



Pierre GILLARD/TEXT1403

Directeurs de vol et pilotes automatiques

Avant de débuter le cours ...



Merci !

Présentation du cours



- Introduction.
- Classification des pilotes automatiques.
- Le mode « manuel ».
- Le mode « directeur de vol ».
- Le mode « pilote automatique ».
- Pilote automatique d'avion.
- Pilote automatique d'hélicoptère.
- Systèmes de gestion, de guidage et d'enveloppe de vol.
- Test des pilotes automatiques.
- Évolution.
- Conclusions.

Introduction

- Il existe trois manières de piloter un aéronef :
 - Le pilote utilise tous ses sens pour maintenir et guider manuellement son appareil; il effectue lui-même tous les calculs relatifs à la navigation et à la gestion du vol.
 - Le système directeur de vol (*FD-Flight Director*) analyse les paramètres de vol et de navigation; il guide le pilote en indiquant les manœuvres à effectuer.
 - Le pilote automatique analyse les paramètres de vol et de navigation et assure pleinement le guidage de l'aéronef tout en informant le pilote.
- La première méthode est principalement en usage en aviation privée et générale.
- Dans tous les autres cas, la troisième méthode sera la plus pratiquée.

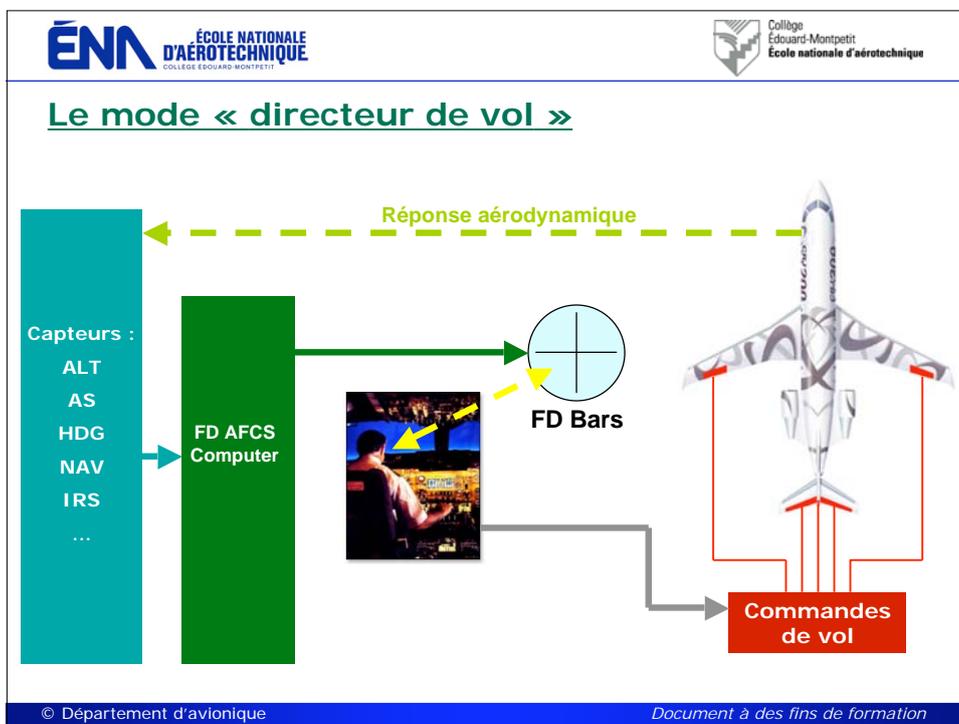
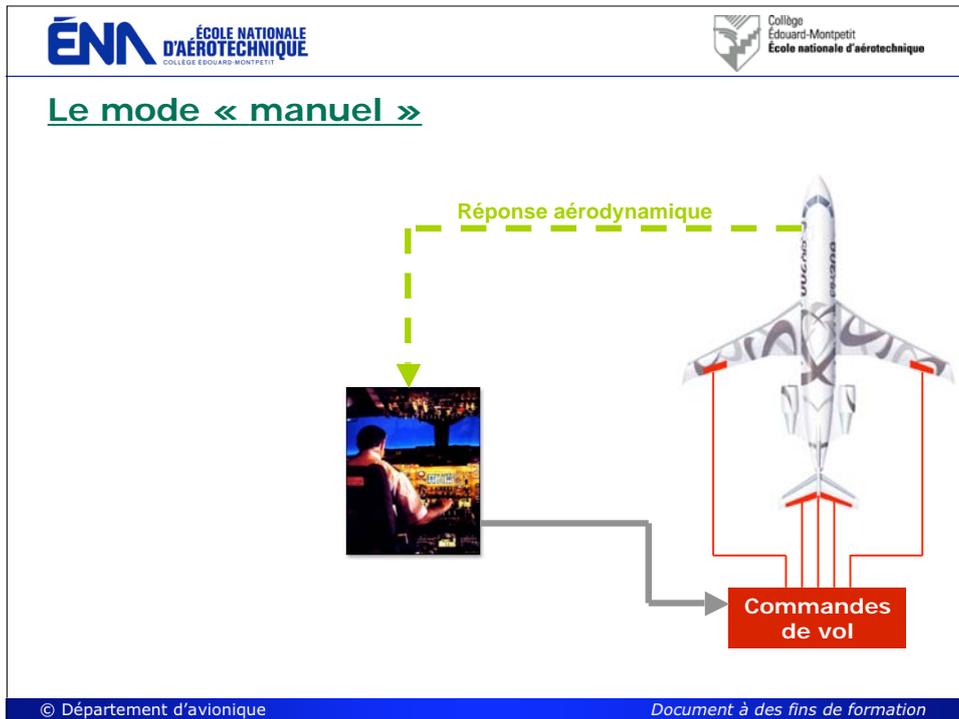
Classification des pilotes automatiques

