

# VOL moteur

Le MAGAZINE du PILOTE ULM



ESSAI MULTIAXES

## SAMBA XXL

*Tout en finesse !*

Interview  
Entretien de piste

Théorique ULM  
Apprendre et réviser  
avec Aérogli

Photo & vidéo  
Les mini-caméras  
embarquées

ESSAI AUTOGIRE

## CAVALON



<b>DIESEL</b> GAZOLE	<b>excellium</b> DIESEL GAZOLE	<b>SANS PLOMB</b> 95-E10 ESSENCE	<b>super éthanol</b> E85 ESSENCE
-------------------------	--------------------------------------	--	--

**CARBURANT  
VOLER AU E85 ?**

**ACHAT D'OCCASION  
LE STORCH**

**FICHE PRATIQUE**  
Allumage Rotax 912  
J'IRAI POSER CHEZ VOUS  
À Sète, dans l'Hérault

L 14137 - 433 - F: 7,30 € - RD



n° 433 > mars 2022 > 7,30 €  
BELUX, DOM/S, PORT. CONT. : 8,30 € • CAN : 12,99 \$CAD  
TOM/S : 1 200 XPF



# Voler au E85 ?

Le sujet qui fâche tout le monde en ce moment, et encore plus les pilotes, c'est celui du prix du carburant ! Régis, du bar de l'aéroclub, déclarait au pot de la galette des rois : « Depuis 10 ans, je roule à l'E85 dans ma Clio, alors je vais faire pareil avec mon ULM ! ». Et si on le prenait au mot ? Est-ce possible ? Je vais tenter de répondre à cette question que nombre de pilotes se posent sans jamais avoir osé le demander (il y a quelqu'un qui aurait dit ça avant moi ? Sur un autre sujet ?).

Texte : Christophe Huchet. Photos : constructeurs

## L'éthanol c'est quoi ?

C'est de l'alcool, tout simplement. En France, il faut parler de bioéthanol car il est obtenu grâce à la distillation de céréales et de légumes (blé, maïs, betterave), sa production ainsi que sa distillation bénéficient d'aides et de dégrèvement de taxes.

De là à croire qu'il serait possible de subvenir aux besoins énergétiques en utilisant uniquement le bioéthanol, c'est sans penser à la concurrence directe avec les matières premières indispensables aux filières alimentaires, la Terre ne serait pas assez grande... (ce n'est pas pour ça qu'on vole?). Néanmoins, l'utilisation du bioéthanol à petite échelle, incorporé à l'essence, permet de réduire la teneur en carbone du carburant et donc de limiter les émissions de CO<sub>2</sub>. C'est l'autre levier pour favoriser la migration vers ce carburant (exonération de 50 à 100 % du prix de la carte grise, et abattement de 40 % du volume des émissions permettant de réduire le malus écologique).

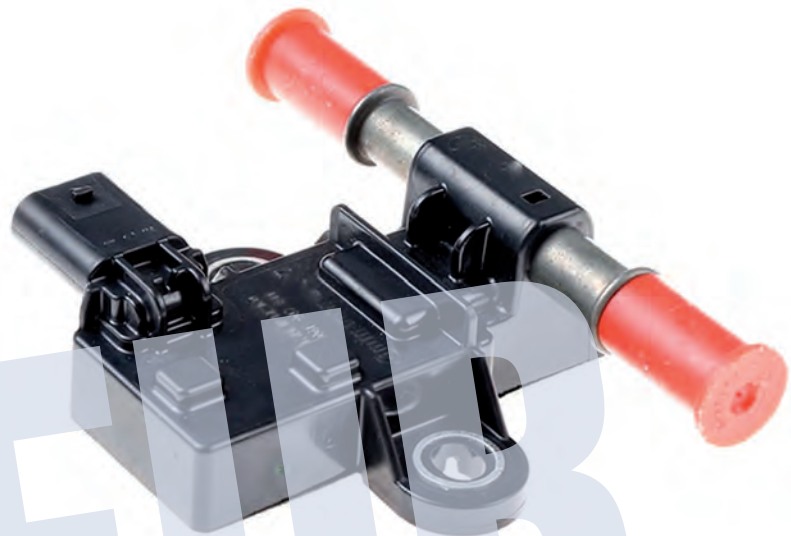
La production de biocarburant à partir de biomasse est obtenue par plusieurs procédés. Par voie thermo-chimique pour le carburant diesel, par voie biochimique pour l'éthanol, qui nous intéresse ici.

