

# LE SUCCESSEUR DU VOLKSWAGEN

## Chapitre II : Application à un quadriplace de voyage CNRA

Le Volkswagen V6 3.0 TDi équipé d'une hélice de diamètre standard (1,86 m) en prise directe est susceptible de motoriser un quadriplace de voyage.

Un quadriplace de voyage peut être défini comme un avion pouvant transporter quatre personnes et leurs bagages sur une distance de 800 km, suffisant pour la plupart des voyages en Europe.

En comptant que chaque personne, pilote ou passager correspond au « passager standard » de 77 kg et chacun emporte 23 kg de bagages, on arrive à une charge utile hors carburant de :  $4 \times (77 + 23) = 400 \text{ kg}$ .

**Le D140 Mousquetaire, ou Abeille**, équipé du moteur Lycoming O-360 de 180 HP est le seul avion qui peut être construit en CNRA et qui a une telle capacité d'emport. Sa masse maximale au décollage est de 1200 kg pour une masse à vide comprise entre 610 kg et 630 kg suivant l'équipement. Avec une capacité totale des réservoirs de 215 litres répartie en 90 litres dans le réservoir avant et 125 litres dans le réservoir arrière, la masse maximale de carburant est de :  $215 \times 0,72 = 155 \text{ kg}$

La charge utile hors carburant du Mousquetaire est donc de :  $1200 - 630 - 155 = 415 \text{ kg}$ , valeur compatible avec notre cahier des charge.

**La masse du moteur VW** est de 219 kg à sec. En ajoutant l'arbre porte-hélice, le radiateur et le liquide de refroidissement, et en retranchant l'allègement du volant rendu possible par l'inertie de l'hélice, la masse du moteur avionné est estimé à 238 kg, soit 90 kg de plus que celle du moteur Lycoming O-360 de 180 HP.

La masse à vide est donc comprise entre 700 et 720 kg. Pour éviter de modifier la cellule du D140 Mousquetaire, l'écart de centrage dû à la masse du moteur est compensé par :

- La suppression du réservoir avant (90 litres).
- Le déplacement de la batterie de l'avant de la cloison pare-feu à l'arrière du fuselage.

La suppression du réservoir avant entraîne une réduction du volume maximal de carburant de 215 litres à 125 litres. 90 litres d'essence (100 LL) pèsent 65 kg mais le carburant diesel (gazole ou jet A1) étant plus dense que l'essence, la masse du plein de carburant n'est réduite que de 155 kg à 100 kg, soit 55 kg sans compter la masse du réservoir avant.

Même avec une masse à vide maximale de 720 kg, 100 kg de carburant et 400 kg de charge utile, la masse maximale au décollage ne dépasse les 1200 kg que de 20 kg.

Sur cette base, et en supposant que le coefficient de trainée de refroidissement du moteur VW est identique à celui de l'installation standard du moteur Lycoming (hypothèse pessimiste), on peut calculer les performances (voir le tableau de la page suivante).

En croisière rapide (75%), la vitesse de profite de l'augmentation de la puissance (+ 8 km/h), mais avec 125 litres de carburant diesel, l'autonomie brute sans vent n'est que de 1010 km. Cette valeur est à comparer aux 1182 km du D140 Lycoming avec 215 litres d'essence.

