

PROJET DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'État en
Électronique

ÉTUDE D'UN BANC DE TEST DE L'UNITÉ DE CONTRÔLE DE LA GÉNÉRATRICE (GCU) TYPE P/N 102-003-11 SUR ATR 72-500

HAMOUR Ahmed Salim Mohamed
piaphabec@hotmail.fr

Soutenu publiquement le 14/10/2012 devant un jury composé de:

<i>Président</i>	Pr. Mourad ADNANE	École Nationale Polytechnique
<i>Rapporteurs</i>	Pr. Mourad HADDADI	École Nationale Polytechnique
	Mr. Fayçal OUANNAS	Air Algérie
<i>Examineur</i>	Dr. Aïcha MOUSSAOUI	École Nationale Polytechnique

Promotion 2012

Remerciements

Tout d'abord remerciements et louanges à Allah pour m'avoir permis de réaliser et de mener à bien ce travail.

Tous mes remerciements vont à l'équipe Electrical Workshop d'Air Algérie, où j'ai effectué mon travail de mémoire.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à mon promoteur Monsieur Fayçal OUANAS Ingénieur de Maintenance à Air Algérie, pour son aide précieuse et son suivi.

J'adresse mes sincères remerciements à mon promoteur Monsieur Mourad HADDADI Professeur à l'École Nationale Polytechnique (ENP) pour ses bienveillants conseils avisés, son soutien et ses encouragements. Qu'il trouve ici l'expression de toute ma gratitude.

J'exprime ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements à tous les professeurs de l'École Nationale Polytechnique (ENP), particulièrement ceux de la spécialité de l'Électronique.

Mes remerciements vont également à tous les membres du jury qui me font l'honneur d'accepter de juger et d'évaluer ce travail.

Que tous ceux qui ont de près ou de loin, contribué à ce travail par des renseignements, des conseils ou par un apport documentaire, et ne trouvent pas leurs noms, cités dans ce bref passage, m'en excuse et soient assurés de ma vive reconnaissance.

Mes plus chaleureux remerciements à ma famille, pour son soutien et son appui. Elle a su me motiver dans mon travail par son encouragement dans les moments difficiles.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents.

*A mes soeurs et mes beaux frères ainsi qu'à leurs adorable petits ABDELLAH,
NARDJES ET HMIDOUUCHE.*

A ma grande mère et mon grand père maternelle.

A mes oncles et tantes.

A tous mes amis qui m'ont encouragé.

Table des matières

Remerciements	i
Dédicace	ii
Table des matières	iii
Table des figures	vi
Liste des tableaux	vii
Introduction générale	1
I LE SYSTÈME ÉLECTRIQUE ET L'UNITÉ DE CONTRÔLE DE LA GÉNÉRATRICE	2
1 Système électrique d'un avion	3
1.1 Introduction	3
1.2 Génération électrique	3
1.2.1 La génération alternative	4
1.2.1.1 La génération alternative de fréquence constante	5
1.2.1.2 La génération alternative de fréquence variable	5
1.2.2 La génération continue	5
1.2.2.1 Description des équipements intégrés	8
1.3 Distribution électrique	11
1.3.1 Distribution alternative à fréquence constante	11
1.3.2 Distribution alternative à fréquence variable	12
1.3.3 Distribution continue	12
1.4 Indicateurs et panneaux de commande	12
1.4.1 Panneau de commande supérieur et indicateurs d'alimentation électrique principal	13

TABLE DES MATIÈRES

1.4.2	Panneau de commande supérieur et indicateurs d'alimentation alternative triphasée à fréquence variable	14
1.4.3	Panneau de maintenance	15
1.5	Conclusion	15
2	Unité de controle de la génératrice	16
2.1	Introduction	16
2.2	Généralités	16
2.3	Caractéristiques de l'unité de controle de la génératrice	17
2.3.1	Les caractéristiques physiques	17
2.3.2	Les caractéristiques techniques	17
2.4	Description physique de GCU	18
2.5	Étude de fonctionnement d'unité de controle de la génératrice	22
2.5.1	Carte de régulation (Z100)	22
2.5.1.1	La régulation de tension	24
2.5.1.2	Égalisation des courants de sortie des générateurs	24
2.5.1.3	La limitation de courant	24
2.5.1.4	Maintien du couple de démarrage à une valeur constante	25
2.5.1.5	Alimentation +12 V	25
2.5.2	Carte de contrôle (Z200)	25
2.5.2.1	Détection de seuil de vitesse	27
2.5.2.2	Système de contrôle du contacteur de démarrage	28
2.5.2.3	Système de contrôle du démarrage de groupe auxiliaire de puissance	28
2.5.2.4	Surveillance du circuit logique, procédure de démarrage	28
2.5.2.5	Système de commande du relais de générateur	28
2.5.3	Carte de protection (Z300)	29
2.5.3.1	Protection contre les surtensions	31
2.5.3.2	Protection de surexcitation	31
2.5.3.3	Protection différentielle	31
2.5.3.4	Protection de sous-tension	31
2.5.3.5	Protection de surcharge	32
2.5.3.6	Contrôle excitation de coupure	32
2.5.3.7	La remise à zéro	33
2.5.3.8	Affichage des défauts	33
2.5.3.9	Alimentation	33
2.5.4	Carte de de test et de maintenance (Z400)	33
2.5.5	Carte de puissance (Z500)	35
2.5.5.1	Circuit de commande du relais de générateur	37
2.5.5.2	Circuit de commande du contacteur de démarrage	37
2.5.5.3	Circuit d'alimentation général du relais	37
2.5.5.4	Relais K3 d'excitation	37

