

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Indicateurs HSI, RMI et ADI

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Avant de débiter le cours ...

Merci !

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Présentation du cours

- Principe du gyroscope (rappel).
- Transmission d'une information angulaire.
- Le moteur pas-à-pas unipolaire.
- Le gyroscope directionnel.
- La sonde magnétométrique.
- L'Horizontal Situation Indicator (HSI).
- Étude du système King KC55A.
- Le Radio Magnetic Indicator (RMI).
- Étude du RMI King KI229.
- Le gyroscope vertical.
- L'Attitude Director Indicator (ADI).
- Évolution : systèmes combinés.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Principe du gyroscope (rappel)

- Un gyroscope est un assemblage comprenant un rotor qui tourne à haute vitesse à l'intérieur d'un ensemble de supports, appelés « cardans » qui permet à son axe de pointer dans toutes les directions.
- Les applications du gyroscope sont basées sur deux caractéristiques fondamentales :
 - L'inertie gyroscopique.
 - La précision.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Principe du gyroscope (rappel)

L'inertie gyroscopique

- C'est la tendance de toute masse en rotation à maintenir son plan de rotation s'il n'est pas perturbé.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Principe du gyroscope (rappel)

L'inertie gyroscopique

- Exemple :** stabilisation d'un missile air-air de CF-18 :

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Principe du gyroscope (rappel)

La précision

- C'est la tendance d'une masse en rotation qui, lorsqu'on applique une force perpendiculairement à son axe de rotation, pivotte avec 90° de retard dans le sens de rotation de cette masse.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Transmission d'une information angulaire

- Plusieurs moyens existent pour transmettre l'information d'un capteur de position à un indicateur situé à distance :

Selsyn DC :

Le transmetteur est constitué d'une résistance « circulaire » et son axe est mécaniquement lié à un balai pivotant alimenté par une tension DC. Selon la position du balai, les tensions sont différentes dans les trois éléments de la résistance circulaire (AB, BC, CD). Chaque tension produite par le transmetteur va se retrouver copiée dans les bobinages de l'indicateur dont l'aimant permanent va s'orienter dans la même direction que celle du transmetteur.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Transmission d'une information angulaire

- Plusieurs moyens existent pour transmettre l'information d'un capteur de position à un indicateur situé à distance :

Magnesyln (AC) :

L'avantage du Magnesyln par rapport au Selsyn est qu'il n'y a pas de balai ni dans le transmetteur, ni dans l'indicateur. Il est donc beaucoup plus fiable. Par contre, il nécessite une alimentation AC de 26 volts en 400 Hz. Celui-ci est alimenté un bobinage torique enroulé sur un noyau circulaire de fer doux. Deux connexions intermédiaires (C et D) sont reliées entre elles. Ainsi, l'orientation du champ magnétique induit par l'aimant permanent du transmetteur est « recopiée » dans l'indicateur.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Transmission d'une information angulaire

Plusieurs moyens existent pour **transmettre** l'information d'un **capteur** de position à un **indicateur** situé à distance :

Autosyn (AC) :

Le principe de l'Autosyn est semblable à celui du Magnesyn, mais, au lieu d'avoir des aimants permanents orientables, il s'agit maintenant d'aimants électromagnétiques.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Transmission d'une information angulaire

Plusieurs moyens existent pour **transmettre** l'information d'un **capteur** de position à un **indicateur** situé à distance :

Le résolveur (resolver) :

Un résolveur utilise deux bobines fixes (stator) « SIN » et « COS » montées à 90° l'une de l'autre pour créer l'orientation d'un champ magnétique. La tension de sortie aux bornes des bobines du rotor varie en fonction de l'angle de positionnement de celui-ci par rapport au champ magnétique. Le rotor peut aussi être un simple aimant permanent qui s'alignera en fonction de l'orientation du champ magnétique (exemple : AGF).

