

AEROTECHNIQUE AVION (EA)

Nom :Prénom : Mle : Note :

Instructeur : F.LAHLOU

Visa :

TEST N°2 CELLULE

QUESTIONNAIRE

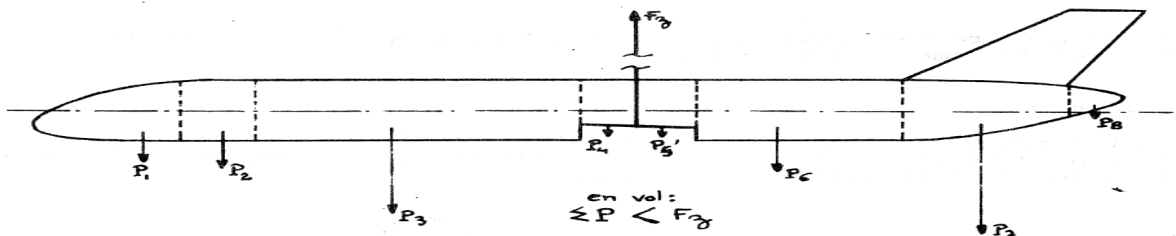
QUESTION N°1 :

Donner en illustrant par des figures les contraintes (contraintes sur une section de fuselage) que subit **la structure de fuselage** lors des phases : croisière et virage stabilisé.

a) en croisière :

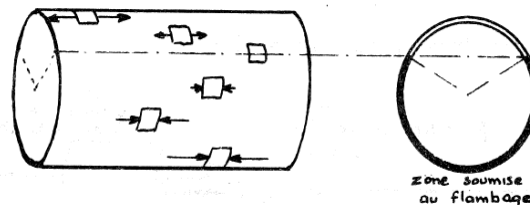
1. Flexion verticale

Le fuselage se comporte, en vol, comme une poutre suspendue à la voilure.



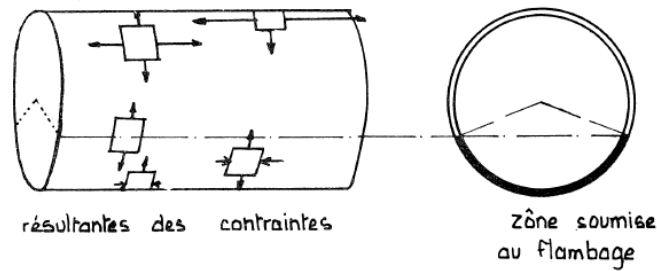
Le fuselage est donc soumis, sous l'action de son poids à une flexion verticale qui engendre des **contraintes de traction à la partie supérieure** et des **contraintes de compression à la partie inférieure** par le moment fléchissant.

Cette compression crée **un risque de flambage** du revêtement dans la partie inférieure. L'effort tranchant engendre une contrainte de cisaillement faible.



2. Efforts dus à la pressurisation

Il apparaît des contraintes de traction longitudinales et transversales. Ces contraintes dues à la pressurisation s'ajoutent à celles dues au poids.



La résultante peut être nulle ou inversée.

Dans la partie inférieure du fuselage, la zone instable soumise à la compression est diminuée mais il existe toujours une contrainte critique de flambage.

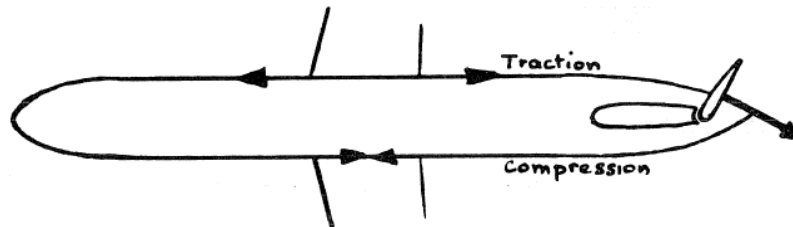
Il est donc nécessaire de raidir la coque (lisses, couples, cadres), les traverses de plancher ainsi que les montants sont utiles.

b) en virage stabilisé :

Flexion horizontale

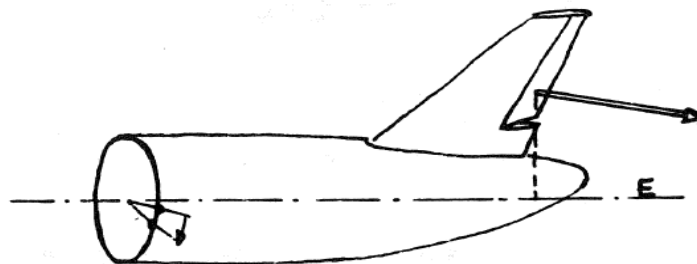
La manœuvre de la gouverne de direction provoque la flexion horizontale du fuselage.

Il en résulte des contraintes de **traction** d'un côté du fuselage et des contraintes de **compression** de l'autre.



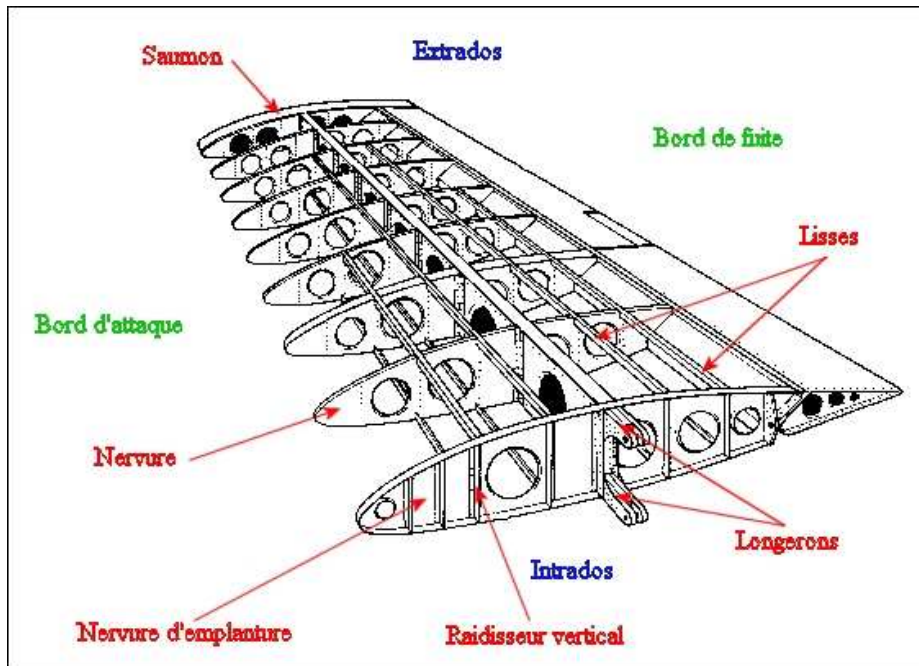
Torsion

La torsion du fuselage est également provoquée par la manœuvre de la gouverne de direction : le point d'application de la force aérodynamique est loin de l'axe élastique du fuselage



QUESTION N°2 :

Construction d'une **voilure classique** : faites un schéma descriptif de cette conception ?