TABLE DES MATIÈRES

2.5.5.5	Étage de puissance du circuit de régulation de tension . . .	37
2.5.5.6	Alimentation +12 V	38
2.6	Conclusion	38
II CONCEPTION DE LA CARTE D'ACQUISITION DES SIGNAUX ISSUS DU BANC DE TEST		39
3	Description et mise en œuvre du banc de test	42
3.1	Rôle du banc	42
3.2	Description du banc	42
3.3	Caractéristiques des signaux issus du banc de test	43
3.3.1	Les signaux à afficher	45
4	Description générale de la carte d'acquisition	46
4.1	Principe de l'acquisition des données	46
4.1.1	Avantages des techniques numériques	46
4.1.2	Inconvénient des techniques numériques	47
4.2	Présentation des différentes parties et composants électroniques de la carte	47
4.2.1	Diviseur de tension	47
4.2.2	filtre anti-repliement	47
4.2.3	Microcontrôleur	47
4.2.3.1	Définition	47
4.2.3.2	Le microcontrôleur	48
4.2.4	EIA-232 DRIVER :	51
4.3	Protocole de communication entre l'ordinateur et la carte	51
4.4	Développement de l'interface de visualisation	52
Conclusion		54
A Programme du PIC		56

Table des figures

1.1	Emplacement des sources d'énergie dans l'avion	4
1.2	Schéma de la génération électrique continue	7
1.3	Génératrice-démarrreur	8
1.4	Machine à excitation série	9
1.5	Schéma de contrôle la génération continue	10
1.6	Schéma de la distribution électrique	11
1.7	Panneau de commande supérieur et indicateurs d'alimentation électrique principal	13
1.8	Panneau de commande supérieur et indicateurs d'alimentation alternative triphasée à fréquence variable	14
1.9	Panneau de maintenance	15
2.1	Dimension hors-tout	17
2.2	Description de GCU	19
2.3	Schéma d'interconnexion	21
2.4	Schéma de Z100	23
2.5	Schéma de Z200	26
2.6	Schéma de Z300	30
2.7	Schéma de Z400	34
2.8	Schéma de Z500	36
2.9	Schéma électronique de la carte d'acquisition	41
3.1	Le banc de test du GCU P/N 102-003-11	43
3.2	Points de test du banc d'essai	44
4.1	Schéma de principe de la chaîne d'acquisition	46
4.2	Raccordement du microcontrôleur au reste du montage	49
4.3	Schéma bloc du CAN intégré dans le PIC	50
4.4	L'interface	53

Liste des tableaux

3.1	Signaux pendant le test de Z100	44
3.2	Signaux pendant le test de Z200	44
3.3	Signaux pendant le test de Z300	45
3.4	Signaux pendant le test de Z400	45
4.1	Niveaux de tension RS-232 et TTL	51

ملخص

يتم استخدام طاولة تجريب لوحدّة التحكم للمولد للكشف عن الأعطال المحتملة التي يمكن أن توجد على الأقل في واحدة من الوحدات التي يتألف النظام. فإن معرفة استخدام طاولة تجريب تسمح التقنيين الخطوط الجوية الجزائرية الشركة لتسهيل الكشف عن الأعطال الموجودة على مكونات النظام. لجعل أسهل دراسة طاولة تجريب، ويجب علينا أن نعرف سير النظام الكهربائي ووحدة التحكم للمولد. ثم، بعد أن تحدد قيم نقاط الجهد في الإخراج الاختبارات، يجب علينا عرضها على يجب عرضها على راسم إشارة الافتراضي لكسب المزيد من الوقت التعامل، لذلك، يقترح طريقة اكتساب.

كلمات مفتاحية : طاولة تجريب , وحدة التحكم , اكتساب.

Résumé

Le banc de test de l'unité de contrôle de la génératrice est utilisé pour détecter les pannes éventuelles qui peuvent exister dans les unités composant le système. L'utilisation des points de tests du banc permettra aux techniciens de la compagnie Air Algérie de mieux détecter les pannes existantes. Pour faciliter l'étude du banc de test, il faut d'abord connaître le fonctionnement du système électrique et l'unité de contrôle de la génératrice. Ensuite, après avoir déterminé les valeurs de tension aux points de test, on doit les afficher sur un oscilloscope virtuel pour gagner plus de temps en manipulation et en lecture. Une méthode d'acquisition est ainsi proposée dans ce but

Mots clés : Banc de test, unité de contrôle, acquisition.

Abstract

The test bench of the generator control unit is used to detect possible breakdowns which can exist at least in one of the units which compose the system. The use of the test points will facilitate the detection of the existing breakdowns on the system components. To design this test bench, we must understand the operation of the electrical system and the generator control unit. Then, determine the voltage values at the test points; these voltage values are then displayed on a computer to gain time in handling and reading. An acquisition method is proposed for this purpose.

Keywords: Test bench, control unit, acquisition.

Introduction générale

La compagnie Air Algérie est l'une des compagnies qui assure des vols nationaux et internationaux en Algérie. Actuellement, le monde de l'aviation est touché par la mondialisation, aussi la compétition sera très rude ; il faut, par conséquent, que la compagnie possède les meilleures technologies possibles et des personnels hautement qualifiés pour faire face à la concurrence. Actuellement, l'activité de la compagnie n'est pas limitée uniquement au transport, en effet elle possède l'agrément de maintenance qui lui permet de fournir des activités d'entretien allant d'un élément d'aéronef jusqu'à un aéronef complet, même s'il ne s'agit pas du sien. Dans ce cadre d'activités de maintenance, la compagnie Air Algérie possède des bancs d'essais pour effectuer des simulations pour connaître les lieux exacts des pannes sur les éléments de l'avion.