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Transmission d'une information angulaire

Exemple d'utilisation avec un gyroscope directionnel

Il y a une rétroaction mécanique appliquée sur le rotor du récepteur CT après le déplacement de la rose des vents du HSI, annulant le signal d'erreur à l'entrée de l'amplificateur.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Le moteur pas-à-pas unipolaire

Principe

- Le **stator** est constitué de **deux bobines doubles** placées à **90°**.
- Le **rotor** est constitué d'un **aimant permanent**.
- En alimentant en **séquence** les demi-bobines par des **impulsions**, on est en mesure de faire **tourner l'aimant permanent** par pas de **90°**.
- En alimentant **deux demi-bobines simultanément**, on peut faire **tourner l'aimant permanent par demi pas de 45°**.
- Si il n'y a **aucune alimentation**, l'aimant **restera en place**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Le moteur pas-à-pas unipolaire

Contrôle

- Si on **augmente** le nombre de **pôles du stator**, on augmente le **nombre de pas**.
- Le principal **avantage** du moteur pas-à-pas à aimant permanent unipolaire est son **contrôle aisé** à l'aide de **quatre transistors**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Le gyroscope directionnel

- Lorsque le gyroscope tourne autour d'un **axe situé à l'horizontale**, il s'agit d'un **gyroscope directionnel**.
- Il est aussi appelé « **conservateur de cap** » ou « **gyro directionnel** » (DG-Directional Gyro).
- L'**axe du rotor** est **horizontal** et il est monté à l'intérieur de **deux cardans** qui peuvent **tourner autour des axes perpendiculaires**.
- Il s'agit donc d'un **gyroscope à deux degrés de liberté**.
- Sur le **cardan extérieur** est attaché le **limbe** (rose graduée en 360°), qui indique le **cap (Heading)**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Le gyroscope directionnel

- Sur les systèmes modernes, le limbe gradué est remplacé par une **rose des vents mobile**.
- Cette rose des vents **doit être alignée** en prenant l'information de la **boussole (Compass)** et en **ajustant avec le bouton de réglage**.

Il y a aussi parfois un **bouton de cap (Heading)** pour le **pilote automatique** :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Le gyroscope directionnel

Les erreurs du conservateur de cap :

- Erreur de précession mécanique** : à cause des forces de friction du mécanisme du gyroscope et des cardans, une dérive d'environ 3° apparaît toutes les 15 minutes.
- Erreur de précession apparente** : à cause de la rotation de la terre (mouvement apparent), il existe une dérive qui varie avec la latitude (aux pôles, on parle d'environ 15° à l'heure).

Les **erreurs** du conservateur de cap doivent être **corrigées toutes les 15 minutes** par une **synchronisation avec le compas magnétique** (en vol horizontal et sans accélération).

Sur les **systèmes modernes**, il ne faut plus effectuer cette correction manuellement, celui-ci étant en **relation avec le système de boussole**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

La sonde magnétométrique

- La **sonde magnétométrique** est parfois aussi appelée « **vanne de flux** » (Flux Valve).
- Elle est constituée de **trois bobines** montées à **120°** les unes par rapport aux autres afin de détecter la **direction des lignes de force du champ magnétique terrestre**.
- Une **bobine centrale d'excitation** est alimentée en tension alternative à 400 Hz et est montée **perpendiculairement** aux trois branches.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

La sonde magnétométrique

- La sonde magnétométrique permet de relever le cap de l'aéronef par rapport aux lignes de force du champ magnétique terrestre.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

La sonde magnétométrique

- Les sondes magnétométriques sont toujours installées le plus loin possible de toutes les influences magnétiques de l'aéronef.

Avions

- Sur les ailes :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

La sonde magnétométrique

- Les sondes magnétométriques sont toujours installées le plus loin possible de toutes les influences magnétiques de l'aéronef.

Avions

- Sur les ailes :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

La sonde magnétométrique

- Les sondes magnétométriques sont toujours installées le plus loin possible de toutes les influences magnétiques de l'aéronef.

Hélicoptères

- Sur la poutre de queue :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

La sonde magnétométrique

- Les sondes magnétométriques sont toujours installées le plus loin possible de toutes les influences magnétiques de l'aéronef.

