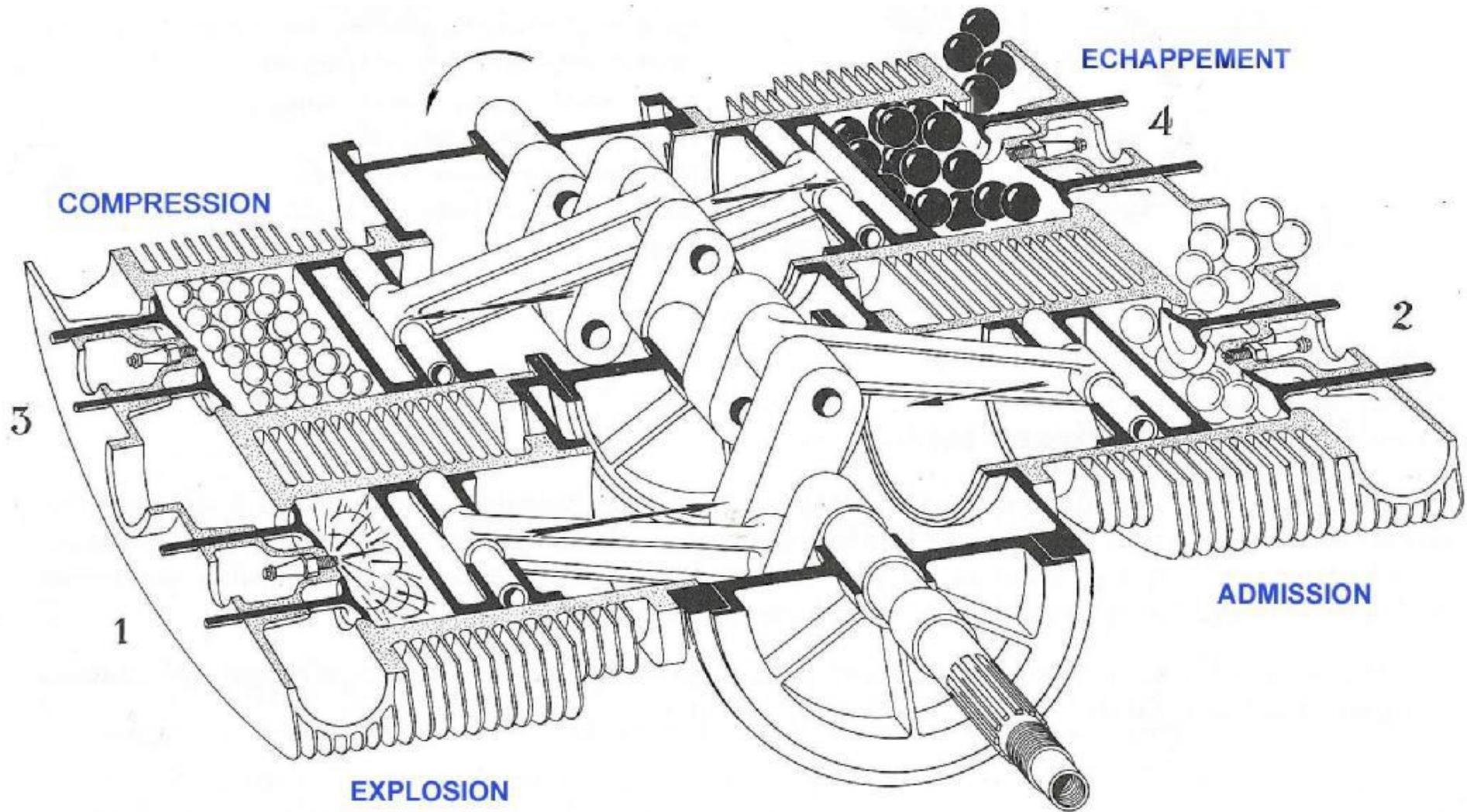


Figure n° 2

2-3) Rendement du moteur à explosion : Le schéma suivant (Figure n° 3) montre la répartition globale pour une énergie fournie de 100 calories du travail utile (27%) et des différentes pertes dans un moteur à explosion.

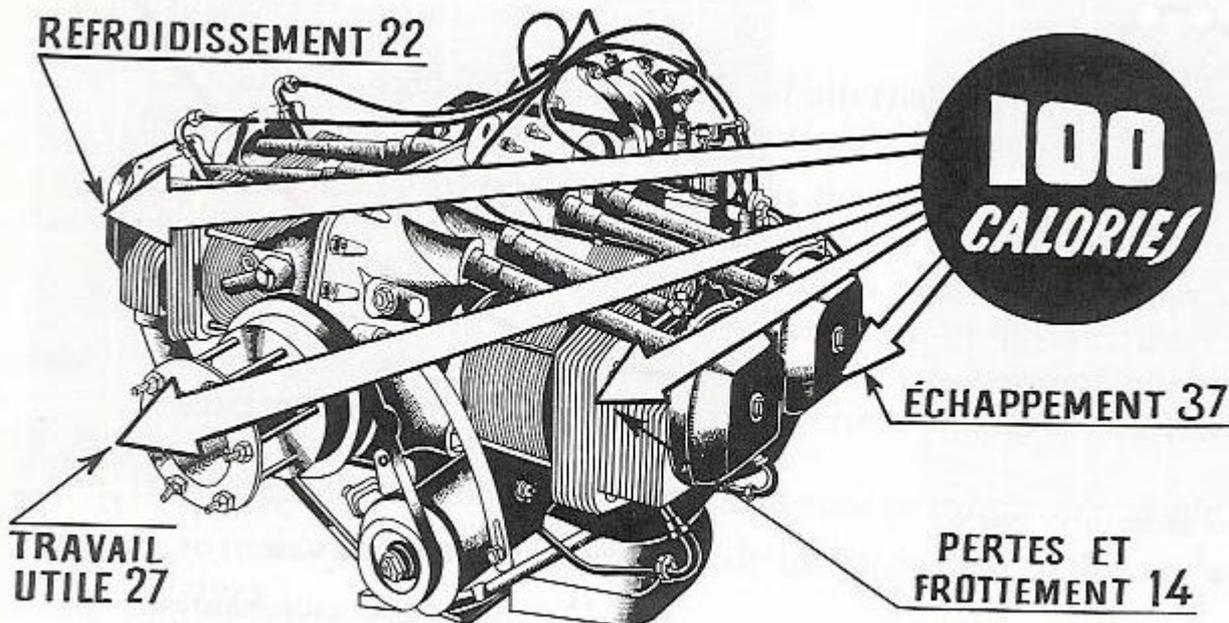


Figure n° 3

2-4) Description des principaux circuits du moteur : Nous avons vu comment fonctionnait globalement le moteur. Pour permettre ce fonctionnement, nous avons besoin d'un certain nombre de "circuits secondaires":

- en amont pour préparer le mélange détonnant, c'est le **circuit essence**
- en aval pour évacuer les gaz brûlés c'est le **circuit d'échappement**
- pour refroidir le moteur c'est le **circuit d'huile** et le **circuit d'air de refroidissement**.
- pour préparer l'étincelle c'est le **circuit électrique**.

Nous allons passer en revue chacun de ces circuits.

2-5) Le circuit essence : Sur un avion léger, la compréhension du fonctionnement du circuit essence est un facteur important dans la gestion du vol de l'avion . Nous allons essayer de détailler le principe et la constitution des divers éléments du circuit essence, depuis le (ou les) réservoir (s) jusqu'au carburateur, où l'essence se transforme en vapeur .

2-5-1) Schéma d'installation: La figure n° 4 indique les divers constituants essentiels du circuit essence.

On trouve dans l'ordre :

- Le réservoir.
- Le robinet d'arrêt .
- Le filtre décanteur.
- La pompe électrique.
- La pompe mécanique (sur le moteur)
- Le carburateur.

SCHEMA DU CIRCUIT CARBURANT

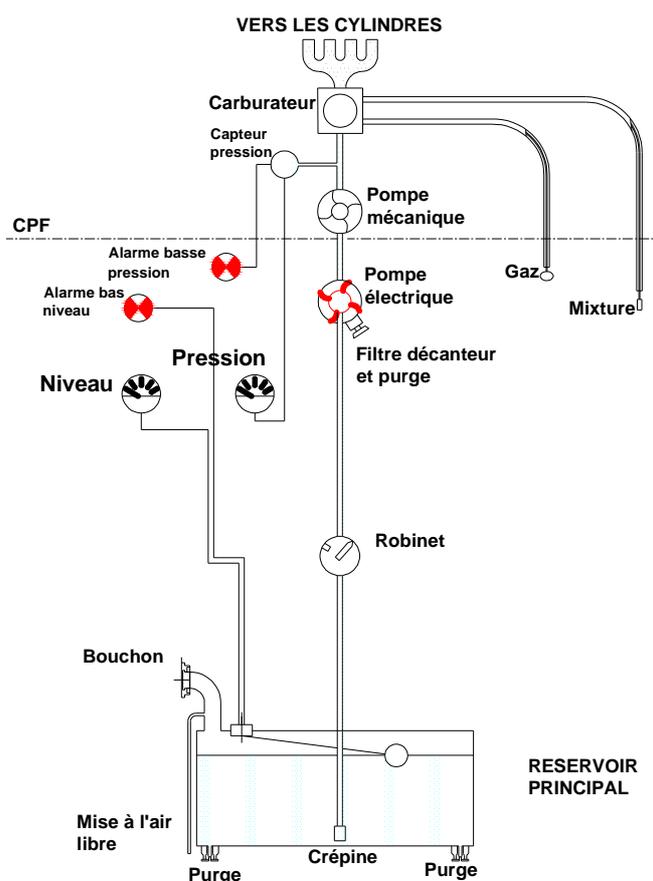


Figure n°4

Viennent ensuite les capteurs (jauges), les indicateurs et les manettes de commande qui permettent la gestion du circuit essence.

Nous allons passer en revue les divers éléments du circuit essence.

2-5-2) Le réservoir : Suivant les types d'avion ,on peut trouver, un, deux ou trois réservoirs, alimentant le circuit (un réservoir principal d'une centaine de litres, et un ou deux réservoirs supplémentaires plus petits.

Le réservoir est construit en général en aluminium ou en stratifié époxy revêtu à l'intérieur d'un produit inerte vis à vis de l'essence (souvent PRC de chez Le Joint français).

Il est prévu en partie supérieure du réservoir un orifice de remplissage avec un bouchon étanche et un petit tuyau (6 à 8 mm de diamètre) pour une mise à l'air libre (évent).

En partie inférieure : un orifice de vidange avec un bouchon fileté.

La figure n° 5 présente les principaux constituants du réservoir d'essence :

2-5-3) Le circuit de jauge : En partie supérieure également on trouve une jauge à niveau de carburant, utilisant un flotteur qui actionne un rhéostat faisant varier une résistance, dont le report sur un indicateur à aiguille donne une bonne idée de la quantité de carburant restant dans le réservoir.

La figure n° 6 montre un indicateur à aiguille

Figure n° 5

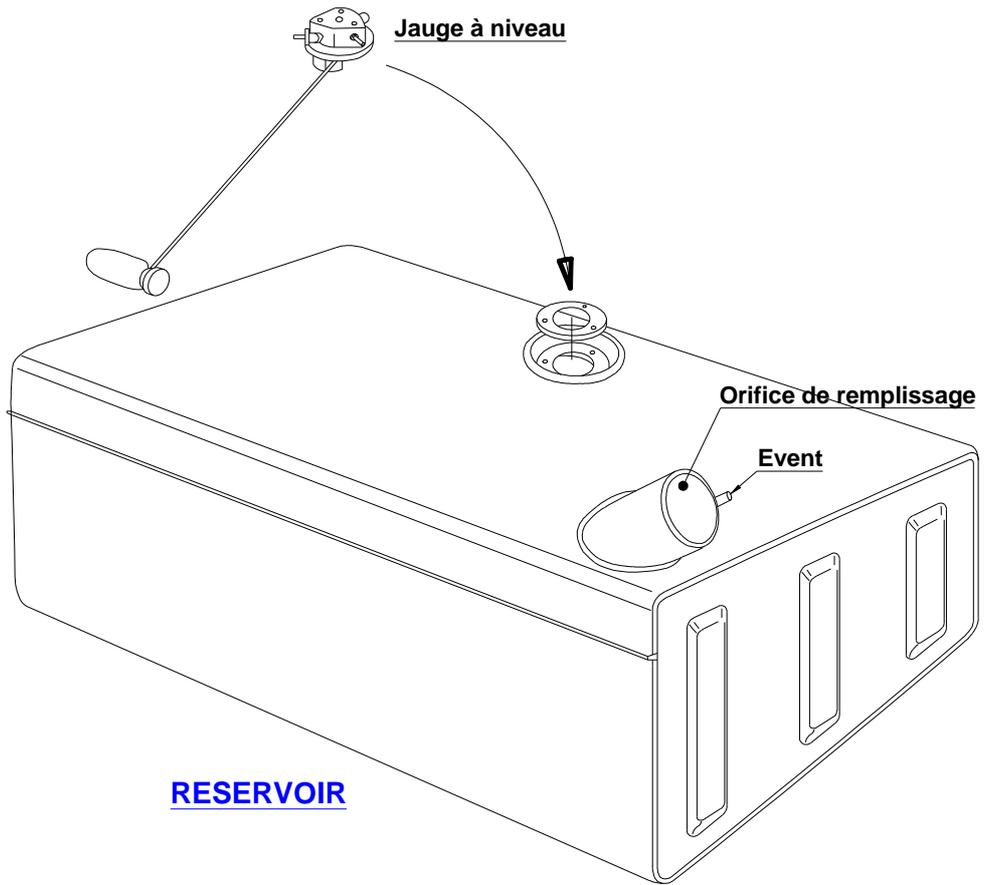
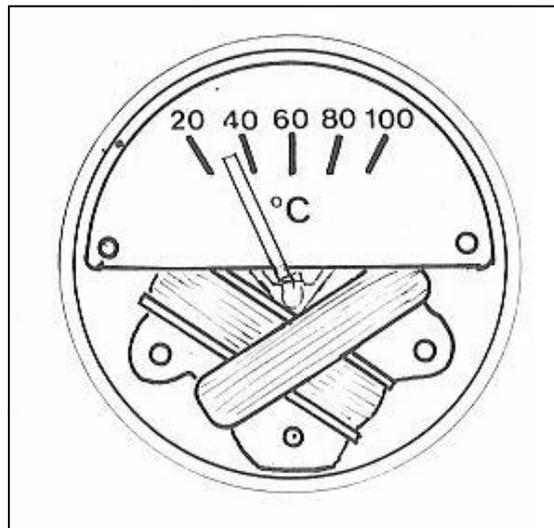


Figure n° 6



L'indicateur de niveau

Il faut malgré tout se méfier de ce dispositif (jauge + indicateur) qui peut parfois donner de fausses indications (dérive). Il est indispensable de gérer en parallèle son autonomie au cours d'un voyage, au moyen des données de remplissage figurant sur le carnet de route , comparées au temps de vol et à la consommation de l'appareil.