Aussi le sujet, offert par la compagnie, intitulé : “ Étude d'un Banc de Test de l'Unité de Contrôle de la Génératrice (GCU) Type P/N 102-003-11 sur ATR 72-500 “ a pour but de disposer de points de test sur ce banc d'essai afin de suivre l'évolution des signaux pendant les dépannages. Il faudra, pour cela, étudier le système électrique et l'unité de contrôle de la génératrice, déterminer les points à sortir sur le banc pour mettre en place des points de test et afficher sur ordinateur les allures de ces signaux.

Compte tenu de ces travaux à réaliser, le présent mémoire contient deux parties distinctes dont la première concerne le système électrique et l'unité de contrôle de la génératrice, et la seconde partie est axée sur la conception de la carte d'acquisition pour l'affichage des signaux sur ordinateur.

Première partie

**LE SYSTÈME ÉLECTRIQUE ET
L'UNITÉ DE CONTRÔLE DE LA
GÉNÉRATRICE**

Chapitre 1

Systeme électrique d'un avion

1.1 Introduction

Ce chapitre propose une introduction qui porte sur les différents éléments du système électrique d'un avion.

En premier lieu, on a fait un bref rappel sur la génération électrique et évoqué précisément la génération continue. Ensuite, on a cité différentes distributions électriques. Enfin, on a cité des indicateurs et des panneaux de commande.

1.2 Génération électrique

La génération électrique est indispensable dans l'avion ; son rôle est de permettre d'alimenter, entre autres, à bord de l'aéronef, les éléments suivants :

- L'avionique de bord ;
- Le dégivrage ;
- Les éclairages et phares ;
- Les chauffe-plats ;
- Les moteurs électriques pour l'hydraulique. . .

Le but est de distribuer une génération électrique sécurisée, redondante et sans coupures, quels que soient les défauts rencontrés au sol ou pendant une phase de vol.

L'énergie électrique est fournie par les sources suivantes :

- Deux Génératrices-Démarreurs ;
- Deux Alternateurs Triphasés ;
- Batteries (pour situation critique) ;

En plus, deux onduleurs délivrent une tension à fréquence constante .

L'avion dispose de deux unités d'alimentations externes (alternative et continue)

La figure 1.1 montre l'emplacement des sources d'énergie dans l'avion.

