

**RUPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

Université de SAAD DAHLAB de Blida

**Faculté des sciences de l'ingénieur
Département aéronautique**

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme des études universitaires
Appliqués en aéronautique
D.E.U.A

Option: propulsion

Thème:

Réalisation d'un model réduit d'un avion léger le STOL CH 701

Réalisé par :

Mlle BOUDELLAA Fériel

Mlle HAMDY Ryma

Encadré par :

Mr .TSABIT Ali

Mr. BENTRAD Hocine

Mr. KBAB Hakim

PROMOTION 2008

Introduction

Le mot *aviation* (du latin *avis*, oiseau et *actio*, action) a été employé pour la première fois, en 1863.

Le terme *avion* sera ensuite créé en 1875 par Clément Ader pour désigner sa série d'appareils volants,

Mais dans les premières années de l'aéronautique, après les exploits des frères Wright à partir du 17 décembre 1903, on ne parle guère d'avion mais d'aéroplane. En 1911, pour honorer la mémoire de Clément Ader, le Général Roques, créateur de l'aviation militaire, a décidé que tous les aéroplanes militaires s'appelleraient des avions. Mais ce n'est qu'avec la Première Guerre mondiale que les mots *avion* et *aviation* deviennent communs.

Dans notre projet de fin d'étude on a choisis le model stol ch. 701 qui est un avion léger et produit par la société américaine « ZENITH AIR », pour faire la réalisation d'un model réduit.

La disponibilité d'un plan de construction de cet avion nous a permis d'entreprendre une réalisation d'un model réduit a échèle 60% .

Pour mener à bien le travail , nous avons devisé notre étude en Cinque chapitres ,dont le premier se consacré aux généralités sur les ULM (aviation légère en générale) .le deuxième est une description de l'avion stol ch-701 ,dont on va faire le model réduit .par contre les chapitres III ,VI ,V, on va les consacré a la réalisation de l'aile ,fuselage ,empennages et train d'atterrissage successivement en fin une conclusion est tirée

I.1 INTRODUCTION

L'aviation légère désigne l'ensemble des aéronefs destinés aux loisirs, sports et tourisme aérien comme :

- Les ULM ;
- Les planeurs ;
- Les appareils d'école de pilotage ;
- Les appareils de voltige aérienne : appareils conçus spécifiquement pour cet usage, capables de supporter des facteurs de charge élevés et de voler sur le dos ;
- Les appareils destinés au tourisme aérien mais à rayon d'action limité : avions généralement monomoteur à moteur à pistons.

I.2 LES ULM

Un ULM est un aéronef Ultraléger Motorisé. Il est défini en cinq classes :

- Classe 1 : Les para moteurs, qui sont des parapentes motorisés ;
- Classe 2 : Les pendulaires, qu'on pourrait comparer à des deltaplanes motorisés ;
- Classe 3 : Les multiaxes, dont l'apparence les rapproche des avions légers ;
- Classe 4 : Les autogires ultra légers ;
- Classe 5 : Les aérostats ultra légers.

La catégorie "ULM" répond à la définition suivante :

- Appareil monoplace ou biplace : il ne peut emporter au plus qu'un seul passager en plus du pilote,
- Masse maximale au décollage inférieure ou égale à 300 kg pour un monoplace et 450 kg pour un biplace. Il s'agit d'une masse tout compris : machine, passager, carburant, bagages, etc. Un dépassement de 5 % (soit 472,5 kg pour un biplace) est autorisé pour l'emport d'un parachute qui descendra pilotes et machine en cas d'avarie en vol.
- Puissance maximale continue du moteur inférieure ou égale à 45 kW (61 ch) pour un monoplace, et 60 kW (82 ch) pour un biplace (sauf exception dans certaines classes).
- vitesse de décrochage à la masse maxi inférieure ou égale à 65 km/h ou charge alaire inférieure à 30 kg/m² ou 40 kg/m² de surface portante.

La pratique de l'ULM nécessite l'obtention du brevet de pilote ULM. Le pilotage est autorisé dès l'âge de 15 ans. Après la réussite à une épreuve théorique consistant en un questionnaire à choix multiples, l'élève réalise son premier vol seul sans instructeur.

Le brevet est délivré par l'instructeur lorsque que le pilote dispose de l'attestation de réussite aux épreuves théoriques (QCM) dès que l'instructeur juge qu'il sait voler en sécurité et de façon autonome.

Les ULM nécessitent une identification (Identification = système déclaratif, Immatriculation = certification) mais leur suivi technique est de la responsabilité du propriétaire.

Comme tous les engins volants, un ULM est soumis aux règles de circulation aérienne. Ces règles sont appelées règles de l'air.

Ils sont de plus limités au mode dit de vol à vue : vol durant le jour aéronautique, en dehors des nuages, avec une visibilité minimale et la vue du sol.

Contrairement à l'aviation classique pour laquelle la sécurité s'appuie en grande partie sur la certification des matériels et la surveillance des pilotes, la sécurité de l'aviation ULM repose d'une part sur la responsabilité des pilotes (comme pour toutes les actes de circulation aérienne) et sur la responsabilité du fabricant qui est seul garant du dossier technique déclaratif déposé auprès de l'administration.



Fig (1-1) un ULM

La contrepartie de cette "absence" de contrôle a priori par l'administration, permet d'effectuer des modifications rapidement et à moindre coût. Mais le pilote ULM garantit seul le respect des consignes d'utilisation et d'entretien de l'appareil et, s'il effectue des modifications ou changements de pièces considérées comme essentielles par le fabricant, il est responsable de ces dernières.

L'ULM présente en générale des spécifications techniques qui englobe :

- Légèreté : sensations de vol plus marquées qu'en avion ; sensibilité accrue aux conditions météorologiques à l'exception de la classe autogire qui n'est que très peu sensible aux turbulences, même assez fortes.
- Faibles altitude et vitesse de vol : très adapté à la promenade et à la photographie aérienne ; handicapant pour la navigation. Il existe cependant des modèles d'ULM très haut de gamme aussi performants que des avions.
- Prix : coût d'acquisition, d'entretien et d'usage plus faible que pour l'avion classique.
- Accessibilité : Brevet de pilote ULM obtenu à vie, sans obligation d'heures minimales de vol régulières ou de contrôle médical.

I.2.1 AVANTAGES ET INCONVENIENTS

On désigne par Avion les aéronefs certifiés par l'OACI, par opposition aux ULM tels que définis ici. Ni mieux ni moins bien, la philosophie des deux catégories est différente et correspond à un usage différent :

- La délivrance du brevet est faite par le même organisme (en France, par la DGAC) dans les deux catégories. Mais la formation est différente, plus légère, rapide et appliquée pour l'ULM. L'examen théorique est plus court (mais pas forcément plus facile). Un pilote avion (PPL ou CPL) a automatiquement l'équivalence du théorique ULM, mais pas réciproquement.
- L'ULM est plutôt destiné à la promenade ou aux petits voyages avec la possibilité de pratiquer à partir de terrains privés. Il est limité en capacité d'emport (seulement deux personnes à bord) et la limite des 450Kg de MTOW est handicapante pour partir à deux avec le plein d'essence sur presque toutes les machines.
- L'ULM est souvent moins confortable et moins bien équipé que les avions, et donc plus sensible aux conditions météorologiques, pour la navigation comme pour le vol (limitation au vent de travers, sensibilité aux turbulences à cause d'une charge alaire plus faible, givrage). Le VFR de nuit est interdit aux ULM, mais possible en avion.
- L'ULM est moins coûteux. Le coût d'heure de vol allant de 70 à 150 € pour un ULM contre 100 à 200 € pour l'avion, cela explique également que la moyenne annuelle d'heures de vol des pilotes est de 2 à 3 fois plus importante en ULM qu'en avion. L'utilisation des terrains ULM est généralement gratuite alors que beaucoup d'aérodromes et d'aéroports ont des taxes d'atterrissage.
- L'ULM a une réglementation dépendant de chaque pays, rendant les voyages à l'étranger parfois plus complexe à mettre en œuvre. La Suisse interdit la plupart des ULM, l'Italie ne veut pas les voir et encore moins les entendre dans ses espaces contrôlés. Un avion est certifié par l'OACI et peut aller partout dans le monde.
- L'ULM n'impose pas de minimum d'heures de vol, de qualification montagne, de certificat médical aéronautique. C'est au pilote d'estimer ses capacités.
- L'ULM, de part sa légèreté et sa simplicité, n'ont pas plus d'accidents que les avions, et un atterrissage en campagne est souvent sans conséquences, ce qui n'est pas le cas en avion.
- La perception des ULM par les riverains des aérodromes est souvent erronée, les considérant comme des machines bruyantes, alors qu'ayant des performances de montée souvent meilleures que les avions et des moteurs moins puissants (possible grâce au faible poids), ils sont peu bruyants.
- Les pratiquants de l'avion de loisir pratiquent souvent l'avion en aéroclub alors que les pilotes ULM sont le plus souvent propriétaires de leurs machines.

I.2.2 AVION A DECOLLAGE ET ATERRISSAGE COURT

Un Avion à Décollage et Atterrissage Court (dont l'acronyme est ADAC) est un aéronef à voilure fixe capable d'utiliser des pistes de longueur très limitée (en général inférieures à 200 mètres) pour le décollage et l'atterrissage. L'appellation anglophone de ce concept est *STOL* (Short Take-off and Landing aircraft).

On distingue les ADAC des ADAV (qui peuvent décoller et atterrir verticalement) et cette catégorie ne comprend ni les hélicoptères ni les ballons et les dirigeables, qui ne sont pas des avions. Par contre l'autogire est un ADAC.

Les caractéristiques ADAC d'un avion proviennent principalement de caractéristiques aérodynamiques particulières améliorant la portance :

- la voilure est en général de taille importante
- Divers dispositifs hypersustentateurs peuvent être mis en œuvre, comme les volets et les becs.
- Certains ADAC à hélices utilisent également une voilure soufflée pour atteindre l'hypersustentation et une vitesse ascensionnelle élevée.
- En augmentant la portance, ces différents dispositifs permettent de diminuer la vitesse nécessaire tant pour le décollage (d'où une réduction de la distance de piste à parcourir) que pour la présentation à l'atterrissage (d'où une réduction de la distance de freinage).
- Le décollage court est par ailleurs favorisé par un bon rapport poids/puissance, qui permet d'atteindre plus rapidement la vitesse nécessaire à la sustentation.

De nos jours, l'intérêt personnel des individus désirant voler à prix bas a lancé toute une industrie de construction d'avion sur mesure et a été assemblée chez soi pour les constructeurs amateurs, parmi eux, se présente la société Zenith air, qui propose une panoplie de modèles d'avion léger dont le STOL CH 701.

I.3 RAPPELLE D'AERODYNAMIQUE

I.3.1 LES AXES DE L'AVION

Durant le vol, l'avion peut effectuer des mouvements dans les trois dimensions, selon trois axes différents :

Il s'agit de lignes imaginaires dont le tracé dépend de la forme de l'appareil. Ces trois axes se recoupent perpendiculairement en un point que l'on considère comme le **centre de gravité** de l'avion.

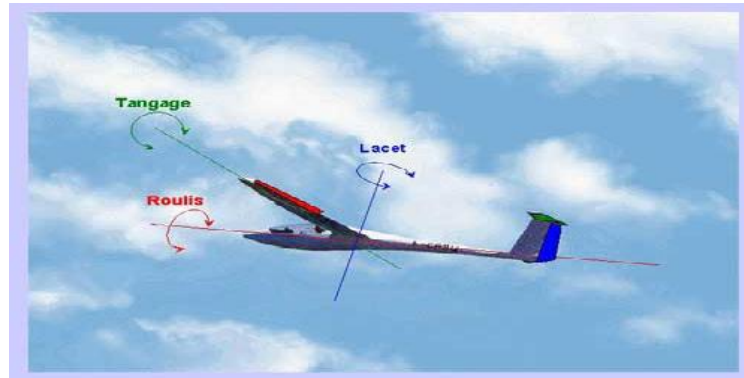


Fig (I-2) Les axes de l'avion

- L'axe longitudinal traverse le fuselage de part en part dans sa longueur, depuis l'hélice jusqu'à l'empennage. Les mouvements affectant l'avion autour de cet axe s'appellent le roulis.
- L'axe transversal va d'une extrémité à l'autre des ailes. Les mouvements affectant l'appareil autour de cet axe s'appellent le tangage.
- L'axe vertical est le seul qui ne longe pas un des composants essentiels de la forme de l'appareil. Les mouvements affectant l'avion autour de cet axe sont appelés des lacets.

