

	AERO-CLUB DU CE AIRBUS-FRANCE TOULOUSE	
	CISOA-Commission Interne pour la Sécurité des Opérations Aériennes	
06/2012	Conseil Sécurité du mois	Page 1/7

Rédacteur : Gaëtan Marion

révision du 04 septembre 2024

Démarrer et arrêter un moteur d'avion... tout un art !

A quelques minutes de nos retrouvailles avec la 3ème dimension, nous accomplissons un geste simple pour donner véritablement vie à notre avion : la mise en route de son moteur !

Simple, vraiment ? Pas si sûr, en tout cas certainement pas anodin !

En actionnant le démarreur, nous lançons une chorégraphie précise et délicate dans laquelle huile, essence, pistons, segments, soupapes et étincelles unissent leurs efforts pour mettre l'hélice en mouvement dont la traction nous aidera bientôt à quitter le sol.

Enthousiasmés par la promesse d'une envolée imminente, il est primordial de garder la tête froide pour accorder à cette opération toute l'attention qu'elle mérite : la sécurité de notre équipage, des personnes et des installations au sol, mais aussi l'intégrité de notre monture et la longévité de sa mécanique sont en mises jeu.

Alors, parce qu'un vol sûr commence par un bonne mise en route du moteur et se termine par son arrêt complet, voici remis en mémoire quelques principes et règles simples, à appliquer sans modération !

Nota : ce conseil Sécurité traite principalement de la mise en route et de l'arrêt du moteur à pistons avec carburateur, avec parfois de brèves mentions sur le moteur à injection (i.e. sans carburateur). Les éléments développés n'ont nullement vocation à se substituer aux procédures décrites dans le Manuel de vol ou la « Check-list » que tout pilote sérieux se doit de suivre. Ils visent simplement à mettre en exergue et expliquer quelques points importants, même si parfois ils débordent le domaine de la sécurité des opérations aériennes.

Conseil Sécurité 07/2012	AERO-CLUB DU CE AIRBUS-FRANCE TOULOUSE - CISOA	Page 2/7
	Démarrer et arrêter un moteur d'avion... tout un art !	

Avant de mettre en route...

Préalablement au lancement de la cavalerie, il convient de s'assurer que toutes les actions et vérifications de la visite prévol, de l'embarquement et de la préparation du poste de pilotage ont été effectuées.

En particulier :

- La barre de manœuvre est enlevée du train-avant et rapportée au hangar ou amarrée dans le coffre lors d'un voyage ;
- Le frein de parc est bloqué, pour éviter d'aller faire connaissance d'un peu trop près avec la station d'avitaillement ou tout autre avion ou obstacle situé sur l'aire de stationnement ;
- La clé est en place sur le sélecteur et ce dernier est en position OFF ;
- Le robinet d'essence est ouvert ;
- La commande de réchauffe carburateur est poussée (pour n'aspirer que de l'air filtré).

Rappel : le brassage de l'hélice à la main n'est plus d'actualité, en particulier sur les moteurs « cylindres à plat ». Cependant par grand froid (température très négative) un brassage préalable peut s'avérer nécessaire afin d'alléger, autant que faire se peut, le couple à exercer par le démarreur pour mettre en rotation le moteur, la faible viscosité de l'huile à très basse température augmentant le couple résistant.

*Bien vérifier auparavant que le sélecteur est sur la position OFF et clé enlevée, le contact Batterie sur OFF et la Mixture sur Pauvre et ne **jamais faire tourner l'hélice à contresens**, ce qui pourrait endommager certains accessoires entraînés par le moteur (notamment la pompe à vide).*

Attention, personne devant ? Je démarre !

A chaque avion sa propre procédure, qui doit être suivie à la lettre !

Les principaux points de la séquence de **démarrage d'un « moteur froid »** à carburateur sont commentés ci-après :

- Mélange « Plein riche »

Une quantité suffisante de vapeur d'essence doit pouvoir se mélanger à l'air afin de produire le gaz carburé nécessaire à l'alimentation du moteur et générer de l'énergie.

- Hélice « Plein petit pas »

Lorsque l'hélice sera mise en rotation, d'abord par le biais de la puissance délivrée par le démarreur puis par le moteur lui-même une fois démarré, elle présentera un moindre couple résistant.

