Affichages et autres systèmes avioniques

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Avant de débuter le cours ...

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Présentation du cours

- Les affichage électroniques embarqués.
- Généralités au sujet des affichages et des écrans.
- Les systèmes EFIS.
- Systèmes d'affichage de paramètres techniques.
- GPWS et TAWS.
- Conclusions.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les affichages électroniques embarqués

- L'électronique embarquée à bord des aéronefs n'échappe pas à la tendance des autres secteurs : il y a prolifération des affichages électroniques.
- Ils sont présents dans toutes les applications : gestion du vol, divertissement, maintenance, etc.
- Leur compréhension est donc primordiale pour le technicien en avionique.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les affichages électroniques embarqués

- On trouve des affichages électroniques sur les systèmes suivants embarqués à bord d'aéronefs :

- Cockpits :
  - EFIS : PFD, ND, MFD (ECAM,EICAS, VEMD, etc).
  - RTU.
  - CDU (FMS).
  - EFB.
  - RCCB.
  - Écrans de surveillance.
  - Etc.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les affichages électroniques embarqués

- On trouve des affichages électroniques sur les systèmes suivants embarqués à bord d'aéronefs :

- Cockpits :
  - HGS ou HUD.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les affichages électroniques embarqués

- On trouve des affichages électroniques sur les systèmes suivants embarqués à bord d'aéronefs :

- Cabines :
  - IFE et autres systèmes de divertissement.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les affichages électroniques embarqués

- On trouve des affichages électroniques sur les systèmes suivants embarqués à bord d'aéronefs :

- Pilotes :
  - Flight Helmet Display.
  - NVG.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les affichages électroniques embarqués

- On trouve des affichages électroniques sur les systèmes suivants embarqués à bord d'aéronefs :

- Le mouvement du casque permet aussi d'orienter le canon (hélicoptères) ou de commander la direction du missile (avions de combat).
- Parfois, c'est le mouvement des yeux du pilote qui est analysé pour le guidage.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

Les affichages électroniques embarqués

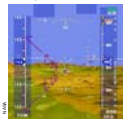
- On trouve des affichages électroniques sur les systèmes suivants embarqués à bord d'aéronefs :
  - Applications spéciales :

- Militaires : AWACS, recherche et patrouille maritime, etc.
- Services publics : police, garde côtière, douanes, etc.

Les affichages électroniques embarqués

EFVS - *Enhanced Flight Vision System*

- Les EFVS et SVS (*Synthetic Vision Systems*) permettent d'améliorer la vision en mauvaises conditions atmosphériques particulièrement lors d'approches.
- Un avion équipé d'EFVS ou de SVS sera autorisé pour des atterrissages ILS CAT I avec des DH et RVR réduites selon les réglementations.



Généralités au sujet des affichages et des écrans

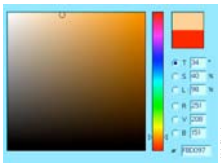
- On trouve actuellement deux technologies d'écrans vidéo à bord des aéronefs :
  - ✓ Les écrans à tube à rayons cathodiques (TRC ou CRT).
  - ✓ Les écrans plats.
- Dans le passé, si l'on souhaitait présenter des images ayant des dimensions supérieures à celles des écrans, on utilisait des projecteurs vidéo.

Généralités au sujet des affichages et des écrans

- Quel que soit le type d'écran, on définit la dimension d'un écran par sa diagonale, que ce soit en centimètres ou en pouces.

Généralités au sujet des affichages et des écrans

- En imagerie numérique, les couleurs peuvent être exprimées de deux manières différentes : « RVB » ou « TSL ».
- « RVB » représente le niveau des trois couleurs primaires (rouge, vert et bleu).
- « TSL » représente la teinte, la saturation et la luminance.



- Il existe différents formats et qualités de codage des images fixes ainsi que des séquences vidéo.

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Affichage à DEL

- Les diodes électroluminescentes DEL (LED-*Light Emitting Diodes*) se retrouvent dans de nombreuses applications.
- Elles présentent l'avantage d'une faible consommation en rapport avec une luminosité élevée.
- Elles existent actuellement dans une variété de couleurs.
- Il est donc normal de retrouver les DEL également dans les aéronefs.