Pour les pétroliers c'est gagnant/gagnant, l'éthanol étant un antidétonant de substitution (presque) parfait au plomb, interdit dans tous les carburants terrestres (et aériens bientôt, mais c'est un autre sujet...). Il leur permet de « couper » leur produit en toute légalité en le mélangeant à l'essence, dans des proportions qui varient de 5 % pour le SP95 ou le SP98, à 85 % pour le E85, avec l'avantage pour ce dernier d'une quasi-absence de taxe à la pompe. Si vous ajoutez à cela l'étiquette « bio » qui fait recette en ces temps de green-washing, c'est vraiment une aubaine ! Oui, mais...

Les qualités chimiques de l'éthanol, aujourd'hui présent dans tous les carburants liquides, sauf le gasoil, affichent d'importantes disparités. Parlons de ces caractéristiques (voyez le tableau ci-contre) car elles sont la base de l'éventuelle compatibilité de ce carburant avec nos moteurs. De plus, elles sont essentielles pour nos activités, qui nous déplacent dans l'atmosphère là où les vérités terrestres ne sont plus systématiquement immuables.

Il faut savoir que l'une des variables influant sur le fonctionnement du moteur est ce que l'on appelle la tension de vapeur, qui est une expression de la température de vaporisation du mélange (essence/éthanol) en fonction de sa concentration. De 1 à 50 %, la tension de vapeur augmente, mais lorsqu'elle dépasse 50 % la tension de vapeur diminue, provoquant en présence d'humidité une démixtion eau/éthanol, lequel naturellement se sépare de l'essence, provoquant des dysfonctionnements sur les moteurs (ratés, à-coups).

Une tension de vapeur trop élevée peut produire des phénomènes de « vapor-lock », comme avec l'essence, et a contrario une tension trop faible provoque une insuf-



*Un capteur de qualité du carburant tel que celui-ci est nécessaire si l'on veut pouvoir fonctionner avec différents carburants.*

fisance de vaporisation qui pénalise le démarrage à froid. Pour pallier ces problèmes, les pétroliers ont développé l'Ethyl Tertio Butyl Ether ou Methyl Tertio Butyl Ether (ETBE ou MTBE), obtenu grâce à l'éthanol ou au méthanol (biogaz) et à l'isobutène issu du pétrole. Le E85 est un ETBE/MTBE qui présente des qualités particulières : une tension de vapeur optimisée, des valeurs d'heptane plus proches de celles de l'essence, et également une insensibilité à l'eau.

Bon, c'est fini, je ne vous embête plus avec la chimie, mais sans ce préambule il est difficile de comprendre pourquoi l'utilisation de l'E85 n'est pas aussi neutre que ce que nous affirme Régis.

*Il existe depuis longtemps des boîtiers FlexFuel adaptables aux moteurs de voitures. À quand pour l'ULM ?*



	Éthanol	Essence	E85
<b>Formule chimique</b>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O
<b>Densité (kg/m<sup>3</sup>)</b>	794	735-760	750
<b>Chaleur latente de vaporisation (kJ/kg)</b>	854	289	321
<b>Pouvoir calorifique volumique (kJ/l)</b>	21 285	32 020	26 910
<b>Rapport stœchiométrique</b>	9	14,7	12
<b>RON (indice d'octane recherché)</b>	111	95	117
<b>MON (indice d'octane moteur)</b>	92	85	101



## En fonctionnement ça donne quoi ?

Il faut intégrer les quatre vérités suivantes sur l'E85, comparé à l'essence :

### 1. Il a des capacités lubrifiantes moindres

Cette particularité est importante, surtout en ce qui concerne les soupapes. D'autant que les températures de fonctionnement sont plus élevées (+ 50° de chaleur latente). Il faut donc que le moteur et les métaux qui le composent, particulièrement les éléments constituant ou séjournant dans les chambres de combustions, les soupapes et leurs sièges, les pistons et leurs segments, soient capables de supporter ces températures. Mais dans le cas des soupapes, il faut également que les ajustages (queues/guides) acceptent une moindre lubrification.