LA PORTANCE

Le mouvement de l'air autour de l'aile crée, selon les profils et les incidences, une dépression faible ou une surpression sous l'aile, à l'intrados, et surtout une forte dépression au dessus à l'extrados.

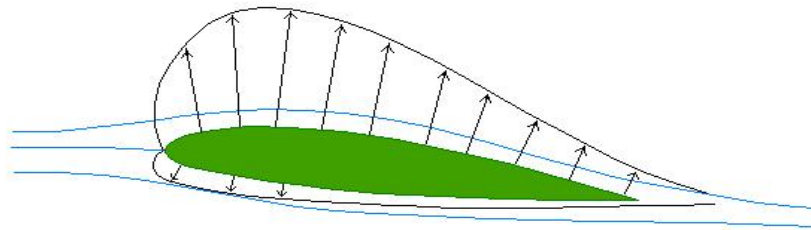


Fig (I-3) profil d'aile

C'est l'importante différence de pression entre intrados et extrados qui crée la portance.

I.3.3 LA TRAÎNÉE

L'air colle aux surfaces et ce frottement produit un freinage important. La vitesse de l'air est nulle sur la surface de l'avion, et elle augmente rapidement dès qu'on s'écarte. La couche d'air proche de la surface du profil, où l'air est ralenti, porte le nom de couche limite.

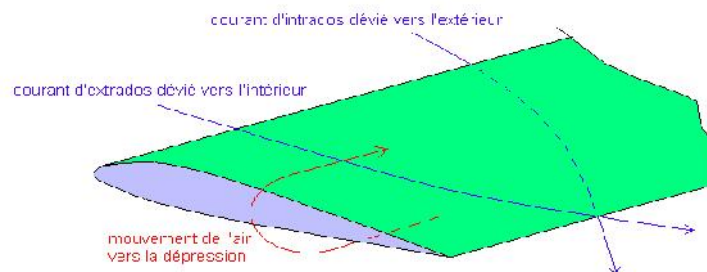


Fig (I-4) la traînée

La forme d'un objet qui se déplace dans l'air a une énorme influence sur la traînée induite. Tout ce qui est lisse et fuselé traîne peu, car l'air peut contourner l'obstacle en souplesse, sans effort. Tout ce qui brutalise l'air et génère des tourbillons est mauvais et augmente la traînée.

I.3.4 CENTRE DE POUSSEE

Le centre de poussée d'un profil d'aile est le point d'application de la portance. Sa position varie (plus ou moins selon le type de profil) en fonction de l'incidence.

Quel que soit le profil adopté, c'est le centrage de l'appareil qui conditionne la stabilité longitudinale.

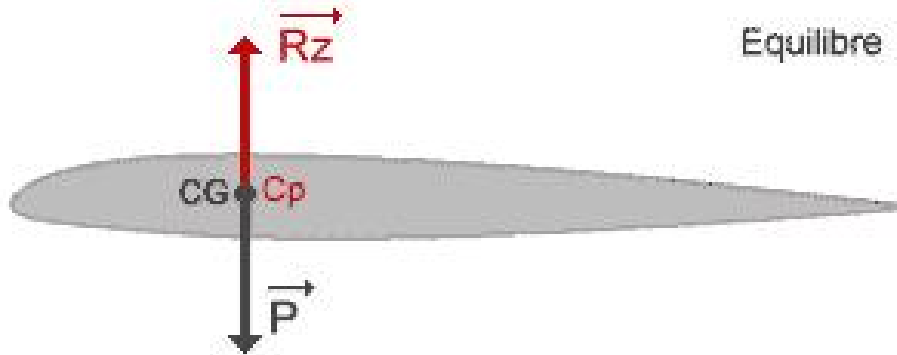


Fig (I-5) centre de poussée

I.4 LA DESCRIPTION DE LA CELLULE

I.4.1. LA VOILURE

La voilure ou simplement l'aile est une partie d'un avion,

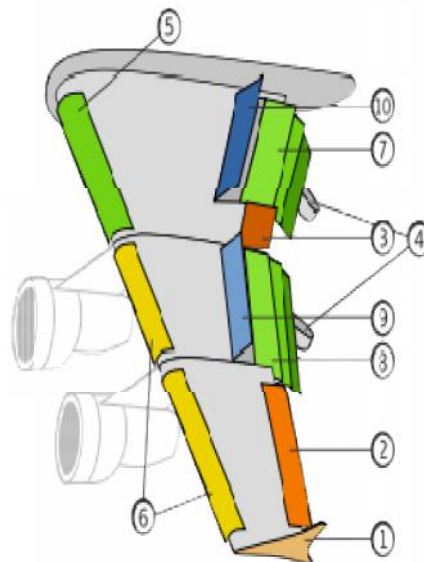


Fig (I-6) aile d'avion

Elle transforme une partie de la force nécessaire à la vitesse de l'avion en force de portance qui permet le vol.

1. Ailette verticale marginale (Winglet en anglais)
2. Aileron basse vitesse
3. Aileron haute vitesse
4. Rail de glissement des volets
5. Becs de bord d'attaque de type Krüger
6. Becs de bord d'attaque de type slats
7. Volets intérieurs de type Fowler
8. Volets extérieurs de type Fowler
9. Spoilers (destructeur de portance)
10. Spoilers / aérofreins

Le principe physique de génération de la portance est identique à celui de la traction exercée par une hélice au travers de ses pales. C'est pourquoi un appareil comme l'hélicoptère, qui utilise un rotor principal pour assurer sa sustentation, est appelé appareil à voilure tournante par opposition à l'avion qui est un appareil à voilure fixe.

→ Position sur le fuselage :

On distingue les ailes en fonction de leur implantation sur le fuselage :



Fig (I-7) ailes basses



Fig (I-8) aile médiane



Fig (I-9) ailes hautes

Les ailes hautes permettent de protéger les moteurs contre l'ingestion de corps étrangers ou d'eau dans le cas des hydravions.

Sur les avions de tourisme légers, elles assurent une meilleure visibilité vers le bas.

I.4.1.1 STRUCTURE DE LA VOILURE

En longitudinal : le bord avant est appelé bord d'attaque et le bord arrière bord de fuite.

En transversal : la jonction de l'aile au fuselage s'appelle l'emplanture.

Chaque demi-voilure est constituée d'un (ou de plusieurs) longerons attachés au fuselage au niveau de l'emplanture.

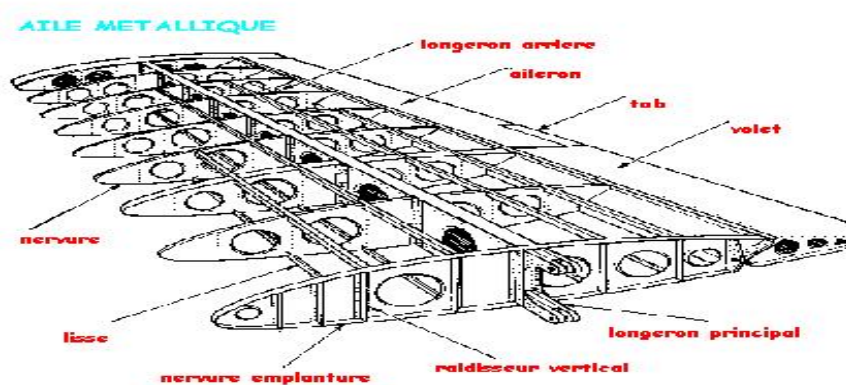


Fig (I-10) éclaté d'une voilure

I.4.1.2 LES NERVURES

Les nervures supportent les revêtements supérieur (extrados) et inférieur (intrados) et transmettent les charges aérodynamique aux longerons.

I.4.1.3 LE LONGERON

Le longeron est une poutre qui part de l'emplanture de l'aile et qui va jusqu'à son extrémité. C'est cette pièce qui supporte les charges aérodynamiques qui s'appliquent sur la voilure.

Le longeron peut être fabriqué en une seule pièce, de métal (cornière ou tube à base rectangulaire), de carbone (tube), ou composé de deux de contreplaqué fin qui enserrant deux « semelles » horizontales.

Ce sont ces « semelles » qui vont supporter 99% des forces dynamiques qui vont affecter l'aile. Une aile peut comporter deux longerons, un principal, vers le centre de gravité de l'aile, un secondaire, plus en arrière. Le longeron principal peut même être situé dans le bord d'attaque, « formant », ce bord d'attaque.

Le longeron principal peut être aussi construit afin de constituer le réservoir d'essence.

I.4.2 LE FUSELAGE

Le fuselage est un caisson rigide dont la structure, il peut être en bois ou en métal et il est composé de longerons, de cadres(ou couples) et raidisseurs Fig (III-1).

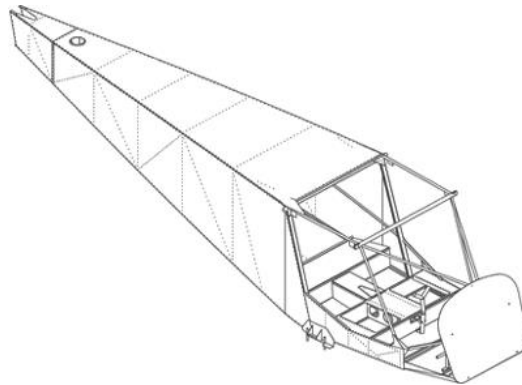


Fig (I-11) le fuselage du STOL CH 701

Le revêtement peut être en toile, en métal (alliage d'aluminium), ou en matériaux composites. Le fuselage, qui intègre l'habitacle(ou cockpit), porte l'empennage, le train d'atterrissage, le moteur et les ailes.

Lorsqu'un avion est monomoteur, le fuselage porte généralement le propulseur à l'extrémité avant. Sur certains modèles toutefois, le groupe motopropulseur peut se situer à l'arrière, ou sur un pylône pour les avions amphibies (pour écarter l'hélice des projections d'eau). Si l'avion est multi moteur, le fuselage ne porte généralement pas de moteurs (qui sont portés par les ailes); mais ce n'est pas toujours le cas (réacteurs à l'arrière).

Le fuselage peut se décomposer en trois parties distinctes :

- La partie avant qui comprend le poste de pilotage, différentes soutes et enfin la pointe avant, qui abrite soit le moteur, soit le radar dont l'antenne est recouverte par le radôme, partie non métallique laissant passer les ondes radar;
- la partie centrale qui sert de cabine pour les passagers ou de soute pour les bagages ou le fret et à laquelle sont fixées les ailes et, certaines fois, le train d'atterrissage principal ;
- La partie arrière, tronçon de forme conique, généralement monobloc, sur laquelle viennent se raccorder les empennages horizontaux et verticaux et dont l'extrémité est appelée le cône arrière.

Les fuselages monocoques sont des coquilles dont les parois constituent l'unique structure. Les premières constructions de ce type ont été faites en bois moulé (comme l'Albatros, lors de la première guerre mondiale. La technique moderne consiste à utiliser les fibres synthétiques (verre, carbone...) imprégnées de résine polyester ou époxy.

Cette technique de fabrication se prête bien à la production en série sur moules femelles, généralement pour des avions légers. Des méthodes récentes permettent de réaliser des fuselages de grande taille (moulage par infusion, enroulement filamentaire).

I.4.2.1 L'AVANT DU FUSELAGE (LE COCKPIT OU L'HABITACLE)

L'habitacle (mais aussi cabine de pilotage, poste de pilotage, cellule ou encore cockpit) d'un avion désigne l'espace réservé au pilote, son copilote et au mécanicien.



Fig (I-12) le cockpit

Il contient toutes les commandes et les instruments nécessaires au pilotage de l'appareil. Il se trouve généralement à l'avant du fuselage.

