Presented by

Philippe GOUPIL
Flight Control System Engineer

Airbus France

Tolérance aux pannes, détections et surveillances dans les systèmes de commandes de vol Airbus

Plan

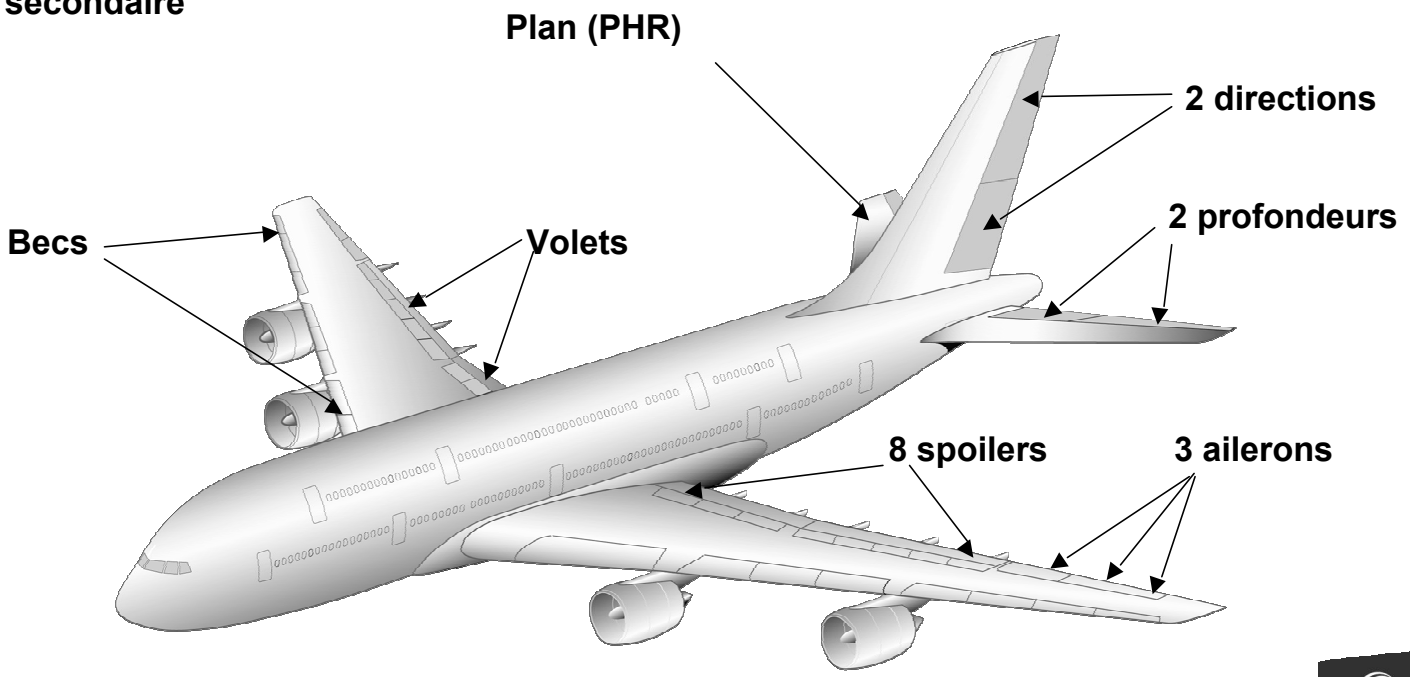
- Généralités (système de commandes de vol)
- La Certification
- Les « règles d'or » pour faire un avion FT
- Quelques exemples de surveillances
- Les contraintes
- Quelques sujets d'études…
- Conclusion

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Généralités

Système de Commandes de Vol : entre les organes de pilotage (manche, palonnier) et les gouvernes.

