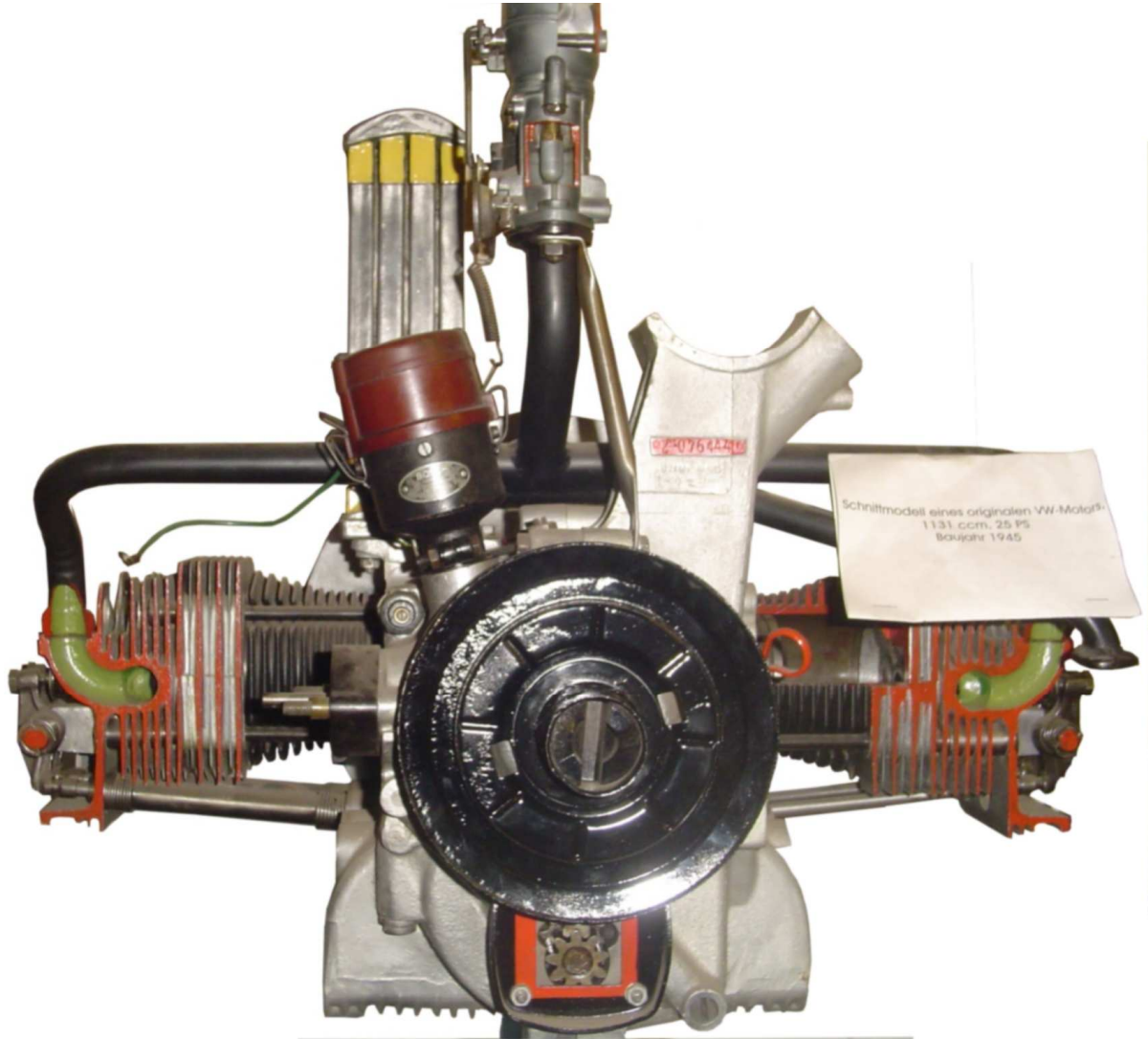


## LE SUCCESSEUR DU VOLKSWAGEN

**Il était une fois** des hommes qui cherchaient un moteur pour leur avion. Aubier-Dune, Poincart, AVA, Salmson, deux-temps gourmands et capricieux ou quatre-temps lourds et chers ils les connaissaient tous... Et ils se seraient bien accommodés de leurs défauts, mais après plus de cinq ans de troubles et de destructions pendant lesquelles l'idée de voler juste pour le plaisir était devenu un rêve inaccessible, ils étaient devenus rares ou trop chers.