Sa position permet au pilote d'avoir une vue dégagée sur l'avant de l'appareil, mais aussi vers le bas pendant les atterrissages et le roulage au sol. Sur la plupart des avions de ligne, une cloison percée d'une porte sépare le cockpit de la cabine.

Les instruments servent à présenter au pilote toutes les informations qui lui sont utiles au maintien en vol de son avion, à sa navigation, à ses communications avec les infrastructures de la gestion du trafic aérien et lui permettent d'interagir avec son avion.

Ils sont regroupés sur le tableau de bord aussi près que possible du pilote. Les quatre instruments de base sont toujours disposés de la même façon : l'horizon artificiel au centre, l'anémomètre à sa gauche, l'altimètre à sa droite, le gyro directionnel ou plateau de route en dessous.



Fig (I-13) instrument de bord

Cette disposition permet d'optimiser le circuit visuel au cours du vol. La disposition des autres instruments est relativement standard mais varie d'un avion à l'autre.

Les instruments conventionnels ne sont conservés sur les planches de bord équipées d'écrans qu'à titre d'instruments de secours pour pallier une éventuelle défaillance des systèmes électroniques.

Ils peuvent être présentés sous forme classique, ou leurs informations intégrées dans un écran.

COMPAS MAGNETIQUE

Il utilise le champ magnétique terrestre comme référence.

Il est constitué d'une lunette de lecture sur un boîtier étanche rempli d'un liquide dans lequel se déplace librement un équipage mobile formé par une rose des caps et des barreaux aimantés.

C'est un instrument peu précis qui donne des indications fausses dès que l'avion n'est pas stable sur une trajectoire rectiligne, horizontale et à vitesse constante.



Fig (I-14) compas magnétique

Il est néanmoins utile, notamment lors de prises de caps, ou de repères géographiques.

ALTIMETRE

Un altimètre est un simple baromètre (exactement le même qui sert aux météorologistes pour lire une pression atmosphérique)



Fig (I-15) altimètre

Qui est étalonné pour indiquer directement une information d'altitude exprimée en pieds ou en mètres.

VARIOMETRE

Dans sa version classique, cet instrument utilise les variations de pression statique pour indiquer des variations d'altitude, c'est-à-dire des vitesses verticales. De l'air à la pression statique extérieure est stocké dans une bouteille appelée capacité qui se met à pression avec un temps connu.



Fig (I-16) variomètre

La pression dans la capacité est donc en retard par rapport à la pression courante. Au moment de la mesure, l'instrument fait la différence entre la pression extérieure et la pression de la capacité. À noter que le variomètre fonctionne avec un léger temps de retard, dû au temps de remplissage de la capacité.

GYRO COMPAS / GYRO DIRECTIONNEL

Il s'agit d'un gyroscope à deux degrés de liberté qui permet de conserver une référence de cap de façon beaucoup plus précise qu'un compas magnétique.



Fig (I-17) gyro compas

Il est asservi à une vanne de flux (en anglais : flux valve) qui permet de le recaler automatiquement en fonction du champ magnétique terrestre. Il est aussi appelé plateau de route.

HORIZON ARTIFICIEL

Il s'agit d'un gyroscope à deux degrés de liberté qui permet de visualiser l'attitude de l'avion par rapport à ses axes de roulis et de tangage et plus précisément de leurs angles avec un plan horizontal : assiette et inclinaison.



Fig (I-18) horizon artificiel

INDICATEUR DE VIRAGE ET DE DERAPAGE (BILLE-AIGUILLE)

L'indicateur de virage est un gyroscope à un degré de liberté qui permet de visualiser le taux de virage (et non l'inclinaison) de l'avion.



Fig (I-19) indicateur de virage

Il est associé à une bille qui se déplace dans un tube incurvé selon la verticale apparente et qui visualise le dérapage de l'avion. La bille fonctionne simplement par gravité.

I.4.3 LES EMPENNAGES

Les empennages sont des surfaces fixes, généralement disposées sur le fuselage arrière d'un aérodyne, qui sont étudiées spécialement pour développer, durant leur déplacement dans l'air, des forces susceptibles d'assurer la stabilité en tangage et en trajectoire.

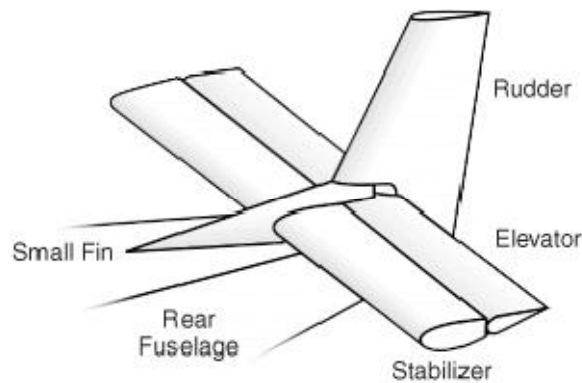


Fig (I-20) la queue d'un avion

Sur un avion ou un hélicoptère, les empennages sont constitués par un ensemble de plans horizontaux et verticaux :

- l'empennage horizontal encore appelé plan fixe horizontal ou stabilisateur horizontal sur un hélicoptère qui assure la stabilité en tangage.
- l'empennage vertical plus couramment appelé dérive qui assure la stabilité en trajectoire, encore appelée "stabilité en lacet".

I.4.4 TRAIN D'ATTERRISSAGE

Les fonctions principales d'un **train d'atterrissage** consistent à permettre les évolutions au sol jusqu'au décollage (remorquage, taxi...), l'amortissement de l'impact d'atterrissage, et, grâce à un système de freinage associé, l'arrêt de l'avion sur une distance acceptable.

Le train d'atterrissage peut parfois être équipé de skis ou de flotteurs si l'appareil doit amerrir ou atterrir sur la neige.



Fig (I-21) train d'atterrissage

Durant les phases de vol, si le train d'atterrissage ne replie pas, le train est fixe, sinon, il est rétractable et rentré pour diminuer la résistance à l'air. Il se loge alors dans la case à train d'atterrissage qui peut se trouver dans le fuselage ou dans les ailes.

I.4.4.1 DIFFERENTS TYPES DE TRAINS D'ATTERRISSAGE

Il existe principalement deux types de train d'atterrissage :

- Les trains "classiques", (aussi appelé tail draggers),



Fig (I-22) train classique

Qui sont composés de 2 trains principaux à l'avant du centre de gravité et d'un train auxiliaire à l'arrière.

- Les trains "tricycles" qui sont composés de 2 trains principaux légèrement à l'arrière du centre de gravité et d'une roulette à l'avant.



Fig (I-23) train tricycle

La plupart des appareils modernes ont un tricycle ou une variante du tricycle. Les appareils à train classique sont considérés comme étant plus difficiles à faire atterrir et décoller et ainsi, requièrent parfois un entraînement spécifique.

Parfois, une petite roue de queue ou un ski est ajouté sur les appareils à tricycle au cas où la queue risquerait de toucher le sol au décollage. C'est le cas du Concorde.

Avec le poids toujours plus important des appareils, les trains d'atterrissage comptent de plus en plus de roues.

Un dysfonctionnement du train d'atterrissage peut conduire à ce que l'on appelle un cheval de bois et avoir pour conséquence la destruction de l'avion.

Certains avions utilisent les roues uniquement pour le décollage et les jettent ensuite, pour gagner en poids, en place, puisqu'il n'y a plus besoin de mécanisme de rétraction et en simplicité. Pour ces avions, l'atterrissage se fait sur des skis, par exemple. Parmi les exemples historiques, citons le Messerschmitt Me 163 et le Messerschmitt Me 321

I.4.4.2 PRINCIPE D'UN TRAIN D'ATTERRISSAGE

Le caisson (barrel) constitue le « corps » de l'atterrisseur. Il contient l'amortisseur et assure la transmission des efforts principaux vers la structure avion.

La contrefiche principale (drag strut assy) permet de transmettre les efforts axiaux venant du centre roue à la structure de l'avion.

Le compas (torque link assy), sur les trains principaux, permet d'empêcher la rotation de la tige coulissante par rapport au caisson. Sur le train avant, il permet de transmettre le couple de rotation entre le système de direction (steering) et la tige coulissante.

L'amortisseur (shock absorber) permet d'absorber l'énergie de l'impact d'atterrissage et supporte les évolutions au sol tout en assurant un maximum de confort pour l'équipage et les passagers. Les amortisseurs sont généralement de type oléopneumatique. Il existe des amortisseurs simple chambre ou double chambre.

I.4.4.3 LES ROUES ET LE SYSTEME DE FREINAGE

La jante assure le support du pneu ainsi que le logement du système de freinage. Le système de freinage est constitué de disques multiples (généralement en carbone) et d'étriers à pistons. Le freinage d'un avion lors d'une phase d'atterrissage ou lors de l'interruption d'une procédure de décollage (Rejected Take Off), nécessite la dispersion d'une très grande quantité d'énergie.

Le système de freinage constitue dans cette phase un puits de chaleur. Les roues sont donc soumises à d'importantes contraintes.

I.4.4.4 LE TRAIN D'ATERRISSAGE DU STOL CH 701

Le train tricycle standard permet également une excellente visibilité vers l'avant tout en roulant au sol. Un point non négligeable lorsque l'avion est exploité dans des environnements autres que des aéroports.



Fig (I-24) train d'atterrissage du STOL CH 701

Le système de train tricycle résistant a été désigné comme configuration standard pour le STOL CH 701 afin de répondre aux besoins des pilotes d'aujourd'hui.

La plupart des pilotes ne sont pas des pilotes expérimentés dans le « taildragger », c'est pourquoi un train de type tricycle est le plus approprié car il fournit une très bonne stabilité et un bon contrôle au sol.

Le STOL CH 701 possède une configuration de queue élevée permettant à l'avion de tourner facilement et pour réaliser des élévations élevées durant l'atterrissage et le décollage.

Une configuration où une roue se trouve en fin de queue exige un train principal plus grand et il est donc très difficile de réaliser la même courbe d'attaque (voir illustration ci-contre).

En outre le train tricycle permet d'avoir une carlingue horizontale, ce qui rend le chargement et le déchargement beaucoup plus facile.

I.5 ALLIAGE

Un alliage est une combinaison d'un métal avec un ou plusieurs autres éléments. Un métal pur a des caractéristiques mécaniques relativement faibles. Le fait d'ajouter d'autres éléments permet de « durcir » (augmenter les caractéristiques mécaniques) et/ou de modifier les caractéristiques chimiques des métaux (en particulier leur comportement à la corrosion), ou d'améliorer d'autres caractéristiques (facilité de mise en œuvre : coulabilité par exemple). Le métal principal est appelé le métal de base ou la base.

Les éléments ajoutés volontairement sont appelés les éléments d'alliage (ou d'addition) et les éléments non désirés sont appelés les impuretés.

Les éléments d'alliages sont le plus souvent des métaux mais ils peuvent également être d'autres éléments chimiques (exemples : le carbone dans l'acier ou la fonte, le silicium dans l'aluminium, ...). Généralement, quand l'élément d'alliage n'est pas un métal, sa proportion reste faible.

La concentration de carbone est inférieure à 2% en masse pour l'acier et inférieure à 6% en masse pour la fonte, alors qu'il est possible de faire un alliage Cuivre Zinc (laiton) avec 50% de chacun des éléments.

Un alliage peut être naturel, c'est rare mais ça existe, par exemple l'électrum alliage d'or et d'argent natifs utilisé dans la préhistoire et l'antiquité : Varna, Anatolie, Ur, Égypte etc.