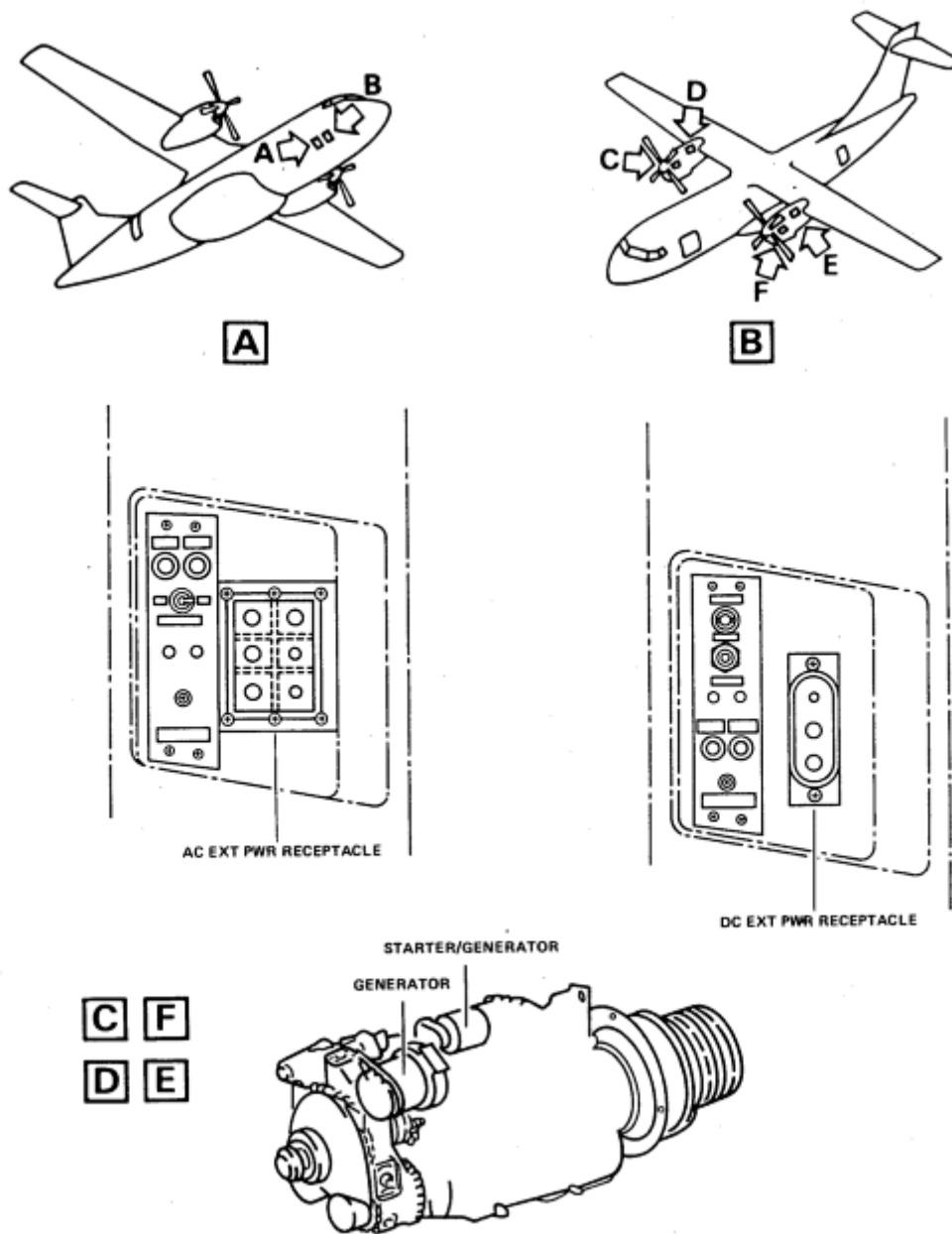


FIGURE 1.1: Emplacement des sources d'énergie dans l'avion

1.2.1 La génération alternative

La génération alternative se compose de :

- La génération alternative à fréquence constante, délivrée par deux onduleurs mono-

- phasés ;
- La génération alternative à fréquence variable, délivrée par deux alternateurs triphasés.

1.2.1.1 La génération alternative de fréquence constante

La génération alternative de 400 Hz délivrée par deux onduleurs sur des bus de distribution continue (DC BUS).

Chaque onduleur fournit, avec deux sorties séparées, 115 et 26 V - 400 Hz .

Description de l'onduleur

L'onduleur comprend quatre circuits principaux :

- Le circuit d'alimentation d'entrée
- Le système de régulation
- Le circuit fournissant la protection contre les conditions anormales
- Le circuit d'alimentation (sortie)

Caractéristiques de l'onduleur

Tension d'entrée : 18 - 32 V

Tension de sortie : 26 / 115 \pm 4 V - 400 Hz

Puissance nominale : 115 V : 500 VA / 26 V : 250 VA

1.2.1.2 La génération alternative de fréquence variable

La génération alternative de fréquence variable est donnée par deux alternateurs triphasés entraînés par le réduction de la boîte de vitesses de moteur-hélice.

Caractéristiques de l'alternateur triphasé

Chaque alternateur est prévu pour alimenter en 20 KVA.

La tension de sortie de chaque alternateur est 115 / 200 V à fréquence variable avec une plage de fréquences 341 - 488 Hz.

1.2.2 La génération continue

En fonctionnement normal, la génération continue est fournie par deux génératrices-démarrateurs. Des batteries sont prévues en cas de disfonctionnement.

Génératrice-démarrateurs alimentent les bus respectifs de distribution continue 1 et 2 (DC BUS 1 & DC BUS 2), comprenant tous les bus de distribution continue (DC BUSES) relié à ces bus.

Les deux génératrices-démarreurs avec leur canal fonctionnent séparément les uns des autres, chacun d'eux est contrôlé et protégé par l'unité de contrôle de la génératrice.

Dans le cas d'une génératrice-démarreur en défaillance, le réseau électrique continu est automatiquement connecté et alimenté par l'autre génératrice-démarreur. Cela se fait par le Bus Power Control Unit.

En outre, le Bus Power Control Unit surveille tous les DC BUS et leurs connexions.

Lorsque l'avion est au sol, le réseau électrique continu peut être alimenté, par d'une prise d'alimentation externe.