Il faut aussi périodiquement, vérifier l'indication des jauges à l' aide d'une baguette en plastique graduée que l'on enfonce dans le réservoir, et comparer le niveau sur la baguette avec l'indication de la jauge.

La figure n° 7 montre la jauge avec le flotteur dans son ensemble;

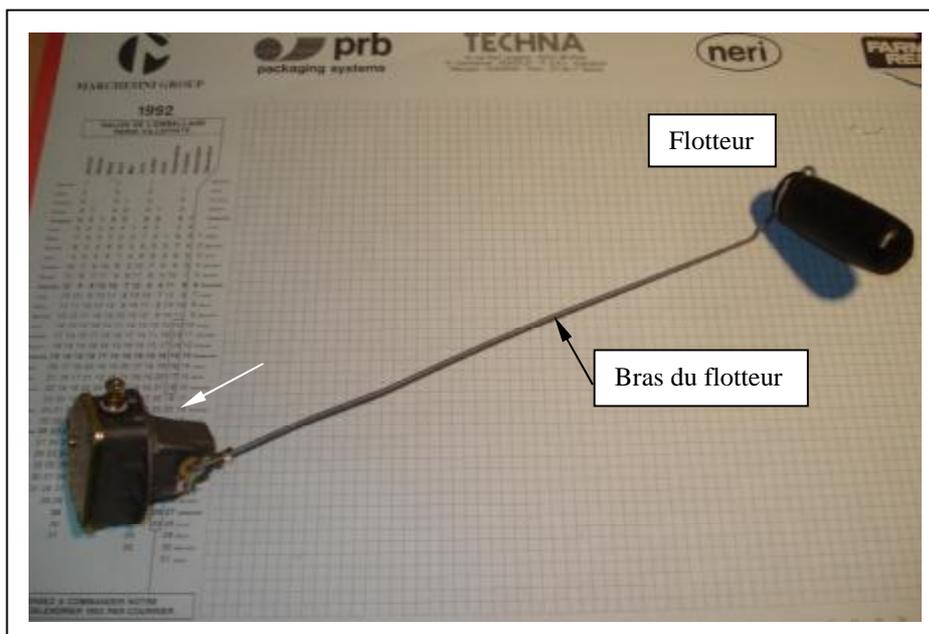


Figure n° 7

2-5-4) Le purgeur essence : En partie inférieure du réservoir, on trouve, à l'intérieur, une crépine qui retient les grosses particules, et à l'extérieur, un piquage de départ vers le circuit essence. (Voir Figure n° 8)

Une purge, disposée aux points bas des réservoirs, ou du circuit essence, permet d'évacuer l'eau qui s'y serait éventuellement déposée du fait de sa densité plus importante (figures n° 9 et 10)

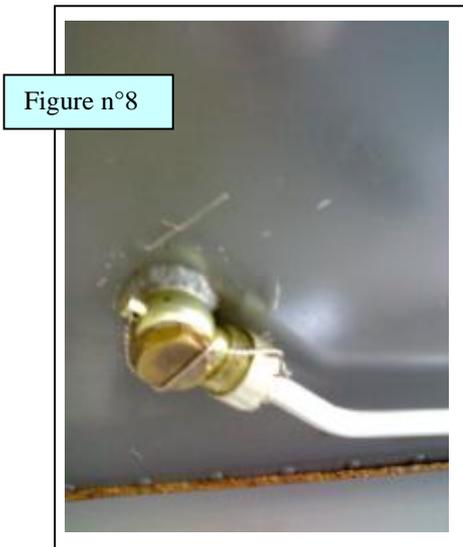


Figure n°8

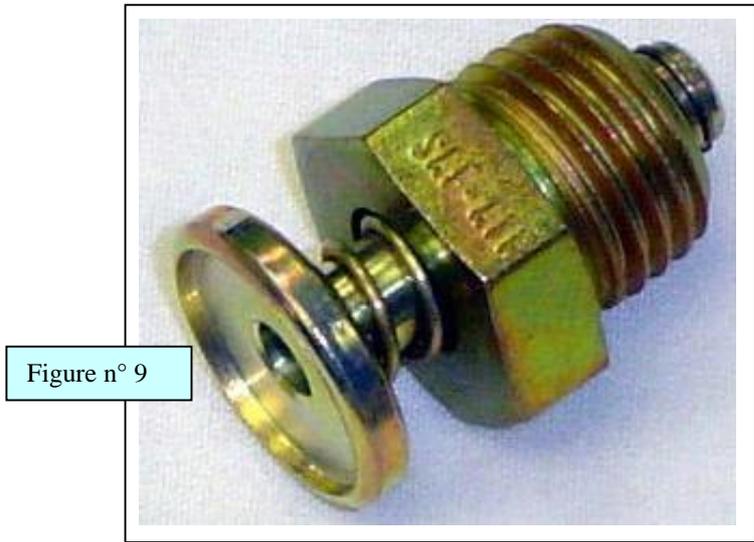


Figure n° 9



Figure n° 10

2-5-5) Le robinet d'arrêt : Le robinet d'arrêt permet d'isoler le réservoir, du reste du circuit, en interrompant le débit d'essence. Il comporte parfois plusieurs positions ce qui permet de sélectionner l'un ou l'autre des 2 réservoirs ou les 2 à la fois, La figure n° 11 montre un réservoir Le Bozec à 3 voies avec fermeture par clapets.

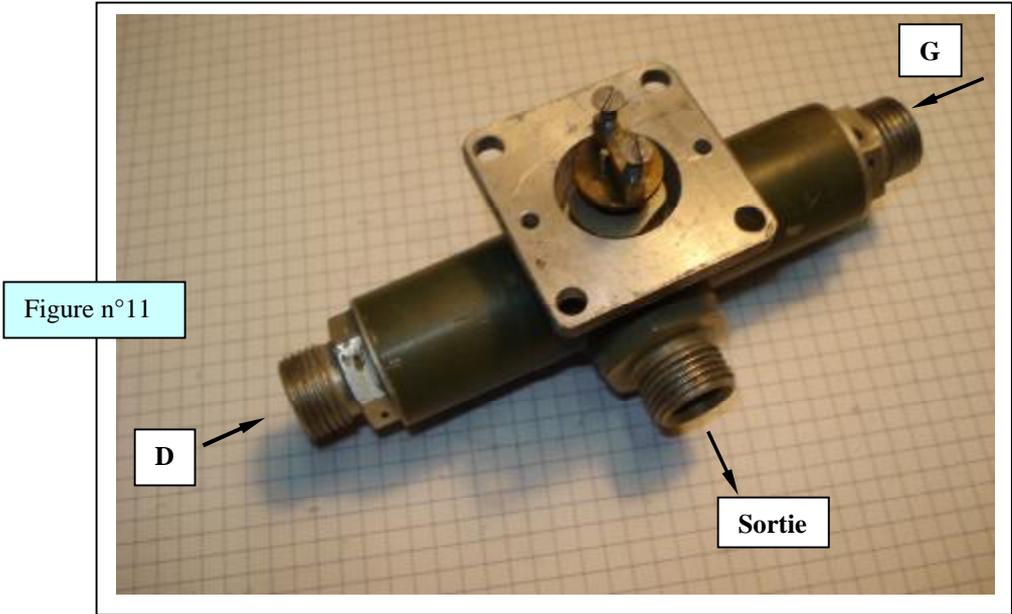


Figure n° 11

D

G

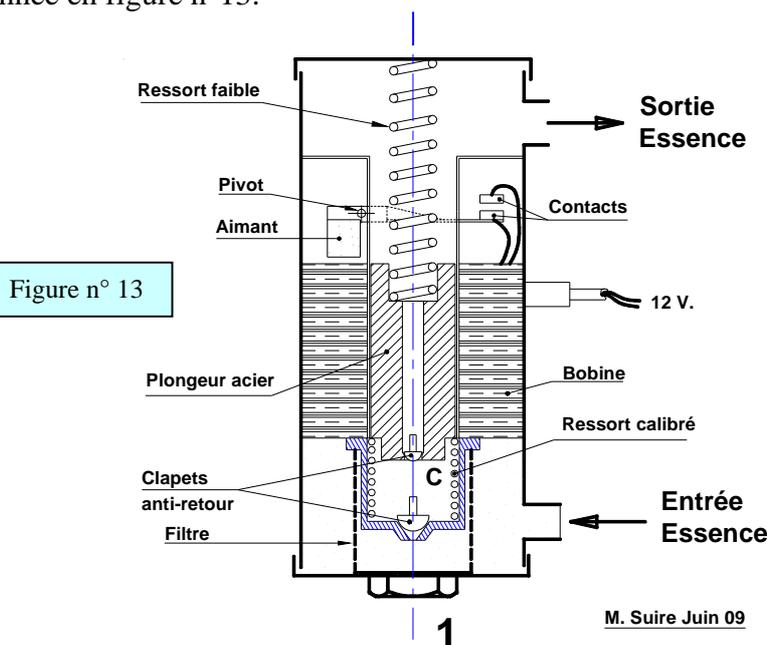
Sortie

2-5-6) Le filtre décanteur : Le filtre décanteur (ou gascolator en anglais) comme son nom l'indique retient les particules qui pourraient être en suspension dans l'essence.(Voir figures n° 12)

Figures n° 12



2-5-7) La pompe électrique : Son rôle est de pallier une éventuelle défaillance de la pompe mécanique. Les pompes de marque Facett sont les plus connues; une vue éclatée est donnée en figure n°13:



Elle est constituée d'une bobine électrique 12V qui attire vers le bas, un plongeur acier faisant office de piston. Lorsque le plongeur est en position basse il annule l'action d'un aimant qui coupe les contact, l'obligeant à redescendre , poussé par un ressort dit faible.

Le ressort calibré qui se trouve en partie basse, repousse alors le plongeur vers le haut attirant de nouveau l'aimant qui ferme les contacts, et le cycle recommence.

Deux clapets anti- retour permettent à l'essence qui arrive par le bas de remonter en pression vers le haut.

Un filtre démontable par le bas retient les éventuelles particules.