Une solution pour acquérir la certitude de l'absence de risque serait de conduire des programmes de test sur banc moteur or, à ce jour, ça n'a pas été fait (à ma connaissance) car cela coûte très cher et les retombées économiques pour le pétrolier, le motoriste ou le préparateur qui se lancerait dans un tel programme ne sont pas évidentes à estimer... L'autre solution est celle du « cobayage », où l'expérience des plus intrépides sert de test pour les autres!

### 2. Il possède un pouvoir énergétique moindre (heptane)

C'est ce point qui est le plus pénalisant mais pas obligatoirement le plus complexe, il impose d'augmenter et de faire varier les dosages carburant/comburant (Air Fuel Ratio) en fonction du régime et des conditions d'exploitation.

En lisant le tableau page 57, vous vous rendez compte que les caractéristiques chimiques (pouvoir calorifique et stœchiométrie moins favorables de 15 à 20 %), font de l'E85 un « moins bon » carburant.

Affichant une température de vaporisation plus élevée, il requiert un dispositif de départ adapté pour les démarrages à froid (starter).

*Le système R-Box pilote la dépression agissant sur la membrane du carburateur, pour faire varier la mixture en altitude.*



Sa moindre capacité énergétique impose d'en brûler une quantité supérieure pour obtenir le même rendement qu'avec de l'essence. Au sol, cette augmentation de consommation à puissance égale s'établit à + 25 %. En altitude, avec les modifications de la masse d'air, on peut faire des projections qui nous amènent à + 10 % de pertes supplémentaires pour un moteur évoluant dans les basses couches (moins de 5 000 pieds). Cet état de fait pénalise donc l'autonomie de - 35 %, ce n'est pas neutre !

## Les solutions techniques

**Pour adapter le fonctionnement des systèmes d'injection à l'E85, il existe deux écoles. La première, la plus simple car elle ne nécessite qu'une intervention logicielle, consiste à modifier la cartographie de base (prévue pour l'essence) et à la faire évoluer en utilisant une sonde lambda qui analyse en temps réel la composition des gaz d'échappement. Cette solution est simple, mais elle impose l'E85 comme carburant unique sous peine de mauvais fonctionnement du moteur lorsqu'il sera alimenté par de l'essence (beaucoup trop riche). La seconde méthode consiste en l'adoption d'un capteur de qualité du carburant, qui devient la source d'information du calculateur pour adapter la carburation en amont, et à affiner cette dernière avec la sonde lambda en aval. Cette solution recourt à un boîtier additionnel, elle est plus précise car elle tient compte d'éventuels mélanges dans les réservoirs, elle suit également les évolutions saisonnières du produit, et permet l'utilisation FlexFuel. En s'appuyant sur la variation de la richesse des carburateurs Bing 64, qui pour rappel est pilotée par la dépression, certains pourraient se lancer dans une tentative d'adaptation des carburateurs à un fonctionnement à l'E85. Cette adaptation passe par l'adoption d'une sonde lambda, et le pilotage de la dépression agissant sur la membrane, à l'instar de ce que fait le système R-Box développé par Philippe Binet pour régler la mixture en haute altitude. Pas simple mais à suivre.**

Une fois acceptées les contraintes liées à l'autonomie, il faut savoir si le fonctionnement même du moteur et son rendement n'en seront pas trop dégradés. Les développements réalisés par les motoristes automobiles pour permettre l'utilisation des moteurs avec des taux d'éthanol allant jusqu'à 100 % (au Brésil) nous permettent de répondre précisément à cette question de la façon suivante : si l'on est capable d'augmenter les quantités de carburant admises dans le moteur, en fonction de la plage d'exploitation, on est capable de préserver les performances.

