

Etude
du
Colab
et
de
ses
Propriétés

Rapport rédigé par Yves BRUN
Marie CABROL
Maxime PLANTEVIN
Gregory UNTZ

A ce jour l'évolution aéronautique des ailes touche à sa fin : son rapport coût de production/amélioration apportée étant de plus en plus faible et les progrès de performance étant presque insignifiants pour un coût prohibitif. Un tournant doit donc s'opérer dans le monde aéronautique, allant vers un nouveau type d'ailes moins onéreuses et plus performantes. Il semblerait que des amateurs aient trouvé la solution : le Colab.

Dans un premier temps nous présenterons quelques bases aérodynamiques nécessaires à la compréhension du système, puis nous analyserons le système en lui-même et pour finir nous étudierons les apports du Colab dans le monde de l'aéronautique.

1 Bases Aérodynamiques :

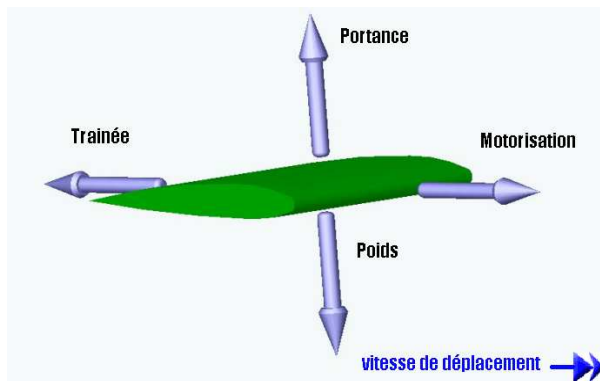
L'aérodynamique appliquée a pour objectif la mesure et la prédiction des propriétés des corps en mouvement dans l'air.

Les bases aérodynamiques sont fondées sur la mécanique des fluides : caractéristiques de l'air (température, pression, vitesse, etc ...) et forces exercées par l'air sur ces corps.

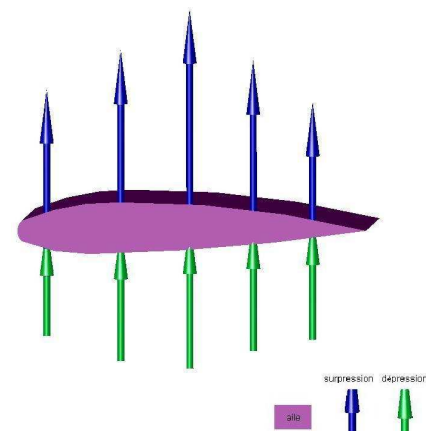
Posons quelques définitions :

1. Les forces qui s'exercent sur l'aile :

Sur une aile on constate qu'il s'exerce quatre forces opposées deux à deux :



→ La portance et le poids :



Le passage de l'aile dans l'air crée des zones de dépression et de surpression. Il en résulte une aspiration au niveau de l'extrados (partie supérieure de l'aile) et une répulsion au niveau de l'intrados (partie inférieure de l'aile) générant une force: la portance, qui est opposée au poids. La portance

est la première des deux composantes de la résultante aérodynamique.

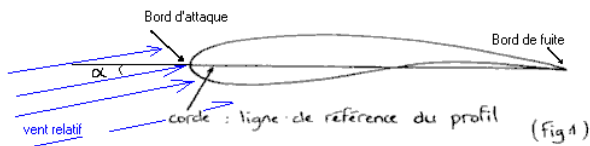
→ Force motrice et traînée :

L'aile est entraînée à une certaine vitesse par la propulsion ou la traction, à l'aide respectivement d'un réacteur ou d'une hélice placé à l'arrière ou à l'avant. A l'opposé de la force motrice apparaît la traînée : c'est la force de frottement induite par la viscosité de l'air, dépendant de la surface de l'aile, de la vitesse de l'aile, de la masse volumique de l'air, et de la valeur des Reynolds (défini plus loin).