Hélicoptères

- Sur la poutre de queue :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

La sonde magnétométrique

- Une application de la sonde magnétométrique est d'effectuer la compensation automatique de la dérive des gyroscopes directionnels.
- Voici un exemple à bord d'un Challenger :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

La sonde magnétométrique

- Une application de la sonde magnétométrique est d'effectuer la compensation automatique de la dérive des gyroscopes directionnels.
- Voici un exemple à bord d'un Challenger :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

La sonde magnétométrique

- Le gyroscope directionnel est la référence stable du cap de l'aéronef.
- La sonde magnétométrique capte le champ magnétique terrestre et sert de référence pour le cap de départ.
- Par la suite, elle assure la compensation de la dérive du gyroscope directionnel.
- Un système d'autosyn permet de transmettre la direction du cap du gyroscope directionnel au cadran situé sur le tableau de bord de l'aéronef.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

L'Horizontal Situation Indicator (HSI)

- Bien souvent, sur les aéronefs équipés pour le vol aux instruments, le conservateur de cap servira aussi pour indiquer les informations du VQR-JLS.
- On parlera alors d'un « indicateur de situation horizontale » (HSI - Horizontal Situation Indicator).

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

L'Horizontal Situation Indicator (HSI)

- La **dérive** du **gyroscopie directionnel** d'un système de HSI peut être **compensée** avec une **sonde magnétométrique** :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

L'Horizontal Situation Indicator (HSI)

Schéma-bloc d'un système HSI analogique

- Certains HSI peuvent aussi afficher des **informations** provenant du **DME**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Présentation

- Le système d'HSI King KCS55A est principalement constitué des **éléments** suivants :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Installation du système KCS55A

OBS à 30 Hz OBS à 400 Hz

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Installation d'un récepteur NAV avec signal composite

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Installation d'un récepteur NAV conventionnel

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Installation d'un adaptateur pour pilote automatique

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Utilisation : K1525A

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Utilisation : KA51B

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de la sonde magnétométrique KMT112

La constitution **électrique** du KMT112 est assez simple : une bobine d'excitation (1-2) et les trois bobines captant le flux magnétique terrestre (3-4-5).

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

- À partir d'une seule source à 14 VDC ou 28 VDC, l'alimentation va fournir plusieurs tensions AC et DC aux différents circuits.
- Le fonctionnement est basé sur un hacheur de la tension DC alimentant un transformateur aux multiples secondaires.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

- Q201 est un régulateur de tension à 6 VDC.
- Il alimente l'oscillateur à 800 Hz articulé autour d'un NE555 (I201).
- Le signal à 800 Hz entre dans un circuit flip-flop (Q202/Q203).

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

- Le circuit flip-flop fait conduire alternativement Q205 et Q207.
- De ce fait, un courant alternatif à 400 Hz est créé dans les bobinages du primaire du transformateur.
- À noter l'interrupteur 14/28 V aux primaires du transformateur.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

- Le secondaire du transformateur est constitué d'un premier bobinage générant du 26 VAC à 400 Hz.
- Un second bobinage est destiné à l'alimentation 5 VDC constituée d'un pont redresseur (CR209), d'un condensateur de filtrage (C208) et d'un régulateur de tension (Q212/Q213).

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

- Du 15 VDC non régulé est prélevé à la sortie du pont redresseur (CR209) et du condensateur de filtrage (C208).
- Un bobinage double du secondaire du transformateur est destiné à l'alimentation symétrique à 15 VDC.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

- L'orientation du gyroscope directionnel (KG102A) doit être transmise à la rose des vents de l'indicateur HSI (KI525A).
- La direction et les mouvements du gyroscope directionnel sont mesurés par une lecture optique sur un disque percé.
- Le signal résultant de la lecture optique est traité par un circuit logique.
- Le circuit logique commande la rotation d'un moteur pas-à-pas entraînant la rose des vents dans l'indicateur HSI.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

Labels: Gyroscopie, Lecteur optique, Disque percé.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

Labels: Cardan, Gyroscopie, Disque percé.

- Le disque percé permet un changement d'état de la lecture optique tous les 0,25°.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

© Département d'aérospatiale Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

© Département d'aérospatiale Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

• **Logique de contrôle du moteur pas-à-pas :**

© Département d'aérospatiale Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

• Les **sorties** des deux portes **EXOR** 1107A et 1107B arrivent au **circuit de commande du moteur pas-à-pas** situé dans l'indicateur K1525A.

- Le **moteur pas-à-pas** est constitué de **quatre bobinages** dont deux sont en **opposition de phase** l'un par rapport à l'autre.
- Les transistors Darlington Q101, Q102, Q103 et Q104 assurent le **contrôle de chacun des bobinages du moteur pas-à-pas** à partir de l'alimentation de **15 V non régulée**.
- CR103, CR104, CR105 et CR106** sont des **diodes de roue libre**.