Là vous me voyez venir : comment faire varier les quantités de carburant admises dans le moteur de façon à compenser la perte engendrée par un « moins bon » carburant ? Il faut analyser en temps réel beaucoup de paramètres, les températures de fonctionnement (démarrage à froid), d'échappement (carburant), les pressions (MAP et carburant/couple et puissance), les gaz d'échappement (sonde lambda/rendement), la qualité du carburant, et en fonction de ces informations moduler les temps et/ou les moments d'injection.

Le mot est lâché, seuls les moteurs à injection peuvent aujourd'hui prétendre à un fonctionnement correct à l'E85, les carburateurs n'offrent pas cette possibilité car leurs systèmes d'adaptation sont mécaniques (gicleur/aiguille) et de ce fait ne peuvent intégrer les solutions indispensables à la variation en continu des quantités de carburant fournis au moteur.

### 3. Son indice d'octane est supérieur

J'entends souvent citer en référence l'indice d'octane de l'E85, mais comme expliqué plus haut ce n'est pas la seule caractéristique qui définit un carburant. Cette qualité est intéressante, mais uniquement pour les fonctionnements à pleine charge où elle retarde les phénomènes d'auto-inflammation, à condition que le carburant soit correctement dosé.

Là encore, l'adaptation de la carburation et de l'allumage permet de tirer profit de cet avantage, bien sûr uniquement avec les moteurs équipés d'injection, l'optimisation dynamique de l'allumage n'étant pas prévue d'origine sur les Rotax série 9. Eh oui, en aéronautique on est très loin de ce qui se fait sur les moteurs terrestres, où l'on gère simultanément l'injection, l'allumage, la distribution. C'est pour cela que même la Clio de 2008 de Régis, équipée d'une injection monopoint, est plus facile à faire fonctionner à l'E85.

### 4. Il est plus corrosif et détergent

Pour ces raisons, il sera nécessaire d'adapter les contenants (réservoirs, nourrices). Ce qui ne pose pas de problème avec les machines équipées de réservoirs amovibles avec matériaux résistants (ABS, alu, époxy...) mais devient carrément compliqué si les réservoirs sont structuraux (stratifiés dans les ailes) et que leur fabrication n'a pas intégré l'utilisation de l'éthanol, particulièrement dans le choix des résines qui composent leurs as-

Ce kit permet de mesurer la teneur en éthanol du carburant.



semblages, lesquelles doivent être capables résister à la stagnance de ce liquide corrosif fortement concentré. Afin de pouvoir utiliser du E85 sans risque dans nos moteurs, il est donc indispensable de valider certaines capacités physico-chimiques :

- La compatibilité des réservoirs et canalisations.
- La capacité mécanique du moteur à supporter les nouvelles données de combustion.

Mais également l'adaptation fonctionnelle :

- L'adéquation de l'autonomie.
- La capacité du moteur à conserver ses performances et un fonctionnement normal.

Pour faire simple, l'E85 est un produit qui peut se substituer à l'essence, mais dont les caractéristiques influent fortement sur le fonctionnement et le rendement des moteurs, au point d'impacter leur longévité si l'ensemble des paramètres modifiés par ces caractéristiques ne sont pas totalement maîtrisés.



## Qu'est-il possible de faire aujourd'hui ?

Techniquement, si vous disposez d'un moteur équipé de l'injection ou que vous prévoyez de l'équiper en tablant sur les économies (importantes) que cela peut induire, il est possible de projeter les calculs suivants :

Sur la base d'une consommation moyenne de 15 l/h, l'injection permet une réduction de la consommation de 15 %. Cela ramène à 12,75 l/h, ce qui donne :

- Pour le SP95 (E10) :  
12,75 l/h x 1,80 € = 22,90 €/h
- Pour le E85 :

12,75 l/h + 30 % = 16,5 l/h x 0,75 € = 12,40 €/h

Je vous laisse rapprocher cela de votre utilisation mais, pour celui qui vole beaucoup ou pour une école, la question serait vite tranchée... Pour les autres, une économie de 10,40 €/h, projetée sur l'intervalle de maintenance, absorbe largement le coût de cette dernière, ça se plaide aussi non ?