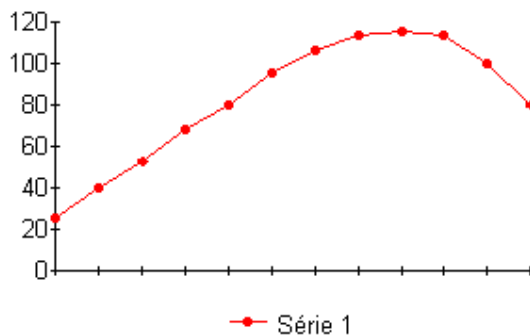
La traînée est la seconde des deux composantes de la résultante aérodynamique.

En aérodynamique on cherche toujours à augmenter le rapport portance/traînée.

2. L'angle d'incidence :



Le vent relatif engendré par la vitesse fait avec la corde du profil un angle alpha appelé angle d'incidence.



On remarquera que la courbe de la portance en fonction de l'angle alpha de

0° à 90° possède un maximum puis, passée 90° , retombe à zéro. Par contre, la traînée est en augmentation constante. Il existe donc un angle alpha où le rapport

portance/traînée est maximum pour une vitesse donnée.

3. Comportement de l'air sur une aile d'avion :

→ Les Reynolds :

Le nombre de Reynolds (Re) est une quantité, sans unité, qui dépend des caractéristiques de l'air (densité et viscosité), de la vitesse du corps en mouvement et de la longueur de la corde. Le nombre de Reynolds est un indice des phénomènes de turbulences. Plus il est faible et plus ceux-ci sont importants.

Il s'exprime par :

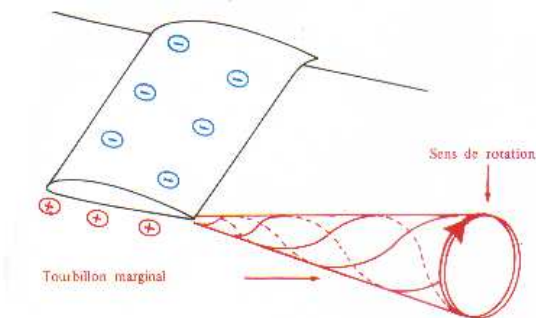
$$Re = 70 \cdot C \cdot v$$

C : longueur de la corde en mètres.

v : vitesse de vol donnée en mètres par seconde.

Pour un profil donné, il existe un nombre de Reynolds minimal en dessous duquel, en raison de l'apparition de turbulences, le rapport portance/trainée n'est plus optimal. C'est en se référant à ce nombre de Reynolds qu'on peut déterminer le profil qui sera le plus performant dans la plage de vitesse choisie pour son utilité.

→ Les tourbillons marginaux :

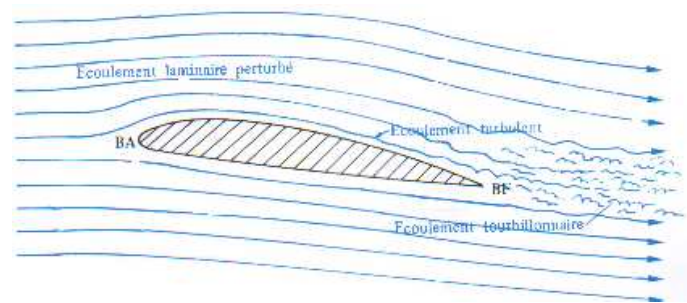


Comme nous l'avons vu plus tôt, l'air crée des zones de surpressions sur l'intrados et des zones de dépressions sur l'extrados. L'extrémité des ailes est le point de rencontre de celles-ci, en effet l'air en surpression a tendance à combler le vide créé par l'air en

dépression, et les filets d'air qui se déplacent de l'avant vers l'arrière de l'avion entraînent la formation de tourbillons d'air appelés « tourbillons marginaux » que l'avion doit tirer derrière lui et qui le freinent énormément.

