

SESSION 2003

DUREE : 4 heures

COEFFICIENT : 2

**E1A – ETUDE D'UN SYSTEME D'AERONEF (U11)  
Option : MS-AVIONIQUE**

**DOSSIER TECHNIQUE**

CE DOSSIER EST COMPOSE DE 38 FEUILLES DE DT 1 à DT 38

## SYSTEME COMMANDES DE VOL ELECTRIQUES

<b>1.</b>	<b><i>Généralités</i></b> _____	<b>3</b>
	<b>1.1 Chaînes et fonctions</b> _____	<b>4</b>
	1.1.1 Gauchissement _____	4
	1.1.2 Direction _____	4
	1.1.3 Profondeur _____	5
	1.1.4 Hypersustentation _____	5
	1.1.5 Fonction Aérofrein _____	5
	1.1.6 Contrôle des charges aérodynamiques de la voilure, ( LAF) _____	5
<b>2.</b>	<b><i>Calculateurs</i></b> _____	<b>5</b>
	2.1 Généralités ( Planche 5 ) _____	5
<b>3.</b>	<b><i>Intégration AFCS / EFCS</i></b> _____	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b><i>Energies de servitude</i></b> _____	<b>6</b>
	4.1 Alimentation hydraulique _____	6
	4.2 Alimentation électrique _____	6
<b>5.</b>	<b><i>Manches latéraux</i></b> _____	<b>7</b>
	5.1 Voyants et logique de priorité _____	7
	5.2 Figuration position des manches _____	8
<b>6.</b>	<b><i>Gauchissement</i></b> _____	<b>8</b>
	6.1 Généralités _____	8
	6.2 Modes et lois de fonctionnement des calculateurs _____	9
	6.2.1 Mode manuel _____	9
	6.2.2 Mode automatique _____	9
	6.3 Fonctionnement de la chaîne _____	9
	6.4 Reconfigurations en cas de panne _____	9
<b>7.</b>	<b><i>Contrôle des charges aérodynamiques voilure</i></b> _____	<b>10</b>
<b>8.</b>	<b><i>Fonction aérofrein</i></b> _____	<b>10</b>
<b>9.</b>	<b><i>Fonction spoilers sol</i></b> _____	<b>10</b>
<b>10.</b>	<b><i>Calculateurs FCDC</i></b> _____	<b>10</b>
<b>11.</b>	<b><i>Etude d'un calculateur de spoilers et profondeur</i></b> _____	<b>11</b>
	11.1 Description _____	11
	11.1.1 Générale _____	11
	11.1.2 Description des calculateurs _____	12
<b>12.</b>	<b><i>Fonctionnement</i></b> _____	<b>12</b>
	12.1 But _____	12
	12.2 Organisation du calculateur _____	12

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »

option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT1 /38

<b>13.1 Architecture</b>	<b>15</b>
13.1.1 Logique d'engagement.	16
13.1.2 Mise en forme des entrées analogiques	16
13.1.3 Multiplexage	17
13.1.4 Relayage	17
13.1.5 Commande logique des relais	17
13.1.6 Relais d'alimentation du PHR	17
13.1.7 Relais de commande du PHR et des servovalves de profondeur droite et gauche	17
13.1.8 Relais de commande de la servovalve de profondeur	18
13.1.9 Relais défaut	18
13.1.10 Détecteur de courant	18
13.1.11 Limiteur de tension	18
<b>14. Glossaire des abréviations et termes anglais</b>	<b>19</b>

*Tables des figures*

N° de planche	Intitulé	N° de page
1	Table ARINC	DT22
1bis	Architecture EFCS	DT23
2	Calculateurs EFCS	DT24
3	Manches latéraux	DT25
4	Gauchissement	DT26
5	Calculateurs	DT27
6	Alimentations électriques	DT28
7	Liaisons FCDC	DT29
8	Architecture des SEC	DT30
9	Commande et contrôle logique	DT31
10	Logique d'engagement 1	DT32
11	Logique d'engagement 2	DT33
12	Prise de priorité	DT34
13	Décodage (synoptique )	DT35
14	Décodage	DT36
15	Liaison gouvernes (généralités )	DT37
16	Liaison gouvernes ( détails )	DT38

**BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »**  
option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT2 /38

## 1. GÉNÉRALITÉS

( PLANCHE 1bis, 2, 3 )

Le système de commande de vol électrique présenté, EFCS ( Electrical Flight Control System ), se subdivise en système principal et sous-systèmes.