I.5.1 EXEMPLES D'ALLIAGES (PRINCIPAUX ALLIAGES)

Alliages de fer :

- Fonte : fer + carbone (à plus de 2,1% et jusqu'à 6.7% en masse de carbone)
- Acier : fer + carbone (à moins de 2,1% en masse de carbone)
- Acier inoxydable : fer + nickel+ chrome, et parfois, molybdène, vanadium cuani (2.7 de fonte et 2.9 de nickel)

Alliages de cuivre :

- Bronze : cuivre + étain ; l'airain est l'ancien nom du bronze
- Laiton : cuivre + zinc

Alliages d'aluminium : Ils sont aussi appelés alliages légers

- Alliages d'aluminium pour corroyage
- Alliages d'aluminium pour fonderie

Parce que chaque alliage d'aluminium offre des caractéristiques et aptitudes spécifiques, ce qui fait que l'aluminium est à la fois unique, multiple, et innovant, C'est un métal de faible densité, ce qui vaut à ses alliages la dénomination d'alliages légers.

L'aluminium présente une excellente usinabilité.

L'effort de coupe nécessaire à son usinage, inférieur à celui du laiton ou de l'acier, les contraintes mécaniques auxquelles sont soumis l'outil et la pièce sont moindres, et l'énergie consommée réduite.

Grâce à la couche naturelle d'oxyde qui se forme spontanément à leur surface, les alliages d'aluminium sont connus pour offrir une bonne résistance à la corrosion.

L'aluminium peut être utilisé dans une large plage de températures, d'où son utilisation en cryogénie mais aussi dans l'aéronautique et il a une excellente conductivité électrique : 2 fois supérieure, à poids égal, à celle du cuivre, d'où ses applications dans le transport d'électricité haute tension sur grandes distances.

- L'aluminium offre une bonne conductibilité thermique.
- L'aluminium est non magnétique.
- L'aluminium est apte aux traitements de surface.
- L'aluminium est recyclable.

I.5.2 PRINCIPALES APTITUDES DES ALLIAGES STANDARDS

Le choix d'un matériau réside essentiellement dans le compromis optimal : formabilité, usinabilité, contraintes appliquées, atmosphère et température de service...

Tableau (I-2) : Les Alliages standards

		Comportement à l'atmosphère		Usinage		Formage (tôles)		Soudabilité		Aptitude à l'anodisation	
		Générale	Marine	Fragmentation de copeaux	Etat de surface	Pliage à froid	Emboutissage Repoussage	TIG / MIG	Par résistance	Technique	Décorative
1050A	H24	Très bon	Bon	Moyen	Bon	Bon	Bon	Bon	Pas adapté	Très bon	Très bon
2007	T3	Bon	Moyen	Très bon	Très bon	Moyen	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon
2024	T3	Moyen	Moyen	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon	Moyen	Moyen	Bon
	T351	Bon	Moyen	Bon	Très bon	Bon	Bon	Bon	Moyen	Moyen	Bon
2030	T3	Bon	Moyen	Très bon	Très bon	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon
	T4	Bon	Moyen	Très bon	Très bon	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon

Très bon

Bon

Moyen

Pas adapté

I.5.3 COMPOSITIONS ET CARACTERISTIQUES

Les alliages d'aluminium sont classés en sept familles, dont cinq essentielles, selon l'élément principal d'addition.

Dans chaque famille, les différents alliages ont des caractères génériques communs mais ont aussi chacun leurs propres spécificités, Ou ils sont communément désignés par un numéro à 4 chiffres :

2 0 17 A :

- **2** : le premier désigne la famille d'alliage,
- **0** : le deuxième identifie les variantes où certaines impuretés ont des teneurs contrôlées (alliages de famille 1) ou concerne les modifications successives de l'alliage,
- **17** : les deux derniers indiquent le pourcentage en aluminium au-delà de 99% (famille 1) ou servent uniquement à identifier l'alliage (familles 2 à 8),
- **A** : la lettre suffixe est une variation nationale du métal considéré.

Tableau (I-3) : Les caractéristiques des alliages

Familles d'alliages	Norme numérique	Densité	Module d'élasticité	Coef. de dilatation linéaire	Conductivité Thermique	Conductivité électrique à 20°C
		g/cm ³	MPa	10 ⁻⁶ K ⁻¹	W / Mk	m/Wmm ²
1000	1050A	2.7	69000	23.6	210 – 230	34 – 36
Al	1200	2.7	69000	23.6	210 - 230	34 - 36
2000	2030	2.8	71000	23.0	130 – 160	19 – 21
Al-Cu	2017A	2.8	72000	23.6	125 – 140	19 – 21
	2024	2.8	73000	23.2	110 – 130	16 – 19
	2214	2.8	73000	21.1	135	
	2618A	2.8	72000	23.6	140 - 160	21 - 24
5000	5005	2.7	69000	23.8	185 – 200	29 – 31
Al-Mg	5754	2.7	70000	23.8	130 – 140	19 – 21
	5083	2.7	71000	23.8	105 – 120	15 – 17
	5086	2.7	71000	23.8	120	
	5383	2.7	70000	23.8	105 – 120	
	5xxx	2.7	70000	23.5	117	

6000 Al-Mg-Si	6060	2.7	69000	25.3	200	28 – 31
	6061	2.7	69000	23.4	150 – 170	23 – 26
	6082	2.7	69000	23.4	150 – 170	24 – 28
	6082	2.7	69000	23.4	150 – 170	24 - 28
7000 Al-Zn	7020	2.8	71000	23.6	135 – 160	20 – 24
	7075	2.8	72000	23.6	115 – 140	17 – 21
	7019	2.8	71000	23.6	135 – 150	19 – 23
	7035	2.8	71000	23.4	150	24
	7022	2.8	72000	23.6	120- 150	18-22
	7xxx	2.8	72000	23.5	120 – 150	20 - 23.5
	7xxx					18- 21(ép<80)
						22- 24(ép>80)
	7122	2.8	72000	23.7	130 – 150	18 – 22
	7010	2.8	72000	23.7	115 - 135	17 - 20

Afin d'accroître la polyvalence de l'aluminium, les usines ont élaboré de nombreux alliages, par adjonction d'éléments.

On trouve généralement un élément principal, très souvent additionné d'éléments secondaires dont la nature, la teneur et leur combinaison vont influencer sur les caractéristiques de l'alliage :

- Caractéristiques mécaniques (charge de rupture R_m , limite élastique $R_{p0.2}$, allongement à la rupture $A\%$, dureté HB)
- Densité
- Conductivités électrique et thermique
- Résistance à la corrosion
- Usinabilité
- Aptitudes au soudage, à la déformation et à l'anodisation

Ainsi, à titre d'exemples :

Tableau (I-4) : les caractéristiques de l'alliage par adjonction d'éléments

Manganèse (Mn)	Augmente la ténacité.
Magnésium (Mg)	Augmente la résistance à la corrosion, la soudabilité et les propriétés mécaniques.
Silicium (Si)	Abaisse le point de fusion et développe la résistance à l'usure

Zinc (Zn)	Augmente les propriétés mécaniques seulement s'il est couplé avec un autre élément.
Cuivre (Cu)	Augmente les caractéristiques mécaniques, réduit la résistance à la corrosion.
Plomb (Pb)	Améliore l'usinabilité. (Prochainement remplacé par l'étain)

Les tôles sont des produits plats laminés dans une longueur spécifique. On en distingue deux types :

- Tôles à Froid :
 - les tôles à reliefs.
 - les tôles dites « Fines » de 0,5 à 4 mm d'épaisseur
- Tôles à Chaud :
 - les tôles dites « Moyennes » pour les épaisseurs de 5 à 8 mm
 - les tôles dites « Fortes » de 10 à 150 mm
 - les blocs au delà de 150 mm (laminés à chaud, coulés ou forgés comprimés).

Les principales familles d'alliages existent sous la forme de tôles.

Série 2000 : principalement utilisée en construction mécanique pour la réalisation de pièces soumises à des efforts, statiques ou dynamiques. sa tenue en température, est particulièrement conseillé pour des applications aéronautiques.

Tableau (I-5) : les principales familles d'alliages

	2017A T451	2024 T351
Rp 0,2	270 – 285	300 – 310
Rm	420 – 430	445 – 450
A50	15 – 16	14 – 15
Dureté HB	110	120 – 125

- État T3 (trempé, écroui, mûri) diamètre entre 50 et 100 mm
- État T4 (trempé, mûri) diamètre entre 75 et 6 mm

L'alliage 2024 a de meilleures caractéristiques mécaniques grâce à un taux plus élevé en magnésium. Il présente une bonne tenue à la ténacité et à la propagation de criques (fissures).

Tableau (I-6) : Les caractéristiques mécaniques

Composition													
Alliage	-	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Zr+Ti	Autres	Al
2024	Min	0.20	/	3.80	0.30	1.20	/	/	/	/	/	/	le reste
	Max	0.50	0.50	4.90	0.90	1.80	0.10	/	0.25	0.15	0.20	0.15	

Remarque : Les concentrations sont en pourcentage massique.

II.1 Histoire :

Apparu pour la première fois en 1986, le STOL CH 701 est un avion en kit pouvant décoller et atterrir sans piste et pouvant subvenir aux besoins exigeants des pilotes sportifs et des constructeurs novices.

Avec le STOL 701, son concepteur Chris Heintz a combiné les dispositifs et les avantages d'un vrai avion avec les possibilités de manœuvres sur terrain court d'un avion« ultraléger».

L'avion comporte des lamelles marginales fixes pour des flaps (volet) hypersustentateurs de pleine envergure (des ailerons et des flaps ensemble), un gouvernail de direction pour tout type de vol et une construction entièrement métallique durable.

II.1.1 Catégorie pilote de sport:

La conception de le STOL CH 701 peut être définie comme un Avion de Sport ultra Léger (LSA)

Repris sous la catégorie du FAA Sport Pilot/Light Sport Aircraft (LSA).

Tandis que la conception de base est restée la même, beaucoup d'améliorations significatives ont été présentées aux cours des années, y compris la possibilité d'une charge utile élevée, des kits plus faciles et permettant une construction plus rapide, sans oublier des schémas plus détaillés et des instructions d'assemblage étape par étape.



Fig (II-1) le stol ch-701

Le STOL CH 701 est un avion qui excelle particulièrement dans l'atterrissage sur terrain court: il décolle en moins de 120 pieds sur terrain non préparé, ou 90 pieds sur une surface dure, au poids brut.

Il est possible de tourner avant d'activer la pleine puissance de l'appareil, et le décollage peut commencer à 25mph (sur un sol sans vent) le tout en plus ou moins quatre secondes. Naturellement, N'importe quel vent contraire augmente le temps et la distance nécessaire pour décoller.

Le STOL CH 701 n'a pas été conçu pour être simplement un bel avion léger mais bien pour offrir la

Possibilité d'atterrir et de décoller sur une courte distance, une longévité car il est entièrement métallique et une facilité de construction inégalées. Le STOL CH 701 ressemble à une « jeep de ciel » comme le surnomme souvent ses propriétaires.

A l'heure actuelle on ne trouve pas plus de 500 STOL CH 701 volant dans nos aérodromes – la plus part sont utilisés dans des petits terrains. La construction tout en métal de cet avion le rend très utile pour des stockages extérieurs continus – ce qui permet au propriétaire de faire des économies continues (pas besoins de cintre ou honoraires d'arrimage).

Célèbre depuis 1986, il y a environs une centaines d'avions STOL CH 701 dans le monde!

Voici un extrait du « Récréation Flyer » de juin 2005: « STOL pour les gens: le stupéfiant CH 701 du Zénith »

« Chris Heints a conçu le CH 701 il y a environs 20 ans et c'est fait sa propre réputation dans le monde.

Quand la seule piste disponible est une simple zone dégagée dans la jungle et l'alternative est une semaine avec la hausse des marais infectés de serpent, le 701 est bien accueilli. C'est un avion qui peut décoller en

Utilisant n'importe quelle zone dégagée comme piste et sa montée de courbe signifie que vous ne cognerez pas les arbres à l'extrémité de la bande. Un terrain de football est une piste immense pour un CH 701. »

« Grâce à son aile épaisse et hyper sustentatrice, ses falps (volets) fixes et de pleine envergure, les 701 n'ont besoin que d'un petit espace pour circuler. » Écrit le magazine Kit plane en janvier 2004. « En raison de ses possibilités sur petit terrain, le STOL 701 est considéré comme est des seul avion en kit pouvant rendre des services réservés habituellement à des gros avions tel que le courrier de Helio, Piper Super Cub, Maule ou Aviat Husky. Cela inclus le travail dans des pays du tiers monde, la patrouille de barrière, le saupoudrage de récolte... »

Le Zénith Aircraft Company fabrique également le kit pour le STOL CH 801, une version beaucoup plus grande de 4 sièges, conçue pour des moteurs de 150 à 200 chevaux.