→ L'écoulement laminaire :

De plus on se rend compte sur un profil qu'il existe

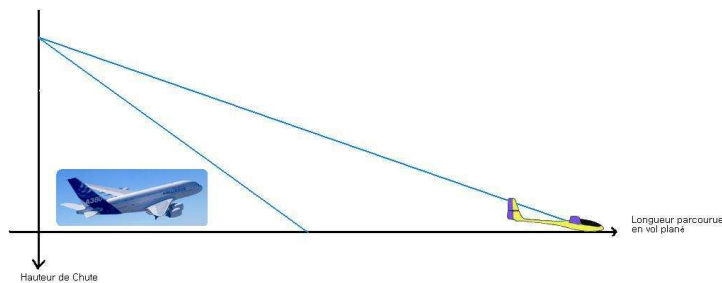


une zone où l'air glisse le long du profil de l'aile avant de se décrocher et créer la zone de turbulences, on appelle ce glissement « l'écoulement laminaire ». A cet endroit on admet que les filets d'air sont parallèles à l'aile, à l'inverse, dans la zone de turbulence ceux-ci sont complètement désordonnés, entraînant une perte d'énergie (la traînée). Plus l'angle d'incidence augmente et plus la zone d'écoulement laminaire diminue, induisant une perte de portance

Nous verrons plus tard comment le système Colab réagit face à ces deux effets.

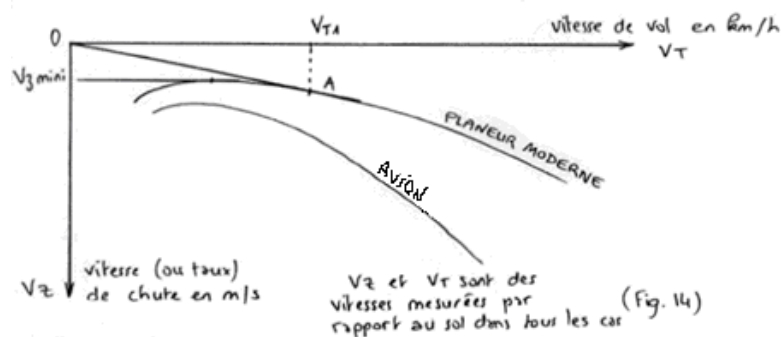
4. Polaire des vitesses :

→ La finesse :



C'est le rapport de la hauteur de chute sur la longueur parcourue pour un profil donné en vol plané. Plus la finesse est grande et plus le plané de l'aéronef est important. Pour un appareil donné elle a une valeur maximale. La finesse maximale des avions varie entre 1/15 et 1/22 pour l'avion le plus performant. En revanche elle peut atteindre 1/60 pour un planeur.

→ La polaire des vitesses :



C'est la courbe de la vitesse verticale de chute en fonction de la vitesse horizontale. On remarque que la tangente à la courbe passant par l'origine du repère définit le plus long plané de l'avion, autrement dit cette tangente détermine la vitesse pour laquelle l'avion est le plus performant. Cette

courbe permet aussi de déterminer le point de décrochage de l'avion (moment où la portance n'est plus suffisante pour faire voler l'avion), qui apparaît à une vitesse très faible.

→Allongement :



La forme de la polaire des vitesses dépend de l'allongement de l'avion, qui pour simplifier est apparenté au rapport de l'envergure sur la corde. Celui-ci est plus grand sur les planeurs que sur les avions, or on se rend compte que les planeurs ont une finesse beaucoup plus grande, ce qui leur confère un avantage non négligeable, par contre ne leur permet pas de résister à des efforts importants.

5. La plage de centrage :

Sur un avion il existe une zone dans laquelle le centre de gravité de l'avion peut se déplacer sans qu'il devienne instable et impossible à piloter. Dans la mesure où le centre de gravité sort de cette plage par l'avant, il sera impossible de redresser le piqué de l'avion. Si le centre de gravité est trop reculé, l'appareil est aussi impilotable.

