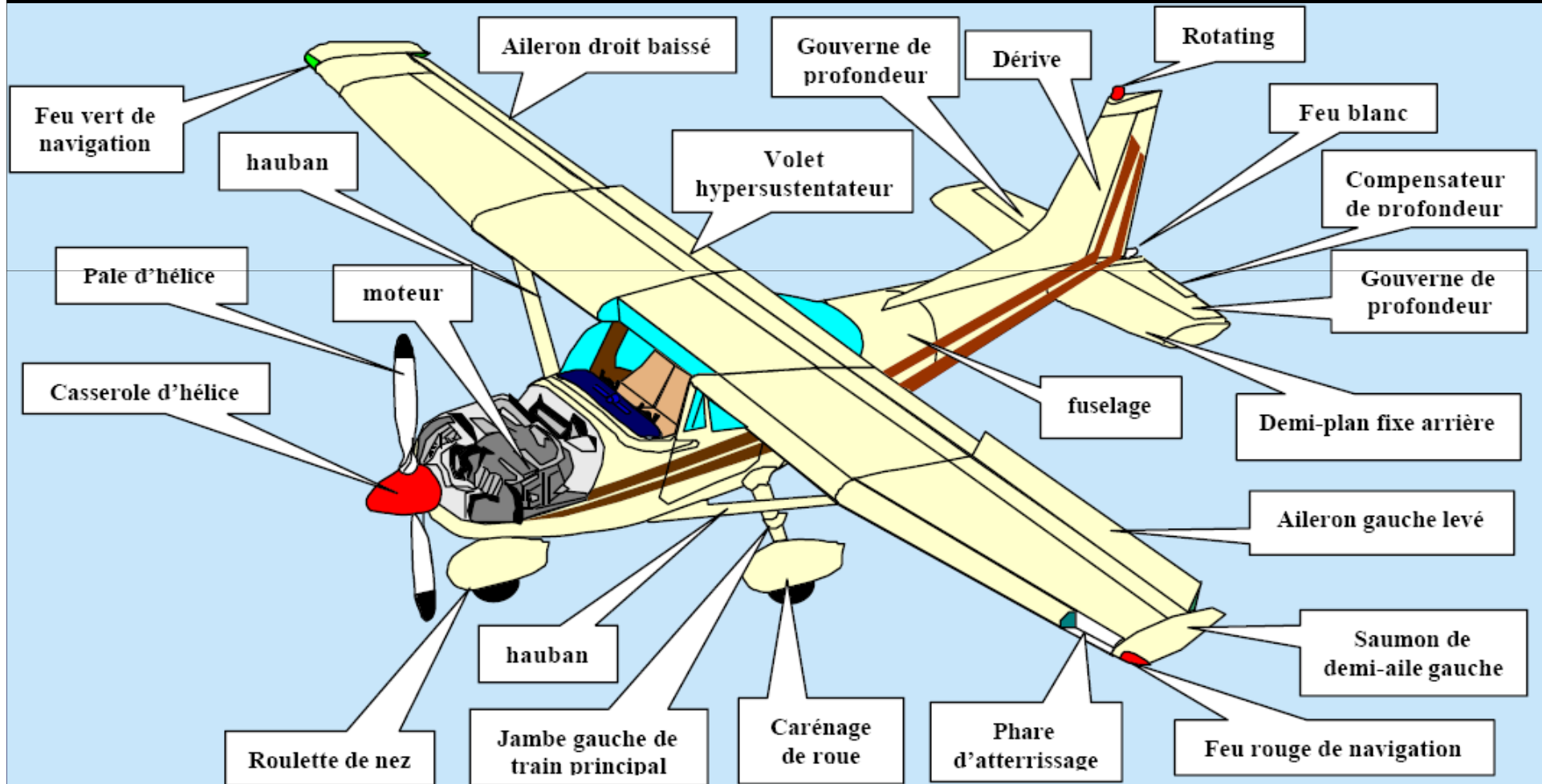


Les avions



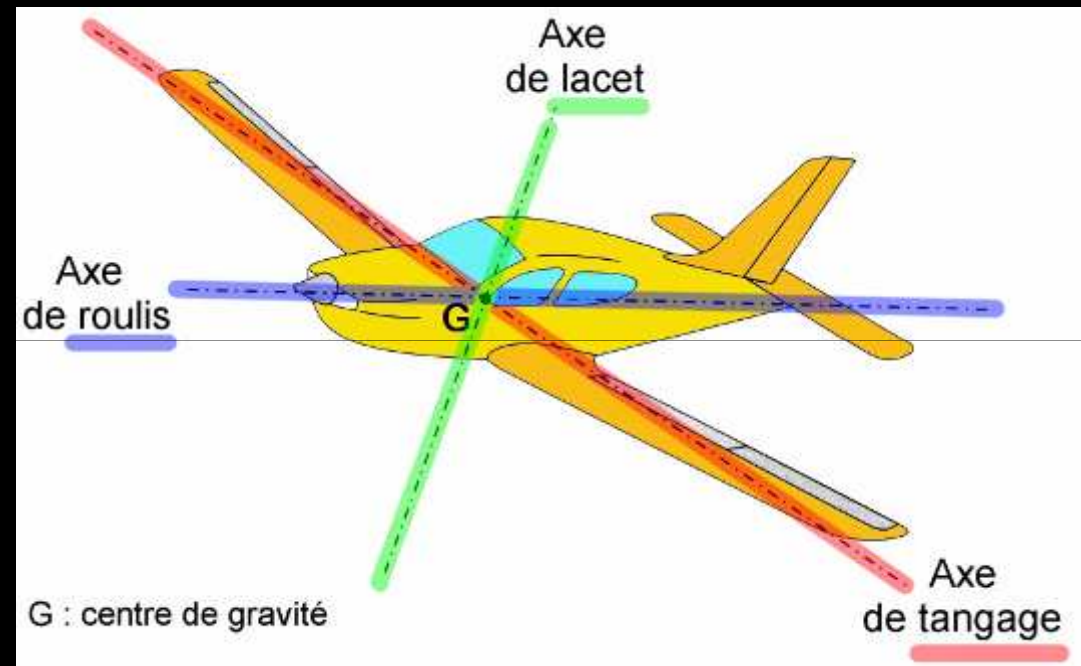
Gérard Pujol

Les différentes parties d'un l'avion.



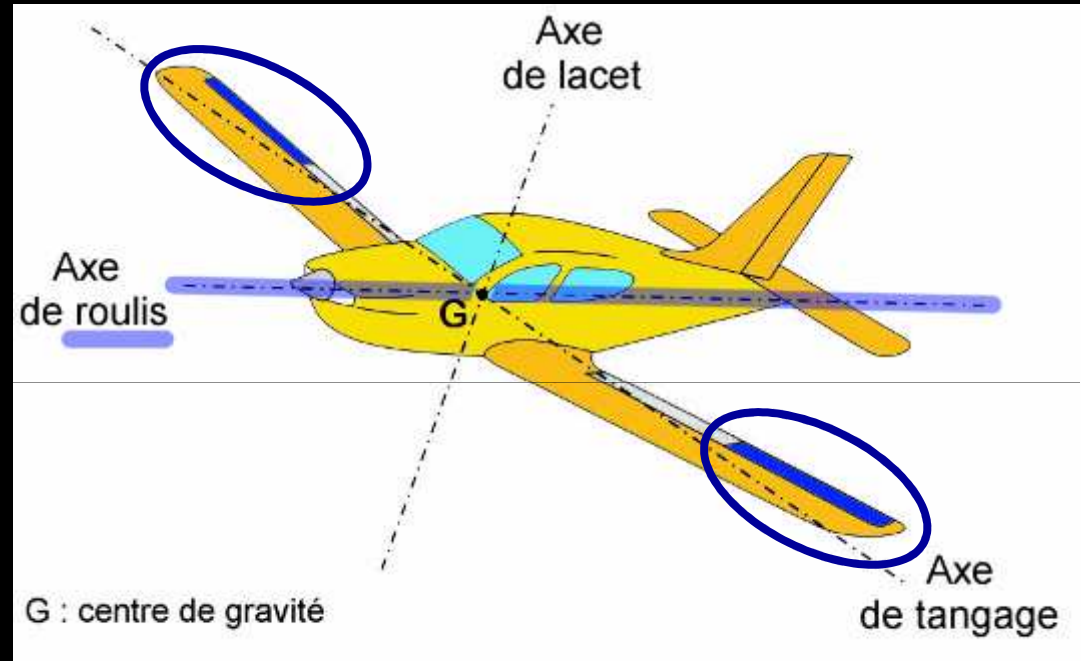
Le rôle des gouvernes.

- Les gouvernes permettent de faire tourner l'avion autour des différents axes.

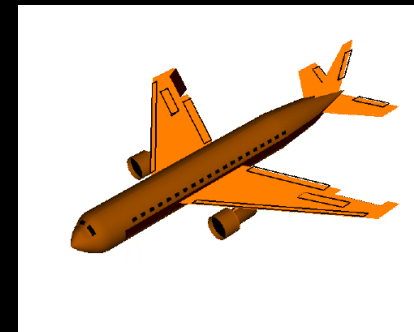


Le rôle des gouvernes.

- Les gouvernes permettent de faire tourner l'avion autour des différents axes.

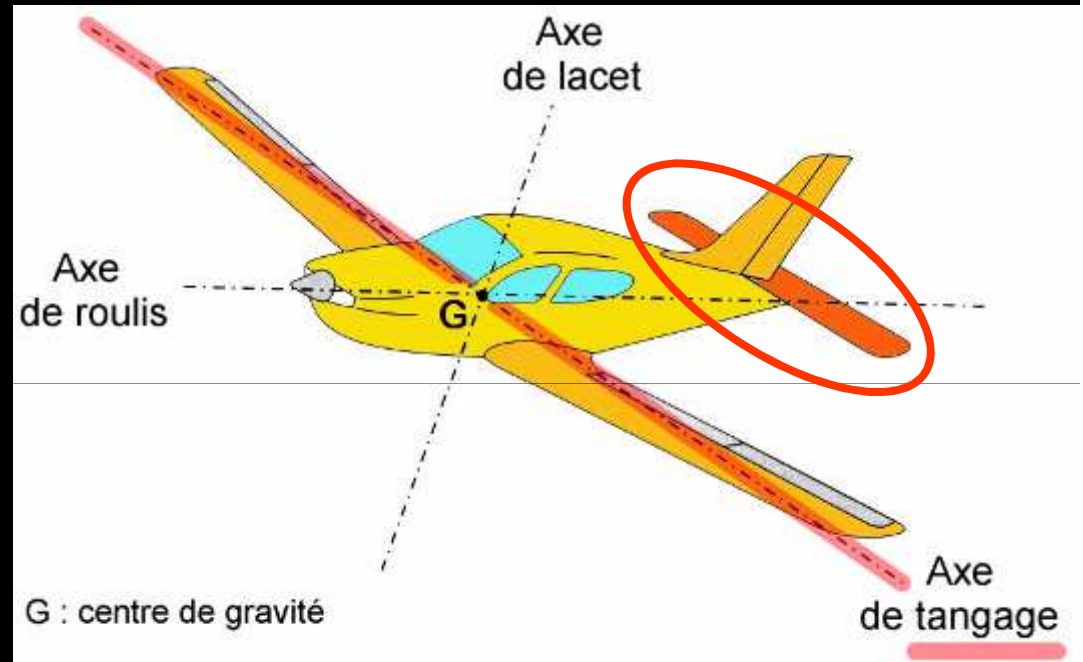


- Ailerons – Roulis
- Profondeur – Tangage
- Direction - Lacet

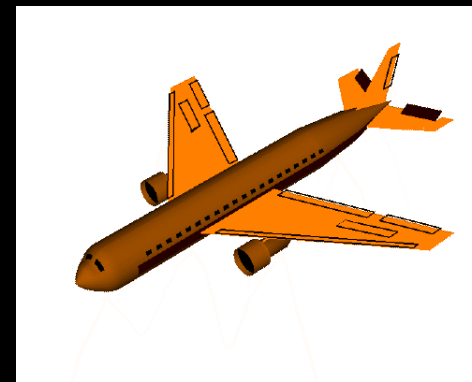


Le rôle des gouvernes.

- Les gouvernes permettent de faire tourner l'avion autour des différents axes.

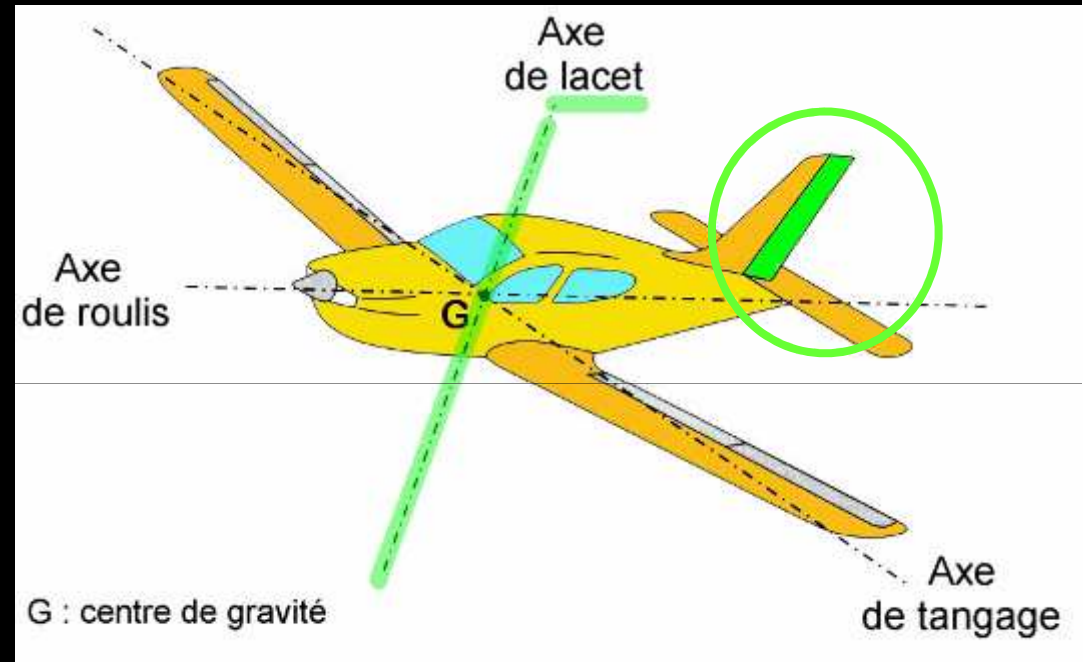


- Ailerons – Roulis
- **Profondeur – Tangage**
- Direction - Lacet

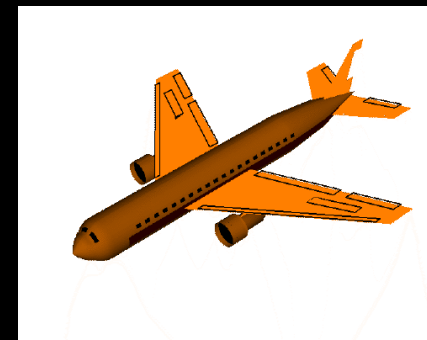


Le rôle des gouvernes.

- Les gouvernes permettent de faire tourner l'avion autour des différents axes.

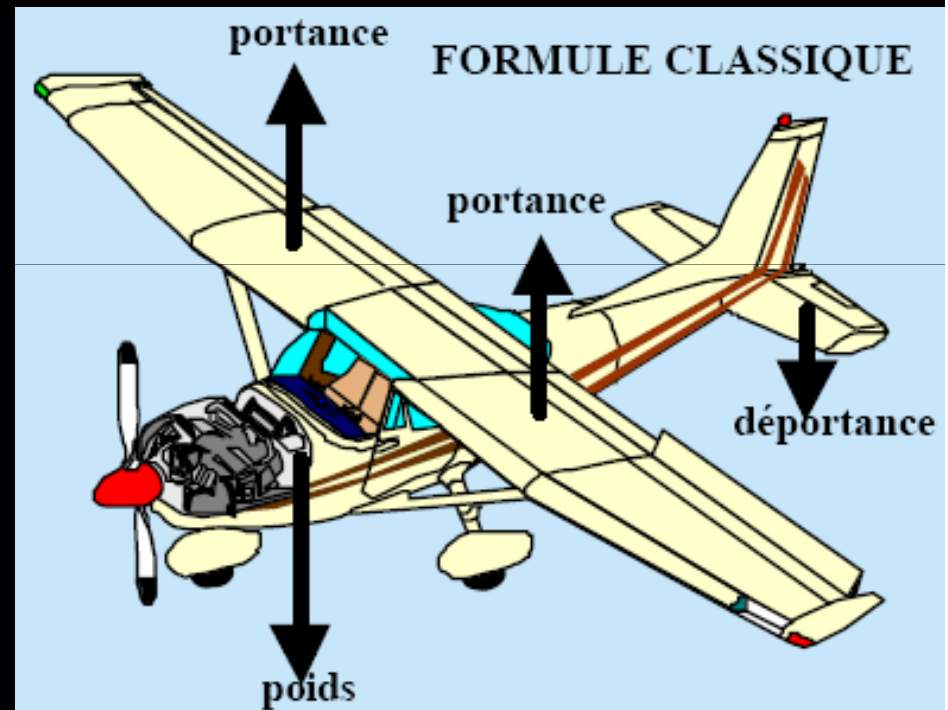


- Ailerons – Roulis
- Profondeur – Tangage
- Direction - Lacet



Un avion « classique ».

- Sur ce type d'appareil les ailes assurent la totalité de la portance (*partie fuselage négligée*).
- La gouverne de profondeur, située à l'extrémité de la queue, est une surface déportante.
- *ATTENTION* Le terme classique ne s'applique pas au train d'atterrissage qui est ici dit tricycle.

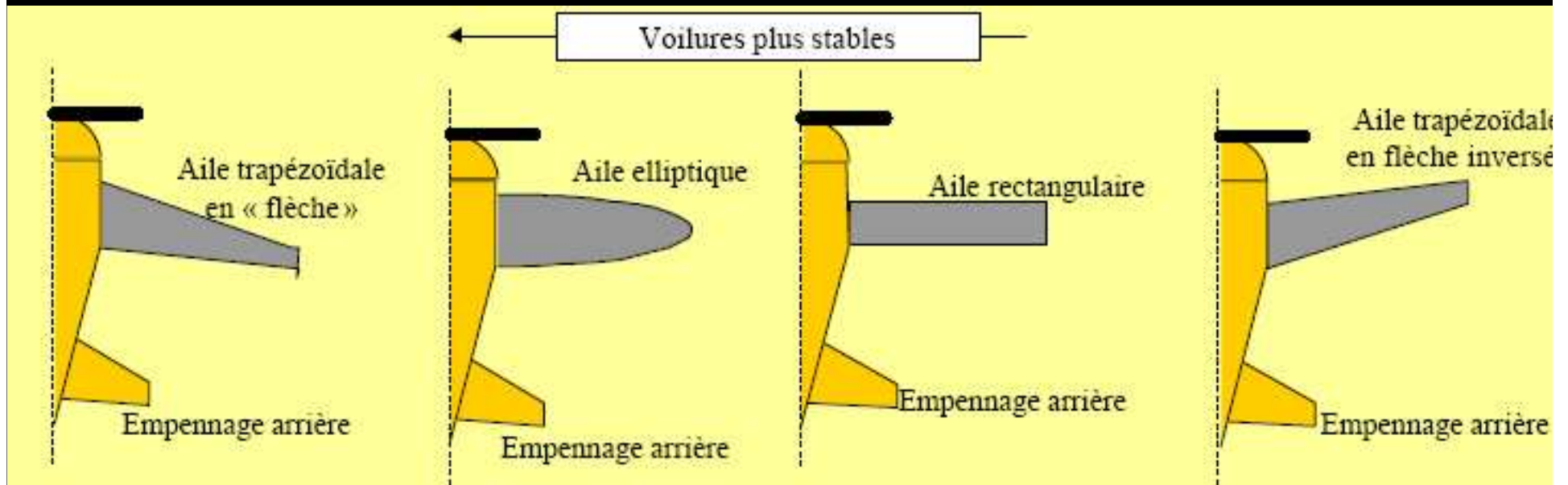


La formule « canard ».

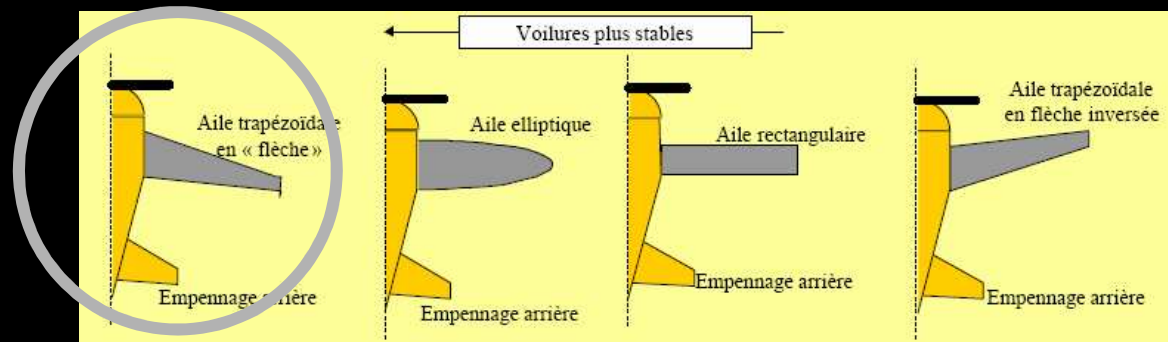


Les ailes de la formule classique.

- Le choix de la forme des ailes influe sur la stabilité.
- Par contre la manoeuvrabilité augmente en sens inverse.



Ailes



- CAP 10
- Ailes trapézoïdales droites.



- Sur un avion d'acrobatie la manoeuvrabilité est augmentée grâce à des surfaces mobiles surdimensionnées au point de nécessiter des compensateurs d'efforts (*le petit triangle sous l'aile gauche est en fait rattaché à l'aileron*).
- *L'équerre en bout d'aile est un repère pour les acrobaties*

- Un T33 (ailes droites)

en compagnie de

- D'un F86 Sabre
- et d'un ???



Ailes

- Spitfire
- Déco jour J
- Hélices con



- Tous les appareils engagé dans l'...
Chaque avion était peint de cinq...
aile et sur la section de fuselage...
appareils alliés était censée les s...