Les nervures donnent à l'aile une forme très spécifique : son profil.

Les longerons sont les pièces les plus solides d'une aile. les nervures viennent s'y fixer et les fixations de l'aile au fuselage y sont incorporées, au niveau de l'emplanture .

Les lisses sont semblables aux longerons mais n'ont qu'un rôle de renfort.

Page 57 sur votre manuel MERMOZ

QUESTION N°3 :

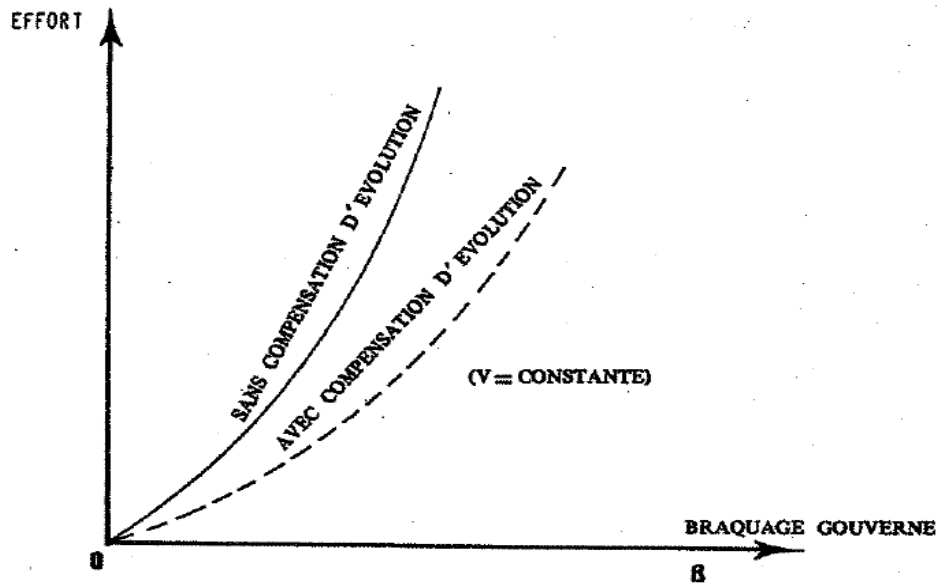
- Quelles sont les différentes compensations sur les commandes de vol que vous connaissez :
 - a- représentation synoptique de chacune.

But : Les compensateurs, servent à réduire les efforts exigés par la manœuvre des gouvernes, de façon à diminuer la fatigue du pilotage.

Ils sont classés en deux catégories:

- **Les compensateurs d'évolution ou aérodynamique**, qui permettent de diminuer l'importance des efforts nécessaires pour manœuvrer les gouvernes, lors des évolutions commandées de l'avion.

Les compensateurs de régime, qui permettent d'annuler, au moyen de commandes spéciales, les réactions des commandes de vol, dans les cas de vols stabilisés, nécessitant des positions de gouvernes autres que le neutre aérodynamique (vol avec un moteur stoppé, déplacement du centre de gravité, etc...).



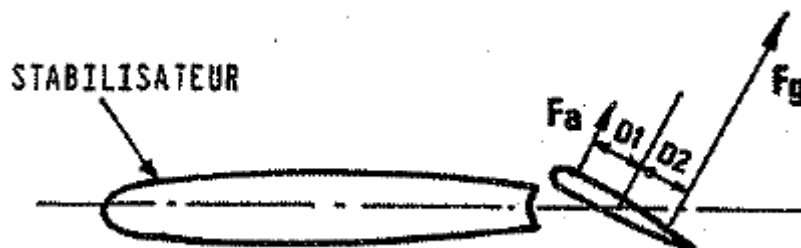
La vitesse et la dimension des gouvernes des avions modernes sont telles que la force musculaire du pilote n'est plus suffisante pour assurer le braquage des gouvernes.

Il est nécessaire d'adjoindre un dispositif de **compensation d'évolution** dont le but est de **réduire l'effort du pilote lors d'une évolution commandée**.

Les dispositifs de compensation utilisés sont des systèmes soit **aérodynamiques (tabs)** soit **hydrauliques (servocommandes)**.

a) Corne ou Gouverne débordante

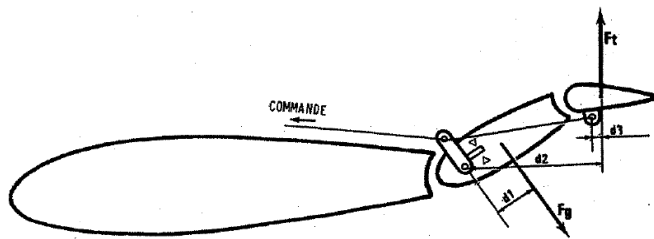
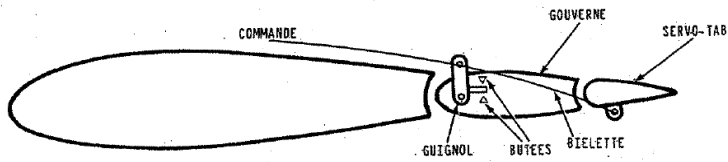
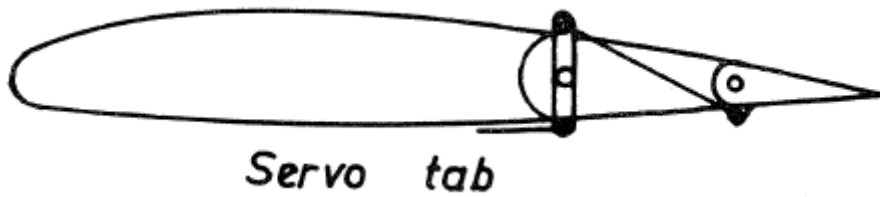
L'effet aérodynamique sur la partie débordante située en avant de l'axe d'articulation compense partiellement les effets aérodynamiques sur la partie située en arrière de l'axe.



b) Servo-tab

Le tab est relié à la commande par l'intermédiaire d'un guignol articulé sur l'axe d'articulation de la gouverne. C'est la force aérodynamique créée par le servo-tab qui provoque le déplacement de la gouverne en sens contraire.

La gouverne en se déplaçant diminue le braquage du servo-tab.