- Pompe électrique ON

Elle supplée la pompe mécanique entraînée par le moteur, qui ne tourne pas encore, pour pomper l'essence dans le réservoir et alimenter la cuve du carburateur !

- Pression d'essence : alarme « éteinte » - indicateur dans le Vert

Cet état signifie l'efficacité de la pompe dans le circuit d'alimentation en essence.

- Pression d'huile : alarme « allumée » - indicateur à Zéro

Cette vérification permet de s'assurer du fonctionnement du manomètre.

- Injections effectuées

Le va et vient de la manette de gaz entre les positions « Tout réduit » et « Plein Gaz » est effectué calmement (pas plus d'un mouvement par seconde !). Il actionne la « pompe de reprise » équipant le carburateur pour injecter, via le « gicleur de reprise », de l'essence au niveau du Venturi où elle s'y vaporisera quand le flux d'air dépressionnaire sera créé.

Rappel : les injections enrichissent fortement le mélange « air-essence ». Elles sont équivalentes à l'action du « starter » manuel (choke) des voitures anciennes (2CV Citroën, 4L Renault, etc.).

Le nombre d'injections à effectuer dépend des conditions de température dans lesquelles la mise en route est réalisée : démarrage moteur froid ou chaud et température extérieure modérée ou basse (temps froid). Par exemple, le démarrage « moteur froid » d'un Lycoming 160 hp demande 8 injections.

Certains moteurs à carburateur sont équipés d'une pompe manuelle indépendante désignée « primer » : l'essence est injectée au niveau des soupapes d'admission (par ex. le Cessna 150).

Pour le démarrage d'un « moteur chaud » la donne est différente : l'essence contenue dans la cuve du carburateur est chaude et l'air entrant, via le filtre et la boîte à air, se réchauffe. En sortant du gicleur de reprise, l'essence se vaporise plus facilement dans un air moins dense. Le gaz carburé a donc tendance à être plus riche que lors d'un démarrage « moteur froid ». C'est pourquoi il ne faut faire que très peu d'injections.

Point d'attention : lors d'une mise en route « moteur chaud », l'excès d'injections provoque une saturation en essence du gaz carburé : de l'essence s'écoule dans le circuit d'admission (carburateur-tubulures d'admission- têtes de cylindres), voire à l'extérieur de ce circuit (boîte à air en amont, tubulures et pot d'échappement en aval) : la température ambiante et la présence de parties très chaudes favorisent son évaporation et son inflammation spontanée (incendie).

Voir rapport du BEA : <http://www.bea.aero/docspa/1999/f-bo990726/pdf/f-bo990726.pdf>

Moteur chaud = pas plus de deux injections !

A savoir : pour la plupart des moteurs à carburateur (sauf ceux équipés d'une « primer » - cf. fin de page 2) quand le pilote a fait les injections avec la manette de gaz en respectant la procédure, rien ne parvient aux cylindres avant la mise en rotation. En effet, il faut une aspiration pour que le gaz carburé puisse se constituer et pénétrer dans la chambre de combustion et seule la rotation du moteur la provoque.

Quant au moteur à injection, avant même sa mise en rotation, il « avale » de l'essence dès la mise en route de la pompe électrique, si toutefois la manette de mélange n'est pas sur la position « plein pauvre » : l'essence est injectée dans la « chambre de mélange » située tout près de la chambre de combustion, ou dans cette dernière pour le moteur à « injection directe ». La procédure de démarrage d'un avion tel que le TB20 est donc très différente (cf. Manuel de vol).

- Manette de gaz : avancée
Le papillon des gaz est légèrement ouvert afin, lors de l'admission, de permettre la création dans le Venturi du carburateur d'un flux d'air dans lequel l'essence se vaporise sous l'effet de la dépression et ainsi obtenir et aspirer le gaz carburé nécessaire.
Après avoir fait les injections, trop avancer la manette ne facilite en rien le démarrage car la quantité aspirée de gaz carburé est plus importante et exige du démarreur une plus grande puissance pour la comprimer !
- Champ d'hélice libre, personne devant !
La rotation de l'hélice ne doit pas risquer de causer des dommages à quiconque ou à quoique ce soit à l'extérieur.
- Manche tenu et pieds sur freins
La gouverne de profondeur restera dans la position appropriée malgré le souffle de l'hélice et l'application du freinage corrigera une éventuelle défektivité du frein de parc (perte d'efficacité ou déblocage soudain !).
- Sélecteur sur « BOTH » ¹
Le manuel de vol des avions ROBIN stipule que le sélecteur doit être en position « L ». En effet, seule la magnéto Gauche est « à dé clic » !
Néanmoins la procédure appliquée à l'ACAT est un démarrage sur la position « BOTH ».