II.1.2Caractéristiques de conception :

Le STOL CH 701 est basé sur une expérience de conception réalisée par l'ingénieur aéronautique Chris Heintz pour fournir les meilleures performances dans l'exécution, le coût, la fiabilité et la facilité de construction.

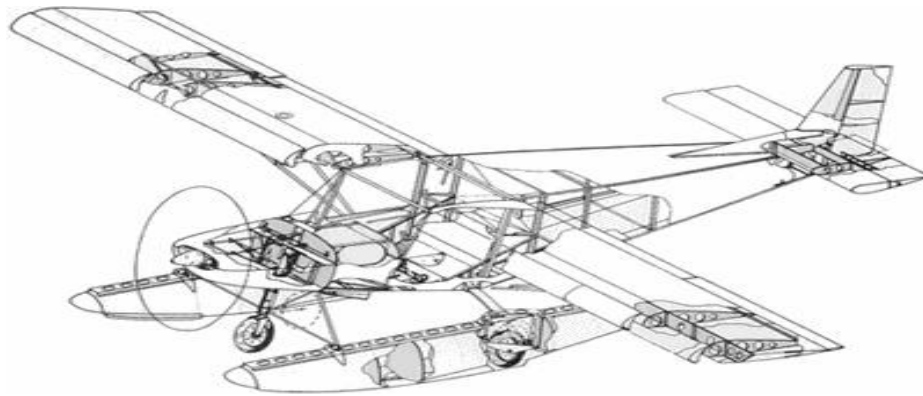


Fig (II-2) stol ch -701 avec flotteur

Le STOL CH 701 n'a pas simplement été conçu pour être beau, sa forme englobe une série de fonctionnalités qui lui permet de décoller et d'atterrir sur des petits terrains d'où son nom S.T.O.L. (short take-off and landing). Il fut développé pour fournir un maximum de performance sur petit terrain tout en étant facile à construire et à entretenir. Il s'agit d'un véritable avion de sport en kit. « Le biplace STOL CH 701 a connu un large succès mais inaperçu aux Etats Unis » Écrit le magazine EAA Sport Aviation. « Plus de 400 avions volent à travers le monde mais seulement 100 d'entre eux ont émergés de magasins aux Etats Unis. Habituellement ce rapport est inversé, mais cela dépend de l'utilisation que l'on fait de cet avion dans le monde. On le trouve particulièrement en Afrique et dans d'autres pays sous développés du monde, où l'on ne trouve jamais de piste pavée. La conception présente certaines pièces uniques conçue pour le STOL CH 701:

- La conception moderne du STOL CH 701 utilise des technologies de pointes, tout en employant des concepts de construction et des systèmes simples prouvés pour un assemblage et un entretien facile.
- Un design professionnel, la structure du STOL CH 701 a subi un test de vol complet et rigoureux et une analyse de contraintes de conception. Développé pour le constructeur inexpérimenté et le pilote amateur mais exigeant, le STOL CH 701 est conçu pour être facile à construire et maximiser l'exécution et l'efficacité en Vol.
- Des systèmes simples, des matériaux modernes et l'ingéniosité du concept réduisent au minimum L'entretien, le rendent facile à construire, pour voler et très accessible.

II.2 PRESENTATION DU STOL CH 701

Le STOL CH 701 est un avion léger de décollage et atterrissage court conçu en 1986 par l'ingénieur Chris Heintz et commercialisé 3 ans après par sa société « Zenith air » qui est implantée à Détroit aux États-Unis. Dans sa version standard le STOL CH 701 est un avion de sport. Comme avion biplace il a été développé de manière à garantir une très bonne visibilité garantissant un plaisir de vol. Toutefois le CH 701 est entièrement métallique et destiné à un public passionné de l'aéronautique. Il est très simple à assembler en kit et offre une possibilité de manœuvre sur un terrain court.

À l'heure actuelle on ne trouve pas plus de 500 STOL CH 701 volant dans les aérodromes, la plupart sont utilisés dans des petits terrains. La construction tout en métal de cet avion le rend très utile pour des stockages extérieurs continus.

Il y a environ une centaine d'avions STOL CH 701 dans le monde.

Le CH 701 avec une construction tout en métal présente une longévité et une rugosité exigées pour atteindre des performances qui le classe parmi les meilleurs avions de sa catégorie.

Il est d'une envergure d'environ 9.91 m et une hauteur sol 1.01 m. c'est un avion tricycle à aile haute dotée d'un dispositif hypersustentateur.

En résumé les caractéristiques sont présentes sur le tableau (I-2).

Cependant on va énumérer les principaux points culminants du CH 701 :

- Une construction semi-monocoque entièrement métallique.
- Lamelles marginales fixes d'aile.
- Des flaps intégrés (flaps et ailerons combinés)
- Un gouvernail de direction pour tout type de vol, idéal en vol lent et permettant des possibilités supérieures avec un vent latéral
- Un train d'atterrissage adapté pour des terrains rugueux
- Une configuration tricycle du train pour une assistance en escale et une visibilité améliorée
- Une courte envergure d'aile pour permettre des opérations dans des zones avec obstacles
- « Un design ouvert » qui tient compte d'un large choix pour l'installation du moteur

- Une simplicité de conception globale pour un entretien et une construction facile, y compris des capots qui s'enlèvent facilement pour un accès rapide au moteur.

Tableau (I-2) : Les caractéristiques du STOL CH701 :

Confort	Largeur	1.22 m
	Hauteur	1.01 m
	Longueur	0.98 m
	Siège	fixes
	Palonniers AV	fixes
Visibilité	Avant	bonne
	Latérale	bonne
	Supérieure	moyenne
	Inférieure	Très bonne
	Arrière	médiocre
Sécurité	Attache pilote	4 points
	Pts dangereux	trapèze
	Déb. commandes	RAS
	Réglage instruments	RAS
Tableau de bord	(tous paramètres moteurs avec alarme), bille, compas, jauge électrique.	
Equipement	Freins	disques commande centrale
	Freins de parc	blocage du levier
	Aération	champignons dans portes
	Radio et transpondeur	Filser
	GPS	Garmin 295
Dimension	Envergure	9.91 m
	Surface	14.8 m ²
	Masse à vide	284 kg
	Moteur	Rotax 912 S, 100 ch.
	Hélice	Tripale Duc Swirl diam 1.70 m pas réglable.
	Masse max.	472.5 kg
	Réservoir	2 x 40 l
Performance relevé pendant l'essai	Masse au décollage 284 + 86 + 65 + 28 = 463 kg • Température sol 19° • Pression QNH 1 017 hPa • Piste 21 • Vent 010° 4 km/h • Altitude de travail 4 500 ft QNH	
	Temps de décollage	7.5 s
	Vz	4 m/s ; 80 km/h ; 5 500 tr/mn
	Taux de roulis	G 3.5 s/90° D 3.6 s/90°, 130 km/h
	Vs0i	35 km/h
	Vmc0	64.8 km/h
	Vi max	168 km/h ; 5 600 tr/mn

Le STOL CH 701 est un avion qui excelle particulièrement dans l'atterrissage sur terrain court :

Il décolle en moins de 120 pieds (36.5m) sur terrain non préparé, ou 90 pieds (27.5m) sur une surface dure, au poids brut.

Il est possible de tourner avant d'activer la pleine puissance de l'appareil, et le décollage peut commencer à 25mph sur un sol sans vent. En plus ou moins quatre secondes.

Naturellement, n'importe quel vent contraire augmente le temps et la distance nécessaire pour décoller.

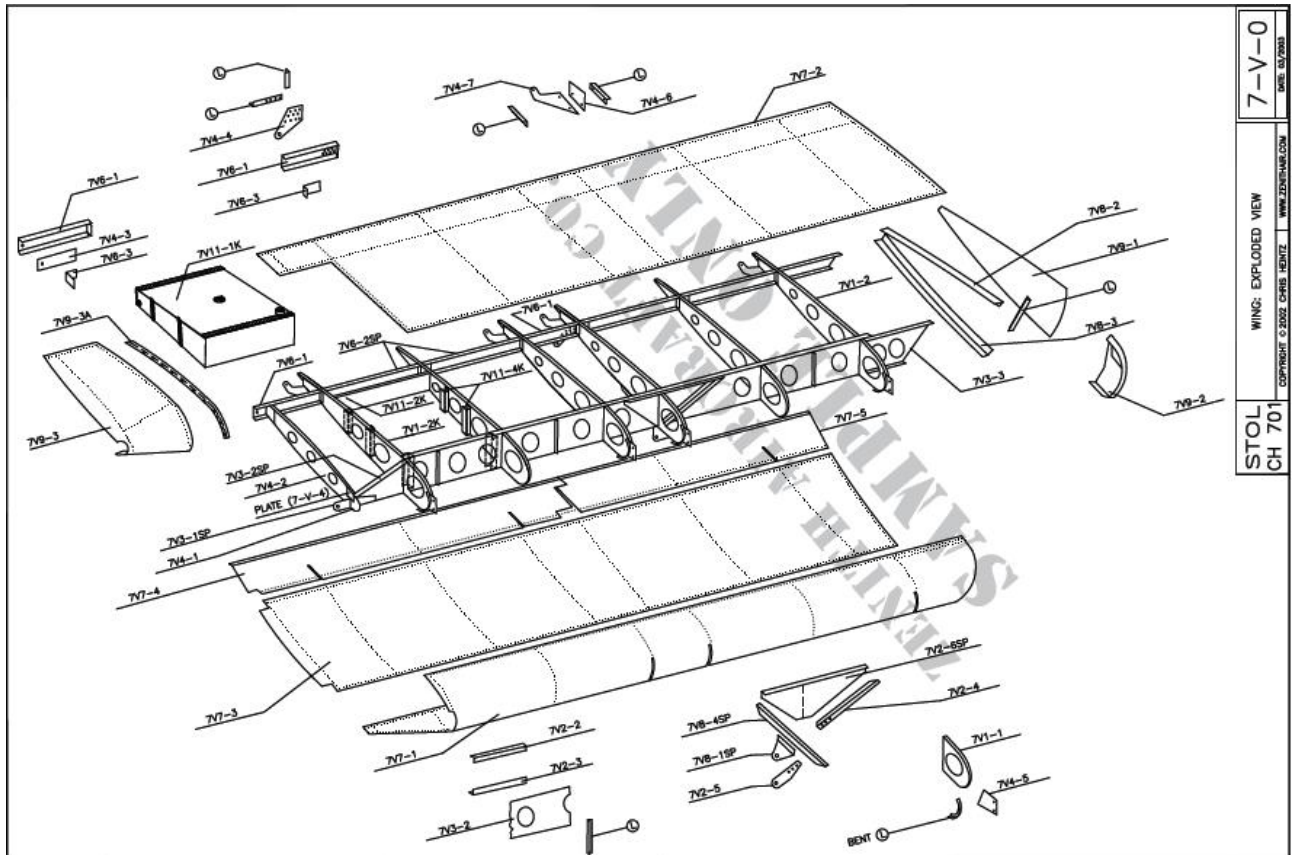
Grace à son aile épaisse et hyper sustentatrice, ses falps (volets) fixes et de pleine envergure, le CH 701 n'a besoin que d'un petit espace pour circuler. En raison de ses possibilités sur petit terrain, le STOL CH 701 est considéré comme est des seuls avions en kit pouvant rendre des services réservés habituellement à des gros avions tel que le courrier de Helio, Piper Super Cub, Maule ou Aviat Husky.

III.1 INTRODUCTION

Dans cette partie nous allons présentés toutes les étapes de réalisation de l'aile du STOL CH701, telle qu'il est présenté dans sont plan de masse et de définition de chaque élément le constituant.