Le bruit caractéristique, généré par le va et vient du plongeur est familier des pilotes.(figure n° 14)

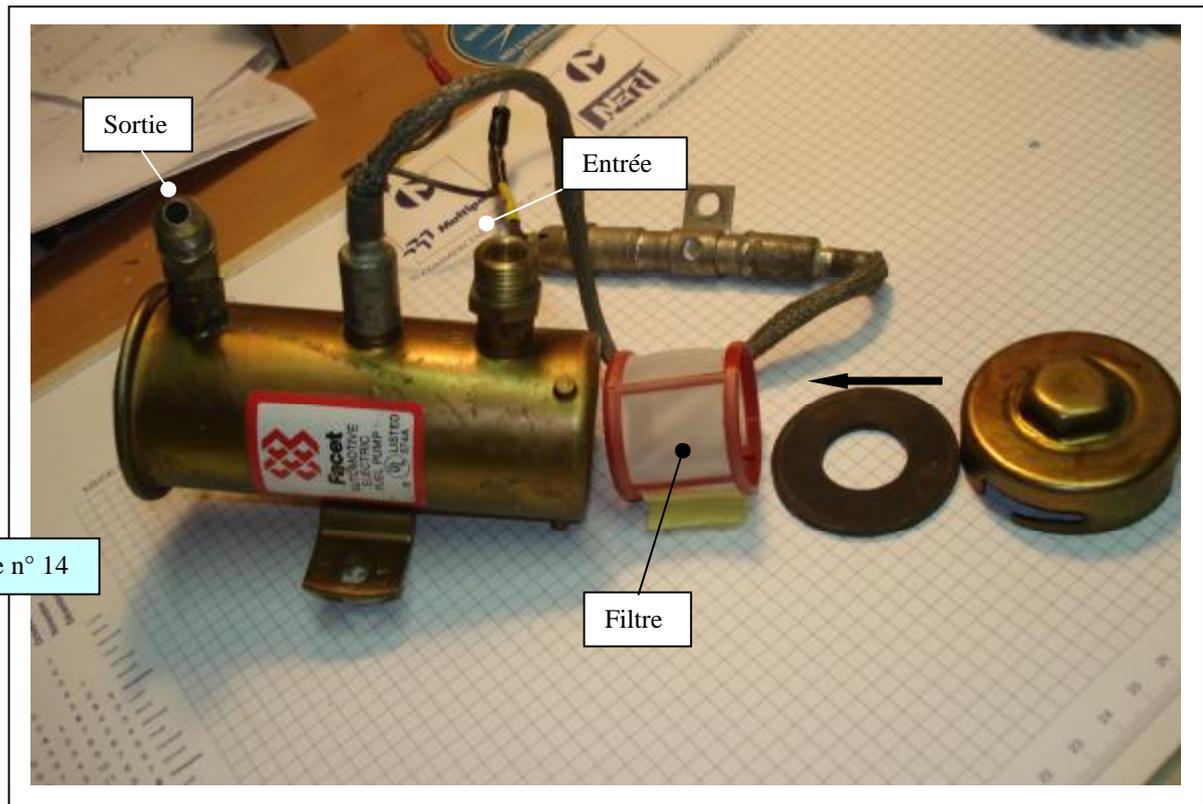


Figure n° 14

2-5-8) La pompe mécanique : Cette pompe est fixée et entraînée directement par le moteur. Elle fonctionne donc en permanence, grâce à un levier qui fait bouger une membrane en caoutchouc renforcé. Des clapets à l'entrée et à la sortie de la pompe, permettent le refoulement vers le carburateur(voir figure n°15).Le ressort situé en partie inférieure limite la course de la membrane, quand la pression convenable est atteinte.

En fait, par sécurité, la pompe comprend 2 membranes superposées, de sorte que si la membrane inférieure est percée, la seconde membrane évite que l'essence ne rentre dans le carter d'huile. On voit alors une fuite par la mise à l'air qui est alors canalisée sous l'avion

La pression atteinte est de l'ordre de 300 à 350 mbars.

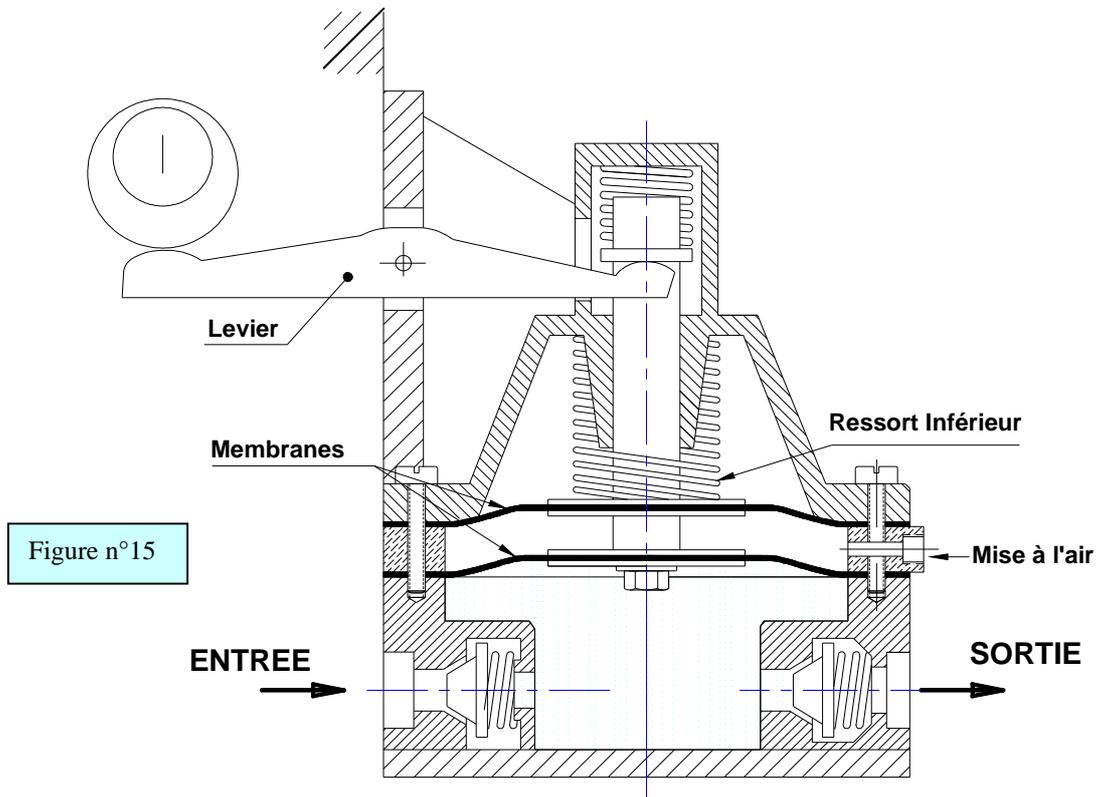


Figure n°15

La figure n° 16 montre le compartiment inférieur avec les 2 clapets anti-refoulement

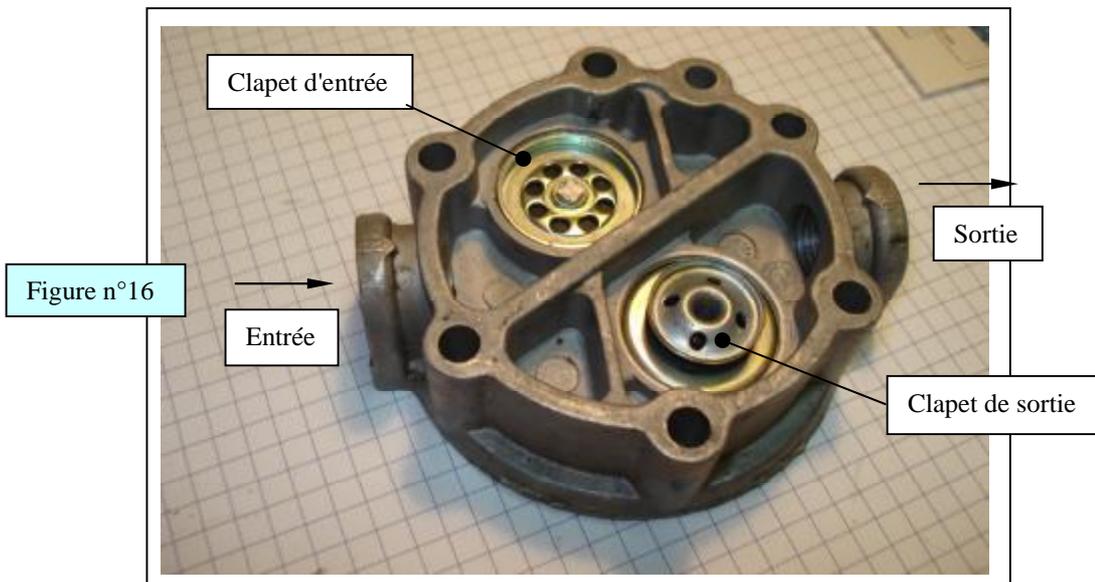
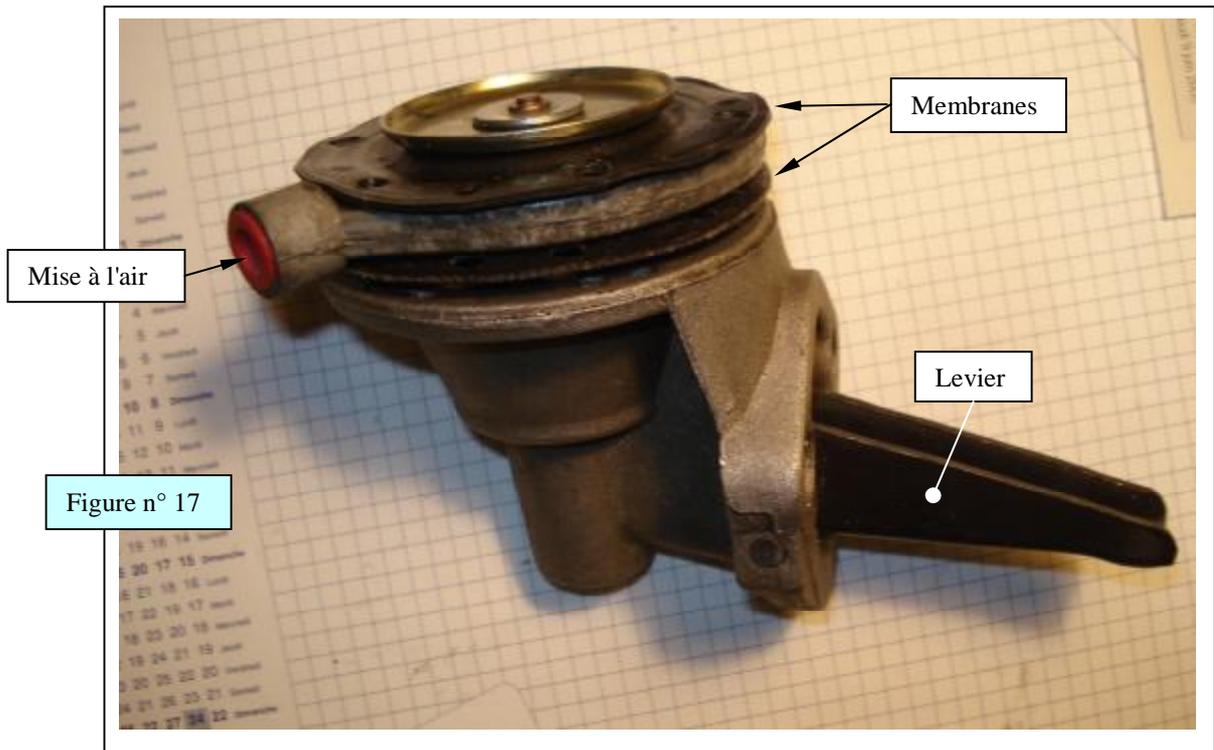
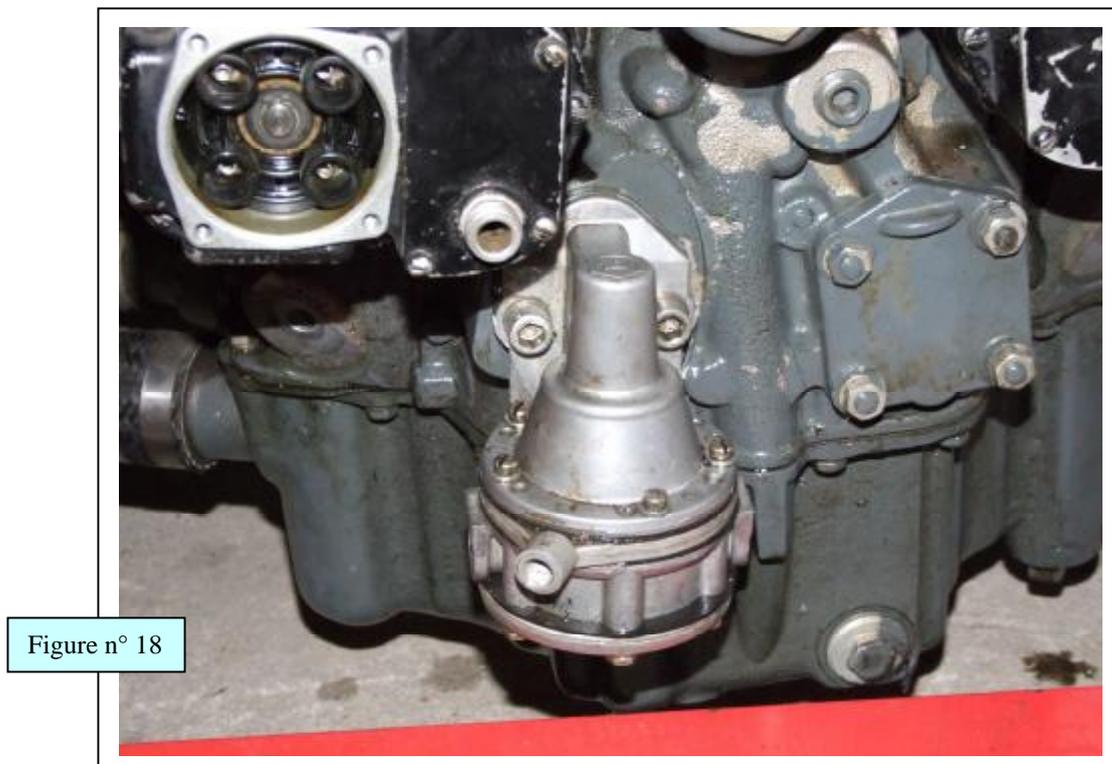


Figure n°16

La figure n° 17 montre la séparation de la mise à l'air par 2 membranes, ainsi que le levier de manœuvre de la pompe.