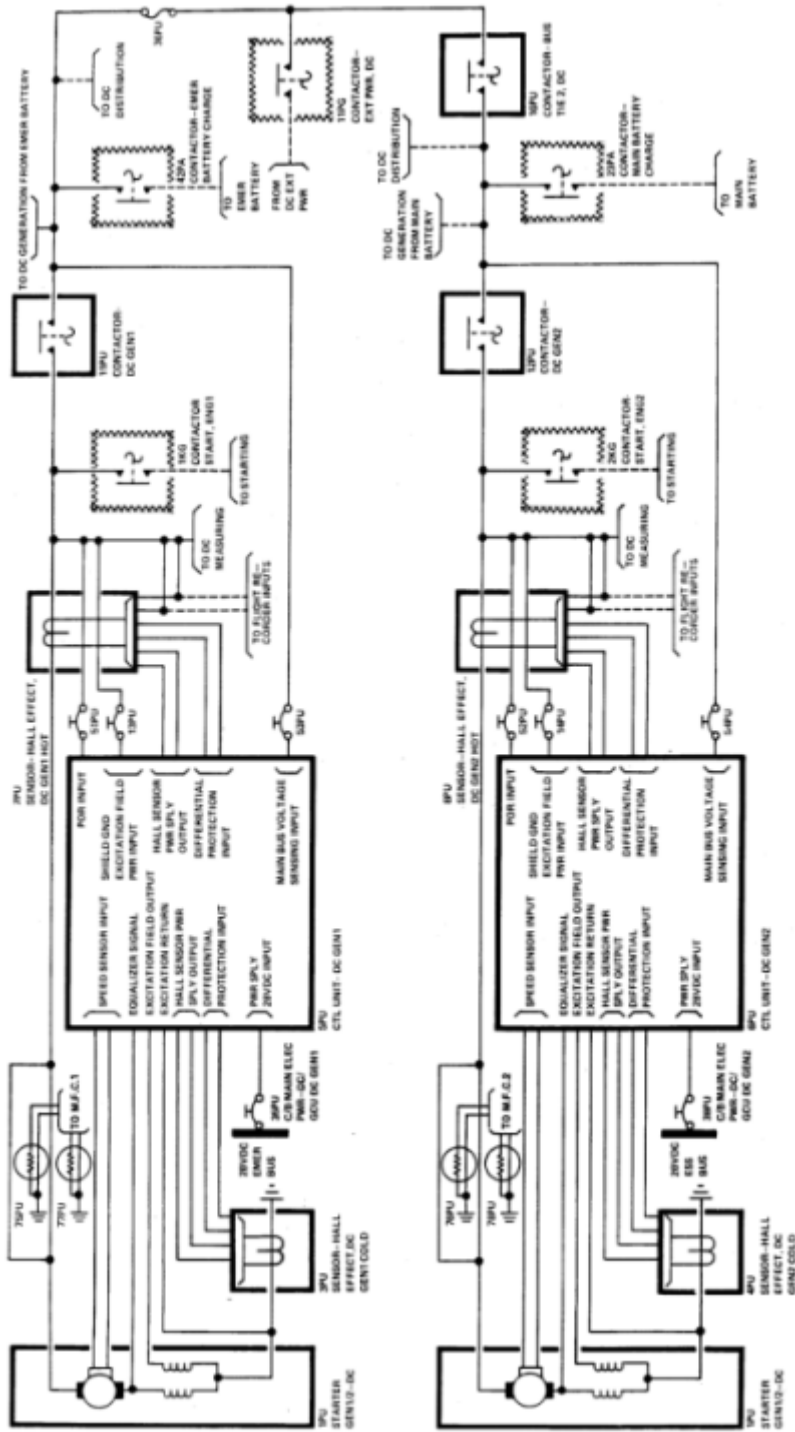


FIGURE 1.2: Schéma de la génération électrique continue

1.2.2.1 Description des équipements intégrés

Génératrice-démarrreur

Les générateurs-démarrreurs sont conçus pour le démarrage du moteur et la fourniture d'électricité

La génératrice-démarrreur comprend un circuit à quatre pôles magnétiques avec quatre bobines en dérivation connectés en série et bobines de compensation connectés en série.

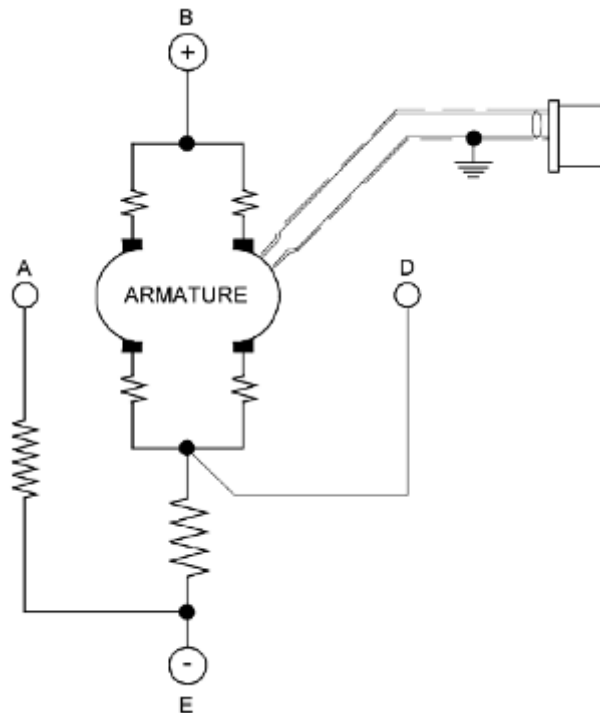


FIGURE 1.3: Génératrice-démarrreur

Mode de démarrage

La génératrice-démarrreur fonctionne comme une machine à excitation série.

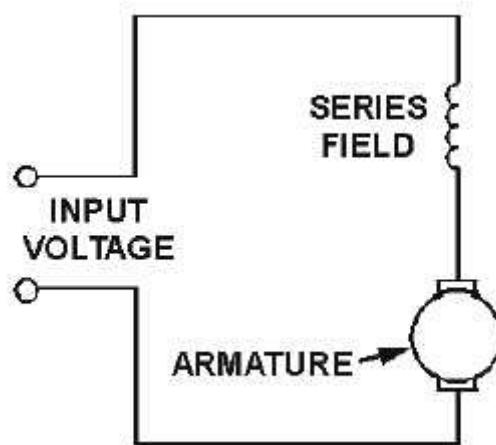


FIGURE 1.4: Machine à excitation série

Elle lance le moteur au point d'auto-entretien. À la fin de la séquence de démarrage, un capteur magnétique (capteur de vitesse), intégré dans la génératrice-démarrreur, envoie un signal à l'unité contrôle de la génératrice pour ouvrir le contacteur de démarrage.

Performances de démarrage

Courant d'entrée maximal 1275A

Mode générateur

Lorsque la génératrice-démarrreur agit comme un générateur. La génératrice-démarrreur génère une tension continue de 30 V et est capable de fournir une puissance de 12 kW pour entraîner des vitesses allant de 7 200 à 12 000 tours par minute.

Le Bus power control unit

Le Bus power control unit (BPCU) est le gestionnaire du réseau électrique. Il a pour rôle de vérifier les caractéristiques de la tension et du courant délivrés par la source externe. En cas de défaut, il ouvre le contacteur de ligne associé et isole la source en défaut du reste du système.

