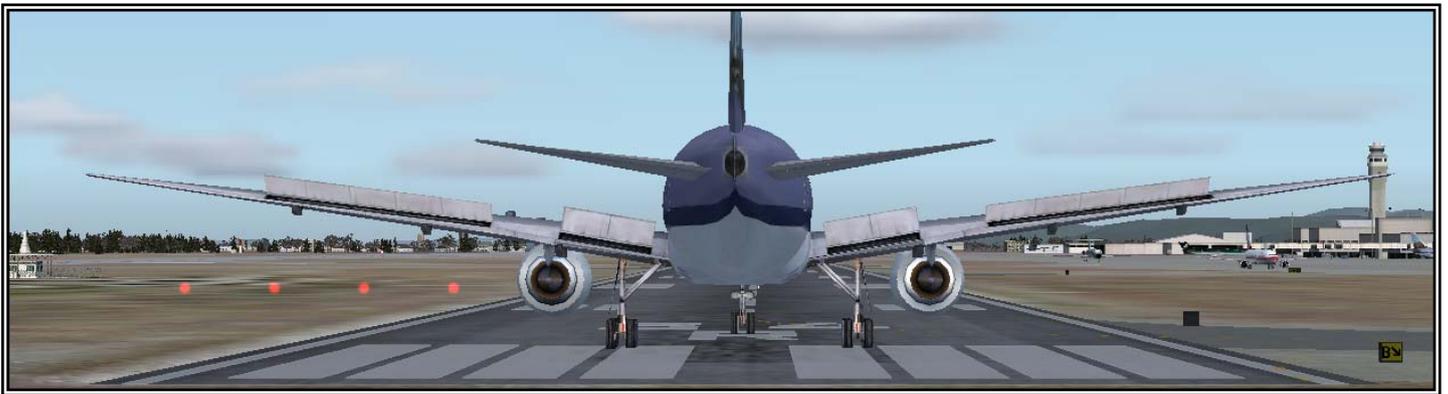


ETUDE D'UN AEROFREIN



PROJET DE SURETE DE FONCTIONNEMENT

Janvier 2006

Sujet

L'étude porte sur le système d'aérofrein d'un avion à réaction.
Le support de cette étude est l'analyse AMDEC des défaillances, de leurs causes et de leurs conséquences.

Remerciements

Les outils utilisés pour cette étude on était vu lors du cours de sûreté de fonctionnement de M ZWINGELSTEIN que l'on tient à remercier car sans son éclairage il n'aurait pas été possible de réaliser cela.

Nous remercions aussi M POUJADE pour sa publication « Cellule et Système aéronautique »

Résumé

La vitesse d'un avion, pour son pilotage, est un paramètre qu'il faut absolument pourvoir commander. C'est la raison pour laquelle presque tous les avions à réaction sont équipés d'aérofrein. C'est un système piloté électroniquement qui converti l'énergie hydraulique en énergie mécanique pour faire varier les caractéristiques aérodynamiques de l'aéronef. Comme ce système est nécessaire dans certaine phase de vol alors son degré de fiabilité doit être au plus haut. Nous avons donc réaliser une étude AMDEC et mis en évidence les causes de défaillances et étudier par la suite les actions correctives conduisant à un meilleur taux de fiabilité.

Bibliographie et webographie

La plus part des images proviennent des différents sites trouvés avec le moteur de recherche www.google.fr.

Cependant certaines sont des captures d'écran de l'application Microsoft Flight Simulator.

Pour la partie technique, l'ouvrage Cellule et Système de A POUJADE édité par l'institut aéronautique Jean MERMOZ a été notre principal support.

Glossaire

| | |
|----------------------|---|
| AMDEC : | Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité |
| Accélération arrêt : | Arrêt de l'appareil suite à une défaillance lors de la phase de roulage pour décollage. |
| Polaire : | Loi d'évolution du coefficient de portance en fonction du coefficient de traînée. |
| Spoiler : | Partie mobile sur l'extrados de la voilure. |
| RVDT: | Rotary Variable Differential Transducer ou speed brake control transmitter unit |
| LVDT : | Linear Variable Differential Transducer |
| EFCU : | Electrical Flight Control Unit |
| Radio-altimètre : | Système radar de mesure d'altitude. |
| ECAM : | Electronic Centralized Aircraft Monitoring |

Sommaire

Introduction

Résumé / Abstract

Description de la répartition des tâches au sein du groupe

- I. Présentation des systèmes d'aérofreins
 - 1) Les différents types d'aérofreins
 - 2) Influence des aérofreins sur le comportement aérodynamique de l'avion
- II. Description du système étudié
 - 1) Généralités sur les spoilers
 - 2) Description du système à travers l'exemple du B737
 - a) Présentation
 - b) Schéma fonctionnel
 - c) Principe de la commande électrique
 - d) Fonctionnement de la servo-valve et du vérin spoiler
 - e) Commande automatique des aérofreins
- III. Présentation des principaux éléments d'un aérofrein
- IV. Analyse fonctionnelle
 - 1) Définition du problème de SDF à résoudre
 - 2) Définition de la méthode de résolution et des outils
 - a) La méthode AMDEC
 - b) Le diagramme FAST
 - c) Le diagramme SADT
- V. Présentation et analyse des résultats
 - 1) Diagrammes et Tableaux AMDEC
 - 2) Synthèse des résultats et recommandations

Conclusion

Introduction

La fiabilité des systèmes, notamment dans une industrie de transport de personnes doit faire partie des priorités.

L'objectif des ingénieurs est d'éliminer les causes de dysfonctionnements pouvant avoir des répercussions sur la disponibilité voire même la sécurité de ces équipements.

La sûreté de fonctionnement est apparue récemment dans l'histoire et s'est développée au cours du XX^{ème} siècle pour être un domaine incontournable actuellement pour les industries à risques, et notamment dans l'aéronautique.

La méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est un outil permettant l'analyse systématique des dysfonctionnements potentiels d'un produit ou d'un procédé.

Les aérofreins d'avion sont un bon exemple d'un produit qui nécessite une maintenance poussée, dans le sens où une défaillance non prévue peut, soit entraîner une incapacité ou une interdiction de voler, soit mettre en danger la sécurité des passagers.

Notre étude s'attardera dans un premier temps sur la présentation des systèmes d'aérofreins à travers l'exemple du Boeing 737.

Dans une seconde partie, nous verrons les principaux éléments qui composent ces aérofreins afin d'en déduire un diagramme fonctionnel, nécessaire pour la suite de l'analyse.

Enfin, l'analyse des dysfonctionnements pouvant intervenir sur les aérofreins permettra de définir les solutions possibles à envisager, en utilisant la méthode AMDEC pour éliminer celles-ci.

I. Présentation des systèmes d'aérofreins

Les freins aérodynamiques, ou aérofreins, sont des dispositifs mécaniques permettant de réduire la vitesse d'approche, à l'atterrissage ou en accélération-arrêt. Pour cela, il est nécessaire d'augmenter la traînée du profil de l'avion. Les aérofreins seront donc des panneaux que l'on placera dans l'écoulement d'air de façon symétrique (souvent percés de trous afin d'augmenter les turbulences créant une traînée).

1) Les différents types d'aérofreins

- Les spoilers braqués symétriquement (cas de la majorité des avions civils)

Exemple : A380



- Panneaux placés sur le fuselage (pour certains avions de chasse)

Exemple : Sukhoï 27



- Panneaux placés dans le cône de queue

Exemple : BAE 146



Ces trois photographies montrent les trois principales techniques de réalisation d'un aérofrein :

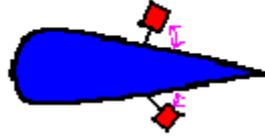
- surfaces mobiles sur la voilure,
- surfaces mobiles sur le fuselage,
- surfaces mobiles dans le cône de queue

Parmi les autres systèmes d'aérofrein, on peut citer les systèmes de parachutes (la plupart de temps utilisés pour les avions de chasse).

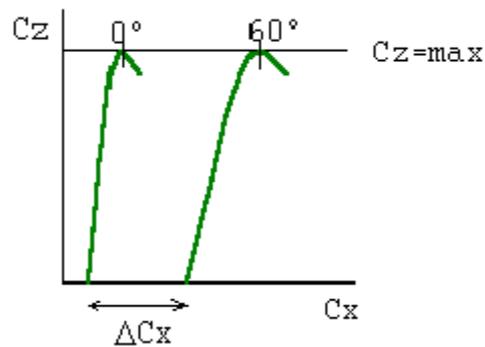
Remarque : Il est à noter que la fonction aérofrein est aussi assurée sur tous les aéronefs par le train d'atterrissage. En effet, sur certains avions, en cas de descente d'urgence, tous les aérofreins seront sortis ainsi que le train d'atterrissage.