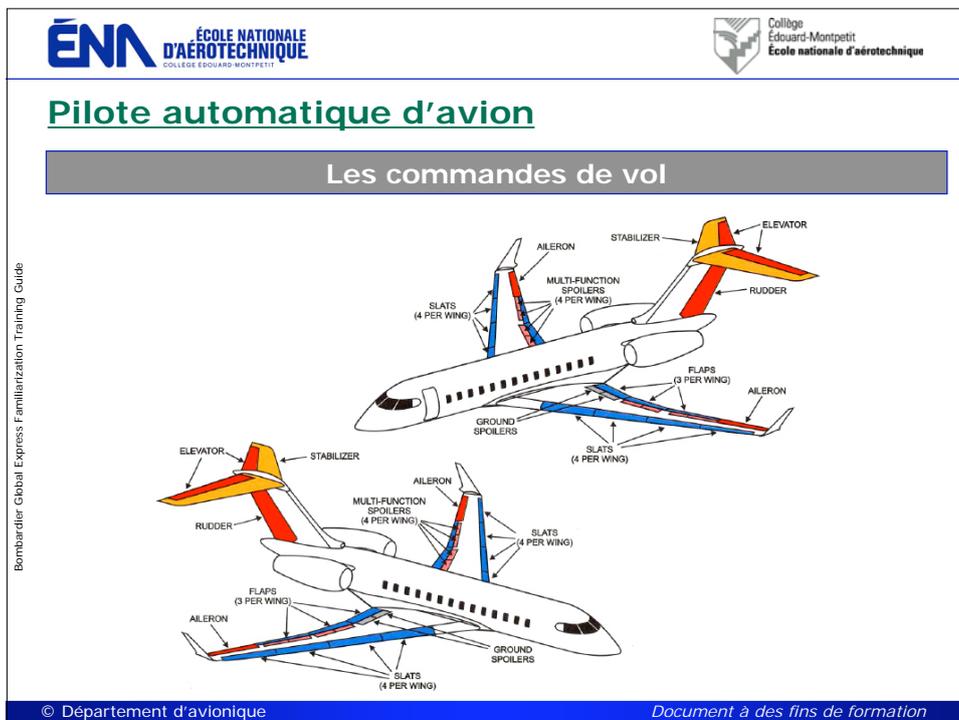
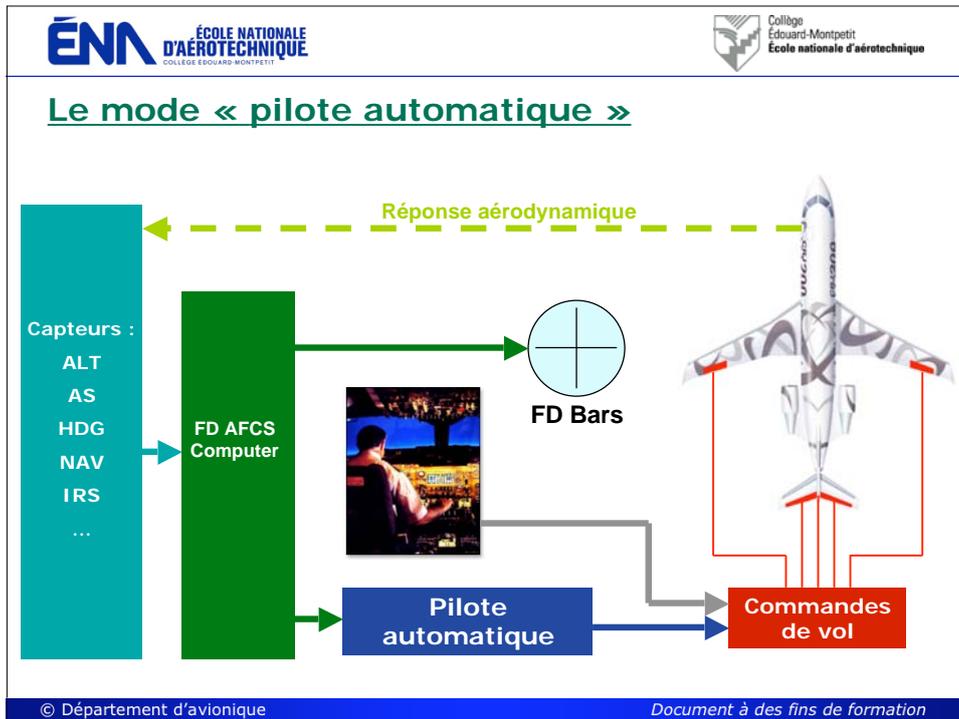
- On a l'habitude de classer les pilotes automatiques (« *AFCS- Automatic Flight Control Systems* ») suivant le nombre d'axes qu'ils contrôlent :
 - 2 axes : le pilote automatique contrôle le roulis (*Roll*) et le tangage (*Pitch*).
 - 3 axes : le pilote automatique contrôle le roulis (*Roll*), le tangage (*Pitch*) et le lacet (*Yaw*).
 - 3 axes avec contrôle de la poussée des moteurs (*Auto Throttle*) sur les avions.
 - 4 axes sur les hélicoptères : gère aussi la commande de pas collectif (*Collective Control*).