Oui mais voilà, si l'adaptation de la cartographie d'injection est une opération simple pour le concepteur de celle-ci, faut-il encore qu'il le veuille ou le puisse. Je doute fort (mais je peux me tromper) que Rotax soit disposé à proposer une programmation de ses calculateurs pour utiliser les blocs série 9i avec de l'E85. Mais peut-être, comme c'est parfois le cas en utilisation terrestre, le nombre d'exemplaires de ces moteurs augmentant, un préparateur pourrait-il pénétrer et modifier leur cartographie ou développer un boîtier additionnel (on peut rêver, non ?). Je ne dispose pas d'informations concernant l'injection de Edge Performance, mais leurs réalisations sont plus axées sur l'amélioration des performances pures que sur la réduction des coûts. Pour Sodemo, pas beaucoup plus, sauf à savoir que les calculateurs qu'utilise le dispositif ne me semblent pas à même de supporter d'entrée supplémentaire. Chez LAD, Christian Dieux confirme que le sujet est à l'étude (avancée) et que la reprogrammation de ses calculateurs est parfaitement réalisable. Quant à Aerolight, qui développe actuellement une injection « maison », Jean-Baptiste Bély confirme qu'elle sera paramétrable pour l'utilisation de l'E85.



*L'adaptation des Rotax à injection à l'E85 serait techniquement possible. Mais le motoriste n'en parle pas pour le moment.*

Il reste une question importante pour ceux qui voyagent : « Si mon moteur est réglé pour l'E85, pourrais-je utiliser les autres carburants (UL91, SP95, SP98, 100LL) au cas où je ne dispose pas d'une âme charitable (Régis ?) qui m'apporte de l'E85 sur la base de ravitaillement ? ». Car au regard de la faible présence d'UL91 sur les plateformes françaises, inutile de rêver que l'on y trouve de l'E85 dans un proche avenir. Cette souplesse, c'est la définition du « FlexFuel », qui impose que le calculateur d'injection dispose d'une information sur la qualité du carburant (le taux d'éthanol) pour s'adapter à celui-ci. Cela suppose l'implantation d'un capteur sur le circuit d'alimentation, et à ce jour aucun système d'injection équipant les Rotax série 9 ne dispose de cet équipement.

## Sonde lambda

La sonde lambda, encore appelée sonde d'oxygène, mesure la teneur en oxygène des gaz d'échappement. Dans le cas d'un moteur équipé de l'injection, elle transmet cette valeur au calculateur qui en déduit une richesse, ce qui lui permet en temps réel de faire varier celle-ci. La sonde peut être reliée à un écran, qui affiche alors un Air Fuel Ratio que l'on peut utiliser pour ajuster la richesse.

Attention, une sonde lambda interdit l'emploi de carburant 100LL, car le plomb qu'il contient se dépose sur le capteur, poreux, où il se vitrifie sous l'effet de la chaleur ambiante dans l'échappement, rendant la sonde définitivement inopérante.



## En conclusion

Contrairement aux croyances populaires (comme souvent), l'adaptation à l'E85 n'est pas une simple formalité, et demandera à ceux désireux de franchir le pas un investissement en équipement et en temps d'adaptation, ainsi qu'une acceptation des risques de dysfonctionnements, toujours possibles lorsque l'on est pionnier dans un domaine. Surtout, ne pensez pas que si l'on maîtrise l'utilisation terrestre de l'E85, le passage à l'aérien ne nécessite ni compétences ni développement : vous commettriez là une erreur à laquelle aucun pilote n'a droit.

La réalité « écolo-économique » laisse à penser qu'avant que nous ne volions à l'électrique, des solutions seront disponibles. C'est tant mieux, et puis un peu de vert dans nos activités, très décriées en ce moment pour leur caractère polluant, ça pourrait aider non ? ●

