

ET POURTANT... ELLES VOLENT !

*Tout ce que vous avez toujours voulu savoir
sur les ailes volantes, sans oser le demander*

Le monde vélivole est partagé en deux. D'un côté, ceux qui se damneraient et sautent sur l'occasion dès qu'on leur propose d'"EN" faire un tour, et de l'autre, ceux qui regardent prudemment la pointe de leurs chaussures, évitent le regard du pilote ou se découvrent brutalement un rendez-vous urgent... "PARCE QU'IL N'Y A PAS DE QUEUE". La phrase fatidique est lâchée.

Quelques mots de présentation de l'auteur qui est né en 1946. Quasi vieux con quoi. J'ai pratiqué pendant vingt ans la compétition en aéromodélisme de vol libre jusqu'à une cinquième place au championnat du monde (Wakefield, pour ceux qui connaissent), ce qui me donne une bonne compréhension des phénomènes rencontrés dans le vol d'un aéronef et ses réglages. Depuis 1983, je suis pilote de planeur mais m'intéresse plus à la restauration des vieilles machines qu'à la performance. J'ai probablement accumulé, en bientôt vingt ans, la plus forte expérience actuelle du pilotage des ailes volantes droites, sur AV 36, AV 22 S et AV 222, plus de mille heures, et ne vole plus qu'exceptionnellement sur autre chose. L'aile volante ça a d'abord été pour moi un souvenir d'enfance, l'AV 36 de Malzéville tournant dans la pompe au dessus de mon nez en l'air. Elle est revenue en trombe des années après, vers 1980, quand réfléchissant avec mon vieux complice en wakefield, Emile Gouverne, nous arrivions à la conclusion que pour faire un ULM motoplaneur modeste, le plus simple était de partir d'un planeur ancien existant. A y regarder de plus près, l'AV 36 de Fauvel, décrite par notre ami Pierre- Bès dans le MRA, 120 kg pour plus de 14 m² et des perfos enviables dans cette gamme de machine paraissait convenir à merveille. Clairement, dans la chasse au poids, pour rester solide, il valait mieux diminuer le nombre d'éléments constituant la machine que l'épaisseur des semelles de longeron ! Comme nous n'étions ni l'un ni l'autre encombrés de préjugés et parfaitement capables de comprendre comment et pourquoi ça fonctionnait forcément, quoiqu'en disent les spécialistes de bar de club house, ne restait plus qu'à en trouver une. Ce que fit Mimile à Troyes Barberey en 1983, et c'est moi alors vélivole débutant qui me lancai. J'ai donc motorisé une AV 36, puis largement participé à restaurer l'AV 22 S F-CAGL, puis ai mené à son terme la construction de la 222 F-CRGC. Depuis, la 36 est devenue propriété d'Emile.

Réfléchissons un peu :

Que l'AV 36 de Fauvel, avec à peu près l'envergure et l'allongement d'un Emouchet ou d'un Grünau Baby, soit 25 % moins lourde (donc utilise 25 % de moins de matériaux... et d'argent), bien plus solide (rupture à 12 G à 225 kg, alors qu'elle n'en pèse que 120 à vide, et encore, avec un entoilage très lourd) et procure des performances supérieures de 30 % sur une bien plus large plage de vitesses, aurait dû faire réfléchir au lieu de critiquer la formule. Elle a permis à Claude Visse de réaliser ses 300 km, son gain de 5000 m, à Eric Nessler d'en faire 460 et Michel Mougel, avec la F-CBRU n'avait il pas fait Malzéville- Poitiers (502 km !!!!), tandis que Heinz Scheidhauer sur Horten Urubu franchissait la Cordillère des Andes ? Le plus triste ou comique, je n'arrive pas à trancher, c'est que les mêmes qui lapident l'aile volante, acceptent comme argent comptant que le canard est stable... sans avoir réfléchi ou avoir mis le cul dans l'un ou dans l'autre !

Mais justement, et la stabilité ?

Ben oui, il vient d'où le moment stabilisateur d'une AV ? Et je puis vous assurer qu'elle n'a rien à envier à un planeur classique.

C'est que sur un aéroplane il y a toujours une queue, soit à l'arrière, système le plus fréquent car à priori le plus performant, soit à l'avant, **le canard**, qui n'est jamais qu'une petite aile avec

une grosse queue (?) qui fournit le plus gros de la portance (et qui est, notez en passant, la preuve par neuf pour les sceptiques professionnels qu'on peut faire quelque chose de parfaitement stable avec un centrage APPAREMMENT très arrière et un empennage porteur, puisque le centrage est quelque part loin derrière le bord de fuite de l'aile avant sur un canard, et que c'est la surface placée là où est habituellement l'empennage qui fournit le plus gros de la portance!) ... et **même sur ceux qui n'ont pas l'air d'en avoir**.