Classification des pilotes automatiques

- Les systèmes de pilotes automatiques peuvent être analogiques ou numériques.
- Dans tous les cas, ils ont une action directe sur les commandes de vol.



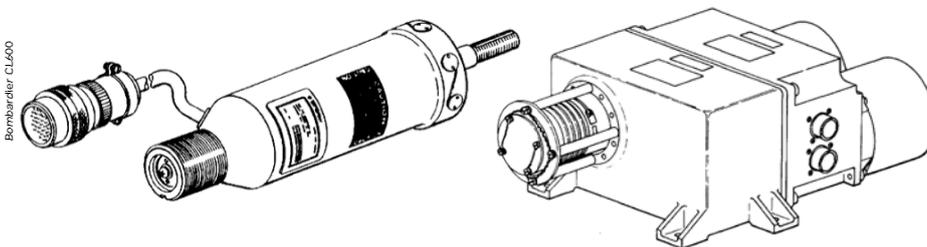




Pilote automatique d'avion

Les commandes de vol

- Il existe deux types de vérins placés sur les commandes de vol :
- Les vérins séries (Actuators) destinés aux commandes rapides de courte durée.
- Les vérins de compensation (Trim Actuators/Servos) destinés aux commandes lentes de plus longue durée.



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Pilote automatique d'avion

Les commandes de vol

- Information sur les commandes de vol par le système EICAS (Engine Indicating and Crew Alerting System) :



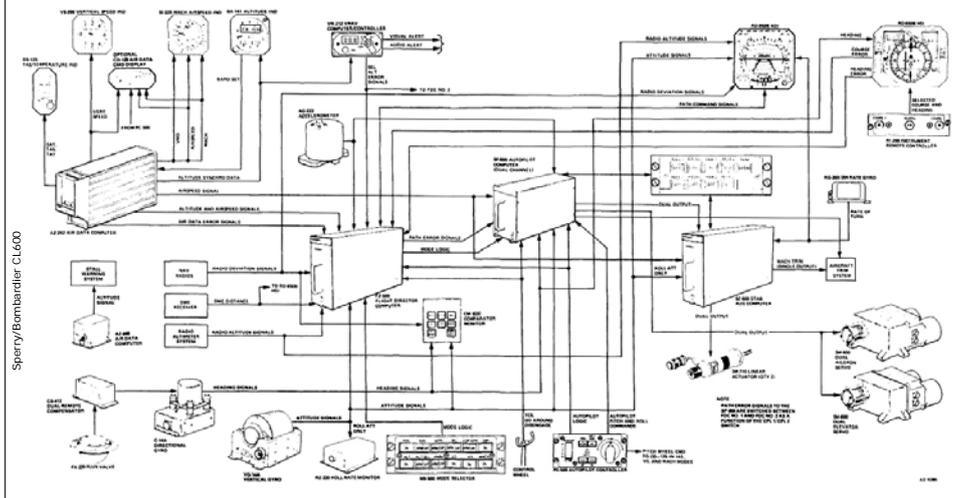
Bombardier Global Express Familiarization Training Guide

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Pilote automatique d'avion

Schéma général du système FD et pilote automatique



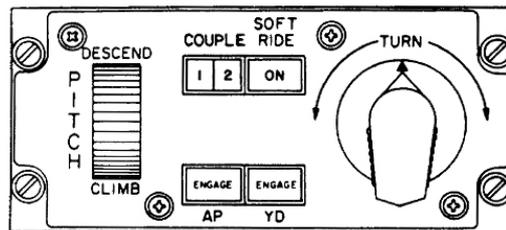
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

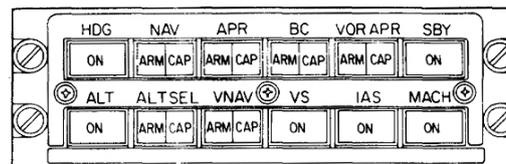
Pilote automatique d'avion

Commandes du pilote automatique et du coupleur de vol

- [Boîtier de commande du pilote automatique :](#)



- [Boîtier de commande du coupleur de vol :](#)

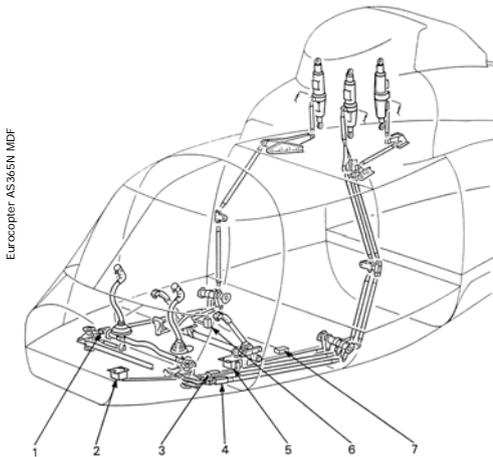


© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Pilote automatique d'hélicoptère