Et puis, du capot de certains véhicules plus ou moins abîmés abandonnés par leurs conducteurs pressés de rentrer chez eux... Ils extirpèrent ceci :



Débarrassé de son ventilateur et de ses gaines de refroidissement, ce 4 cylindres à plat ressemblait énormément à un moteur d'avion, en un peu plus petit, et surtout en beaucoup moins cher puisqu'on en trouvait beaucoup « d'occasion »...

70 kg environ pour un moteur de 1131 cm<sup>3</sup> qui développait 25 CV, c'était un peu lourd et pas très puissant, mais en ces temps reculés, les avions légers étaient moins motorisés et une douzaine de kilos par cheval, voire même plus, n'effrayaient pas les pilotes qui connaissaient intimement le second régime et le « pilotage aux fesses »...

Dès 1947, ce moteur propulsa le premier Jodel D9, le F-PERP :



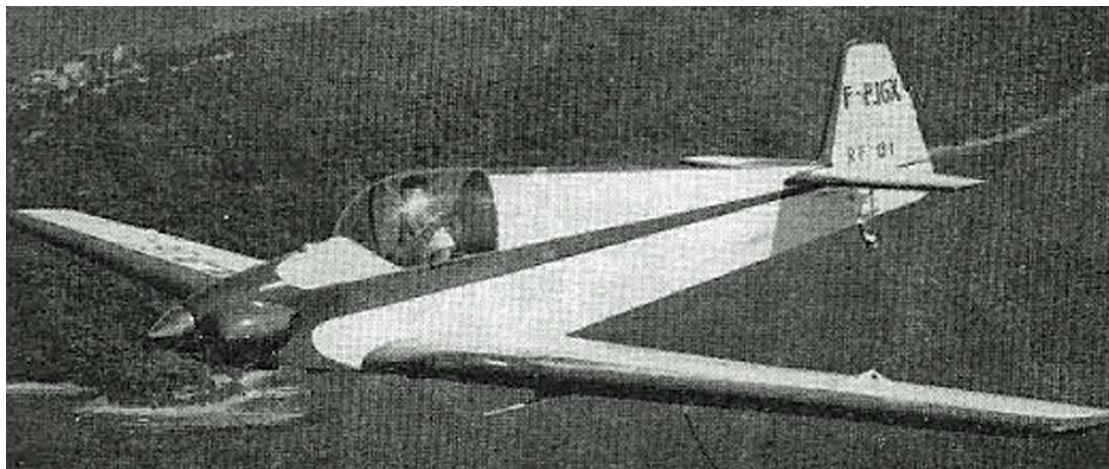
En 1951, ce fut le tour du premier CP à aile elliptique, le CP 20 F-WGGI :



Cet avion, valut à son constructeur, Claude Piel, de recevoir un Trophée récompensant la meilleure réalisation amateur du meeting du réseau de l'air (RSA) de Montargis en août 1951.



Le célèbre céramiste qui avait réalisé le Trophée de attribué à Claude Piel, René Fournier, monta le même moteur VW sur son premier avion, le RF-01 F-PJGX qui effectua son premier vol sur l'aéroport de Cannes le 6 juillet 1960, piloté par Charles Fauvel :



Des 25 à 27 CV originels, le moteur Volkswagen augmenta vite de puissance et cylindrée.

A la demande de René Fournier, Rectimo Aviation produisit un moteur de 39 CV sur la base du 1200 cm<sup>3</sup> pour les RF2, RF3 et RF4. Et toujours à la demande de René Fournier, Peter Limbach produisit un moteur de 68 CV sur la base du 1700 cm<sup>3</sup> pour le biplace RF5...

Le moteur Volkswagen est donc à l'origine de la plupart des familles d'avions légers français développés après la deuxième guerre mondiale. Il fut également le moteur le plus couramment employé par les amateurs pour motoriser leur avion monoplace ou biplace en CNRA car outre son faible prix et sa disponibilité, il était remarquablement FIABLE !