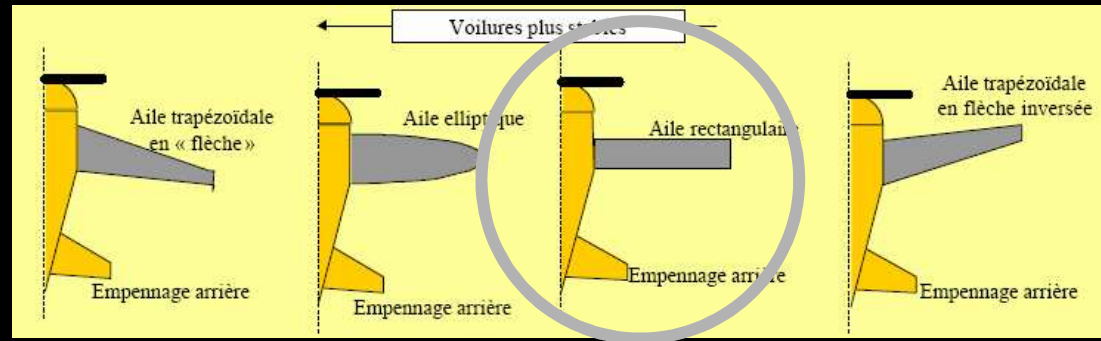


trapézoïdale
che inversée

age arrière

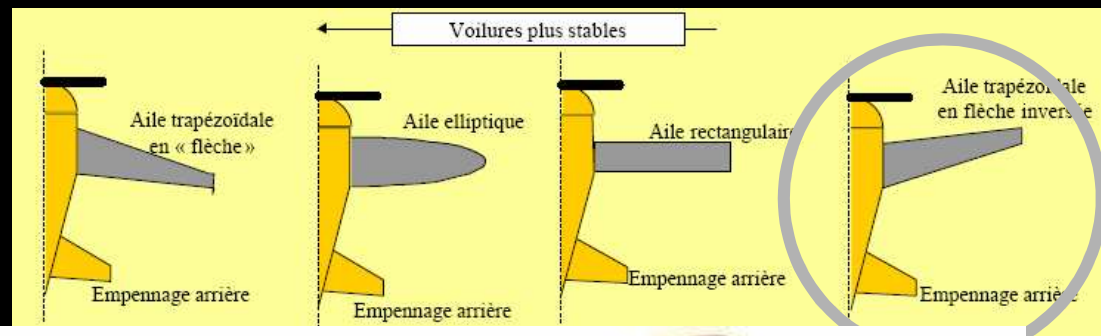
ion.
ur chaque
us les

Ailes



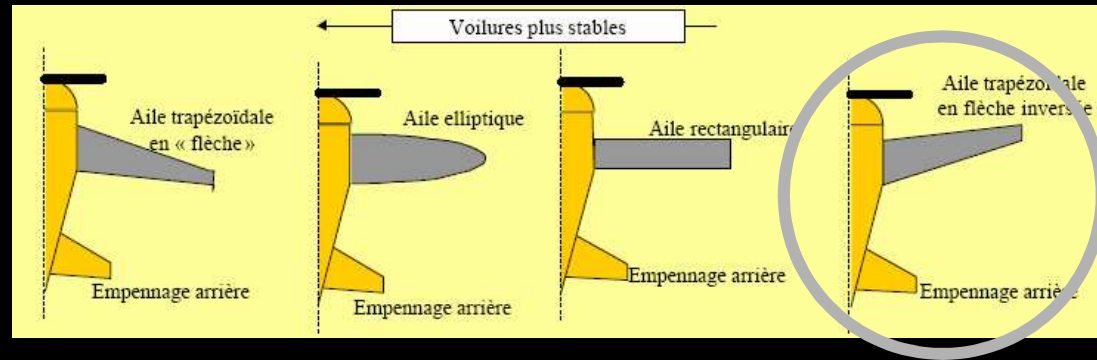
- Fieseler Storch

Ailes

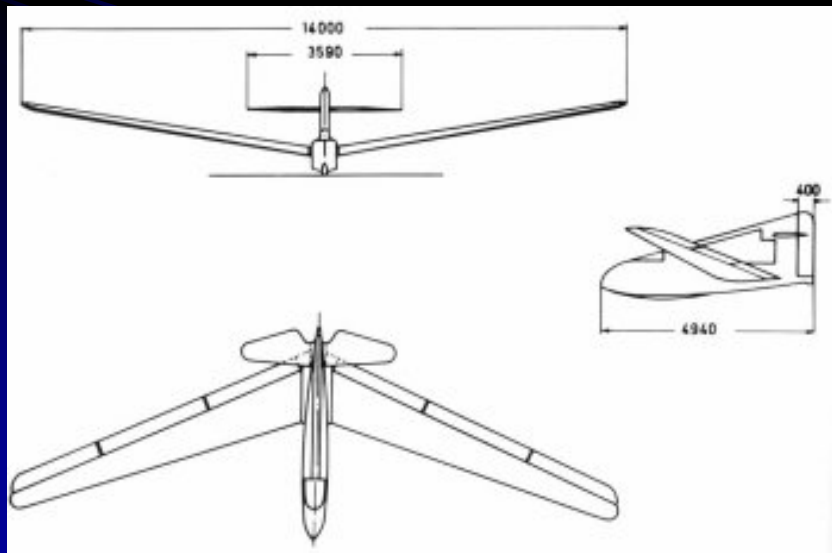


● Junkers 287.

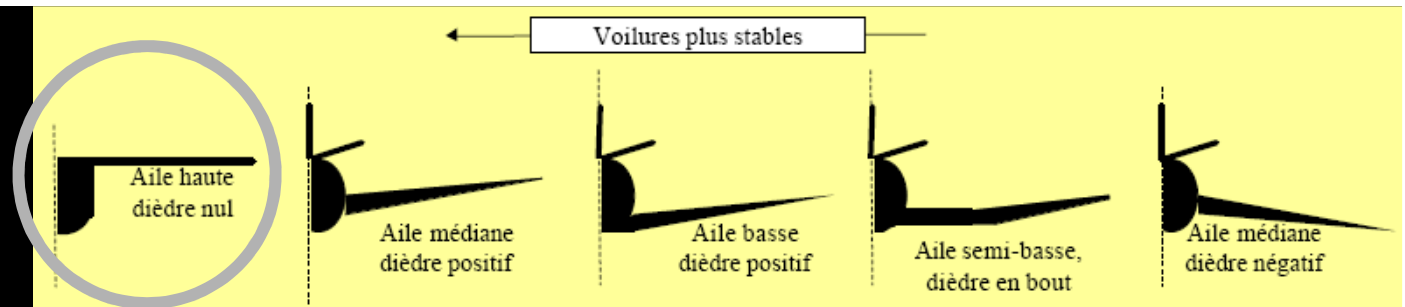
Ailes



- le 1er avion pourvu d'ailes en flèche inversées fut créé par Alexander Lippisch pour le compte de la DFS (Deutsche Forschungsanstalt für Segelflug) : le planeur **DFS 42 Cormoran**.

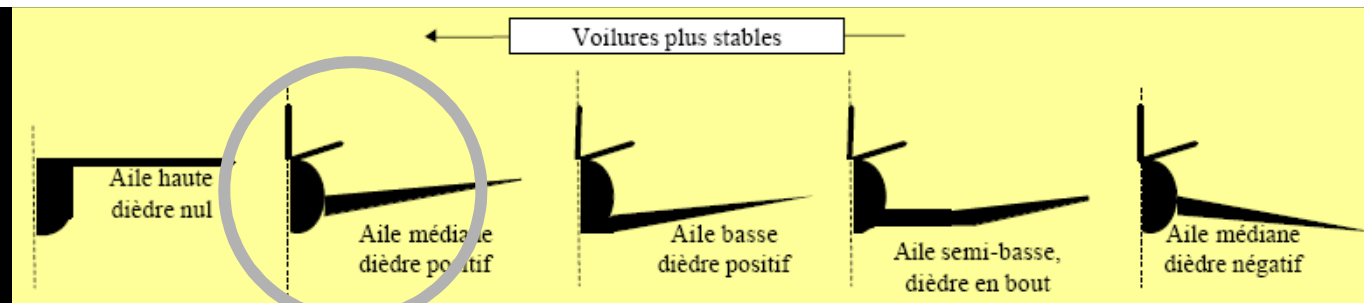


Ailes



- Cessna 172

Ailes



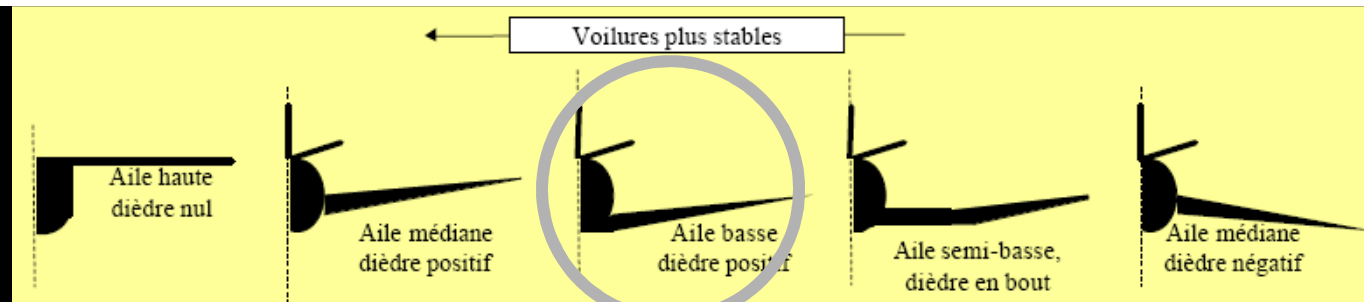
- PA 47 Thunderbolt

Ailes : Le dièdre



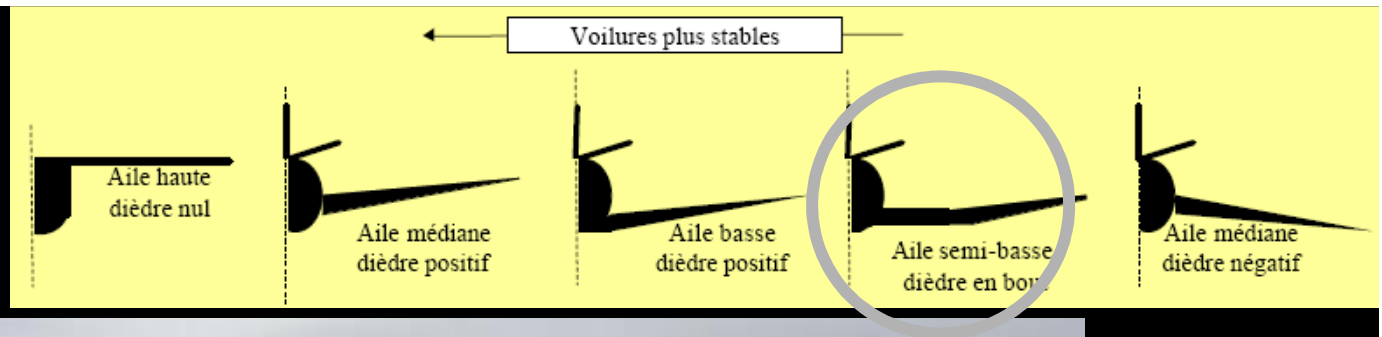
- Le dièdre est l'angle formé par les ailes et le plan horizontal; il peut être positif (comme sur ce DR 400) , nul ou négatif.

Ailes



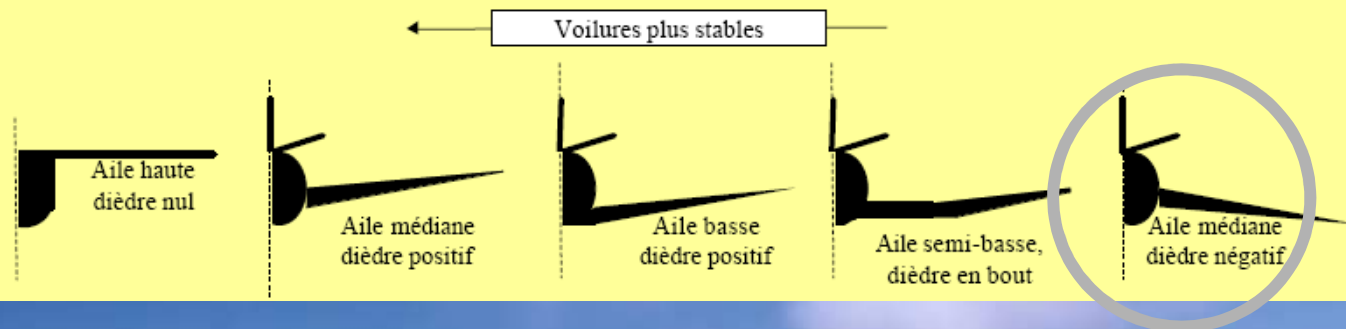
- PA 28

Ailes



- Robin DR 400

Ailes



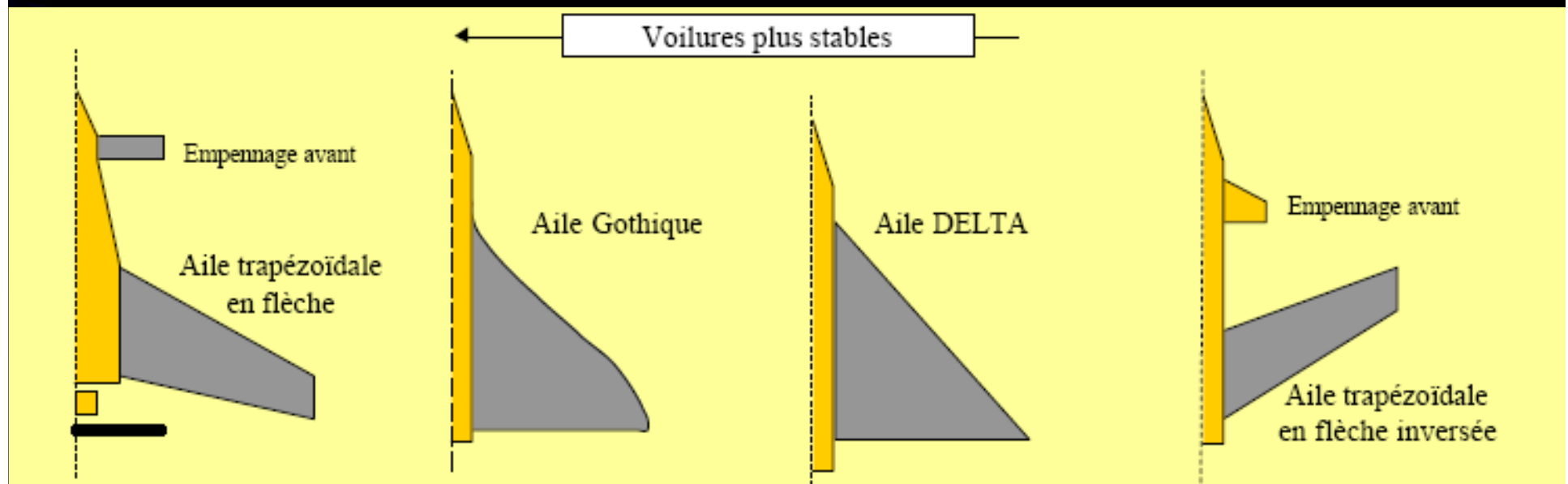
- F 104 Starfighter



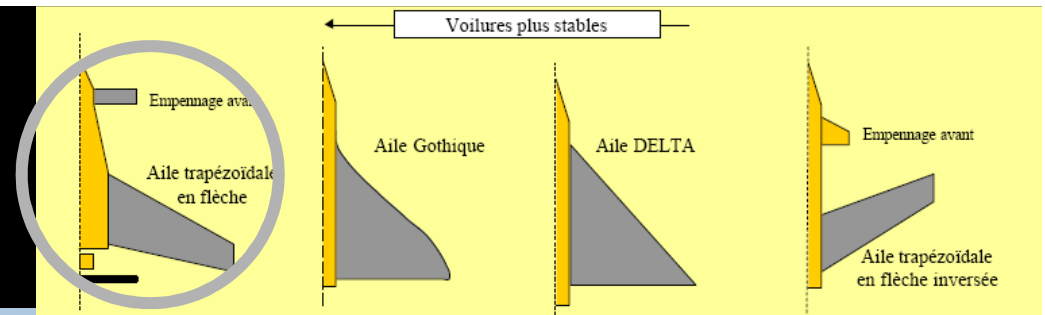
- C17 (transport)
- Dans ces deux derniers cas ces ailes avec dièdre négatif sont placées en position haute.

Des ailes moins conventionnelles.

- Le choix de la forme des ailes influe sur la stabilité.
- Par contre la manoeuvrabilité augmente en sens inverse.
- *Certain chasseurs modernes utilisent des ailes a géométrie variable afin de bénéficier des avantages des différentes formules selon la vitesse d'évolution.*

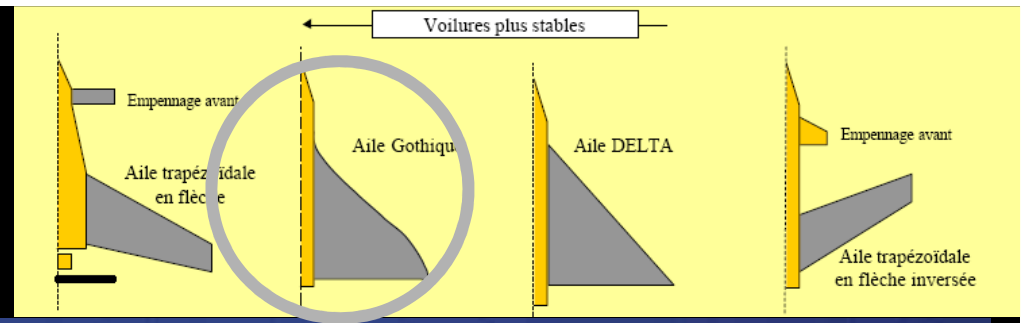


Ailes



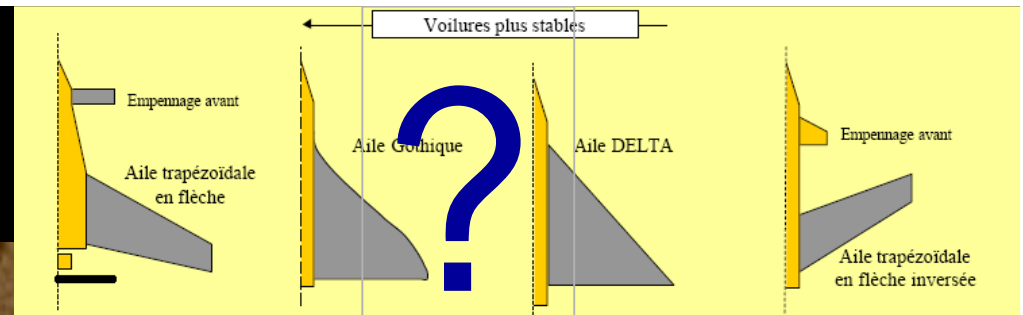
- Long Eze sur un plan de Burt Rutan

Ailes



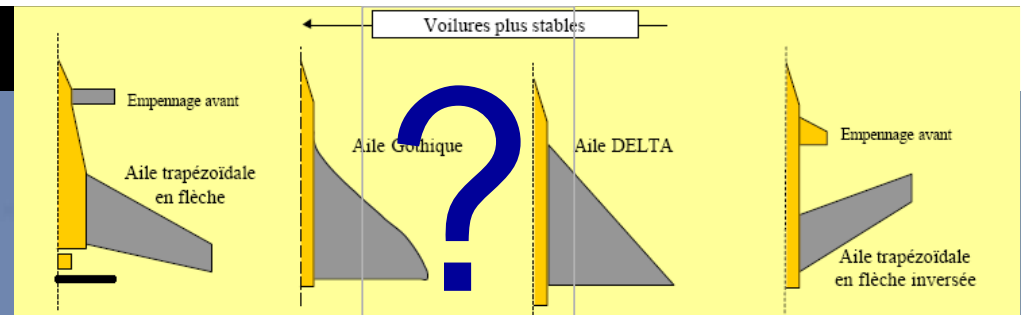
- Le Concorde...
sans plans canard à l'avant.

Ailes



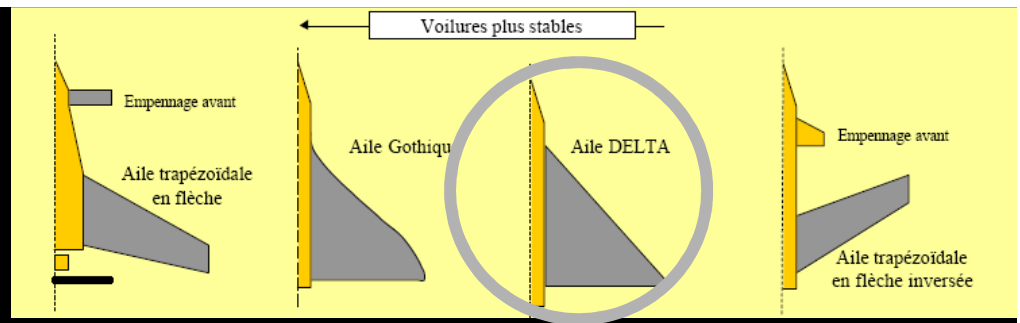
- Ce type d'aile est dite brisée ou double Delta
- Exemple : le Modèle de recherches spéciales
- F16 X1

Ailes

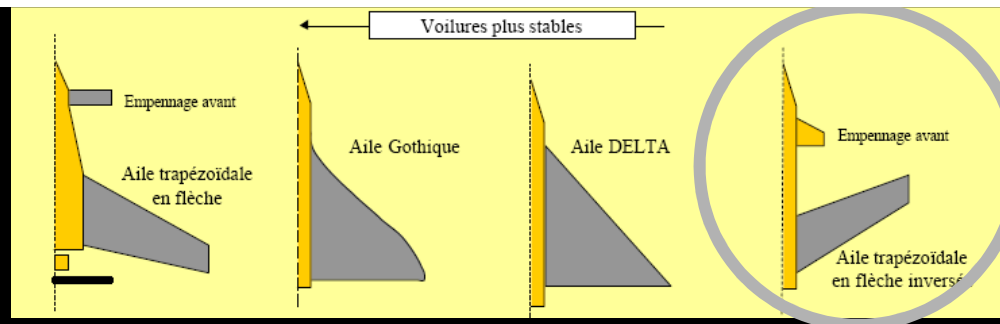


- Aile brisée ou double Delta
- Le Saab Draken

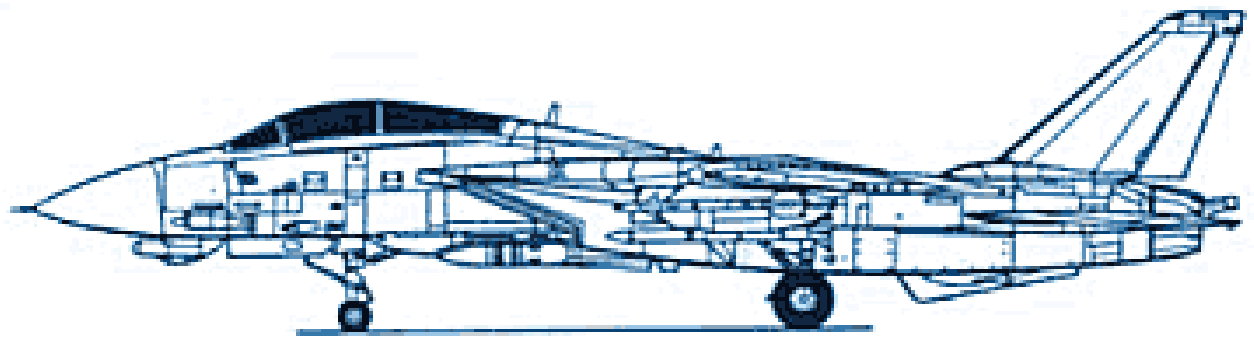
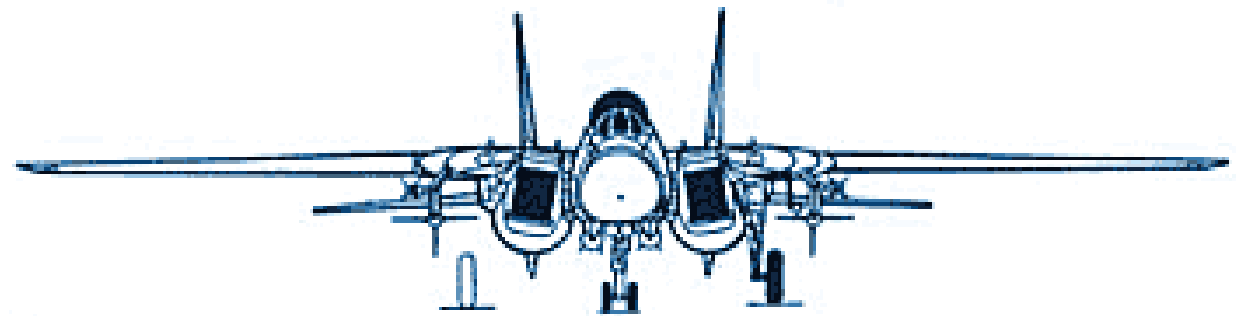
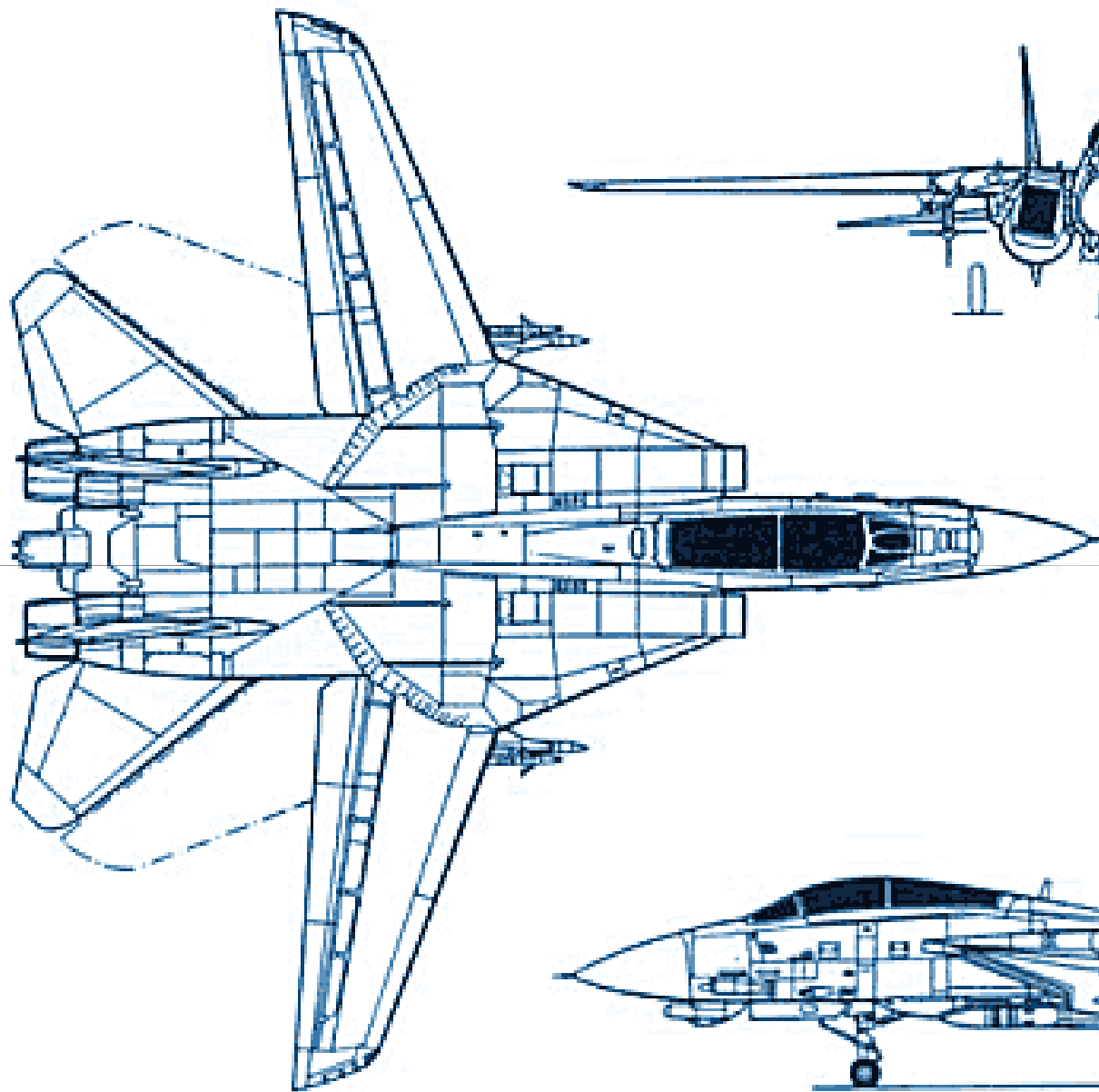
Ailes



Ailes



- Bell X29
- Su 47



F 14 Tomcat au décollage



- Ailes déployées, volets sorti

F 14 Tomcat



- PC allumée.
- Ailes repliées



F 14 Tomcat



- Ailes repliées avec condensation par dépression.
- Décollage PC allumée.