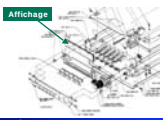
Généralités au sujet des affichages et des écrans

Affichage à DEL

- Une des applications des DEL les plus répandues en matière d'affichage est l'afficheur « 7 segments ».
- Exemple d'utilisation en aviation :

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Affichage à gaz



- Il s'agit d'afficheurs étanches réalisés en verre.
- Les éléments de l'afficheur contiennent un gaz qui s'illumine lorsqu'une tension est appliquée.

Avantage :
- Très lumineux.

Inconvénients :
- Fragiles.
- Chers.
- Nécessitent une haute tension pour fonctionner (environ 200 VDC)

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Affichage à cristaux liquides

- Plusieurs systèmes avioniques utilisent des afficheurs à cristaux liquides.
- On les trouve, d'ordinaire, en aviation générale par exemple sur des émetteurs-récepteurs VHF-COM ou des récepteurs de navigation.
- La découverte des cristaux liquides par deux botanistes autrichiens (Reinitzer et Virchow) remonte à la fin du 19ème siècle.

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Affichage à cristaux liquides

- Les cristaux liquides sont une substance presque transparente possédant des propriétés à la fois des solides et des liquides.
- La lumière peut traverser les cristaux liquides en suivant l'alignement des molécules les composant.
- Dans les années 60, on a découvert que l'on pouvait orienter les cristaux liquides sous l'application d'un champ électrique.
- Depuis les années 1980, ils ont été utilisés dans quasi toutes les applications où un affichage a été nécessaire.
- En quelques années, l'évolution des écrans à cristaux liquides a été fulgurante : d'afficheurs monochromes, ils ont été perfectionnés pour donner les écrans couleur d'aujourd'hui.
- Le grand avantage des affichage à cristaux liquides est leur très faible consommation électrique.

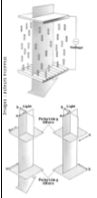
Généralités au sujet des affichages et des écrans

Affichage à cristaux liquides

- Un affichage ACL (LCD-*Liquid Cristal Display*) est constitué de cristaux liquides pris en sandwich entre deux surfaces rainurées dont les rainures de l'une sont perpendiculaires à celles de l'autre.
- Du fait de ces rainures, les molécules de cristaux liquides sont orientées dans un sens à proximité d'une surface et à 90°à proximité de l'autre.
- Entre les deux surfaces, l'orientation des molécules subit une torsion de 90°.
- La lumière, entre les deux plaques, subit, dès lors, la même rotation de 90°.

Généralités au sujet des affichages et des écrans

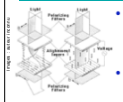
Affichage à cristaux liquides



- Si on applique un champ électrique sur les deux plaques rainurées, les cristaux sont forcés à se réaligner verticalement.
- La lumière ne subit plus de rotation.
- Il s'agit du premier principe fondamental du fonctionnement des LCD.
- Le second principe sur lequel repose le fonctionnement des LCD est celui des filtres polarisants.
- Deux filtres polarisants placés perpendiculairement bloquent le passage de la lumière.

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Affichage à cristaux liquides



- Si on met en application les deux principes simultanément, lorsqu'une tension est appliquée sur les plaques rainurées, la lumière ne passe pas.
- En l'absence de tension, la lumière passe.
- C'est ainsi que fonctionnent les afficheurs ACL :

Généralités au sujet des affichages et des écrans

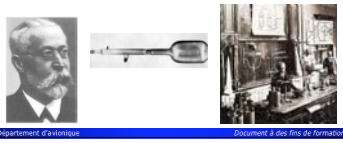
Tube à rayon cathodique

- À bord des aéronefs, les TRC étaient surtout utilisés pour les écrans des radars météo et pour les moniteurs des anciens systèmes IFE.

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Tube à rayon cathodique

- Dans un tube à rayon cathodique (TRC ou CRT-*Cathodic Ray Tube*) l'image est générée sous vide d'air.
- Un TRC présente, dès lors, toujours un risque d'implosion.
- On admet que le premier TRC contrôlable a été développé par un scientifique allemand , Karl Ferdinand Braun, en 1897.



Généralités au sujet des affichages et des écrans

Tube à rayon cathodique

- Dans un tube couleur traditionnel, il y a trois canons à électrons : un pour le rouge, un pour le vert et un pour le bleu.
- Dans le tube Trinitron, il n'y a qu'un seul canon à électrons qui projette trois faisceaux distincts.
- Les faisceaux d'électrons sont déviés par des bobines électromagnétiques afin d'atteindre un point précis de l'écran phosphorescent.
- La face arrière de l'écran est constituée d'une mosaïque de cellules luminophores.
- Peu avant la face arrière de l'écran, il y a une grille (« masque ») qui permet d'ajuster l'alignement de chacun des trois faisceaux avec ses cellules luminophores respectives.