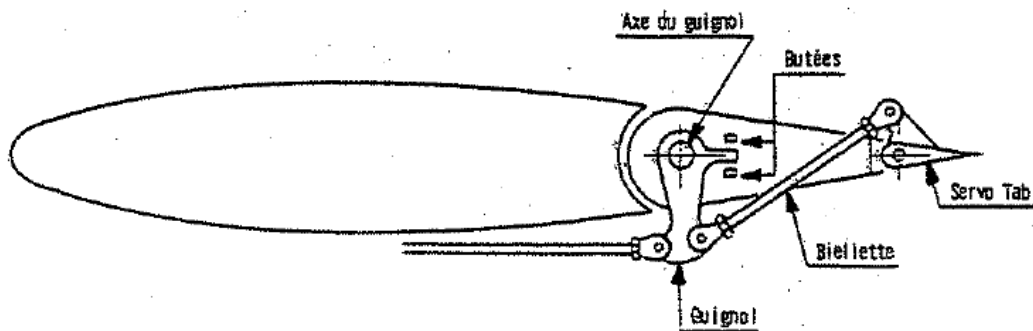


Equation d'équilibre : $F_g \times d_1 = F_t \times d_2$

Remarques :

L'effort à fournir dans la commande correspond au moment de charnière du servo-tab uniquement ($F_t \times d_3$).

Les butées du guignol assurent la sécurité en cas de rupture de biellette. De plus, ces butées rendent possible le débattement de la gouverne au sol.



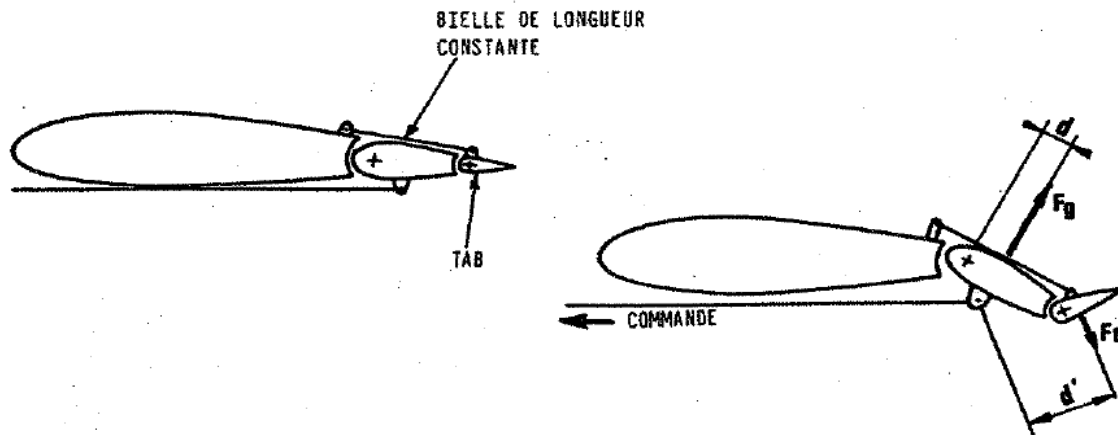
c) Tab automatique

- C'est la solution la plus utilisée sur les avions conventionnels. C'est l'application pure et simple du principe de la compensation d'évolution.

Le tab est un petit volet articulé à l'arrière de la gouverne. Lorsque la gouverne se braque, le tab se braque en sens contraire. Gouverne et tab étant braqués, deux forces aérodynamiques apparaissent et produisent deux moments opposés par rapport au point d'articulation gouverne.

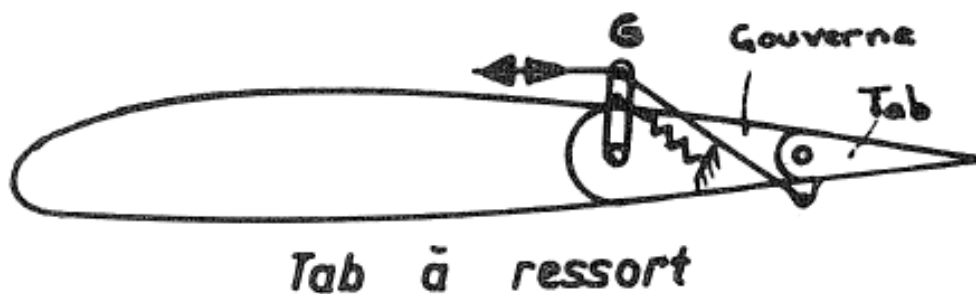
Le braquage du tab est proportionnel au braquage de la gouverne.

$$M_t = F_g \times d - F_t \times d'$$



d) Tab à ressort (spring-tab) ou compensateur à seuil d'effort

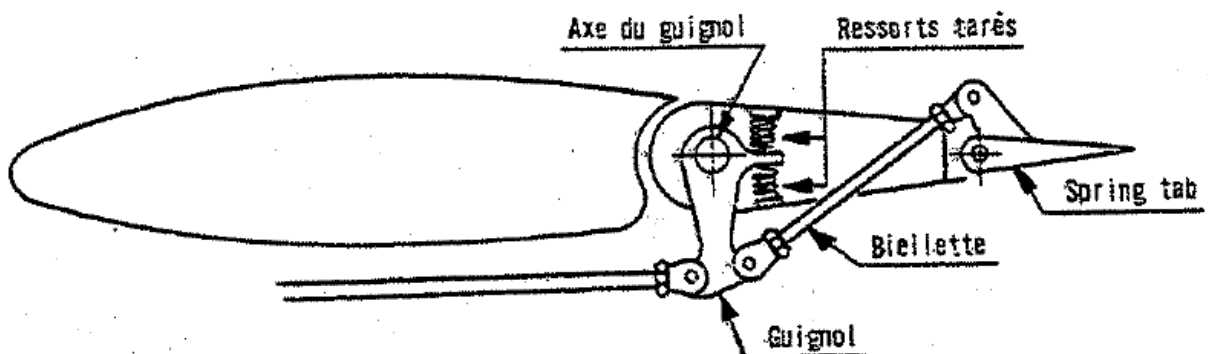
Dans ce système le compensateur relié directement à la commande de vol, n'apporte son aide au pilote qu'après un certain seuil de réaction. Le guignol G monté fou sur l'axe de la gouverne est relié à la fois à celle-ci par l'intermédiaire d'un ressort et au tab par l'intermédiaire d'une biellette

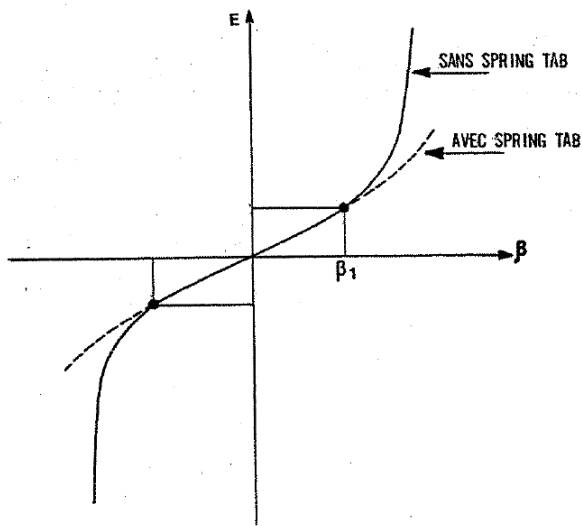


Si l'on démonte les ressorts tarés, le guignol est libre de rotation autour de son axe. Les ressorts tarés assurent la liaison d'entraînement entre le guignol et la gouverne.