La figure n° 18, montre le montage de la pompe mécanique sur la table arrière du moteur.



2-5-9) Le carburateur : Le carburateur, surtout utilisé pour les puissances inférieures à 200 CV à pour rôle de pulvériser l'essence et de la mélanger à l'air dans des proportions bien définies de 1g d'essence pour 15 g. d'air.

- Si la proportion descend à 1/10, le mélange est dit riche, il abaisse la température du moteur, il augmente la consommation, il crée des fumées noires à l'échappement, et provoque l'encrassement des cylindres.
- Si la proportion grimpe à 1/20, le mélange est dit pauvre et crée un échauffement du moteur par une combustion trop lente.

La figure n° 20 représente le schéma d'un carburateur, dont les principaux éléments sont :

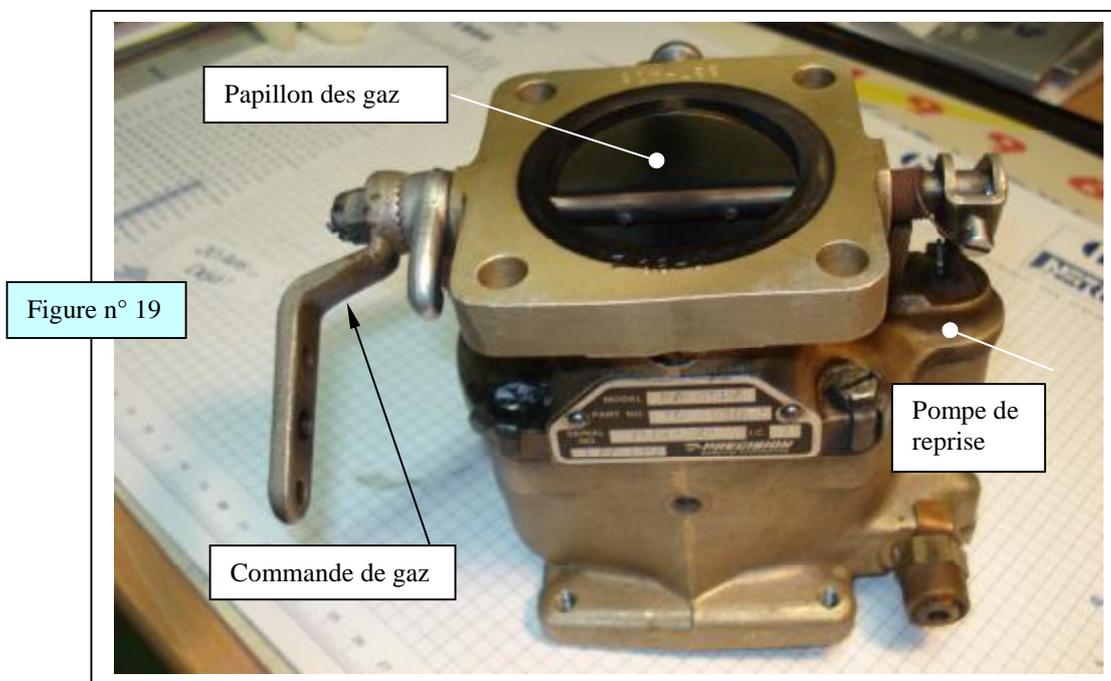
- La cuve à niveau constant qui régule le niveau d'essence à l'aide d'un flotteur et d'un clapet à pointe.
- La cuve est reliée au gicleur principal G2 par un tube fin percé de trous qui font une pré-émulsion de l'essence, qui est pulvérisée par le gicleur dans le venturi dans le courant d'air aspiré par le moteur.
- Le papillon des gaz qui est manœuvré par la commande de gaz, dose la quantité de mélange aspiré.
- Dispositifs annexes :

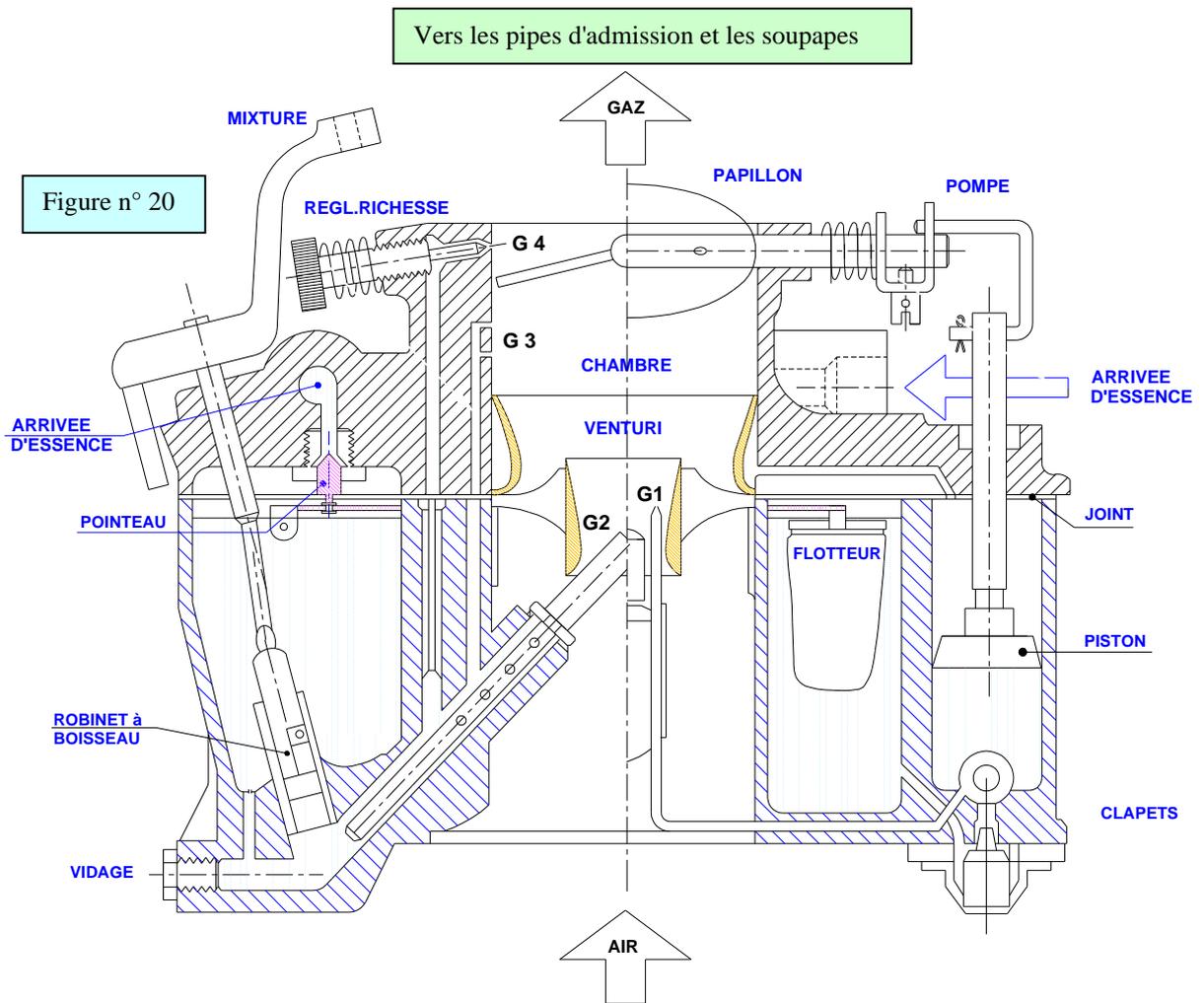
Le gicleur en régime économique G3, lorsque le papillon est partiellement fermé, l'air est dévié vers les parois et met en service ce gicleur pour maintenir la richesse du mélange.

Le gicleur de ralenti G4 entre en service lorsque le papillon est fermé, puisqu'il se situe en aval de celui-ci. Il comporte une vis qui permet le réglage de la richesse.

La pompe de reprise est actionnée dès l'ouverture des gaz par un piston qui injecte une quantité supplémentaire d'essence via le gicleur G1 pour améliorer la reprise du moteur.

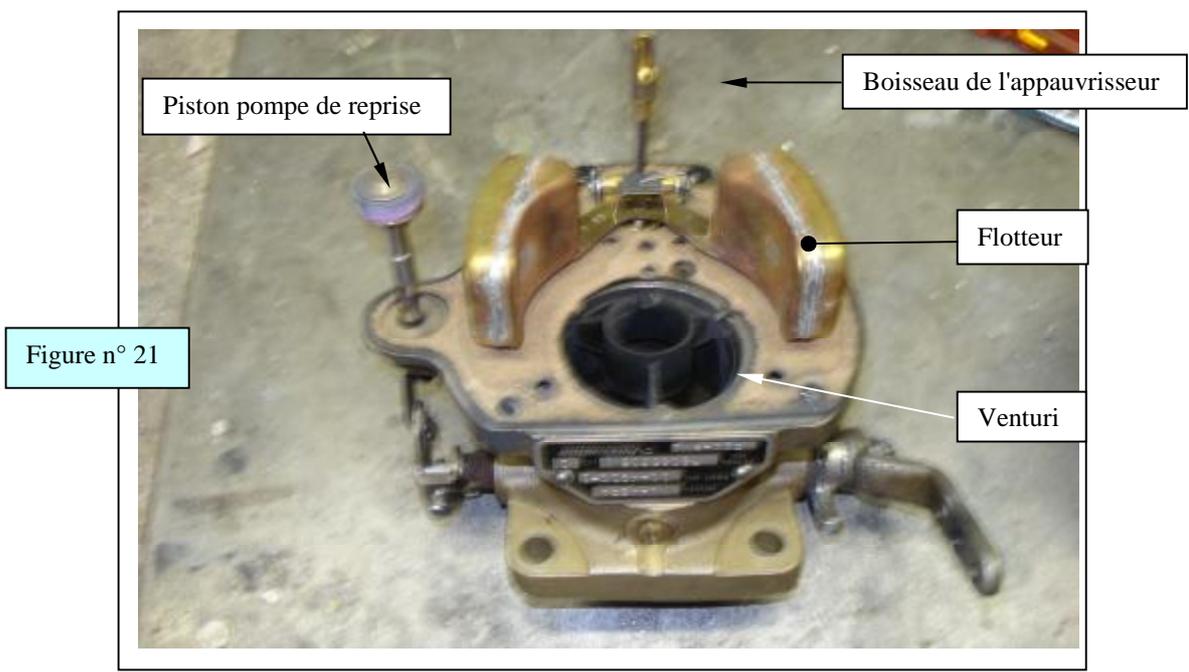
Le réglage de mixture règle le débit d'essence par un robinet à boisseau, dans le puits du gicleur principal, et permet d'appauvrir le mélange en altitude où l'air est raréfié, et conserver ainsi la même proportion 1/15.





De la boîte réchauffage carbu

La figure n° 19 montre l'extérieur d'un carburateur Marvell, tandis que la figure n° 21 montre la partie supérieure retournée, après que l'on ai retiré la cuve.



2-5-10) L'essence : Nous terminerons cette revue du circuit essence par quelques notions sur notre "cher" carburant.

L'AVGAS (Aviation Gasoline) encore dénommée 100LL (pour Low Lead ou faible teneur en plomb) est caractérisée entre autre par son indice d'octane ou résistance à l'auto inflammation.

Le carburant est comparé à un mélange de n-heptane (indice 0) qui détonne violemment et d'iso-octane (indice 100) qui est anti- détonnant..

Ainsi, un carburant d'indice 95, a les mêmes caractéristiques qu'un mélange de référence contenant 95 % d'iso-octane et 5% de n-heptane essayé dans un moteur normalisé type CFR .

Au-de là de 100, on est obligé d'ajouter du plomb tétraéthyle (ou TEL) pour obtenir de hautes propriétés anti- détonantes, et d'élever le taux de compression du moteur (de 6 à 8,5). En outre le plomb tétraéthyle améliore la lubrification des guides et des sièges de soupapes. Ses inconvénients sont d'encrasser quelque peu les bougies au ralenti, et de corroder les soupapes

L'essence avion ne doit contenir ni eau, ni alcool, ni benzène, les seuls additifs autorisés sont le colorant et, le TEL (0,56g/l).

En aviation légère on utilise principalement de l'essence de grade 100/130 de couleur bleu clair (pour identification par les douanes), le premier chiffre (ou indice d'octane) caractérise le pouvoir anti-détonant en mélange plus pauvre (en croisière), le second (ou indice de performance), caractérise le pouvoir anti-détonant en mélange plus riche (au décollage). Sans le plomb tétraéthyle, le grade 100/130 retomberait à 80/85 comme les carburants automobiles.

Contrairement à l'essence auto dont la volatilité varie entre l'été et l'hiver, l'essence avion a une volatilité constante (tension de vapeur de 420 hPa à 37,8°C), inférieure à celle de l'essence auto, ce qui permet d'éviter le vapor lock en été et en altitude, et de réduire les risques de givrage en air humide.