Les commandes de vol

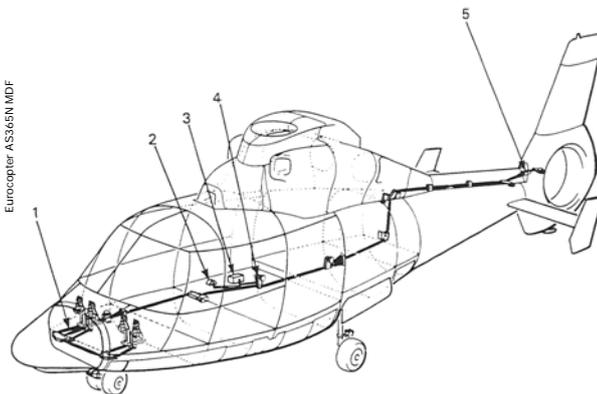


• Commandes en roulis et en tangage :

1. Vérin série de roulis droit.
2. Vérin de compensation de tangage.
3. Vérin série de tangage.
4. Vérin série de roulis gauche.
5. Vérin de compensation de roulis.
6. Boîtier de potentiomètres de collectif.
7. Vérin de compensation de pas général (collectif).

Pilote automatique d'hélicoptère

Les commandes de vol



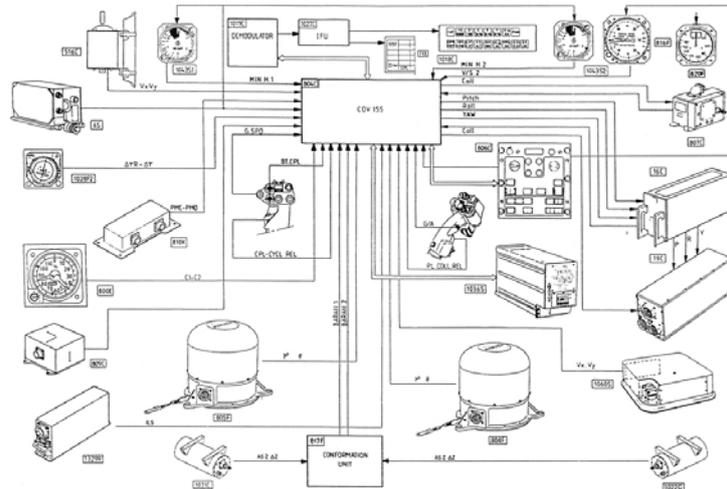
• Commande de lacet :

1. Bielle à contact de lacet.
2. Potentiomètre de lacet.
3. Vérin de compensation de lacet.
4. Friction de lacet.
5. Vérin série de lacet.

Pilote automatique d'hélicoptère

Schéma général du coupleur de vol

Eurocopter AS365M MDF



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Pilote automatique d'hélicoptère

Schéma général du coupleur de vol

- Boîtier de commande du coupleur de vol :



Pierre GILLARD/227-5-15A

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Pilote automatique d'hélicoptère

Étude cas : accident d'un Sikorsky CH-148 Cyclone



ARC-RCAF

- Sikorsky CH-148 Cyclone #148822 « Stalker 22 ».
- 29 avril 2020, mer Ionienne (Grèce).
- 12^e Escadre, opérant à partir du HMCS Fredericton.
- L'hélicoptère s'est abîmé en mer lors du retour au navire au cours d'une mission de surveillance maritime de routine où il devait effectuer de l'entraînement avec le treuil. À son bord se trouvaient 4 membres d'équipage et deux passagers.
- 6 morts.

