



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 AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

Pilote automatique d'hélicoptère

Schéma général du coupleur de vol

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET AÉROTECHNIQUE

Pilote automatique d'hélicoptère

Schéma général du coupleur de vol

- **Boutier de commande du coupleur de vol :**

© Département d'avionique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉRONAUTIQUE ET 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, Émiratistes.
 • 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 le personnel et 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 AÉRONAUTIQUE ET 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 AÉRONAUTIQUE ET 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 AÉRONAUTIQUE ET 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 AÉRONAUTIQUE ET 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 AÉRONAUTIQUE ET 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 AÉRONAUTIQUE ET 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 TECHNIQUE

Chaire d'enseignement en 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 TECHNIQUE

Chaire d'enseignement en 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 TECHNIQUE

Chaire d'enseignement en Avionique



Merci de votre attention

© Département d'avionique Document à des fins de formation