Le système principal assure les commandes de profondeur, gauchissement et direction par asservissement des ailerons, des spoilers de gauchissement, des gouvernes de profondeur, du plan horizontal réglable ( PHR ) et de la gouverne de direction.

Les sous-systèmes assurent la commande :

- des becs et volets pour le pilotage à basse vitesse,
- des spoilers aérofreins pour les décélérations à toutes les vitesses de vol,
- des spoilers sol utilisés pour le freinage après l'atterrissage.

L'avion comporte un ensemble de cinq spoilers par demi voilure remplissant différentes fonctions au cours du vol y-compris une fonction anti-rafale, LAF ( Load alleviation function ) qu'ils partagent avec les ailerons.

Les chaînes de gauchissement et de profondeur sont commandées électriquement et assistées par les commandes de la gouverne de direction et du PHR.

Les surfaces secondaires, spoilers, becs et volets sont actionnées hydrauliquement et commandées électriquement.

Toutes les surfaces mobiles sont manœuvrées par des servocommandes hydrauliques à l'exception du PHR, des becs et des volets qui sont actionnés par des moteurs hydrauliques.

Les ordres pilote sont transmis par des manches latéraux couplés électriquement. Tous les ordres issus de l'équipage à travers les différentes commandes ainsi que ceux des pilotes automatiques, PA, sont envoyés aux 9 calculateurs numériques qui élaborent les ordres de chaque gouverne :

ELAC 1 et 2 ( ELevator Aileron Computer ) gouvernes de profondeur et ailerons,  
SEC 1, 2 et 3 ( Spoiler Elevator Computer ), spoilers en normal et gouvernes  
profondeur et PHR en secours,

FAC 1 et 2 ( Flight Augmentation Computer ), gouverne de direction,

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »  
option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT3 /38

SFCC 1 et 2 ( Slat and Flap Control Computer), becs et volets.

Les ELAC, SEC et FAC sont mis en service à partir du panneau supérieur du poste de pilotage commandes de Vol : FLT CTL panel (Flight control panel) . Les SFCC et FCDC (Flight Control Data Concentrator) sont mis en service à la mise sous tension de l' avion.

Le pilote automatique transmet ces ordres à travers l'EFCS et ne comporte donc pas de servomoteurs.

L'EFCS est conçu pour permettre une identification aisée des pannes systèmes ou composants.

L'interfaçage avec le système d'alarme, d'affichage et de test, CFDS (Centralized Fault Display System ) est assuré par deux FCDC ( Flight Control Data Concentrator). Ceux-ci concentrent les données en provenance des SEC et ELAC et les transmettent vers :

- les FMGC ( Flight Management & Guidance Computer, PA1 et PA2 ),
- les écrans ECAM ( Electronic Centralized Aircraft Monitor, écrans moteurs et alarmes, E/WD, et systèmes, SD ),
- le CFDIU ( Centralized Fault Display Interface Unit ), Interface d'affichage centralisé des défauts,
- le DMU ( Data Management Unit, enregistrement paramètres).

## 1.1 CHAÎNES ET FONCTIONS

### 1.1.1 Gauchissement

Planche 4

Le contrôle autour de l'axe de roulis est assuré sur chaque aile par un aileron et 4 spoilers ( SPL 2, 3, 4 et 5) qui se braquent du côté de l'aile intérieure au virage.

Les commandes en pilotage manuel sont assurées par les manches latéraux.

Les ordres de braquage sont issus du calculateur ELAC 1 en fonctionnement normal.

### 1.1.2 Direction

Le contrôle autour de l'axe de lacet est assuré par une gouverne de direction à commande mécanique.

Les fonctions amortisseur de lacet, coordination en virage, trim de direction sont à commande électrique.

Le braquage de la gouverne de direction est limité en fonction de la vitesse.

Les Ordres sont élaborés par les calculateurs FAC 1 et 2.

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »

option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT4 /38

### 1.1.3 Profondeur

Le contrôle autour de l'axe de tangage est assuré par deux gouvernes non liées mécaniquement et commandées électriquement.

Les ordres de braquage profondeur sont élaborés par le calculateur ELAC 2 en fonctionnement normal, par les calculateurs ELAC1, SEC 2, SEC 1 successivement en secours.