2) Influence des aérofreins sur le comportement aérodynamique de l'avion

- Dans le cas d'aérofreins classiques, on trouve un panneau à l'extrados et un à l'intrados voilure.



Si les aérofreins sont sortis, alors le C_x diminue, le C_z reste constant, la finesse diminue mais la vitesse de décrochage ne varie pas car C_{zmax} est constant.

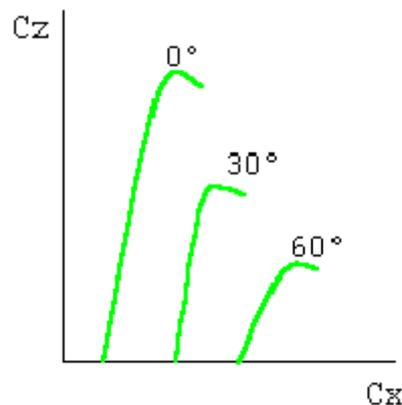


Influence sur la polaire

- Dans le cas où les aérofreins utilisés sont des panneaux d'extrados, ils se comportent comme des destructeurs de portance.



Dans ce cas, le C_x augmente, le C_z diminue, la finesse diminue et la vitesse de décrochage augmente.



Influence sur la polaire

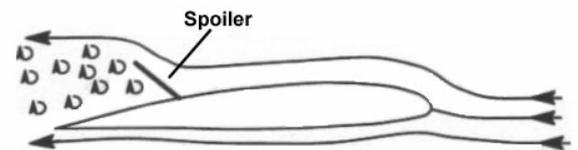
II. Description du système aérofrein

1) Généralités sur les spoilers.

Les spoilers sont des panneaux d'extrados ; leur braquage peut être :

-**symétrique** (fonction aérofrein), ce qui entraîne :

- une diminution de la vitesse en approche, à l'atterrissage, et en cas d'accélération-arrêt.
- une augmentation des performances en descente,
- une augmentation de l'efficacité du freinage.



- **Dissymétrie** (fonction gauchissement) :

- dans ce cas, les spoilers détruisent la portance sur l'aile intérieure au virage.

Remarque : Les spoilers peuvent être utilisés simultanément en fonction aérofrein et en fonction gauchissement ; leur braquage sera alors fonction :

- de la valeur de déplacement de la manette aérofrein,
- de la valeur du braquage des volants de gauchissement,
- de la vitesse de l'avion.

Notre étude se limite au fonctionnement des spoilers en aérofreins. Nous n'étudierons donc pas le cas du braquage dissymétrique.

2) Description du système à travers l'exemple du Boeing 737

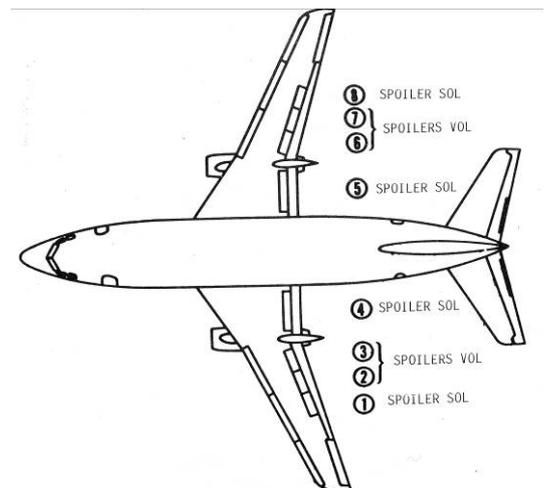
a) Présentation



Les spoilers de cet avion sont numérotés de 1 à 8 (voir schéma ci-contre).

La fonction aérofrein est assurée :

- en vol : par les spoilers vol (2, 3, 6 et 7)
- au sol : par les spoilers vol et les spoilers sol (1, 4, 5 et 8)

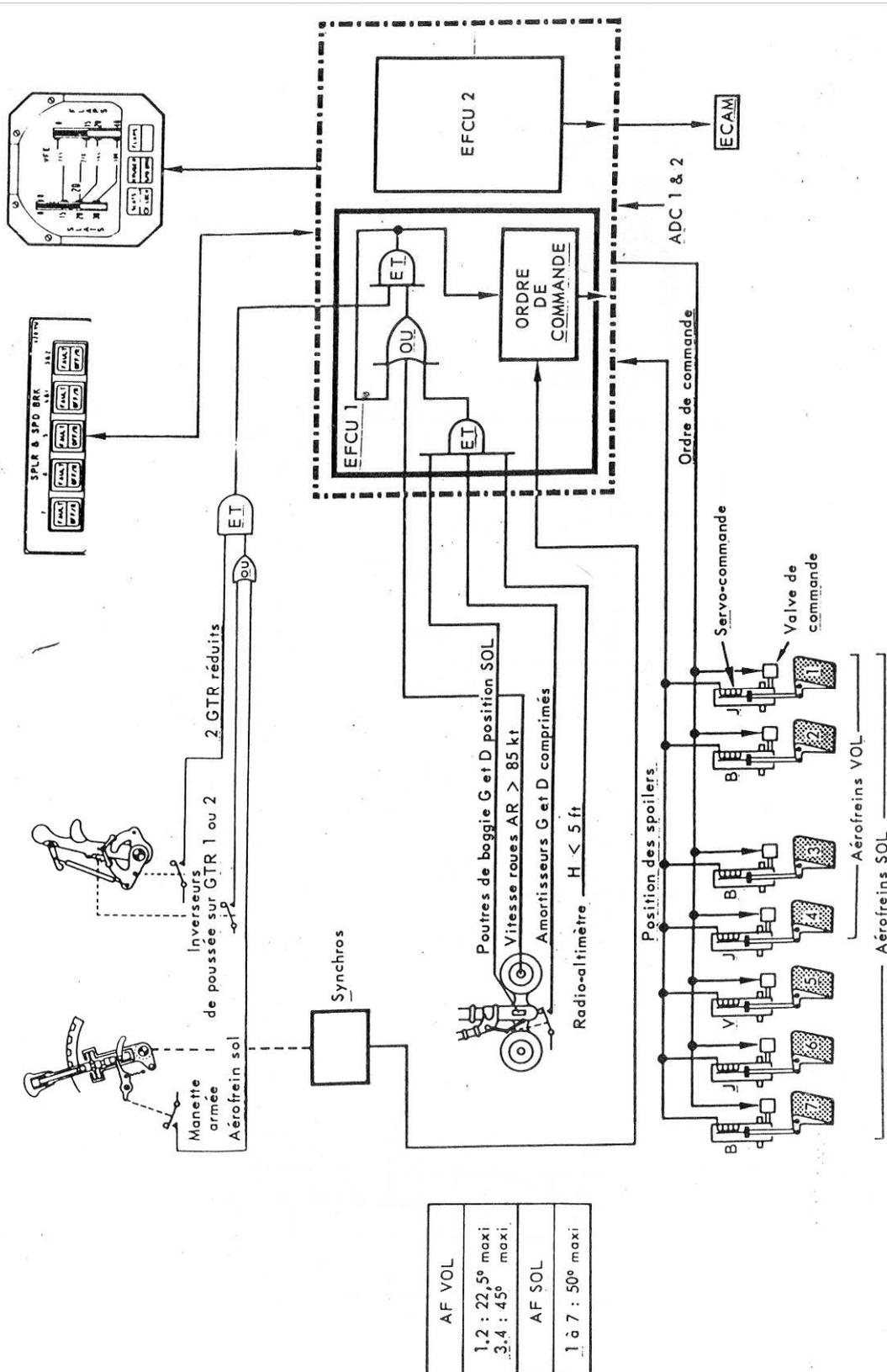


Chaque spoiler est commandé par un vérin hydraulique alimenté en fonction de sa position. Chaque vérin est commandé par une valve de commande qui reçoit des ordres électriques en provenance du boîtier de commande aérofrein.

Le schéma de la page suivante donne précisément le principe de commande des aérofreins, de l'action du pilote sur la manette, jusqu'au braquage des panneaux.

b) Schéma fonctionnel des aérofreins.

Ce schéma montre entre autres comment sont ordonnancées les conditions d'activation des aérofreins.



c) Principe de la commande électrique.