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Tube à rayon cathodique

- Comme déjà mentionné, il existe un danger d'implosion avec projection subséquente de morceaux de verre.
- L'endroit le plus fragile est le col du tube écran; **Jamais on ne manipulera un écran par son col.**
- Avant de mettre un écran au rebut, on le remplira d'air et on déchargera son électricité statique.

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Tube à rayon cathodique

- En résumé, à propos des tubes à rayon cathodique :

Avantages :
- Robustes.
- Relativement facilement recyclables.

Inconvénients :
- Danger d'implosion.
- Encombrants.
- Lourds.
- Nécessitent une très haute tension pour fonctionner (plusieurs centaines de volts)

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Écrans à cristaux liquides

- Actuellement, les écrans LCD à bord des aéronefs sont des variantes des TFT.

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Écrans à cristaux liquides

Quelques propriétés des écrans à cristaux liquides :

- Contrairement à un tube à rayon cathodique ou l'entièreté de l'image doit être rafraichie, dans un LCD, seules les cellules subissant un changement d'une image à l'autre sont mises à jour.
- Il n'y a donc plus de scintillement sur les écrans LCD.
- On parlera plutôt de "temps de réponse" pour un écran LCD plutôt que de rafraichissement.
- Plus le temps de réponse sera court, au plus rapidement réagira l'écran aux changements de l'image.
- Il existe maintenant des écrans LCD flexibles.

Séquence vidéo explicative

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Écrans à cristaux liquides

Les écrans LCD-TFT (*Thin Film Transistor*) :

- Au lieu d'avoir deux couches d'électrodes disposées en lignes et en colonnes comme dans le cas des écrans LCD-DSTN, dans le cas des écrans LCD-TFT on utilisera des matrices de transistors.
- Chaque transistor contrôle un élément individuellement; pour un pixel, on aura donc trois transistors (rouge, vert et bleu).
- Du fait que l'on peut agir sur chaque transistor individuellement, le temps de réponse des écrans TFT est très rapide.
- L'utilisation de films de matrices de transistors en lieu et place de films d'électrodes fait que les écrans sont plus minces et plus légers.

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Écrans à cristaux liquides

Les écrans tactiles :

- De plus en plus, ont fait appel à la technologie des écrans tactiles, comme pour les suites Garmin :

Cirrus SF50 Vision Jet G2+

Généralités au sujet des affichages et des écrans

Écrans à cristaux liquides

Les écrans tactiles :

Garmin G5000 Cessna 750 Citation X+

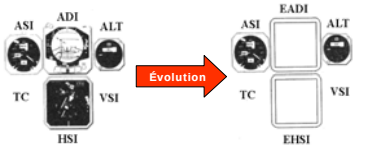
- Ces écrans tactiles évolués reprennent les fonctions de RTU (*Radio Tuning Unit*), de console audio et d'interphone ainsi que de CDU (*Control & Display Unit*) pour les FMS (*Flight Management Systems*).

Les systèmes EFIS

- Avec l'avènement des écrans électroniques de plus en plus performants, les instruments de navigation ont quasi tous disparus des tableaux de bord des aéronefs modernes pour faire place aux systèmes EFIS.
- Les systèmes EFIS actuels comprennent, en général, trois types d'écrans désignés selon leur fonction :
  - **PFD**-*Primary Flight Display.*
  - **ND**-*Navigation Display.*
  - **MFD**-*Multifunction Display.*