Les ordres PHR sont élaborés par le calculateur ELAC 2 en fonctionnement normal, les calculateurs ELAC 1, SEC 2, SEC 1 successivement en secours.

### 1.1.4 Hypersustentation

Fonction assurée sur chaque aile par 5 becs et deux volets à commande électrique ainsi qu'un braquage des ailerons de 5° dès la sortie des volets.

Commande poste : Sélecteur sur le pylône.

Ordres élaborés par les deux calculateurs SFCC.

### 1.1.5 Fonction Aérofrein

Elle est assurée en vol par les spoilers 2, 3 et 4 de chaque aile, commandes électriques.

Commande poste : manette SPEED BRAKE sur le pylône.

L'ensemble des spoilers est utilisé au roulage après atterrissage, commandes électriques.

### 1.1.6 Contrôle des charges aérodynamiques de la voilure, ( LAF)

Il est assuré sur chaque aile par un aileron et les SPL 4, 5, lors des rafales ascendantes.

Commandes électriques automatiques.

## 2. CALCULATEURS

### 2.1 GÉNÉRALITÉS ( PLANCHE 5 )

Afin d'assurer la meilleure sécurité, l'EFCS est conçu avec un haut niveau de redondance ( calculateurs pour la commande des gouvernes primaires).

Chaque calculateur comprend une chaîne de commande, COM, et une chaîne de surveillance, MON, physiquement séparées. Les logiciels de commande et de surveillance sont différents.

Les chaînes de surveillance permettent à chaque calculateur de détecter ses propres pannes (test du microprocesseur, surveillance des alimentations ainsi que des entrées et sorties ).

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »  
option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT5 /38

Des échanges permanents entre les chaînes de commande et de surveillance permettent :

- de confirmer et valider les informations reçues des différentes sources,
- de réaliser une surveillance permanente de chaque chaîne avec celle qui lui est associée.

### **3. INTÉGRATION AFCS / EFCS**

Les ELAC sont les interfaces entre le système PA et les commandes de vol électriques. Ils reçoivent les informations de position des gouvernes et transmettent les données spoilers aux SEC.

Les SEC déterminent les limites et les vitesses de braquage des spoilers en fonction de la vitesse avion.

Les FAC combinent des fonctions de commande manuelle et automatique (PA).

Les signaux PA pour la direction sont transmis par les servomoteurs amortisseur de lacet et l'actionneur de trim.

### **4. ENERGIES DE SERVITUDE**

#### **4.1 ALIMENTATION HYDRAULIQUE**

L'énergie hydraulique distribuée vers l'EFCS est fournie par trois circuits indépendants identifiés par les couleurs bleue, verte et jaune (B, V, J).

Chaque aileron et la gouverne de profondeur sont manœuvrés par 2 servocommandes alimentées par les circuits bleu, vert et jaune.

Chaque spoiler est manœuvré par une servocommande.

#### **4.2 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE**

(Planche 6)

L'alimentation électrique de l'EFCS est assurée en fonctionnement normal par le réseau 28 Vcc : bus 2PP et bus 4PP et 8PP normalement alimentées par 1PP via 3PP.

En cas de perte totale du réseau électrique principal, le générateur de secours alimente automatiquement les équipements critiques.

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »  
option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT6 /38

## 5. MANCHES LATÉRAUX

(Planche 3 )

Ils sont situés sur chaque console latérale du poste et utilisés pour les commandes manuelles en profondeur et roulis.

Les manches sont couplés électriquement. Les ordres des manches sont additionnés algébriquement avec une limite correspondant à la valeur maximale de manœuvre d'un seul manche.

Lorsque le PA est engagé, les manches restent en position neutre. Les fonctions PA peuvent être surpassées par l'équipage avec dégagement du PA lorsque le seuil d'effort est dépassé.

Les manches sont rappelés au neutre dès qu'ils sont relâchés ou qu'un PA au moins est engagé.

### **5.1 VOYANTS ET LOGIQUE DE PRIORITÉ**

( Planche 3 )

La prise de priorité des manches est signalée par deux voyants sur l'auvent de chaque côté du panneau de configuration de pilotage, FCU.

Une signalisation auvent rappelle la priorité de pilotage au manche.

En fonctionnement normal, les deux poussoirs de priorité sont relâchés et les voyants de priorité éteints. La logique de priorité est inopérante et les ordres manches sont additionnés.