Caractéristiques de l'Avgas :

Point éclair : < à - 18°C
Densité 0,720
Point d'auto-inflammation : > 350°C
Congélation < à -60°C.

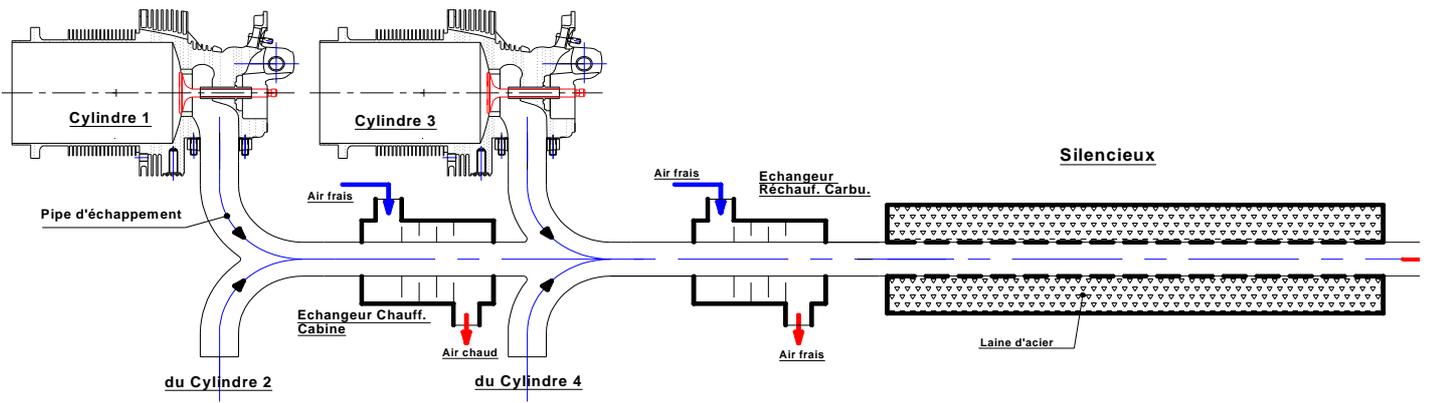
2-6) Le circuit échappement : Lorsque la soupape d'échappement s'ouvre, les gaz brûlés chauds sont chassés par la remonté du piston vers la pipe d'échappement, puis vers un pot de détente appelé silencieux. (voir figure n° 22)

Les pipes d'échappement des 4 cylindres sont reliées entre elles pour ne former qu'un seul tuyau d'échappement.

On profite de la chaleur des gaz d'échappement, pour réchauffer l'air qui va au carburateur d'une part, et l'air pour le chauffage de la cabine, au moyen de 2 échangeurs.

Les gaz brûlés traverse ensuite le silencieux, qui comprend un tube central perforé entouré d'une enveloppe remplie de laine d'acier dont le but est de détendre les gaz et d'atténuer le bruit des échappements.

Figure n° 22

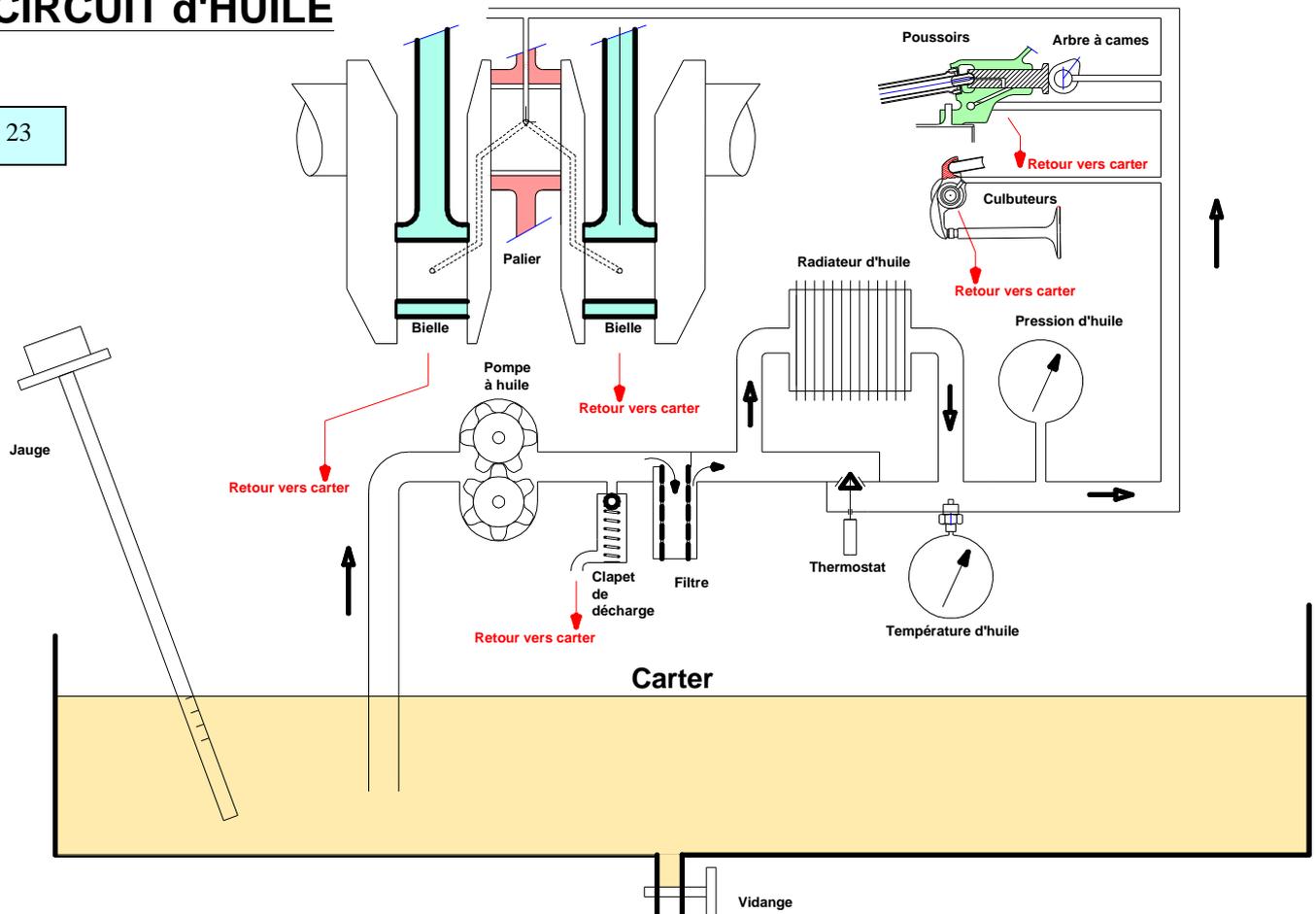


2-7) **Le circuit d'huile** : Avant chaque vol, tout pilote doit jeter un coup d'œil sur la jauge à huile, pour vérifier que le moteur contient la bonne quantité d'huile nécessaire à sa santé. Mais connaît-il le parcours dans le moteur de ce précieux liquide. Nous allons détailler pas à pas, la migration de cette huile à travers le moteur.

Voyons d'abord le schéma d'ensemble du circuit (figure n° 23):

CIRCUIT d'HUILE

Figure n° 23



L'huile est contenue dans le carter en partie basse du moteur. Elle est puisée par une pompe à engrenages qui la distribue vers les parties à lubrifier via un certain nombre d'accessoires qui en régulent et contrôlent, la pression, la température et la pollution en particules métalliques.(Figure n° 24)

Figure n°24

Vue de dessus d'un
carter d'huile de O 360



Nous allons passer en revue les différentes opérations de traitement de l'huile, puis les différents postes de lubrification avant le retour vers le carter.

2-7-1) Traitement de l'huile :

2-7-1-1 Pression : La mise en pression est assurée par une pompe constituée de 2 engrenages et située à l'arrière du moteur. (Figure n° 25) La pression obtenue est de l'ordre de 5 à 6 bars, et contrôlée par un clapet de décharge (Figure n° 26) comprenant une bille maintenue en pression par un ressort dont on peut contrôler l'action au moyen d'une vis

Figure n° 25

Pompe à huile



La pression exercée par la pompe doit être suffisamment élevée pour assurer la lubrification lorsque le moteur est au ralenti, ce qui implique que la pression sera excessive lorsque le moteur sera à régime élevé.

Pour éviter l'endommagement de certaines pièces, le clapet s'ouvre au-dessus d'une valeur de pression pré-réglée par la vis et le ressort. Lorsque la pression d'huile augmente pour une raison quelconque (régime élevé ou tuyauterie localement obstruée), l'huile repousse la bille et retourne alors directement au carter.
(Plus on serre la vis et plus la pression lue au manomètre augmente)

La valeur du pré réglage est inférieure à la pression maxi de la pompe, ce qui fait qu'en croisière il s'écoule en permanence une petite quantité d'huile par le clapet de décharge.

La quantité d'huile by-passée dépend du jeu des pièces en mouvement dans le moteur. Au fur et à mesure de l'usure des pièces, la quantité d'huile dans le circuit augmente et celle by- passée diminue.

Remarque : En cas de baisse de pression d'huile , il faut avant de jouer sur la vis du clapet de décharge, s'assurer qu'aucune autre cause fait baisser la pression (particule métallique coincée sous la bille, fuite dans le circuit...).

Figure 26

Clapet régulateur de pression



Figure n° 27

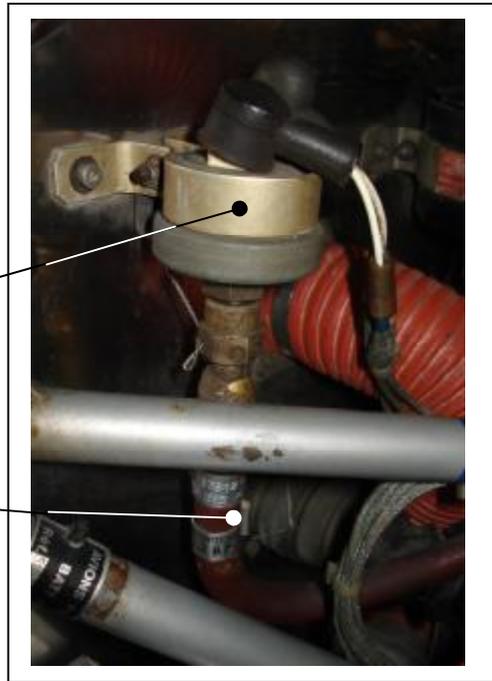
Situation du clapet régulateur

Le contrôle de la pression s'effectue en aval du traitement (voir figure 22) au moyen d'un capteur de pression déporté (voir figure n° 28) et d'un indicateur à aiguille. Le capteur comporte aussi un contact qui allume un voyant lorsque le moteur est à l'arrêt. Ce voyant doit s'éteindre dès la mise en route du moteur, sinon une anomalie de lubrification est en cours et il faut immédiatement arrêter le moteur.

Figure n° 28

Capteur de pression d'huile

Tuyau de liaison au moteur



2-7-1-2) Filtration : L'huile du moteur étant recyclée en permanence, et le mouvement relatif des organes du moteur, créant inévitablement de l'usure, donc des particules, on élimine ces particules au moyen d'un filtre. On s'assure ainsi que l'huile recyclée est exempte de particules d'un diamètre supérieur au diamètre des mailles du filtre.

Il existe 2 types de filtres sur les moteur avions:

- les filtres externes au moteur constitués d'un carter contenant des cartouches jetables et réunies au moteur par des tuyaux caoutchouc renforcés et souples.
- les filtres intégrés au moteur qui comportent un carter qui se visse sur le moteur et qui contient un filtre écran métallique cylindrique. Ces filtres sont nettoyables, et permettent de visualiser la quantité et la taille des particules contenues, lors des visites périodiques.

Figure n° 29

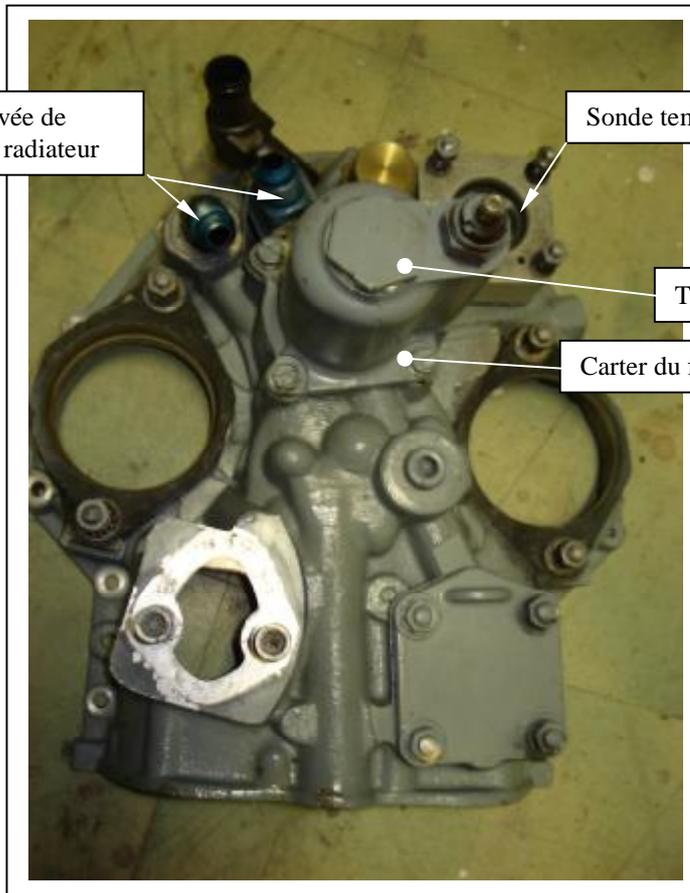
Vue de la table arrière du moteur, avec le carter du filtre à huile intégré

Départ et arrivée de l'huile vers le radiateur

Sonde température huile

Thermostat

Carter du filtre à huile



Une vue d'ensemble est donnée en figure n° 29. Les photos suivantes (figures 30 et 31) montrent le carter et son filtre démonté.