Le déplacement de la manette aérofrein (de RET à FULL) est transformé en signaux électriques par des synchros (appelés RVDT- Rotary Variable Differential Transducer ou speed brake control transmitter unit). Ces signaux électriques sont dirigés vers le calculateur de commande des spoilers appelé EFCU (Electrical Flight Control Unit). Chaque vérin de spoiler est équipé d'un synchro linéaire appelé LVDT (Linear Variable Differential Transducer).

Ce synchro élabore un signal électrique qui est fonction de la longueur du vérin. Ce signal est dirigé vers le calculateur de commande des spoilers. Le rôle de l'EFCU est donc de comparer le signal manette aérofrein avec le signal vérin. Si l'accord n'est pas réalisé, un signal fonction de l'écart est appliqué à la servo-valve située dans le bloc appelé valve de commande. Le vérin est alors alimenté par l'hydraulique afin que le spoiler se mette en accord avec la position de la manette aérofrein.

Les calculateurs de commande spoilers sont au nombre de 2 (EFCU1 et EFCU2). Ils reçoivent les signaux électriques du synchro manette aérofrein. Le circuit de commande se trouve dans un des deux EFCU, et le circuit de surveillance se trouve dans l'autre calculateur.

d) Fonctionnement de la servo-valve et du vérin spoiler.

Lorsque la valve de commande est en pression, le tiroir by-pass (repère 2) alimente la servo-valve. La pression agit également sur le piston (repère 5) qui, par l'intermédiaire du poussoir (repère 4), maintient le clapet (repère 3) ouvert. Dans ces conditions, le retour de la servo-valve est assuré et la chambre petite section du vérin est en liaison avec la servo-valve.

Lorsque la servo-valve ne reçoit aucun ordre électrique, la pression hydraulique est dirigée vers la chambre petite section du vérin. La chambre grande section est au retour et ainsi le vérin est rétracté.

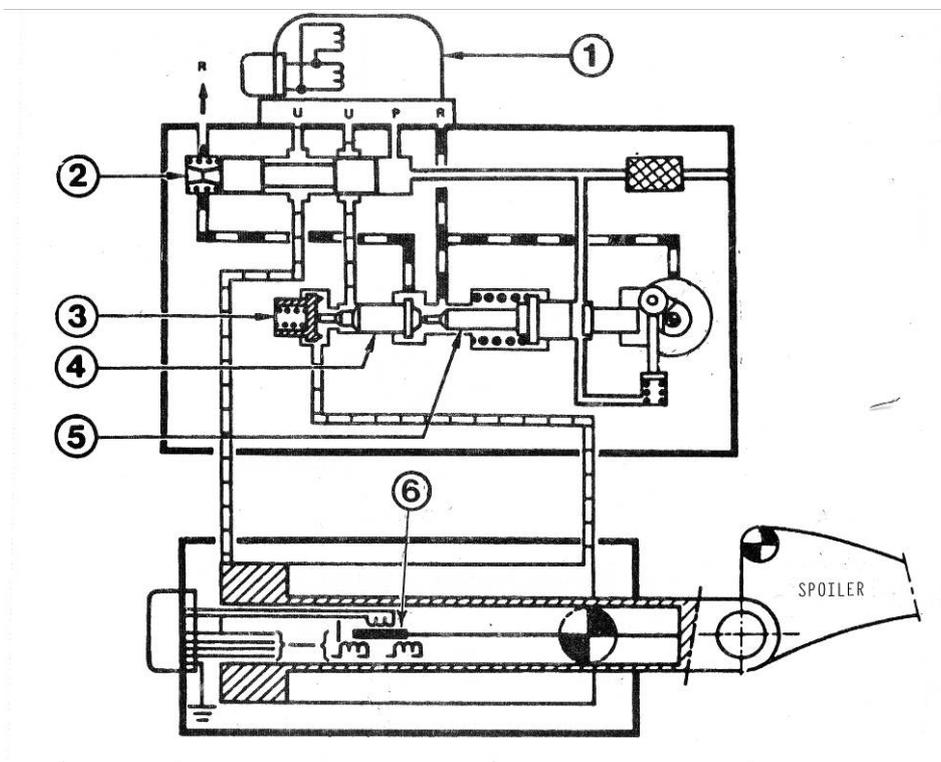
Le panneau de spoiler est plaqué sur l'aile. Lorsqu'un signal de braquage est appliqué sur la servo-valve, celle-ci dirige la pression vers la chambre grande section et met la chambre petite section au retour.

Le déplacement du piston est contrôlé par le synchro linéaire (repère 6) qui élabore un signal de retour d'asservissement. Ce signal est dirigé vers l'EFCU.

Lorsque le spoiler est en accord avec la position de la manette, le signal électrique appliqué sur la servo-valve disparaît. Celle-ci interrompt l'alimentation de la chambre grande section. Le mouvement du panneau de spoiler est stoppé.

Remarque : En cas de baisse de pression hydraulique, l'alimentation hydraulique est coupée (le tiroir 2 se déplace vers la droite). Les deux chambres du vérin sont mises en communication à travers le clapet 3.

Si le spoiler est sorti, il rentre sous l'action des forces aérodynamiques.



e) Commande automatique des aérofreins :

Le circuit de commande assure la sortie automatique des aérofreins (*cf schéma de la page 9*):

- à l'atterrissage (la manette est placée à la position ARMED avant l'atterrissage) ;
- au décollage, en cas d'accélération-arrêt.

Il assure aussi la rentrée automatique des aérofreins à l'atterrissage, en cas de remise des gaz.

De manière générale, ce fonctionnement automatique intervient si les conditions suivantes sont réalisées :

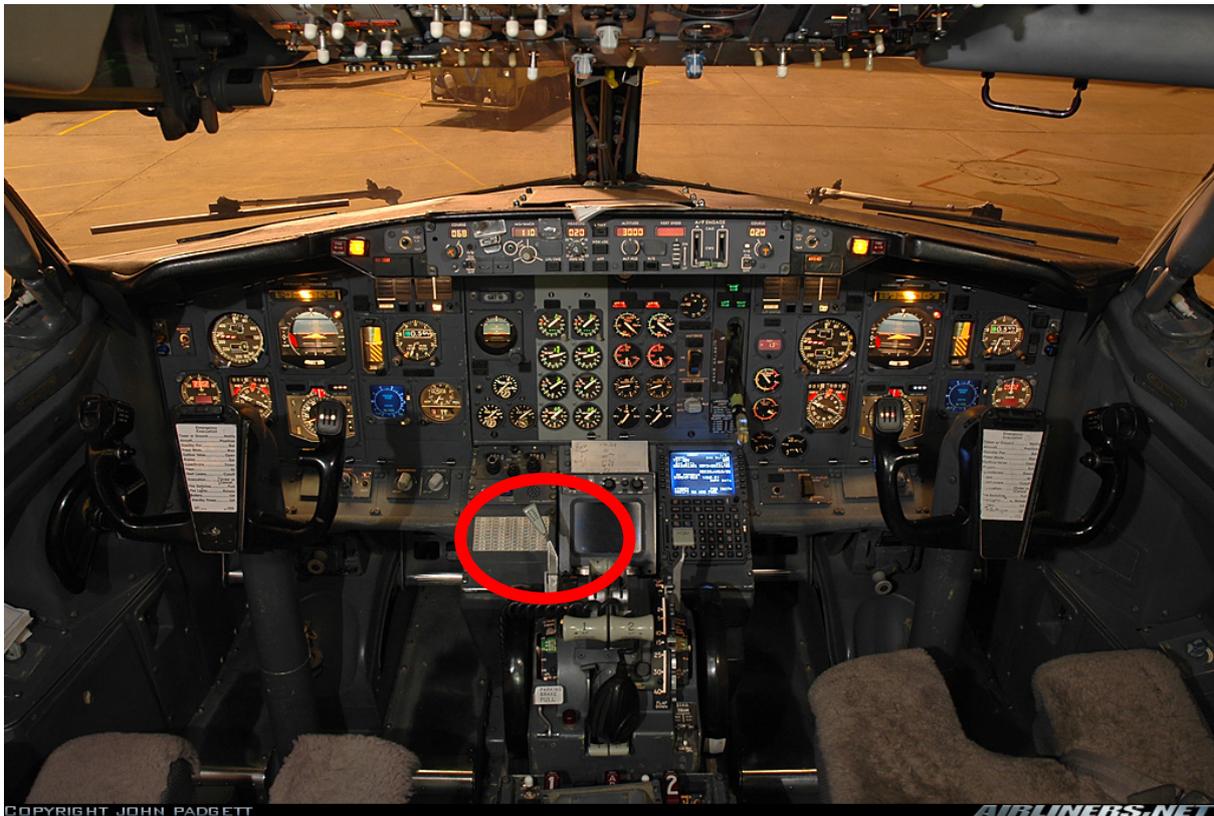
- 1) Manette aérofrein armée (poignée tirée vers le haut)
ou
Passage d'une ou deux reverses.
- 2) Les deux manettes de poussée sur réduit.
- 3) Vitesse des roues arrière des trains principaux supérieure à 85 kt
ou
Mouvement de la poutre de boggie.