© Département d'aérospatiale Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

• **Contrôle de la sonde magnétométrique :**

© Département d'aérospatiale Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement du gyroscope directionnel KG102A

• **Contrôle de l'asseissemment :**

© Département d'aérospatiale Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de la commande de compensation KA51B

• Le **circuit du gyroscope directionnel KG102A** fournit la **tension d'excitation de 26V 400 Hz** à la fois au **compensateur KA51B** ainsi qu'à la **sonde magnétométrique KMT 112**.

• Cette **tension d'excitation** est convertie en **800 Hz** avec le pont de diodes **CR101 à CR104**, la résistance **R104**, le condensateur **C101** et le **primaire du transformateur T101**.

© Département d'aérospatiale Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de la commande de compensation KA51B

Compensation est/ouest

Compensation nord/sud

- Le transformateur **T101** dispose de **deux secondaires doubles**.
- L'un est dédié à la **compensation est/ouest** et l'autre à la **compensation nord-sud**.
- Les **tensions produites** vont corriger le **vecteur du champ magnétique** de la **sonde magnétométrique**.

© Département d'aérospatiale Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de la commande de compensation KA51B

Compensation est/ouest

Compensation nord/sud

- Le potentiomètre **R106** va envoyer une **tension à 800 Hz** en **phase** ou en **opposition de phase** avec une **amplitude ajustée** permettant un **déplacement est ou ouest** du **vecteur du champ magnétique** de la **sonde magnétométrique**.
- Le potentiomètre **R105** fera de même afin d'effectuer la **correction nord-sud**.
- Il s'agit d'une opération de **calibration**.

© Département d'aérospatiale Document à des fins de formation

Étude du système King KCS55A
Fonctionnement de la commande de compensation KA51B

- Les connexions des **circuits de compensation** est/ouest et nord/sud se retrouvent sur le **connecteur P101**.
- Sur le **connecteur P102**, on retrouve les **interrupteurs** « FREE-SAVE » et « CW-CCW », l'**éclairage** ainsi que l'**indicateur d'asservissement** du KA51B.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du système King KCS55A
Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du système King KCS55A
Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du système King KCS55A
Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A
Rose des vents :

- À **chaque impulsion**, le moteur pas-à-pas tourne de **2°**.
- Les **engrenages** donnent une **réduction de 1/36**, ce qui fait que la **rose des vents** tourne de **1/36°** à chaque impulsion.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du système King KCS55A
Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A
Indication VOR-LOC :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du système King KCS55A
Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A
Résolveur VOR :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du système King KCS55A
Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A
Drapeau NAV (VOR-LOC) :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du système King KCS55A
Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A
Drapeau NAV (VOR-LOC) :

- La **sortie d'un convertisseur VOR-LOC** d'un récepteur NAV ne pouvant livrer la **puissance nécessaire** au mouvement du drapeau « NAV », un **étape tampon** est **requise**.
- L'**alimentation** du circuit peut être en **14 VDC** ou en **28 VDC**.
- **I102A** est un ampli différentiel inverseur à **gain unitaire**.
- **CR108** maintient la **tension de polarisation** des amplis à **5.1 V**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du système King KCS55A
Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A
Drapeau NAV (VOR-LOC) :

- **I102B** est monté en **comparateur**.
- **CR112** et **CR113** de même que **CR101** et **CR102** permettent d'**isoler** les lignes d'alimentation l'une par rapport à l'autre.
- En condition de **NAV invalide**, la **tension d'entrée** est proche de **0 V** et la **sortie** de **I102A** avoisine **5.1 V**.
- C'est dans cette condition que le **drapeau** doit être **visible**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Drapeau NAV (VOR-LOC):

- Dans ce cas, la tension à l'entrée + (#5) d'I102B est inférieure à 5 V.
- De ce fait, la sortie d'I102B (#7) est proche de 0 V et Q104 ne peut donc pas conduire.
- Le drapeau « NAV » ne bouge pas et reste visible.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Drapeau NAV (VOR-LOC):