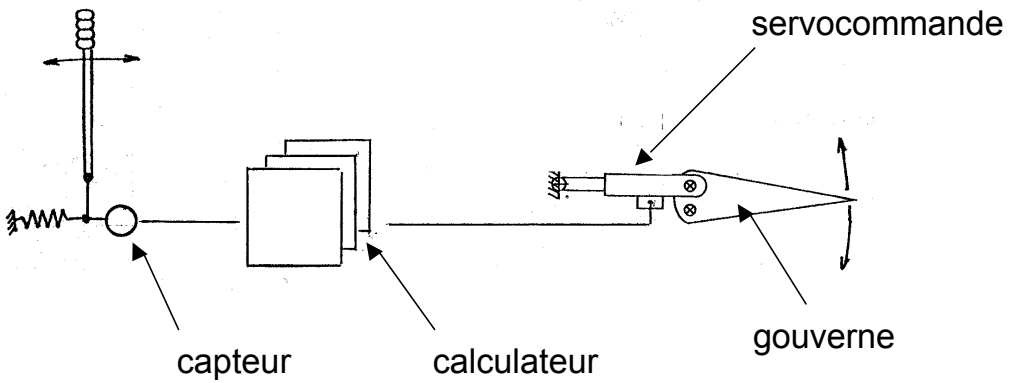
primaire
secondaire



© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Généralités

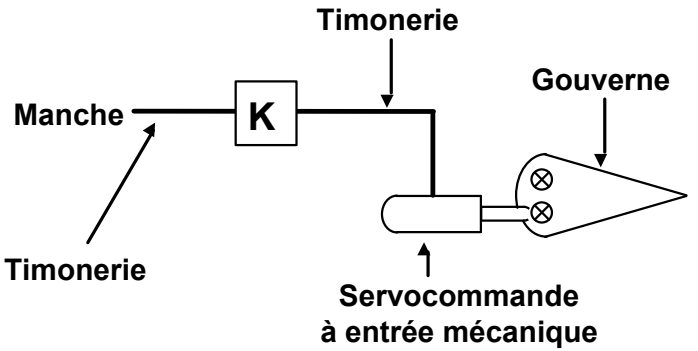
- SYSTEME « FLY BY WIRE » (FBW / CDVE)
  - L'organe de pilotage dialogue avec un calculateur (via des capteurs), et c'est le calculateur qui, en fonction des ordres pilotes et de nombreux autres paramètres (e.g. état inertiel de l'avion), commande le déplacement de la gouverne.



© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

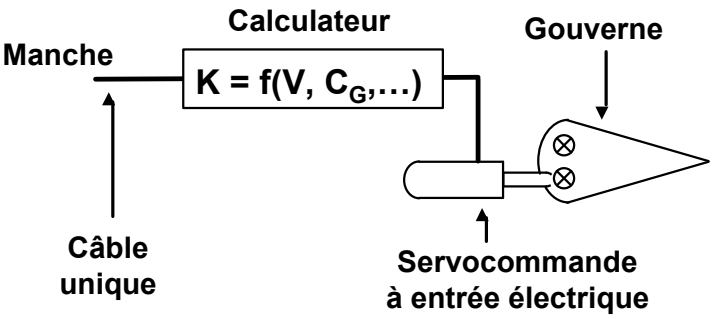
Généralités

CDVM



K = Gain <u>unique</u> dans tout le domaine de vol.

CDVE



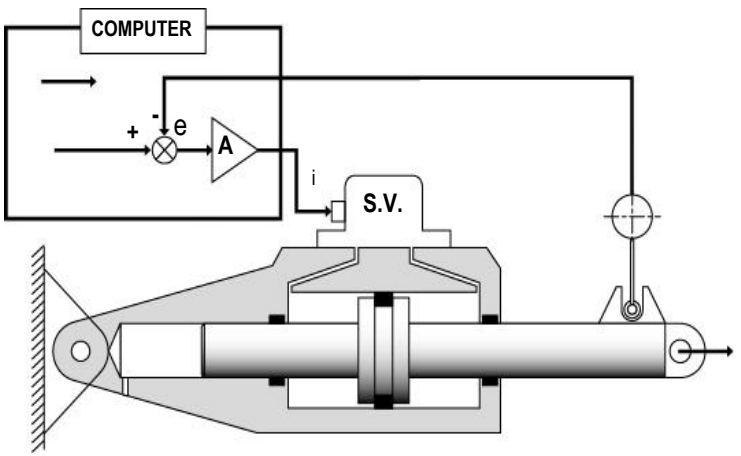
K = Gain <u>variable</u> dans tout le domaine de vol.