Bien sûr, le VW ne pouvait suffire aux triplaces et aux quadriplaces (encore que l'union faisant la force, un quadriplace trimoteur VW aurait été faisable), mais ces "gros" avions ne représentaient qu'une petite part de la production amateur.

## 60 ans ont passés...

- Nous sommes devenus plus grands et plus lourds, et les monoplaces de naguère nous semblent souvent étiés,
- Les avions écoles ont doublé de puissance et la masse croissante aidant, les biplaces de 68 CV nous semblent franchement sous-motorisés,
- VW a remplacé les vilebrequins forgés par des vilebrequins moulés, puis a définitivement arrêté de produire son quatre cylindres à plat refroidi par air,
- Les préparateurs industriels du Volkswagen ont tous successivement jeté l'éponge.

Seuls quelques amateurs irréductibles envisagent encore d'avionner un quatre cylindres à plat Volkswagen.

La solution de remplacement c'est le Rotax 912 de 80 ou 100 CV. Pour un biplace qui a pris de l'embonpoint, 80 ou 100 CV c'est beaucoup mieux que 68 CV, d'autant qu'en changeant de moteur, on gagne une quinzaine de kilos.



D'autres moteurs (D-Motor, Loravia, SME, Vija...) se partagent les miettes du marché dominé par Rotax avec son 912. Mais si le 912 est plus puissant et plus léger que le VW, mais il est aussi beaucoup plus cher pour l'amateur.

Certes la comparaison n'est pas équilibrée. D'un côté, il s'agit de moteurs neuf prêts à monter, de l'autre des moteurs d'automobile qui restent à avionner, mais le prix d'un moteur automobile acheté à la casse plus celui d'un échange standard est sans commune mesure avec celui d'un moteur d'avion neuf...

Et puis si ces moteurs de 80 à 115 CV suffisent à motoriser un triplace léger, ils sont incapables de propulser efficacement un vrai quadriplace (400 kg de charge marchande + carburant pour 4 heures + réserves) dont la masse avoisine les 1000 kg.

Pour ces avions, nous continuons à faire voler des moteurs aéronautiques fiables mais chers à l'achat, et gourmands d'une essence coûteuse qui ne sera bientôt plus produite...

## **A la recherche du successeur ...**

Pour succéder à ce que fut le Volkswagen pour la construction amateur, il nous faudrait trouver un moteur d'automobile de large diffusion dont la production soit pérenne pour au moins dix ans, tournant à une vitesse compatible avec une hélice en prise directe, et suffisamment puissant pour propulser un avion de 4 places...

Pour avoir un rendement correct, l'hélice d'un avion de 1000 kg doit avoir un diamètre qui implique une vitesse de rotation inférieure ou égale à 3000 t/min.

Parmi les moteurs automobiles actuels, les seuls qui puissent entraîner une hélice en prise directe à cette vitesse sont des diesels, et pour qu'un diesel ait une puissance massique suffisante, il faut qu'il soit turbocompressé.

Pour propulser (et assurer un taux de montée suffisant pour la sécurité) un quadriplace confortable dont la masse au décollage est de l'ordre de 1000 kg doit être proche de la limite de puissance de l'arrêté du CNRA pour les avions de plus de 2 places, soit 150 kW (201 HP).

- 180 HP à un régime de 3000 t/min, correspond à un couple maximum de 425 Nm
- 200 HP à un régime de 2500 t/min, correspond à un couple maximum de 570 Nm

Il est donc inutile de considérer les moteurs dont le couple maximum n'est pas compris entre ces deux valeurs.

La plupart des "petits" moteurs stationnaires étant dérivés de moteurs routiers pour limiter les investissements, on dispose ainsi d'une évaluation « sure » des capacités des moteurs routiers.

Et comme l'utilisation Avion est plus proche d'une utilisation stationnaire que de l'utilisation routière, on écartera aussi les moteurs qui n'entrent dans la plage de couple/puissance voulue qu'à condition de fixer la pression turbo à une valeur supérieure à celles prévue par le constructeur pour les applications stationnaires.

L'application stationnaire la plus proche de la propulsion d'un avion léger est la propulsion marine.