## Performances calculées

| D140  |                   | Lycoming O-360<br>180HP - 133kW | VW V6 3.0 Tdi<br>201HP - 150kW |
|---|-------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Envergure   | m                 | 10,270                          | 10,270                         |
| Longueur  | m                 | 7,920                           | 7,920                          |
| Hauteur   | m                 | 2,050                           | 2,050                          |
| Corde max profil (hors réservoirs d'Apex)               | m                 | 2,300                           | 2,300                          |
| Epaisseur profil  | %                 | 15                              | 15                             |
| Surface   | m <sup>2</sup>    | 18,500                          | 18,500                         |
| Masse à vide (Hypothèse pessimiste)                     | kg                | 630                             | 720                            |
| Masse en charge   | kg                | 1200                            | 1220                           |
| Charge utile  | kg                | 570                             | 500                            |
| Limite centrage AV                                      | %                 | 0,36m                           | 0,36m                          |
| Limite centrage AR                                      | %                 | 0,61m                           | 0,61m                          |
| Capacité du réservoir avant                             | l                 | 90                              | -                              |
| Capacité du réservoir arrière                           | l                 | 125                             | 125                            |
| Capacité totale des réservoirs                          | l                 | 215                             | 125                            |
| Masse maximale Carburant                                | kg                | 155                             | 100                            |
| Volume maximal Carburant quadriplace                    | l                 | 215                             | 125                            |
| Masse maximale Carburant quadriplace                    | kg                | 150,5                           | 100                            |
| Allongement   |                   | 5,701                           | 5,701                          |
| Charge alaire   | kg/m <sup>2</sup> | 64,865                          | 65,946                         |
| Moteur  | HP                | 180                             | 201                            |
| Charge au Cheval  | kg/HP             | 6,667                           | 6,070                          |
| Moteur marque   |                   | Lycoming                        | VW                             |
| Masse moteur à sec (+ radiateur, liquide, arbre hélice) | kg                | 148                             | 238                            |
| Vitesse d'atterrissage                                  | km/h              | 108                             | 112                            |
| Vitesse de décrochage                                   | km/h              | 83                              | 86                             |
| Roulement au décollage, MTOW, atmos. Stand., herbe      | m                 | 355                             | 350                            |
| Vitesse ascensionnelle                                  | m/s               | 5,9                             | 6,7                            |
| VNE   | km/h              | 285                             | 285                            |
| Vitesse Maxi au niveau du sol                           | km/h              | 231                             | 240                            |
| Vitesse de croisière au sol à 75%                       | km/h              | 210                             | 218                            |
| Vitesse de croisière à 5000 ft à 75%                    | km/h              | 218                             | 226                            |
| Consommation à 75%                                      | l/h               | 38,2                            | 28,0                           |
| Endurance à 75%   | h                 | 5,628                           | 4,464                          |
| Autonomie brute sans vent (nette) à 75%                 | km                | 1182 (972)                      | 1010 (823)                     |
| Vitesse de croisière à 5000 ft à 65%                    | km/h              | 203                             | 211                            |
| Consommation à 65%                                      | l/h               | 33,0                            | 24,7                           |
| Endurance à 65%   | h                 | 6,515                           | 5,061                          |
| Autonomie brute sans vent (nette) à 65%                 | km                | 1323 (1088)                     | 1066 (869)                     |
| Vitesse de croisière à 5000 ft à 50%                    | km/h              | 170                             | 176                            |
| Consommation à 50%                                      | l/h               | 26,8                            | 19,5                           |
| Endurance à 50%   | h                 | 8,022                           | 6,410                          |
| Autonomie brute sans vent à (nette) 50%                 | km                | 1364 (1122)                     | 1131 (922)                     |

Le rendement d'un moteur diesel se dégrade moins à faible charge que celui d'un moteur à allumage assisté. C'est pourquoi pendant 45 minutes à la puissance d'attente du D140, c'est-à-dire 45% de 180 HP, soit 60 kW, le moteur Lycoming consomme 18,5 litres d'essence 100LL alors que le VW ne consomme que 12 litres de carburant diesel.