# LES SPÉCIALISTES MOTEURS ULM 503 - 582 - 912 PIÈCES GARANTIES D'ORIGINE OU COMPATIBLES

**80 AIR FLASH ULM**  
03 22 38 93 53

**50 ULM AIR COTENTIN**  
02 33 50 09 82

**61 RUBY AIR SERVICES**  
06 09 73 11 68

**17 AIR OCÉAN**  
06 11 97 09 26

**31 NICOLAS GÉRALD**  
06 81 01 52 40

**30 AAM**  
06 62 50 90 86

**26 SECURIT AERO**  
06 63 87 26 01

**BELG. AERODYNE SERVICES S.A.**  
00 32 492 60 19 34

**ITINÉRANT NORD-EST LORAVIA**  
03 82 56 63 71

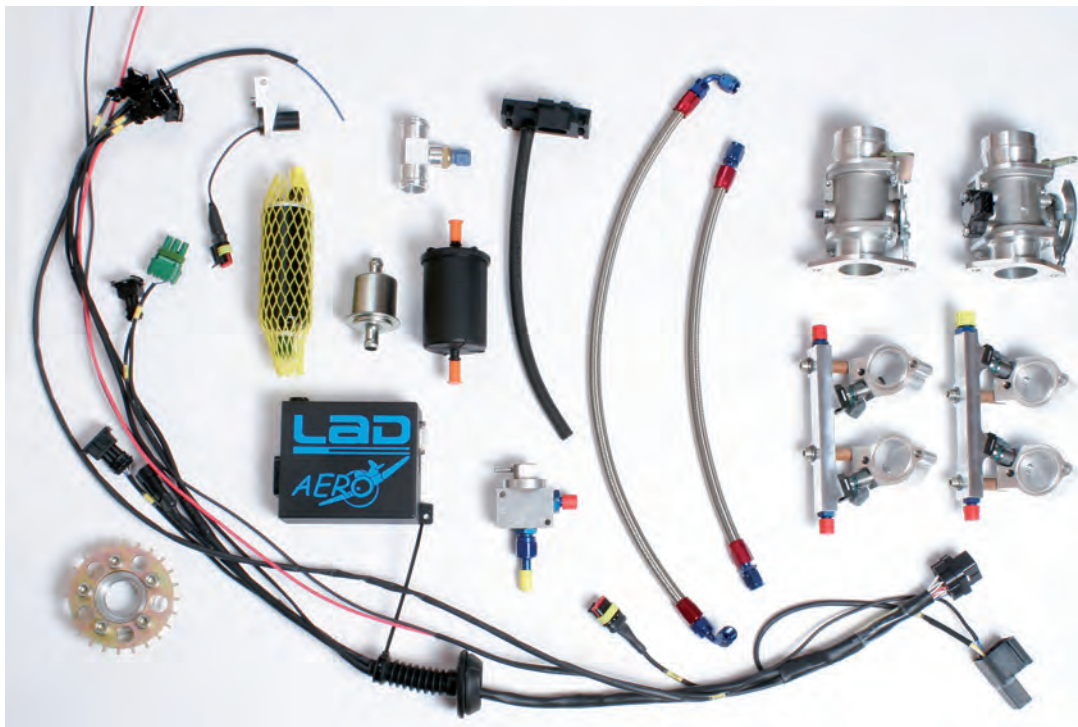
**21 G DECOUV'R**  
03 80 56 35 80

**25 YVES AERO MAINTENANCE**  
06 86 74 83 70

**01 AEROLIGHT**  
04 74 21 72 10

**RÉSEAU RELAIS**  
*lorAvia*

**LORAVIA - 6 route de Stuckange 57310 Bertrange - France - Tél : +33 (0)3 82 56 63 71**  
E-mail : [loravia@wanadoo.fr](mailto:loravia@wanadoo.fr) • Site : [www.loravia.com](http://www.loravia.com)



*Le kit LAD est l'un des systèmes d'injection les plus populaires pour les moteurs Rotax. L'adaptation à l'E85 est à l'étude.*

# Abonnez-vous !

SCANNEZ-MOI !



RETROUVEZ NOS OFFRES SPÉCIALES ABONNÉS EN PAGES 49 ET 65

## ABONNEMENT PAPIER

✓ 12 N° + 1 hors-série

83€

au lieu de 97,55€ (-14,92%)

✓ 24 N° + 2 hors-séries

157,50€

au lieu de 195,10€ (-19,27%)

+ accès à la version numérique tout au long de votre abonnement

Marche à suivre disponible sur [www.flying-pages.com/shop\\_fr](http://www.flying-pages.com/shop_fr) > Catégories > Assistance téléchargement

**+** UNE PETITE ANNONCE GRATUITE PAR PARUTION

Offre soumise à conditions : les petites annonces gratuites sont réservées aux particuliers. Une seule machine par annonce. Elles ne doivent comporter aucun caractère commercial. La gratuité concerne seulement les textes.