## UNE PISTE

CUMMINS Marine vend un moteur V6 turbo diesel qui a les caractéristiques suivantes :

- Type : TDi 3.0-265-6 HO
- Alésage : 83 mm
- Course : 91 mm
- Nombre de cylindres : 6
- Cylindrée : 2954 cm<sup>3</sup>
- Puissance maximale : 195 kW (265 CV) de 3800 à 4200 t/min.
- Pression moyenne effective : 1923 kPa
- Couple maximum : 566 Nm à 2250 t/min  
(> 550 Nm de 2000 à 3000 t/min)
- Couple max. continu : 454 Nm
- Masse à sec : 330 kg (Version marine)  
219 kg (moteur seul)



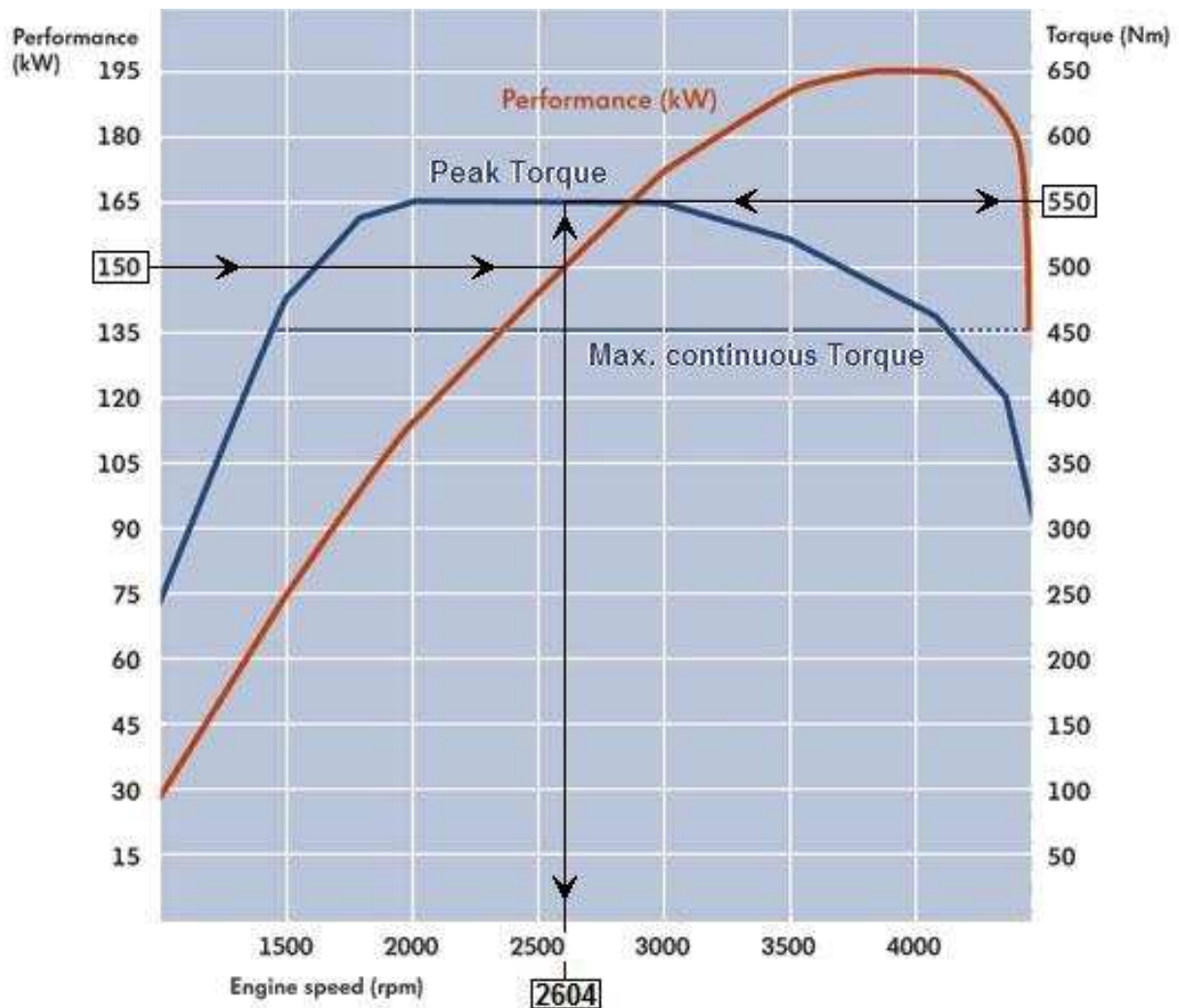
Regardez bien la photo, vous trouverez une marque connue sur le filtre... Et oui, CUMMINS Marine est le vendeur exclusif de VW Marine !