F 14 Tomcat



- Condensation en vol supersonique.

Ailes multiples



- Biplan Nieuport
- Triplan Fokker DR 1

63. SPORTS - Aviation
L'Aéroplane multiplan d'Equivalley
Moteur Buchet 8 HP.



• **Le multiplan (version 3). Deux cerceaux entourent 50 plans !!!**
Le multiplan du Marquis d'Equivalley en 1908 (version 2) !!!

Ailes



- L'inauguration de la « 14 Bis » de Santos Dumont

Mixte !

<http://www.precurseursaviation.com/>

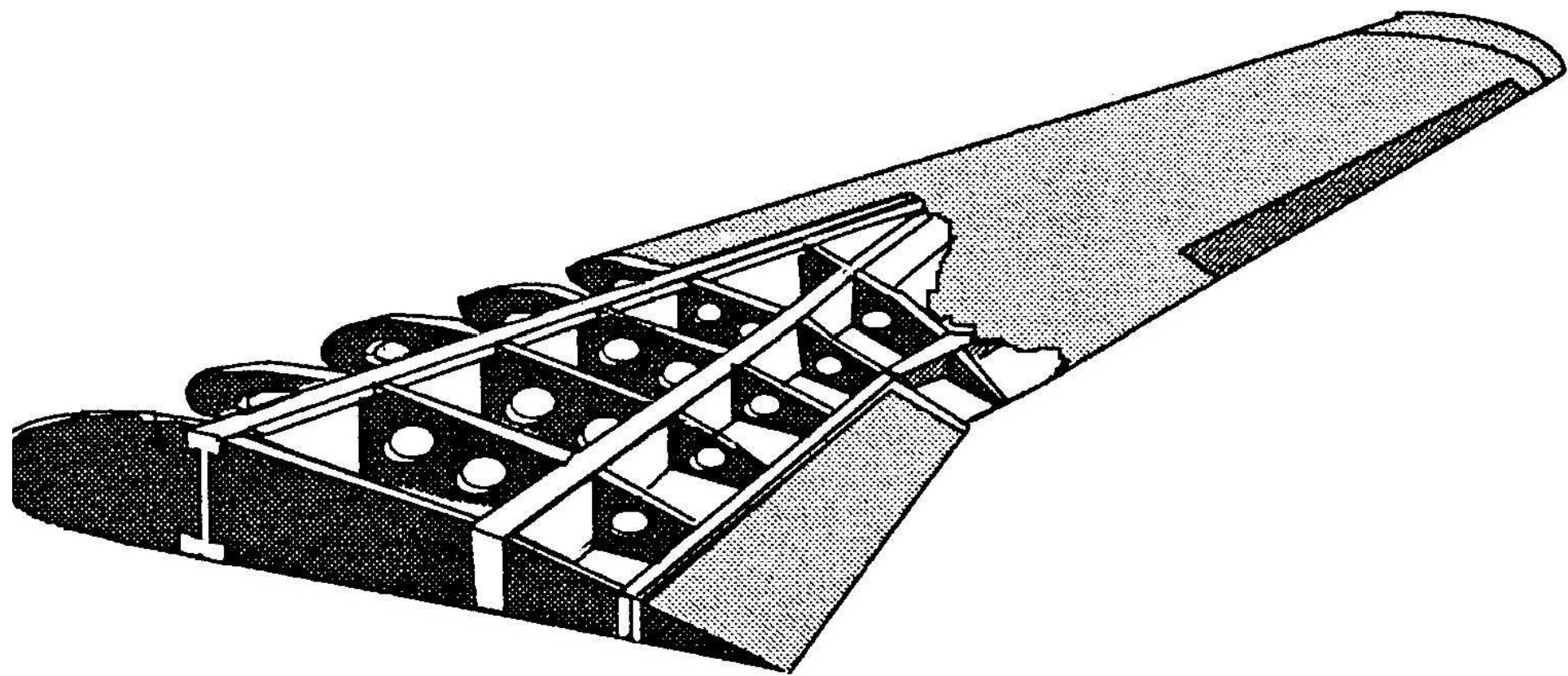


1261. - Le Biplan Mixte de César

Doublé biplan en tandem, composé de 2 cellules semblables ayant 6^m de largeur et 1^m 50 d'écartement entre les plans. Un stabilisateur monoplane est situé en avant de la 1^{re} cellule, 2 cloisons verticales à l'arrière de la 2^e. Le tout repose sur 2 axes de roues à pneu jords identiques. Moteur Prini-Berthaud 50 HP, situé au centre du fuselage. Longueur totale 12^m, largeur 6^m, surface 56^m². Poids 480 kg. An- un ballon cigare de 100 m. cubes. J. H.

- **Biplan mixte de César**

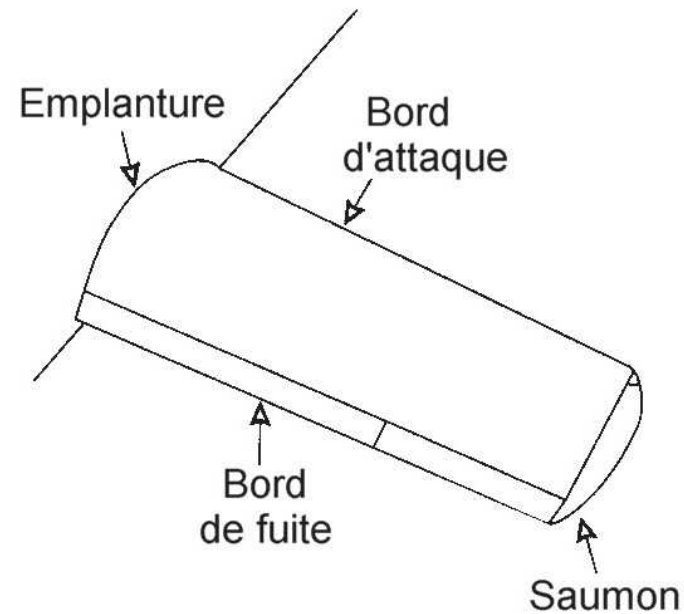
- C'est un biplan en tandem qui peut être qualifié de double Biplan du fait qu'il possède une paire de courtes ailes à l'avant et deux autres à l'arrière du fuselage. Son moteur est un 4 cylindres de 50 CV Prini-Berthaud. L'appareil est suspendu sous un ballon cigare de 100 m³. Envergure: 6 m. Largeur: 12 m. Surface totale: 56 m². Poids: 480 kg.



Réalisation des ailes et du fuselage

- Repérer :

- Nervures
- Longeron
- Bord d'attaque
- Bord de fuite
- Saumons
- Emplanture
- ...
-



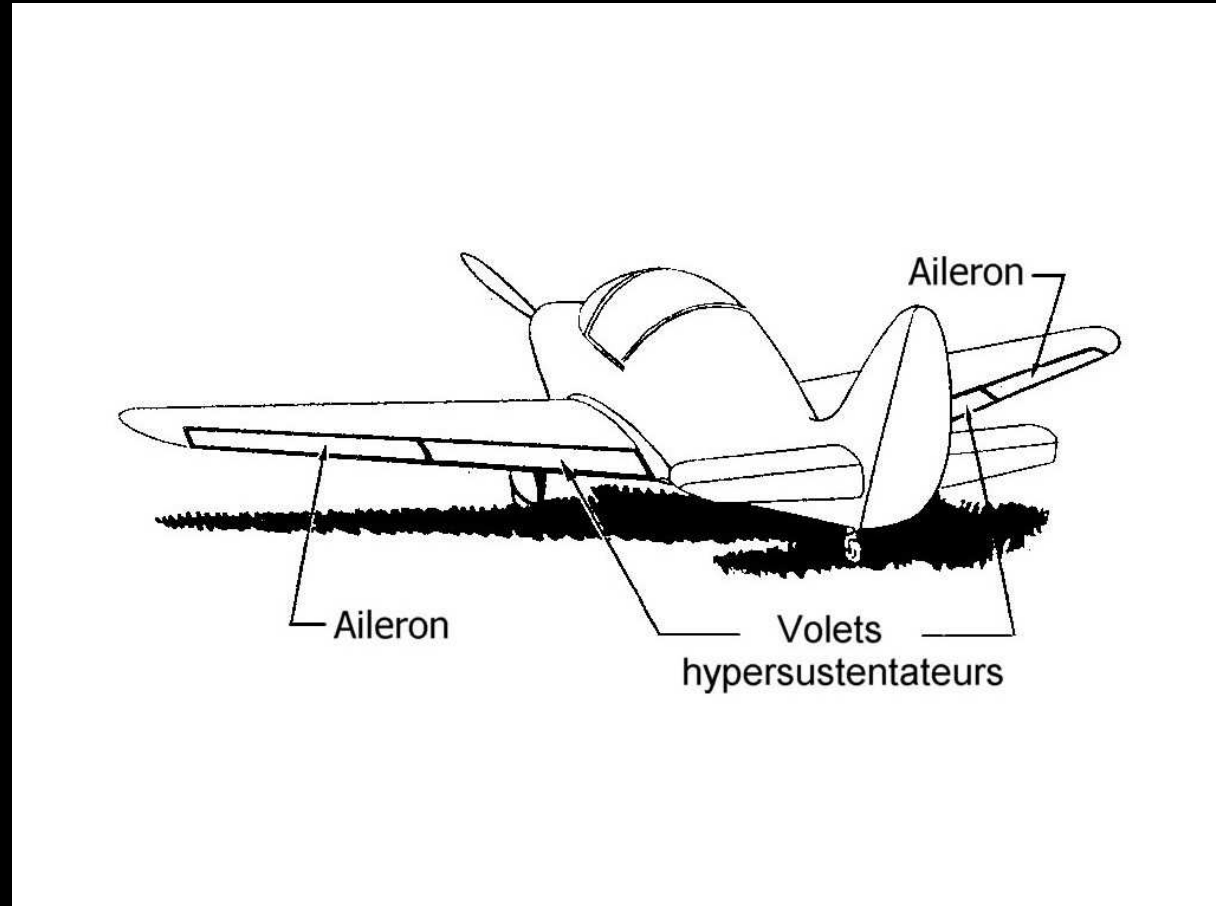
Réalisation des ailes et du fuselage





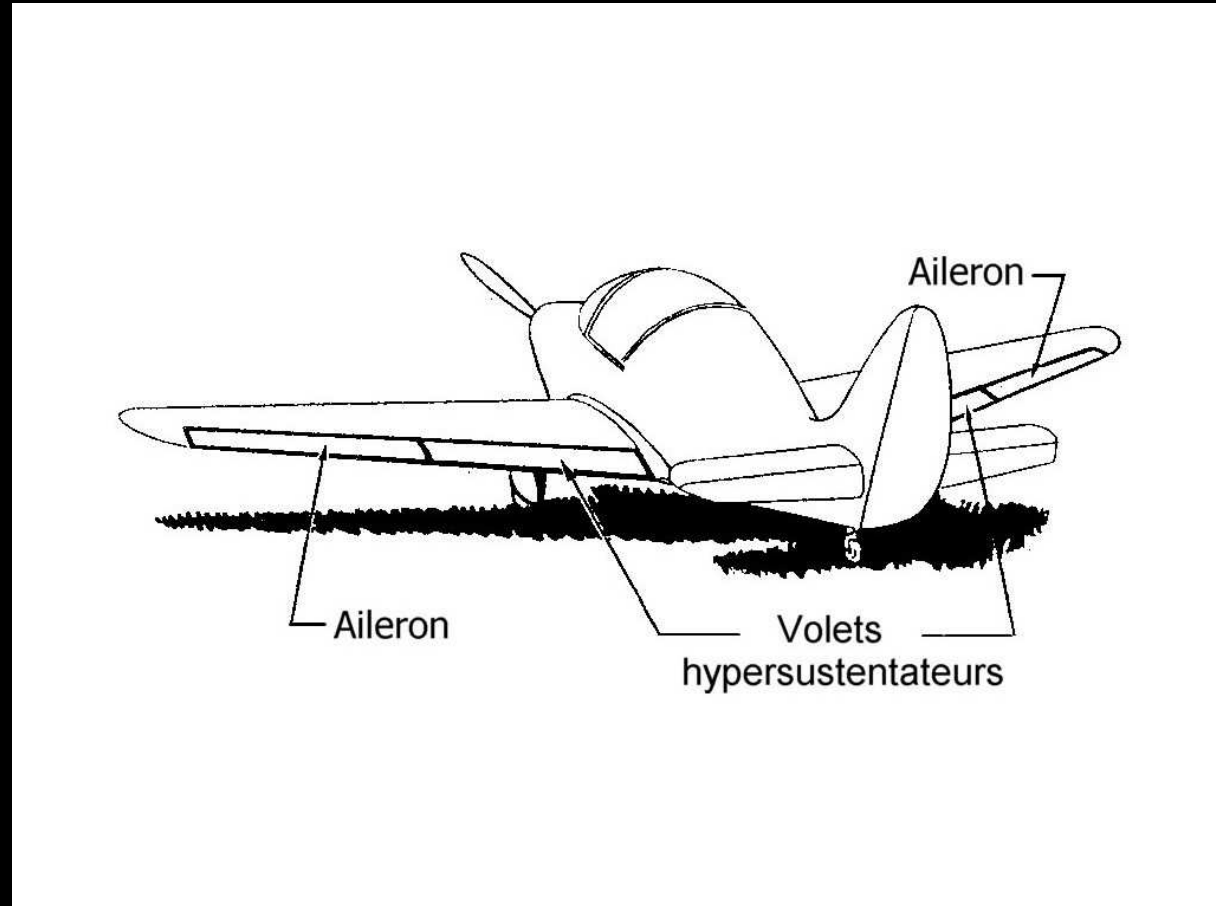
Réalisation des ailes et du fuselage

- Repérer :
 - Volets
 - Ailerons
 - ...
 -



Réalisation des ailes et du fuselage

- Repérer :
 - Volets
 - Ailerons
 - ...
 -



Les caractéristiques des ailes

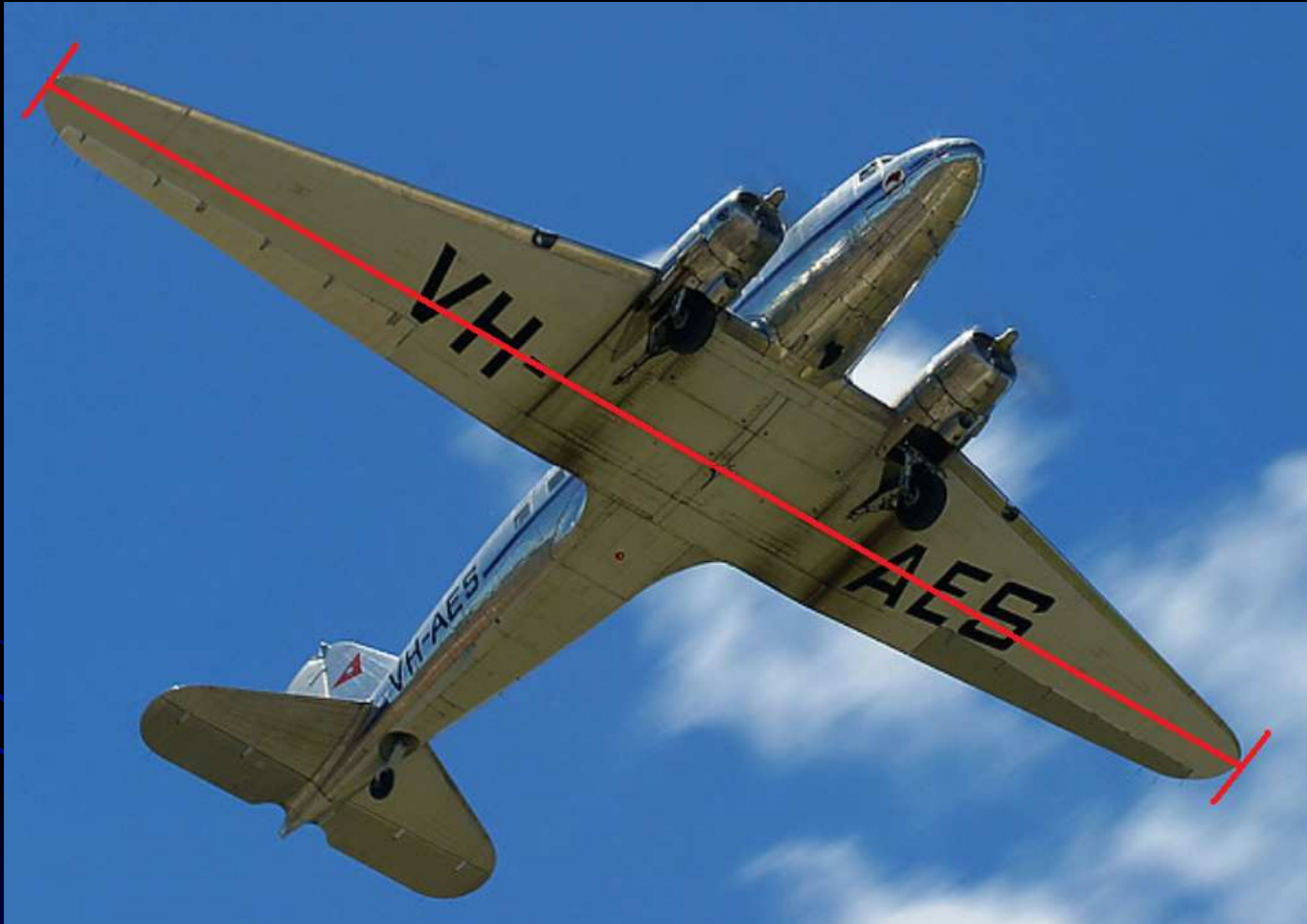


Photo Copyright © Denis Ivanov

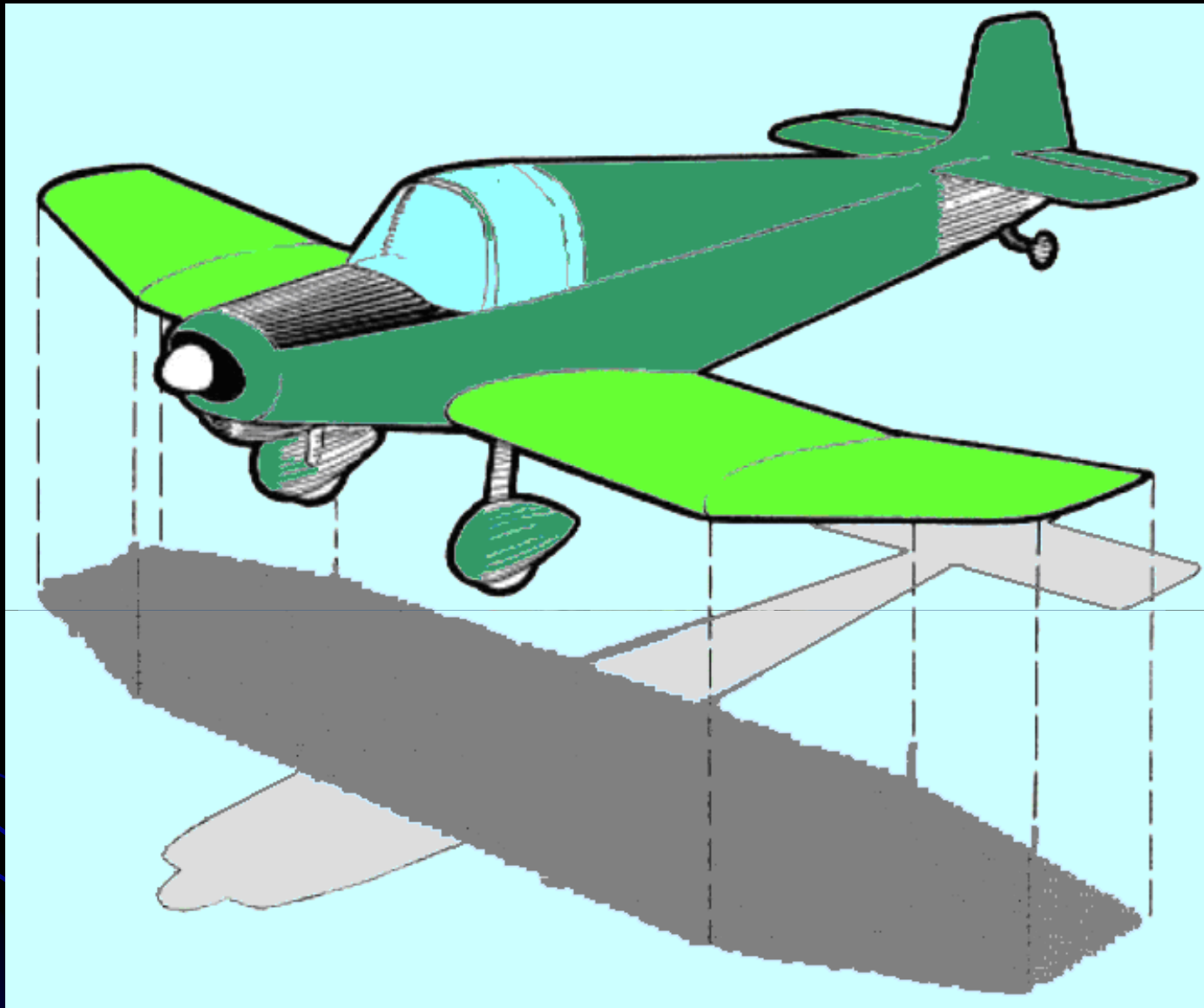
AIRLINERS.NET

- On ne parlera ici que des ailes « non exotiques »...