Aussi longtemps que le moment de charnière produit, dans le guignol, un effort inférieur au tarage des ressorts, on peut considérer le guignol solidaire de la gouverne : il y a entraînement direct.

Si l'effort dans le guignol fait céder un ressort, le mouvement relatif du guignol par rapport à la gouverne provoque le braquage du « spring-tab » : il y a diminution du moment de charnière

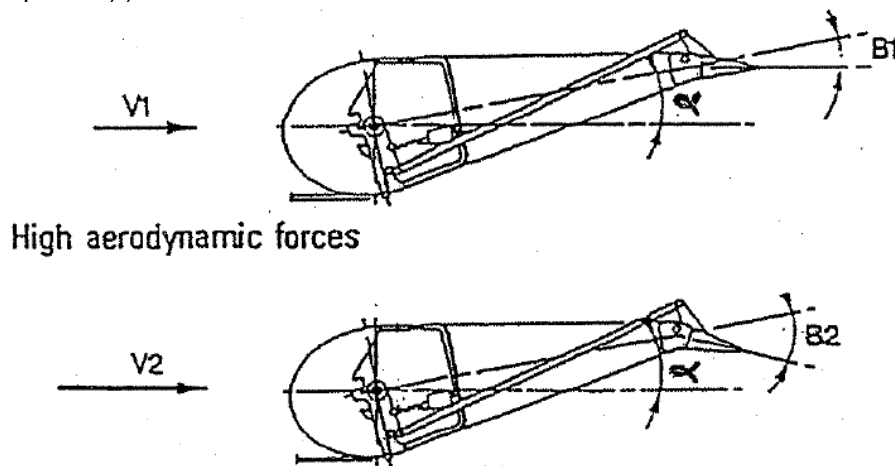




On considère que la courbe d'effort prend une pente trop importante au-delà du braquage [31].

Le braquage du spring-tab au-delà de fil en diminuant le moment de charnière, diminue la pente de la courbe d'effort.

Ce dispositif offre une meilleure sensibilité aux faibles braquage ; de plus, pour une position de gouverne donnée (signal pilote α) :

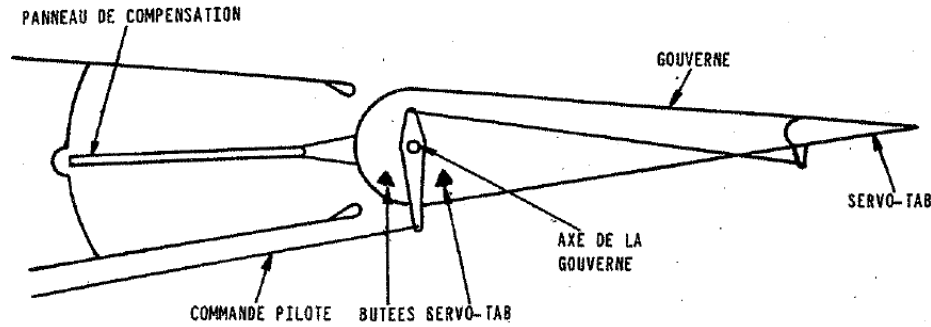


Si la vitesse augmente ($V2$) le braquage du spring-tab augmente ($B2$) donc le tarage ressort augmente et l'effort pilote augmente.

Nota : En réalité, les ressorts sont remplacés par une barre de torsion qui supporte le guignol.

e) Servo-tab et panneau de compensation

Le panneau de compensation est installé à l'avant de la gouverne, il est soumis à la pression de l'intrados sur une face et à la pression de l'extrados sur l'autre face.

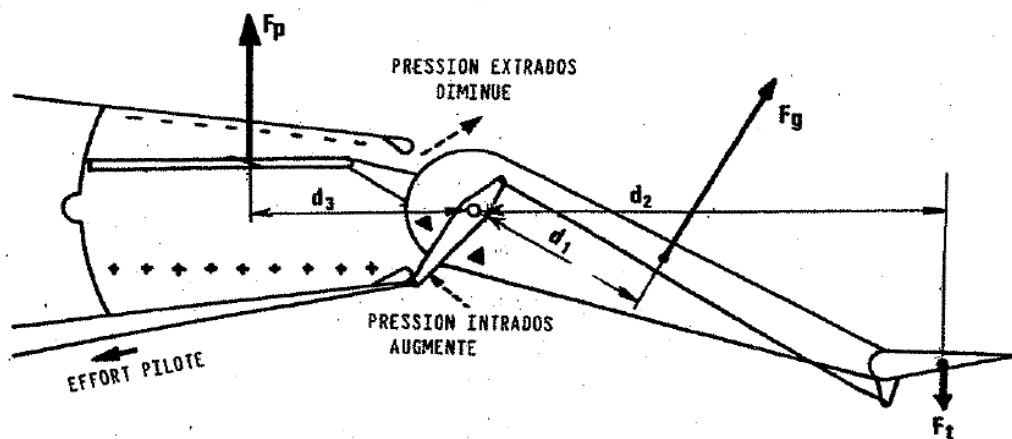


L'effort du pilote sur la commande permet le déplacement du servo-tab. La force aérodynamique créée par le servo-tab (F_t) entraîne le déplacement de la gouverne en sens contraire.

Le braquage de la gouverne modifie la répartition de la pression statique autour du profil. Il se crée une pression différentielle entre les deux faces du panneau de compensation qui crée une force (F_p). Le moment de F_p par rapport à l'axe de rotation de la gouverne va s'ajouter au moment du servo-tab pour diminuer le moment de charnière.

La gouverne se déplace jusqu'à ce que :

$$F_g \times d_1 = F_t \times d_2 + F_p \times d_3$$



- Le pilote ne supporte que l'effort nécessaire au braquage du servo-tab soit environ 20 % de l'effort nécessaire au braquage de la gouverne.
- Au sol, la gouverne étant folle sur son axe, elle peut être déplacée à la main sans que la commande bouge.