6. Effet Nénadovitch :

Cet effet a été découvert par le professeur d'aérodynamique appliquée à l'université de Prague dans les années 1920-1940. Il fut étudié sur les aéronefs biplans dans le but de trouver une disposition particulière de chaque plan afin d'optimiser le régime aérodynamique entre les deux plans. Pour un profil de corde C , si on décale l'aile haute vers l'avant et l'aile basse vers l'arrière avec les paramètres géométriques suivants :

$$H=1/3 C$$

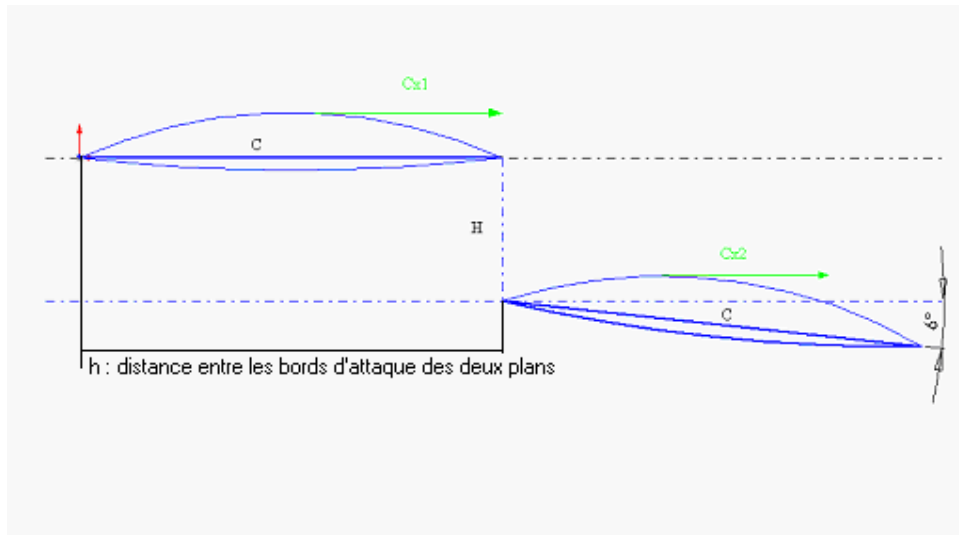
$$h=C$$

Angle d'incidence du premier plan=0°

Angle d'incidence du second plan=6°

on obtient un couple biplan dont la traînée aérodynamique est réduite de telle sorte que pour une même portance totale

$F_p(\text{totale}) = F_{p1} + F_{p2}$ on a une traînée totale inférieure à la traînée d'un seul plan.



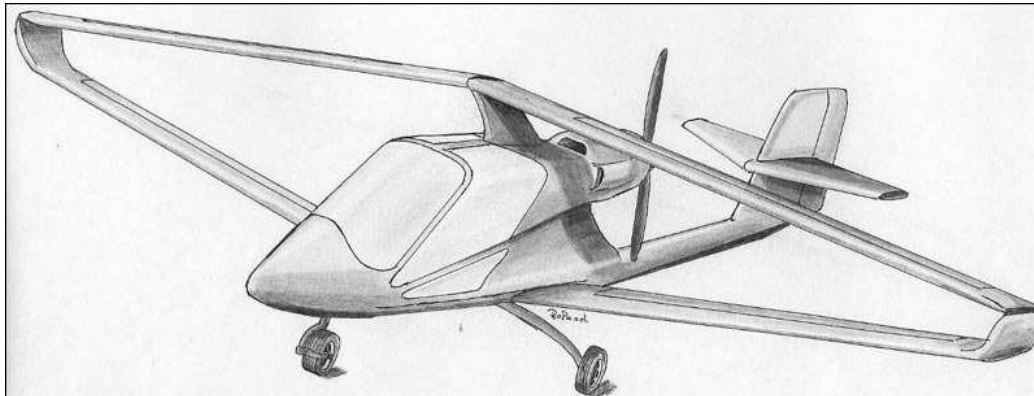
II) LE PROCEDE COLAB :

Caisson Orthorhombique Laminaire Aérodynamiquement Bouclé

Ce système allie les qualités de vol d'un avion à très basse vitesse avec celles d'un avion à très haute vitesse ce qui à ce jour n'était pas possible avec en plus une sécurité de vol impressionnante.