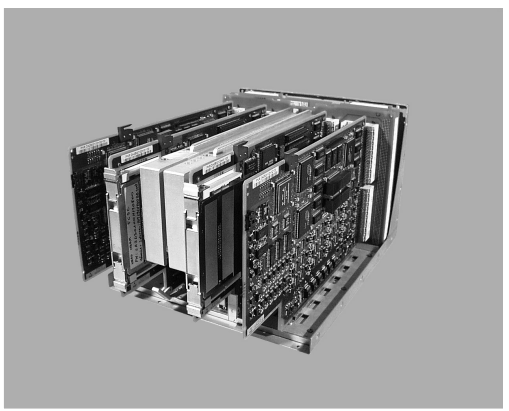
Commande plus précise, système plus performant, plus de confort, gain de poids, souplesse d'évolution,…

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Généralités

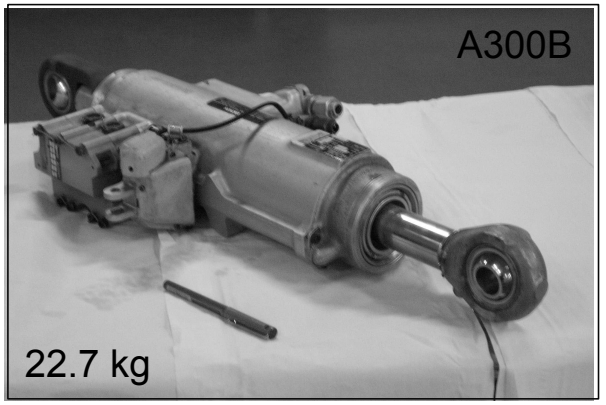
- Rôle des calculateurs :
  - asservir les gouvernes
  - calcul des lois de pilotage (consigne)
  - gérer l'aspect multi-calculateur
  - surveiller (I/O, auto-surveillances, pannes,…)
  - alléger le travail du pilote (e.g. reconfiguration)

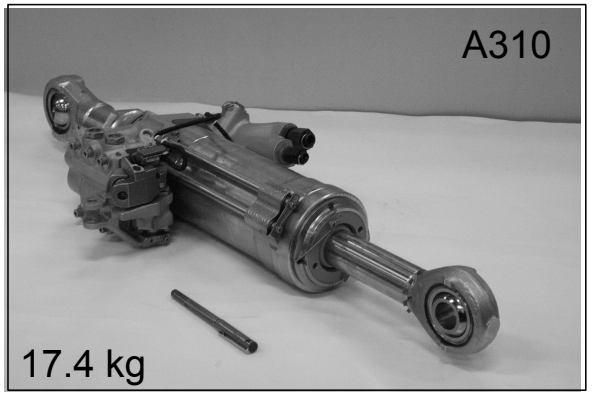


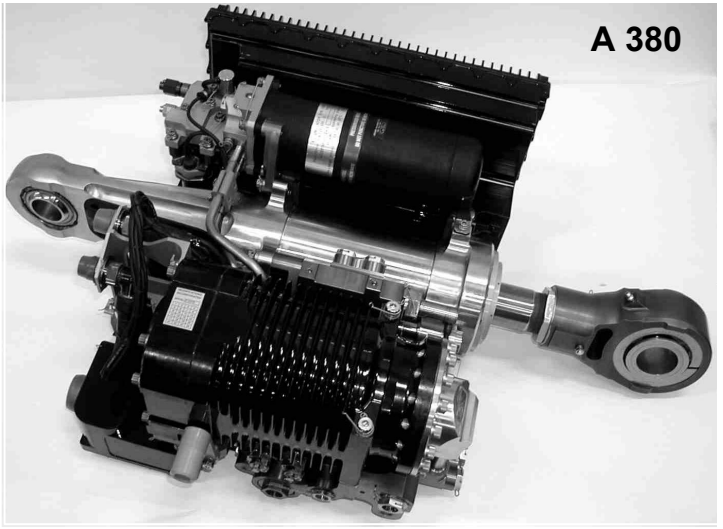


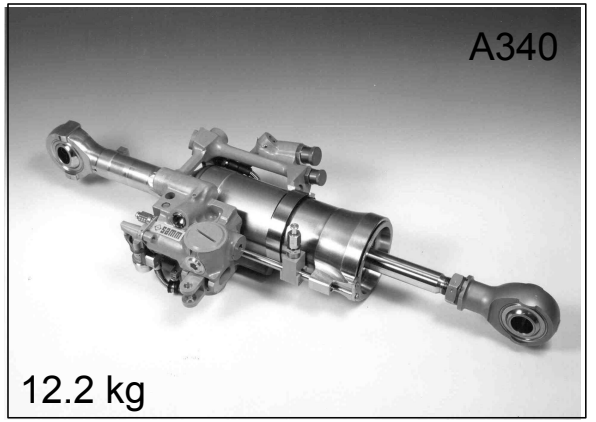
© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Généralités









© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Plan

- Généralités (système de commandes de vol)
- La Certification
- Les « règles d'or » pour faire un avion FT
- Quelques exemples de surveillances
- Les contraintes
- Quelques sujets d'études…
- Conclusion

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Certification

- EASA : European Aviation Safety Agency (ex-JAA)

  CS : Certification Specification (ex JAR)

- FAA : Federal Aviation Authorities

  ➔ FAR Regulation

- **FAR** & **CS** sont des exigences qui sont intégrées dans la spécification de l'avion.

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Certification

- CS/FAR 25 : certification des (grands) avions civils

- CS 25.1309 : “Plus c’est grave, plus cela doit être improbable.”

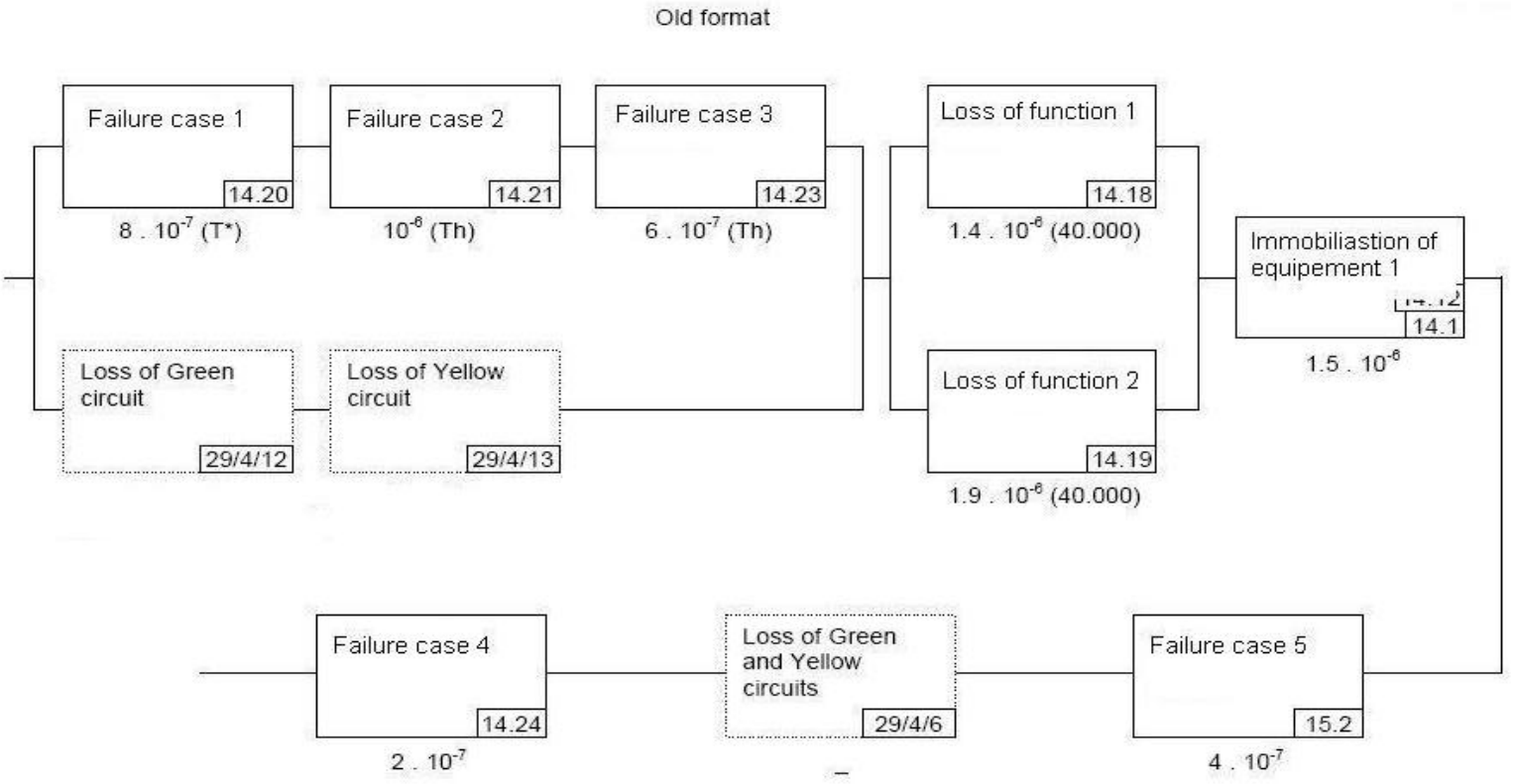
➔ cas de pannes ayant des conséquences catastrophiques : $p<10^{-9}/fh$