L'envergure

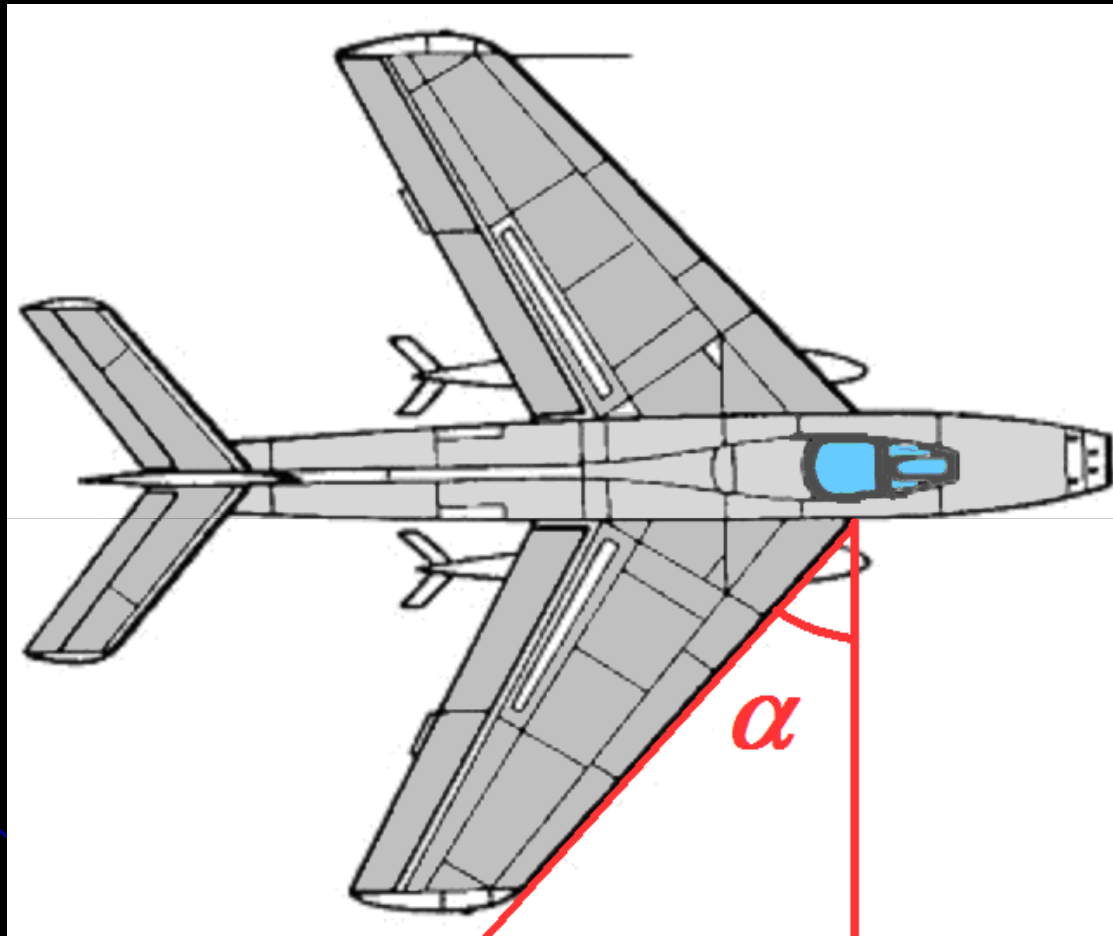


- C'est par définition la distance entre les deux extrémités de l'aile



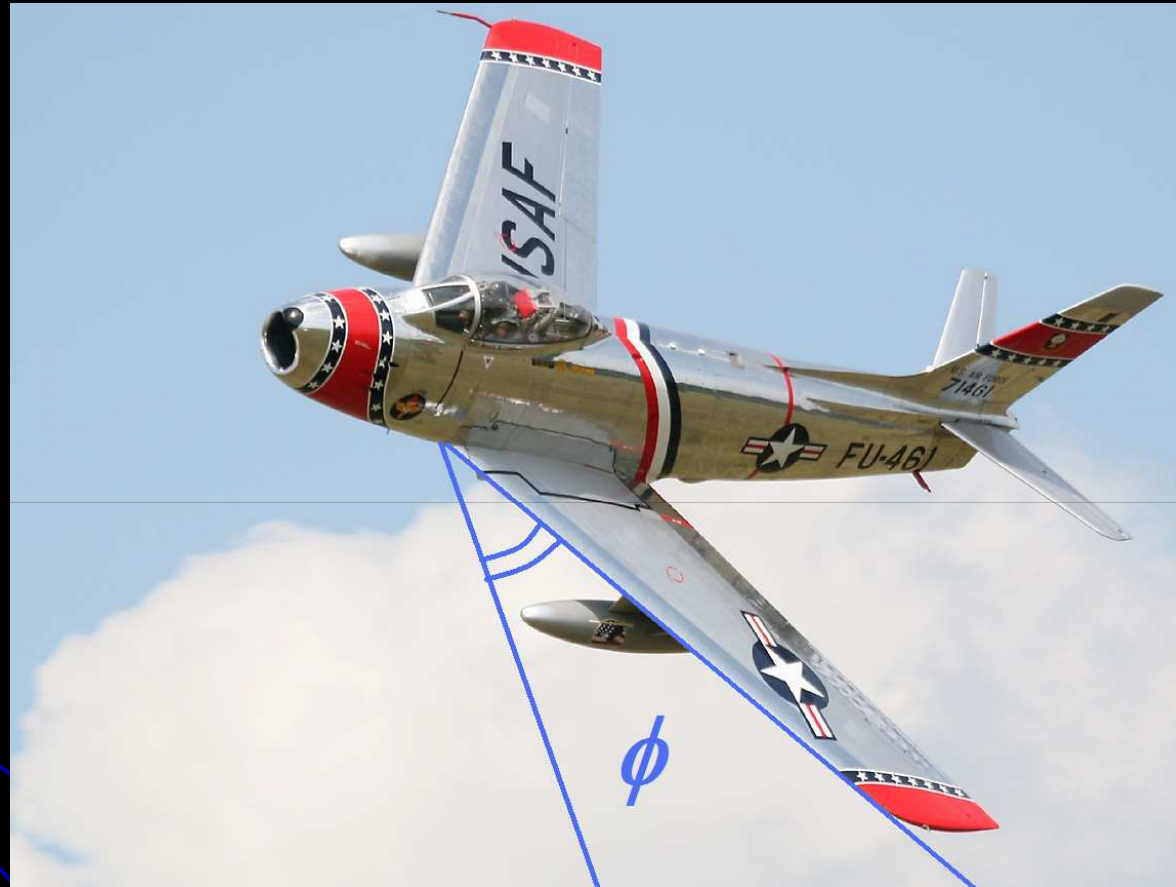
- **La surface alaire** (ou surface d'aile) est la surface de la projection horizontale du contour des ailes. *Cela correspond à la totalité de la voilure, y compris celle qui traverse le fuselage.*

La flèche



- C'est l'angle formé par le bord d'attaque et une perpendiculaire au plan de symétrie (*cet angle est positif lorsque l'extrémité de l'aile est en arrière de l'emplanture*).

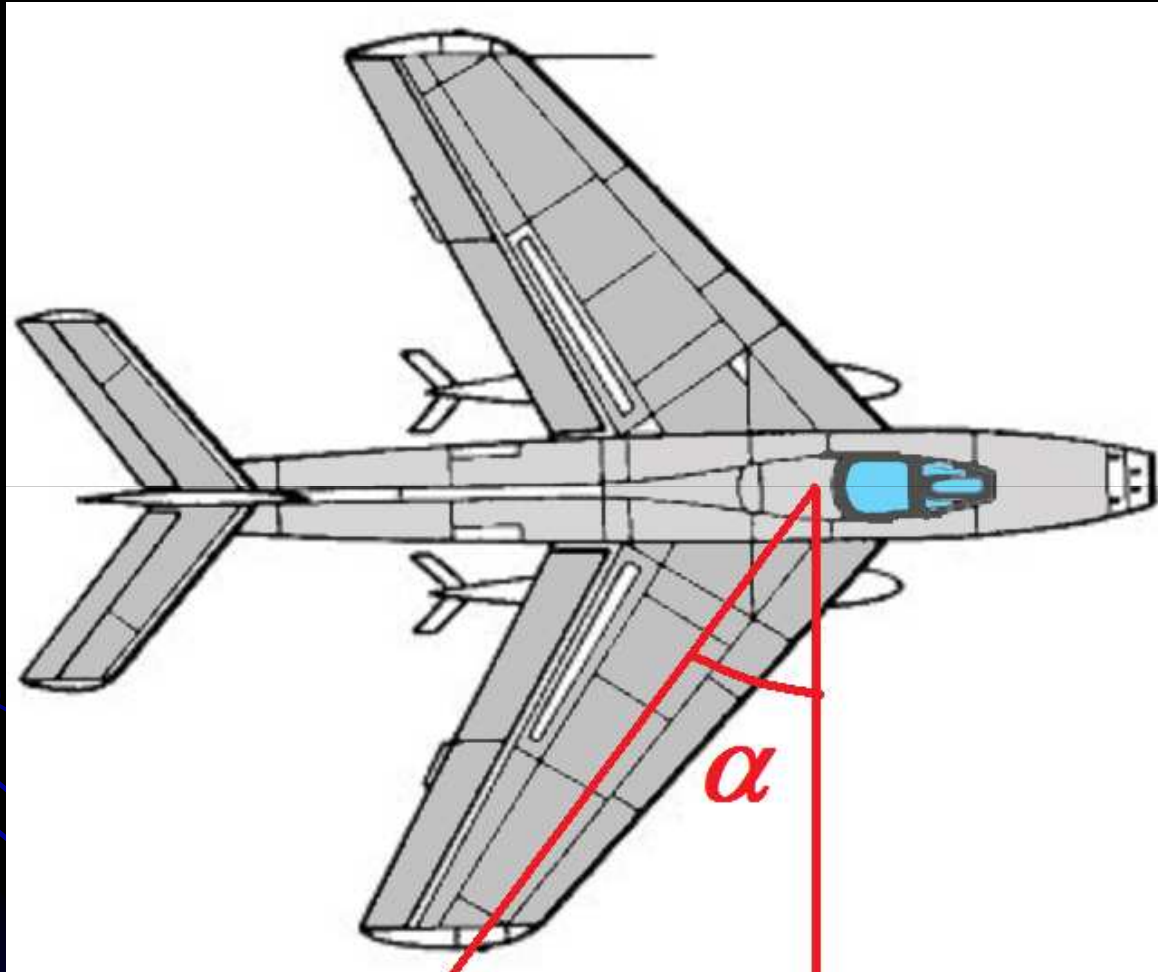
La flèche



- C'est l'angle formé par le bord d'attaque et une perpendiculaire au plan de symétrie (*cet angle est positif lorsque l'extrémité de l'aile est en arrière de l'emplanture*).

La flèche

Définition plus complexe mais plus précise (BIA ? NON !)



- C'est l'angle horizontal formé entre le lieu du quart avant des cordes et l'axe transversal de l'avion.

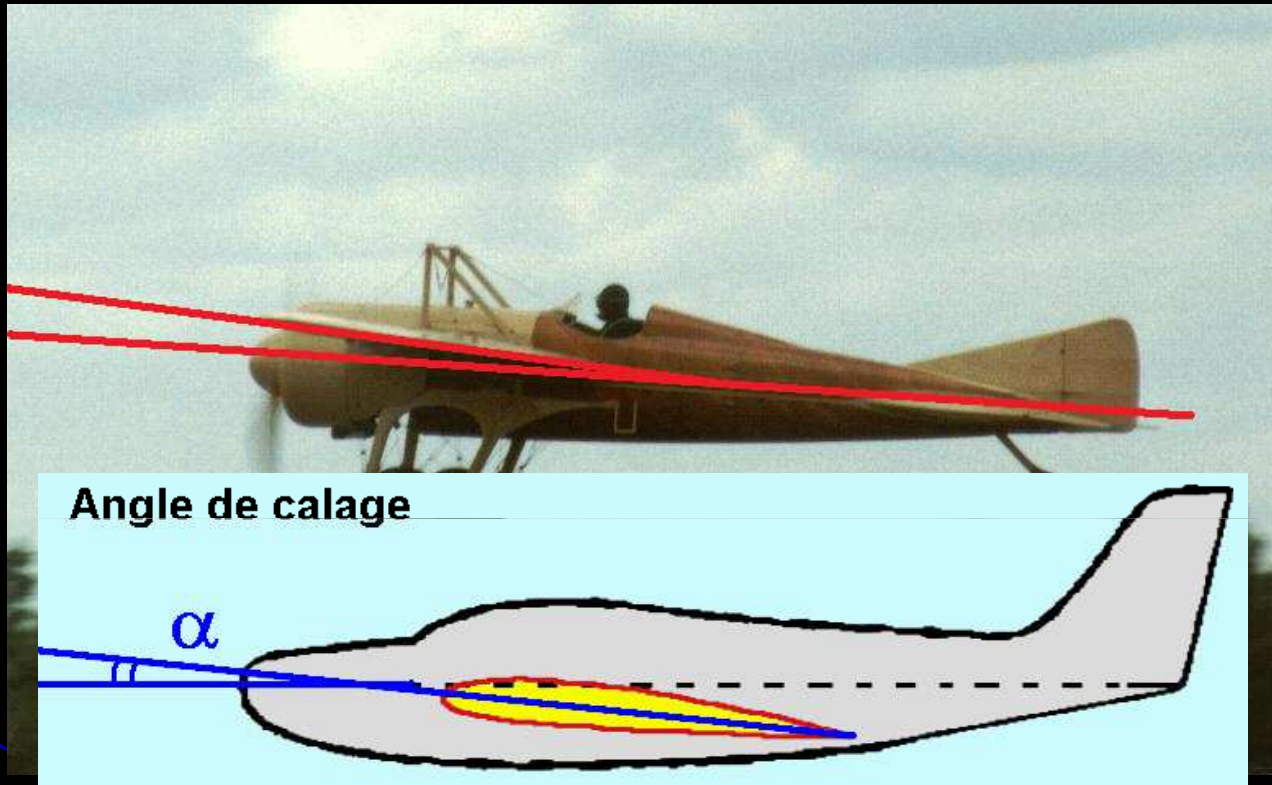
La flèche

Définition plus complexe mais plus précise (BIA ? NON !)



- C'est l'angle horizontal formé entre le lieu du quart avant des cordes et l'axe transversal de l'avion.

Ailes : angle de calage



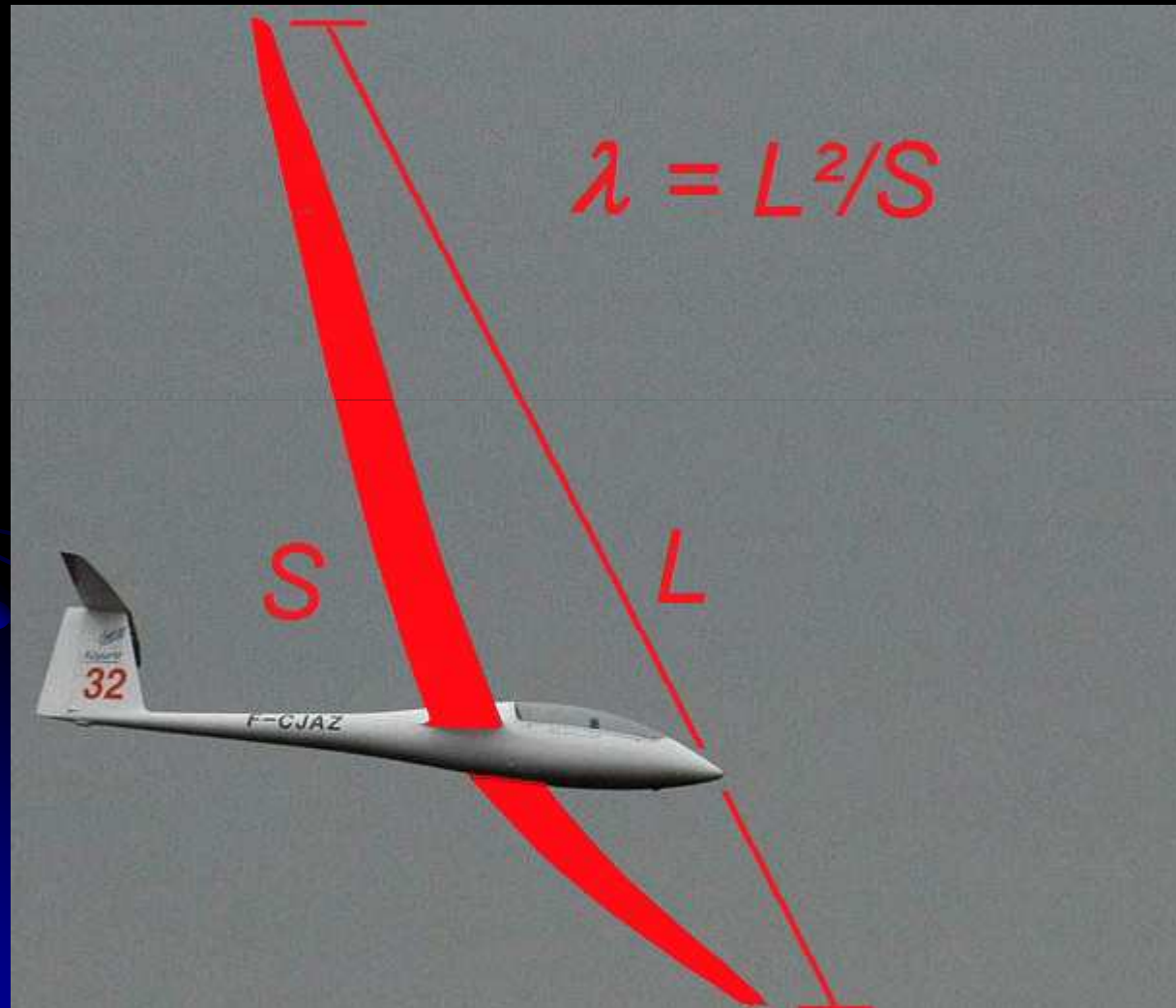
- **Angle de calage** : c'est l'angle entre la corde du profil d'emplanture et l'axe longitudinal de référence du fuselage, généralement horizontal à la vitesse de croisière.
- Cet angle assez faible n'est perceptible que sur des avions lents (ou / et anciens !). En vol de croisière stabilisé, l'angle de calage est égal à l'angle d'incidence.

L'allongement

- L'allongement λ d'une aile se calcule en divisant le carré de l'envergure par la surface des ailes.
- Plus simplement c'est aussi le rapport de l'envergure par la longueur de la corde moyenne.

Même si la corde moyenne est parfois difficile à définir (Spitfire Concorde...).

L'allongement

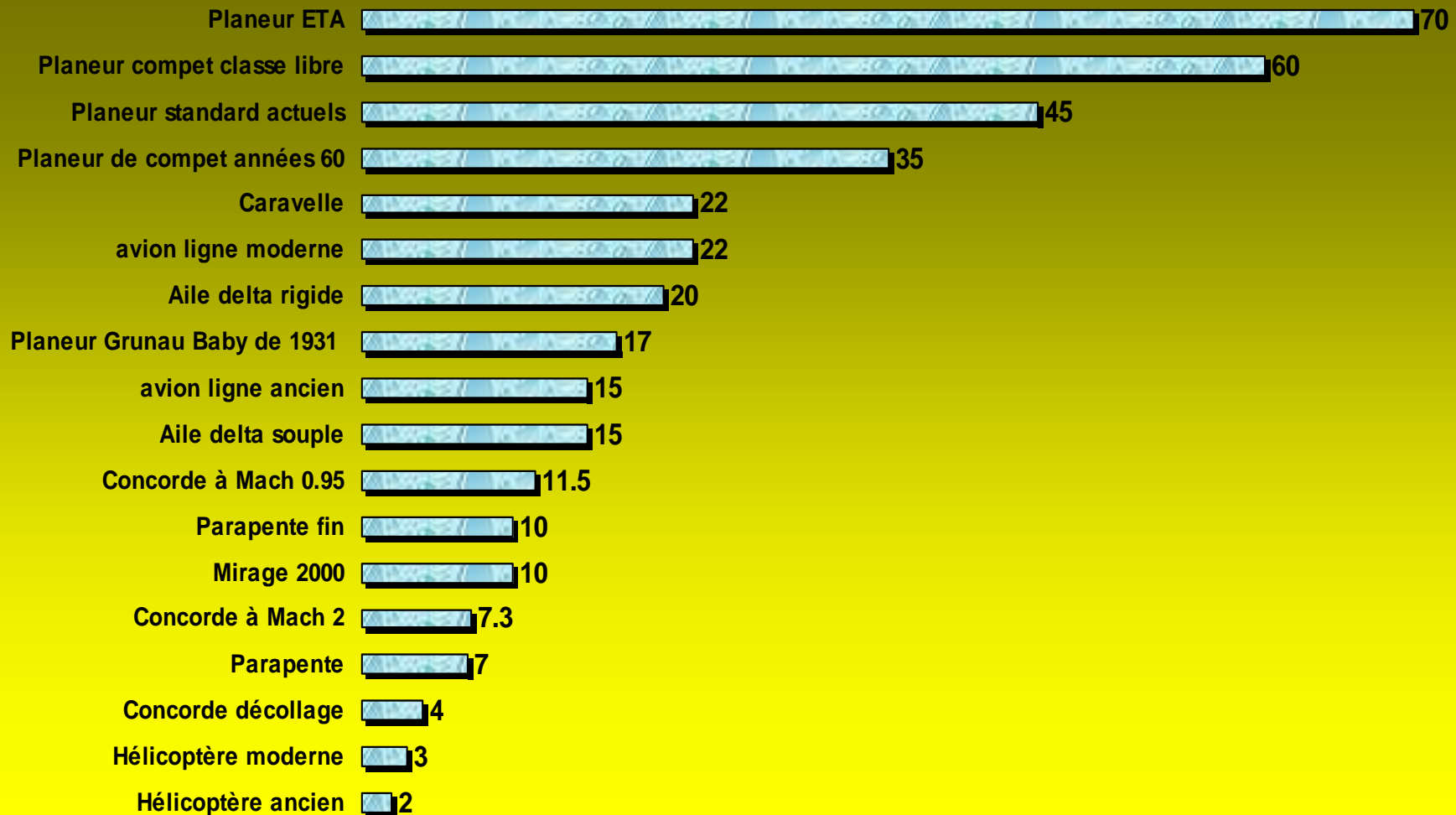


La finesse

- La finesse d'un avion est définie comme le rapport entre la portance et la traînée (C_z/C_x).
- C'est aussi le rapport de la vitesse horizontale sur la vitesse de chute (V_x/V_z).
- C'est aussi le rapport entre la distance parcourue et la perte d'altitude. (D/h).

La finesse maximale ne dépend pas du poids mais du coefficient de portance et donc de l'incidence de l'aile. La vitesse de finesse maximale augmente avec le poids pour un même avion.

La finesse



- Quelques valeurs ... extrêmes. *Mais aussi des anecdotes.*

La finesse... *des vols commerciaux !*

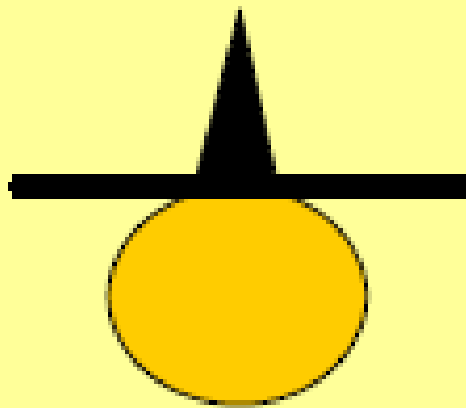
- En 1959 et dans le cadre d'un vol avec passagers, une Caravelle réalise un vol plané sur la distance Paris Dijon. *Départ à la verticale de Paris à 13 200 m et 665 km/h, l'avion arrive à Dijon avec une altitude de 1 600 m après un vol plané de 46 minutes.*
- Un Boeing 767 d'Air Canada surnommé Gimli : en 2002, un A330 qui, en panne de carburant, à rejoint la piste d'atterrissage de Lajes (Açores) *après un plané record de 21 minutes pour un avion de cette taille...*



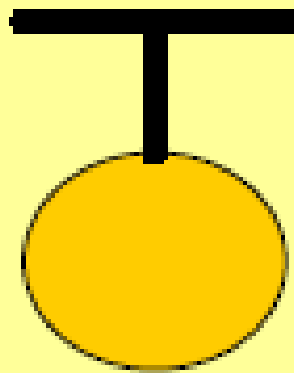
JetPhotos.Net - Image Copyright © Carlos Fuentespina

Les empennages.