Inversement la commande peut être déplacée sans entraîner la gouverne jusqu'à ce que le guignol atteigne les butées, auquel cas, la gouverne est entraînée.

Lorsque l' avion est en vol horizontal stabilisé, la variation d'un des paramètres d'équilibre nécessite le braquage des gouvernes pour maintenir l'avion horizontal.

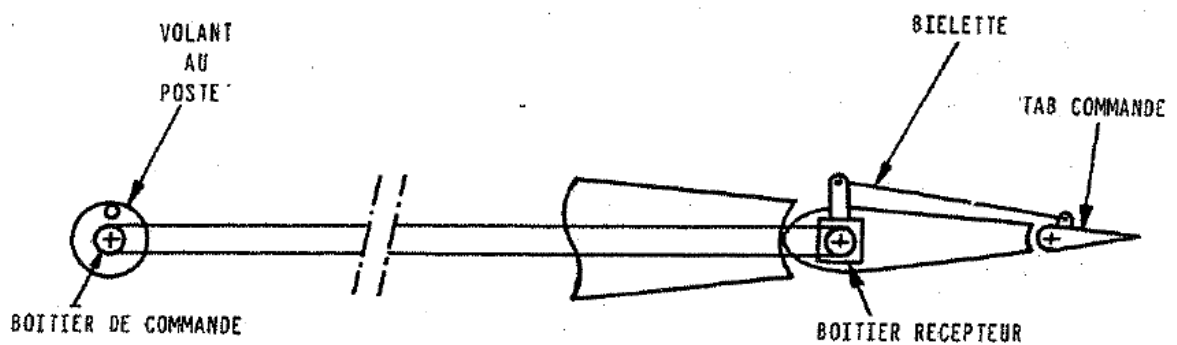
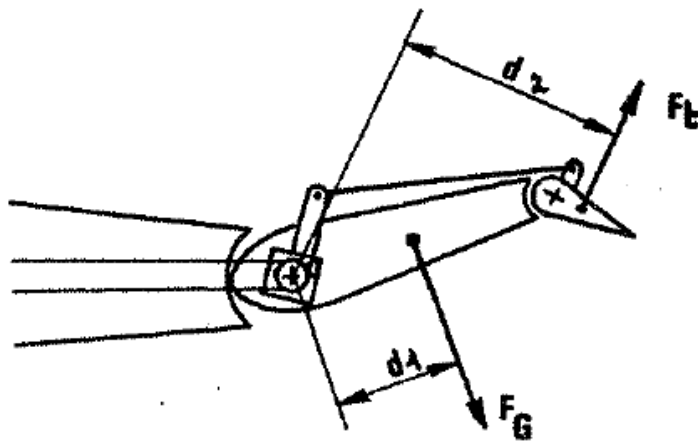
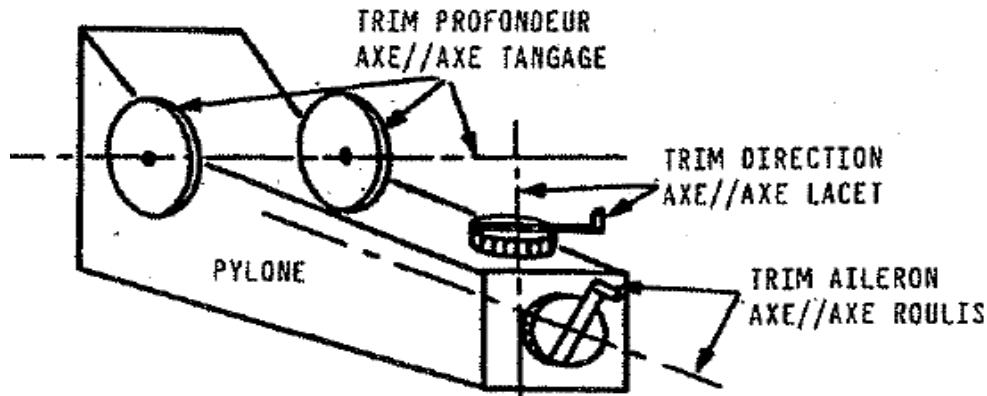
Le pilote devra alors faire un effort continu pour maintenir les gouvernes braquées. La compensation de régime a pour but d'annuler l'effort du pilote sur la commande en cas de braquage de la gouverne pour maintenir l'avion en vol stabilisé.

Tab commandé (ou trim tab)

Lorsque le braquage de la gouverne est nécessaire, le pilote agit sur la commande normale (volant, palonniers, manche) pour braquer la gouverne. Il agit ensuite sur un

« volet de trim. » jusqu'à ce que l'effort sur la commande soit supprimé.

Les volants de commande sont généralement installés sur le pylône

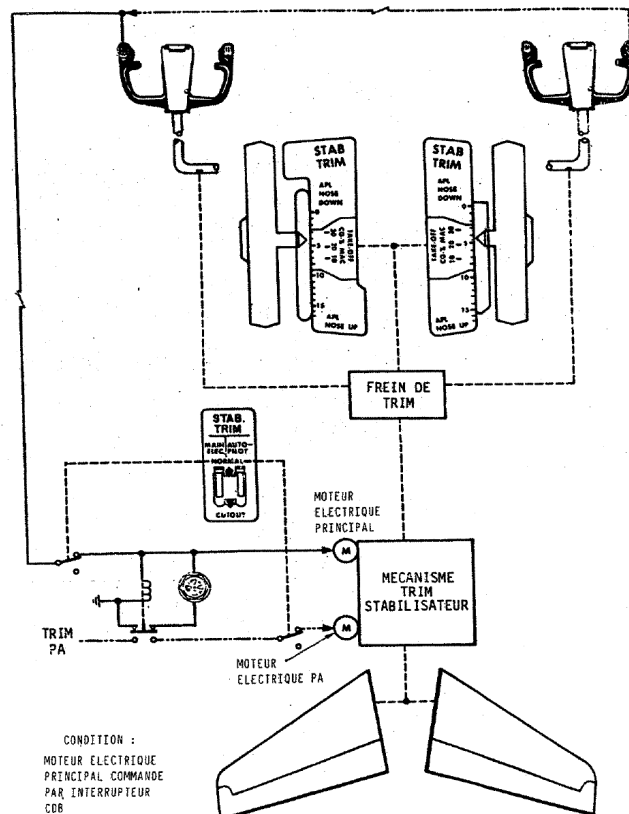


L'effort est nul lorsque $F_g \times d_1 = F_t \times d_2$

QUESTION N°4 :

Circuits & systèmes de commande du **stabilisateur à calage variable** et de la **profondeur (axe de tangage ou pitch control)** (schémas ci-joint):

- a) Expliquez le fonctionnement normal en spécifiant les séquences chronologiques des organes sollicités lors de la manoeuvre du stabilisateur à calage variable.