Nous y voilà !

Les deux formules d'aile volante, droite ou en flèche, fonctionnent sur des modes radicalement différents.

L'aile droite ou « planche » (comme les Fauvel)

Sur les ailes que nous utilisons à Pont-Saint-Vincent, le profil de l'aile est dit "AUTOSTABLE". Si vous reprenez votre cours d'aérodynamique, vous lisez qu'un profil à ligne médiane cambrée est instable, c'est à dire que si son incidence augmente, le point d'application de la résultante aérodynamique avance, ce qui provoque l'augmentation de la perturbation, jusqu'à la rotation permanente de l'aile autour de l'axe de l'envergure, et vice versa si elle diminue. Il lui faut donc un empennage muni d'un important bras de levier qui s'oppose à cette action lorsqu'il est soumis à la même perturbation. **Il faut et il suffit que le moment stabilisateur soit très supérieur au moment perturbateur.** Il est possible d'obtenir un profil cambré stable, sur lequel la résultante recule si l'incidence augmente et avance si elle diminue, ce qui bien entendu a le même effet qu'un empennage. Il faut pour ce faire que la ligne médiane dessine un "S" en se relevant vers le dernier tiers de la corde. Le profil bien que cambré n'est pas creux à l'intrados s'il est suffisamment épais, et son bord de fuite est légèrement braqué vers le haut. Il est moins performant en ce qui concerne la portance maximum qu'un profil à cambrure simple mais ne nécessite pas d'empennage. Dans ce dessin, les 2/3 avant, en quelque sorte, sont l'aile et le 1/3 arrière un énorme empennage collé à l'aile, donc avec un bras de levier faible... **Mais il y a bel et bien une queue !** Ce faible bras de levier impose un centrage très avant, ne permet qu'une latitude de centrage réduite et induit une extrême sensibilité à la moindre modification de ce paramètre... Il faut s'en servir comme d'une arme, pas la subir comme un inconvénient. Il faut voler malin !

Particularités réelles

(ne relevant pas des compétences du Dr Freud)

Les inerties de la machine sont très différentes sur les trois axes, de même que l'efficacité des différents gouvernes. La profondeur a un bras de levier ridicule mais l'engin a très peu d'inertie sur cet axe, elle est donc particulièrement nerveuse car dénuée d'amortissement. La direction dispose d'un bras de levier un peu plus grand mais elle est confrontée au moment d'inertie de l'envergure, elle est donc très paresseuse. Les ailerons sont les gouvernes les plus classiques, avec une bonne efficacité puisque l'envergure est modeste. L'idée de départ de Fauvel était en fait de supprimer tout ce qui n'est pas indispensable (?), fuselage, queue, etc., au prix il est vrai de quelques inconvénients : cette réponse hétérogène des commandes à laquelle on s'accoutume très vite, mais hélas aussi le fonctionnement de la profondeur à l'inverse de ce qu'il faudrait faire avec la courbure dont une aile classique est munie au même emplacement. C'est plus grave (pour la perf) et il n'y a pas grand chose à y faire ! Pour accélérer, on creuse le profil alors qu'il faudrait passer la courbure en négatif et pour arrondir, on relève le bord de fuite, ce qui revient précisément à "remballer" la courbure. Au premier cas on remédie en avançant autant que faire se peut le centre de gravité pour accélérer, au lieu de pousser sur le manche (on avance le ou les bonshommes, le casse-croûte, la bouteille etc.).

Nous avons observé qu'avec la profondeur au neutre (on la voit du poste arrière de l'AV 22) le planeur volait, correctement centré, à 70 km/h avec les pilotes reculés au maximum, profondeur au profil. C'est parfait pour voler en thermique et atterrir, car cela permet de remballer au minimum la courbure en arrondissant (moins à tirer). En avançant le siège avant à fond sur ses glissières (de 10 cm !), la vitesse passe à 90 km/h sans toucher au manche (et rien n'empêche de faire plus, le pilote avant peut se pencher jusqu'au tableau de bord et celui de l'arrière faire de même... comme deux cyclistes sur un tandem !). Ce n'est pas le même résultat qu'un ballastage, le nez se baisse, mais c'est accélérer sans ajouter de la traînée, ce qu'aurait fait un creusement du profil. Et la facture est immédiatement salée à ce jeu là. C'est si peu marginal que le taux de chute

mesuré au CEV était de 3,5 m/s à 140 km/h (en poussant sur le manche autant que nécessaire) et qu'en faisant joujou avec le centrage nous l'améliorons d'**1,10 m au bas mot !** Pas mal non ? Pour situer les performances par des comparaisons réellement effectuées avec l'AV22 (en 16 m) et en faisant joujou avec le centrage : à 110 km/h, sur 10 km, elle fait jeu égal voir un peu mieux qu'un KA6 E très propre (et oui !), à 140 km/h, elle est nettement meilleure que l'ASK 13. et il ne faut pas oublier qu'elle date du milieu des années 50, 15 ans avant le K13 ! Les planeurs de perfo de l'époque, Weihe, Ka 2 b, sont inexistantes en transition à côté. En revanche elle est nettement lente à accélérer. Faible charge, profil épais, BA rond, grande surface « mouillée ».