1. Présentation du projet :

De nos jours, la conception des ailes monoplans est figée : seuls les matériaux et les profils des ailes ont été améliorés, oubliant de réunir des performances maximales à un coût minimal. Le projet COLAB a pour but de prendre en compte le paradoxe posé à savoir: obtenir la finesse aérodynamique d'un planeur, la charge utile d'un avion, la sécurité d'un appareil auto stable et ce à un coût minimum.



2. Le principe :

Il existe deux types d'appareil dans l'aviation: l'avion et le planeur.

Ces deux types sont fondés sur deux objectifs différents: le but d'un avion est de posséder la capacité de transporter une charge utile P importante tout en résistant aux efforts générés par la vitesse supérieure. Il utilise ainsi une aile possédant une assez grande corde et une envergure moyenne

Au contraire le planeur recherche la performance et ses ailes possèdent donc une corde fine et une grande envergure afin de générer une portance maximale alliée à une traînée

aussi faible que possible. Ces ailes sont souples et ne peuvent emporter une grande charge utile. De plus, leur flexibilité en torsion limite leur vitesse maximale.

Dans le cadre conventionnel des structures et de l'aérodynamique classique, il est admis impossible d'obtenir les performances de l'avion et du planeur réunies dans un seul type d'aile.

C'est ainsi que naquit le début du projet de COLAB qui visait à trouver un moyen d'obtenir une aile dotée des performances du planeur capable de résister aux efforts de torsion et de flexion sous forte charge et ainsi de réunir les qualités de l'avion et du planeur.



L'équipe COLAB aidée par les théories de Nenadowich et par les ressources informatiques et les connaissances accrues de l'aérodynamicien Ferrier, a donc eu l'idée de développer une aile repliée sur elle-même, pour allier l'allongement d'une aile de planeur avec la résistance des ailes d'avion. H. Ferrier avait calculé que l'allongement d'une aile enroulée, avec des paramètres géométriques donnés et optimisés, correspondait, suivant un coefficient de bouclage C_b (compris entre 0.7 et 1.2), à celui de l'aile déroulée correspondante.

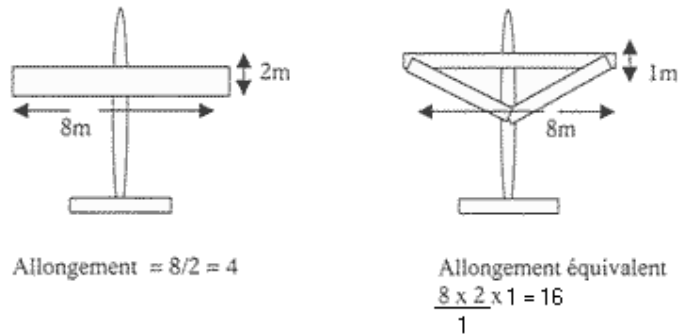
→ Le coefficient de bouclage: C_b

Ce coefficient, élaboré à partir des études de Ferrier, Permet de relier les performances d'une aile Colab dite "enroulée" aux performances d'une aile monoplane classique dite "déroulée" de même profil de base, surface portante et charge alaire.

D'une manière simplifiée:

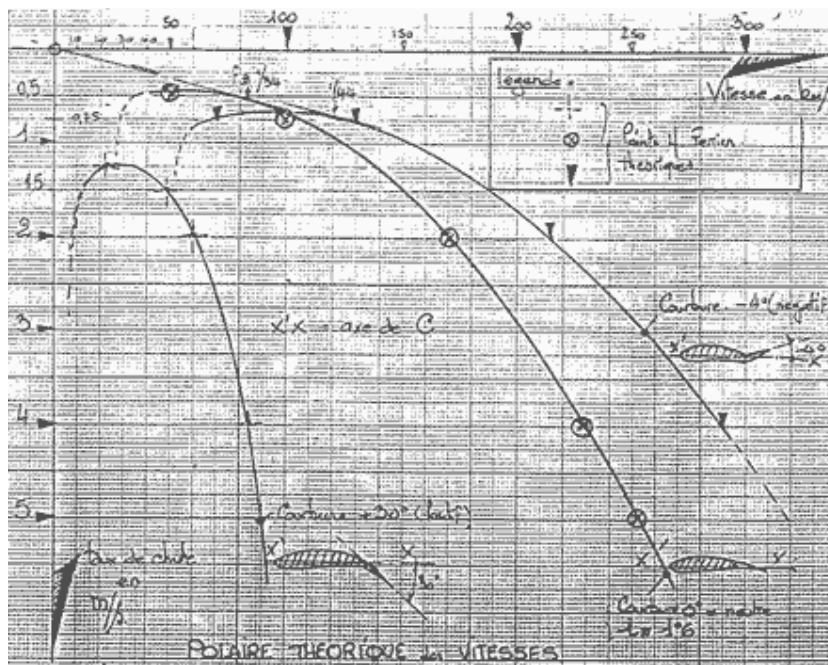
$$C_b = \frac{\text{Longueur de l'aile déroulée équivalente}}{\text{Longueur totale de tous les plans du caisson Colab}}$$

Ainsi avec la même surface alaire et si $C_b=1$ on peut obtenir un allongement 4 fois supérieur !!!!



Pour faire varier les positions de l'aile et sa réaction par rapport à l'air, l'équipe du projet COLAB a eu l'idée d'intégrer des volets de courbure sur les ailes, dans le but de faire varier l'angle de pénétration de l'air et d'obtenir les paramètres optimaux pour rentabiliser au mieux l'effet Nenadowich. Ainsi en faisant varier l'angle d'ouverture des volets et en mesurant avec des instruments calibrés la polaire des vitesses, on obtient des courbes impressionnantes :

Fig.1)



Aile de profil type planeur de 0.8 m de corde et de 8m d'envergure chargée à 20kg au m²

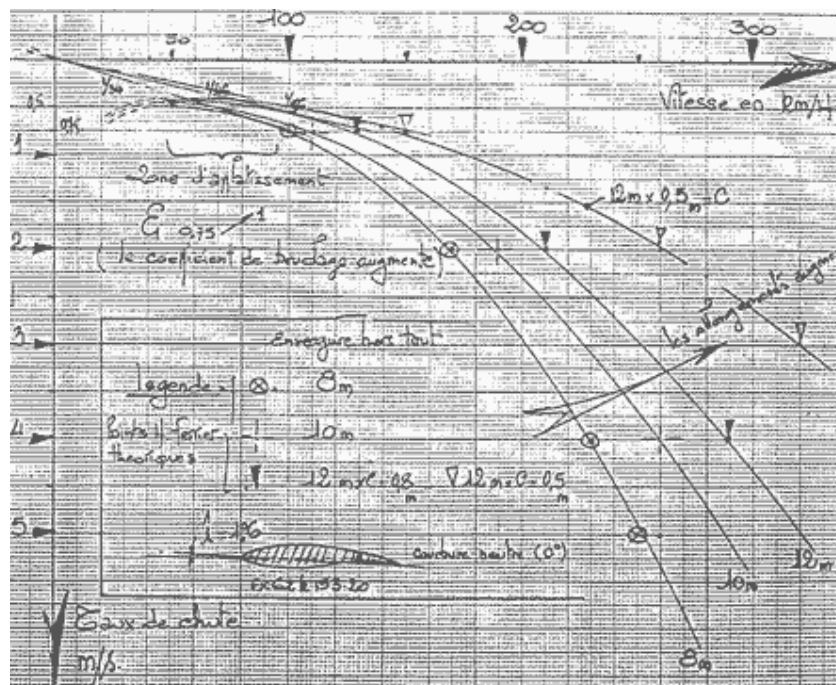
-En faisant varier d'un angle positif de $<7^\circ$ on assiste à une augmentation synchronisée de la traînée et de la portance. On remarque aussi que le point de décrochage a disparu de la courbe ! Les filets d'air resteront donc laminaires au profil de la voilure.