III.1.1 PRESENTATION DU PLAN

Le plan de l'aile est présenté en 4 parties :



- Le premier (7-v-1) et (7-v-4) : représente les nervures. Annexe 1
- Le deuxième (7-v-6) : représente les longerons. Annexe 1
- Le troisième (7-v-11) : représente les réservoirs carburant. Annexe 1
- Le quatrième (7-v-7) : représente le revêtement. Annexe 1

III.1.2 TECHNIQUE DE REALISATION

Pour réaliser cette aile nous avons besoin d'une tôle en alliage d'aluminium 6061 T6, mais pour non disponibilité de cette famille d'alliage on a opté pour le 2024 T3.

Pour élaborer toute l'aile nous allons procéder comme suite :

- Réalisation de la découpe
- Traitement thermique
- Formage
- Traitement de surface
- Montage

III.1.3 REALISATION DE LA DECOUPE

En premier lieu, traçage et découpage des gabarits de nervure en bois suivant le plan (7-v-1) et (7-v-4). Annexe 1



Fig. (III-1) les gabarits en bois

Ce qui concerne l'alliage d'aluminium le traçage se fait sur du papier collant, se dernier est coller sur la tôle.



Fig. (III-2) traçage sur la tôle

Et on découpe, l'épaisseur de la tôle est de 8/10.

III.2.1 TRAITEMENT THERMIQUE

Le traitement thermique d'une pièce consiste à lui faire subir des transformations de structure grâce à des cycles prédéterminés de chauffage et de refroidissement afin d'en améliorer les caractéristiques mécaniques : dureté, limite d'élasticité...

III.2.2 LA TREMPE

La trempe s'effectue après une mise en solution de certains composés. Il s'agit de maintenir le matériau à tremper à une température de $495^{\circ}\text{C} \pm 5$, le temps max d'utilisation est de 20 mn

On plonge ensuite la pièce dans un liquide (bain d'huile, l'eau, plomb fondu, etc.)

III.2.3 FORMAGE

Avant chaque opération de la construction, il faut faire passer toutes les pièces au four (traitement thermique) pour qu'elles soient malléables.



Fig. (III-3) formage des nervures

- La pièce en aluminium est prise en sandwich entre deux gabarits sur un étau.
- On martèle avec un maillet jusqu'à ce que la pièce prend la forme du gabarit Fig. (II-11).et on démoule.

Avec la pince à former les arrondis, on façonne les raidisseurs pour renforcer la structure Fig. (II-12).



Fig. (III-4) formage des raidisseurs

Et voila le résultat obtenu.



Fig. (III-5) les raidisseurs

Le perçage des trous d'allégements se fera avec des forets de différent diamètre, en allant du petit jusqu'au grand et on termine la finition avec une fraise.

→ enfin l'évasement se fera à la presse, en mettant la pièce entre un outil de forme et contre forme.

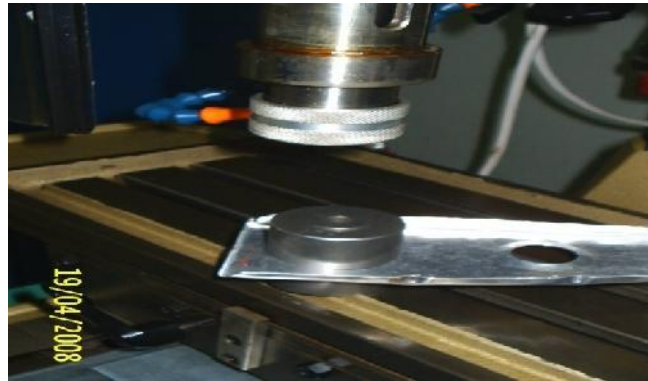


Fig. (III-6) la presse



Fig. (III-7) l'évasement

Et voila le résultat obtenu

Les Mêmes opérations se ce répète pour le longeron (7-v-6).Annexe 1

La fabrication du réservoir carburant se fait avec une tôle pliée en forme de caisson suivant le plan (7-v-11). Annexe 1



Fig. (III-8) réservoir carburant

III.3.1 TRAITEMENT DE SURFACE

La prévention de la corrosion sur les aéronefs peut être faite par des traitements ou protection appropriées, comme alodine, peinture et mastic.

III.3.2 PROTECTION CHIMIQUE PAR ALODISATION

C'est une couche d'oxyde de chrome qui forme une protection anticorrosive de l'aluminium et de ses alliages.



Fig.(III-9) alodine 600



Fig. (III-10) alodine 1200

La couche de protection est de couleur :

- Jaune or à marron pour alodine 600 Fig. (II-18) et 1200 Fig. (II-19).
- Incolore pour l'alodine 1000.

III.3.3 ETAPES DU TRAITEMENT

- Nettoyer la surface avec du solvant, rincer à l'eau et sécher avec un chiffon absorbant ou une éponge Fig. (II-20) et Fig. (II-21).



Fig. (III-11) nettoyage



Fig. (III-12) séchage

- Masquer les zones à ne pas traiter.
- Plonger les pièces dans le bain pendant 2 à 3 minutes (le bac d'alodine doit être couvert pour éviter toute contamination) Fig. (II-22).

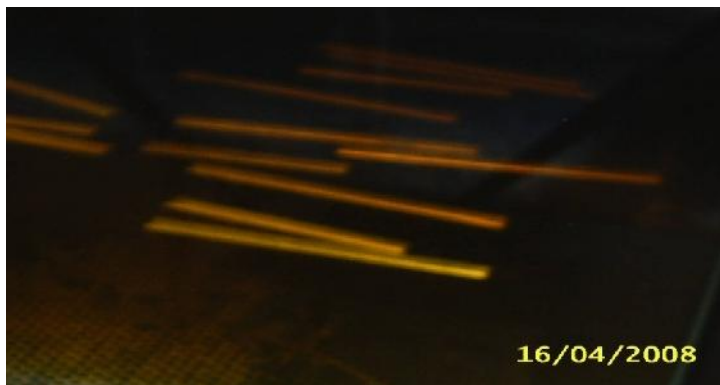


Fig. (III-13) bain d'alodine.

- La concentration de solution finale d'alodine doit être environ de 15g/l.
- Le PH de la solution doit être compris entre 1.5 et 2.0
- La température du bain doit être à 30°C.

- Laisser égoutter les pièces pendant 1 minute,



Fig. (III-14) rinçage à l'eau

- Rincer à l'eau froide courante et sécher à l'air chaud traité ou à l'aide de chiffon absorbant Fig. (II-23).

III.3.4 PROTECTION DES METAUX AU PRIMAIRE

Protection intérieure et extérieure d'aéronefs permettant d'obtenir une résistance chimique et une tenue à la corrosion de haut niveau.



Fig. (III-15) application du primaire

L'application se fait au pistolet Fig. (II-19), au rouleau avec manchon en mousse spéciale, pour les surfaces tubulaires et au pinceau.

Le primaire est très résistant à l'impact, aux lubrifiants synthétiques, aux fluides hydrauliques phosphate d'ester type HYJETIV, au brouillard, à l'atmosphère humide, au kérosène et à la corrosion filiforme.

Le séchage se fait au four :

- Pré séchage : 30 mn à température ambiante.
- Etuvage : 20 mn à 60°C avant couche suivante.

III.3.5 L'ETANCHEITE

- Éviter le passage de fluides,
- Coller ensembles de matériaux différents,
- Protéger les surfaces.

Tels sont les domaines où le mastic joue un rôle essentiel de l'assemblage de tout les aéronefs.

Le produit est à base de Polysulfure, Permapol, Polyuréthane, Fluor carbone ou Silicone Fig (II-20). Il est commercialisé sous licence de la société PRC de Soto (PPG) leader mondial dans ce domaine, ils sont universellement connus car ils ont été et sont toujours utilisés dans tous les grands programmes des constructeurs aéronautiques : EADS Airbus, Dassault, ATR, SAAB, Casa, Boeing, etc. pour le civil.



Fig (III-16) le PRC.

Ainsi que les avions de combat européens Rafale et Eurofighter 2000, pour le militaire et tous les hélicoptères européens.

Il ya différent type de PRC, selon leurs emploi.

A titre d'exemple :

- Le PR 1196 : est un revêtement contre les vapeurs de carburants.
- Le PR 1776 : il s'applique sous forme de cordon, pour étancher les réservoirs structuraux de carburant et les cabines pressurisées
- Le PR 1436 : est un mastic inhibiteur de corrosion et résiste remarquablement aux carburants.
- Le PR 1425 : il s'applique pour le pare-brise.

III.3.6 APPLICATION

- On ouvre la boîte et on homogénéise son contenu,



Fig (III-17)le mélange

C'est-à-dire on mélange la quantité de la coupelle du durcisseur complètement avec la base jusqu'à obtention d'un mélange parfaitement homogène Fig (II-17).

- Etaler le mélange sur toutes les surfaces a protégé, comme les réservoirs à carburant,



Fig (III-18) le PRC sur le réservoir

En le mettant en forme de cordon sur les parties nécessaires, après on le laisse a l'air ambiant pendant 24 heures environ jusqu'à se qu'il soit sec.

III.4.1 LE PERCAGE

Toutes les pièces qui doivent être percées, sont tracées avec une mine tendre et pointé avec un pointeau.



Fig (III-19) le perçage

Les trous se font à l'aide d'une perceuse pneumatique et une mèche de 2.5Ø.

III.4.2 LE RIVETAGE

Le rivetage est un assemblage permanent

- Avant de riveter, on passe tout les rivets au traitement thermique.



Fig (III-20) le rivetage

- Puis, on introduit le rivet dans le trou, on le maintien au moyen du tas et on frappe directement avec un pistolet pneumatique.

Pour la construction des bords d'attaque et bords de fuite suivant les plans (7-A-0) et (7-S-0) annexe 1, on utilise la tôle 2024 T3 (8/10) pour la cornière et ses nervures.



Fig (III-21) éclaté du bord d'attaque

Les opérations des nervures sont identiques à celle de l'aile.

III.5.1 LE REVETEMENT

Les tôles formant la peau sont rivetées (elles ne sont jamais soudées, la température de soudure réduisant les caractéristiques mécaniques du matériau) sur des cadres et des lisses.

- Le revêtement se fait avec la tôle en aluminium 2024 T3.



Fig (III-22) le revêtement



Fig (III-23) la rouleuse

- ➔ La forme du revêtement du bord d'attaque et bord de fuite se fait avec une rouleuse et une tôle de 4/10
- ➔ Le rivetage se fait avec des rivets plein a tête fraisé pour l'extrados et des rivets aveugles pour l'intrados.

III.5.2 LE MONTAGE

Le montage des bords d'attaque et bords de fuite se font avec des rivets.