En vol

Dès votre premier décollage en AV36 vous savez que vous n'avez pas de queue. La machine ondule rien que d'y penser, pas plus qu'un Topaze ou un K6, mais encore plus nerveusement. Si vous "courrez après", vous êtes toujours en retard et ne faites qu'amplifier le mouvement. Vous **BLOQUEZ** alors votre bras et le manche et, (surprise ?), le planeur cesse d'onduler au même instant. **C'était donc bien le pilote qui le faisait onduler !**

Autre surprise, le câble en V (si, c'est super le câble en V !) n'a jamais l'air tendu, la pointe est tirée vers le bas par le poids de l'attache au câble « normal », et vous avez l'impression (fausse) permanente que le planeur rattrape le remorqueur ... Une fois en vol libre, inutile de forcer son talent sur la bille toujours dans le coin dès qu'on actionne les ailerons, il faut vivre avec. Elle revient toute seule quand le virage est stabilisé. Pire, l'engin tourne tout aussi franchement uniquement au palonnier, en laissant le manche au neutre ! et dans ce virage aux pieds, où la bille devrait être dehors (côté opposé à celui où on a mis du pied qui « pousse » la bille)... elle est dans le coin interne au virage, vous intimement de botter, mais vous êtes déjà botté à fond ! Que faire ? Mettre du manche à l'envers ? ça fait beaucoup de gouvernes qui s'agitent et l'académisme du virage obtenu reste à démontrer. Le mieux est de laisser la bille revenir seule sans s'en soucier et de constater que ce virage n'était pas plus mal initié qu'avec la méthode habituelle. Peut être, parce que leur bras de levier est trop faible, les deux dérives provoquent elles, par leur portance, plus de ripage latéral, auquel la bille oppose son inertie, que de lacet ? (la bille « resterait », alors que le planeur glisse vers l'extérieur avant de basculer dans le virage par roulis induit) A moins, c'est plus vraisemblable, que ce roulis induit, instantané, incline le planeur avant qu'il ne tourne réellement ? (la bille « tombe » alors, exactement comme du fait du lacet inverse, en inclinant au manche sans conjuguer). Cela voudrait dire que la direction est au moins aussi efficace que le gauchissement pour incliner le planeur (par roulis induit par l'attaque oblique sur les dièdres) alors qu'elle l'est fort peu en lacet pur. Avec un Badin d'enfer, l'AV 36 passerait alors le tonneau (barriqué) au pied ?

Bien entendu, voyant toutes vos gouvernes depuis la place pilote, vous pouvez surveiller attentivement l'ensemble. Au passage, vous constatez que **baisser la tête fait nettement accélérer le fol équipage** et que bien s'adosser permet de gratter tout le monde en thermique. Ca y est, vous êtes pilote d'aile volante et on ne meurt pas de ça sur le coup.

Quand au comportement au décrochage, il est le plus sain qu'on puisse imaginer. Si on fait la chose franchement avec l'AV 22, le planeur salue gentiment dans l'axe et récupère dès qu'on rend la main. Si on y va très lentement, après le buffeting classique, malgré la traction jusqu'en butée, **l'assiette diminue** et la machine accélère vers 55 km/h avec un taux de chute d'1,3 m/s où tout fonctionne (mollement). Fauvel disait que l'AV 22 n'acceptait de déclencher une autorotation que centrée limite arrière, sur décrochage dynamique, en croisant les commandes à fond quand elle partait, et qu'elle en sortait seule, en 1 tour ½, **MEME EN MAINTENANT LES COMMANDES CROISEES A FOND**. Ceci pour rassurer les « anxieux de la vrille » qui, rappelons le, est un décrochage dissymétrique entretenu à la direction... et pour cela il faut une direction efficace que l'AV n'a pas, comme dit Gérard Pierre-Bès. Si on vole trop lentement, l'AV 36 se met à onduler comme un cheval à bascule, de plus en plus séchement si on insiste, elle aussi sans beaucoup chuter. L'AV 222 semble plus classiquement saluer sans beaucoup prévenir. C'est le début d'une oscillation de fréquence moins rapide ce qui est logique avec l'inertie en tangage tout de même nettement plus forte avec le moteur dans le nez. J'ai l'impression qu'il oscille tantôt nez plus haut, plus bas etc.... oscillation dans l'oscillation.