-En faisant varier d'un angle positif supérieur à 30° , on assiste à une grande augmentation de la traînée, la courbe décroît encore plus rapidement.

-En inclinant d'un faible angle négatif les volets de courbure, on remarque que la courbe de la polaire des vitesses s'aplatit. Les performances de la voilure s'accroissent, on remarque un accroissement de la finesse. Ces performances semblent s'accroître avec la vitesse.

Ainsi en faisant varier de différentes façons les volets de courbure, on obtient différents effets inattendus sur les polaires des vitesses et sur les propriétés aérodynamiques de la voilure.

Fig.2)



Même profil que la fig.1, même charge alaire
 Avec corde= 0.8m et envergure de 8 à 12 m
 Et corde 0.5m et envergure 12m

On note que les finesesses augmentent au fur et à mesure que l'allongement augmente.

Un autre apport du COLAB est d'avoir pour l'envergure d'un planeur, la solidité d'un avion. Ainsi, malgré son envergure importante, le COLAB résistera aux efforts de torsion et de flexion imposés par l'air et pourra transporter une plus grande charge à une vitesse du même ordre que celle d'un avion.

La disposition des ailes donnant une plus grande surface projetée, le point de sustentation (résultante aérodynamique de toutes les forces de portance) se trouve au barycentre de la surface projetée, et les essais ont montré que la plage de centrage était sensiblement égale à la corde de l'aile supérieure.

Ainsi peut-on dire que la partie active de la voilure COLAB apparaît comme le volume d'air circonscrit au caisson alaire. Tout se passe comme si la disposition géométrique de l'assemblage des plans entre eux engendrait une AILE VIRTUELLE cause de toutes les FABULEUSES propriétés observées.

III) Les apports du Colab dans le domaine de l'aéronautique

1- Sur le plan de la sécurité :

Dans la partie précédente, on a déjà pu constater que l'inclinaison à différents angles des volets changeait nettement l'allure de la courbe de la polaire des vitesses.



-Ainsi, en inclinant positivement les volets de 15° à 45° , on peut se poser ou décoller en toute sécurité grâce à l'augmentation de la portance et de la traînée et le remplacement du décrochage par un enfoncement progressif suivant l'angle de cabré. Avec la disparition du point de décrochage de la courbe la sécurité du vol se trouve accrue. Le Colab atteint ainsi une maniabilité jamais

égalée. La machine peut se redresser d'elle même quand elle est cabrée.

-En inclinant les volets dans un angle supérieur à 40° , on obtient un aérofreinage très puissant permettant des vitesses très réduites lors de piqués, autre apport de sécurité.

Il en résulte une augmentation de la sécurité et des performances du modèle de décollage et d'atterrissage, sans aucune sophistication des dispositifs hyperstutentateurs.

2- Sur l'agrandissement de la plage de centrage :

Le fait que la plage de centrage du Colab soit égale à la corde de l'aile supérieure augmente les possibilités d'adaptation de l'aile sur pratiquement tous les appareils. En effet, la masse du fuselage pourra être contenue sur un espace plus important, pouvant être montée aussi bien sur des ULM que sur des avions de ligne. Pour les appareils légers, afin d'optimiser l'équilibre des masses, on pourra positionner le moteur derrière la cabine des pilotes, ce qui apportera une visibilité supérieure pour une plus grande sécurité.

3 - point de vue profil de l'aile :

Les gains réalisés par une voilure Colab sont obtenus en utilisant plusieurs types de profil. Toute fois certains profils sont meilleurs que d'autres. D'autre part, une voilure Colab ne nécessite ni effilement (rapport entre la corde d'extrémité de l'aile et celle de l'emplanture) ni vrillages (modification de l'incidence entre l'extrémité et l'emplanture pour éviter le décrochage intempestif des extrémités d'ailes). On utilisera donc pour le Colab des ailes à génération rectangulaire (même profil et même incidence tout le long de l'envergure). La fabrication est ainsi très nettement simplifiée. On pourra donc **envisager de fabriquer des profils au "mètre linéaire"**.