Le BPCU commande les contacteurs de transferts entre les bords droit et gauche tout en interdisant la mise en parallèle de deux génératrices-démarrreurs. Cet appareil a des relations fonctionnelles avec les contacts auxiliaires des contacteurs et détecte la présence d'une tension sur l'un des bus de distribution.

Ce contrôleur de réseau isole les défauts détectés sur le réseau continu et fait remonter la nature du défaut constaté à l'ordinateur de bord via une liaison de type Arinc 429.

Nous aborderons au second chapitre du l'unité de contrôle de la génératrice

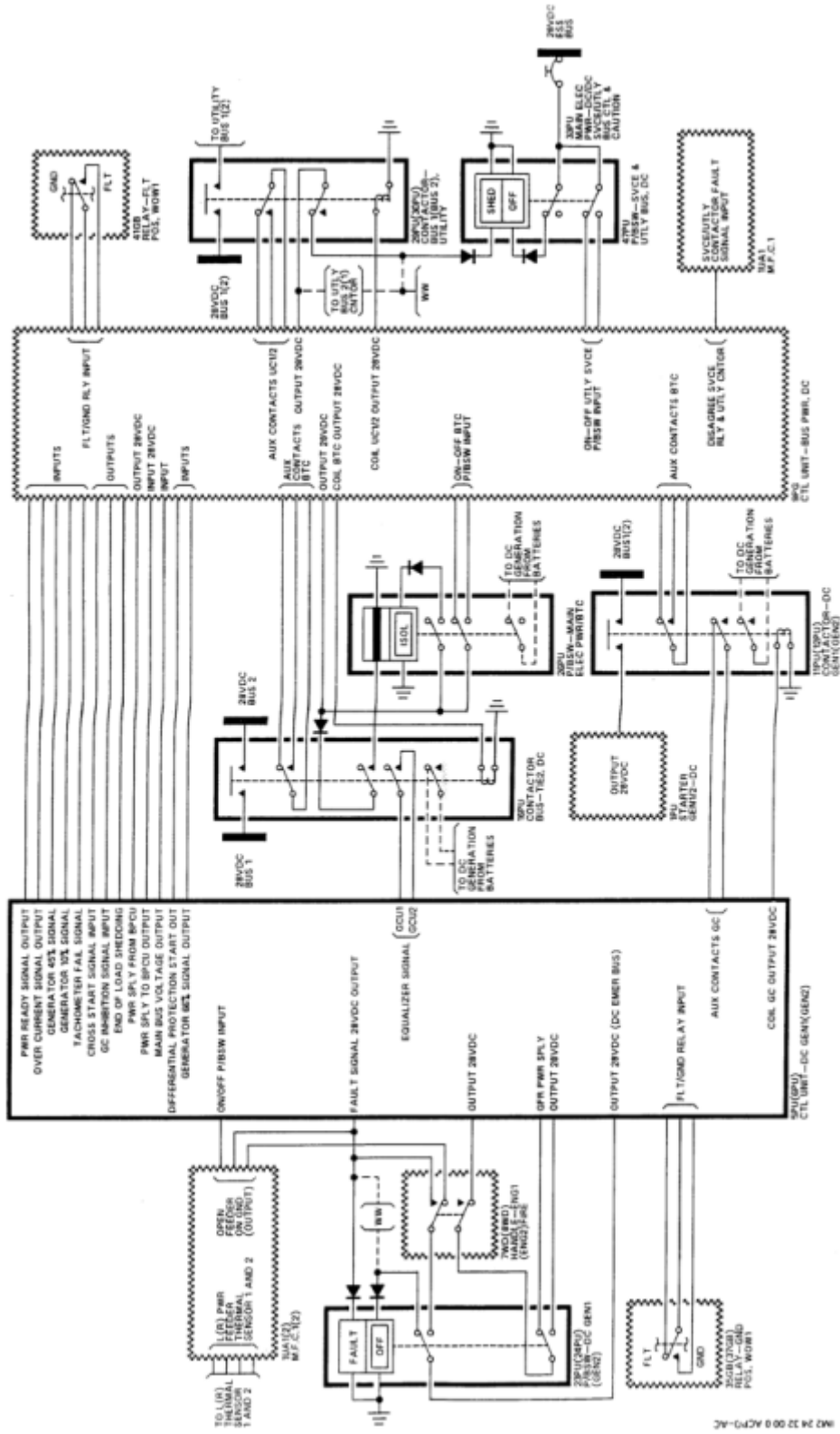


FIGURE 1.5: Schéma de contrôle la génération continue

1.3 Distribution électrique

La gestion des défauts et les aspects de redondances des sources d'énergie nous amènent au schéma de la figure 1.6 représentatif de la distribution électrique.