➔ aucune panne simple ne doit avoir de conséquences catastrophiques.

➔ Airbus rédige une “Safety System Analysis” pour évaluer l’effet de chaque panne sur le système.

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Certification



4/6 JAMMING OF A CONTROL SURFACE

© AIRBUS FRJ

Plan

- Généralités (système de commandes de vol)
- La Certification
- Les « règles d'or » pour faire un avion FT
- Quelques exemples de surveillances
- Les contraintes
- Quelques sujets d'études…
- Conclusion

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Les “règles d’or”

➢ Le système CDV est un système critique :

→ Ses pannes peuvent avoir des conséquences catastrophiques :

- embarquement profondeur / direction / PHR
- perte de contrôle sur l’axe de profondeur
- panne oscillatoire en résonance structure
- perte de contrôle en latéral après perte d’un moteur

→ Toutes ces pannes doivent être extrêmement improbables et cela doit être démontré aux autorités de navigabilité pour la certification.

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Les “règles d’or”

- Guides :

  ARP 4754 level A : développement des systèmes

  DO178B : logiciel calculateur

  DO254 level A : hardware calculateur

- Redondance :

  - 5 calculateurs CDVE sur A330/A340, 6 sur A380
  - Différentes sources de puissance pour actionner les gouvernes (3 sur A320/A340, 4 sur A380)

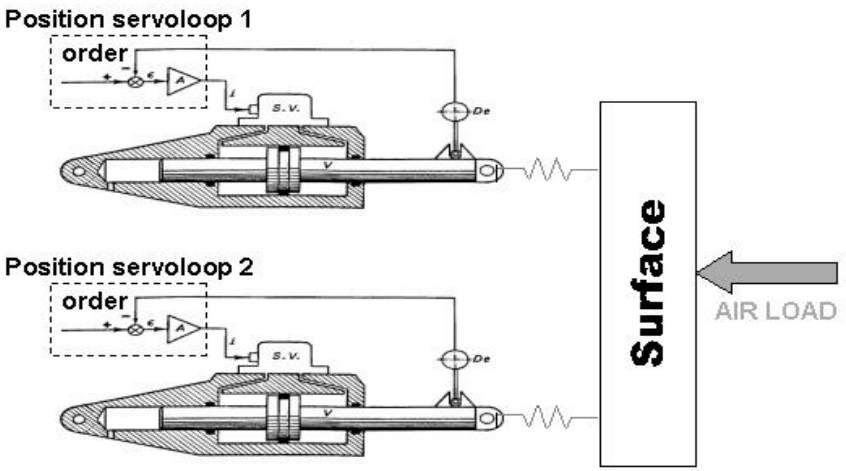
- Surveillances :

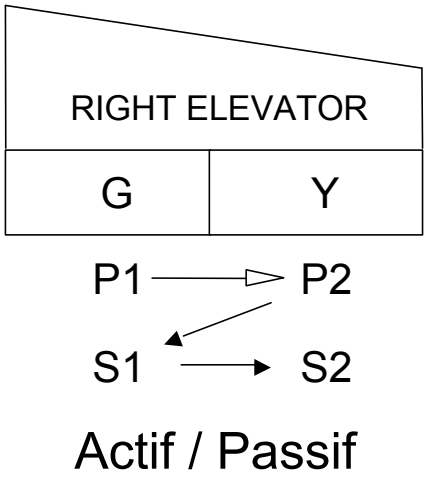
  - En permanence : capteurs, actionneurs, calculateurs…