Lorsqu'un poussoir est enfoncé, il envoie une impulsion de commande à la logique de priorité qui change alors d'état. Le dernier poussoir pressé donne la priorité à son manche.

a) Si un poussoir de priorité est pressé pendant un laps de temps inférieur à 30 secondes,

- la priorité acquise est temporaire. Le voyant de priorité face au manche ayant pris la priorité s'allume et une flèche rouge s'allume sur le voyant du manche ayant perdu la priorité. Un message sonore de priorité est émis « PRIORITY LEFT » ou « PRIORITY RIGHT » selon le cas.

Dès que le poussoir est relâché les voyants s'éteignent et les ordres sont de nouveau additionnés.

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »

option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT7 /38

b) Si le poussoir est pressé pendant un laps de temps supérieur à 30 secondes, la priorité acquise devient permanente tant qu'une autre action sur un des poussoirs n'est pas effectuée. Dans ce cas seul la flèche rouge du manche ayant perdu la priorité est allumée.

## 5.2 FIGURATION POSITION DES MANCHES

Au sol et après démarrage du premier moteur, une croix blanche représentant la somme algébrique des ordres des deux manches apparaît sur les deux écrans paramètres primaires, PFD, encadrée par les valeurs maximales de braquage d'un seul manche.

## 6. GAUCHISSEMENT

### 6.1 GÉNÉRALITÉS

( Planche 4 )

Les commandes de gauchissement sur chaque aile sont assurées par un aileron et les spoilers 2, 3, 4 et 5 pour toutes les vitesses.

En pilotage manuel, les manches envoient leurs ordres aux ELAC qui calculent les ordres de commande des ailerons et spoilers.

Les ordres spoilers sont envoyés aux SEC qui assurent leur bonne exécution.

En pilotage automatique, les FMGC calculent l'ensemble des ordres de gauchissement qui sont transmis aux ELAC pour les ailerons, aux SEC à travers les ELAC pour les spoilers, et aux FAC pour les ordres de direction.

Une loi de stabilité latérale protège l'avion de toute configuration désordonnée.

Elle assure aussi les fonctions et limites suivantes :

- taux de roulis maximum de 25°/s
- amortissement du roulis hollandais, coordination en virage (facteur de charge latéral et dérapage minimum),
- protection d'inclinaison (maximum 33° ), et compensation de dissymétrie lors de la panne d'un moteur.

Chaque spoiler est actionné par une servocommande commandée par une servovalve. En cas de détection de défaut par les dispositifs de surveillance, cette servovalve commande une rentrée totale du spoiler concerné.

Un transformateur différentiel linéaire, LVDT, intégré à l'étage de puissance de la servocommande transmet un signal de retour de position et de surveillance.

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »

option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT8 /38

La fonction LAF élaborée par les calculateurs est réalisée par le braquage des ailerons et des spoilers 4 et 5.

La position des surfaces peut être affichée sur l'écran ECAM SD page commandes de vol, F/CTL.

## **6.2 MODES ET LOIS DE FONCTIONNEMENT DES CALCULATEURS**

### **6.2.1 Mode manuel**

Les ELAC et SEC travaillent soit en loi normale soit en loi directe.

a) La loi normale est implantée uniquement dans les ELAC qui calculent, à partir des ordres manches et des limitations d'inclinaison et taux de roulis, le braquage des ailerons et à travers les SEC celui des spoilers. En cas de panne externe aux calculateurs, ils passent tous en loi directe.

b) La loi directe est implantée dans les ELAC et les SEC et ne prend en compte que les ordres manches. Elle est toujours utilisée au sol mais également en vol en cas de panne affectant la loi normale.

### **6.2.2 Mode automatique**

Les ELAC et les SEC ne font que transmettre aux surfaces les ordres calculés par les FMGC (PA1, PA2).

## **6.3 FONCTIONNEMENT DE LA CHAÎNE**

En vol, les ordres manches sont reçus par l'ELAC1 qui travaille en loi normale et envoie :

- un ordre de braquage aux ailerons,
- un ordre de gauchissement aux SEC, (SEC1 pour les spoilers 3 et 4, SEC2 pour les spoilers 5, SEC3 pour les spoilers 2)
- un ordre de coordination en virage aux FAC (en configuration basse vitesse uniquement).

Au sol, les ordres manches sont envoyés à l'ELAC1 et aux SEC1, 2 et 3. Chaque calculateur travaille en loi directe.