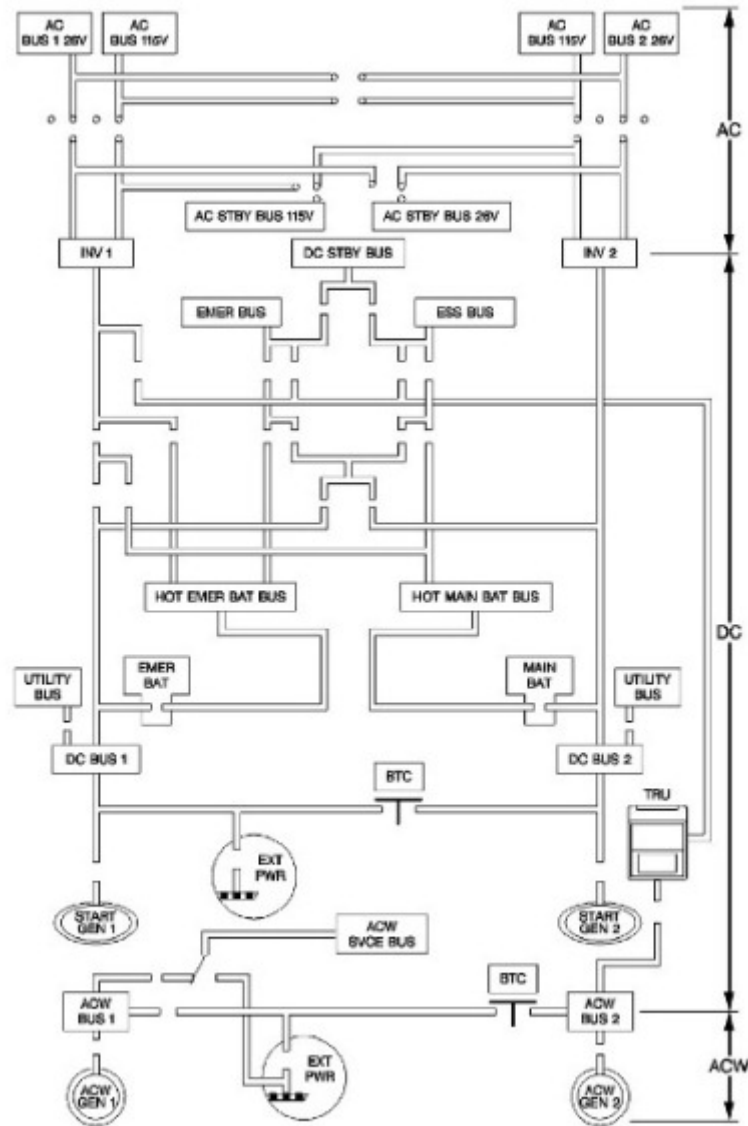


FIGURE 1.6: Schéma de la distribution électrique

1.3.1 Distribution alternative à fréquence constante

La distribution alternative à fréquence constante est donnée par les lignes de bus suivantes :

- Bus d'onduleurs 1 et 2 (INVERTER BUSES 1 and 2) 115/26 V 400 Hz ;
- 115 et 26VAC STAND-BY (VEILLE) AUTOBUS 400 Hz.

1.3.2 Distribution alternative à fréquence variable

La distribution alternative à fréquence variable est donnée par les lignes de bus suivantes :

- Les bus 1 et 2 115/200 V 341 - 488 Hz ;
- Bus de service 115/200 V 341 - 488 Hz .

1.3.3 Distribution continue

La distribution de courant continu est donnée par les lignes de bus suivantes :

- Les bus 1 et 2, 28 V ;
- Les bus d'urgence 1 et 2 24/28 V ;
- Les bus utilitaire 1 et 2, 28 V ;
- Le bus batterie essentielle 24/28 V ;
- Le bus batterie de secours 24/28 V.

1.4 Indicateurs et panneaux de commande

Pour les panneaux de commande et les indicateurs du système alternatif et continu :

1.4.1 Panneau de commande supérieur et indicateurs d'alimentation électrique principal

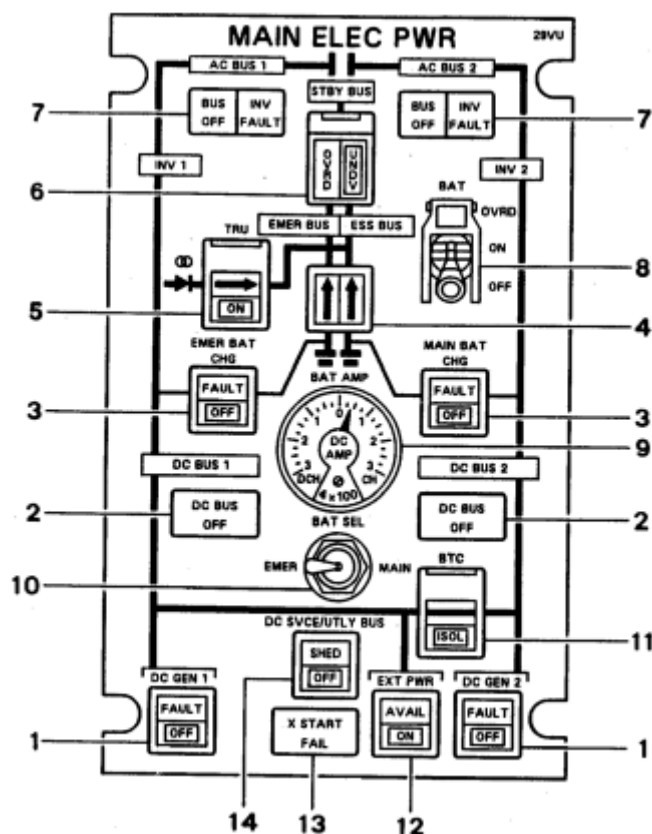


FIGURE 1.7: Panneau de commande supérieur et indicateurs d'alimentation électrique principal

1. Interrupteur à bouton-poussoir « génératrice » ;
2. Voyant d'avertissement des bus de distribution continue 1 et 2 (DC BUS 1 & DC BUS 2) ;
3. Interrupteur à bouton-poussoir « charge de la batterie principale et batterie de secours de charge » ;
4. Voyant d'avertissement de cravate batterie ;
5. Interrupteur à bouton-poussoir « transformateur redresseur » ;
6. Bouton-poussoir « sous-tension » ;
7. Voyant d'avertissement des bus de distribution alternative à fréquence constante 1 et 2 (AC BUS 1 & AC BUS 2) ;

8. Commutateur de sélection batterie ;
9. Ampèremètre DC ;
10. Sélecteur, batterie principale ou batterie de secours ;
11. Bouton-poussoir « contacteur de couplage » ;
12. Bouton-poussoir « alimentation externe » ;
13. Voyant d'avertissement de démarrage ;
14. Bouton-poussoir « bus utilitaire continu ».