L'aile volante en flèche

Une autre manière de mettre une queue sans en avoir l'air a été découverte dès les débuts de l'aviation (Dune). Elle consiste à mettre une flèche positive importante assortie d'un vrillage négatif (moins d'incidence aux extrémités). Cette disposition permet même de se passer d'empennage vertical, elle est connue en vol à voile grâce aux travaux des frères Horten en Allemagne, c'est aussi celle des bombardiers Northrop (USA) de l'immédiate après-guerre et actuellement des ailes libres rigides comme le Swift, l'Extaccy, l'Atos etc.

Les points forts de la formule sont : la possibilité de ne pas utiliser un profil autostable au centre de l'aile (ou moins autostable) donc en principe plus performant sur un planeur. Celui de Horten est neutre à l'emplanture, ligne médiane en léger « S », $CM_0 = 0$, comme un biconvexe symétrique. Celui d'extrémité est un NACA symétrique, donc itou. La réduction drastique des traînées d'interférence... puisqu'il n'y en a strictement aucune.

Dans cette configuration, la partie centrale de l'aile est la zone porteuse et les parties extérieures, situées en arrière du fait de la flèche et calées négativement par rapport à l'emplanture, jouent le rôle d'un double empennage.

Du fait de la flèche qui recule la position de la corde moyenne (par rapport à laquelle le centrage se définit sur tout aéronef), le centre de gravité, tout en étant avant par rapport à cette corde moyenne, est situé dans la zone du bord de fuite à l'emplanture. Les volets situés là (Horten, Swift, Northrop, Extaccy, Atos, etc.) n'ont pratiquement aucun bras de levier leur donnant une action en tangage. Il peuvent donc être utilisés classiquement en guise de courbure et dans le bon sens, positifs en vol lent et négatifs en vol rapide. Attention, en cas de centrage trop avant, sortir la courbure revient à braquer la profondeur à piquer (là, il y a à nouveau un bras de levier !), cela semble être l'explication d'accidents sur ailes libres de cette configuration. Notez en passant que baisser ces volets augmente le vrillage, donc la stabilité et la traînée, c'est tout bon pour atterrir. Il faut donc confier le rôle de profondeur à ceux qui sont plus en arrière, à l'extrémité de l'aile. Ainsi les ailerons sont ils actionnés, grâce à un mélangeur, différenciellement par les mouvements latéraux du manche (classique) mais également ensemble vers le haut ou le bas par les déplacements longitudinaux du manche. La fonction direction est obtenue par une augmentation de la traînée de l'aile interne au virage, commandée classiquement par le pédalier qui actionne une sorte de spoiler ou d'AF quelconque au bout de l'aile interne au virage. Sur Northrop et sur les Horten les plus évolués, on trouve trois volets se succédant en envergure au bord de fuite : au centre, la courbure, au delà, la profondeur, et à l'extrémité les ailerons. Notez que sur ce genre d'aile, la portance est répartie selon l'envergure en forme de cloche et que les extrémités portent vers le bas quand le centrage (qui détermine le vrillage) est correct. Le braquage des ailerons dans le sens tout à fait classique, pour commander le roulis, ne provoque pas de lacet inverse, mais au contraire du lacet positif. **Sur ce bout d'aile calé très négativement sur le vent relatif, c'est bien l'aileron qui se baisse qui diminue la section donc la traînée locale et celui qui monte qui l'augmente ! Baisser un aileron ne fait pas porter plus vers le haut mais... moins vers le bas !!!! Horten disait d'ailleurs que du lacet, le pilote pouvait déduire le centrage, correct ou pas.**

C'est malin tout ça mais il y a tout de même des problèmes ! Une aile en flèche n'est pas l'idéal, aux basses vitesses de nos engins. Le rendement global est moins bon que celui d'une aile droite. Enfin le point d'application des efforts de flexion, situé en arrière de l'emplanture, induit un important moment de torsion (la flexion se transforme en torsion), il en résulte une tendance de l'aile entière à flutter dont il faut tenir compte dans la conception de la structure. Les extrémités d'ailes portent vers le bas et l'allongement aérodynamique réel est moindre que celui du dessin. La répartition en cloche est fort loin de la répartition elliptique, idéale pour minimiser la traînée induite, qui est 30 % plus importante dans le cas de l'excellente Horten IV que sur une aile empennée de même dessin. Le Dr Karl Nickel explique parfaitement que l'aile doit être centrée suffisamment avant pour assurer la stabilité dans toutes les configurations et que cela implique le vrillage « qui va bien ». L'obligation de relever les volets pour obtenir une stabilité correcte prouve que le vrillage de construction est insuffisant. Vriller davantage diminue évidemment les performances, mais relever les volets fait encore pire puisqu'en plus on déforme le profil.