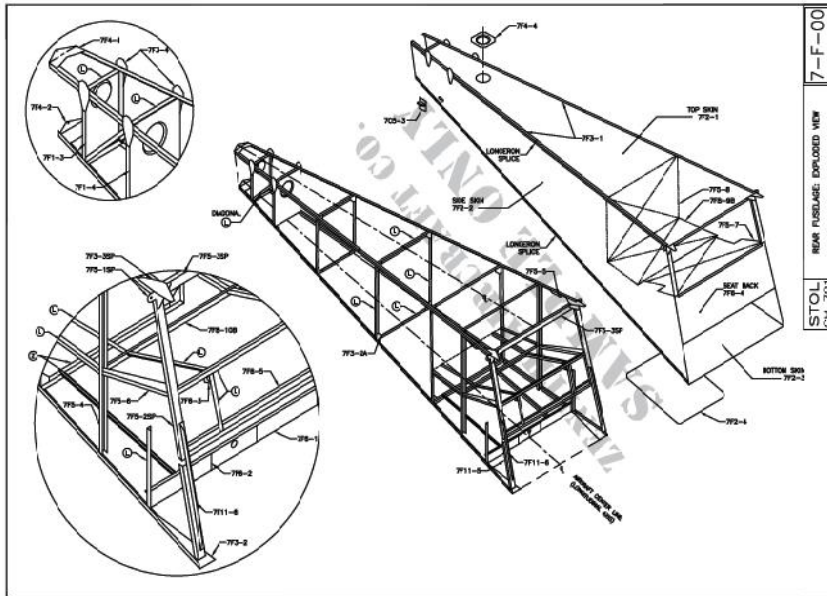


Fig (III-24) le revêtement de l'aile

IV.1 INTRODUCTION

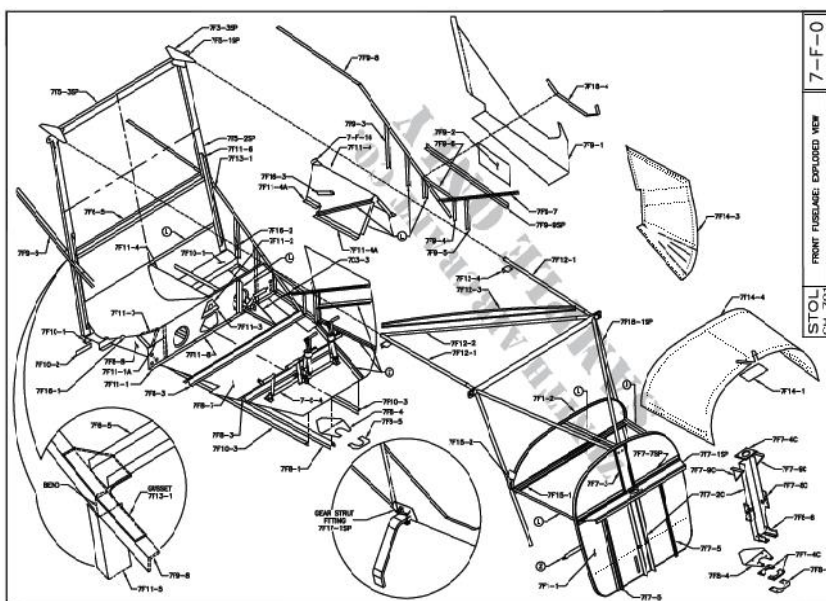
Dans cette partie nous allons présentés toutes les étapes de réalisation du fuselage du STOL CH701, telle qu'il est présenté dans sont plan de masse et de définition de chaque élément le constituant.

IV.1.1 PRESENTATION DU PLAN



Le plan de l'aile est présenté en 2 parties :

- Le premier (7-F-00) : représente l'arrière du fuselage. Annexe 1
- Le deuxième (7-F-0) : représente le devant du fuselage (le cockpit).



IV.1.2 TECHNIQUE DE REALISATION

Pour élaborer toute l'aile nous allons procéder comme suite :

- Réalisation de la découpe
- Traitement thermique
- Traitement de surface
- Montage.

IV.1.3 REALISATION DE LA DECOUPE

- En premier lieu, traçage et découpage des 4 parties qui construit l'arrière du fuselage



Fig. (IV_-1) traçage sur la tôle

- En deuxième lieu, traçage et découpage des cornières.



Fig. (IV_-2) traçage sur la tôle

- Chaque coté du fuselage est menai de cornières placé selon le plan, pour augmenté la rigidité.

- Le rassemblement des cotés se fera avec des cornières de 90°.



Fig. (IV_-3) rassemblement des coté du fuselage arrière

- Ils sont ensuite facilement rassembler afin de donner la forme finale du fuselage.
- L'épaisseur de la tôle est de 8/10.
Pour la deuxième partie qui représente l'avant du fuselage ou bien l'habitacle, la tôle utilisé est l'alliage d'aluminium 2024 T3 d'épaisseur 8/10.
- La construction de l'habitacle est basée sur le plan (7-F-0). Annexe 1
- La structure est renforcée avec des cornières qui sont fixé sur la base du cockpit, et sur les cotés, leurs forme est de V, de U, ou simplement L.
- L'habitacle du STOL CH701 consiste a supporté les ailes, ses dernières sont poser sur un socle en tube d'inox, ce socle est composé de cinq attaches.

IV.2 LA SOUDURE TIG

Le soudage TIG est un procédé de soudage à l'arc avec une électrode non fusible. TIG est un acronyme de Tungsten Inert Gas où Tungsten (Tungstène) désigne l'électrode et Inert Gas (Gaz inerte) désignent le type de gaz plasmagène utilisé. L'arc se crée entre l'électrode réfractaire (- du générateur) et la pièce (+ du générateur) sous un flux gazeux. De façon générale, il s'agit d'un gaz ou d'un mélange de gaz rares.

L'amorçage se fait grâce au gaz circulant dans la buse qui entoure une grande partie de l'électrode.



Fig. (IV -4) le soudage

Le soudage s'effectue en polarité directe (pôle - du générateur relié à l'électrode) pour la majorité des métaux et alliages (aciers, inox, cuivreux, titane, nickel...) sauf dans le cas des alliages légers d'aluminium ou du magnésium où l'on soude en polarité alternée (pendant un laps de temps, l'électrode est reliée au pôle + du générateur). Souder de façon continue en polarité inverse (pôle + relié à l'électrode) détruit cette électrode en la faisant fondre.

IV.3 TRAITEMENT DE SURFACE

Chaque partie du fuselage doit passer au traitement de surface, c'est les mêmes opérations que les ailes (alodinage et primaire)

IV.4 LE MONTAGE

L'assemblage du fuselage arrière, avant et le socle, se font avec des rivets pleins.



Fig. (IV -5) l'habitacle

Après le montage du fuselage en passe au portes est au par brise.

- On a besoin dans cette partie du rodouide et du nylon.

En premier, on prend les dimensions du par brise a partir de l'avion

- Le nylon est poser sur l'habitacle est tenu avec du papier colon

Après en enlève le nylon, le met sur le rhodoïd et en le découpe.



Fig. (IV -6) le rhodoïd

- Le rhodoïd est chauffé avec du séchoir afin d'avoir la forme voulu.
- Pour les portes c'est les mêmes opérations.



Fig. (IV -7) Les portes

- sauf qu'ici on a besoin des charnières pour l'ouverture et la fermeture des portes, elles sont fixées par des rivets sur le socle de l'habitacle.
- L'avant fuselage a aussi tendance à supporter le socle moteur.

C'est pour cette raison que cette partie est renforcée avec des cornières en forme de U, et surtout avec de la tôle 2024 T3 d'épaisseur 25/10.

- Le socle est constitué de tubes en inox, qui sont soudés en fonction du plan estimé par rapport au moteur disponible.

Le type de moteur de l'avion STOL CH701 c'est le ROTAX, ce moteur jouit d'une excellente réputation dans le milieu de l'aviation récréative sur des ultralégers (ULM) ou avions de construction amateur de type trois axes aile fixe, pendulaires delta motorisés, parachutes motorisés et autogyres / gyrovions.



Fig. (IV -8) ROTAXE 912S

- La série utilisée pour le STOL CH701 est le moteur ROTAXE 912S, c'est un moteur 4 temps développé exclusivement pour les aéronefs récréatifs.
- Sa puissance maximale est de 100CV, et son poids est de 56.6Kg.

A cause du manque de moyens financiers on a trouvé que le moteur à deux temps de type Peugeot 103 est le plus favorable pour le modèle réduit du STOL CH 701.

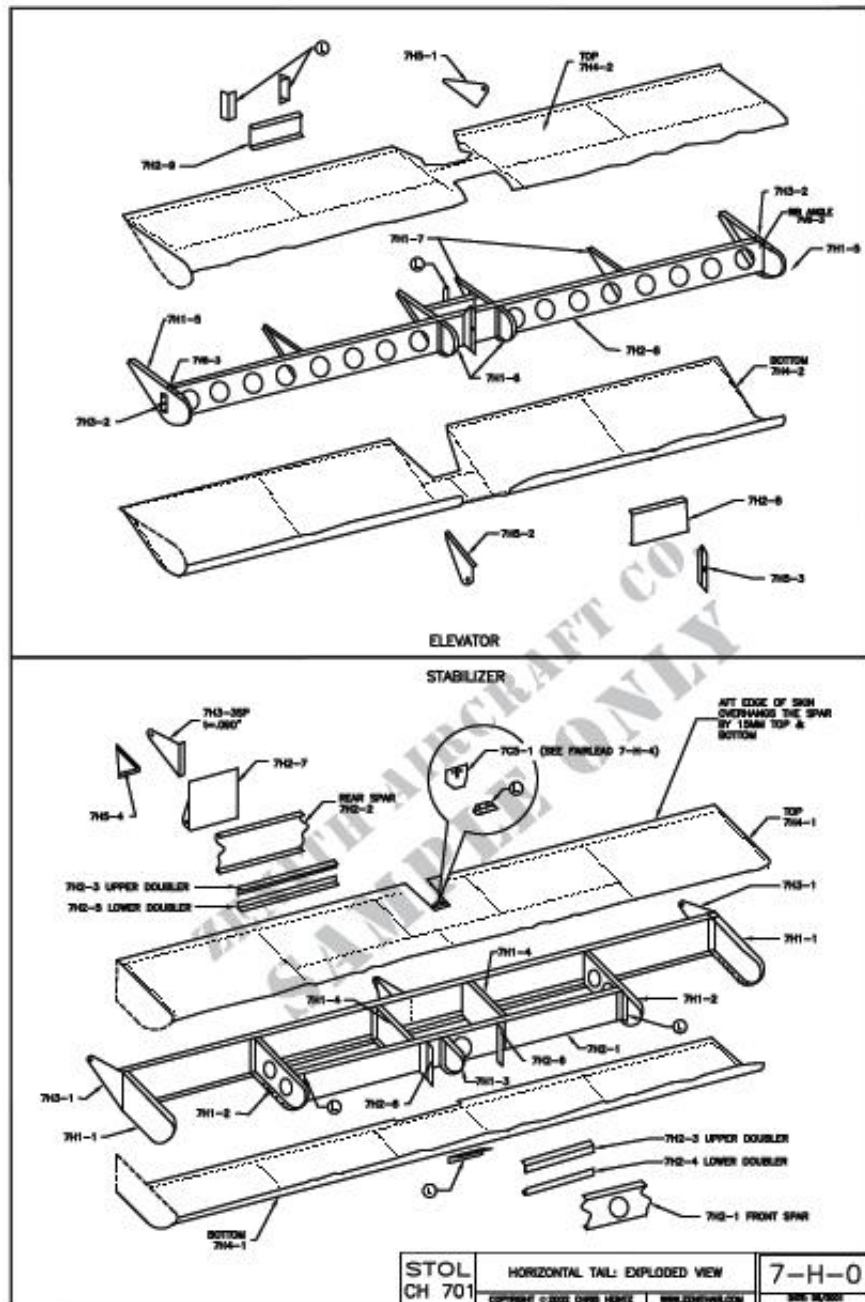
- Il est plus léger
- Son poids est d'environ 13 kg
- Refroidi par air (donc on a évité le problème de givrage)