Figure n° 30



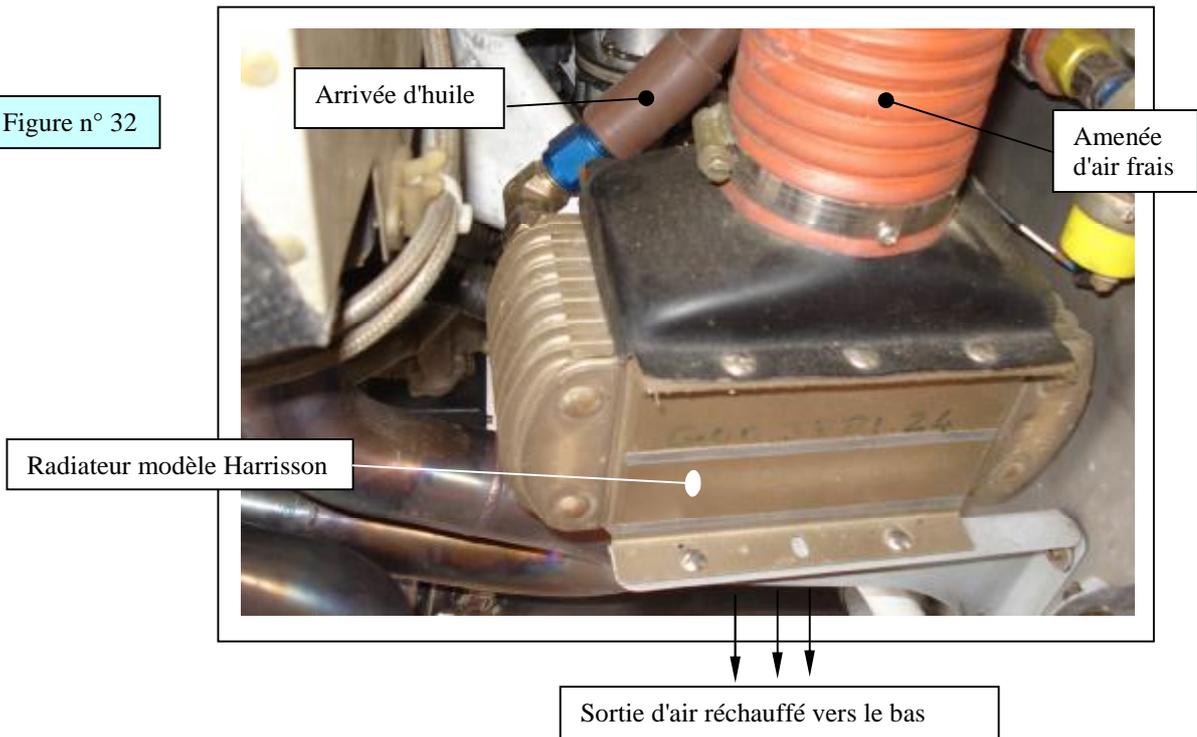
Figure n° 31



Filtre métallique

2-7-1-3) La température : La principale fonction de l'huile est de lubrifier les organes en mouvement. Une autre fonction est d'extraire une partie de la chaleur provoquée par les explosions. Dans ce but on intercale dans le circuit, un radiateur à ailettes échangeant cette chaleur avec l'air de refroidissement. Le radiateur est en général déporté du moteur et l'huile est amenée chaude et retournée au moteur après refroidissement par 2 tuyaux souples en caoutchouc armé résistant à la pression. (figure n°32)

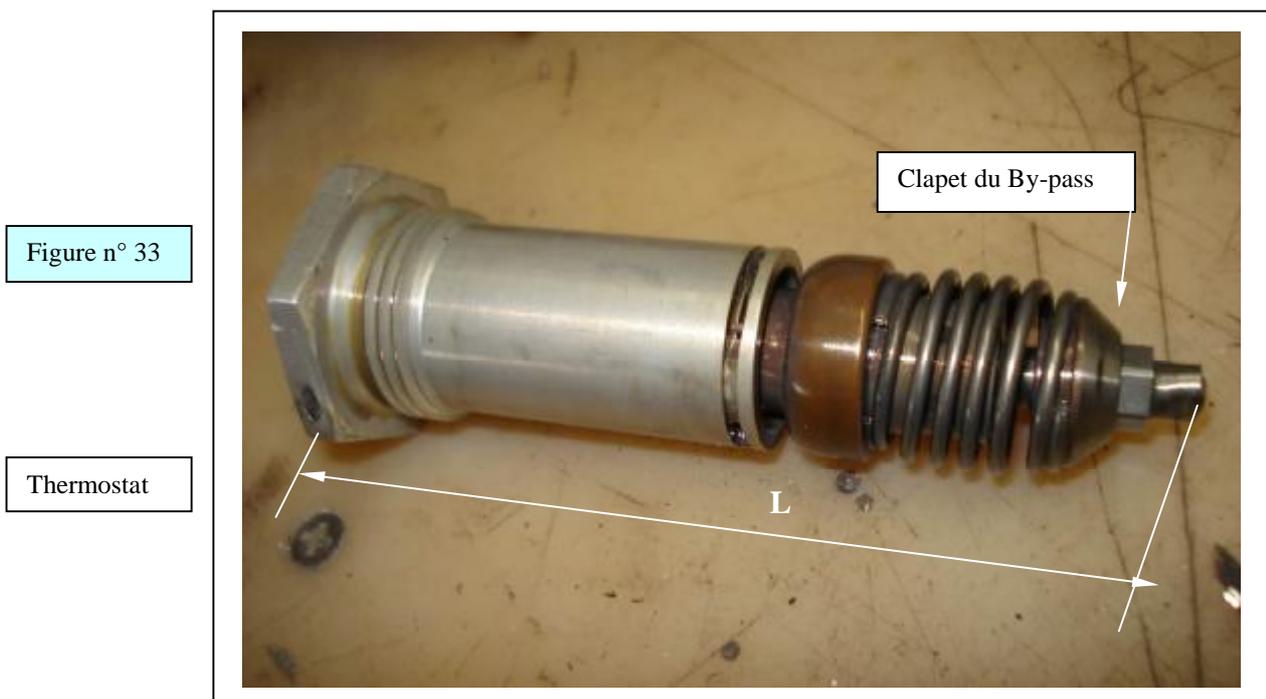
Figure n° 32



Lors de la mise en route du moteur, l'huile est d'abord froide et visqueuse , pour accélérer sa montée en température (surtout en hiver) et activer sa circulation, on court-circuite provisoirement le radiateur au moyen d'un by-pass thermostatique, comme le montre le schéma figure n° 22.

Ce thermostat est logé dans le carter du filtre à huile et comporte un élément souple qui se dilate sous l'effet de la température (Figure n° 33) et vient obstruer le court-circuit, obligeant ainsi l'huile chaude à passer dans le radiateur

Figure n° 33



Contrôle de température : En général, la sonde de température se situe dans le carter du filtre à huile (voir figure n° 34 , 35 et 36), et est reliée à l'indicateur de température d'huile situé au tableau de bord.

Figure n° 34



Figure n° 35

Sonde de température



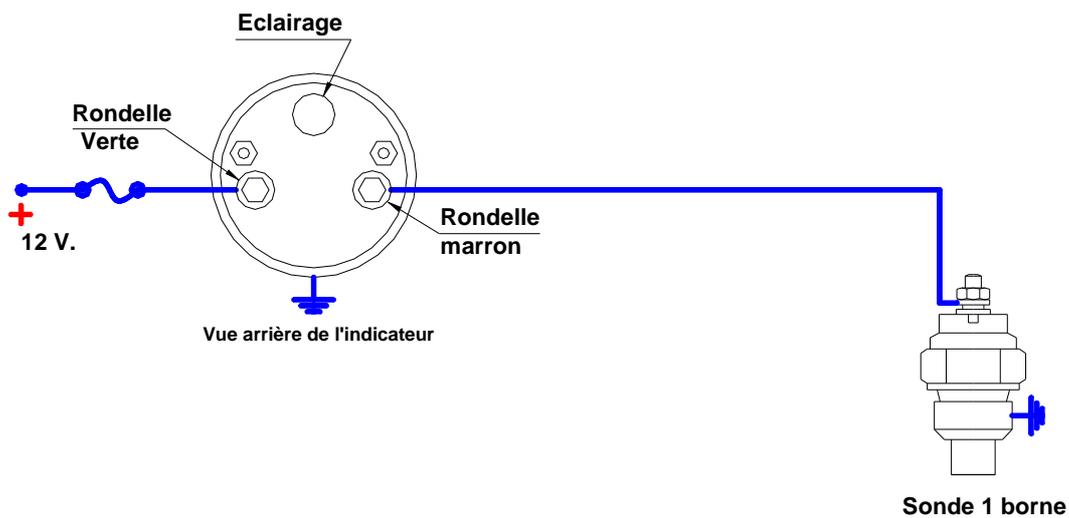
Figure n° 36



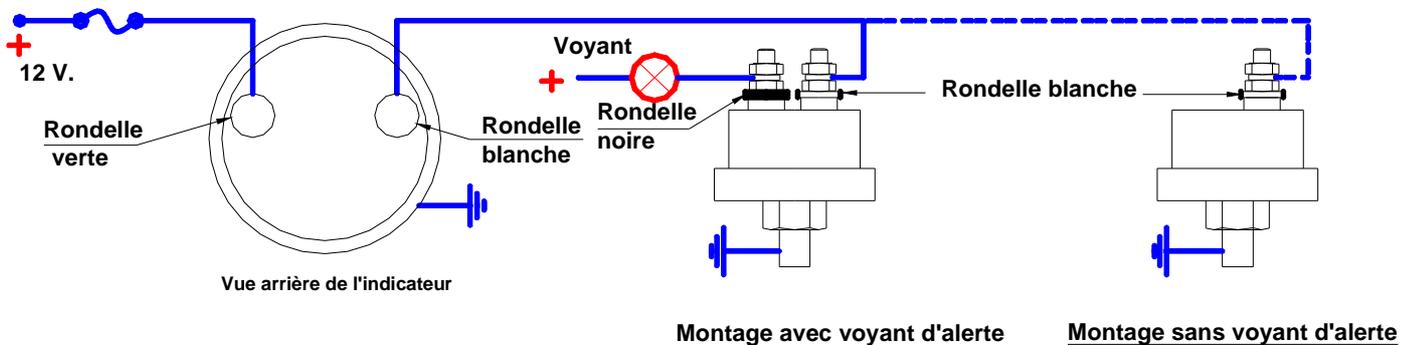
Indicateurs de pression d'huile (à gauche) et de température (à droite)

2-7-2) Circuits électriques : Les schémas ci-dessous présentent le branchement des indicateurs Jaeger.

TEMPERATURE d' HUILE



PRESSION d'HUILE



Montage avec voyant d'alerte

Montage sans voyant d'alerte

2-7-3) Circuit de lubrification: Après tout ces traitements, l'huile est dirigée par des canaux internes vers les différents points à lubrifier. La lubrification s'opère soit par arrivée directe du canal sur la pièce en mouvement (ex : palier de bielle) ou par projection d'huile sur les surfaces à lubrifier (ex : partie inférieure des cylindres pour lubrifier les pistons.)