- Plusieurs formules sont proposées.
- Certaines, (en V), nécessitent un couplage profondeur/direction.



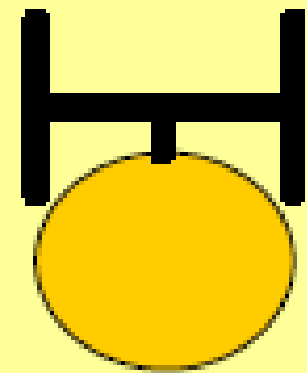
Classique



En Té

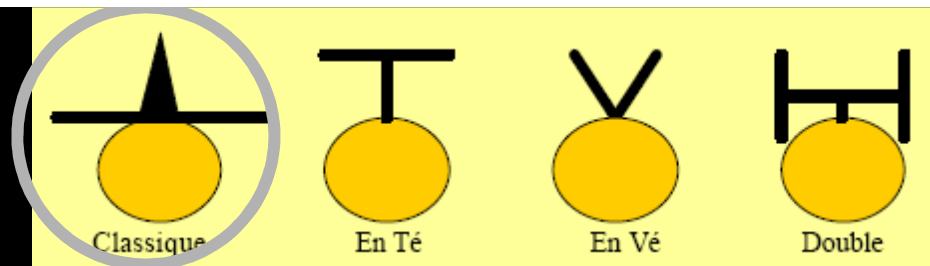


En Vé



Double

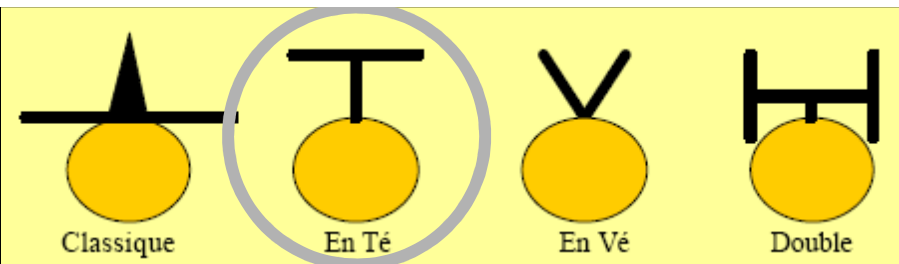
L'empennage



- B 17 du film « Memphis Belle »



L'empennage



- Un « Cricri »

Lockheed F-104 Starfighter.



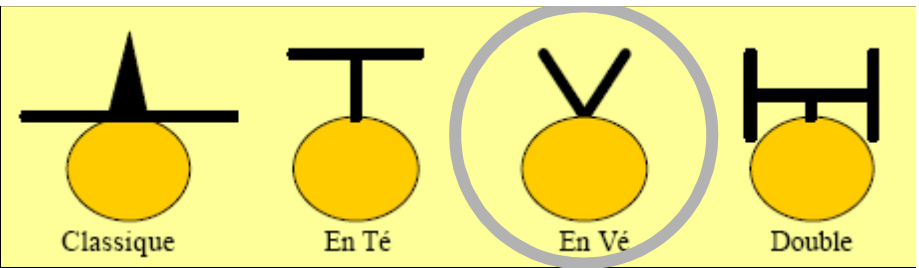
- Très petites ailes trapézoïdale.
- Dièdre inversé.
- Gros moteur avec de nombreux records de vitesse et d'altitude à la clé...
- Empennage en T.
- « Le faiseur de veuve »... en Allemagne !

C 17



- Ailes hautes trapézoïdales avec Winglets.
- Quadriréacteur
- Empennage en T

L'empennage



- Beech Bonanza ((il existe une version similaire avec empennage classique))

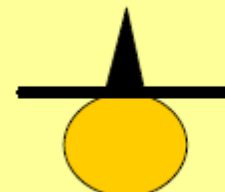


- Fouga Magister

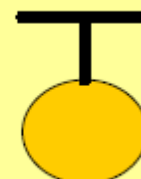


- F 117 ... déjà réformé !!!

L'empennage



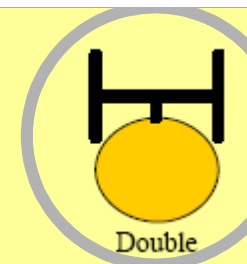
Classique



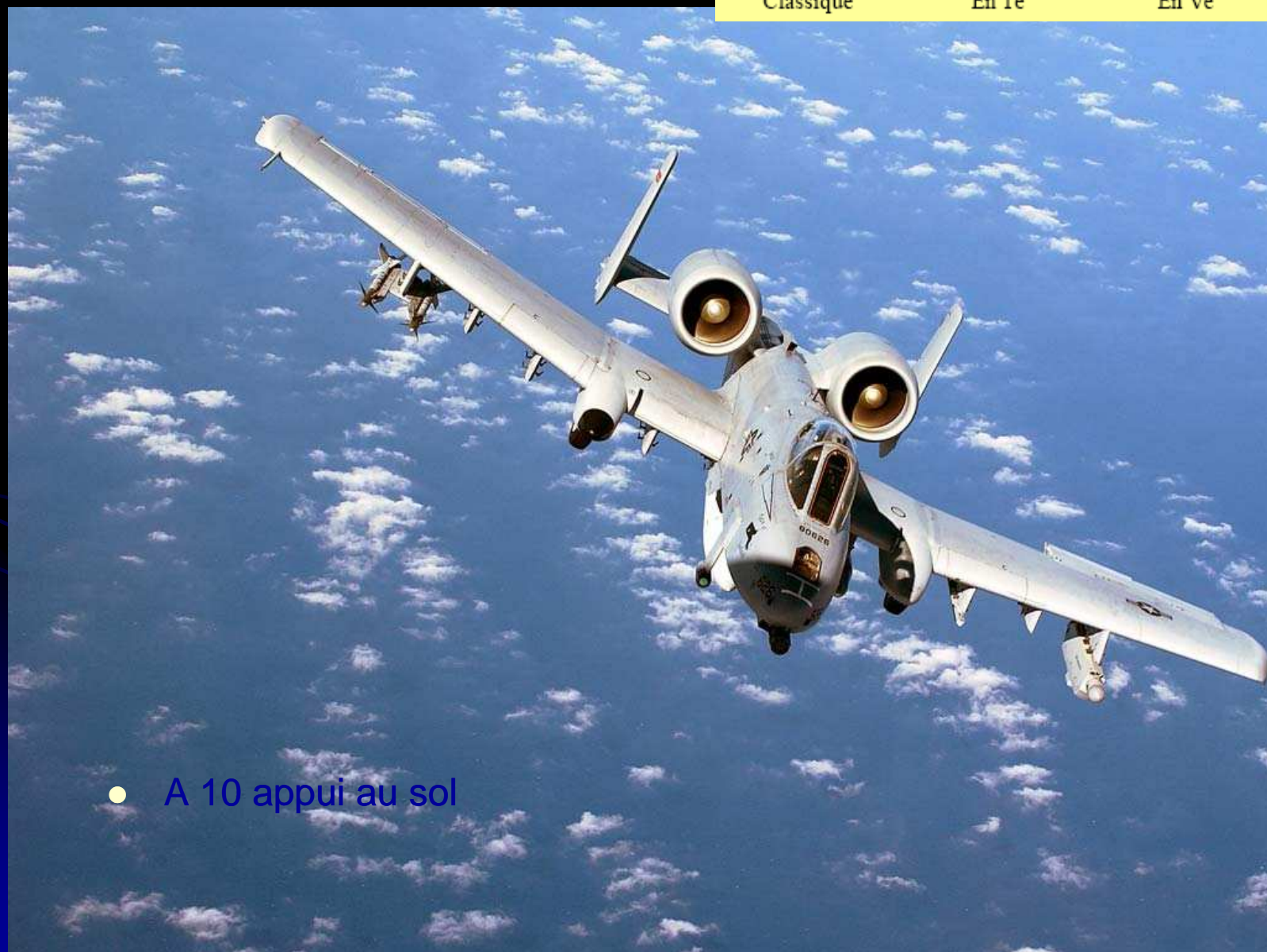
En Tê



En Vê

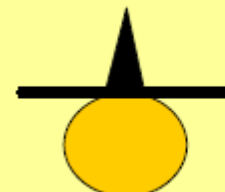


Double

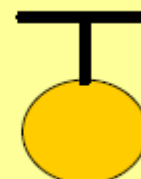


- A 10 appui au sol

L'empennage



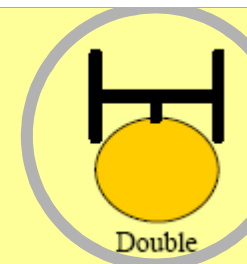
Classique



En Tê



En Vê

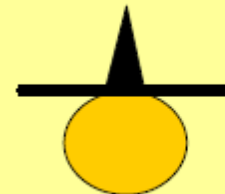


Double

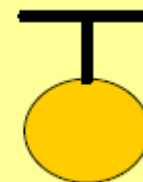


- Bombarrier Avro Lancaster

L'empennage



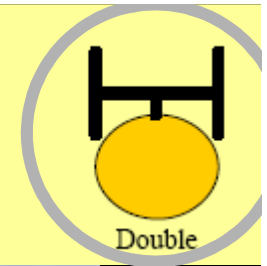
Classique



En Tê



En Vê

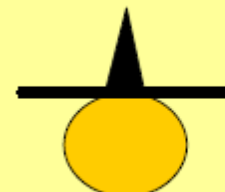


Double

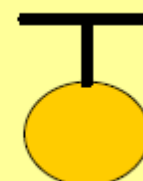


- Superconstellation

L'empennage



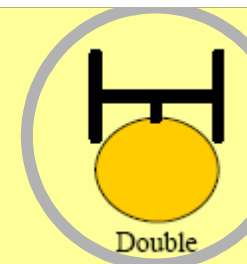
Classique



En Tê



En Vê



Double



- E-2C Hawkeye



- Aile volante N9

Le train d'atterrissage



Le train d'atterrissage

- Il permet le roulage, le freinage et le contrôle de l'appareil au sol.
- A l'atterrissage, il
 - encaisse le choc de la prise de contact avec le sol.

Le train d'atterrissage

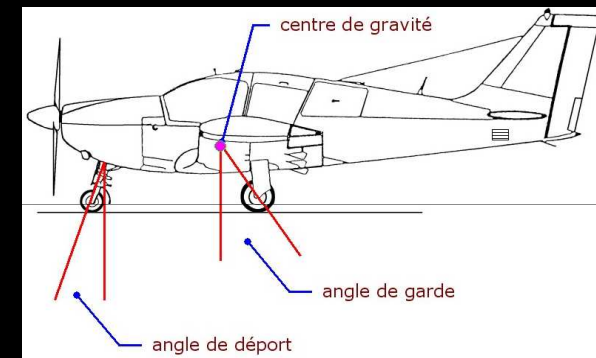
- En vol, il présente une **traînée aérodynamique** plus ou moins nuisible, éventuellement réduite par un **carénage de roues** sur atterrisseurs fixes ou supprimée sur atterrisseurs escamotables (c-à-d à train rentrant : il est alors constitué par des demi-trains qui viennent s'encaster sous les ailes ou sous le fuselage après le décollage de l'avion

Le train d'atterrissage

- Sur ces deux types de trains, les **freins** sont montés sur les roues de l'atterrisseur principal.
- Des **amortisseurs** (oléopneumatiques, mécaniques ou à lames)
 - absorbent les efforts et les chocs liés au roulage et à l'atterrissage.

Le train tricycle

- Il comporte un **atterrisseur principal** et une **roulette de nez**.
- L'**angle de garde** d'environ 15° évite le basculement de la queue.
- L'**angle de déport** évite la casse de la roulette de nez lors d'une rencontre avec un obstacle au roulage.

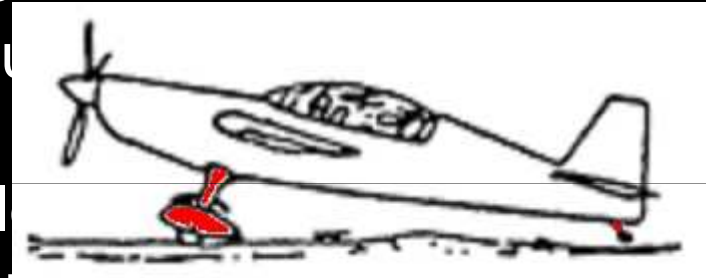


Le train tricycle

- Plus coûteux et plus lourd que le train classique, roulette de nez fragile, le train tricycle est cependant plus répandu que le premier en raison de ses avantages :
- Au roulage, l'avion repose en ligne de vol, c'est à dire avec un fuselage horizontal. Le pilote a une meilleure visibilité et la conduite est aisée.
- L'avion est plus stable et est moins sensible au vent de travers,
- Il a une bonne tenue au freinage,
- Le couple de l'hélice a une plus faible incidence.

Le train classique

- Simple et robuste, il se compose d'un **train principal** et d'une **roulette de queue**. Ses deux roues principales sont placées en avant du centre de gravité de l'avion. A l'arrière, l'avion repose sur une seule petite roue orientable, ou parfois sur une **simple béquille**. Dans ces conditions, le fuselage de l'avion n'est pas horizontal mais incliné vers le bas à l'arrière. L'avion présente un **angle de garde** d'environ 20° qui évite la « **mise en pylône** ».



Le train d'atterrissage

- Sur ces deux types de trains, les **freins** sont montés sur les roues de l'atterrisseur principal.
- Des **amortisseurs** (oléopneumatiques, mécaniques ou à lames)
 - absorbent les efforts et les chocs liés au roulage et à l'atterrissage.

Le train d'atterrissage.

- Pour les avions de **masse raisonnable** le choix situe entre :

- **Classique**

et

- **Tricycle...**



Le train d'atterrissage.

- Avec un train tricycle on pose le **train principal** avant la **roulette de nez**.



Le train d'atterrissage.

- Avec un train classique l'arrondi conduit à un **atterrissage 3 points.**



Le train d'atterrissage.

- Pour les avions plus lourds le train principal comporte des roues plus nombreuses fixées sur des boggies :

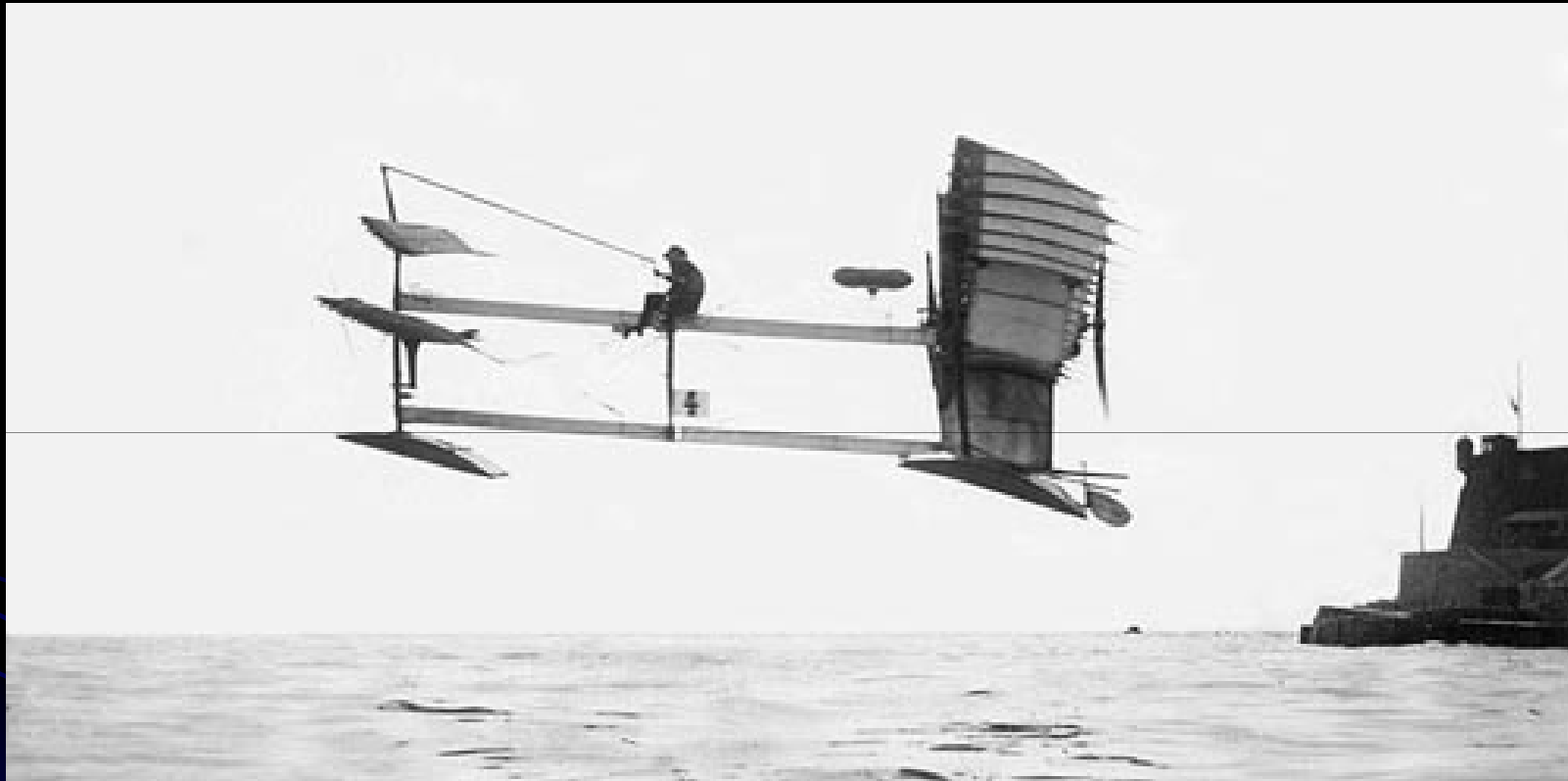
- **Classique**

et

- **Tricycle...**



Le train d'atterrissage... ou d'amerrissage ?



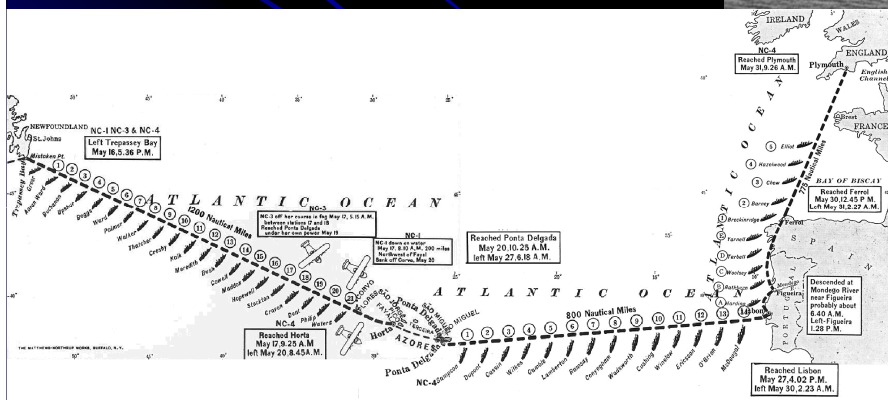
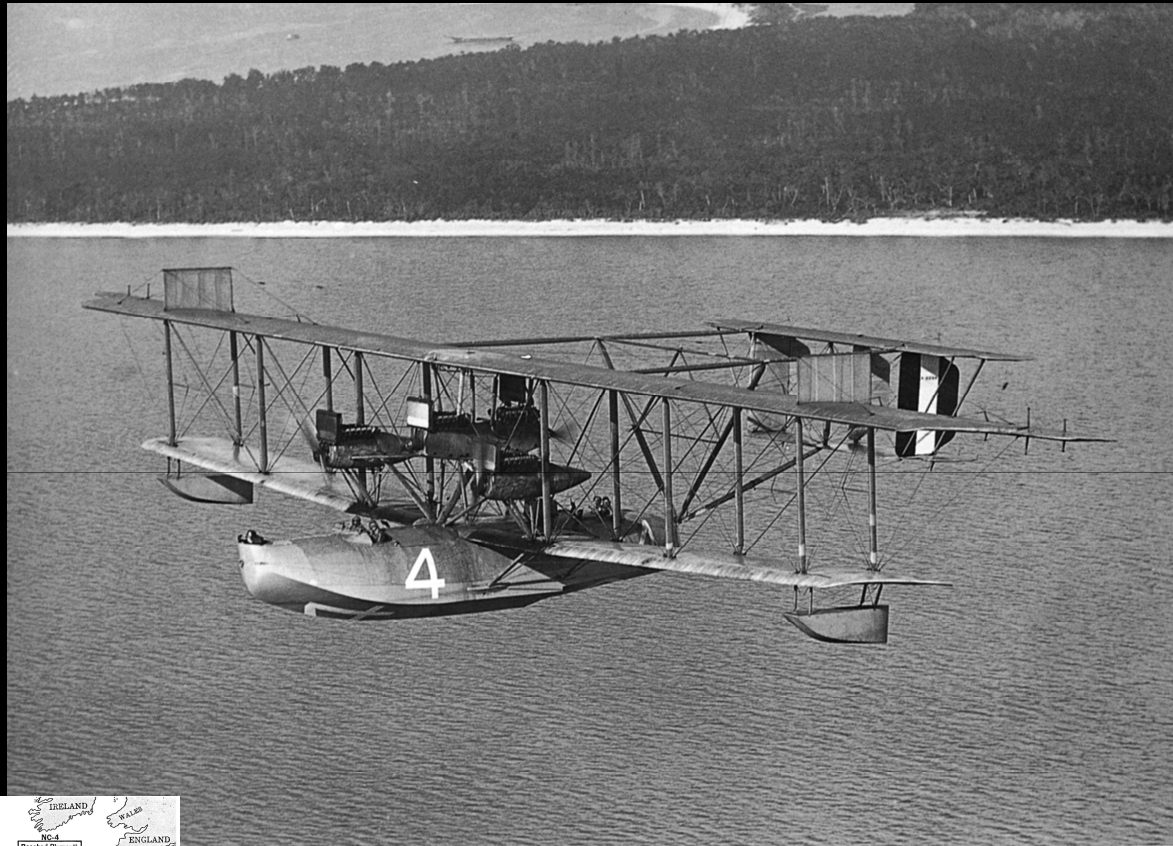
- **Henri Fabre** construit le **premier hydravion** (que l'on appelait un "aéroplane marin") et réussit le **28 mars 1910** le premier décollage sur l'eau, à l'étang de Berre.

Le train d'atterrissage... ou d'amerrissage ?

- Le **Curtiss NC 4 Cushion**

(Marine américaine
vitesse = 155 km/h)

Le 16 mai 1919, trois hydravions de ce type quittent Terre Neuve, en direction de l'Europe. Ce vol militaire en plusieurs étapes passe par les Açores et les Canaries..



Un seul atteindra son but, Lisbonne le 27 mai, puis Londres le 17 juin. Il est piloté par **Albert C. Read** et son copilote **Walter Hinton**... assisté par cinq membres d'équipage (PLUS les bateaux ravitailleurs).

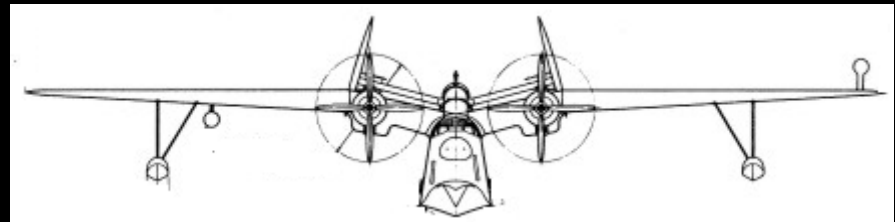
Cette traversée de l'atlantique s'effectue 8 ans AVANT Lindbergh.

Le train d'atterrissage... ou d'amerrissage ?