- b) Expliquez la fonction et le rôle du « Trim », ainsi que la fonction et le rôle des équipements sollicités.

Réponses

a) c'est un compensateur de régime

Sur cet avion le déplacement du PHR peut être commandé dans l'ordre de priorité suivant :

- manuellement (secours) :

les deux tambours situés de part et d'autre du pylône entraînent un tambour avant relié à un tambour arrière par un câble ;

- électriquement (normal) :

par un moteur électrique principal commandé par des interrupteurs à deux positions actives momentanées (piqué - cabré) ;

par un moteur «PA » si le canal profondeur est engagé.

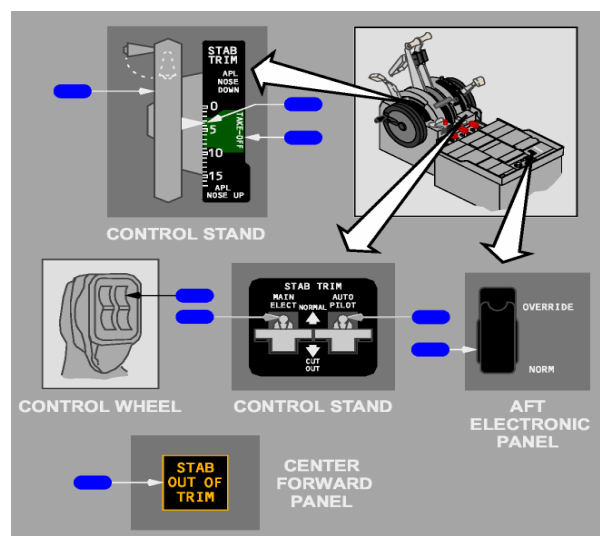
Deux indicateurs de position situés sur le pylône permettent au pilote de connaître la position du PHR quelle que soit la commande utilisée.

Sécurités :

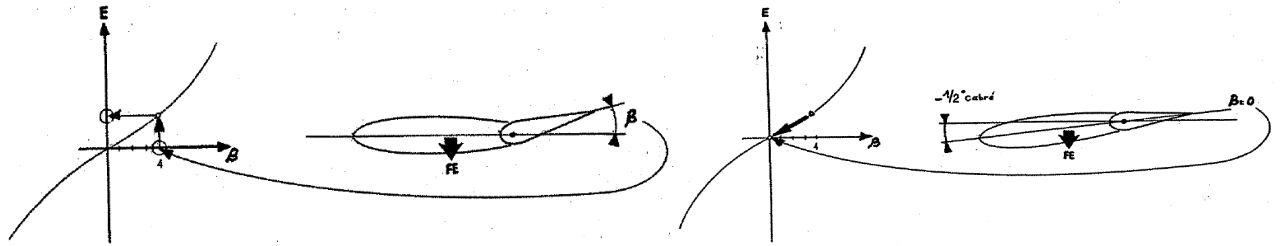
- Pour contrer un déroulement intempestif du PHR le constructeur a installé sur le pylône deux interrupteurs qui permettent de neutraliser le circuit électrique de commande.

De plus, le mouvement des manches dans le sens opposé au déroulement du trim provoque l'engagement d'un frein qui bloquera la vis de trim par blocage de la commande manuelle.

- Au décollage, si la manette de poussée d'un réacteur est avancée à plus de 75 % de sa course, alors que le stabilisateur n'est pas positionné dans la plage décollage (plage verte), l'équipage est prévenu par le fonctionnement d'un klaxon intermittent.



Suite à une manœuvre de la gouverne de profondeur, ce dispositif consiste à changer le calage du plan horizontal de telle sorte que la gouverne est ramenée en position neutre ce qui annule l'effort et diminue aussi la traînée aérodynamique.



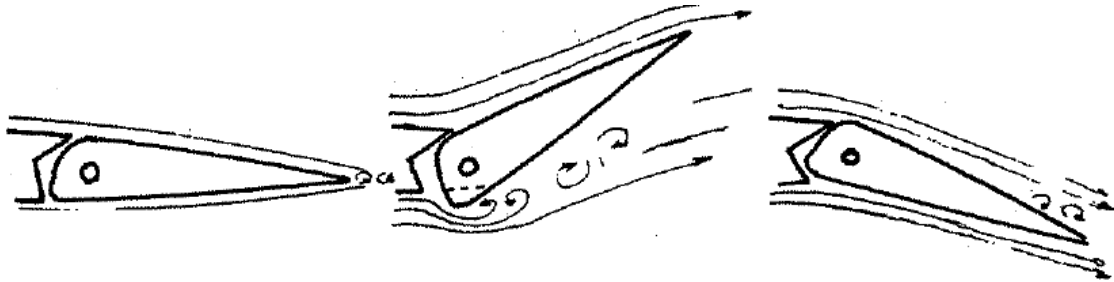
QUESTION N°5 :

Lors du braquage des ailerons en virage apparaît un défaut qui s'appelle le Lacet inverse, quels sont les différents palliatifs à ce défaut que le constructeur doit choisir ?

Ce défaut est lié aux ailerons, lors d'un braquage, l'aileron qui se baisse (aile haute) traîne plus que celui qui se lève (aile basse).

Plusieurs palliatifs à ce défaut :

- **Ailerons frize :**

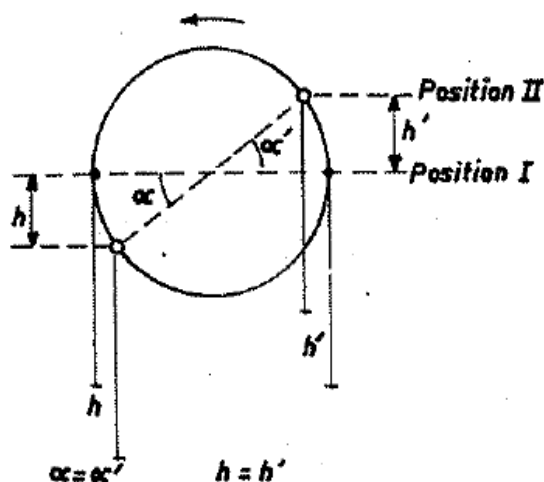


- **Ailerons à fentes**

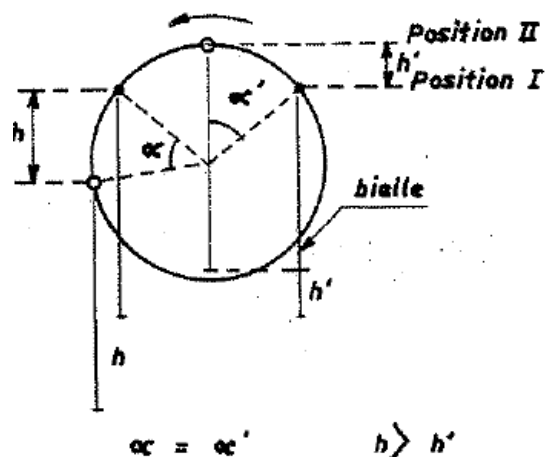


Ces deux dispositifs permettent d'augmenter la traînée de l'aileron qui se lève.