Diagramme de lubrification

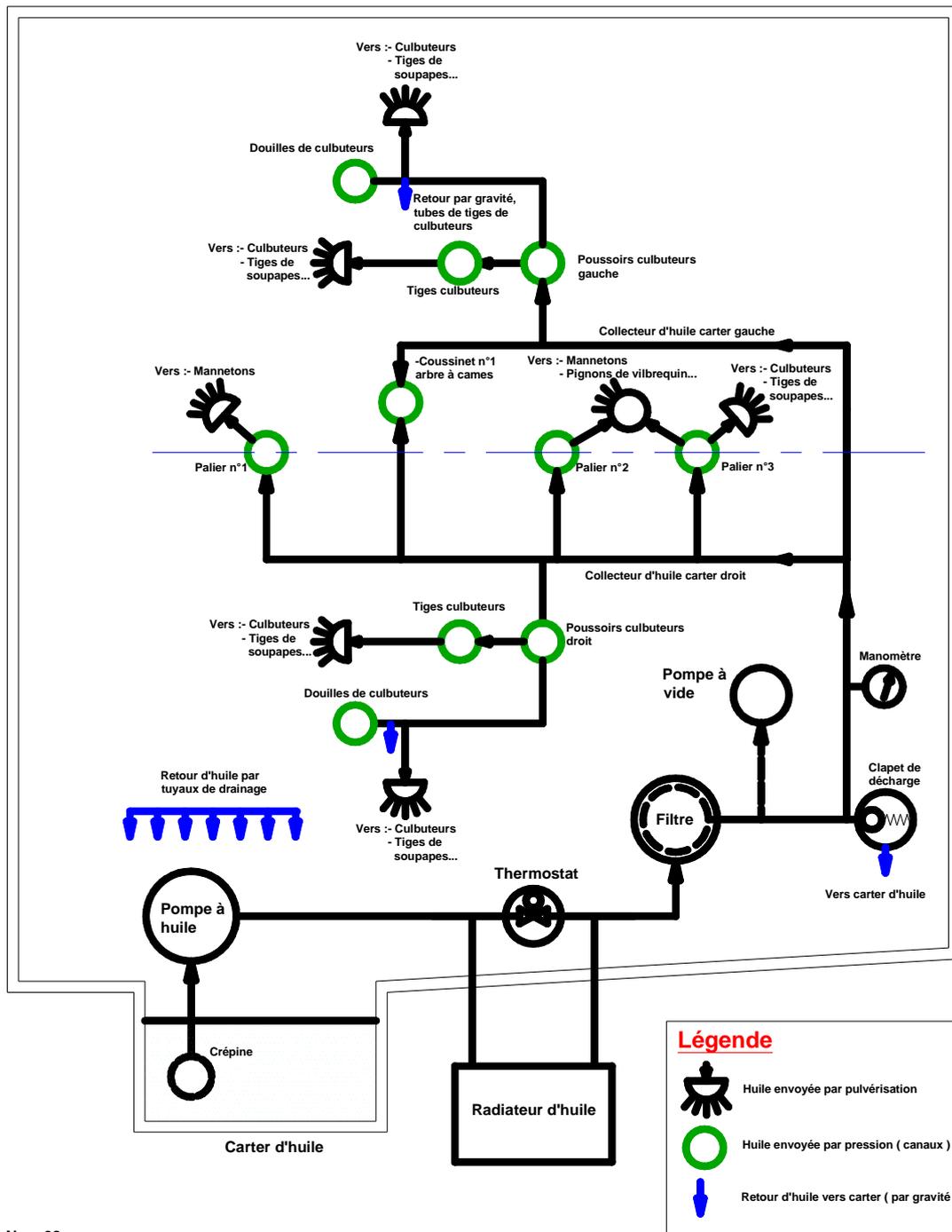


Figure n° 37

M. SOIRE Nov. 08

2-8) Le circuit d'air de refroidissement : Les moteurs utilisés en aviation générale, étant, pour la majorité, refroidis par air, il y a lieu de prévoir lors de la conception de l'avion, un circuit de refroidissement performant, dont dépendra la longévité du moteur. Pour les avions à moteur situé à l'avant le circuit est grandement facilité, car l'air frais arrive en façade. D'autre part, l'hélice située à l'avant, favorise la circulation de cet air frais. Nous avons indiqué sur la figure n° 38, un schéma type de circulation d'air de refroidissement, qui comprend :

- Une écope d'entrée d'air en partie haute,
- Un plénum supérieur d'air en surpression,
- La traversée des cylindres à refroidir,
- Un plénum d'air inférieur en dépression,
- Une sortie d'air en partie basse à l'arrière du capot.

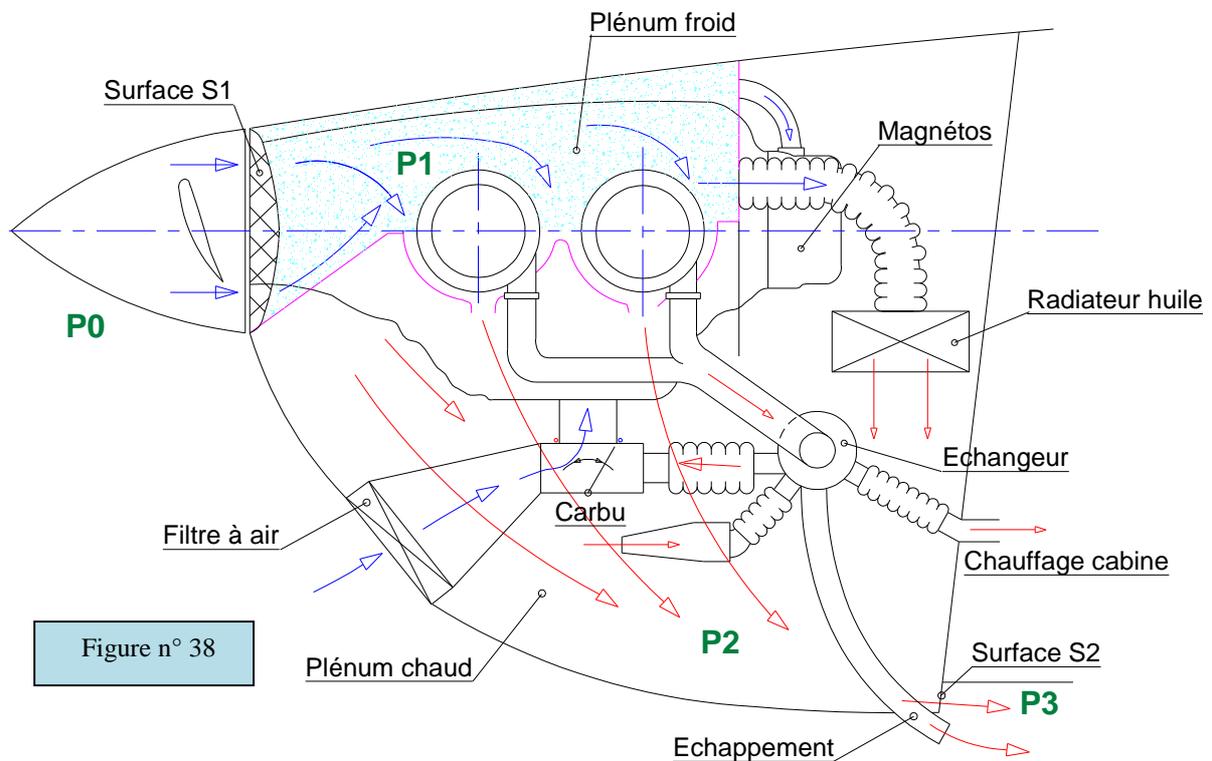


Figure n° 38

Compte tenu des températures très élevées mises en œuvre lors de l'explosion (2000° C à l'explosion et 450° C à l'échappement), si les cylindres du moteur n'étaient pas refroidis, ils vireraient rapidement au rouge. D'où la nécessité impérieuse de refroidir les cylindres.

Les moteurs à explosion sont refroidis soit par un liquide de refroidissement (de l'eau glycolée) solution généralement retenue en automobile, soit par l'air ambiant, comme utilisé traditionnellement en aviation légère.

Rappelons que sur 100 calories produites par la combustion du mélange air + essence, 22 doivent être évacuées par le refroidissement

L'efficacité du refroidissement à air est liée à la surface des parties chaudes en contact avec l'air. C'est pourquoi les cylindres comportent de ailettes rapprochées qui créent des surfaces importantes.

L'air frais refroidi non seulement les cylindres, mais également l'huile, grâce au radiateur; les magnétos, et la batterie. L'air chaud sert aussi à réchauffer le carburateur et la cabine passagers.

Le fabricant du moteur impose un débit minimal d'air de refroidissement, ainsi qu'une chute de pression entre l'entrée et la sortie de l'air.

Le tableau suivant montre les exigences de Lycoming pour les moteurs O320 et O360 au niveau de la mer et en atmosphère standard.

TYPE de MOTEUR	Débit d'air (m3/s)	Chute de pression préconisée par Lycoming		
		14 mb	140 mm CE	5"1/2 CE
O 320	1,18	14 mb	140 mm CE	5"1/2 CE
O 360	1,27	16 mb	160 mm CE	6"1/2 CE

Du fait de l'échauffement du courant d'air frais, celui-ci se dilate, c'est pourquoi la section de sortie de l'air chaud est plus grande que celle de l'entrée de l'air frais (environ 1, 2 fois)

La conception du circuit de refroidissement est très importante car la traînée générée par celui-ci est d'environ 10% de la traînée totale de l'avion.

Points importants à surveiller :

- 1) Veiller à avoir un écartement maxi des entrées d'air pour bénéficier d'une bonne pression dynamique de l'hélice à l'avant. Un bon compromis consiste à dessiner 2 entrées rectangulaires horizontales à angles arrondis ce qui permet d'alimenter les cylindres régulièrement sur toute leur hauteur.

La figure n° 39, montre l'évolution des entrées d'air sur les DR400, consistant à écarter les entrées d'air du cône de l'hélice



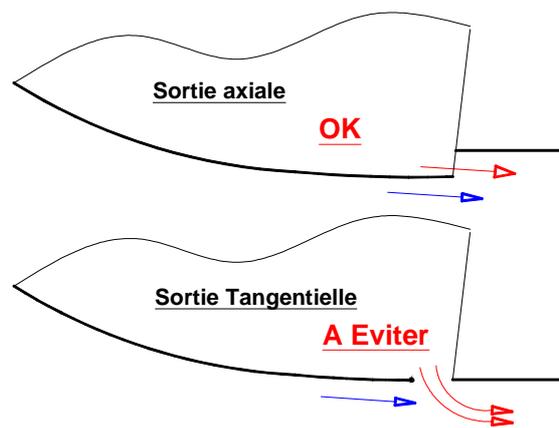
Figure n° 39

Avant

Après

- 2) Utiliser un cône d'hélice de diamètre > 300mm.
- 3) Réaliser une sortie d'air chaud vers l'arrière perpendiculaire au flux d'air du fuselage et non pas tangentielle , pour utiliser la dépression au maximum.(figure n° 40)

Figure n° 40



- 4) Essayer d'utiliser au maximum des capotages métalliques (AG3 ou AU4G) pour profiter de la bonne conductibilité thermique du métal et de l'évacuation des calories.
- 5) Assurer une étanchéité parfaite entre les compartiments et les capotages à l'intérieur du moteur, la différence de pression entre entrée et sortie étant faible on ne peut se permettre la moindre fuite.



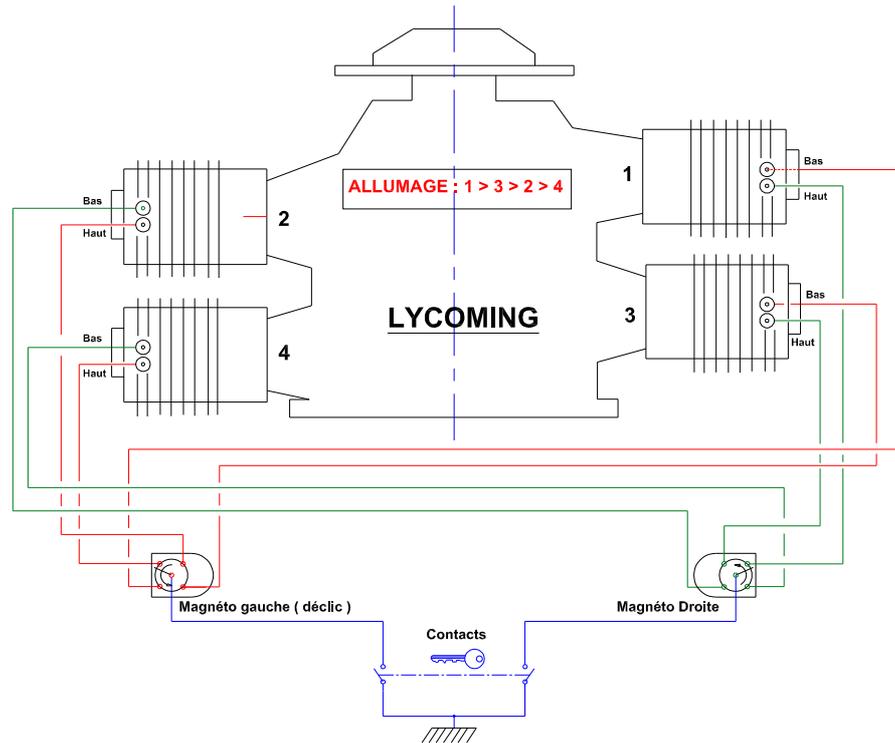
Sortie gauche

Sortie droite

2-9 Le circuit électrique Moteur : On distingue le circuit électrique moteur du circuit électrique général (que nous verrons dans le chapitre Cellule), car ces deux circuits sont indépendants, c'est-à- dire que le moteur continue de fonctionner, même si l'on coupe le circuit électrique général.

La figure n° 41 nous montre l'ensemble du circuit électrique moteur.

Ce circuit comprend : - Les fils qui alimentent les bougies en provenance des magnétos (rouge et vert)



Les fils qui relient l'interrupteur des contacts magnétos à la masse (en bleu).