Lorsque les Américains ont testé la Horten IV capturée en 1945, ils ont commencé par la modifier !!! « Améliorant » le profilage du train avant replié, ils ont du même coup augmenté la surface latérale avant et diminué la stabilité lacet déjà limite. Du coup, le centrage Horten leur paraissait inutilisable et l'avancer rattrapait le coup, plus d'aéronef derrière le CG et moins devant ! Mais obligation visible sur toutes les photos publiées de voler tous volets braqués vers le haut. Evidemment ! Avec ce CG, l'aile n'est plus assez vrillée de construction ! Evidemment aussi que les perfos mesurées sont moins bonnes que celles annoncées par Horten... Une chose qu'ils ont bien mise en évidence, c'est que ce fuselage minimisé et à priori idéalisé revenait à un mauvais profil d'aile et à un calage local très positif perpétuellement en régime décroché aux grands

angles. C'était au temps où on réfléchissait les éléments séparément. Flavy qui a fait ces vols est encore là pour témoigner, pour Scheidhauer le pilote de Horten, c'est trop tard, il vient de décéder presque centenaire en octobre 2006. Heinz était inconditionnel de la Horten, moins de sa stabilité de route, et disait que l'entrée en thermique était « spezial ».

Atterrissage

Le comportement au décrochage de ces différentes sortes d'ailes volantes est exemplaire de sécurité, tant qu'on reste dans le domaine de vol lent d'un planeur ou d'un petit avion, et je peux en témoigner en ce qui concerne les ailes droites de Fauvel. Sur ce type d'aile, le centre devient de moins en moins performant aux grands angles au fur et à mesure qu'on oblige la machine à y voler en relevant le bord de fuite et, si cette action diminue en même temps le calage local, c'est néanmoins toujours cette zone au profil modifié dans le "mauvais" sens qui décroche en premier. Ca a plusieurs conséquences très positives pour le comportement : la zone des ailerons n'est pas décrochée et le roulis reste pilotable. La machine n'a aucune tendance à la dissymétrie, donc à basculer d'un côté ou de l'autre pour engager une autorotation. Le fait de relever le bord de fuite augmente le S de la ligne médiane du profil donc l'autostabilité longitudinale de la machine qui devient quasiment imperturbable. On arrive à une configuration très stable où le centre de l'aile est décroché et pas le reste, la profondeur n'a plus de course pour cabrer d'avantage et ne serait plus efficace s'il lui en restait puisque la zone est décrochée, l'effet « cheval à bascule » de l'AV 36 en est l'illustration parfaite. On peut atteindre cette configuration en thermique si on vole trop lentement et là on constate une nette hystérésis, il faut beaucoup ou tout au moins longtemps pousser le manche pour ne plus sentir les tourbillons de l'écoulement décroché agiter la profondeur et le manche. Cette particularité de sentir physiquement voler l'aile en appréhendant directement du bout des doigts la qualité de l'écoulement est un plus formidable dans l'agrément du pilotage. Jim Marske, créateur US d'AV droites, fait remarquer qu'en vol rasant, l'aile cabrée et sa profondeur relevée constitue un énorme Venturi dont le sol est l'autre face, ce qui accélère le flux d'air, aspire l'arrière et donne à l'aile une tendance agréable à arrondir seule si le pilote la laisse faire ! (j'avoue n'avoir jamais remarqué cela sur les Fauvel) Il ajoute que c'est à bord d'un aéronef classique qu'il se sent nerveux, **ce à quoi je souscris totalement**.

L'atterrissage se révèle délicat pour d'autres raisons. Tout ce qui est braqué à l'intrados hypersustente. C'est logique pour les volets d'intrados de l'AV36, plus inattendu pour les sortes de Schemp- Hirth des AV 22 et 222, mais tout aussi réel, nous l'avons tous découvert "sur le tas" (et au dépend de notre amour- propre !). Il ne faut donc pas remballer les AF en finale, sinon le planeur s'enfoncé. La faible charge rend ces machines très dépendantes de l'énorme effet de sol créé. Trop tirer finit classiquement par provoquer un enfoncement et une prise de contact virile, n'oublions pas qu'en tirant on relève le bord de fuite, donc « remballer la courbure », mais ne pas assez tirer fait prendre contact avant un décrochage effectif et **la machine vole toujours au rebond**. Dans ce cas, l'augmentation d'incidence quand l'arrière s'abaisse vers le sol peut tout simplement faire redécoller le planeur. « Rendre la main », ce qui est la réaction classique sur rebond, creuse le profil et fait remonter plus haut tandis que le nez se baisse (voilà la fameuse **ondulation phugoïdale**)... les conneries commencent ! Notez tout de même que l'AV 222 se révèle au contraire extrêmement facile à poser, avec strictement le même dessin que l'AV 22, mais une plus grosse roue (comme celle du SF 28) et une position plus cabrée posé au sol, ce qui fait que la machine est franchement décrochée au toucher trois points, c'est l'unique différence. L'AV 36 est tout de même le planeur que je poserais avec le moins de crainte dans un carré de choux, 11 pas entre le cul du planeur et le point d'aboutissement visé au dernier atterrissage ! (et touché réellement après !). Et je ne suis pas Superman.