- **Le braquage différentiel**



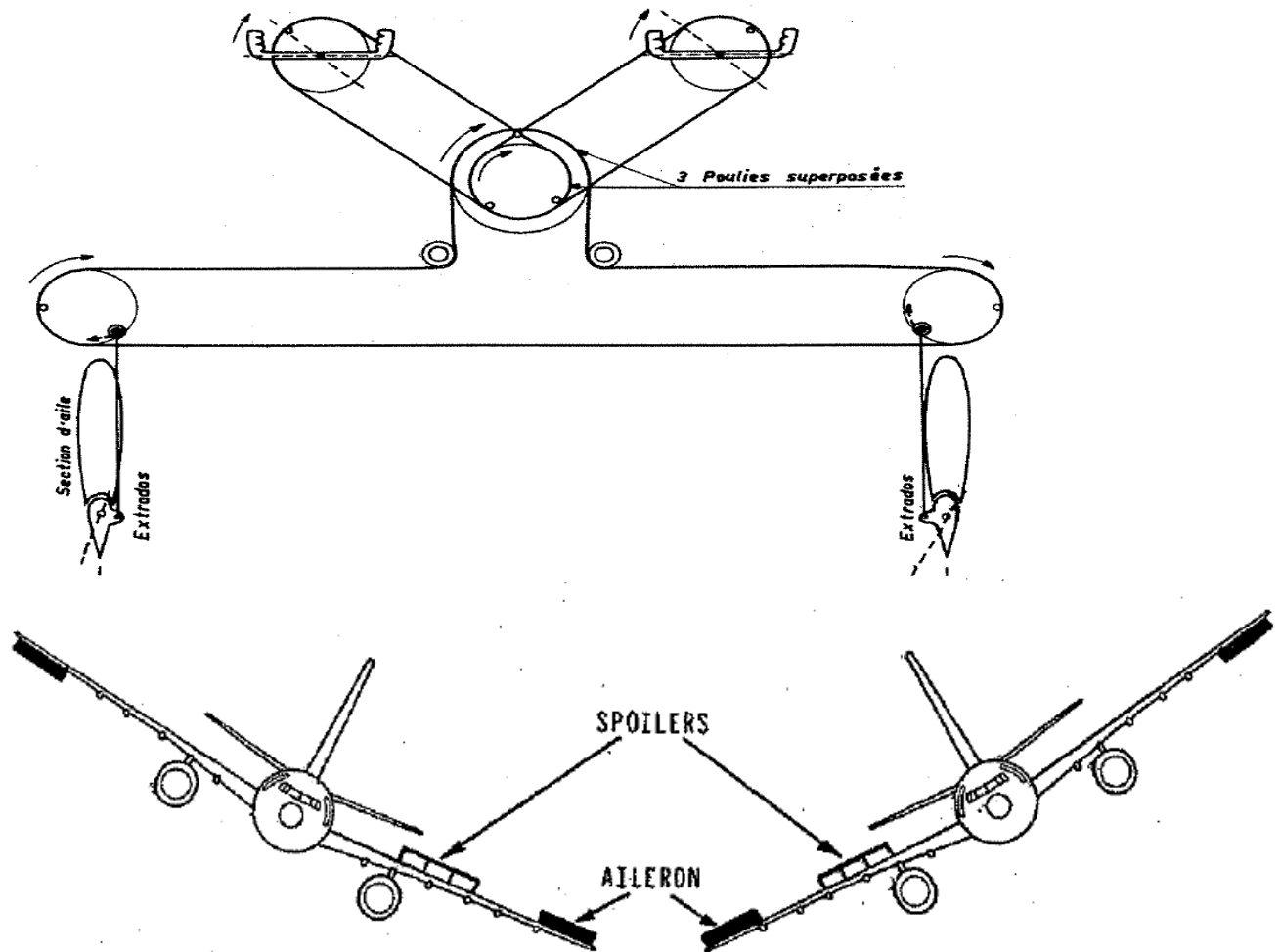
pas de braquage différentiel
lacet inverse



braquage différentiel
pas de lacet inverse

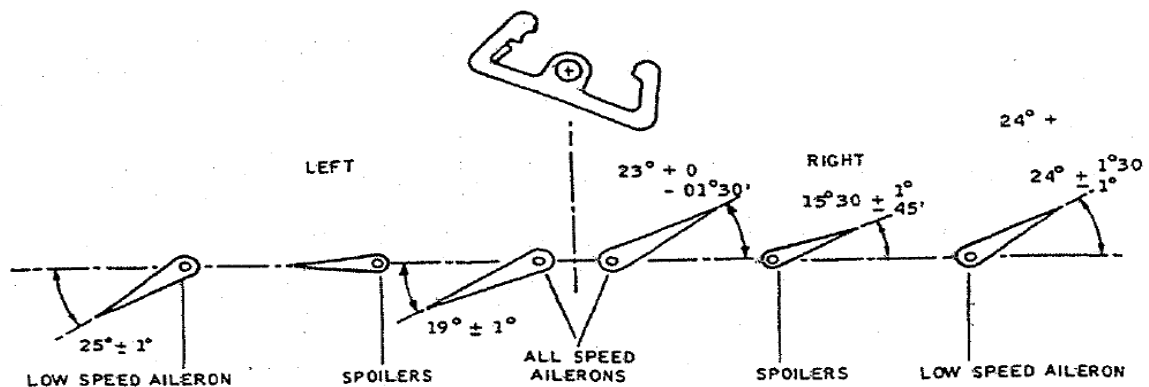
Principe d'obtention du braquage différentiel:

Pour un même angle de débattement $\alpha = \alpha'$ la projection d'arc (dans le schéma ci-dessus : sur des verticales) donne des longueurs $h \neq h'$. Si les angles sont opposés les longueurs $h = h'$. L'utilisation de ce principe sur des secteurs de commande d'ailerons donne un braquage différentiel.



L'augmentation de traînée provoquée par le braquage dissymétrique des spoilers côté aileron levé engendre une action de lacet induit qui absorbe l'effet de lacet inverse.