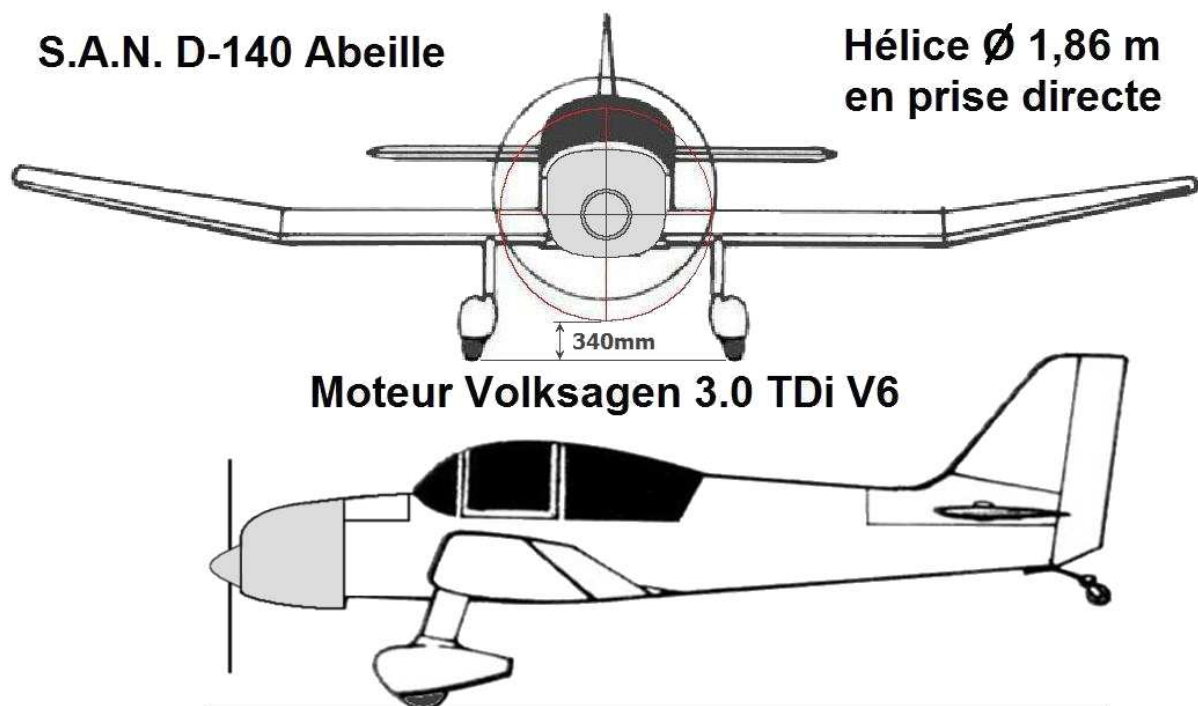
En retranchant ces 45 minutes d'attente à destination plus une réserve de 10% pour le vent, on obtient une autonomie nette de 972 km pour le D140 Lycoming et de 823 km pour le D140 VW.

Il suffit de réduire les gaz à la croisière économique (65%) pour que l'autonomie nette du D140 Lycoming dépasse 1000 km. Par contre on voit que même en volant à 176 km/h, le gain est relativement faible pour la version diesel qui est déjà très efficace au dessus de 200 km/h.

Sur un trajet de 800 km, la version diesel soutient facilement la comparaison avec la version standard à essence. Sa consommation ramenée à la distance (sans vent) n'est que de 12,4 litres/100 km de carburant diesel (gazole ou JetA1) en volant à 226 km/h alors que la version Lycoming consomme 18,2 litres/100 km d'essence 100LL en volant à 218 km/h.