Remarque : ce dernier signal est pris en compte dans la mesure où les amortisseurs sont comprimés, et l'altitude inférieure à 5 feet.

III. Les différents composants du système aérofrein

- **La manette aérofrein :**

Cette manette est située à proximité de la manette des gaz.



Elle peut être déplacée de la position DOWN ou RET (rentrée) à la position UP ou FULL (sortie).

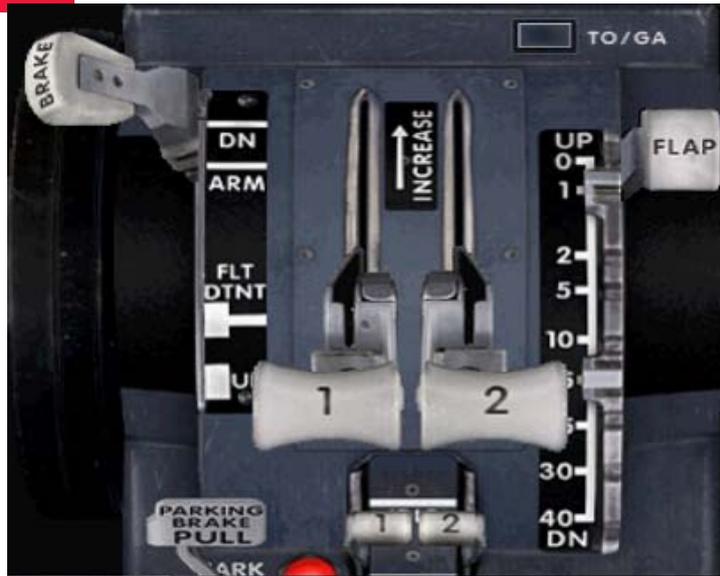
La position ARMED est utilisée pour le fonctionnement automatique.

La position FLIGHT DETENT correspond à la sortie maximum recommandée en vol.

Lorsque la manette est sur ARMED, le circuit de surveillance (associé à deux voyants : « SPEED BRAKE ARMED » et « SPEED BRAKE DO NOT ARM ») est activé.

Au décollage, si la manette n'est pas en position DOWN lorsque les manettes de poussée sont avancées, une alarme intermittente retentit.

- **La manette des gaz :**



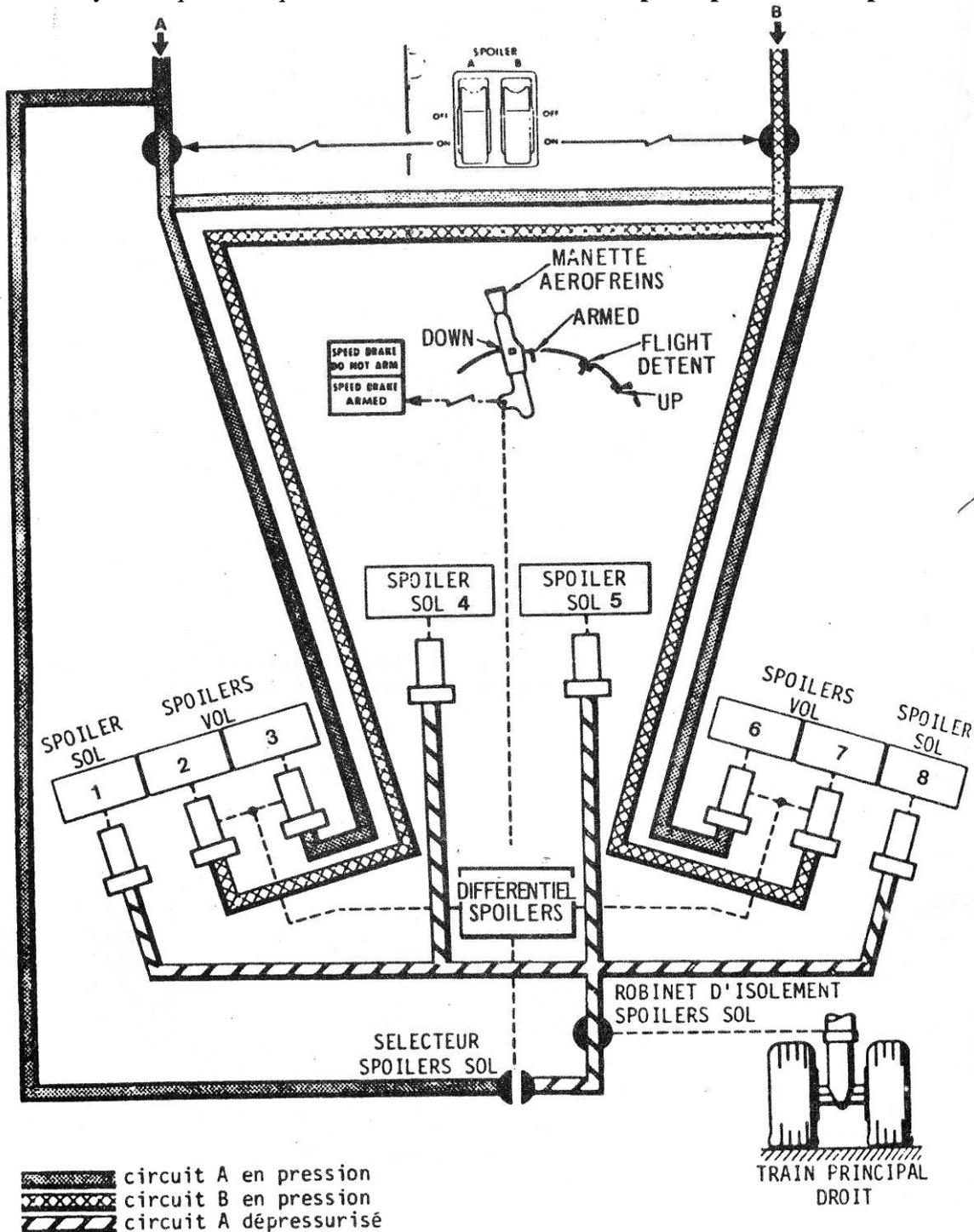
Les deux manettes 1 et 2 correspondent aux deux moteurs (gauche et droit). Pour activer la commande automatique des aérofreins, il est nécessaire de placer les deux manettes de gaz en position réduit ou d'activer une des deux reverses

Dans le cas d'une procédure de remise des gaz en cas d'urgence après un atterrissage, le circuit de commande assure la rentrée automatique des aérofreins.

- Les circuits hydrauliques

L'alimentation des spoilers vol (par les deux circuits hydrauliques A et B) est réalisée à travers deux robinets d'isolement.

L'alimentation des spoilers sol par le circuit hydraulique A se fait au travers d'un sélecteur spoilers sol et d'un robinet d'isolement. Ce robinet d'isolement est commandé mécaniquement par le compas du train principal droit. De ce fait, les spoilers sol ne sont alimentés hydrauliquement qu'au sol : **amortisseur de train principal droit comprimé.**



- **Le train d'atterrissage principal**

L'activation des aérofreins est limitée par des conditions portant sur le train d'atterrissage principal.

- Dans le cas d'un train boggie (voir exemple ci-contre), un capteur situé sur la poutre de ce dernier indique s'il est en position vol (poutre inclinée) ou en position sol (poutre horizontale). Pour activer les aérofreins, la poutre doit être en position sol.



L'exemple ci-dessous montre le train principal en position vol, la poutre est inclinée.



- De même, les aérofreins sont activés si la vitesse des roues arrières est supérieure à 85 kt. En effet, les aérofreins ont un impact sur le freinage si la vitesse est suffisante. Ils ne servent à rien si l'avion est déjà à vitesse réduite.
- Enfin, des capteurs de position indiquent si les amortisseurs gauche et droit sont comprimés, signe que le train est complètement posé. Dans ce cas, les aérofreins peuvent être activés.

