



ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION ET D'ASTRONAUTIQUE

Pilote automatique d'avion

Les commandes de vol

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION ET D'ASTRONAUTIQUE

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

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION ET D'ASTRONAUTIQUE

Pilote automatique d'avion

Les commandes de vol

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

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION ET D'ASTRONAUTIQUE

Pilote automatique d'avion

Schéma général du système FD et pilote automatique

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION ET D'ASTRONAUTIQUE

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

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION ET D'ASTRONAUTIQUE

Pilote automatique d'hélicoptère

Les commandes de vol

- Commandes en roulis et en tangage :**
 - Vérin série de roulis droit.
 - Vérin de compensation de tangage.
 - Vérin série de tangage.
 - Vérin série de roulis gauche.
 - Vérin de compensation de roulis.
 - Boîtier de potentiomètres de collectif.
 - Vérin de compensation de pas général (collectif).

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION ET D'ASTRONAUTIQUE

Pilote automatique d'hélicoptère

Les commandes de vol

- Commande de lacet :**
 - Bielle à contact de lacet.
 - Potentiomètre de lacet.
 - Vérin de compensation de lacet.
 - Friction de lacet.
 - Vérin série de lacet.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION ET D'ASTRONAUTIQUE

Pilote automatique d'hélicoptère

Schéma général du système de pilote automatique

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION ET D'ASTRONAUTIQUE

Pilote automatique d'hélicoptère

Schéma général du système de pilote automatique

- Boîtier de contrôle du pilote automatique :**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Pilote automatique d'hélicoptère

Schéma général du coupleur de vol

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Pilote automatique d'hélicoptère

Schéma général du coupleur de vol

- Boîtier de commande du coupleur de vol :

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Pilote automatique d'hélicoptère

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

• Sikorsky CH-148 Cyclone #188221 - «Starlet 22»
 • 29 avril 2020, Îles Indonésiennes (Sulawesi)
 • 12: Escadron opérant à partir du HMM-26 Froidelocan.
 • L'hélicoptère s'est abîmé en mer lors du retour au navire au cours d'une mission de surveillance maritime de routine de 11 heures effectuée de l'embarquement avec le fret. 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 de vol, mais pas dans certaines circonstances sur ce type d'hélicoptère, semblerait-il.
- Un panque de formation a été cité comme facteur contributif.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Systèmes 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 embotté le pas à Airbus avec le 777 et le 787.
- L'Airbus A220 (ex-Cseries) fait aussi appel à la technologie *Fly-by-Wire*.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Systèmes 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 & Envelope 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.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Systèmes 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.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Systèmes de gestion de guidage et d'enveloppe de vol

Système MCAS du Boeing 737 MAX

737 MAX MCAS Overview

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Systèmes de gestion de guidage et d'enveloppe de vol

Système MCAS du Boeing 737 MAX

Boeing 737 Max Maneuvering Characteristics Augmentation System

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

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.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION ET D'AÉRONAUTIQUE

Centre de formation
des techniciens d'avionique

Évolution



- 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 :

[Vidéo : « Safe Return »](#)

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION ET D'AÉRONAUTIQUE

Centre de formation
des techniciens d'avionique

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.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AVIATION ET D'AÉRONAUTIQUE

Centre de formation
des techniciens d'avionique



Merci de votre attention

© Département d'avionique Document à des fins de formation