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Les “règles d’or”

- Reconfiguration du système :





- Reconfiguration des Lois de Pilotage:

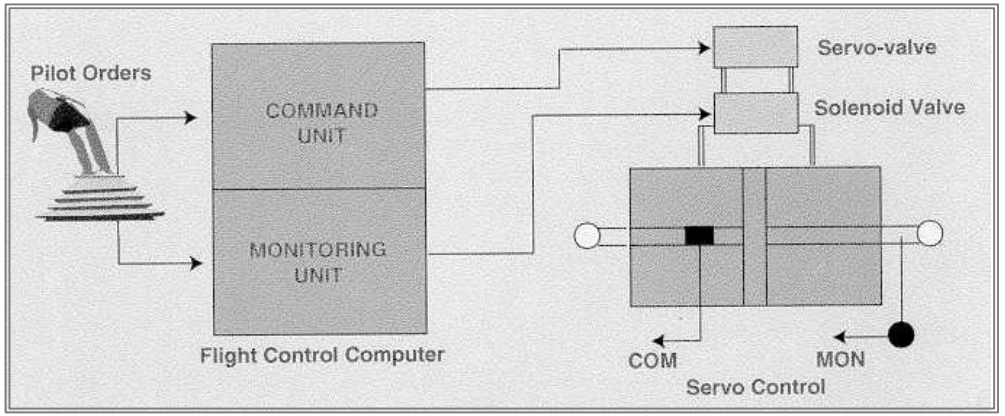
Loi normale → Lois “alternatives” → Loi directe

Perte des protections

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Les “règles d’or”

- architecture “COM/MON” :



- Dissimilaritée :
  - * 2 sortes d’actionneurs sur A380
  - * 2 types de calculateurs : PRIM ≠ SEC
  - * logiciel et hardware différents
  - * SEC plus simple que le PRIM
  - * ségrégation physique :
    - des routes électriques et hydrauliques
    - des calculateurs

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Plan

- Généralités (système de commandes de vol)
- La Certification
- Les « règles d'or » pour faire un avion FT
- Quelques exemples de surveillances
- Les contraintes
- Quelques sujets d'études…
- Conclusion

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

AIRBUS

Quelques exemples de surveillances

Principe général : confirmer pendant un temps T qu'une certaine quantité est supérieure à un seuil.

- **surveillance de courant** : détecter les pannes affectant le courant généré par le calculateur vers la servocommande.

- **surveillance de mode** : actif / passif (« force fighting »)

- **surveillance de capteurs** : câblage, alimentation, biais, valeur erronée,…

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Quelques exemples de surveillances

- Pannes du système CDV ayant une influence sur les charges structurales de l'avion :

  - surveillance d'embarquement : mouvement intempestif de la gouverne qui part en butée.

  - surveillance de « grippage » : blocage de la gouverne.

  - perte de limitation : « Rudder Travel Limitation ».

  - surveillance d'oscillations des gouvernes : pannes oscillatoires. (Attention aux phénomènes de résonance !)

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Plan

- Généralités (système de commandes de vol)
- La Certification
- Les « règles d'or » pour faire un avion FT
- Quelques exemples de surveillances
- Les contraintes
- Quelques sujets d'études…
- Conclusion

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Les contraintes

- La robustesse :
  - Pas de Fausse Alarme : disponibilité opérationnelle.

    (probabilité la plus faible possible)

- La détection :
  - Pas de non détection : conséquences catastrophiques...

    (probabilité de non détection la plus faible possible)

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Les contraintes

- Coût calculatoire : le plus faible possible car…

- A340 microprocessor :
  - Flight Control Computer :
    - * PRIM : AMD 486 DX4 (32 MHz)
      - ≈ 19 MIPS
    - * SEC : Sharc ADSP (40 MHz)
  - FMGEC :
    - * INTEL 286 (16 MHz)

- A380 microprocessor (Flight Control & Guidance Computer)
  - Primary computer : PowerPC755 (66 MHz)
  - Secondary computer : DSP Sharc (40 MHz)

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Les contraintes

- Calculateurs multi-cycles : 10 ms, 20 ms, …

- Temps de confirmation : de quelques dizaines de ms à plusieurs secondes.