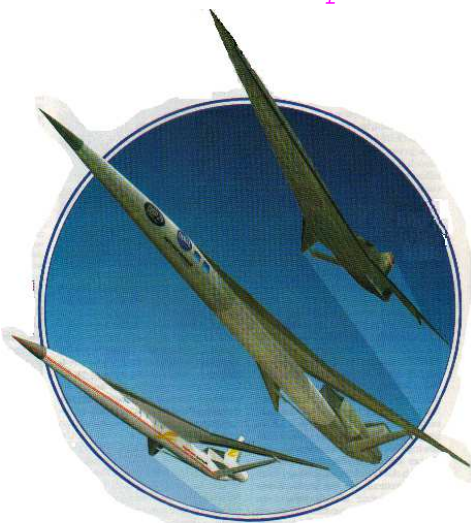
Cela représente une avancée majeure dans le domaine de l'aérodynamique étant donné que l'amélioration ne serait-ce qu'infime d'un profil ailaire coûte très cher étant donné le prix des ingénieurs et des essais en soufflerie.

4 - Sur l'augmentation de la portance :

Le système d'aile Colab permettant une augmentation radicale de la portance (voir effet Nenadowich) et de la finesse, l'appareil est capable de parcourir une plus grande distance avec moins d'efforts. De plus, d'après les quelques études faites en soufflerie, il s'avèrerait que les traînées marginales soient diminuées de 50% à 70% selon H. Ferrier du fait du coefficient de bouclage. Ces effets cumulés permettraient ainsi de consommer moins de carburant. Ainsi, un avion de ligne équipé des ailes Colab pourrait « théoriquement » parcourir l'équivalent de l'aller retour Paris New York alors qu'un avion de ligne classique sera limité à l'aller.

Cet avantage ne serait pas à négliger, tenant compte des besoins mondiaux d'économie en énergie non renouvelable.

5 - Perspectives du COLAB :



Malgré les résultats plus que satisfaisants obtenus en expérimentation (car il faut bien préciser que la démonstration mathématique n'a pas encore été établie) aucune société n'a souhaité travailler sur ce projet durant ses premières années, alors qu'il est

actuellement étudié à la NASA pour certains projets comme les drones (avion sans pilote. Serait-ce parce que le progrès du Colab viendrait gêner d'autres industries comme la métallurgie ou les firmes pétrolières, ou à cause de l'avancée quasiment impossible prétendu ? Cependant, le principe de la voilure orthorhombique a été révélé récemment par la société Northrop, engagée par la DARPA afin de créer un avion supersonique plus silencieux : ce projet a pour nom QSP (Quiet Supersonic Platform). La DARPA étant à son origine, ce projet est donc à vue militaire, cependant, s'avérant prometteur, il pourrait très bien s'appliquer à certaines fonctions commerciales. Le projet QSP ayant obtenu la permission de réaliser des essais en vol, on peut suggérer qu'il s'agit d'un projet relativement avancé, sur lequel des calculs mathématiques ont été réalisés afin de, finalement, démontrer les affirmations aérodynamiques de Ferrier, ou les phénomènes observés sur le Colab durant ses vols d'essais. De plus, les résultats obtenus pour le moment sont encourageants : une différence de 14Pa a été remarquée entre l'onde de choc créé par un avion supersonique Concorde, et le prototype de Northrop. Serait-ce là le premier pas vers une révolution dans le domaine de l'aéronautique et de l'aérodynamique des fluides ? Le temps nous le dira...



Flash info: Nous avons appris que depuis avril 2005 l'US air Force a adopté l'aile Colab sur ses drones de supériorité aérienne du XXI^{ème} Siècle...Quelle belle avancée!!!