VOLANT A DROITE



QUESTION N°6 :

En vol rectiligne stabilisé, **les efforts** supportés par la voilure sont :

- 1 – extradors en flexion
- 2 – extradors compression
- 3 – torsion si le centre de poussée est en dehors de plan élastique
- 4 – cisaillement
- 5 - intrados en compression
- 6 - intrados en traction

A » 1 – 4 – 6

B » 2 – 4 - 5

C » 3 – 5 – 6

X D « 2 – 3 - 6

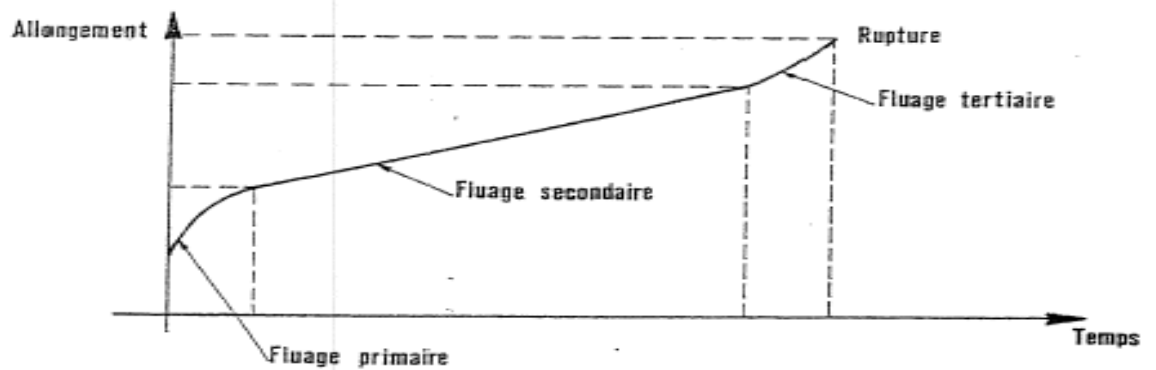
QUESTION N°7 :

On appelle **FLUAGE** la déformation d'un matériau :

- A » soumis à un grand nombre de cycles
- B » à basse température
- C » soumis à des traitements thermiques
- D » sous l'effet combiné de températures élevées et d'efforts

Lorsque la température est élevée, un matériau peut s'allonger dans le domaine plastique s'il est soumis à un effort même limité.

Ce comportement plastique du métal est le fluage. Au bout d'un certain temps, il peut se produire une rupture par fluage.



Réponse : D

QUESTION N°8 :

Sur un avion en vol :

- A » lorsque l'incidence augmente, le moment de torsion diminue
- B » lorsque l'incidence diminue, les contraintes dans la voilure diminuent, car le moment de flexion augmente
- C » lorsque l'incidence augmente, les contraintes dans la voilure diminuent, car le moment de torsion diminue
- D » lorsque l'incidence diminue, les contraintes dans la voilure diminuent, car le moment de flexion diminue

Lorsque l'incidence augmente, la portance augmente par augmentation du coefficient de portance (C_z), donc le moment de flexion augmente. Les contraintes de flexion dans la voilure augmentent.

C'est l'effet d'incidence.

Réponse : D

QUESTION N°9 :

La masse maximale sans carburant :

- a. est une limitation réglementaire
- b. est calculée pour un facteur de charge maximal + 3,5 g
- c. est due au moment de flexion maximal admissible à l'emplanture de l'aile
- d. impose de délester les réservoirs d'ailes externes en premier
- e. impose de délester les réservoirs d'ailes internes en premier
- f. peut être augmentée en rigidifiant l'aile

Choisir la combinaison de réponses correctes :

A » 1 – 3 – 5

B » 2 – 5 - 6

C » 4 – 2 – 6

D « 1 – 2 - 3

La masse maximale sans carburant (MMSC) ou Zero Fuel Weight (ZFW) est déterminée par le moment de flexion maximum admissible par l'encastrement à l'emplanture de l'aile.

C'est une limitation structurale à ne pas dépasser et qui peut imposer sur certains vols une limitation de masse au décollage.

Pour ne pas dépasser cette limitation il est nécessaire d'imposer un ordre de délestage des réservoirs d'ailes ; des internes vers les externes.

Exemple : B 747 ZFW max = 267,6 T

A 320-200 ZFW max = 60,5 T

Réponse : A

QUESTION N°10 :

Dans le cas d'un turboréacteur suspendu sous la voilure (réacteur en POD),

l'attache ARRIERE supporte :

- 1 – la transmission de la poussée à la structure avion
- 2 – la charge massique du turboréacteur
- 3 – les efforts latéraux
- 4 – les efforts gyroscopiques

la combinaison de réponses correctes est :

A » 2 – 3 – 4

B » 1 – 2 - 4

C » 1 – 3 – 4

D « 1 – 2 - 3

L'attache ARRIERE ne supporte aucun effort dû à la poussée ; C'est le rôle de l'attache avant.

Réponse : A

QUESTION N°11 :

Les **hublots** d'un avion sont construits avec une glace extérieure, une glace intérieure et un panneau de protection intérieure. Concernant les glaces :

- A » la glace intérieure est chargée de résister à la pression différentielle entre la cabine et l'extérieure, le panneau extérieur a un rôle aérodynamique
- B » il n'y a pas de circulation d'air entre la glace extérieure et intérieure
- C » chaque glace peut supporter la pression différentielle entre la cabine et l'extérieure
- D » les glaces extérieures et intérieures sont collées ensemble par une colle plastique

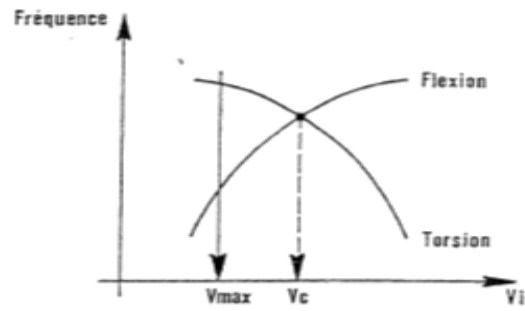
Le hublot doit résister à la pression différentielle et être étanche.

Il est constitué pour la partie travaillante par 2 glaces. Chacune est capable de supporter la pression différentielle maximale (conception FAIL SAFE).

Entre les 2 glaces, une circulation d'air est organisée pour éviter la condensation.

Un panneau de protection intérieur non travaillant (méthacrylate), permet d'éviter les rayures des glaces.

Le point d'intersection des 2 courbes est nommé Point de Vitesse Critique, et la vitesse maxi à respecter devra être inférieure à ce point V_c .



Réponse : C