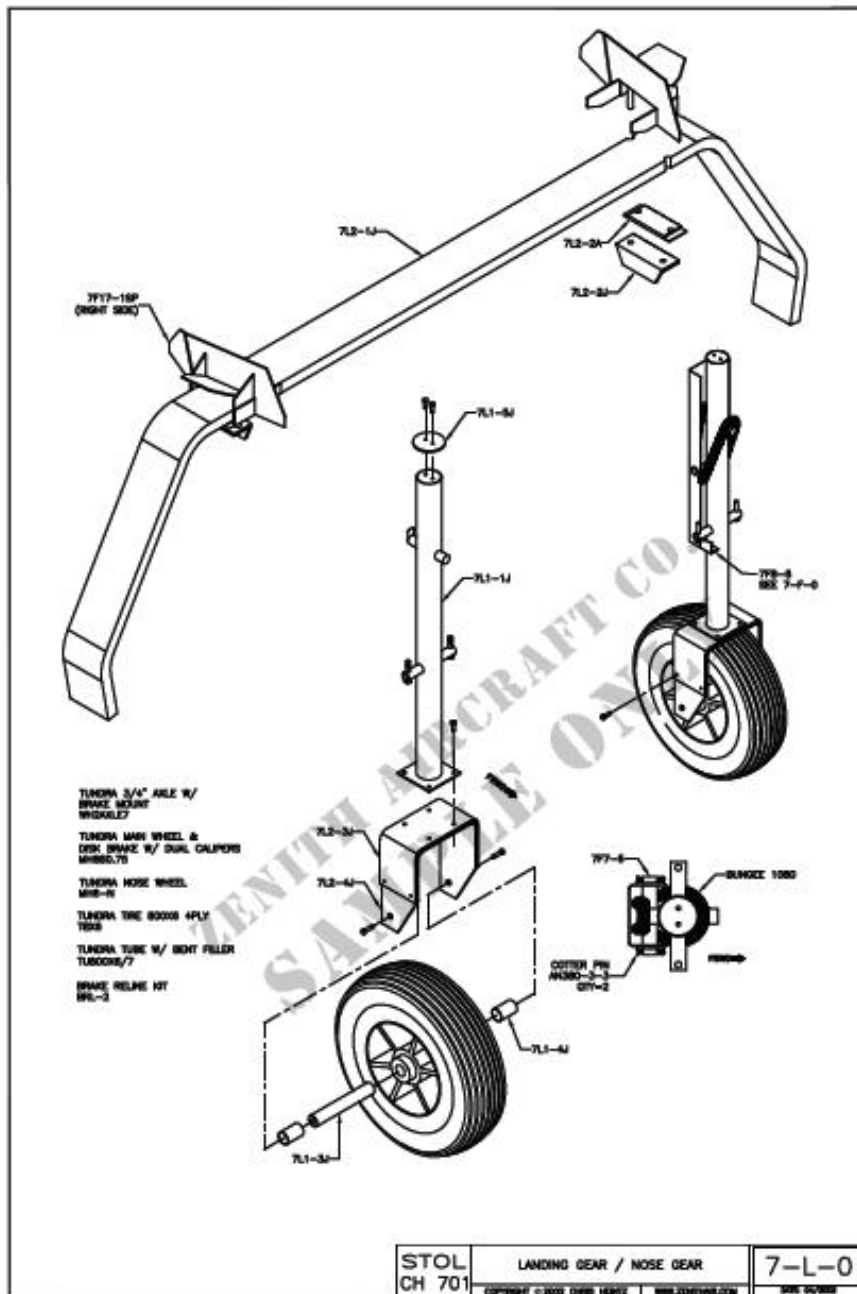
V.1 INTRODUCTION

Dans cette partie nous allons présentés toutes les étapes de réalisation des empennages et train d'atterrissage du STOL CH701, telle qu'il est présenté dans sont plan de masse et de définition de chaque élément le constituant.

V.1.1 PRESENTATION DU PLAN

Le plan des empennages et train d'atterrissage est présenté en 4 parties :





- Le premier (7-H-0) : représente l'élévateur et le stabilisateur. Annexe 1
- Le deuxième (7-L-0) : représente le train d'atterrissage. Annexe 1

V.1.2 TECHNIQUE DE REALISATION

Pour réaliser cette aile nous avons besoin d'une tôle en alliage d'aluminium 6061 T6, mais pour la non disponibilité de cette famille d'alliage on a opté pour le 2024 T3.

Pour élaborer toute l'aile nous allons procéder comme suite :

- ➔ Réalisation de la découpe

- Traitement thermique
- Formage
- Traitement de surface
- Montage

Les parties de la queue du STOL CH 701 sont conçues pour fournir une efficacité maximum à vitesse réduite et à un angle d'attaque élevé.

L'avion possède un dispositif d'empennage vertical de tout vol (gouvernail de direction) pour une efficacité de commande excellente, particulièrement à basse vitesse.

Le gouvernail de direction fournit une commande de direction sensible, tout en réduisant le poids au minimum (il y a seulement une section d'empennage vertical).

Deux roulements de gouvernail de direction se boulonnent à la partie arrière du fuselage pour le fixer au gouvernail de direction Fig (IV-2).



Fig (V-1) gouvernail de direction

Les parties d'empennage horizontales se composent d'un élévateur et d'un stabilisateur. Ces deux parties sont uniques et ont été développées spécialement pour fournir une efficacité maximum à basses vitesses et à angle d'attaque élevé.

Le stabilisateur est une partie de profil d'aile inversé qui permet d'orienter l'élévateur vers le bas pour aider à réaliser un angle d'attaque élevé exigé pour une exécution courte de décollage et d'atterrissage.



Fig (V-2) stabilisateur et l'élévateur

Le stabilisateur est une partie de profil d'aile inversé qui permet d'orienter l'élévateur vers le bas pour aider à réaliser un angle d'attaque élevé exigé pour une exécution courte de décollage et d'atterrissage.

L'élévateur est une partie réelle de l'aile et fournit l'effet « venturi » une fois orienté vers le bas comme illustré ci-dessous.

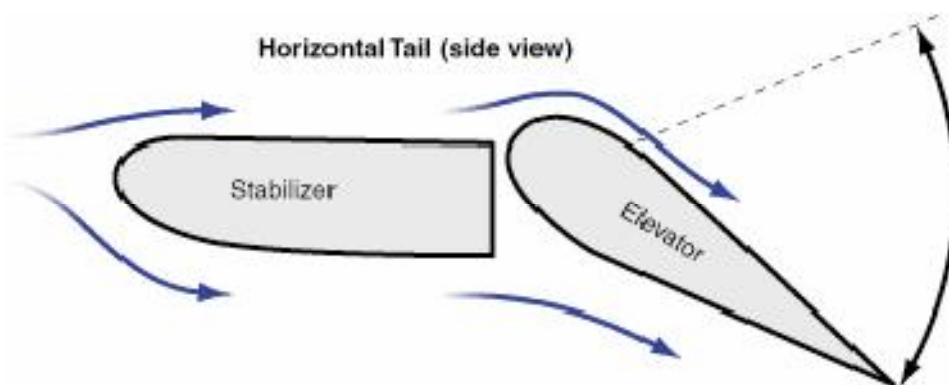


Fig (V-3) empennage horizontal

Les parties uniques de la queue fournissent une efficacité maximum pour une exécution courte de décollage et d'atterrissage – tout en réduisant au minimum l'échelle de grandeur des éléments de la queue.

Le STOL CH 701 comporte des caractéristiques de conception machinées spécialement pour permettre une excellente exécution de l'appareil et une commande sensible à basse vitesse.

Tandis que beaucoup de conceptions d'avions revendiquent souvent une basse vitesse de décrochage, plusieurs de ces mêmes conceptions ont une efficacité minimale de commande à vitesses inférieures.

V.1.3 REALISATION DE LA DECOUPE

La construction de la queue se compose en deux parties :

- La première c'est la construction du gouvernail de direction.
- La deuxième c'est la construction d'un élévateur et d'un stabilisateur.

Le gouvernail de direction est composé de longeron principal est de six nervures, l'une se situe a la partie avant (bord d'attaque), et les cinq autres forment le bord de fuite.



Fig (V-4) éclaté du gouvernail de direction

Le revêtement se fait avec la tole 8/10 d'épaisseur, après avoir passé les pièces au traitement thermique.



Fig (V-5) une partie du revêtement

La forme du gouvernail se fait avec la rouleuse, Et avec un tube fin, de diamètre équivalant a se lui de la nervure.

Et en continue de la même façon avec son bord de fuite.

Le type de rivet utiliser sur cette partie c'est les rivets aveugles a tête fraisée.



Fig (V-6) éclaté d'élévateur

L'élévateur a une construction ressemble a celle des ailes, ou il se compose de longeron et de nervures Fig (IV-7).

Idem pour le revêtement c'est avec la même tôle 8/10, et les mêmes rivets pop a tête fraisé.



Fig (V-7) élévateur

Sauf qu'ici on a deux découpes sur le revêtement, du coté du bord d'attaque et du bord de fuite.

A partir de ses découpes que le dispositif d'élévateur sera déposé, afin d'accomplir sa mission en toute sérénité.

De la même manière que l'élève (les mêmes opérations).



Fig (V-8) éclaté du stabilisateur

Remarque : tous les éléments de la queue doivent passer par le traitement thermique et le traitement de surface.

V.2 LE MONTAGE DE LA QUEUE



Fig (V-9) la queue

Le montage des empennages horizontaux se fait avec des rivets pop de 3.2Ø.

V.3 LA CONSTRUCTION DU TRAIN D'ATTERRISSAGE DU STOL CH 701

La fourche du train avant en aluminium 2017-T3 de 5 mm cintré sur un tube en acier de 4/4.



Fig (V-10) la fourche du train

Le train possède un système d'amortisseur.

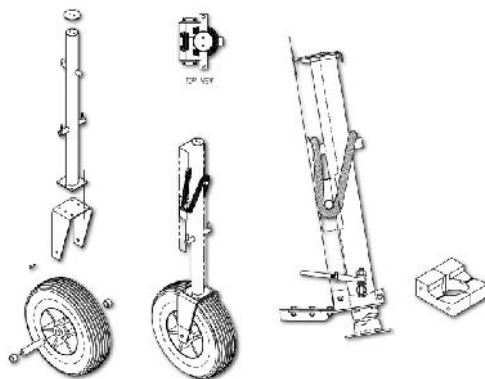


Fig (V-11) l'amortisseur

La lame de train en alu 2017-T4 80 x 20 mm. Les angles sont arrondis à la défonceuse avant cintrage. Fig (V-15).

Le cintrage se fait avec une presse hydraulique pour tuyaux de plomberie un peu modifiée.



Fig (V-12) presse hydraulique

Dans une configuration de train tricycle, l'aile est à un angle d'attaque neutre lorsque l'avion est au sol contrairement aux avions comprenant une roue arrière. Ce type d'avion est plus sensible au vent lorsqu'il est au sol que les avions avec un train tricycle.

Le STOL CH 701 utilise un système de train très résistant spécialement conçu pour permettre des atterrissages hors aérodrome. Le train principal comprend une seule pièce en aluminium cintré qui est fixé au bas du fuselage.

Le train d'atterrissage principal fournit un double débattement en porte-à-faux. Il est équipé de deux grands pneus Tundra avec des disques de freins hydrauliques indépendants.



Fig (V-13) la fourche

Même si ce n'est pas le système de train le plus léger, il fournit d'excellentes possibilités sur terrain rugueux lorsqu'il est combiné avec de larges pneus et il est également durable,

simple et pratiquement exempt d'entretien.

Le train principal est équipé de roues de 8.00x6 et de pneus Tundra de 16 pouces, avec des disques de freins hydrauliques indépendants.

Le train du STOL CH 701 a été développé spécialement pour une utilisation hors aérodrome.
Fig (IV-17)

La roue avant orientable de tringlerie directe, plus le freinage différentiel fournissent une assistance en escale remarquable et une direction précises Fig (V-17)

Souvent appelé la « Jeep du ciel » avec son nouveau train d'atterrissage tout terrain, le STOL CH 701 est parfaitement adapté pour une utilisation hors aérodrome.

→ Pour la fabrication du train d'atterrissage du model réduit du STOL CH 701, on a opté pour le fer plat, qui se forme après l'avoir passé au chalumeau.



Fig (V-14) le train d'atterrissage

→ L'assemblage des roues se fait avec une vis écrou.

→ Après avoir placé les roues sur le train, la vis écrou est freinée avec une goupille.



Fig (V-15) assemblage du train

→ Ensuite l'assemblage du train se fait par des high lock



Fig (V-16) high lock

Conclusion

Durant la réalisation de notre projet nous avons pu mettre en application nos connaissances théoriques et pratiques acquis durant notre formation. Et ce qui nous a permis d'un point d'aboutir a la réalisation du model réduit selon les techniques utiliser dans le domaine de construction aéronautique.

D'autre part, notre stage dans les ateliers structure d'AIR ALGERIE été une étape fructueuse, car en effet on a u l'occasion d'être avec des instructeurs professionnels qui nous ont transmit leurs savoir faire pratique et nous ont introduit dans le monde professionnel.

Mais par manque de temps on a pas pu terminer la réalisation de certaines parties comme les commandes de vol et les conduites du carburant et les essais moteur, Nous espérons que notre travail servira de support théorique pour les future étudiants intéresser d'entamer une réalisation de ce genre, et qui pourras être amélioré pour pouvoir l'utiliser comme model réduit volant.