- Dans le cas où la tension entre les contacts F et K monte à environ 0,21 V, la tension de sortie d'I102A (#1) descend à 4,89 V, ce qui est inférieur à la consigne d'I102B (#5).
- De ce fait, la sortie d'I102B (#7) monte à 14 V ou 28 V, provoquant la conduction de Q104 et la disparition du drapeau.
- CR104 sert de seuil de déclenchement pour Q104.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Indication Glideslope:

- Les indications de Glideslope se trouvent sur les deux côtés de l'indicateur KI525A.
- S'il n'y a aucune indication de Glideslope, c'est équivalent à un drapeau « GS » (absence de signal ou dysfonctionnement).
- Dans ce cas, l'HDB sera cachée en haut.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Indication Glideslope:

- Le signal provenant d'un convertisseur d'un récepteur GS n'est pas assez puissant pour pouvoir alimenter l'ensemble du mécanisme des HDB.
- Le signal passe d'abord dans l'amplificateur différentiel inverseur I103A ayant un gain approximatif de 16.
- Le circuit autour d'I103B est un filtre actif.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Indication Glideslope:

- CR107 et CR114 ont pour but de limiter la tension à -8,7 V, ce qui correspond au déplacement maximum vers le haut de la HDB qui, dans ce cas, doit demeurer visible afin d'indiquer que le GS est fonctionnel.
- Il n'y a pas de limitation du déplacement de la HDB vers le bas (tension positive à la sortie de I103B).

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Indication Glideslope:

- Le signal amplifié et filtré, arrive à l'amplificateur inverseur I105B qui crée une rampe de tension en sortie en proportion avec le niveau du signal d'entrée.
- Une entrée négative à I105B crée une rampe de tension croissante en sortie et le contraire en cas de tension positive.
- À l'entrée d'I105B, on trouve aussi la commande du drapeau.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Indication Glideslope:

- I105A, avec R156, R157 et C103 forment un filtre actif passe-bas inverseur.
- Une tension positive en sortie d'I105A mettra Q109 en conduction en fonction de la tension amplifiée.
- La tension à l'émetteur de Q109 entrainera le mouvement de l'HDB (M101).
- CR106 protège Q109 lors d'opération de rétraction de l'HDB.
- CR116 est une diode de roue libre.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Indication Glideslope:

- Lorsqu'un courant est présent dans la bobine M10, celle-ci repousse un aimant créant le mouvement de l'HDB qui se déplace vers le bas.
- Le déplacement de l'HDB est mesuré par un système de LED à infrarouge CR117 et de photorésistance V101.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Indication Glideslope:

- CR105 et CR110 donnent une alimentation symétrique de +10 V à V101, R143 et R144.
- Lorsque l'HDB se déplace vers le bas, il apparaît une tension positive croissante à l'entrée inverseuse d'I106B (#5) par rapport à l'entrée non-inverseuse (#5).

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Indication Glideslope :

Signal amplifié et filtré

Commande du drapeau = GS

- Les **deux filtres en cascade compensent** pour les **délais de réaction** du mécanisme des indicateurs et de la lecture optique.

- À la **sortie** de l'**amplificateur inverseur** I106A, nous obtenons donc une **tension négative croissante** qui va **s'annuler** en partie à la **tension positive** produite par I103B.
- Le système va se **stabiliser à son point d'équilibre**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Indication Glideslope :

Signal amplifié et filtré

Commande du drapeau = GS

- R147 permet d'**ajuster l'HDB** en **position centrale** lorsqu'un signal à **0,000 DDM** est appliqué au **récepteur GS** ou **0 V** entre les contacts **A** et **E**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Indication Glideslope :

Signal amplifié et filtré

Commande du drapeau = GS

- Un **signal GS valide** correspond au minimum à **0,195 VDC** entre **W** et **J**.
- I104A a un **gain** de 40, ce qui donne une **sortie** à **-7,8 V**.
- La **tension de polarisation** de l'ampli intégrateur I104B (#5) donnée par les résistances **R129** et **R130** vaut **-7,8 V**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Indication Glideslope :