Sur l'aile volante en flèche on a un comportement tout aussi sûr... si le vrillage négatif est suffisant. Cette condition rend dangereuse une machine conçue pour voler plus vite où on ne peut pas se permettre la traînée engendrée par ce fort vrillage. Jack Northrop a buté sur cette évidence avec ses bombardiers. Le vrillage assurant une stabilité correcte en vol normal aurait généré trop de traînée et pénalisé la vitesse, de même que l'épaisseur de profil nécessaire pour loger charges, moteurs, carburant et équipage. Il était impossible à la machine d'égaliser sur ce plan le B47 à aile mince. Le comportement au décrochage de cette aile insuffisamment vrillée était si inquiétant qu'il était prévu de l'interdire formellement dans les consignes d'utilisation de l'appareil ! Quand Edwards voulut l'analyser, l'aile engagea une vrille puis sans doute une spirale engagée dont il ne put la sortir avant d'emplafonner la VNE... l'appareil se disloqua en vol quand il tenta de le redresser trop brutalement, mais le sol qui approchait ne lui laissait pas le choix. La perte de la machine et de tout l'équipage provoqua l'abandon du programme, malgré les qualités

de furtivité déjà remarquées mais alors non prioritaires. Ce genre d'engin (B2, Mirage 2000) vole aujourd'hui parfaitement, mais la stabilisation est confiée à un pilotage permanent par centrale à inertie, ordinateur, servos commandes, autorisant à se passer de stabilité de forme réelle. Faire un planeur moderne très performant confronte au même dilemme et le contourner imposerait les mêmes solutions (coûteuses ? Pas si sûr à l'heure de la micro informatique. Qui s'y colle ?). Un problème inattendu est apparu sur ce type d'aile en départ remorqué (SB 13) ; le tourbillon marginal du remorqueur, au roulage, perturbe totalement la zone des élevons de profondeur, rendant le planeur incontrôlable en tangage. Inutile de préciser que c'est malsain à ras du sol. Ce problème disparaît derrière motoplaneur (plus d'envergure) et évidemment dans le cas d'une aile volante motorisée, ce qui semble être la « niche » de ce genre de machine. Fauvel en était convaincu dès les années 60. Dans le cas d'un moteur arrière, un arbre court et une simple hélice repliable vers l'arrière ramènent l'engin sans autre complication quasiment en planeur pur.

Retenons au passage que quel que soit le moyen d'assurer la stabilité d'un aéronef, il a un coût en traînée, au même titre que la portance. Le système le moins dispendieux c'est le plus petit empennage possible au bout du plus grand bras de levier possible, y'a pas photo, mais cela réintroduit les traînées d'un long fuselage et des interférences entre les différents éléments (sans parler des problèmes mécaniques, résistances, inerties). Quelle que soit la configuration, augmenter la stabilité se fait au détriment des performances. Il arrive toujours un moment où il faut choisir.

Pour en terminer avec les fantasmes de certain, j'ajouterai que depuis le temps que j'emmène des pilotes en AV 22, j'ai assisté à tous les types de pilotage, de l'excellent et du... plus modeste. C'est le seul type d'aéronef, avec lequel j'ai volé, qui soit capable de maintenir sa ligne de vol et une réponse correcte aux commandes avec le Badin "dans le coma" et la bille "dans le coin". Evidemment elles volent alors moins bien, MAIS ELLES VOLENT TOUJOURS. J'en étais tellement certain avec l'AV 36 motorisée que je me suis permis de lâcher dessus mon ami Mimile qui n'avait strictement aucune expérience du pilotage d'un planeur. Il en avait une fantastique en modélisme de vol libre, **où le modèle n'EST PAS piloté**, mais où vous apprenez à comprendre comment il réagit à la plus infime modification de réglage, donc savait parfaitement comment fonctionne un aéronef. Il avait une grosse expérience en pendulaire (aile libre et ULM) et quelques vols sur des ULM "tubes et toile" sur lesquels manche et palonnier n'agissent pas forcément les gouvernes que vous croyez ! Après un briefing classique et quelques roulages, il a parfaitement décollé et volé. Il n'a du s'y reprendre en plusieurs fois que pour atterrir, ne se servant pas des aérofreins auxquels il n'était pas accoutumé, il a fait plusieurs présentations de plus en plus basses, jusqu'à la bonne qui s'est terminée par un "Kiss". Inutile de vous dire que je ne me serais jamais risqué à pareille manip avec un aéronef de dessin classique !