## **6.4 RECONFIGURATIONS EN CAS DE PANNE**

En cas de panne ADIRS (Air Data & Inertial Reference System), en vol ou au sol, les manches envoient leurs ordres à l'ELAC1 et aux SEC1 et 2. Chaque

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »  
option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT9 /38

calculateur travaille en loi directe. Le gauchissement est alors assuré par les ailerons et les spoilers 4 et 5 ou 3 et 5 en cas de panne du 4.

En cas de panne de l'ELAC1, l'ELAC2 le remplace automatiquement. En cas de panne des deux ELAC, les ordres manches sont transmis aux SEC qui travaillent alors en loi directe et les servocommandes ailerons passent en mode amorti.

Lors d'une panne du circuit hydraulique vert ou bleu, chaque ELAC commande la servocommande qui lui reste, l'autre passe en mode amorti. L'ELAC1 continue à envoyer ses ordres aux SEC et aux FAC (coordination de virage à basse vitesse).

Si une coupure électrique intervient pendant la manœuvre des spoilers, les servocommandes de ceux-ci sont automatiquement rappelées sur rentrée.

## **7. CONTRÔLE DES CHARGES AÉRODYNAMIQUES VOILURE**

La fonction LAF pour les rafales ascendantes est gérée par les ELAC et les SEC. Les surfaces mobiles mises en jeu sont les deux ailerons et les spoilers 4 et 5.

Ces calculateurs reçoivent les informations d'accélération verticale de quatre accéléromètres localisés dans la partie avant du fuselage.

## **8. FONCTION AÉROFREIN**

Cette fonction fait intervenir les spoilers 2, 3 et 4 commandés par leur SEC et à partir d'une manette située sur le pylône :

- SEC3 pour les spoilers 2, SEC1 pour les spoilers 3 et 4.

Au sol, la mise en œuvre de cette fonction provoque aussi le braquage des spoilers1.

## **9. FONCTION SPOILERS SOL**

Cette fonction fait intervenir automatiquement tous les spoilers avec un ordre de braquage à 45°.

Elle est utilisée à l'atterrissage ou en cas d'arrêt décollage si la vitesse est supérieure 66 kt.

Elle est assurée par les trois SEC : SEC1 => spoilers 3 et 4, SEC 2 => spoilers 5, SEC 3 => spoilers 1 et 2.

Les spoilers restent braqués indépendamment d'éventuels rebonds.

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »

option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT10 /38

## **10. CALCULATEURS FCDC**

( Planche 7 )

Les FCDC concentrent toutes les données de vol concernant les ELAC et SEC et reçoivent une information de pression des quatre accumulateurs LAF.

Les deux FCDC envoient leurs informations

- à l'ECAM (E/WD pour les messages, SD page F/CTL pour les configurations EFCS),
- au CFDS,
- aux FMGC,
- et au DMU (enregistreur de paramètres).

Ils gèrent également la signalisation de priorité manches et permettent l'affichage de la valeur de braquage des manches sur les PFD.

## **11. ETUDE D'UN CALCULATEUR DE SPOILER ET PROFONDEUR**

### **11.1 DESCRIPTION**

#### **11.1.1 Générale**

( Figure 1 )

Le calculateur de Spoiler et profondeur (SEC) est un sous-système des commandes de vol électriques qui gère les spoilers et, dans le mode secours, la chaîne de profondeur.

Les SEC sont des interfaces entre les données de contrôle automatiques ou manuelles et les servocommandes associées à chaque gouverne