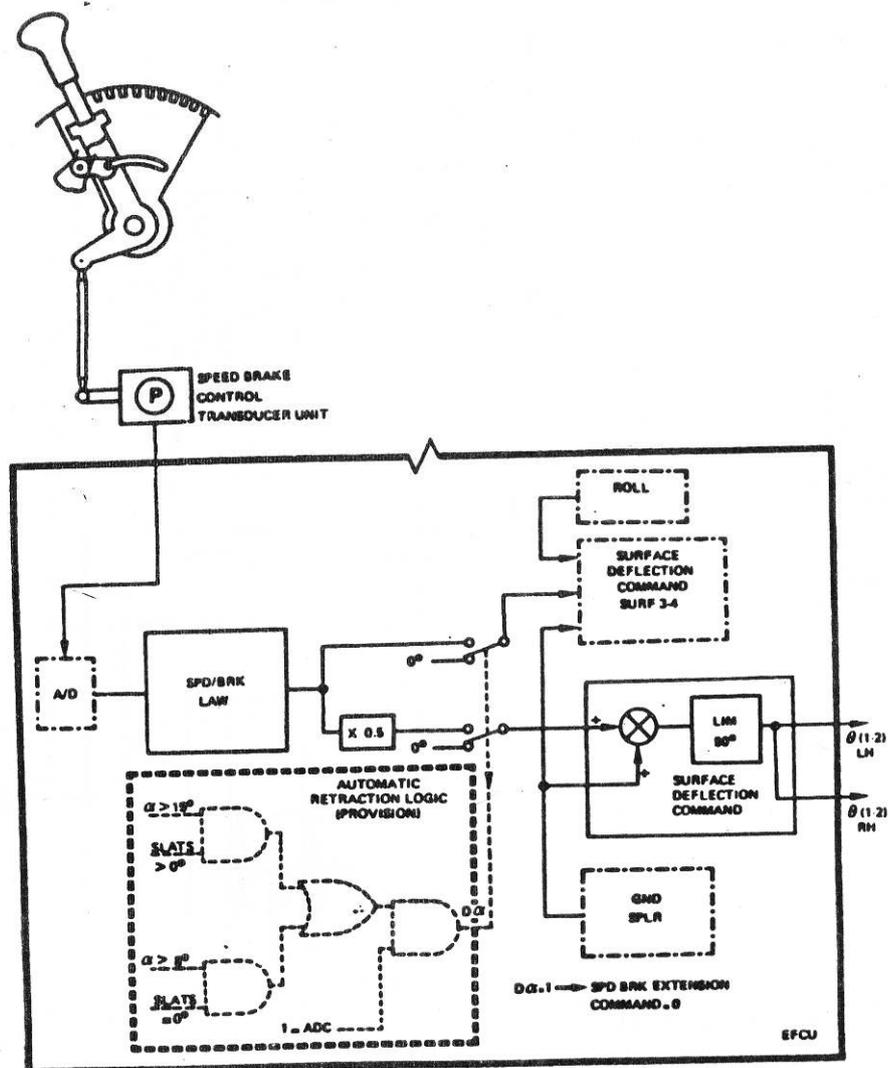
- **Le radio-altimètre**

Une des conditions nécessaire au déploiement des aérofreins est l'indication par le radio-altimètre d'une altitude inférieure à 5 ft. Le radio-altimètre est situé sur les panneaux du cockpit, devant le pilote. Ce système se distingue de l'altimètre classique car c'est un système de mesure de l'altitude par echo-radar. Il n'est fiable qu'en deçà de 500 ft.



- **Le calculateur EFCU**

L'EFCU est un boîtier électronique qui a toute autorité quant à la gestion de sortie des aérofreins. (cf explications dans « Principe de la commande électrique », page 10).



- ECAM

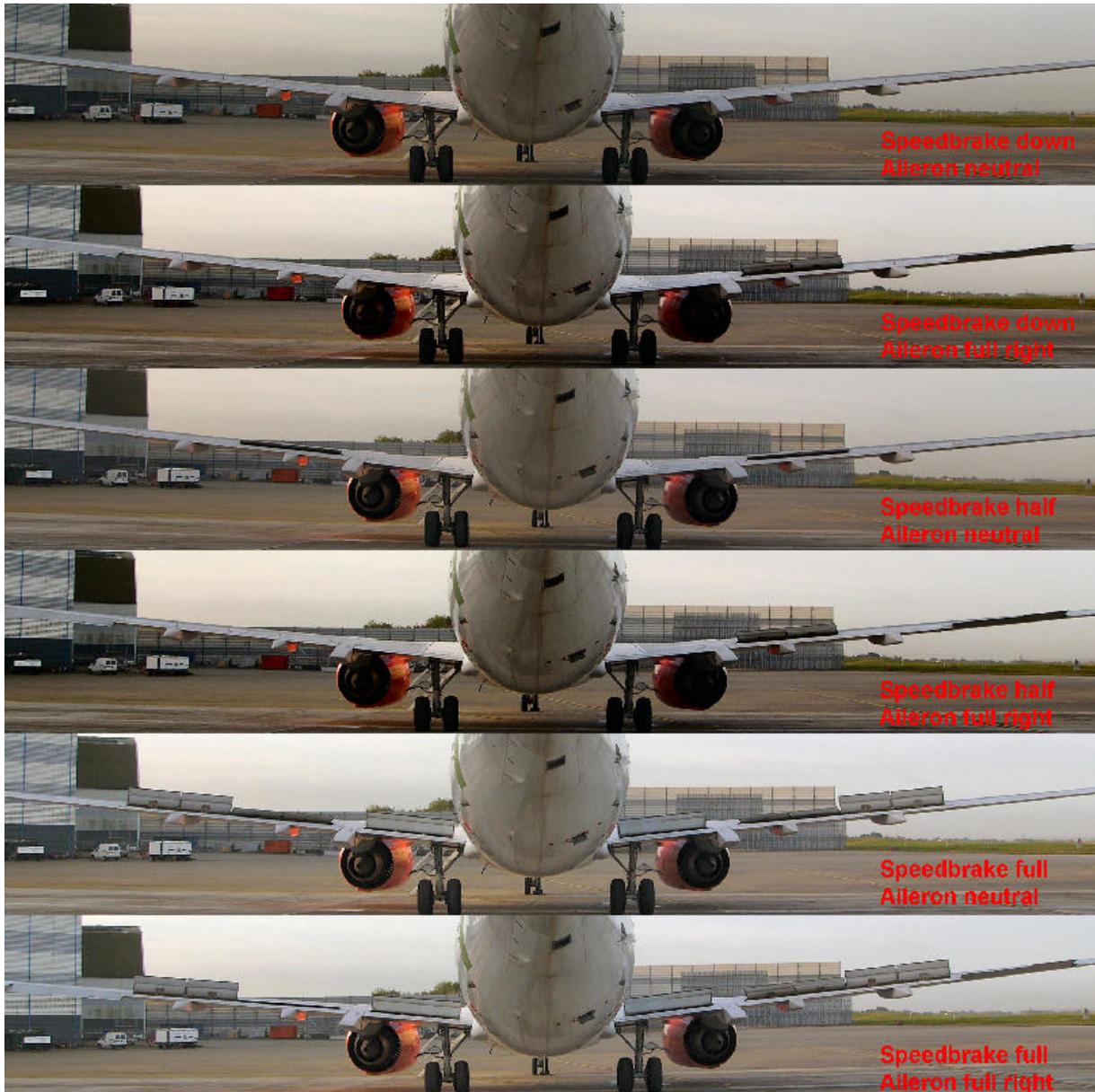


L'ECAM (Electronic Centralized Aircraft Monitoring) est l'écran placé au milieu du cockpit, accessible par les deux pilotes. Il pourra afficher le menu contextuel attaché aux aérofreins. On pourra par exemple y trouver un synopsis représentant la position des différents aérofreins et/ou spoilers.

Ce système d'affichage n'est en aucun cas interactif, mais il est permet au pilote de vérifier la bonne configuration de son avion, en fonction de la phase de vol.

- **Les panneaux spoiler/aérofrein**

Cette série de photographies montre les différentes positions des aérofreins (de la position DOWN à la position FULL).