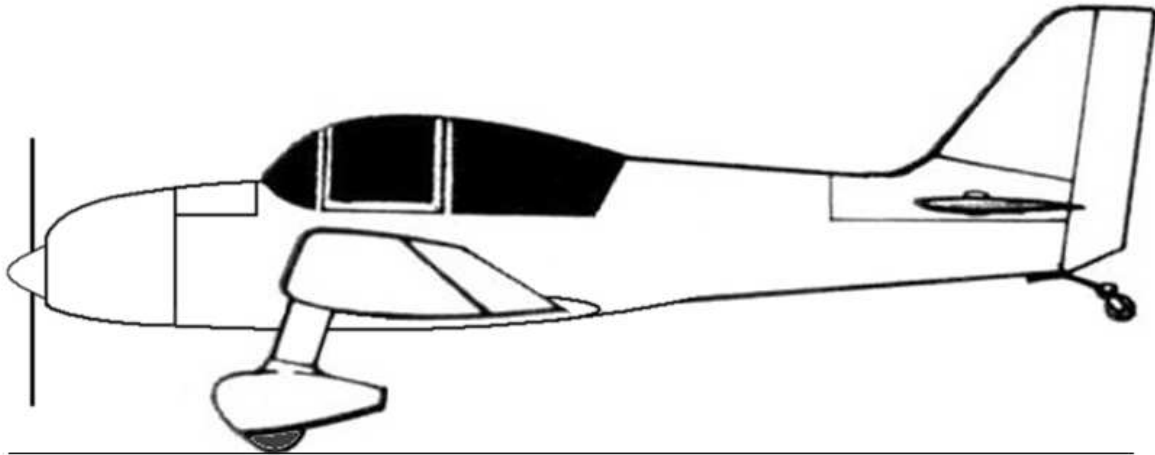
### **Implantation du GMP Volkswagen sur une cellule de D140.**

En prise directe, le moteur V6 3.0 TDi a l'arbre de l'hélice aligné avec le vilebrequin en dessous de l'axe médian du moteur. En plaçant le moteur devant la cloison pare feu, l'arbre hélice se retrouve abaissé par rapport à sa position initiale, mais la garde au sol reste de 340 mm, ce qui est suffisant puisque le minimum admis est de 250 mm.



L'abaissement de l'hélice a aussi pour conséquence de laisser un espace utilisable sous les pieds des pilotes pour installer le radiateur qui peut également prendre la place laissée la suppression du réservoir avant.

Le carénage de ce volume, ainsi que le volume interne de l'aile, permet de créer un réservoir de carburant supplémentaire augmentant occasionnellement la distance franchissable contre une réduction de la charge utile.



## Avion de raid

Un vol très long peut difficilement se concevoir avec un pilote seul. La charge utile sans carburant doit donc comprendre deux « passagers standards » de 77 kg plus un équipement de survie (gilets de sauvetage, canot gonflable,...). Pour la suite, cette masse utile est fixée à 180 kg. La masse de carburant est alors de :

$$1220 \text{ kg (MTOW)} - 720 \text{ kg (Masse à vide)} - 180 \text{ kg (Charge utile)} = 320 \text{ kg}$$

Ce qui correspond à 400 litres de carburant diesel.

Une fois déduits les 12 litres correspondants à 45 minutes d'attente à destination, les 388 litres restants permettent de parcourir :

- 3132 km en 13 heures et 51 minutes à 75% de puissance
- 3314 km en 15 heures et 42 minutes à 65% de puissance
- 3502 km en 19 heures et 53 minutes à 50% de puissance

Cette distance franchissable, atteinte sans augmentation de la masse maximale au décollage, est probablement sous estimée car elle ne tient pas compte de plusieurs phénomènes favorables :

- Le refroidissement liquide et un meilleur carénage du dessous de fuselage permettraient de réduire la traînée.
- Contrairement au moteur Lycoming O-360, le Volkswagen est turbocompressé et son rendement peut être maintenu à une altitude l'avion se rapproche de sa finesse maximale (11).