¹ Sur les avions équipés d'un sélecteur avec position START, le basculement sur la position L est automatique lorsque la clé est amenée sur cette position (la magnéto R est alors mise à la masse), le retour sur BOTH se faisant lorsque la clé est relâchée.

Magnéto « à dé clic » ou « lanceur » : un ressort s'oppose à la rotation de « l'inducteur » pendant le temps de compression et jusqu'au point mort haut, instant auquel la tension du ressort est libérée avec pour effet une rotation très rapide de l'inducteur et une forte augmentation de la haute tension produite lors de la rupture du courant induit, permettant aux étincelles de délivrer un surcroît de chaleur au gaz carburé comprimé, facilitant ainsi son inflammation.

- **Démarrateur actionné**

L'action sur le démarreur doit intervenir rapidement après avoir effectué les injections. Pendant que le démarreur tourne il est impératif de regarder dehors pour le cas échéant stopper le démarrage si soudain quelqu'un surgissait devant l'hélice ou si un feu moteur se déclenchait ! La manette de gaz est tenue en main.

Habituellement 5 à 10 secondes de mise en rotation suffisent, mais ne jamais actionner le démarreur au-delà du temps stipulé dans le Manuel de vol ou la Check-list (30 secondes sur un DR400).

C'est parti !

- **Pression d'huile** : alarme éteinte, arc vert.

La pression doit monter rapidement après le démarrage et atteindre sa valeur nominale en 20 secondes au maximum plus tard (ou moins, selon le type de moteur- Cf. Manuel de vol).

- **Régime stabilisé** entre 1000 et 1200 tr/min

Tenir la manette de gaz pendant l'action sur le démarreur permet d'intervenir rapidement en cas d'emballement du moteur.

Tout régime élevé immédiatement après le démarrage est à éviter car la pression d'huile est à peine établie et le moteur est froid !

Démarrage raté : pas de panique !

Le moteur refuse de partir ! Plusieurs causes sont possibles, chacune avec leur façon d'y remédier que l'on trouvera dans le Manuel de vol ou la Check-list :

- ✓ **Moteur froid** :

- la quantité de gaz carburé admise dans les cylindres est insuffisante à cause d'un papillon des gaz trop fermé :

Remède : enfoncer un peu plus la manette de gaz.

- le gaz carburé est trop pauvre à cause d'un trop petit nombre d'injections ou d'une vaporisation partielle, notamment par « temps froid » :

Remède : refaire une ou deux injections et par « temps froid » soutenir le démarrage par de petites injections pendant l'action sur le démarreur !

- ✓ **Moteur chaud** :

- le gaz carburé est trop riche : sous l'effet de la chaleur dégagée par le moteur et transmise au corps du carburateur, l'essence injectée dans le Venturi via la pompe de reprise se vaporise instantanément, enrichissant excessivement le gaz carburé :

Remède : « aérer », en faisant faire à l'hélice quelques tours, la manette de gaz sur Plein gaz et manette de mélange sur Plein pauvre, créant ainsi une forte aspiration d'air frais dans la boîte à air ayant pour effet d'évacuer le gaz carburé trop riche des tubulures d'admission et des chambres de combustion du ;

A savoir : lors d'une mise en route moteur chaud (ou d'un moteur à injection), le démarrage est progressif car le mélange s'enrichit au fur et à mesure de la rotation. Ne pas se précipiter sur la manette de mélange pour enrichir aux premières velléités de démarrage, le moteur continuera bien à tourner encore quelques tours... Bonne nouvelle donc, deux mains suffisent : une sur la manette de gaz pour les réduire en douceur dès que le moteur tournera par lui-même, l'autre sur le démarreur et qui prendra la manette de mélange pour l'amener progressivement sur Plein riche.

Conseil Sécurité 07/2012	AERO-CLUB DU CE AIRBUS-FRANCE TOULOUSE - CISOA	Page 5/7
	Démarrer et arrêter un moteur d'avion... tout un art !	