Autrement dit notre fameux « moteur seul » n'est rien d'autre que le V6 3.0 Tdi de VW, le plus largement diffusé après le 4 cylindre 2.0 Tdi !

## Vérification de l'adéquation à l'utilisation aéronautique

Partons de la limite de puissance du CNRA, 150 kW, sur les courbes de puissance et de couple jusqu'à intercepter la courbe de puissance (orange), puis verticalement jusqu'à la courbe de couple, et enfin horizontalement jusqu'à l'échelle de couple : 550 Nm

150 kW à 550 Nm correspondent à 2604,35 t/min, ce que nous vérifions en redescendant verticalement jusqu'à l'échelle de vitesse de rotation.



2600 t/min est parfaitement compatible avec une hélice classique d'avion léger en prise directe sur le moteur (pas de réducteur, allègement possible du volant)

En croisière à 75 %, le couple continu serait de 550 Nm x 75%, soit 412,5 Nm, valeur nettement inférieure à la limite de couple maximum en continu de 454 Nm.

L'adaptation de ce moteur à une charge « cubique » et à l'inertie d'une hélice a déjà été faite pour la version marine, et si le calculateur de la version automobile n'est pas adapté, celui de la version marine doit être beaucoup plus proche de ce qui nous intéresse.

## Consommation

La courbe de consommation d'un 2.0 Tdi de 4 cylindres, de technologie très proche de celle du 3.0 Tdi de 6 cylindres, montre qu'à 2500 t/min entre 75 et 100% de puissance, on se trouve dans la plage de meilleure consommation à moins de 210 g/kWh.