Une autre qualité de l'AV droite et sa capacité à absorber les rafales. Grâce à son inertie en tangage minimale, l'engin est instantanément ramené à la bonne incidence par son excellente stabilité longitudinale. Que le vent relatif, brutalement, prenne une autre orientation, provoque un réalignement en un éclair. **C'est très démonstratif en entrant dans un thermique « musclé » où l'aile prend, avant que vous n'ayez réalisé, une forte assiette à piquer.** Les engins complexes, à trois surfaces, huit gouvernes (tout ça augmentant le moment d'inertie !), conçus pour absorber les rafales, m'ont toujours fait sourire. L'AV fait TRES BIEN cela sans aucune commande !

J'espère vous avoir un peu renseigné et vous avoir donné envie d'essayer.

Problèmes incontournables sur ces deux types d'ailes volantes

L'action des gouvernes en tangage sur AV droite déforme le profil dans le mauvais sens pour l'adaptation à la vitesse de vol. **C'est rapidement DESASTREUX pour le rendement.**

Sur AV en flèche, l'augmentation du vrillage négatif par relèvement des élevons en extrémités et, éventuellement, l'abaissement des courbures, pour voler lentement, ont un effet destructeur sur les perfos. La manip inverse nuit à la stabilité tangage quand on vole vite.

Dans les deux cas, il est beaucoup plus rentable de déplacer le centre de gravité pour modifier la vitesse sans déformer l'aile. Sur un aéronef classique, l'empennage produit le calage de l'aile à l'incidence recherchée sans la déformer. C'est ce que l'équipe qui a conçu le Génésis a fait, empennage calant l'aile mais n'ayant pas de fonction stabilisatrice (profil d'aile autostable).

Sur l'une comme sur l'autre, les stabilités de route (lacet) sont marginales.

En fait, sur l'une comme sur l'autre, il faudrait, du point de vue du rendement, modifier centrage et forme de l'aile pour chaque vitesse. Avancer le CG pour voler vite et le reculer pour voler

lentement, ce que nous faisons déjà. Mais il faudrait dans le même temps « dérefléxer » toute l'aile Fauvel et « dévriiler » la Horten pour voler vite, et bien entendu l'inverse pour voler lentement.

Description succincte des Fauvel :

L'AV 36 et toutes ses suivantes utilisent le même profil qui est une « moyenne » entre deux profils Abrial testés en soufflerie par le STAE dans les années 30. Fauvel a apporté une « modification » qui me paraît consister en une partie rendue parfaitement plate de l'intrados qui sert de référence. Le longeron est perpendiculaire à cette ligne. Ce profil fait 16,9 % d'épaisseur si mes souvenirs sont bons. Il est toujours calé à $7^{\circ}1/2$ sans aucun vrillage.

L'aile est dessinée autour d'un longeron dont la face arrière, rectiligne vue en plan, sert de référence. La partie centrale est rectangulaire sans dièdre avec une corde d' 1 m,60 pour environ 3 m d'envergure (je n'ai plus la liasse) et porte la profondeur. Les deux dérives sont situées au raccord entre cette partie rectangulaire et les dièdres trapézoïdaux. Le pas des nervures est de 40 cm, classique sur les planeurs français de l'époque (les Allemands serraient deux fois plus !). Sur les panneaux d'aile externes, la corde diminue de 10 cm par nervure. La corde finale est de 50 cm et l'aile se termine par un saumon demi-rond en balsa. Les aérofreins situés au-delà des dérives sont des volets d'intrados, en tôle ajourée sur la série. Les ailerons sont situés encore au-delà. Comme la profondeur sur la partie centrale, ils sont articulés sur un longeronnet situé à 75 % de la corde. Les deux dérives sont pincées entre deux nervures plus rapprochées et leur longeron est collé au longeronnet d'aile. L'articulation de la direction est sur la face externe des dérives qui de ce fait ne sont pas symétriques vues de face. Après débranchement rapide, le drapeau se replie pour le transport contre le BF de l'aile extérieure où il est fixé. Il y a deux crochets de remorquage/treuilage normaux fixés au longeron devant chaque dérive. Ils affleurent l'intrados juste derrière le BA. Le débattement des ailerons est classiquement différentiel mais celui des directions aussi. Celle interne au virage se braque beaucoup plus que l'autre et c'est surtout sa trainée qui déclenche le lacet. Vue de profil la charnière de direction est perpendiculaire à la référence fuselage. Cette aile est calée à $7^{\circ}1/2$ sur le fuselage, longeron collé sur le cadre principal incliné de même. Rien ne se démonte instantanément sur ce planeur hormis le cockpit pour monter dedans ! Pour le transport sur route on démonte le nez et on replie les directions. La machine d'une pièce est posée par trois ou quatre hommes sur sa remorque en tubes acier et remorquée ainsi, l'aile dans le sens de la route. Le convoi n'est alors pas exceptionnel pour les autorités... mais un peu quand même au volant.