- Hydravion type :
Martin PBM-5S Mariner



... qui présente aussi la particularité
d'avoir des **ails de mouettes**



Le train d'atterrissage.



- Le patin d'atterrissage(*) sur l'avion fusée X-15 détenteur de records de vitesse et d'altitude.
- (*) *Inauguré par les frères Wright en 1903 !*

Le train d'atterrissage.



- Avec des skis si la situation météo et géographique le permet

Le train d'atterrissage.



- ... ou l'exige (*Hercules C130 en mission scientifique en antarctique*)

Atterissage ou décollage ?

- Regarder les volets et la position...

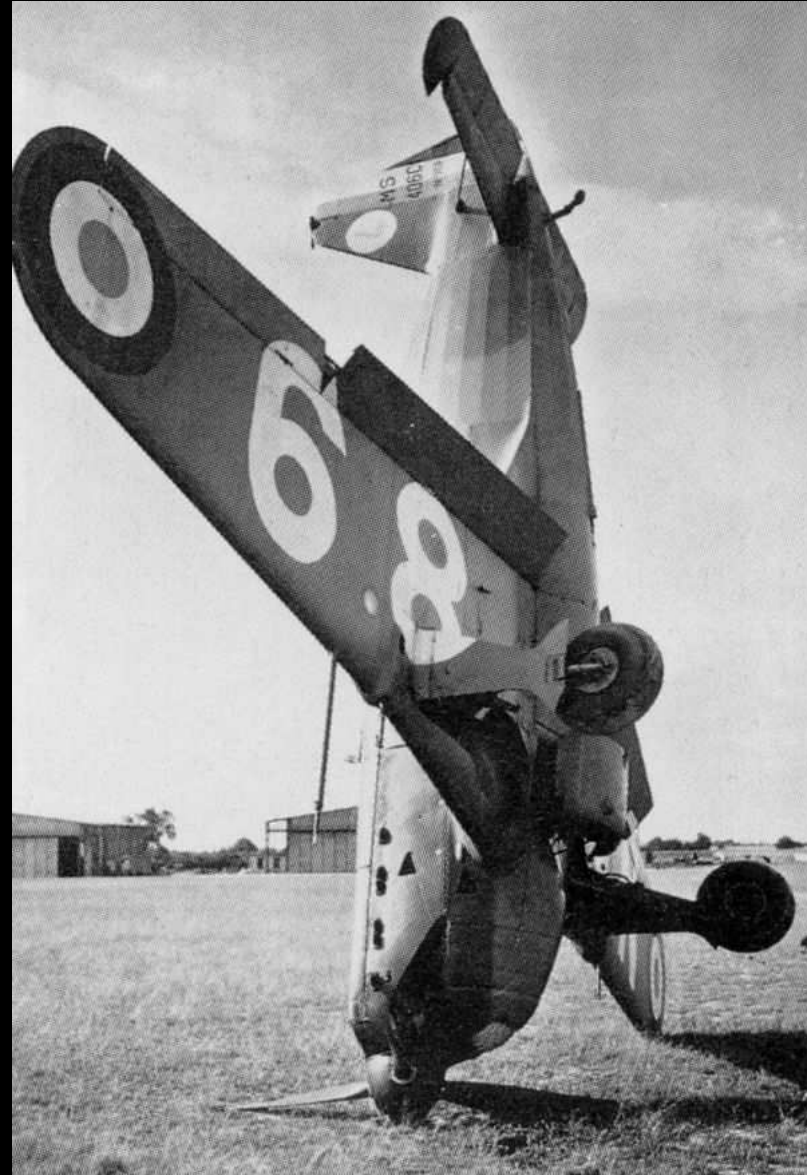






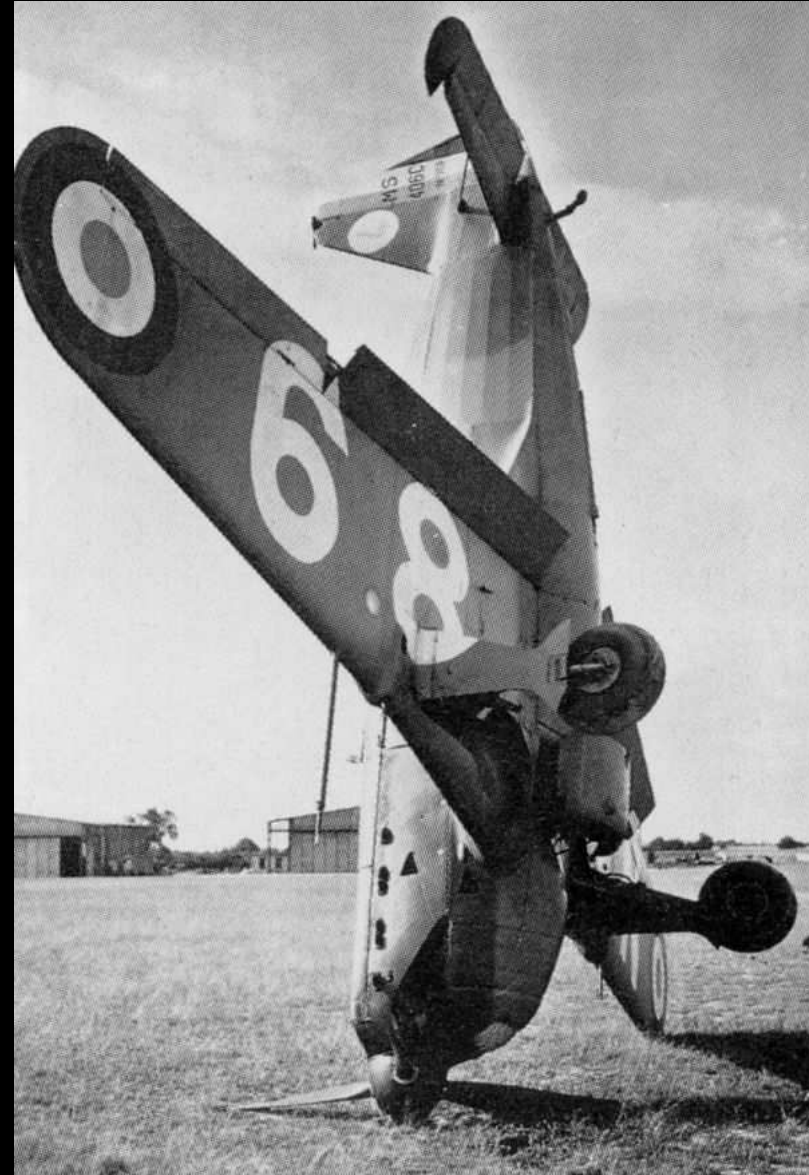
Le train d'atterrissage.

- La mise en pylône est plus fréquente sans roulette avant...



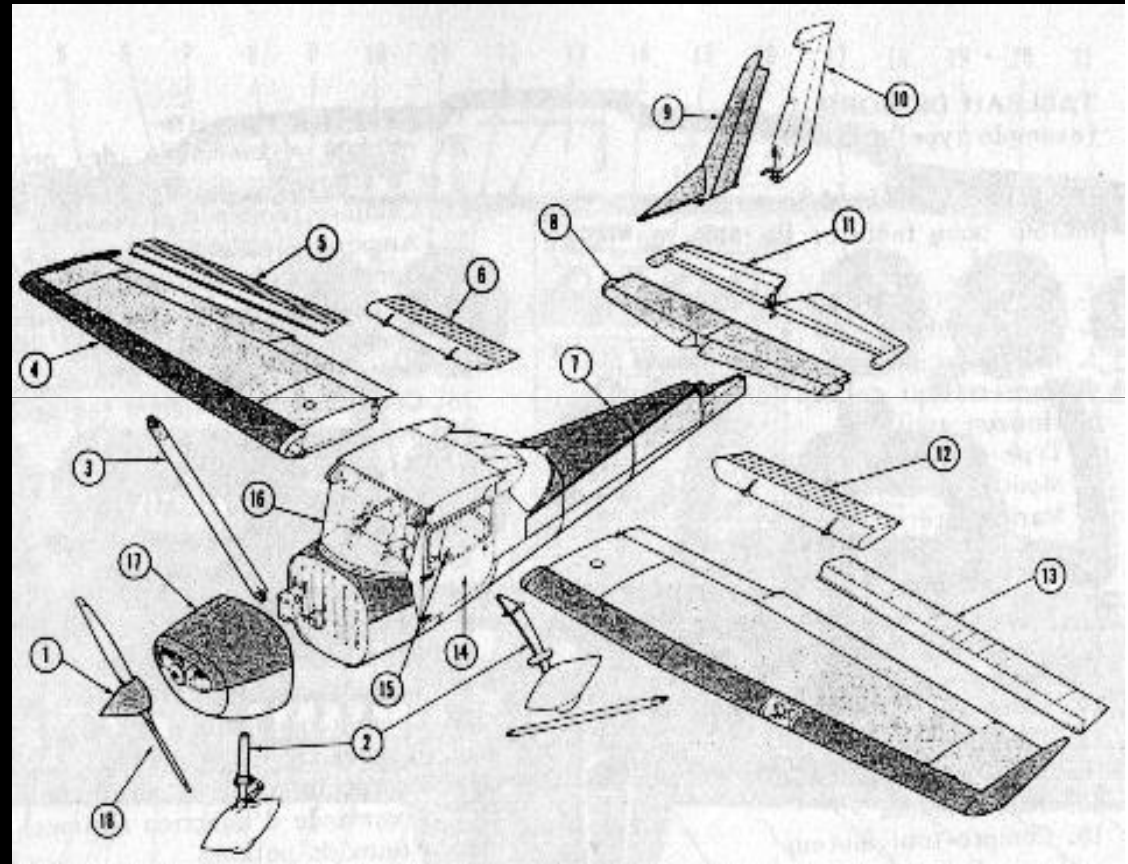
Le train d'atterrissage.

- Pour les « petits avions » le choix se situe entre classique et tricycle...



Description de l'avion.

- 1. Casserole
- 2. Train d'atterrissage
- 3. Hauban
- 4. Aile
- 5. Aileron droit
- 6. Volet droit
- 7. Fuselage
- 8. Plan fixe horizontal
- 9. Dérive et carénage
- 10. Gouvernail de direction
- 11. Gouvernail de profondeur
- 12. Volet gauche
- 13. Aileron gauche
- 14. Porte
- 15. Siège
- 16. Pare-brise
- 17. Capot moteur



F 16 becs sortis...



McDonnell F-4 (*Phantom II*) .



- Becs
- Profondeur
- Dièdre
- Parachute

North American F-86 Sabre.



Biplan (1937) : Gloster SS.37 Gladiator.



Mig 17.



- Empennage en croix.
- Amélioration de l'écoulement sur les ailes.

Mirage 2000.



- Ailes DELTA avec becs.
- Profondeur et ailerons sur le même bord de fuite.
Perche ravitaillement

Mirage F 1



- Ailes classiques avec becs et ailerons sortis.

Mirage F 1



- Remarquer le décrochement sur les ailes.

Lockheed F-22 Raptor.



- Ailes, empennage, tuyère vectorielle...

Cap 231 Ex de Renaud Ecale

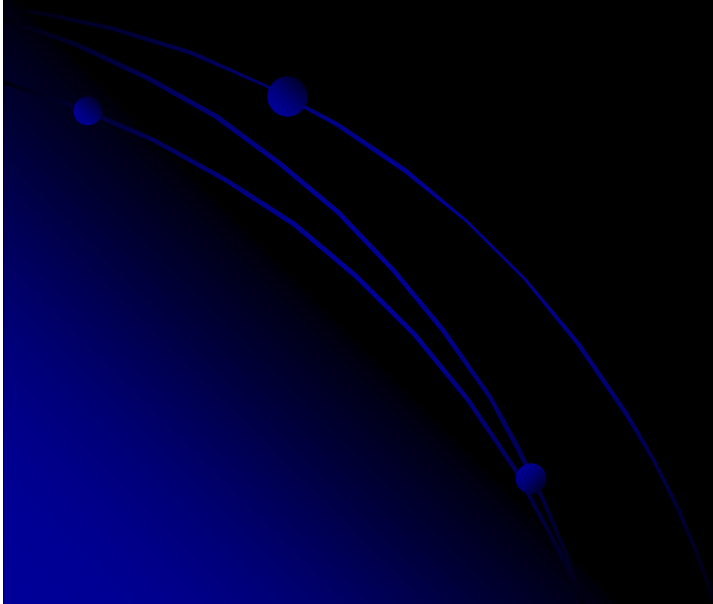


- Ailes basses droites et trapézoïdales. Profil biconvexe symétrique
- Train classique.
- Noter les gouvernes surdimensionnées les aides dans l'espace et en manœuvre (compensateurs d'effort).

Cap 231 Ex de Renaud Ecalle



Cap 231 Ex de Renaud Ecalle



Eurofighter



- Canard, delta
- Biréacteur

Eurofighter à basse vitesse ...



- Becs sortis
- Turbulences de sillage.

Bonanza

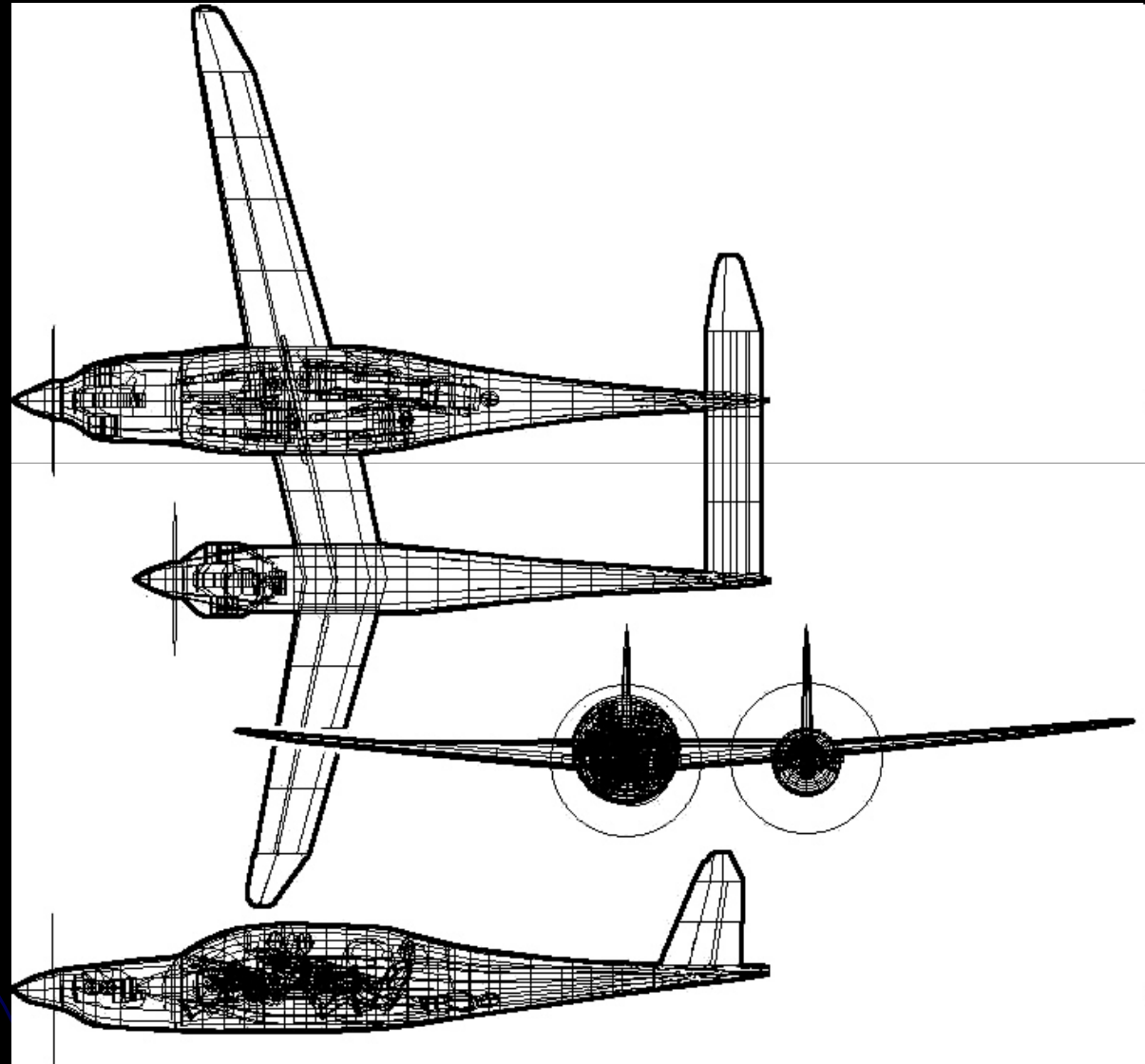


Richard FERRIERE

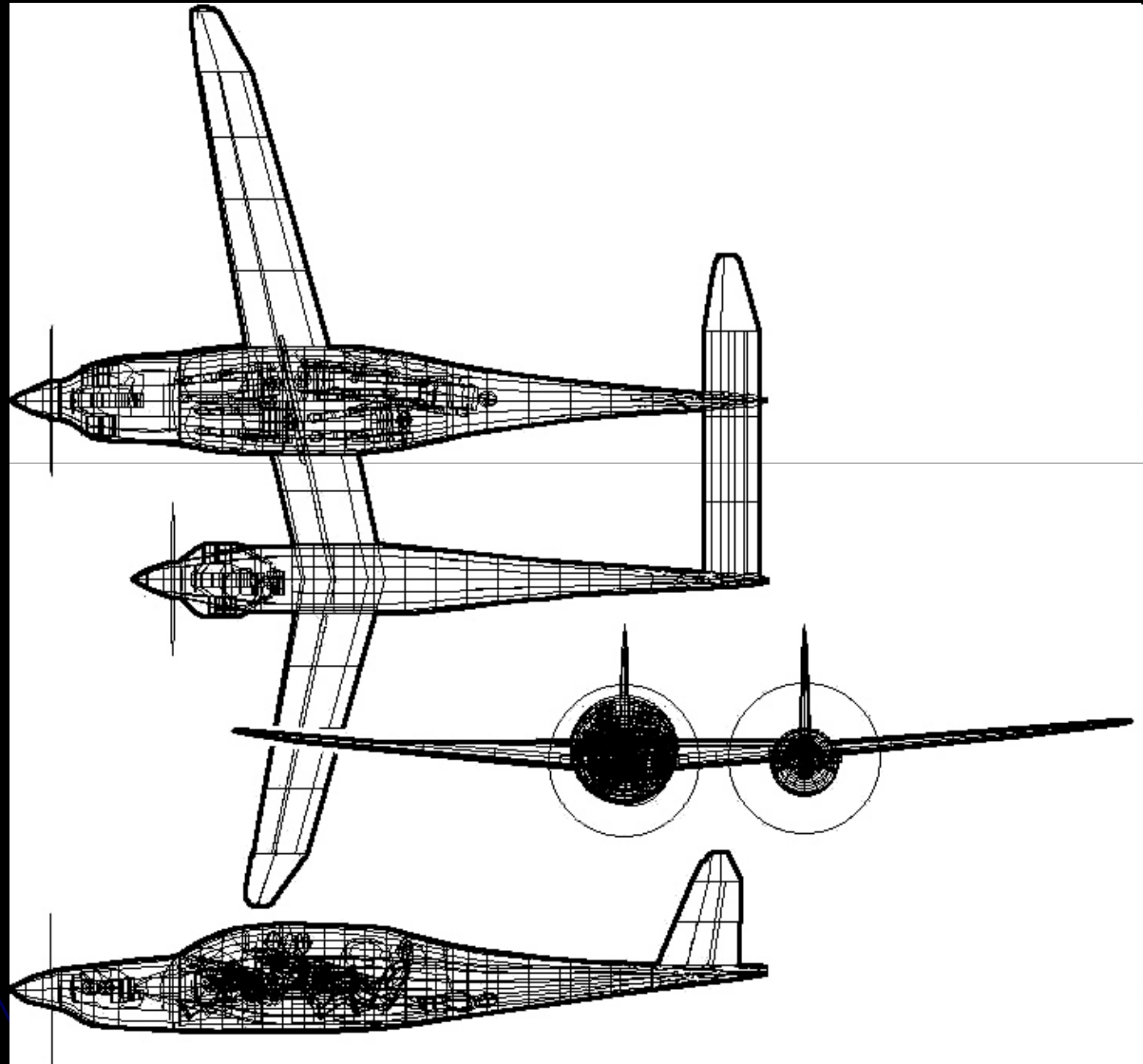
Boomerang (*Rutan !*).



Boomerang (*Rutan !*).



Boomerang (*Rutan !*).



Boomerang (Rutan!).



BV 141...



F 16 becs
sortis...

Le pilote
aussi...



Hydravion Catalina...



F4 U « Corsair »



Beriev Be 12



F ...



F 82 Twin Mustang.