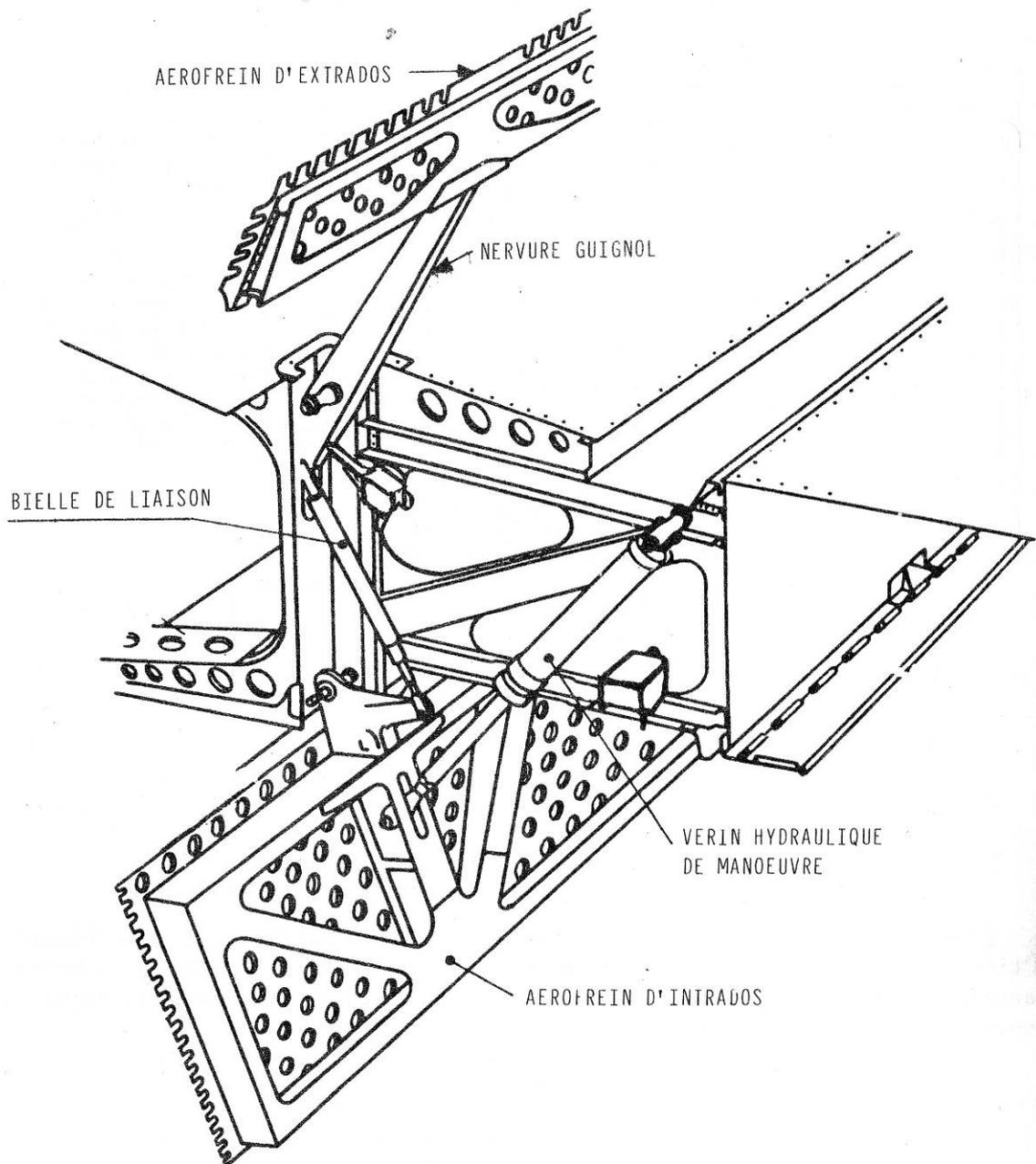


En vol, lorsque la manette aérofrein est placée sur FULL, le débattement maximum est de :

- 45° pour les spoilers 3 et 4
- 22.5° pour les aérofreins 1 et 2

Au sol, tous les panneaux sont braqués à 50°

Fonctionnement mécanique du vérin



IV. Analyse fonctionnelle

1) Définition du problème à résoudre

Le souci permanent des responsables de maintenance, en particulier dans le domaine aéronautique, est de fournir des heures de bon fonctionnement des matériels utilisés par leurs clients.

Leur objectif est d'éliminer les causes de dysfonctionnements pouvant avoir des répercussions sur la disponibilité voire même la sécurité de ces outils de production.

Notre étude porte sur les diverses défaillances pouvant surgir lors de l'utilisation d'un aérofrein et sur des améliorations pouvant être apportées au système.

2) Définition de la méthode de résolution et des outils

a) La Méthode AMDEC

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode d'analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances potentielles dont les conséquences affectent le bon fonctionnement du système étudié, puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager des actions correctives à apporter lors de la conception, de la réalisation ou de l'exploitation du système.

L'AMDEC est une méthode inductive qui s'applique à tous les systèmes risquant de ne pas tenir leurs objectifs de fiabilité, de maintenabilité, de qualité, de sécurité.

Principe de Base

➤ *Recensement des défaillances*

L'AMDEC est une étape de l'étude de fiabilité, de la disponibilité et de la sécurité d'un système. Elle fait appel à deux analyses complémentaires : l'AMDE, Analyse des Modes de Défaillances et de leurs Effets, et l'analyse de leur Criticité.

L'AMDE détermine donc :

-le mode de défaillance (d'après la norme AFNOR X60-500, une défaillance est la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise) qui est la manière par laquelle la défaillance est observée, et qui correspond à une perte totale ou partielle de fonctions assurées par le système.

-la cause potentielle de la défaillance qui est l'événement initial susceptible de conduire au mode de défaillance.

-l'effet que peut avoir le mode de défaillance sur le bon fonctionnement du système.

L'analyse de la criticité permet d'estimer, pour chaque défaillance, sa fréquence, sa gravité et sa détectabilité.

Modes de défaillances

Un mode de défaillance est la manière dont le dispositif peut s'arrêter de fonctionner ou fonctionner anormalement. Il est relatif au fonction des composants et il faut rechercher sur chaque fonction qui lui est associée si on a :

- perte totale de la fonction
- apparition d'état dégrader de la fonction
- non réalisation de la fonction a l'instant où elle est sollicitée
- apparition de fonctionnement intempestif lorsque la fonction n'est pas sollicitée

Le mode est la façon, pour chaque composant, d'aboutir à un de ces quatre dysfonctionnements.

Cause de défaillance

Une cause de défaillances est l'événement initial pouvant conduire à la défaillance, par l'intermédiaire du mode associé. Il peut y avoir plusieurs causes pour un même mode de défaillance comme une cause peut provoquer l'apparition de plusieurs modes de défaillances sur plusieurs composants.

Effets des défaillances

Pour chaque mode de défaillances, il faut décrire les effets de la défaillance sur le système. Les conséquences sont relatives :

- à l'arrêt du système
- à la non qualité du produit fabriqué
- à la sécurité des biens et des personnes

➤ *Estimation des risques*

Criticité

Lorsque l'AMDEC est terminée, une analyse d'évaluation des risques est effectuée pour toutes les défaillances précédemment identifiées.

L'évaluation des risques se traduit par le calcul de la criticité, à partir de l'estimation des indices de fréquence, de gravité et de détectabilité.

La criticité permet de :

- noter l'importance du risque engendré par chaque cause de défaillance
- hiérarchiser les causes entre elles afin de déterminer celles qui doivent faire l'objet d'une action corrective

L'indice de criticité C est calculé pour chaque cause de défaillance en effectuant le produit :

$$C = F.G.D \quad \text{avec:}$$

F : indice de fréquence

Il représente la probabilité que la cause de défaillance apparaisse et qu'elle entraîne le mode potentielle de défaillance considéré. Il faut donc tenir compte simultanément de la probabilité d'apparition de la cause et de la probabilité que cette cause entraîne la défaillance. L'indice F correspond alors à la combinaison de ces deux probabilités. Le barème de cotation varie entre 1 et 5.

| COTATION | GRAVITE | CRITERE |
|----------|------------------|--|
| 1 | mineure | défaillance mineure, aucune dégradation notable du matériel |
| 2 | moyenne | défaillance moyenne nécessitant une intervention de courte durée |
| 3 | majeure | défaillance importante nécessitant une intervention longue durée |
| 4 | catastrophique | défaillance grave, dommage matériel important |
| 5 | sécurité/qualité | défaillance catastrophique impliquant des problèmes de sécurité ou non conformité du produit |

G : indice de gravité

Le barème de cotation variant de 1 à 5 se base sur les effets provoqués par la défaillance en terme de :

- temps d'intervention
- qualité des pièces produites
- sécurité des hommes et des biens

L'indice sanctionne uniquement l'effet le plus grave produit par le mode de défaillance, même lorsque plusieurs effets ont été identifiés.