- Au retour de mission, le pilote a effectué plusieurs passages à côté du navire avant d'entamer une montée avec un virage prononcé sur la gauche. L'appareil n'a jamais pu être redressé.
- L'enquête a montré que la manœuvre a été exécutée avec le directeur de vol engagé; normalement, en mode FD, le pilote a le contrôle des commandes vol, mais pas dans certaines circonstances sur ce type d'hélicoptère, semblerait-il.
- Un manque de formation a été cité comme facteur contributif.

Systemes de gestion, de guidage et d'enveloppe de vol

- Les premiers aéronefs à être « tout électriques » (« *Fly-by-Wire* ») étaient des avions militaires (exemple : F-16).
- Le premier avion commercial entièrement géré électroniquement a été l'Airbus A320.
- Basée sur l'expérience acquise avec cet avion, toute la gamme Airbus subséquente a été dotée de commandes de vol électriques (A318, A319, A321, A330, A340, A350 et A380).
- Plus tardivement, Boeing a emboîté le pas à Airbus avec le 777 et le 787.
- L'Airbus A220 (ex-Cséries) fait aussi appel à la technologie *Fly-by-Wire*.



Pierre GILLARD/002822



Pierre GILLARD/002856



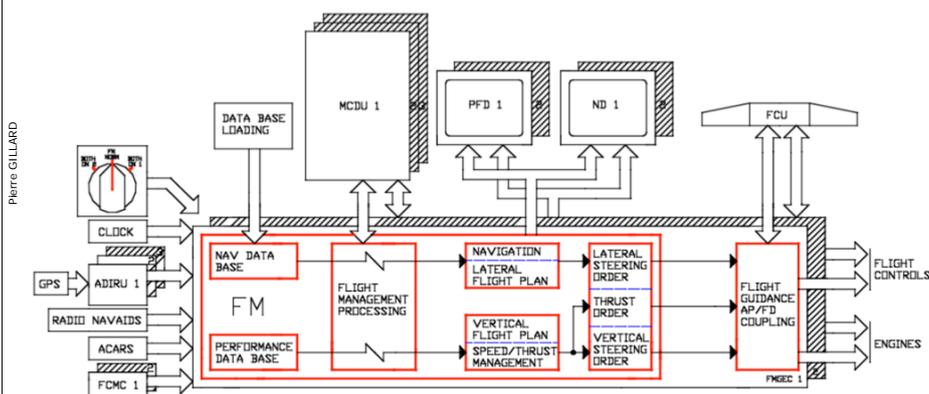
Pierre GILLARD/2008-15090

Systemes de gestion, de guidage et d'enveloppe de vol

- Dans le cas de ces avions, le pilote n'est plus le seul maître à bord.
- Le système de gestion du vol peut refuser une commande lui paraissant aberrante ou une commande qui mettrait l'avion en danger.
- Chez Airbus, le système de gestion de vol s'appelle FMGEC ou « *Flight Management, Guidance & Enveloppe Control* ».
- Ce système intégré :

- ✓ Gère la navigation.
- ✓ Contrôle l'avion.
- ✓ Contrôle les moteurs.
- ✓ Maintient l'avion dans l'enveloppe de vol pour laquelle il a été conçu.

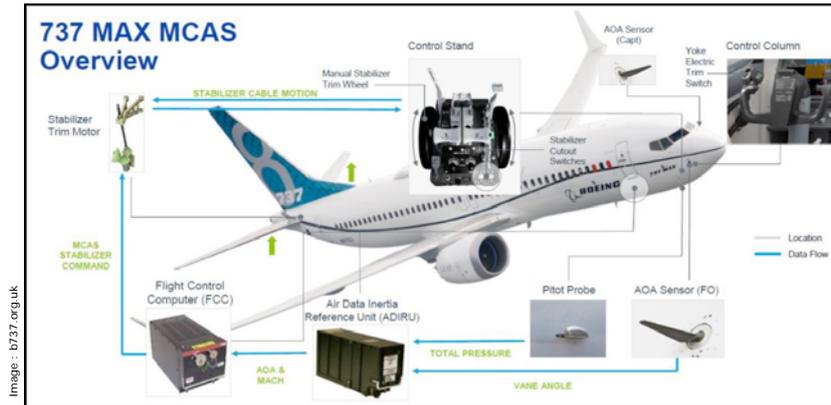
Systemes de gestion, de guidage et d'enveloppe de vol



- De manière simplifiée, on peut dire que ces systèmes sont une combinaison de FMS et de pilote automatique.