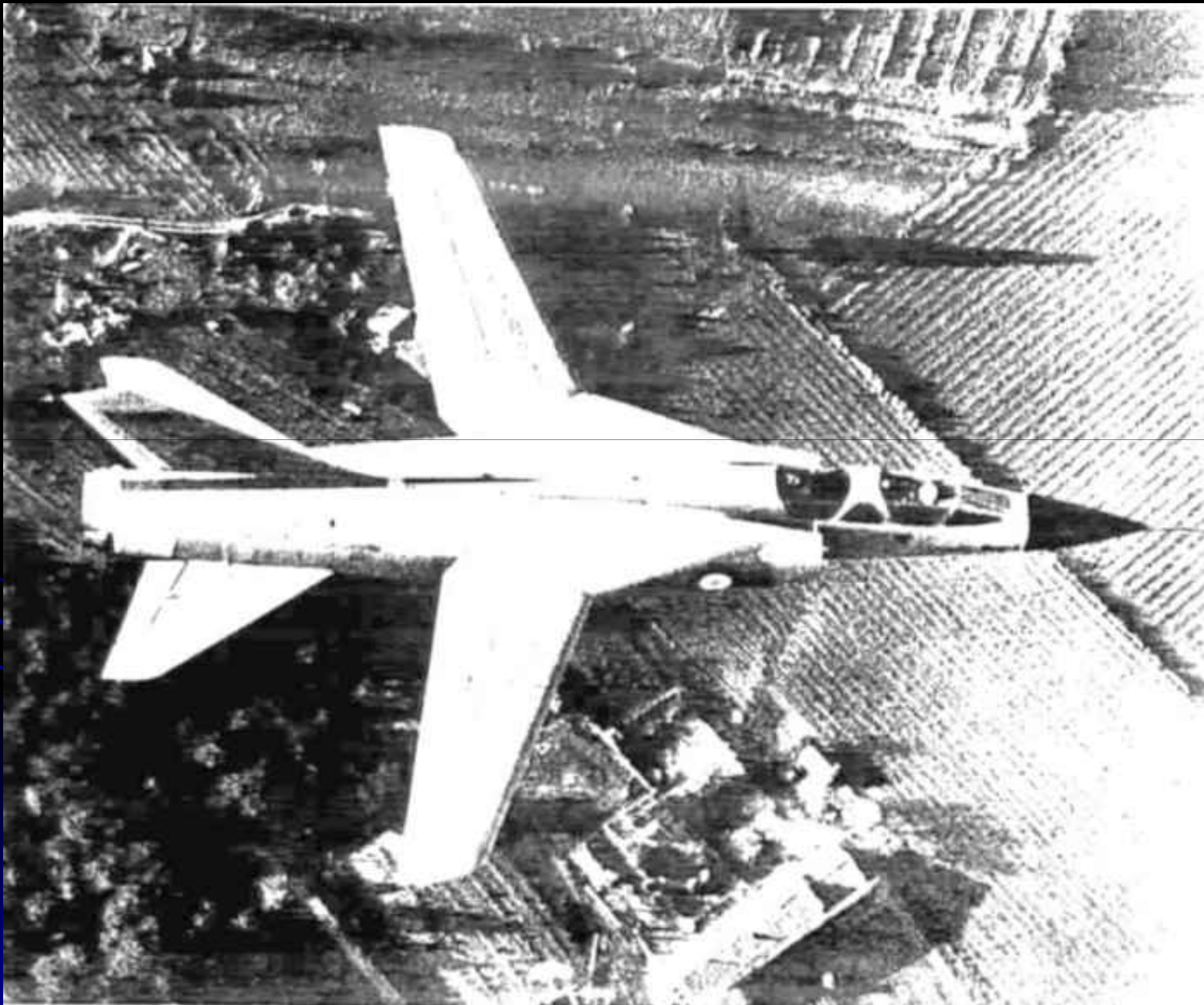
Volets à fente sortis



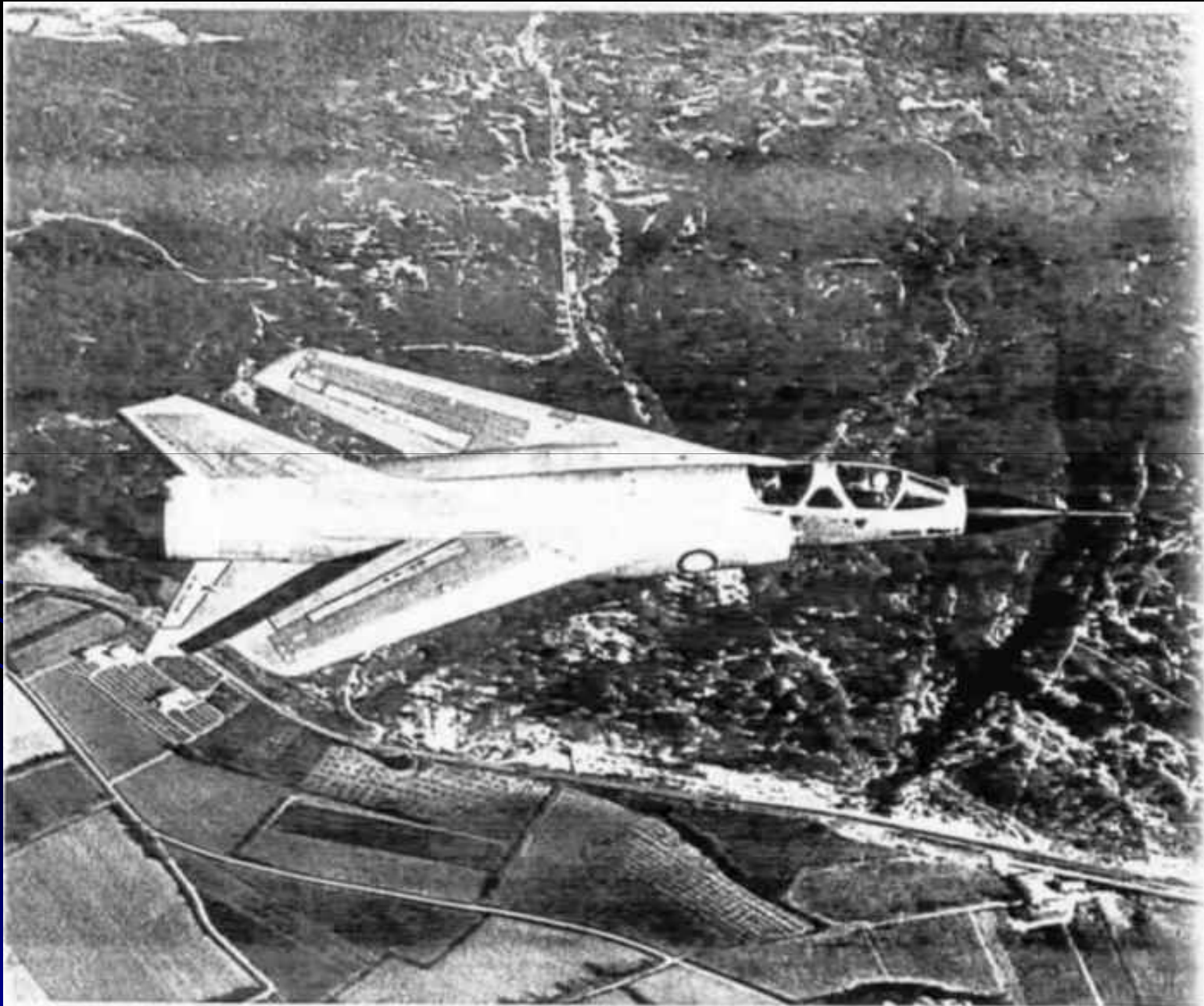
MiG 8



Mirage G vitesse lente.



Mirage G vitesse rapide.



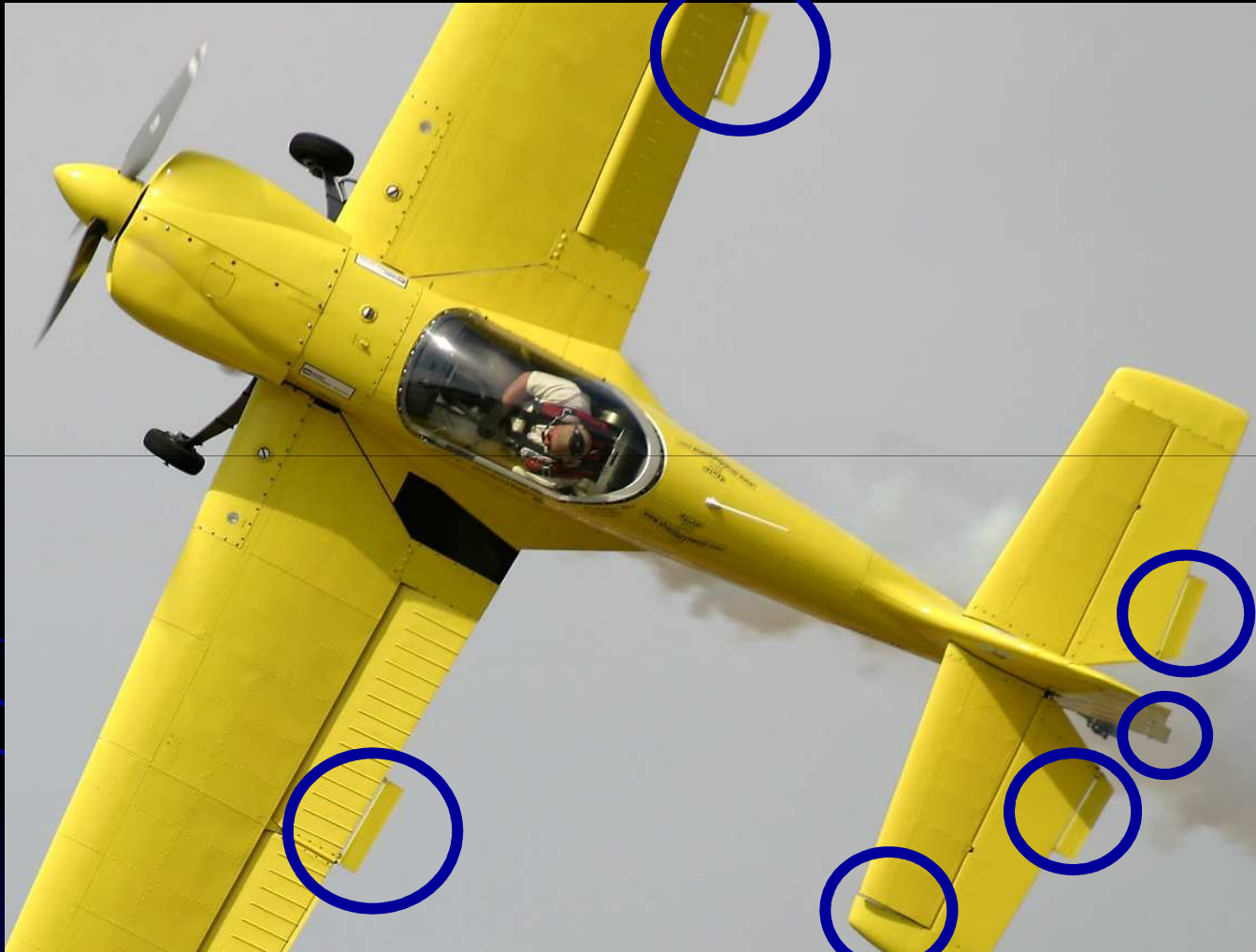
Drone : prédateur 1



Drone : reaper 7.



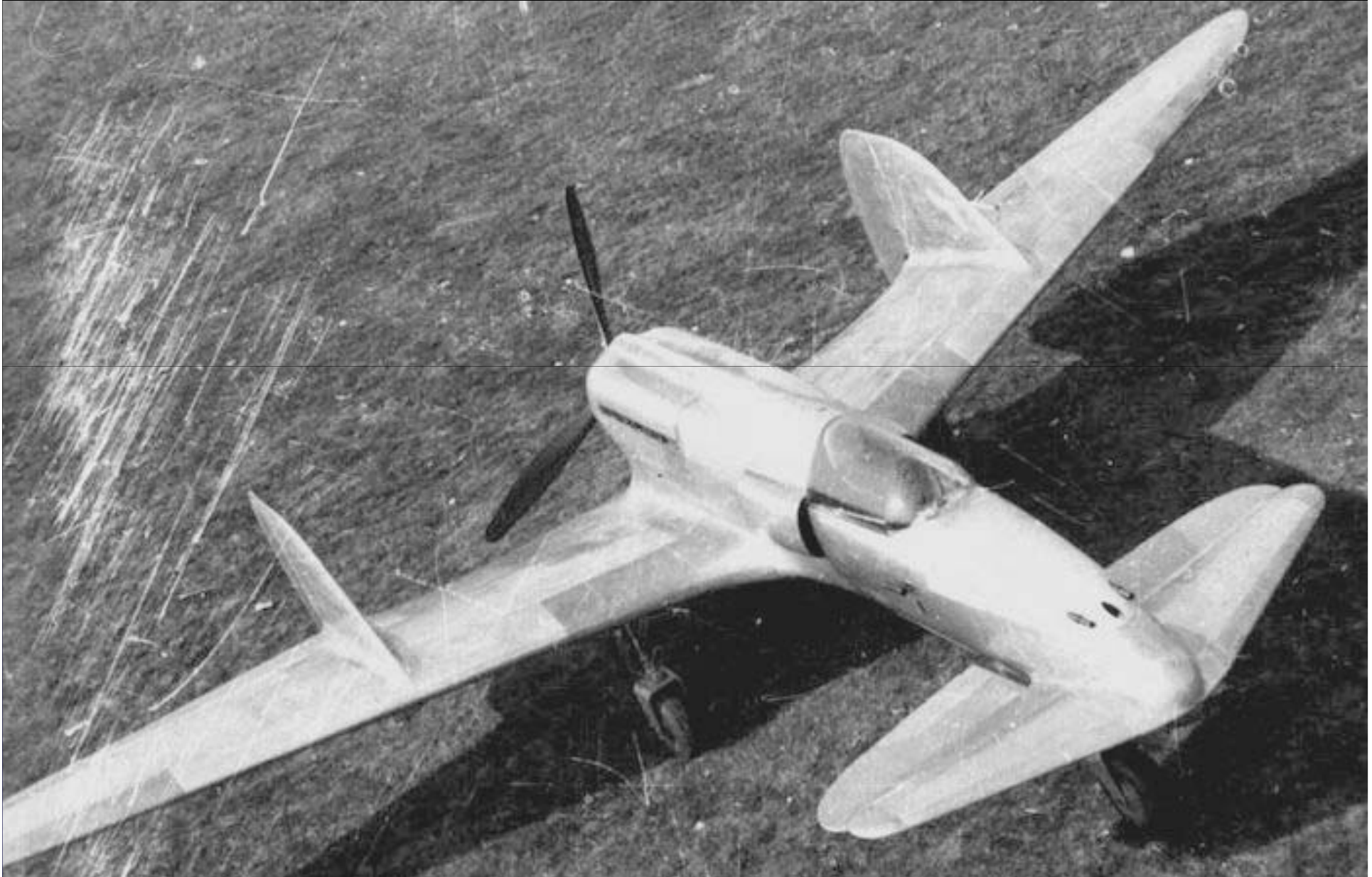
Compensateurs.



Sea Vixen.



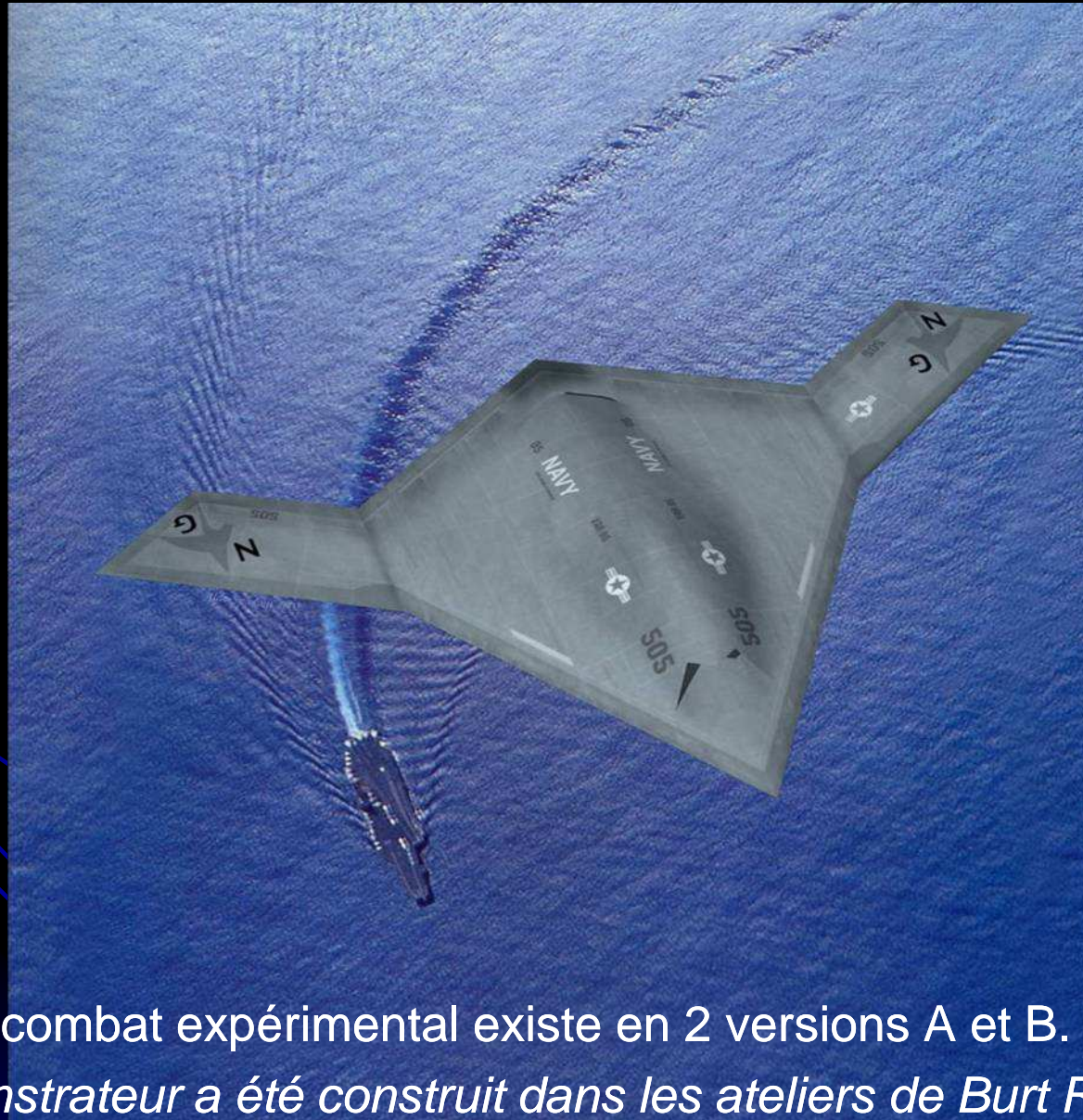
SS4 – *Quel est le bon sens ?*



F 4U...

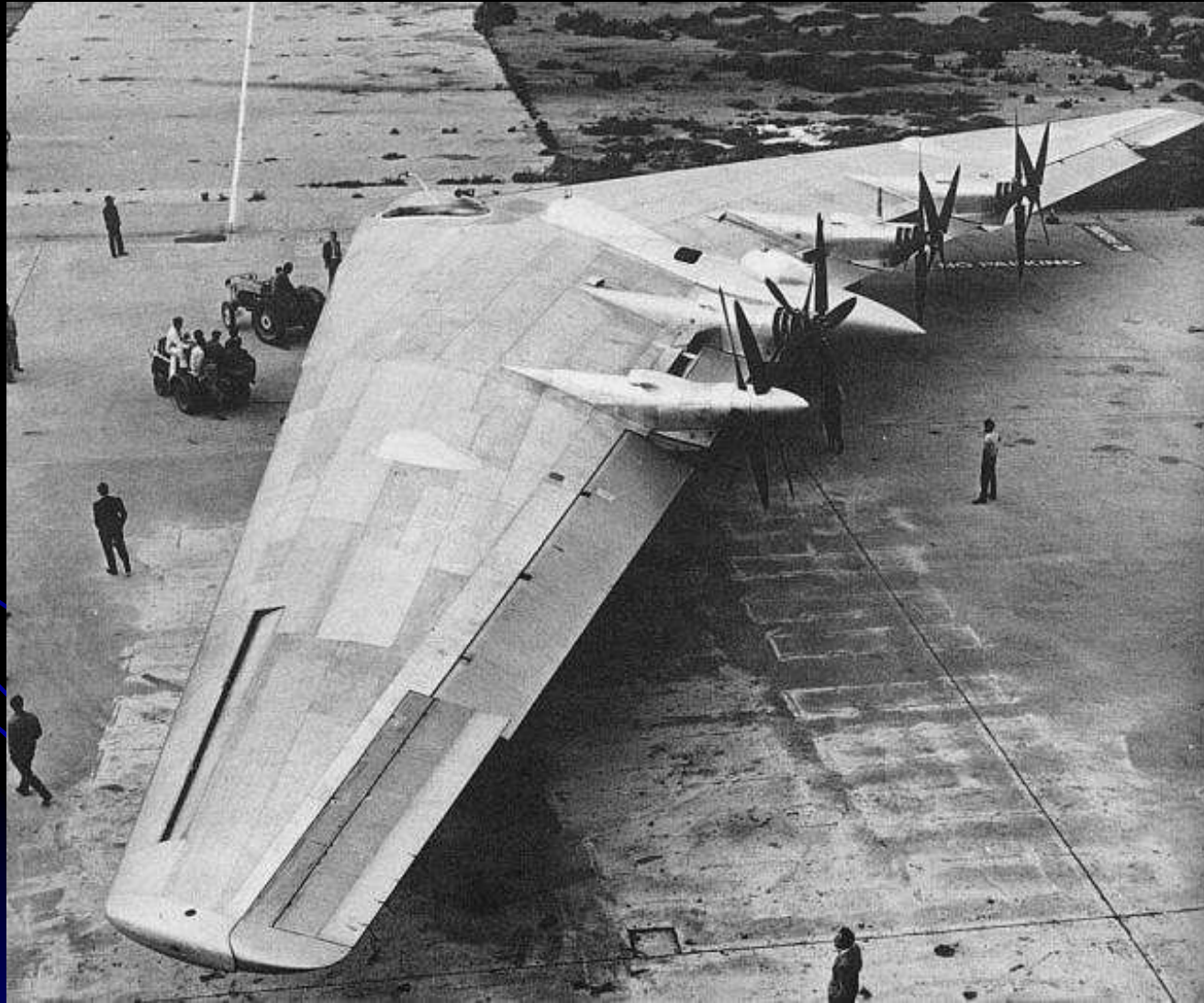


X 47 B



- Drone de combat expérimental existe en 2 versions A et B.
- *Ce démonstrateur a été construit dans les ateliers de Burt Rutant (!!!) mais la vue ci-dessus est une « vue d'artiste ».*

XB 357



Spaceshipone



Bourane en test.



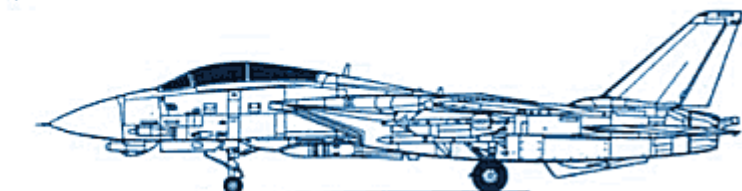
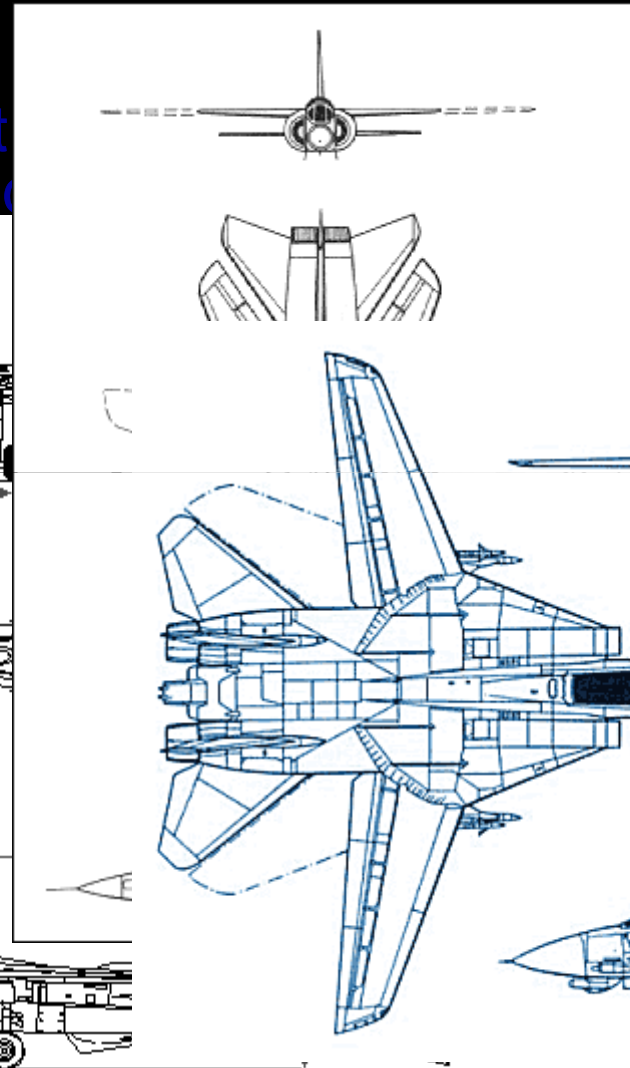
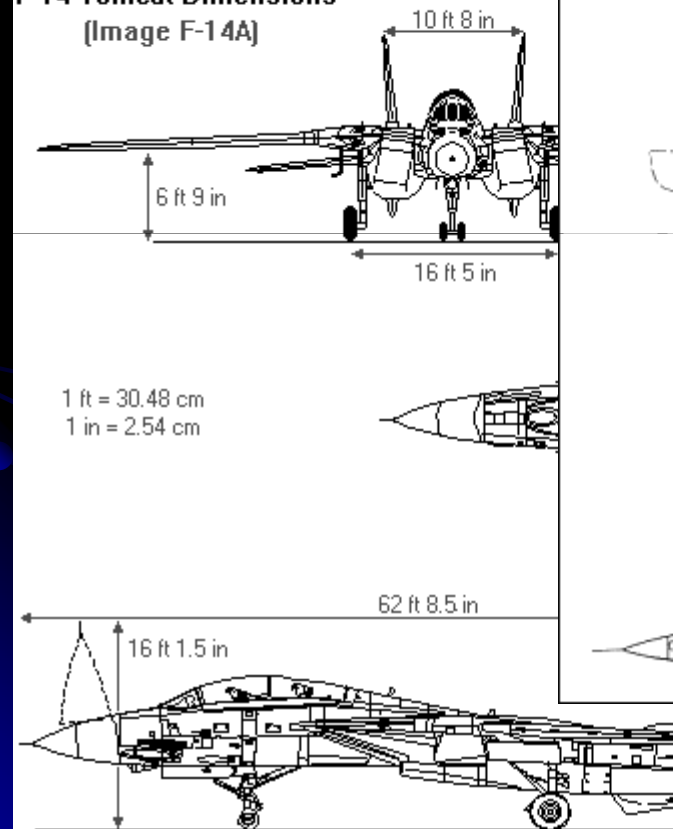
A 10...