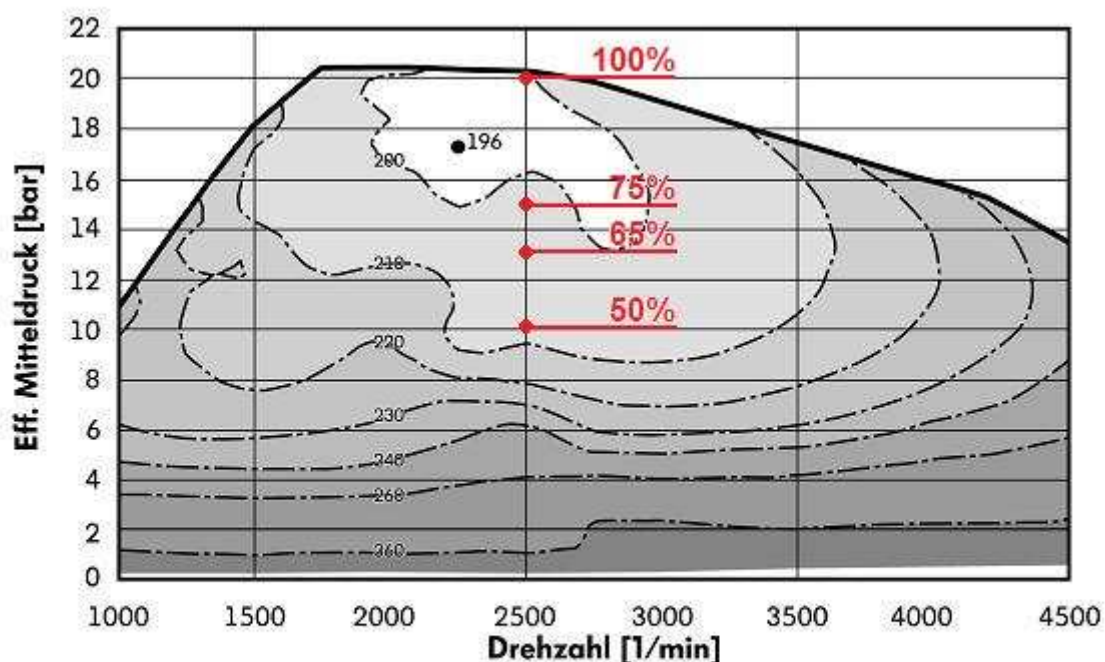


Abb. 19: Verbrauchskennfeld  
Fuel Consumption Map

Comparaison de consommation avec un moteur aéronautique classique.	Volkswagen V6 3.0 Tdi (gazole ou Jet A1)	Lycoming IO-360 (100 LL)
Pleins gaz (150 kW)	30 kg/h – 37 litres/h	37 kg/h – 51,5 litres/h
Croisière rapide 75% (112,5 kW)	22,5 kg/h – 28 litres/h	28,8 kg/h – 40 litres/h
Croisière économique 65% (97,5 kW)	20 kg/h – 24,7 litres/h	26,6 kg/h – 37 litres/h
Puissance réduite 50% (75 kW)	15,75 kg/h – 19,5 litres/h	21,8 kg/h – 30,2 litres/h

Pour une autonomie brute de 4 heures, le moteur turbo diesel nécessite des réservoirs contenant 112 litres ou 90 kg utilisables de gazole ou de JET A1, alors que pour le moteur aéronautique de même puissance il faut 160 litres ou 115 kg utilisables de 100 LL.

L'écart de consommation se traduit donc par des réservoirs potentiellement plus petits de 48 litres et une masse de carburant réduite de 25 kg.

Bien entendu, ce calcul ne prend pas en compte le prix et la disponibilité des carburants.

## **Bilan massique**

Le moteur seul pèse 219 kg. En retranchant l'allègement du volant et en rajoutant le bâti-moteur, l'arbre hélice, l'hélice bois, l'huile et le système de refroidissement, on ne devrait pas dépasser 250 kg.

250 kg, c'est beaucoup, mais 150 kW, c'est un bon 200 HP. Cela correspond donc à un groupe motopropulseur complet à 1,25 kg/HP.

A titre de comparaison, le GMP Volkswagen originel de 75 kg environ pour 25 HP était à 3 kg/HP par cheval, et même poussé à 68 HP, le VW 1700 de avionné avec son hélice et bâti-moteur à 85 kg, était à plus de 1,25 kg/HP...

Bien sûr, un moteur aéronautique de même puissance (Lycoming IO-360) pèse guère plus de 150 kg. Quand on rajoute l'huile, une batterie, une hélice à pas variable et un bâti moteur on n'est pratiquement à 200 kg, soit 50 kg de moins...

Comme pour une autonomie brute de 4 heures, la masse de carburant est 25 kg plus faible, la masse totale du GMP et de son carburant n'est majorée que de 25 kg. (soit 125 grammes par HP)

## **CONCLUSION**

Le moteur dont nous avons besoin existe. Il est produit à grande échelle et donc disponible pour l'avionnage.

Il consomme du gazole, du kérosène, voire du diester, carburants dont la disponibilité est beaucoup plus pérenne que l'essence 100LL.

Son rendement est excellent et le gain sur la consommation compense partiellement sa masse plus élevée que celui d'un moteur aéronautique comparable.

Contrairement à une idée reçue en ce qui concerne les turbo diesels, la solution ne consiste pas à partir d'un petit moteur automobile relativement léger et d'augmenter la pression de suralimentation pour atteindre la puissance voulue. Cette voie ne peut mener au mieux à une usure accélérée du moteur, au pire à sa casse en vol avec des conséquences potentiellement catastrophiques.

Comme pour tout autre moteur qui n'est pas conçu pour la propulsion des avions légers, sa géométrie (arbre moteur plus bas) impose éventuellement une adaptation du train d'atterrissage afin de conserver un diamètre hélice, et une garde au sol, correctes.

Le refroidissement liquide impose également l'étude de solutions nouvelles, mais un gain de trainée notable peut être atteint avec un système de refroidissement bien adapté.

**Le Volkswagen est mort, Vive le Volkswagen !**