Sur le proto, la profondeur est d'une pièce. Il a été exigé une partie fixe au centre sur la série fabriquée et livrée en kit par Wassmer. L'AV 36 a aussi été construite sous licence en Allemagne et Autriche (AV 36 C) et par des amateurs. Les fabrications germaniques ont une verrière moderne en plexi soufflé et le profilage derrière elle en fibre de verre moulée. Leur profondeur est d'une pièce et les crochets sont latéraux au fuselage. Le fuselage est muni d'une roue tout à l'avant, le ski est attaché derrière, au deuxième cadre. Des problèmes de flutter léger permanent de la profondeur (probablement ce qui avait dicté la décision de moignon fixe au centre) ont conduit à adopter une sorte de turbulateur en arc de cercle derrière la tête du pilote. Fauvel disait d'étanchéifier le cockpit... et il avait raison. Disons que tout ce qui crée des tourbillons au raccord aile-fuselage branle la profondeur. Les charnières piano en dural utilisées partout (sans problème à ma connaissance) par Fauvel ont été remplacées par des charnières classiques. Il faut donc démonter les drapeaux pour le transport.

Les amateurs ayant plus de liberté ont construit des machines parfois légèrement différentes.

Ensuite Fauvel a proposé d'allonger les ailes d'une travée de 40 cm. L'amélioration de l'allongement ayant forcément des conséquences favorables... mais pourquoi ne pas l'avoir fait tout de suite ? Il a rejoué à ça ensuite avec l'AV 22 ! Quelques machines ont été modifiées dans ce sens.

Il a ensuite proposé l'AV 361 dont il a construit le proto (F-CBZG). Fuselage ovoïde, verrière et carénage plastique « teutons ». Aile et aileron allongés d'une nervure (corde 40 cm), saumon FDV plus évolué, aérofreins de type Shempp-Hirth, dérives modifiées pour tenter d'améliorer la commande la plus déficiente (charnière perpendiculaire au plan d'intrados, corde du drapeau plus grande, profil homotétique, modif des différentiels). A ma connaissance, la seule autre est la CRQX actuellement à Fayence, construite en amateur par le modéliste Gilg.

Quelques AV 36 sont un peu différentes du standart, directions de largeur comme 361, 2 travées de nervures en plus (corde 30 cm), cockpits différents, etc.

Le proto 01 de l'AV 45 peut être regardé comme une 361 dont on aurait écarté les dérives d'1 m et remplacé le ski par un train monotrace. Le 02 a des dérives agrandies vers le bas.

Les 22 sont une transposition en biplace utilisant toujours la même architecture générale. Corde augmentée à 1,90 m au centre et 0,60 m au bout (en 15 m, 0,50 en 16 m). L'aile est en flèche inverse pour amener le CG en face de celui du pilote arrière comme sur pratiquement tous les biplaces tandem. L'appareil est devenu monodérive. Il est beaucoup plus performant que la 36, Reynolds plus favorable, charge plus importante et beaucoup moins de trainées d'interférence. On peut lui reprocher son esthétique pachydermique au sol... ça s'arrange en l'air.

Les 221 et 222 Sont des transpositions où le centrage est assuré par le moteur à l'avant. Les deux occupants sont au CG, à la place arrière AV 22 en quelque sorte. Le maître couple et les trainées parasites diminuent nettement les perfos par rapport au planeur pur.

Je peux évidemment développer beaucoup sur tel aspect qui poserait question, fournir des photos. Plus sur les Fauvel que les Horten dans lesquels je n'ai jamais eu la chance de voler. A contrario, je suis preneur de toute info. Enfin, je ne prétends pas à l'infaillibilité !

Références : Plus de 1000 h sur Fauvel. Les textes de Fauvel dans Aviasport ou Aviation Magazine, ou des courriers, le livre de Reimar Horten et Karl Nickel, le site Nurflügel que je vous invite à draguer ! et des conversations personnelles avec d'anciens pilotes de Fauvel ou Heinz Scheidhauer, pilote d'essais Horten.

Jean Claude Néglais

Aéro- club Albert- Mangeot

Pont- Saint- Vincent (où 3 Fauvel sont basées : AV36 F-CBSM, AV22 F-CAGL, AV222 F-CRGC)