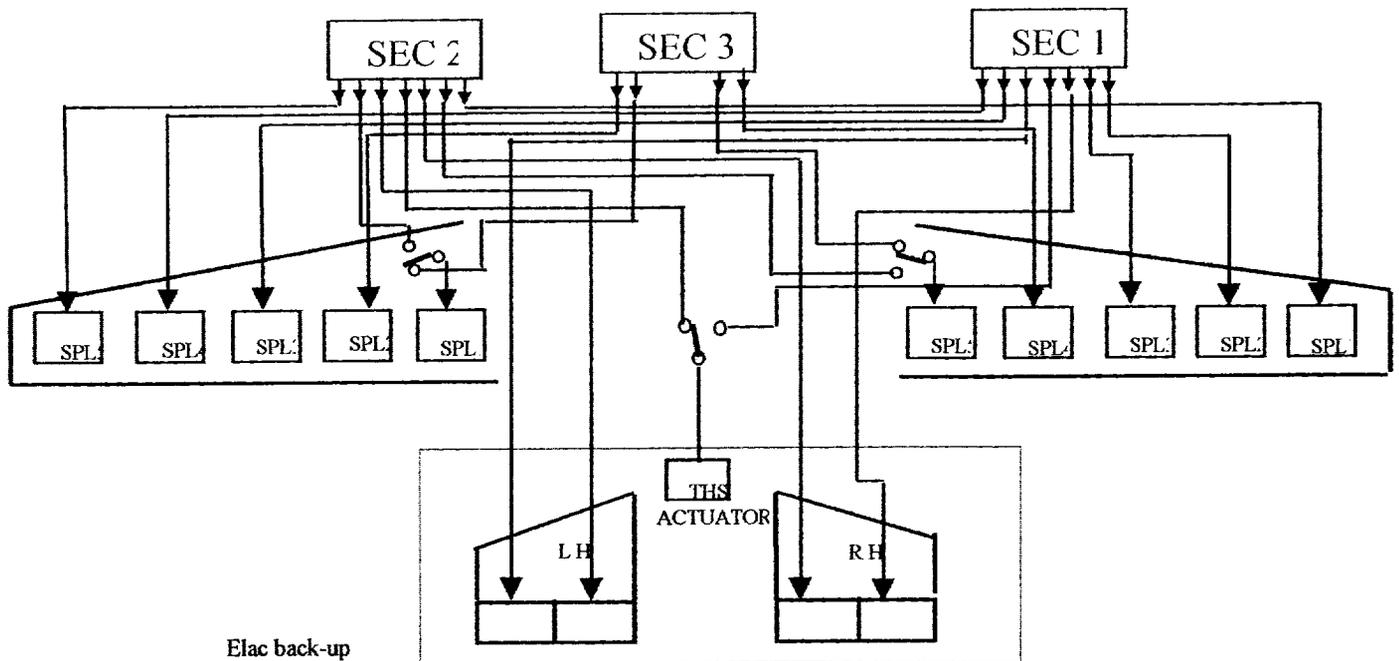
BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »

option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT11 /38



Configuration générale du Système  
Figure 1

### 11.1.2 Description des calculateurs

- Le calculateur est placé dans un rack 8MCU conformément à la norme Arinc 600.
- Poids: <10.650kg -
  - Consommation sous 28VDC: <2. 1A (calculateur) +0.32A pour les relais d'alimentation sans les électrovalves
  - Dissipation: <80W.

## 12. FONCTIONNEMENT

### 12.1 BUT

Le rôle du SEC est de convertir les données du pilote ou du pilote automatique en déplacements de gouvernes, basés sur l'information avion des détecteurs de roulis et tangage, le levier d'aérofrein et les accéléromètres.

### 12.2 ORGANISATION DU CALCULATEUR

( Planche 8 )

L'ordinateur est formé de deux chaînes pratiquement identiques :

- la chaîne de surveillance

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »  
option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT12 /38

- La chaîne de commande.

La chaîne de commande reçoit les données analogiques, les données ARINC et les signaux discrets afin de commander les servocommandes nécessaires aux commandes de vol. Les liaisons entre le calculateur et les organes d'exécution, de même que les informations de position, sont de types analogiques.

La chaîne de contrôle reçoit indépendamment les données des détecteurs nécessaires aux calculs des lois de commande. Son rôle est de vérifier les calculs de la chaîne d'ordre et en particulier contrôler l'ensemble de la boucle d'asservissement.

Les échanges de données entre les deux chaînes, afin d'exécuter les opérations de consolidation et synchronisation nécessaire, ont lieu sur un bus ARINC haute vitesse (internal ARINC bus).

Chaque chaîne a la possibilité de dialoguer avec le système FIDS et peut enregistrer des paramètres sur demande ou exécuter des tests en vol au moyen d'une ligne ARINC indépendante. Elles comprennent une partie numérique et une partie analogique. La partie numérique est architecturée autour de 2 processeurs :

- une unité principale associée à ses mémoires (RAM, EEPROM et REPRM) qui gère les données d'entrées/sorties et les calculs de loi de commande basée sur un microprocesseur 16 bits. (80186)

- une unité de commande numérique, basée sur un microprocesseur 16 bits (80C86) associé à ses mémoires (RAM et REPRM) réalise les calculs (en haute vitesse, temps réel ) d'asservissement, fait l'acquisition des données secours et la surveillance des servocommandes.