- des « bulles de vapeur d'essence » se sont formées en amont du gicleur (ou des injecteurs), à cause d'une forte chaleur ambiante, et bloquent l'arrivée d'essence liquide : c'est le redouté « vapor lock » ;

Remède : pomper de l'essence « fraîche » dans le réservoir !

Agir ainsi (lorsqu'elle y est écrite suivre la procédure du Manuel de vol ou de la check-list) :

Gaz :	1/2 ouvert
Mélange :	Étouffoir ou Plein pauvre
Pompe électrique :	ON pendant 30 secondes puis OFF
Mélange :	Plein riche
Pompe électrique :	ON
Sélecteur :	BOTH
Démarrreur :	30 sec Max
Gaz :	Réduits progressivement

✓ Moteur noyé :

- Le Venturi du carburateur (ou les cylindres) sont « gavés » : la pompe de reprise a été trop sollicitée (ou la « primer ») et de l'essence non vaporisée ou qui s'est liquéfiée est parvenue jusqu'aux chambres de combustion.

Si vous sentez une forte odeur d'essence ou s'il s'en écoule sous le moteur, pas de doute possible ! Suivez alors la procédure « démarrage moteur noyé » du Manuel de vol ou de la Check-list, cela réduira le risque de l'incendie au démarrage.

Incendie au démarrage : comment l'éteindre ?

Le bon sens indique la priorité des priorités : couper l'arrivée d'essence !

Les points de la séquence d'extinction (cf. Manuel de vol/Check-list) sont justifiés ci-après :

- ✓ Robinet Essence : Fermé
- ✓ Mixture : Étouffoir ou Plein Pauvre
- ✓ Pompe électrique : OFF

Ces trois « fermetures » font cesser toute arrivée d'essence et évitent la propagation de l'incendie, notamment en amont du Venturi du carburateur.

- ✓ Démarrreur : Maintenir actionné

A la fois pour « souffler l'incendie » en forçant la rotation de l'hélice et pour expulser le gaz restant dans les cylindres.

- ✓ Gaz : Plein gaz

Pour aspirer intensément le gaz restant dans les tubulures d'admission privé très rapidement de vapeur d'essence.

- ✓ Sélecteur : OFF
- ✓ Batterie : OFF
- ✓ Evacuer l'appareil et si l'incendie se poursuit utiliser un extincteur !

Après le démarrage : pas de précipitation !

Enfin, le moteur tourne... Le ciel sera bientôt à nous !

Mais avant de trop solliciter toute cette mécanique en mouvement (essais du moteur, puis application de la pleine puissance pour décoller), il reste deux étapes primordiales mais trop souvent bâclées voire outrepassées :

1. **la laisser se réchauffer**, comme le biberon de bébé !
2. **vérifier l'absence de coupure franche de l'allumage** entre la position Both et les positions Left et Right du sélecteur.

Laisser le moteur se réchauffer répond à deux objectifs :

- Permettre à l'huile d'acquies progressivement le degré de viscosité nécessaire pour bien circuler et assurer une lubrification optimale des articulations ;
- Éviter un choc thermique aux cylindres et aux pistons qui, lorsque le moteur développe sa pleine puissance, sont soumis à une forte augmentation de température.

Air frais et huile tiède, deux ingrédients nécessaires au moteur (mais insuffisants) pour développer la puissance escomptée !

Rarement mentionnée dans les Manuels de vol à ce stade, la vérification de l'absence de coupure franche de l'allumage est préconisée pour les raisons suivantes :

- Si à haut régime (2000 RPM sur DR400 ou 1700 RPM sur DA20) lors de la sélection de Both à Right ou à Left² la magnéto correspondante est à la masse, le gaz carburé expulsé n'est pas brûlé ;
- Selon la température à l'intérieur des tubulures et du pot d'échappement ce gaz pourrait s'enflammer au contact des parties les plus chaudes, notamment les premières chicane du silencieux et provoquer une explosion plus ou moins puissante et destructrice ;
- A bas régime (environ 1000 RPM) la masse de gaz carburé admise dans les cylindres est plus faible qu'à haut régime, ce qui atténuera la violence de l'explosion du gaz non brûlé si elle devait se produire ;
- Quand le démarrage est effectué "Moteur froid" la température atteinte dans les tubulures et le pot d'échappement est généralement insuffisante pour l'inflammation.