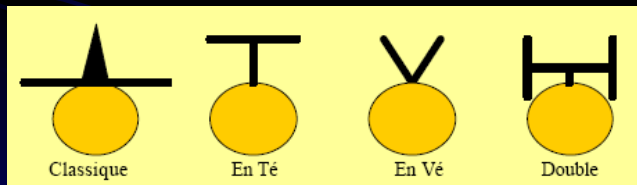
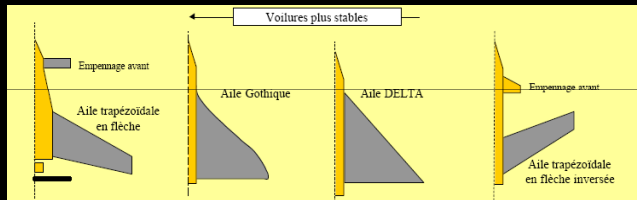
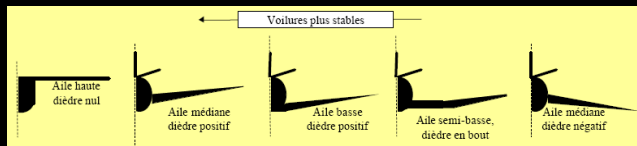
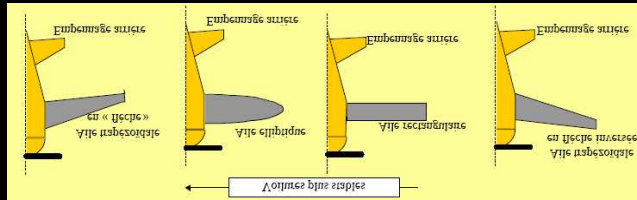
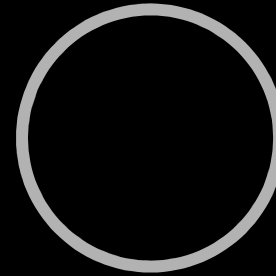
Ailes à géométrie variable

- Il est intéressant de disposer d'ailes à géométrie variable

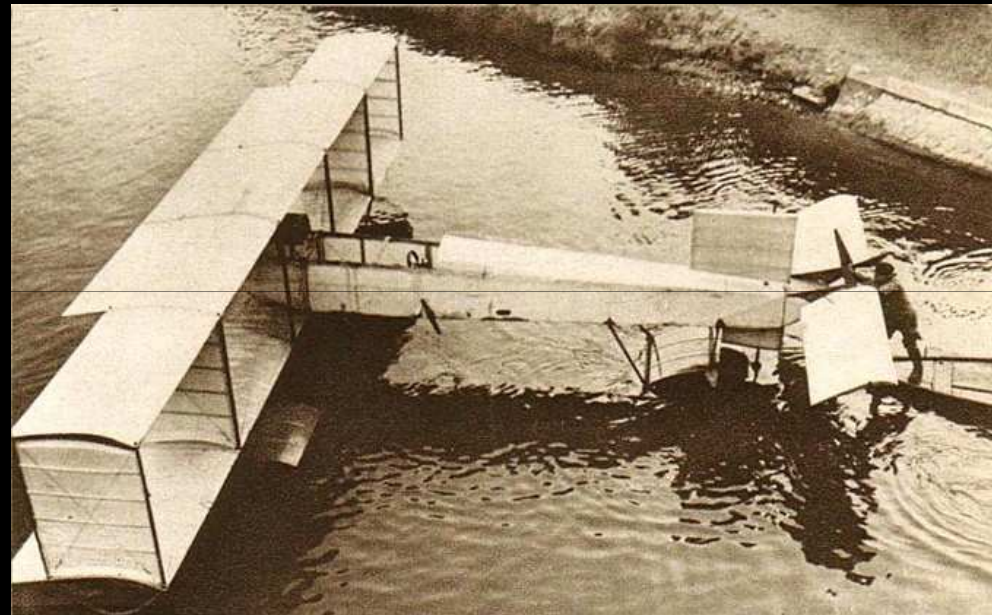
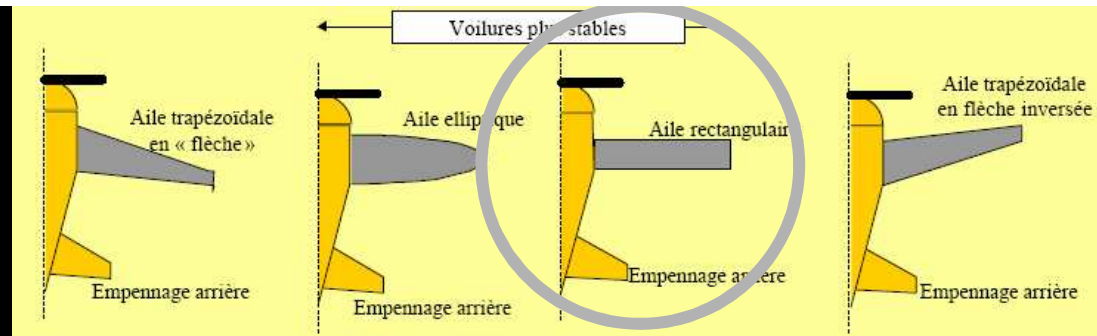
F-14 Tomcat Dimensions
(Image F-14A)



Ailes



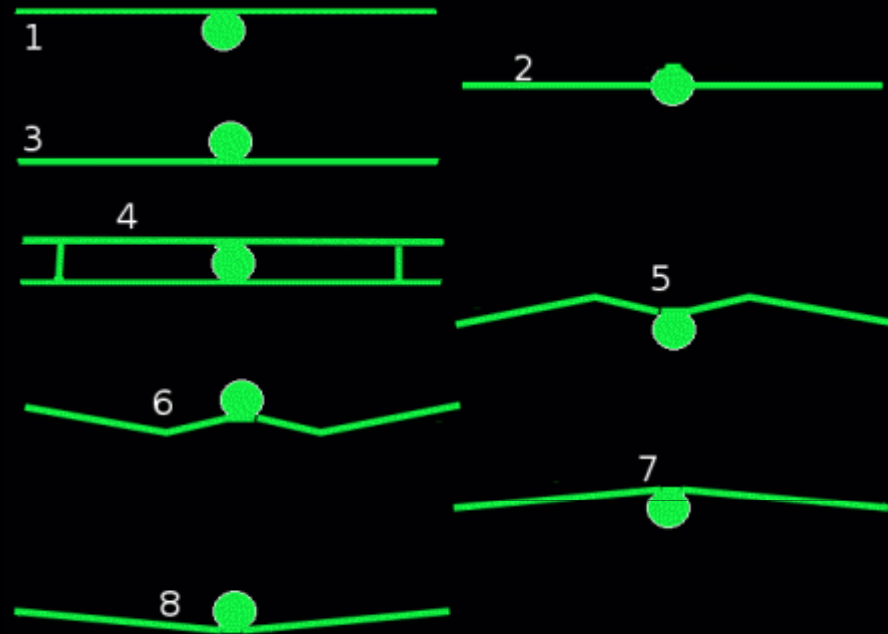
Ailes



- Bell X1 A
- Hydravion canard Voisin de 1912

Positionnement des ailes.

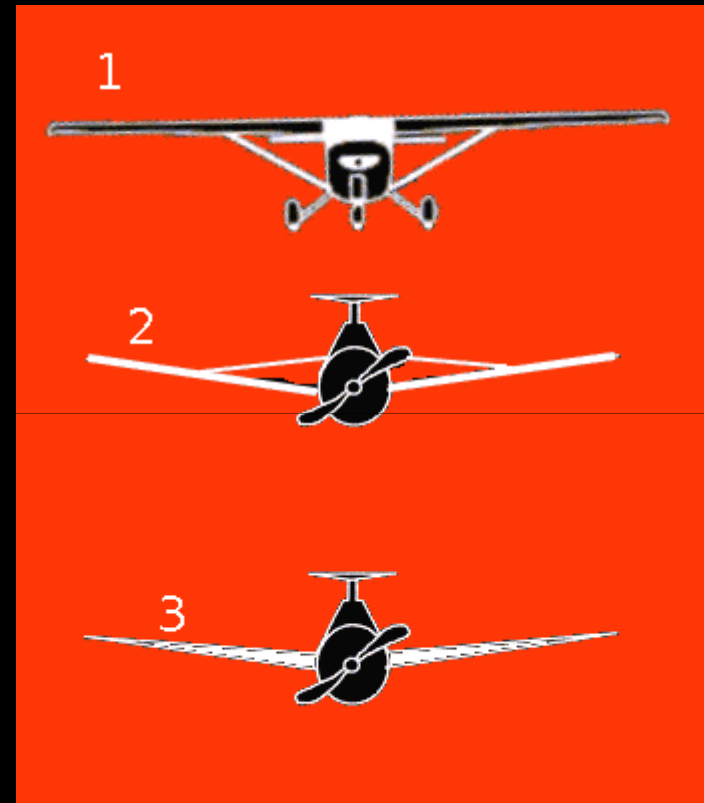
- Les ailes sont soumises à des contraintes énormes, tant en flexion qu'en torsion. Leur structure doit donc tenir compte de ces faits, et présenter une rigidité maximum. On peut "classer" les types d'ailes d'après leur position et leur forme transversale.



- Aile haute (1), aile mediane (ou moyenne) (2), aile basse (3), biplan (4), aile en M (5), surtout pour les hydravions, en plaçant les moteurs au niveau le plus haut sur les ailes pour les éloigner des projections d'eau, aile en W (6), (F4 Corsair, Junker Stuka), pour permettre, en plaçant le train d'atterrissage au point le plus bas, d'augmenter la garde au sol, et permettre l'emploi d'une hélice plus grande, en dièdre négatif (7), en dièdre positif (8). Il y a des ailes qui ont besoin d'un soutien (1), et (2), et d'autres dont la structure interne suffit à les maintenir en position (3), on les appelle: **ailes cantilever**.

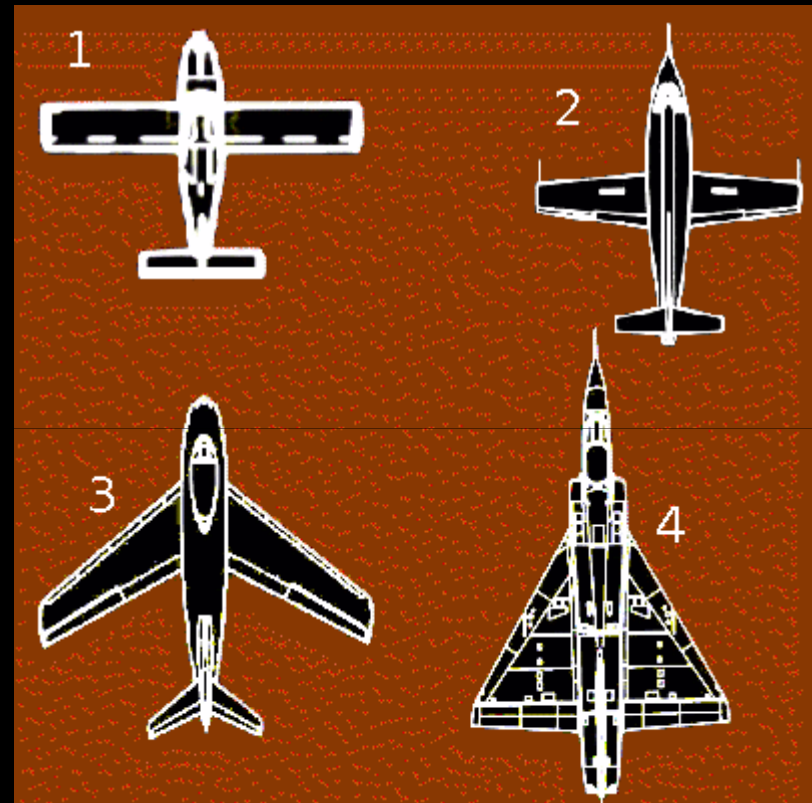
Rigidité ou soutien des ailes.

- Il y a des ailes qui ont besoin d'un soutien (1), et (2). Elles sont reliées au fuselage par des **haubans**
- et d'autres dont la structure interne suffit à les maintenir en position (3), on les appelle: **ailes cantilever**.



Forme des ailes.

- Aile droite (1),
- Aile trapézoïdale (2),
- Aile en flèche (3),
- Aile delta (4).



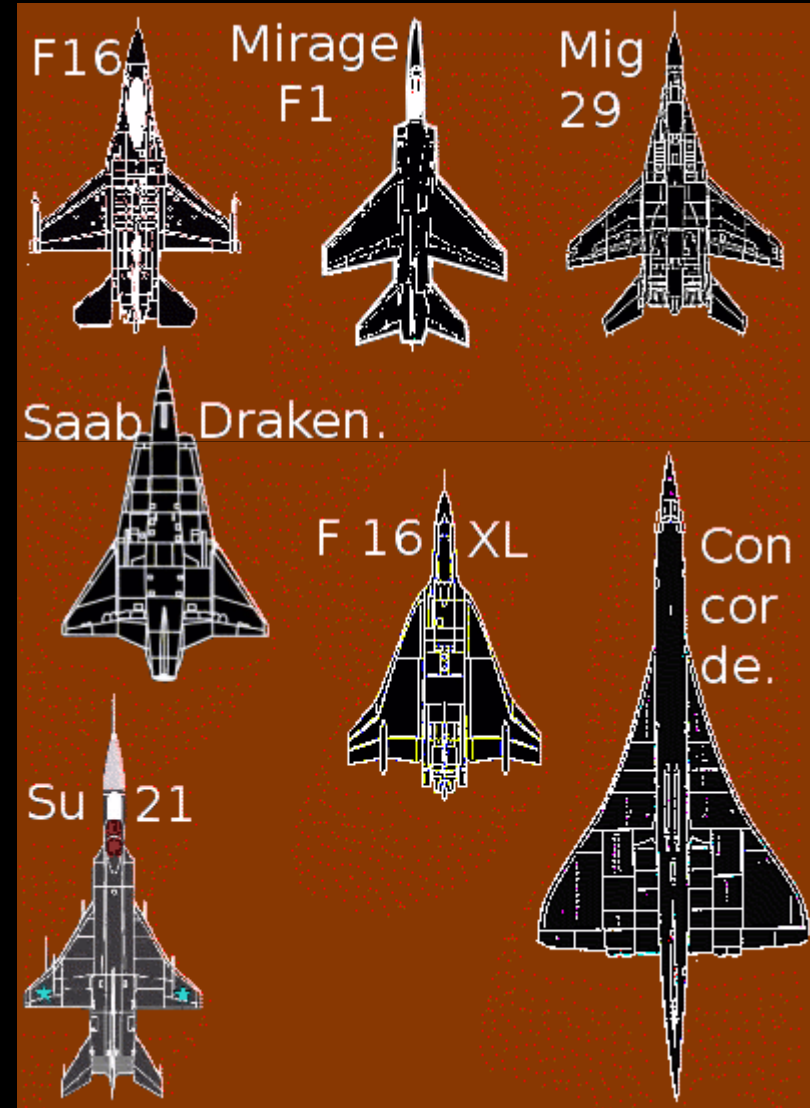
Forme des ailes.

- Les avions de combat utilisent souvent des ailes qui peuvent être considérées comme des dérivées de l'aile trapézoïdale, ou de l'aile delta. En effet, les ailes de F16, de mirages F1, ou de Mig 29 peuvent être vues comme des ailes trapézoïdales dont le bord de fuite a été "redressé" pour être perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'avion, ou à des ailes deltas dont l'extrémité a été recoupée.



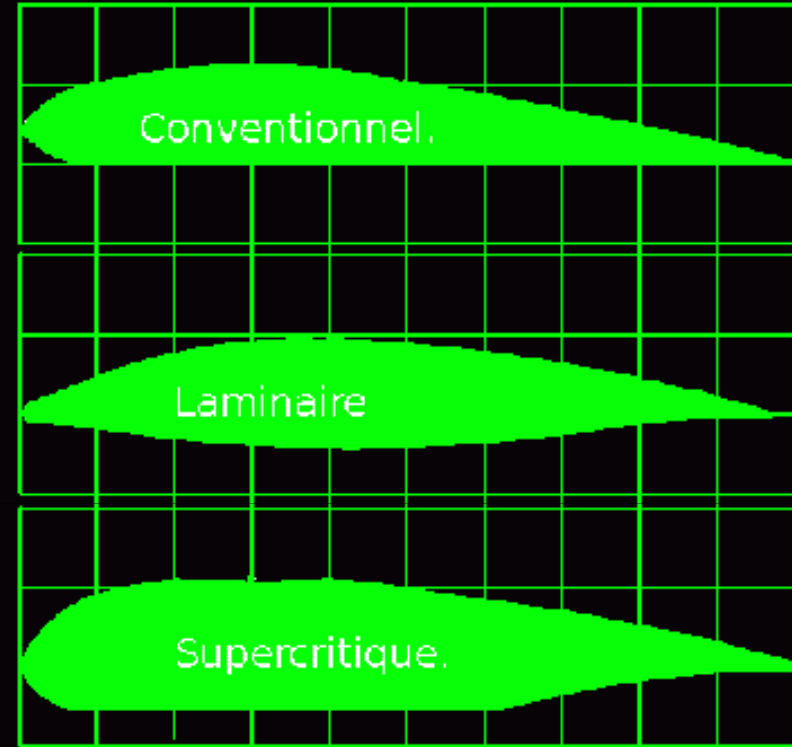
Forme des ailes.

- D'autres avions utilisent d'authentiques dérivées de l'aile delta; le "double delta" (Saab draken, Sukhoï 21), (on dit: double delta, car l'angle de la flèche d'aile varie après une sorte de "cassure") et le delta ogival ou aile ghotique (concorde). Ces deux dernières variantes ont l'avantage d'être génératrices de très puissants vortex générateurs d'un surcroît de portance, et d'être capables d'atteindre de très grands angles d'attaque sans décrocher. Sur les avions de type F16 ou Mig 29, ce sont les apex qui sont à l'origine de la formation de vortex.
- L'aile du F16 XL tenant à la fois du double delta, et du delta ogival (ghotique).



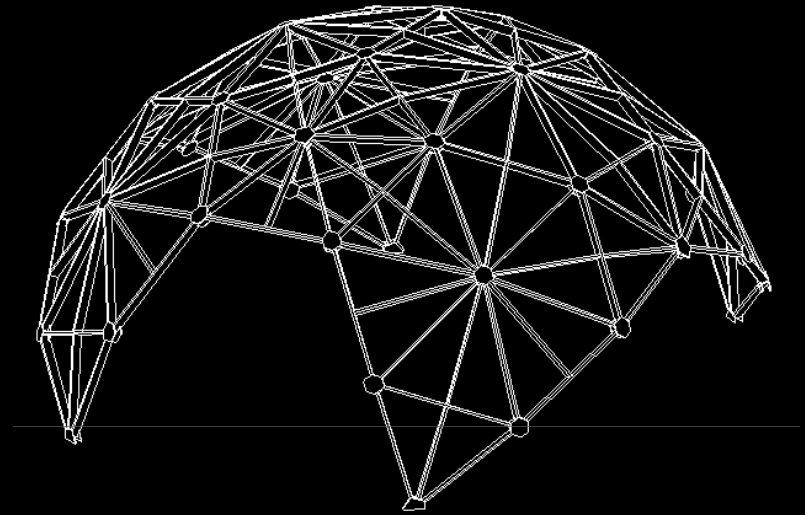
Profils d'aile.

- Le profil **classique**, qui met plutôt l'accent sur la portance; il est bombé au dessus (*extrados*), et quasiment plat en dessous (*intrados*).
- Le profil **laminaire**, sensé favoriser un écoulement laminaire (*donc non turbulent*) sur une plus grande plage, et par conséquent, diminuer la traînée aérodynamique. C'est un profil biconvexe.
- Le profil **supercritique**, plus épais, et présentant une zone quasiment plate sur l'extrados. Il permet un plus grand emport de carburant dans les ailes, et est bien adapté aux avions volant en haut subsonique, car ce type de profil limite les instabilités liées au Mach critique (*apparition de zones soniques ou supersoniques sur les ailes, et donc d'ondes de choc bien avant Mach 1*).



Structure d'un avion.

- Le profil **classique**,
- Le profil **laminaire**,



- La **structure géodésique**, très complexe a mettre en œuvre a été abandonnée

Les ailes

Bord de fuite

Saumon / penne

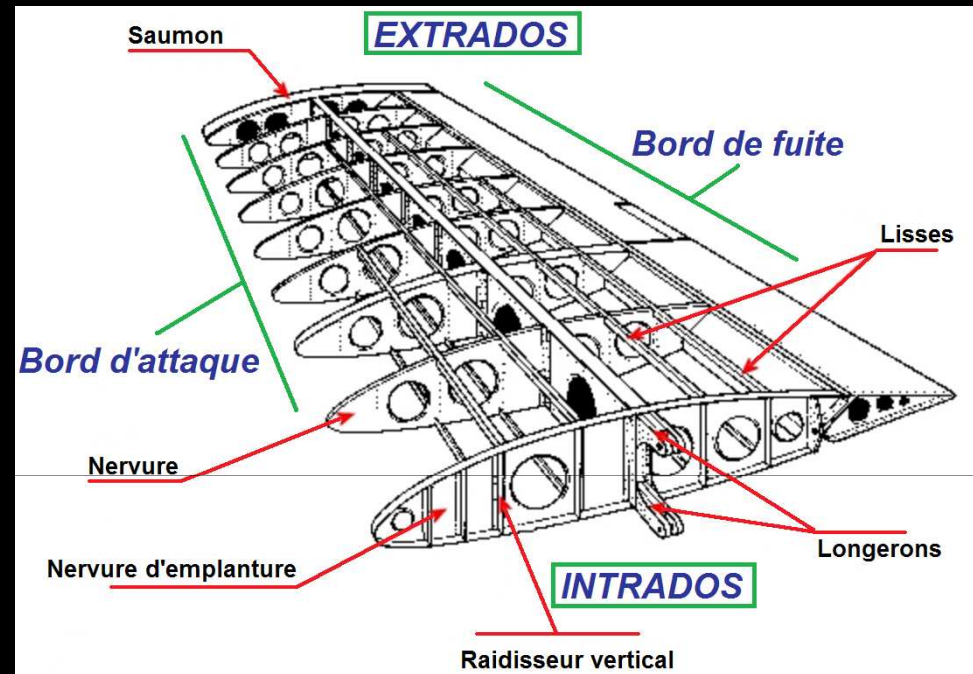
Bord d'attaque

EMPLATURE



Structure d'une aile d'avion.

- Le profil **classique**,
- Le profil **laminaire**,

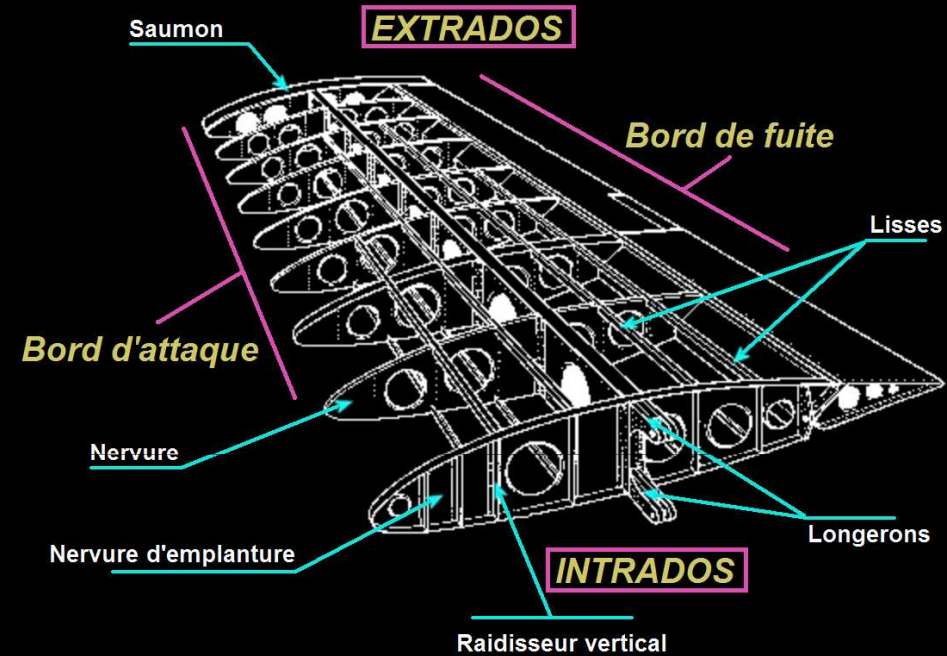


- La **structure géodésique**, très complexe a mettre en œuvre a été abandonnée

Structure d'une aile d'avion.

- Le profil classique,

-



- La