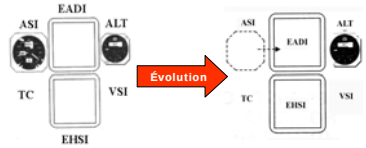
Les systèmes EFIS

Systèmes EFIS de première génération



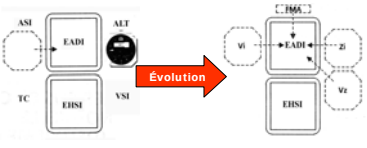
Les systèmes EFIS

Systèmes EFIS de seconde génération



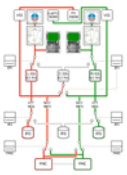
Les systèmes EFIS

Systèmes EFIS de troisième génération



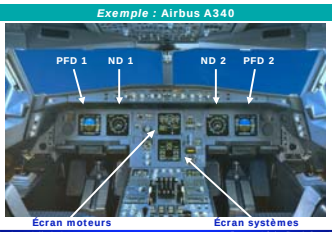
Les systèmes EFIS

- Peu importe la génération d'un système EFIS, son image provient d'un générateur de symboles (SG- *Symbol Generator*).
- Le SG reçoit des signaux analogiques, numériques et discrets de nombreuses sources différentes.
- Il les convertit ensuite en une image vidéo interprétable par le pilote.
- Cette image est envoyée à l'écran EFIS par un bus de données.



Les systèmes EFIS

Exemple : Airbus A340



Systèmes d'affichage de paramètres techniques

EICAS - *Engine Indicating & Crew Alerting System*

- Dénomination du système implanté dans les Boeing et les Canadair.

Systèmes d'affichage de paramètres techniques

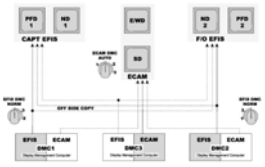
ECAM - *Electronic Centralized Aircraft Monitoring*

- Dénomination du système implanté dans les Airbus :

Systèmes d'affichage de paramètres techniques

ECAM - *Electronic Centralized Aircraft Monitoring*

- Configuration des écrans EFIS dans les Airbus A330 :



Systèmes d'affichage de paramètres techniques

VEMD - *Vehicle & Engine Multifunction Display*

- Système implanté sur la gamme récente chez Airbus Helicopters :

EC130

EC155

- Il s'agit d'un **système intégré** faisant la **synthèse** de tous les **paramètres moteur** et **transmission**.
- L'ensemble s'affiche de **manière simple** sur un écran double.

Systèmes d'affichage de paramètres techniques

VEMD - *Vehicle & Engine Multifunction Display*

- Système implanté sur la gamme récente chez Airbus Helicopters :

- Au **sol**, l'affichage indique **chaque paramètre séparément** sous forme de **cadrans synthétisés**.

AS350B3 Ecureuil

Systèmes d'affichage de paramètres techniques

VEMD - *Vehicle & Engine Multifunction Display*

- Système implanté sur la gamme récente chez Airbus Helicopters :

- En **vol**, l'affichage indique **une seule valeur synthèse** de tous les **paramètres moteur** et **transmission**.
- Le pilote n'a dès lors plus qu'**une seule indication** à surveiller.

EC120B Colibri

GPWS et TAWS

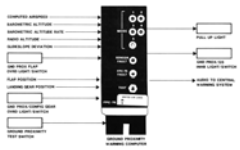
GPWS - *Ground Proximity Warning System*

- Le GPWS est un appareil effectuant la synthèse de différents paramètres provenant de plusieurs capteurs afin d'avertir l'équipage d'une proximité avec le sol.
- Le GPWS alerte l'équipage par des messages sonores et des témoins lumineux.

GPWS et TAWS

GPWS - *Ground Proximity Warning System*

- Capteurs connectés au GPWS :



GPWS et TAWS

GPWS - *Ground Proximity Warning System*

- Modes, conditions de déclenchement, messages et témoins du GPWS :

GPWS et TAWS

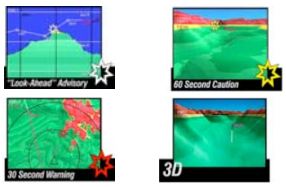
TAWS - *Terrain Avoidance Warning System*

- Le TAWS partage un objectif similaire avec le GPWS : éviter les CFIT (*Controlled Flights Into Terrain*).
- Les informations du TAWS proviennent de capteurs ainsi que d'une base de données et s'affichent sur un MFD.

GPWS et TAWS

TAWS - *Terrain Avoidance Warning System*

- Exemples d'informations s'affichant sur le MFD :



GPWS et TAWS

TAWS - *Terrain Avoidance Warning System*

- Les systèmes TAWS peuvent se trouver également en aviation générale.
- *Exemple :* HTAWS de Garmin :

Conclusions

- Les systèmes avioniques sont en constante évolution.
- Ils deviennent incontournables.
- De plus en plus, ils ont le contrôle général de l'aéronef.
- Il est donc important pour le TEA de bien connaître les fonctions de chaque système et les interconnexions entre les différents appareils.

Merci de votre attention