Signal amplifié et filtré

Commande du drapeau = GS

- Si un signal **GS FLAG** descend **en dessous** du seuil de **0,195 V** entre **W** et **J**, la tension à l'**entrée inverseuse** d'I104B (#6) **augmente** et passe **au-dessus** du seuil de **-7,8 V**.
- Ce amène la **sortie** de l'**intégrateur inverseur** I104B (#7) à **-15 V** au **plateau** du condensateur **C110**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Indication Glideslope :

Signal amplifié et filtré

Commande du drapeau = GS

- CB109** devient **passante** et l'**entrée** d'I105B (#6) devient **fortement négative** et, par voie de conséquence, **Q109** se **bloque** et **M101** va se placer en **position haute**, invisible.
- En cas de tension **supérieure à 0,195 V** entre **W** et **J**, **CB109** sera **bloquée**, et le **circuit** du GS FLAG n'aura plus **aucune influence** sur le mouvement de **M101**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Sélecteur de cap (pilote automatique) :

Roue du sélecteur de cap et de son circuit

Circuit imprimé

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Sélecteur de cap (pilote automatique) :

Roue du sélecteur de cap et de son circuit

Circuit imprimé

- Le principe est basé sur une **comparaison de position** de deux **came**, l'une montée sur le **sélecteur de cap** (Heading Bug) et l'autre sur le **rose des vents** (HDG).
- Selon la **position de la came**, un **obturateur monte** ou **descend**, laissant passer plus ou moins de **lumière** devant des **photorésistances**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Sélecteur de cap (pilote automatique) :

Roue du sélecteur de cap et de son circuit

Circuit imprimé

- Lorsqu'un **obturateur** est à son **point milieu** (cas B), il y a **autant de lumière** qui éclaire les deux éléments des photorésistances.
- Une **augmentation** de la **lumière** entraîne une **diminution** de la **résistance** de V102 et V103.
- Si les **deux obturateurs** sont à leur **point milieu**, les contacts **P**, **S** et **R** sont tous à **0 V**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

ENNA ÉCOLE NATIONALE AÉROTECHNIQUE

Étude du système King KCS55A

Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A

Sélecteur de cap (pilote automatique) :

Roue du sélecteur de cap et de son circuit

Circuit imprimé

- Si on tourne le **genève de cap** dans le **sens horaire**, l'**obturateur** va **monter** (cas A) et faire **diminuer** la **résistance supérieure** de la photorésistance.
- De ce fait, une **tension positive** apparaît entre la référence **A** et **B** (HDG Error).

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du système King KCS55A
Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A
Sélecteur de cap (pilote automatique):

• Si on tourne le **repère de cap** dans le **sens anti-horaire**, l'**abaîsseur** va **descendre** (cas C) et faire **diminuer** la **résistance inférieure** de la photorésistance.

• De ce fait, une **tension négative** apparaît entre la référence **S** et **P** (**HDG Error**).

© Département d'aviation Document à des fins de formation

Étude du système King KCS55A
Fonctionnement de l'indicateur HSI KI525A
Sélecteur de cap (pilote automatique):

• La **came** de la **rose des vents** fonctionne de manière **similaire**.

• Le **pilote automatique** va **comparer** les différences de potentiel **S-P** (consigne) et **S-P** (réponse) afin d'amener l'**aéronef** sur le **cap voulu**.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

Le Radio Magnetic Indicator (RMI)

• Le **Radio Magnetic Indicator** (RMI) donne les **informations** suivantes sur un **cadran** du tableau de bord :

- Le **cap** (HDG) de l'aéronef.
- Le **relèvement** d'une ou deux **balises NDB** (ADF).
- Le **relèvement** d'une ou deux **balises VOR**.

• Souvent, il est possible de **sélectionner** la source de l'indication de **relèvement** à l'aide d'un **bouton** assigné à **chaque aiguille**.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

Le Radio Magnetic Indicator (RMI)
Schéma-bloc d'un système RMI analogique

• Certains RMI peuvent aussi afficher des **informations** provenant du **DME**.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

Le Radio Magnetic Indicator (RMI)
Utilisation du RMI King KI229

Lorsqu'il n'y a pas de relèvement valide, ou en cas de signal LOC, l'aiguille correspondante se met à 90°.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

Le Radio Magnetic Indicator (RMI)
Utilisation du RMI King KNI582

• Une **majorité** de RMI d'autres marques s'**utilisent** exactement de la **même manière**.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

Le Radio Magnetic Indicator (RMI)
Exemple d'installation d'un RMI KI229 dans un TB-20

© Département d'aviation Document à des fins de formation

Le Radio Magnetic Indicator (RMI)
Exemple d'installation d'un RMI KNI582

© Département d'aviation Document à des fins de formation

Étude du RMI King KI229 - Rose des vents
Connexions du RMI King KI229 - Rose des vents

• Le **disque** de la **rose des vents** est entraîné par un système de **synchro-transmetteur** venant du **HSI** KI525A.