| COTATION | FREQUENCE | CRITERES |
|----------|---------------|--|
| 1 | inexistante | défaillance inexistante sur matériel similaire |
| 2 | rare | défaillance rarement apparue sur matériel similaire |
| 3 | occasionnelle | défaillance occasionnellement apparue sur matériel similaire |
| 4 | fréquente | défaillance fréquemment apparue sur matériel similaire |
| 5 | systématique | défaillance systématique sur matériel similaire |

D : indice de détectabilité

C'est la probabilité que la cause ou le mode de défaillance supposés apparus provoquent l'effet le plus grave, sans que la défaillance ne soit détectée au préalable. Le barème de cotation varie entre 1 et 4.

| COTATION | DETECTABILITE | CRITERES |
|----------|---------------|--|
| 1 | systématique | les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale permettant d'éviter l'effet le plus grave |
| 2 | occasionnelle | la cause ou le mode de défaillance sont décelables, mais le risque de ne pas être perçus existe |
| 3 | difficile | la cause ou le mode de défaillance sont difficilement décelables, |
| 4 | impossible | rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise |

A partir des indices de criticité, il est possible de hiérarchiser les défaillances et de recenser celles dont le niveau de criticité est supérieur à une limite constante et contractuellement imposée, par exemple par le cahier des charges. Le seuil de criticité varie selon les objectifs de fiabilité ou les techniques traitées.

Des actions correctives sont alors engagées pour toutes les causes de défaillance dont la criticité atteint ce seuil.

Nous allons utiliser la norme CNOMO E41.50.530.N, afin de prendre un seuil de criticité de 12, caractéristique des systèmes dont la fiabilité est sévère, c'est bien évidemment le cas de l'aéronautique.

➤ *Engagement d'actions correctives*

Après la mise en évidence des risques de défaillance critique, des actions correctives sont décidées et appliquées. Elles ont pour objectifs de diminuer la criticité des défaillances.

Une diminution de C peut être obtenue :

- en agissant sur le moyen (fournisseur : de la conception jusqu'à l'exploitation)
- en agissant sur la logistique (client)

Toutefois, il est préférable d'effectuer une action corrective de conception, qui améliore la fiabilité, plutôt qu'une action corrective de logistique, qui améliore la maintenabilité.

b) Le diagramme FAST

La méthode FAST est considérée comme une étape dans les descriptions d'un système. Elle présente l'avantage d'ordonner les fonctions suivant un ordre logique et elle contribue à la clarification de l'état fonctionnel du produit.

Cette méthode permet :

- D'ordonner les fonctions
- De certifier la logique fonctionnelle
- D'avoir une bonne connaissance du produit étudié
- De prendre conscience de l'importance relative des éléments des structures vis à vis des fonctions qu'ils assurent
- De mettre en évidence des synchronisations entre les fonctions indépendantes

La démarche FAST

Le système est représenté à l'aide d'un diagramme comportant 3 régions délimitées par des lignes continues verticales :

- La partie centrale correspond au domaine fonctionnel couvert par le système
- Dans la partie gauche, on trouve les fonctions de service du système
- Dans la partie droite, on trouve les ressources extérieures au système

Les fonctions sont représentées par des rectangles.

Dans la partie centrale, on passe d'une fonction à une autre en se posant la question Pourquoi? Comment ? Quand ?

c) Le diagramme SADT

La méthode SADT est une méthode d'analyse et de conception des systèmes en facilitant la communication entre spécialistes de disciplines différentes.

Elle fournit des outils pour :

- Concevoir d'une façon structurée de systèmes vastes et complexes
- Communiquer des résultats de l'analyse et de la conception dans une notation claire et précise.
- Contrôler l'exactitude, la cohérence et, de façon générale, la qualité de manière continue et systématique par des procédures de critiques et d'approbations.
- Assurer correctement la direction du projet et maîtriser sa réalisation et son suivi.

La démarche SADT

SADT s'applique d'abord à l'analyse fonctionnelle de systèmes importants et complexes.

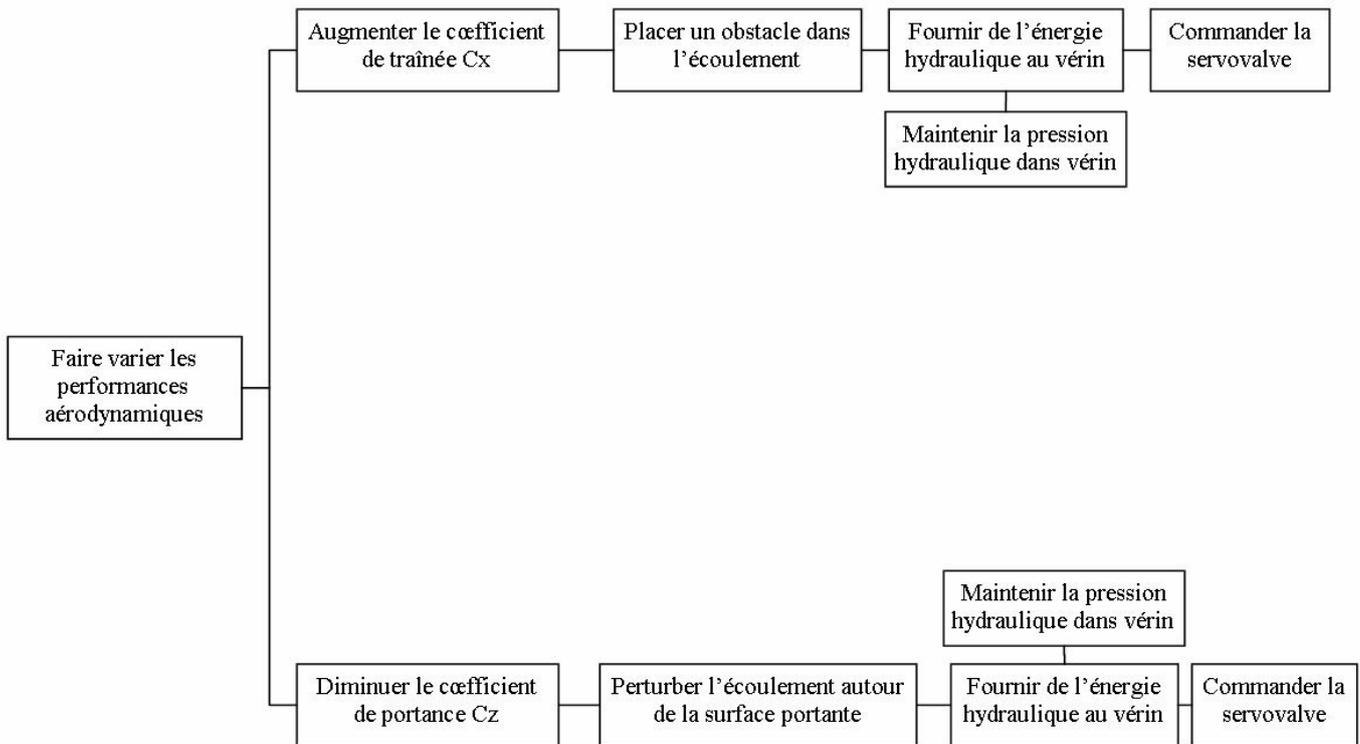
Cette phase de développement d'un système d'étude débute avec l'expression des exigences auxquelles doit répondre le système, et se termine par la production de ses spécifications fonctionnelles.

Pendant la première phase, l'accent est porté sur l'analyse et la spécification du « quoi ». Les considérations sur le « comment » sont repoussées à la seconde phase.