**+** LE HORS-SÉRIE GUIDE D'ACHAT VOL MOTEUR

300 p. recensant plus de 1 000 ULM/LSA, pendulaires, planeurs ULM, autogires, hélicoptères, avions certifiés et amateurs, instruments, accessoires... Prix de vente public : 9,95 €. Il s'agit des HS 2022-2023 sortie 07/2022 et 2023-2024 sortie 07/2023.

## ABONNEMENT NUMÉRIQUE

UNIQUEMENT EN LIGNE

✓ 13 N° (DONT LE NUMÉRO EN COURS)

63,50€

au lieu de 83€ (-23,49%)

[www.vol-moteur.fr](http://www.vol-moteur.fr) Dans menu Vol Moteur > Abonnement Vol Moteur PDF

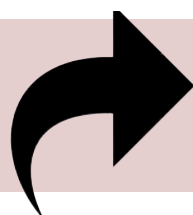
La procédure de téléchargement de votre magazine en version PDF, avec le numéro d'abonnement, n'est à effectuer qu'une seule fois. Les mois suivants, vous pouvez vous connecter directement sur notre site et vous rendre dans « MON COMPTE », puis « TÉLÉCHARGEMENTS » où vous trouverez le lien pour télécharger le journal.

**AVIS À NOS ABONNÉS** Dans un souci de protection de l'environnement, nos relances de réabonnement se font désormais par e-mail. Pour être sûr(e) de toujours recevoir les communications de Flying Pages Europe, ajoutez l'adresse [jamilla@flying-pages.com](mailto:jamilla@flying-pages.com) à votre carnet d'adresses.

Pour vous abonner ou vous réabonner, merci de vous connecter de préférence à [www.flying-pages.com/shop\\_fr](http://www.flying-pages.com/shop_fr) ou, le cas échéant, remplir le bulletin ci-dessous, le scanner et nous le retourner par e-mail.

**Politique de confidentialité** : votre adresse e-mail restera strictement confidentielle, elle ne sera jamais divulguée à des tiers ou utilisée pour de la publicité. Conformément à la loi informatique et libertés, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et d'opposition aux données à caractère personnel vous concernant, il suffit de nous adresser un e-mail à [jamilla@flying-pages.com](mailto:jamilla@flying-pages.com) pour ne plus recevoir nos communications.

## POUR NOUS CONTACTER



[jamilla@flying-pages.com](mailto:jamilla@flying-pages.com)  
[www.flying-pages.com/shop\\_fr](http://www.flying-pages.com/shop_fr)

### FRANCE

12 n° + 1 HS 83 €  
 24 n° + 2 HS 157,50 €

### DOM

12 n° + 1 HS 94 €  
 24 n° + 2 HS 181,50 €

### TOM/EUROPE

12 n° + 1 HS 98 €  
 24 n° + 2 HS 198 €

### AUTRES PAYS

12 n° + 1 HS 119 €  
 24 n° + 2 HS 229,50 €

### E-mail (impératif pour toute correspondance)

@

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
CP \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_ Pays \_\_\_\_\_ Tél \_\_\_\_\_

Chèque bancaire à l'ordre de FLYING PAGES EUROPE, 50 rue Pierre-Georges Latécoère 05130 Tallard

CB/Visa/Eurocard-Mastercard : ↴

Virement sur notre compte :  
Banque : BNP PARIBAS  
IBAN : FR76 3000 4008 3400 0102 6653 586  
BIC : BNPAFRPPVIR

\_\_\_\_\_ Expire le \_\_\_\_\_ Cryptogramme \_\_\_\_\_

**VOL**  
moteur

FLYING PAGES EUROPE  
50 rue Pierre-Georges Latécoère 05130 Tallard  
+33 (0)9 54 59 19 24