Pour mieux comprendre le fonctionnement d'une magnéto, nous en montrons en figure n°42 le schéma du circuit interne.

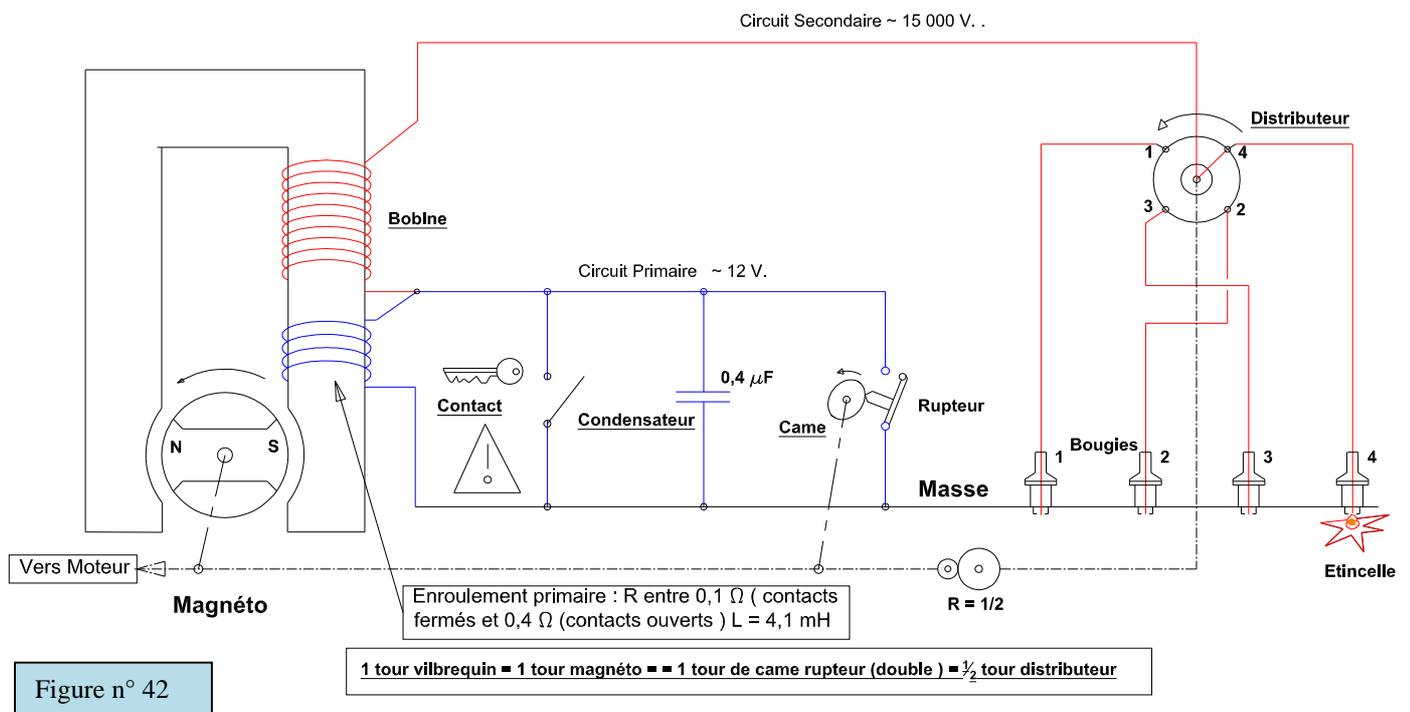


Figure n° 42

La bobine joue le rôle d'un transformateur élévateur entre le circuit primaire (en bleu) et le circuit secondaire (en rouge).

3) Hélice

3-1) Généralités : Une pale d'hélice aérienne a pour but de transformer l'énergie de rotation fournie par le moteur, en effort de traction. Si l'hélice est installée à l'avant de l'avion, elle tire l'avion; on dit qu'il s'agit d'une hélice tractive. Si au contraire, elle est à l'arrière de l'avion, on parle d'hélice propulsive.

L'hélice peut-être considérée comme une succession d'éléments de profils d'aile de largeur variable et calés d'un certain angle sur le plan de rotation.

3-2) Grandeurs caractéristiques :

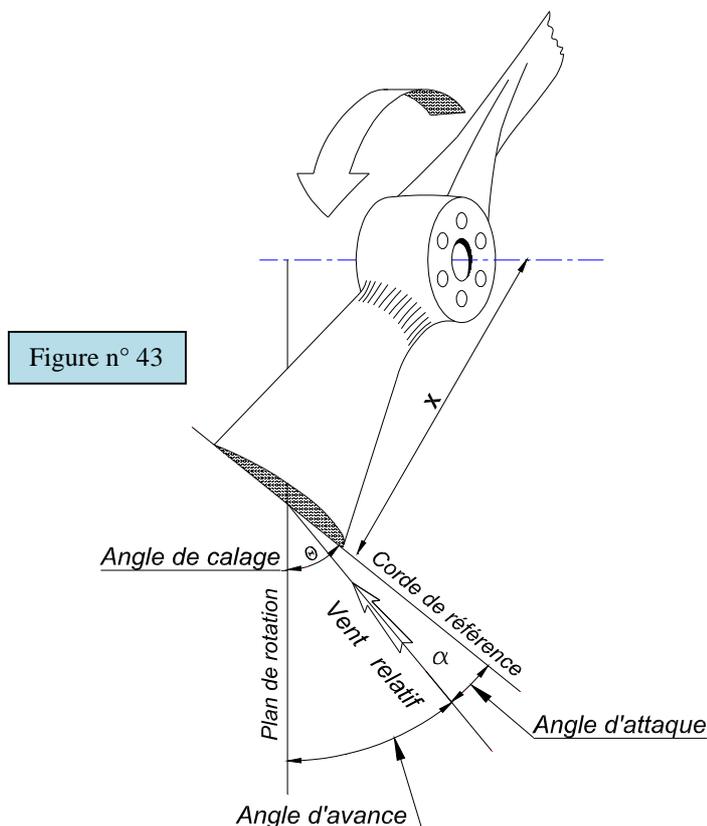
3-2-1) **Le Diamètre** : C'est celui du cercle décrit par les extrémités de pales. Il y a une limitation au diamètre, due à la vitesse en bout de pale, qui est la résultante de la vitesse de déplacement de l'avion, et de la vitesse de rotation de l'hélice. Le rendement de l'hélice décroît fortement lorsqu'on atteint une vitesse légèrement subsonique.

Il existe une formule qui donne le diamètre optimum d'une hélice, en fonction de la vitesse de rotation du moteur :

$$D \text{ cm} = \frac{488\,000}{N \text{ t/mn}} \quad \text{ainsi une hélice tournant à } 2800 \text{ t/mn} \text{ sera limitée à un diamètre d'environ } 1800 \text{ cm. soit une vitesse en bout de pale de : } 46,7 \text{ t/s} \times 1,8 \times 3,1416 = 264 \text{ m/s. ce qui est un maximum.}$$

3-2-2) **Le Pas** : Chaque section de pale reçoit le vent relatif sous un **angle d'attaque** (incidence) que nous appellerons α . Le **pas** correspond à la distance théorique dont s'est déplacé un point d'une section après un tour d'hélice. Chaque section étant à des distances variables du centre de l'hélice, les circonférences décrites seront donc variables.

Si nous voulons que chaque section décrive le même pas, l'angle de calage devra évoluer du centre vers la périphérie de l'hélice. . (voir figure n°43 et 44)



Le pas diminuera lorsque nous irons vers l'extérieur de l'hélice. Le pas d'une section située à la distance r du moyeu, est la longueur H dont elle doit progresser, après un tour complet de l'hélice, soit :

$$H = 2 \pi r \operatorname{tg} a$$

En France le pas est défini par l'angle de calage de la section située à $r_0 = 0,70 R$ (0,75 en GB et aux US)
Le pas caractéristique sera :

$$H_0 = 2 \pi r_0 \operatorname{tg} a_0$$

H_0 est le **pas théorique**, à la distance r_0 du centre de l'hélice. Le pas théorique est généralement donné en pouces (Ex : 54 " ou 1m37) ce qui signifie que l'hélice avancerait de 54" si elle tournait d'un tour dans un milieu solide, à la manière d'une vis dans un écrou.

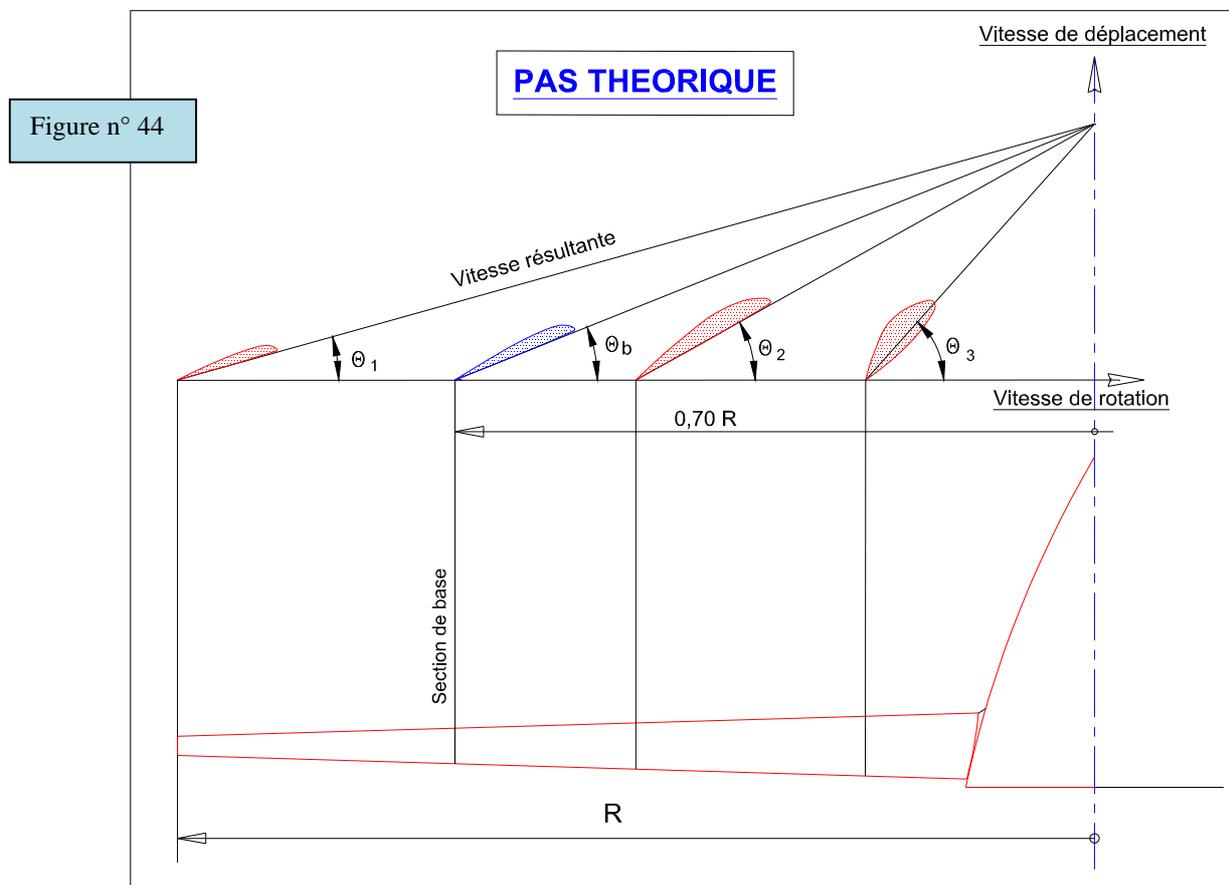
En fait, et en tenant compte de la compressibilité de l'air, les molécules gazeuses se dérobent sous la pression des pales, et l'hélice ne progresse à chaque tour que d'une quantité inférieure au pas théorique qu'on nomme : **avance par tour**.

La différence entre le pas théorique et l'avance par tour se nomme le **recul**. Les pales attaquent l'air sous un certain **angle d'attaque** : L'angle formé entre le vent relatif (ou trajectoire de la pale) et le plan de rotation, se nomme **angle d'avance**.(voir figure n° 43).

L'avance par tour n'est pas fixe, elle dépend :

- De la vitesse de rotation.
- De la vitesse de déplacement de l'avion.

Lorsque le moteur tourne au point fixe au sol, l'avance par tour est nulle.



3-2-3) Le Rendement : La propulsion de l'avion est assurée par l'accélération vers l'arrière d'une masse d'air d'une vitesse V_0 à l'avant de l'avion (vitesse de vol) vers une vitesse V_1 (à l'arrière de l'hélice). Le rendement propulsif peut s'écrire sous la forme :

$$R_p = \frac{2}{1 + V_1/V_0}$$

Cette formule montre qu'à l'arrêt ($V_0 = 0$) le rendement est voisin de 0, et que ce rendement est maximal lorsque la vitesse V_1 est voisine de V_0 (vol en croisière).

Le rendement moyen d'une hélice est voisin de 0,73, il peut atteindre 0,80 dans le cas d'hélice bien adaptée.

michel.suire2@wanadoo.fr