• Il n'est donc **pas directement** connecté à un **gyroscopie directionnel**.

© Département d'aviation Document à des fins de formation

Étude du RMI King KI229
Connexions du RMI King KI229 - VOR

Le KI229 dispose d'un convertisseur VOR/LDC intégré.

Relevement VOR SIN/COS

Relevement VOR sous forme numérique

L'information du VOR peut arriver sous trois formes différentes.

Le NAV SUPER FLAG informe d'une défaillance du récepteur NAV.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KI229
Connexions du RMI King KI229 - ADF

Certains KI229 peuvent indiquer le relevement provenant de deux récepteurs ADF distincts.

Information ADF1 SIN/COS

Information ADF2 SIN/COS

Si un second ADF est utilisé, un sélecteur externe « ADF2/VOR » doit être installé :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KI229
Connexions du RMI King KI229 - Exemples

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KI229
Assemblage général

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KI229
Alimentation

Le principe de l'alimentation du KI229 est basé sur la création d'une oscillation au primaire d'un transformateur qui génère les tensions adéquates pour produire des tensions DC symétriques à ± 5 VDC et ± 10 VDC.

Ce circuit est prévu pour fonctionner à partir de n'importe quelle valeur de la tension d'alimentation se situant entre 11 VDC et 33 VDC.

Des protections en courant et en surtension sont prévues.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KI229
Alimentation

Q303 en conduisant et se bloquant crée l'oscillation au primaire du transformateur.

La régulation de tension s'effectue en ajustant le duty cycle (to/tor) de la tension de commande de Q303.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KI229
Alimentation

La sortie ± 5 VDC, par le pont diviseur R301, R302 et R303, est comparée par I301C au 5 VDC produit par I302 divisé par 2 (R306 et R307).

I301C donne 0 V si $V_{s+} > V_{s-}$ et la tension d'alimentation si $V_{s+} < V_{s-}$.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KI229
Alimentation

L'oscillateur I301A génère une tension triangulaire de 20 kHz au contact #10 d'I301D.

I301D est un comparateur dont la sortie représente le duty cycle (to/tor) commandant Q303 via Q301 et Q302.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KI229
Alimentation

Le comparateur I301B forcera un Q.V à l'entrée #11 d'I301D si la tension devient trop importante sur R318.

Il s'agit donc d'une protection en courant.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KT229
Alimentation

• CR309, CR301, R304 et C305 sont une protection contre les surtensions en prenant référence sur la sortie +10 VDC.
• Les sorties symétriques à ± 5 VDC et ± 10 VDC sont simplement filtrées et non régulées.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KT229
Principe général d'affichage

• Deux moteurs à axes concentriques sont utilisés pour faire bouger les deux aiguilles :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KT229
Principe général d'affichage

Schéma bloc de l'électronique du RMI KT229 :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KT229
Traitement du signal VOR COMPOSITE

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KT229
Traitement du signal VOR COMPOSITE

• **J211A** est un amplificateur tampon du signal composite.
• **J212** est le discriminateur EM éliminant le 9.960 Hz.
• A **J201**, nous mesurons le 30 Hz REF.
• **J213B** filtre le signal 30 Hz REF.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KT229
Traitement du signal VOR COMPOSITE

• **J213A** convertit le signal 30 Hz REF en signal carré qui est inversé par **J202D**.
• **J211B** filtre le signal composite pour en retirer le 30 Hz VAS.
• **J211C** convertit le signal 30 Hz VAS en signal carré qui est inversé par **J202F**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KT229
Traitement du signal VOR numérique

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KT229
Traitement du signal VOR AC SIN/COS

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KT229
Traitement des signaux ADF & commandes des moteurs

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KT229
Traitement des signaux ADF & commandes des moteurs