Systèmes de gestion, de guidage et d'enveloppe de vol

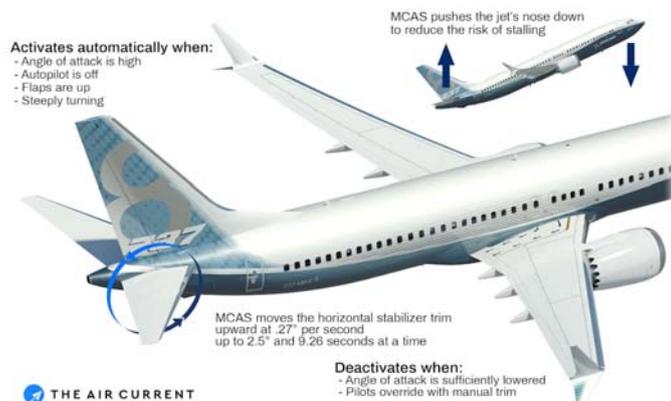
Système MCAS du Boeing 737 MAX



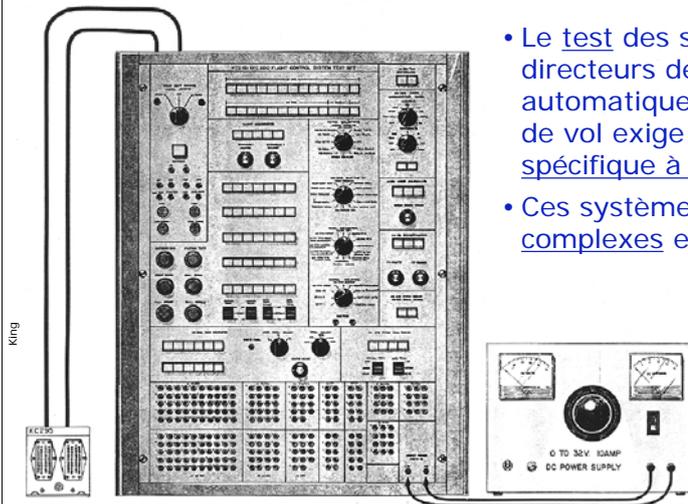
Systèmes de gestion, de guidage et d'enveloppe de vol

Système MCAS du Boeing 737 MAX

Boeing 737 Max Maneuvering Characteristics Augmentation System



Test des pilotes automatiques



- Le test des systèmes de directeurs de vol, de pilotes automatiques et de coupleurs de vol exige du matériel spécifique à chaque système.
- Ces systèmes de test sont complexes et dispendieux.

Évolution



Photo © Pierre GILLARD/2017/610862

- La technologie des systèmes de pilotes automatiques, couplés aux autres systèmes de bord, permet d'effectuer des vols entièrement automatiques.
- Se basant sur cette constatation, les ingénieurs de Cirrus et de Garmin ont développé le concept « Safe Return » pour le Cirrus Vision Jet :



Photo : Cirrus Aircraft

Vidéo : « Safe Return »

Conclusions



- Les systèmes de pilotes automatiques sont complexes.
- Une grande majorité des systèmes avioniques sont connectés aux directeurs de vol et aux pilotes automatiques.
- Le technicien en avionique doit comprendre toutes les interactions possibles de ces systèmes sur le fonctionnement du directeur de vol et du pilote automatique.



Merci de votre attention