## Calcul énergétique de la distance franchissable à la finesse maximale

La finesse maximale supposée de 11 et une masse moyenne de 1060 kg, permettent de calculer la traînée moyenne sur le trajet :

$$1060 \text{ kg} \times 9,81 / 11 = 945 \text{ N}$$

Le moteur consomme 210 g/kWh. Les 311 kg de carburant (320 kg moins les 9 kg des 45 minutes d'attente à l'arrivée) correspondent donc à une énergie mécanique de :

$$311 \text{ kg} / 0,210 \text{ kg/kWh} = 1481 \text{ kWh} \quad \text{ou encore} \quad 1481 \times 3600 = 6.627.600 \text{ kJ}$$

Entre le moteur et l'air, il y a l'hélice dont le rendement est de l'ordre de 80%, l'énergie consommée par le vol est donc.

$$6.627.600 \text{ kJ} \times 80\% = 5.302.080 \text{ kJ}$$

Et cette énergie étant le travail de la trainée sur la distance franchissable maximale, cette dernière est donc :

$$5.302.080 \text{ kJ} / 945 \text{ N} = 4513 \text{ km}$$

Cette distance franchissable est obtenue pour une vitesse indiquée constante de l'ordre de 140 km/h. Il est donc intéressant de voler le plus haut possible pour que la vitesse air soit plus importante, et que le moteur délivre une puissance suffisante pour que sa consommation spécifique reste optimale.

Le D140 équipé d'un moteur VW V6 3.0 TDi peut donc servir à des voyages à longue distance car avec une distance franchissable en biplace de plus de 3300 km, il est capable de :

- traverser l'atlantique sud sans escale de Dakar à Natal (3000 km), sachant que les vents sur ce trajet sont globalement favorables.
- traverser l'atlantique Nord d'Amérique vers l'Europe avec une seule escale, sachant que les vents sur ce trajet sont également globalement favorables.

## **Avion de Voyage longue distance en « triplace »**

La plupart des avions de production industrielle vendus comme quadriplaces sont incapables de respecter le cahier des charges du quadriplace de voyage défini ci-dessus (charge utile hors carburant de 400 kg avec 800 km d'autonomie).

Le Cessna F172N, par exemple, peut bien franchir 800 km avec réserves avec ses réservoirs de 152 litres utilisables, mais en comptant sa masse à vide de 648 kg et 108 kg d'essence, il ne peut plus emporter que 287 kg de charge utile pour respecter sa masse maximale au décollage de 1043 kg. Or en comptant 100 kg (77 kg + 23 kg de bagages) par personne, ce n'est donc pas un quadriplace, ni même un triplace...

Le D140 équipé d'un moteur VW V6 3.0 TDi et d'un réservoir de grande capacité utilisé en triplace (300 kg de charge utile sans carburant) pourrait embarquer 200 kg, soit 250 litres, de carburant diesel. En retranchant les 45 minutes d'attente à l'arrivée et les 10% pour le vent, cela lui permettrait de franchir une distance de plus de 1725 km...

## **Avion de montagne**

Le D140 Mousquetaire est considéré comme l'un des meilleurs avions de montagne. Equipé d'un moteur VW, il ne perdrait évidemment pas ses qualités, mais grâce aux 17 kW (22,8 HP) supplémentaires développés par le V6 3.0 TDi à 2600 t/min, il verrait sa vitesse de montée passer de 5,9 m/s (1180 ft/min) à 6,7 m/s (1340 ft/min).

Comme le VW est turbocompressé, l'écart de puissance avec le Lycoming O-360 serait encore plus important en montant en altitude.

La congélation du gazole survenir en montagne, mais le problème ne pourrait pas apparaître avec du JetA1 dont le point de congélation ( $-47^{\circ}\text{C}$ ) est inférieur aux plus basses températures rencontrées en montagne.

## Conclusion

Monter un moteur sur une cellule qui a été étudiée pour un autre moteur de caractéristiques différentes ne donne naturellement pas un résultat optimal. Un avion dessiné autour du Volkswagen V6 3.0 TDi aurait certainement des performances nettement meilleures.

Cependant, les calculs ci-dessus montrent déjà qu'un D140 équipé du moteur VW serait un vrai avion de voyage quadriplace aux performances fort honorables (238 km/h) tout en restant remarquablement économique (12,4 litres aux 100 km, 28 litres à l'heure, de carburant diesel *non-routier*).