- Spécification (SAO/SCADE) :

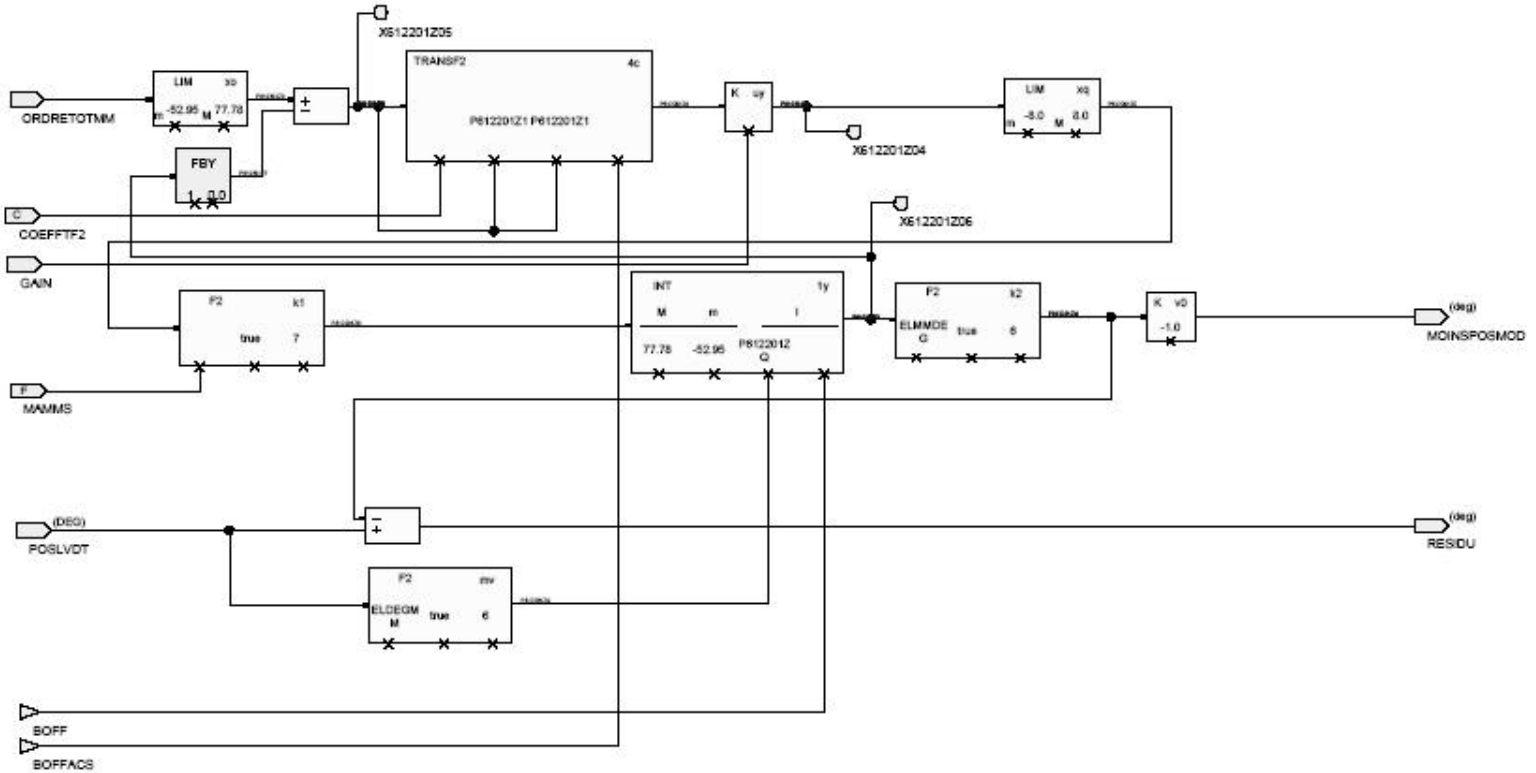
  - codage automatique à partir d'un langage de spécification graphique.

  - bibliothèque de symboles limitée : complexité des algorithmes limitée.