Chaque chaîne exécute cinq fonctions principales :

- la gestion et la surveillance des entrées
- le calcul des lois de commandes et la synchronisation,
- la commande d'asservissement des surfaces contrôlées
- la logique d'engagement,
- la gestion des sorties.

De plus, chaque chaîne a sa propre alimentation.

a) Gestion et surveillance des entrées

Cette partie est doublée et gère l'acquisition des paramètres d'entrée.

Ceux-ci peuvent être de différents types

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »

option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT13 /38

- Analogiques continus [détecteurs de déplacement manche latéral, commande aérofrein et manette des gaz (ANI-1), les accéléromètres(ANI-4), le tachymètre (ANI-6).]

- Analogiques alternatifs [divers capteurs de position des gouvernes [de type inductif (ANI-3 ANI-7, ANI-2)].

Ces données analogiques sont mises en formes grâce à des convertisseurs A/N 12 bits

- ARINC délivrés par les divers systèmes (IRS, ADC, SFCC, etc.) (DGI) et par le bus interne. Les données ARINC sont transformées grâce à des convertisseurs spécialisés.

- Discrets (DSI)

- Courant de commande pour les servo-valves (courant de retour) vers la ligne COM seulement (ANI-5).

Ces données sont mises en forme avant d'être gérées par le processeur.

Toutes les données sont contrôlées et une partie d'elles sont consolidées avant d'être utilisées pour les lois de commande. Les échanges d'informations se font sur un bus de données (D0 à D 15) à la demande du processeur principal.

#### b) Calcul des lois de commande.

Les ordres de braquage sont calculés par le CPU en se basant sur les données ARINC et analogiques ci-dessus et les lois de commande intégrées avec un temps de cycle défini (inférieur ou égal à 20 ms). Une surveillance en temps réel permet de superviser le séquençement des différentes tâches en activant périodiquement le chien de garde (watch dog ) qui protège le système des erreurs de programme.

#### c) Asservissement des gouvernes.

Cette fonction consiste à calculer l'erreur, entre la position demandée et la position réelle de la gouverne signalée par le capteur LVDT afin de générer le courant de commande des servovalves

La boucle d'asservissement n'est pas doublée et les signaux de commande sont envoyés à la servovalve par la partie commande seulement

#### d) Logique d'engagement .

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »

option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT14 /38

Cette fonction rassemble les mots d'état des unités de surveillance et rend possible la mise en pression des servocommandes de profondeur si les conditions exigées sont rencontrées.

En cas de défaut, la logique d'engagement peut couper les signaux de commande au servos et les alimentations des détecteurs, au moyen des relais.

#### e) Gestion des sorties

Cette partie, qui est doublée, contrôle la génération des paramètres de sortie.

Ces paramètres sont de divers types :

ARINC ( DGO ) : utilisés pour effectuer les liaisons entre les différents contrôles et les autres systèmes avion.

Analogiques (ANO) : utilisés pour le signal d'erreur dans la chaîne d'asservissement (courant ).

Discrets (DSO) : utilisés pour signaler l'état du calculateur et pour commander le relais d'engagement.

#### f) Alimentations

Chaque voie a sa propre alimentation qui, depuis le réseau 28V avion, fournit les tensions nécessaires à son fonctionnement.

Chaque alimentation est contrôlée par l'autre voie.

### **13. CIRCUIT DE COMMANDE ET CONTROLE DE LA LOGIQUE D'ENGAGEMENT DU SEC**

#### **13.1 ARCHITECTURE**

( Planche 9 )

Ce circuit du calculateur SEC est essentiellement lié à la commande de boucle d'asservissement.

Il assure les fonctions suivantes :

- La logique d'engagement
- La mise en forme et le multiplexage des entrées analogiques venant des capteurs inductifs (ANI-2, ANI-3, et ANI-7 )
- Le relaiage.

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »

option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT15 /38

### 13.1.1 Logique d'engagement.

N°7 pl. 10

Ce circuit reçoit les informations suivantes :

EPB (état du bouton poussoir d'engagement )

MP FAIL (validité du processeur principal )

PA FAIL (validité du processeur d'asservissement )

ELRES (surconsommation du 28V ELRES= remise à 0 de la logique d'engagement)

FAIL UPP (Coupure longue de l'alimentation )

WDO (chien de garde propre au circuit )

Cette logique constitue un blocage entre l'entrée SET et l'entrée RESET ( RESET prioritaire ).