Point d'attention : différencier un arrêt du moteur dû à une magnéto à la masse d'un arrêt précédé d'un régime irrégulier et/ou d'une perte de RPM hors tolérance, ce qui n'a rien d'anormal "Moteur froid" et parce que le calage de l'avance à l'allumage n'est pas optimisé à bas régime.

La conséquence la plus critique et probable d'une explosion dans le pot d'échappement est sa fissuration qui entraînera l'infiltration dans l'habitacle de gaz d'échappement (via le système de chauffage) avec un risque d'intoxication au CO.

Et pour l'arrêter ce moteur ?

Nous voici de retour au parking après un beau vol, au cours duquel notre moteur a été un fidèle serviteur... Il aspire à présent à un repos mérité. Avant de l'arrêter, une dernière précaution s'impose, qui conditionnera notre sécurité au sol et celle de nos camarades lors des manipulations de l'hélice : **l'essai de coupure de l'allumage**.

Après avoir stabilisé le régime en dessous de 1000 RPM le sélecteur est mis sur les positions L puis R (ou l'inverse) et très brièvement sur OFF : si la mise à la masse des deux circuits est efficace, le passage sur OFF doit provoquer l'arrêt du moteur par absence d'étincelles : ne pas attendre l'arrêt complet pour revenir BOTH.

Essai de coupure de l'allumage : de quoi s'agit-il ?

Le système d'allumage (dispositif à base de magnétos ou électronique) fournit aux bougies la haute tension électrique nécessaire à la production de l'étincelle provoquant l'inflammation du gaz carburé comprimé.

Dans un dispositif à magnétos, celles-ci sont entraînées par la rotation du moteur et ne nécessitent aucune autre source d'énergie que ce mouvement de rotation.

Pour éviter qu'un dysfonctionnement empêche cette production d'étincelles, le sélecteur ne commande pas un arrêt du fonctionnement du dispositif, mais simplement la mise à la masse de ses circuits de sortie. Ainsi, en cas de défaillance en vol d'un contact électrique ou d'une connexion au sélecteur, les circuits de sortie restent fonctionnels.

*En contrepartie, cela signifie qu'une anomalie sur la mise à la masse de l'un ou l'autre des circuits de sortie n'est pas détectable quand le moteur tourne. Or il est impératif de s'assurer que les deux circuits de sortie du système d'allumage sont bien à la masse lorsque l'avion est au sol, moteur arrêté, avec le sélecteur sur OFF, le contact batterie sur OFF et la Mixture sur Pauvre sans quoi **une simple manipulation d'hélice pourrait provoquer un démarrage impromptu du moteur.***

² Pour vérifier que la chute de RPM entre les positions du sélecteur est bien dans la fourchette admissible.

Conseil Sécurité 07/2012	AERO-CLUB DU CE AIRBUS-FRANCE TOULOUSE - CISOA	Page 7/7
	Démarrer et arrêter un moteur d'avion... tout un art !	

Extinction des feux !

L'arrêt du moteur ne se fait pas avec le sélecteur sur OFF mais avec la manette de mélange sur Plein pauvre et sans action préalable d'augmentation du régime moteur. C'est après l'arrêt complet que le sélecteur est mis OFF et la clé enlevée.

L'extinction est provoquée par le tarissement de la vapeur d'essence et non par absence d'étincelles aux bougies.

Cette pratique a pour seul but d'éviter l'auto allumage³ (du à l'inflammation du gaz carburé au contact des têtes de bougies très chaudes, voire incandescentes).

L'auto-allumage amène généralement le moteur à tourner à l'opposé du sens normal, générant des contraintes mécaniques importantes sur les pistons et sur les soupapes (elles ne s'ouvrent et ne se ferment plus au temps approprié du cycle) et sur les accessoires mis en mouvement.

<p style="text-align: center;"><i>Le moteur est votre meilleur ami :</i> <i>Traitez-le bien au sol et il saura vous le rendre en vol !</i></p>
--

³ Sur un moteur de faible cylindrée et à taux de compression modéré (cas du ROTAX, d'ailleurs dépourvu de manette de mélange), ce risque est quasi-nul et l'extinction se fait par la mise sur OFF du sélecteur mais toujours à faible régime.