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Les contraintes

Spécification : un exemple de logique écrite en SAO



© AIRBUS FRANCE

Plan

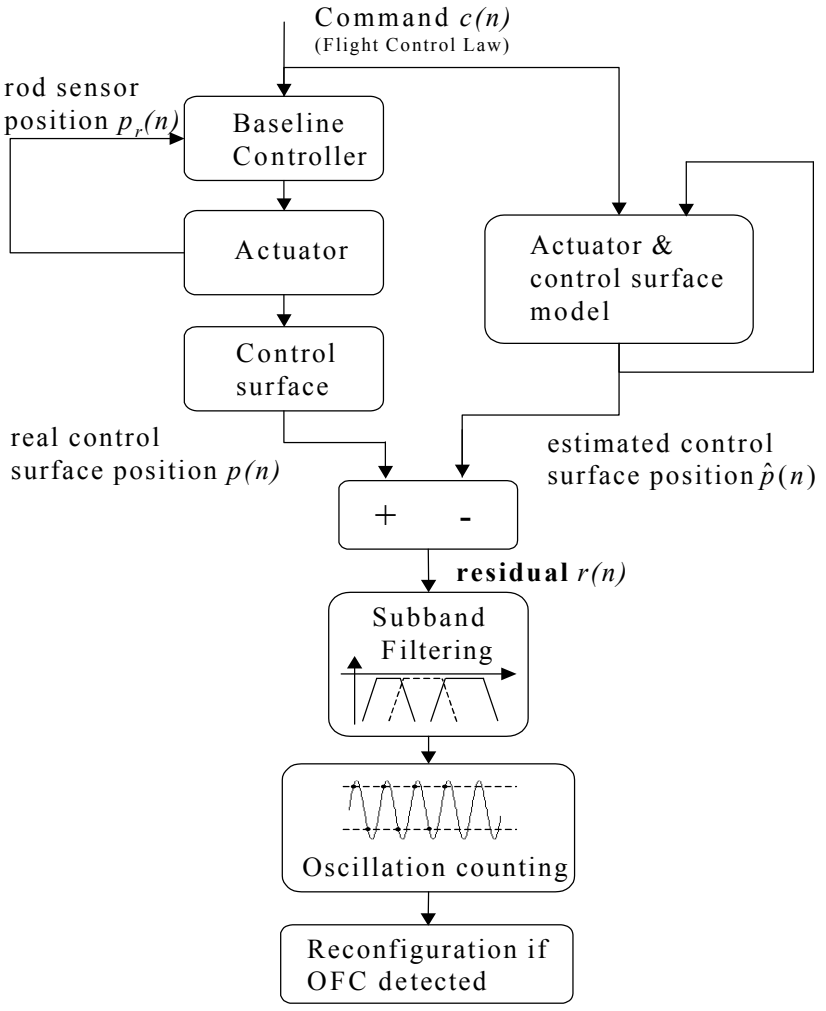
- Généralités (système de commandes de vol)
- La Certification
- Les « règles d'or » pour faire un avion FT
- Quelques exemples de surveillances
- Les contraintes
- Quelques sujets d'études…
- Conclusion

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Quelques sujets d'étude

- Pannes oscillatoires :

  Utilisation de la redondance analytique sur A380.



© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Plan

- Généralités (système de commandes de vol)
- La Certification
- Les « règles d'or » pour faire un avion FT
- Quelques exemples de surveillances
- Les contraintes
- Quelques sujets d'études…
- Conclusion

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Conclusion

- AIRBUS s'intéresse aux techniques innovantes de FDI/FTC dans le cadre de l'optimisation globale de l'avion.

- S'adapter aux contraintes industrielles : temps réel, coût calculatoire faible, robustesse…

- A terme : supprimer une partie de la redondance matérielle pour des gains de poids et donc pour améliorer les performances de l'avion.

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

Merci de votre attention !

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.

This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS FRANCE S.A.S.. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of AIRBUS FRANCE S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

The statements made herein do not constitute an offer. They are based on the mentioned assumptions and are expressed in good faith. Where the supporting grounds for these statements are not shown, AIRBUS FRANCE S.A.S. will be pleased to explain the basis thereof.

AIRBUS, its logo, A300, A310, A318, A319, A320, A321, A330, A340, A350, A380, A400M are registered trademarks.

© AIRBUS FRANCE S.A.S. All rights reserved. Confidential and proprietary document.