L'entrée SET est validée par une logique ET entre la validité des 2 calculateurs et l'état de EPB (toutefois EPB n'est plus pris en compte au sol ).

L'entrée RESET est validée par une logique OU entre les termes suivants :

- Panne d'un des 2 calculateurs

- Surconsommation du 28V

Un signal de validité propre aux 2 SEC (FAIL OWN) est géré par une logique OU entre le blocage vu ci-dessus et la sortie du chien de garde. Les 2 signaux FAIL OWN de chacun des calculateurs sont croisés et chacun d'eux alimente l'autre voie du calculateur ( COM vers MON, MON vers COM).

C'est ce signal qui valide les suivants :

- Relais K30

- validité du SEC ( SEC healthy )

- validité du SEC de réserve ( SEC healthy provision )

Chaque fois qu'un front négatif est détecté sur l'entrée EPB, une bascule monostable génère une impulsion de largeur calibrée qui, combinée en logique ET avec le signal FAIL OWN, émet un signal de RESET ( RES ENG) vers le CPU 80186 et le circuit de commande d'asservissement 80C86.

### 13.1.2 Mise en forme des entrées analogiques

N°1 pl. 9

Ce circuit reçoit les entrées analogiques (ANI-2, ANI-3, ANI-7 ) venant des secondaires des capteurs inductifs et adapte leurs impédances avant qu'elles n'entrent dans le multiplexeur.

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »

option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT16 /38

### 13.1.3 Multiplexage

N°2 pl. 9

Ce circuit comprend 2 multiplexeurs :

- un pour les signaux de référence
- un pour les signaux de mesure.

Leur adressage est fait par les 4 bits AMX1 à AMX4 qui viennent du circuit de commande d'asservissement. Dans le cas d'un RESET (RES OUT ) les multiplexeurs sont inhibés.

### 13.1.4 Relayage

Il est géré par une commande logique et la consommation des relais est surveillée par un capteur d'intensité (N°14 pl. 11 ) de façon à ce que, si les efforts sur les gouvernes deviennent trop important, le PA soit désengagé (signal ELRES).

La tension appliquée sur les bobines des relais est limitée par un circuit de régulation. (N°12 pl. 10)

### 13.1.5 Commande logique des relais

N°6 pl. 11

Pour chacun des relais c'est ce circuit qui reçoit l'ordre de commande. Cet ordre est combiné grâce à une porte ET, dans tous les cas au poussoir d'engagement et pour chacun des relais à l'état de la gouverne commandée. ( PITCH, ROLL ).

### 13.1.6 Relais d'alimentation du PHR

N°10 pl. 11

Quand il est commandé (son excitation est contrôlée par le microprocesseur 80C86 ). Ce relais alimente le PHR en 28V.

### 13.1.7 Relais de commande du PHR et des servovalves de profondeur droite et gauche

N°10-1 pl. 11

Quand ils sont alimentés (leurs excitations sont contrôlées par le 80C86 ) ces relais transmettent les signaux de commande au PHR et aux gouvernes de profondeur.

### 13.1.8 Relais de commande de la servovalve de profondeur

N°10-2 pl. 11

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »

option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT17 /38

Quand ils sont alimentés ces relais transmettent le signal de commande à la servovalve de profondeur.

#### **13.1.9 Relais défaut**

N°8 pl. 10

Ce relais est normalement excité. Il passe au repos en cas d'apparition de défaut ou d'ordre de désengagement par EPB.

#### **13.1.10 Détecteur de courant**

N°14 pl. 11

Si le courant d'alimentation des relais dépasse la valeur permise, ce détecteur transmet un signal ( ELRES) qui génère le RESET de l'engagement logique. Ce signal est mémorisé.

#### **13.1.11 Limiteur de tension**

N°12 pl. 10

De façon à protéger les relais la tension appliquée à leurs bornes est limitée par ce circuit.

BAC. PROFES. « AÉRONAUTIQUE »

option avionique

**Épreuve E1A** : étude d'un système d'un aéronef

DUREE : 4 heures    COEFFICIENT : 2

DOCUMENT TECHNIQUE PAGE : DT18 /38