- I111C et I111D sont des **amplificateurs tampons** des signaux **DC SIN/COS** de l'ADF 2.
- I105 est le circuit de la **sélection « VOR/ADF 2 »**.
- Les **amplificateurs I110** associés aux **couples de transistors NPN/PNP** servent de **drivers DC** pour les **moteurs** des **aiguilles**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Étude du RMI King KT229
Commande de la rose des vents

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Le gyroscope vertical

- Le gyroscope vertical est l'**horizon artificiel**.
- Il peut aussi être appelé « **gyro-horizon** » ou « **indicateur d'assiette** » (« **ADI-Attitude Director Indicator** »).
- Il offre une **référence horizontale** au pilote.
- L'**axe du rotor** est **vertical** et fixé à un système de cardan universel, **libre** autour des **axes de tangage** et de **roulis**.
- C'est un système de gyroscope à **deux degrés de liberté**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Le gyroscope vertical

- Une **boule mobile** représentant la **terre** et le **ciel** est **mécaniquement liée** au gyroscope.
- Cette boule **bouge** suivant la **position relative** du gyroscope.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Le gyroscope vertical

- L'**assiette relative** de l'aéronef par rapport à l'horizon est indiquée à l'aide d'un **symbole d'avion** ou d'une **barre brisée**.
- Le **language** est indiqué sur une **échelle verticale** (en degrés).
- Le **roulis** est affiché sur une **échelle courbée** (en degrés).
- Lorsqu'on est obligé de piloter l'aéronef avec une **assiette « nez haut »** ou **« nez bas »** (selon l'attitude, la puissance et le poids), un **repère mobile** peut être **ajusté** au moyen d'un bouton localisé en bas de l'instrument.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Gyroscope vertical

- La **terre**, étant **ronde**, si aucune correction n'est apportée à la direction de l'**axe du gyroscope**, en s'éloignant du point de **départ**, celui-ci **ne fonctionnera plus** dans un **plan parallèle** à un plan tangent à la **surface de la terre**.
- L'**indication d'horizon** deviendra donc **gironnée**.
- Il faut donc ajouter un système permettant à l'**axe du gyroscope** de **pointer** en permanence **vers le centre de la terre**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Gyroscope vertical

- Cette **correction** sera toutefois **minime**, mais elle a son **importance** sur les **vois à longue distance**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

L'Attitude Director Indicator (ADI)

- L'horizon artificiel (ADI) peut aussi être entouré d'**indications** provenant d'**autres systèmes**, dont le **LQC** et le **GS** :

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

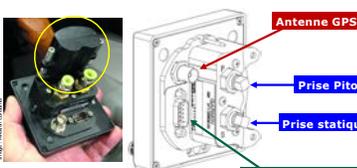
Évolution : systèmes combinés

- Chez **Garmin**, on a miniaturisé les systèmes à l'extrême pour produire l'**ADAHRS** (Air Data, Attitude & Heading Reference System) GS.
- Le GS est aussi un **écran électronique** (EFIS) qui peut être configuré autant en **FADI** qu'en **FHSI**.
- Il contient toutes les **références inertielles** ainsi que des **panneaux Pilot et statique**.
- Il est essentiellement destiné au marché de la **remise à niveau** (retrofit) en **aviation générale**.

© Département d'aéronautique Document à des fins de formation

Évolution : systèmes combinés

- Les **connexions** du Garmin G5 sont très **limitées** :



Antenne GPS
Prise Pitot
Prise statique

Connecteur Sub-D :
- Alimentation DC
- CAN BUS
- Bus RS232

- On peut aussi ajouter une **batterie** (alimentation d'urgence).

© Département d'aviation Document à des fins de formation

Évolution : systèmes combinés

- L'essentiel des **liaisons** avec les **autres appareils** se déroule par **bus de données séries** (CAN BUS, RS232 et ARINC 429) :



Antenne GPS
Garmin G5
Garmin GDU 100
Garmin GAD 39
Garmin GTX 100
COM/NAV/GPS/ATC GTX100

Bus
Statique
RS232
CAN BUS
Pitot
Statique
ARINC 429

© Département d'aviation Document à des fins de formation

Évolution : systèmes combinés



Merci de votre attention

© Département d'aviation Document à des fins de formation