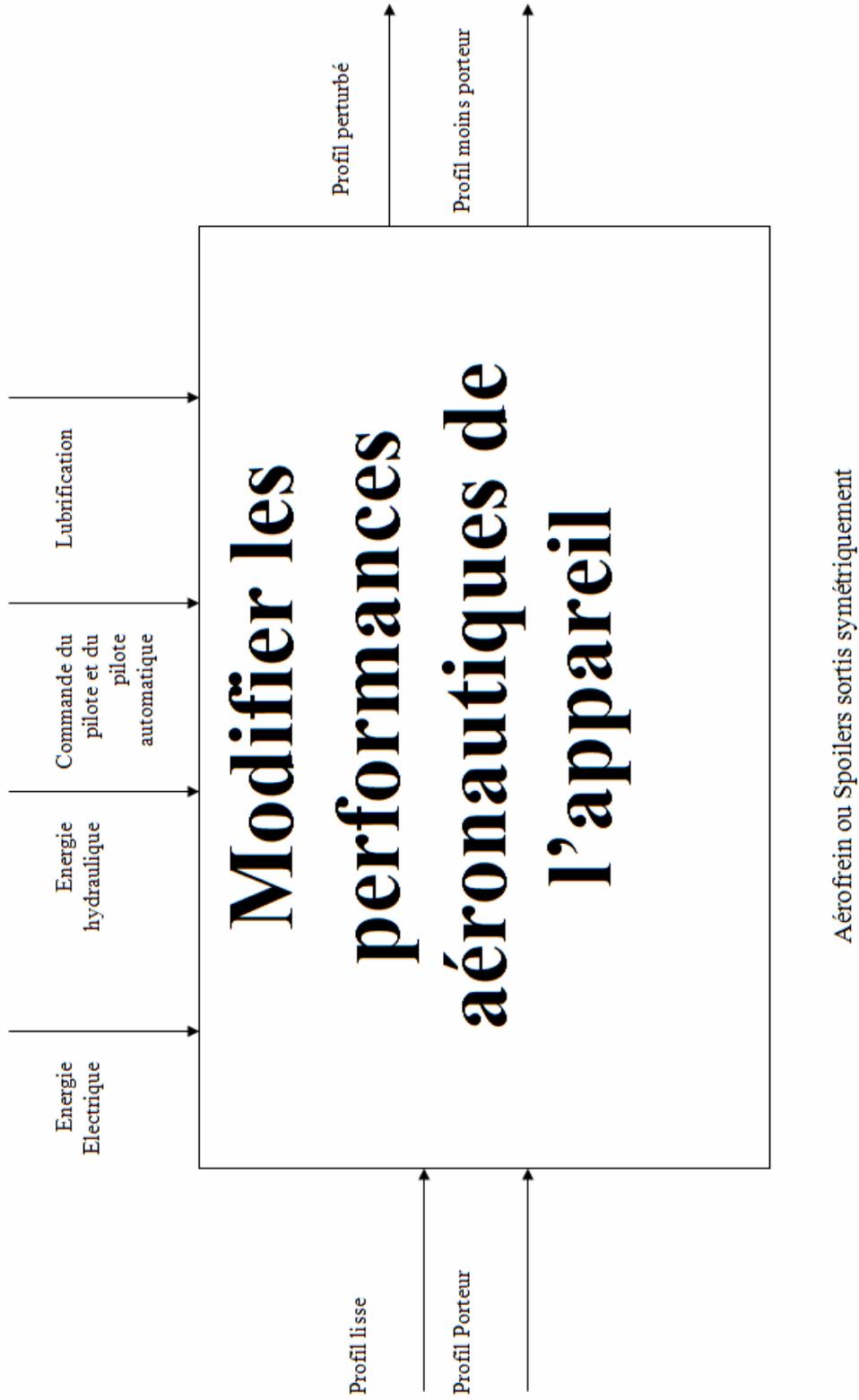
V. Présentation et analyse des résultats

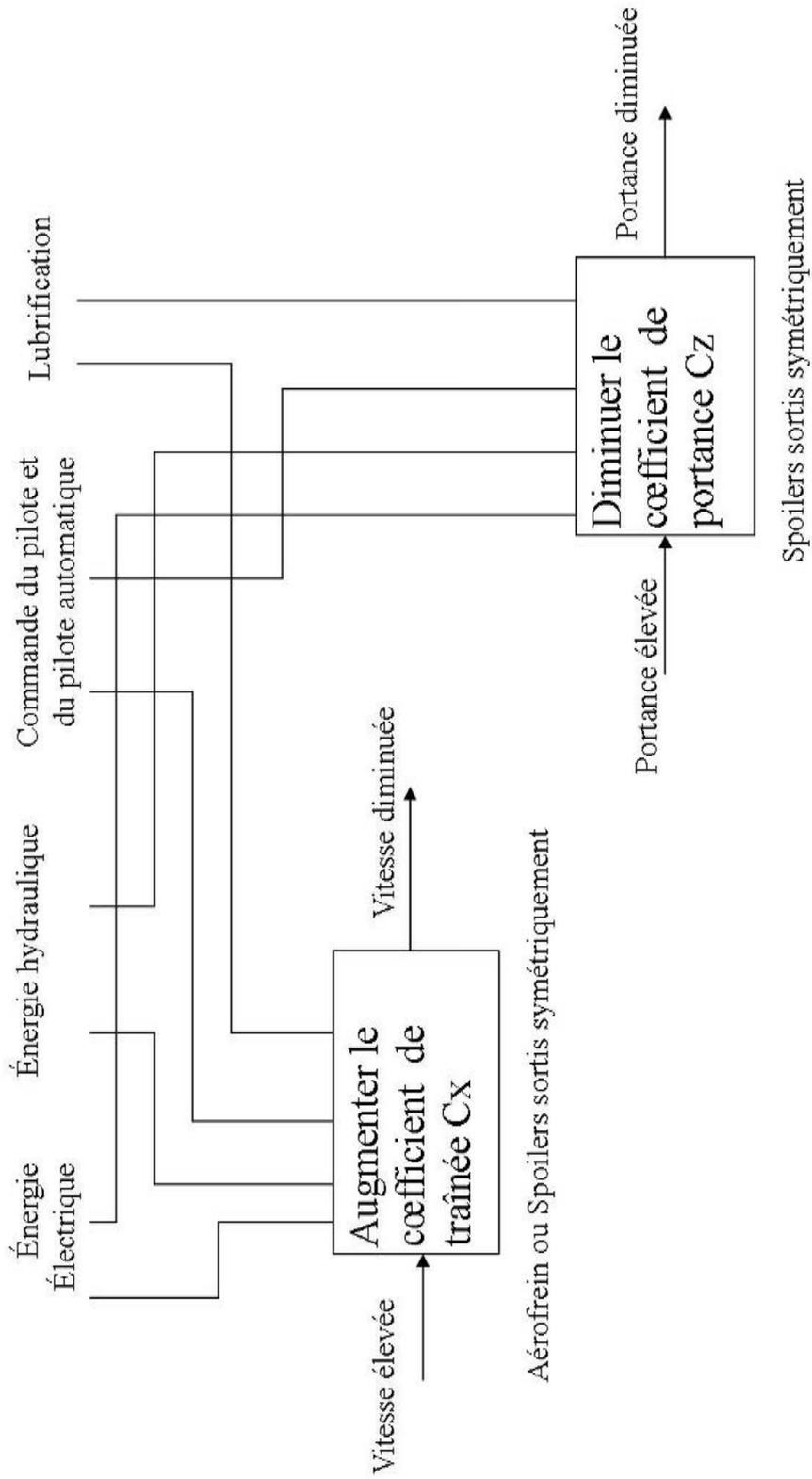
1) Diagrammes et tableaux AMDEC

a) Diagramme FAST



b) Diagrammes SADT





Niveau A1

2) Synthèse des résultats et recommandations.

Suite à l'énumération des différents composants, nous avons étudié les différents modes de défaillance de ces derniers, et nous en avons listé 24. Sur ces 24 modes de défaillance, nous en avons recensé 5 dont le critère de criticité est égal à 12 (plus haute valeur observée).

Deux de ces composants ont pour fonction de traiter les signaux de commande. Quant aux trois autres, ils font partie de la chaîne de conversion d'énergie électro-hydraulique en énergie mécanique.

Nous pouvons expliquer ces résultats en soulignant qu'à la différence d'une automobile, la dimension d'un avion ne facilite en aucun cas l'observabilité et l'accessibilité des composants, ce qui conduit à des critères de détectabilité élevés .

Pour continuer la comparaison avec une auto, un avion ne peut pas en cas de panne s'arrêter sur le côté... et tous les composants du système sont indispensables à la manoeuvrabilité de l'aéronef. C'est la raison pour laquelle les critères de gravité ont une telle amplitude.

Pour terminer notre comparaison, pratiquement tous les systèmes électriques sont redondants, ce qui explique que l'indice de fréquence reste faible.

Suite aux actions correctives, pour la majorité des cas, c'est le critère de détectabilité qui a pu être diminué. Les moyens mis en œuvre sont souvent du monitoring et/ou de la redondance. Cependant, il est très difficile d'abaisser les critères de gravité, car les conséquences peuvent tout de suite être catastrophiques.

De plus, ce système, étant mécanique, mais piloté par l'électronique, il est clair qu'en cas de défaillance de la partie mécanique qui se trouve en fin de chaîne, on se retrouve avec un système complètement inopérant ; ce qui explique le critère de gravité de ce composant.