1.4.2 Panneau de commande supérieur et indicateurs d'alimentation alternative triphasée à fréquence variable

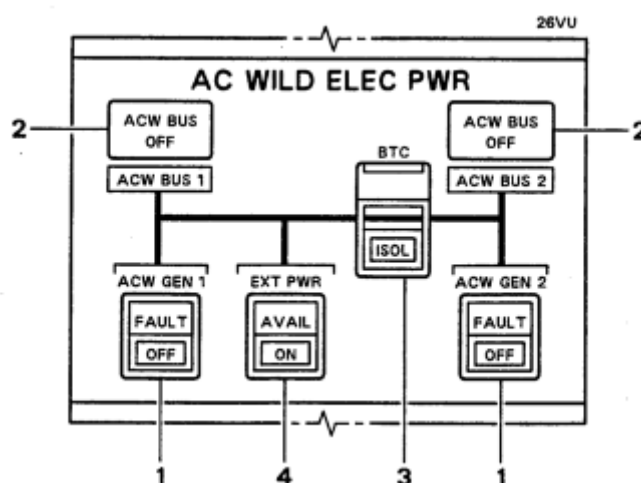


FIGURE 1.8: Panneau de commande supérieur et indicateurs d'alimentation alternative triphasée à fréquence variable

1. Interrupteur à bouton-poussoir « Alternateur triphasé » ;
2. Voyant d'avertissement des bus de distribution alternative à fréquence variable 1 et 2 (ACW BUS 1 & ACW BUS 2) ;
3. Bouton-poussoir « contacteur de couplage » ;
4. Bouton-poussoir « alimentation externe ».

1.4.3 Panneau de maintenance

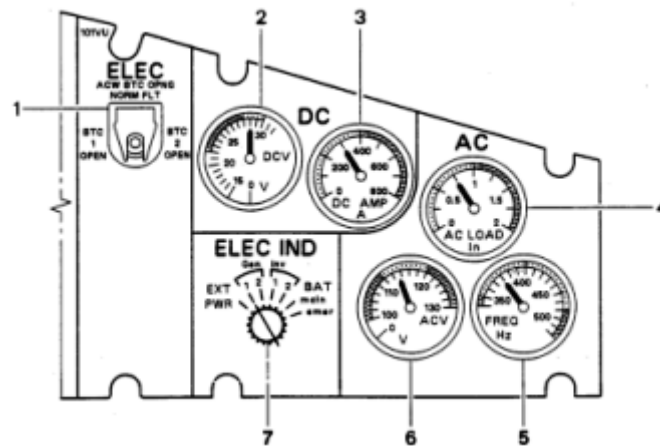


FIGURE 1.9: Panneau de maintenance

1. Switch « contacteur de couplage » ;
2. Voltmètre DC ;
3. Ampèremètre DC ;
4. Ampèremètre AC ;
5. Fréquencemètre ;
6. Voltmètre AC ;
7. Sélecteur indication électrique.

1.5 Conclusion

Ce travail, comme nous l'avons vu est un rappel sur le système électrique d'un avion, d'où la nécessité d'avoir consacré ce premier chapitre de notre sujet afin d'en faciliter la compréhension.

Chapitre 2

Unité de contrôle de la génératrice

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons l'unité de contrôle de la génératrice.

2.2 Généralités

L'unité de contrôle de la génératrice (GCU) a deux rôles principaux :

- Assurer le bon démarrage des moteurs de l'aéronef ;
- Fournit une alimentation DC régulée pour les systèmes électriques.

Pendant la phase de démarrage, le GCU fonctionne pour :

- Commander la phase de démarrage du moteur ;
- Contrôler le contacteur de démarrage ;
- Fournir une protection différentielle et de la protection de survitesse.

Lorsque la génératrice-démarrateur fonctionne comme une génératrice, le GCU fournit :

- Une régulation de la tension d'alimentation en ajustant le courant d'excitation du générateur ;
- Une commande des relais contacteurs de la génératrice ;
- Une protection à l'égard des conditions de surtension et de sous-tension ;
- Une protection contre surexcitation de l'alternateur ;
- Une protection différentielle ;
- Une protection de surcharge.

Le GCU incorpore des circuits de surveillance pour faciliter la maintenance.

Ces circuits sont utilisés pour afficher :

- Les défauts affectant le GCU ;
- Les défauts affectant la génératrice-démarrateur ;
- Les défauts affectant le système de protection différentielle ;

En outre, un « test de fiabilité » circuit sert à confirmer le bon état de fonctionnement de GCU.

2.3 Caractéristiques de l'unité de controle de la génératrice

2.3.1 Les caractéristiques physiques

- Dimension hors-tout (voir la figure 2.1) ;
- Poids = 2.245 kg.

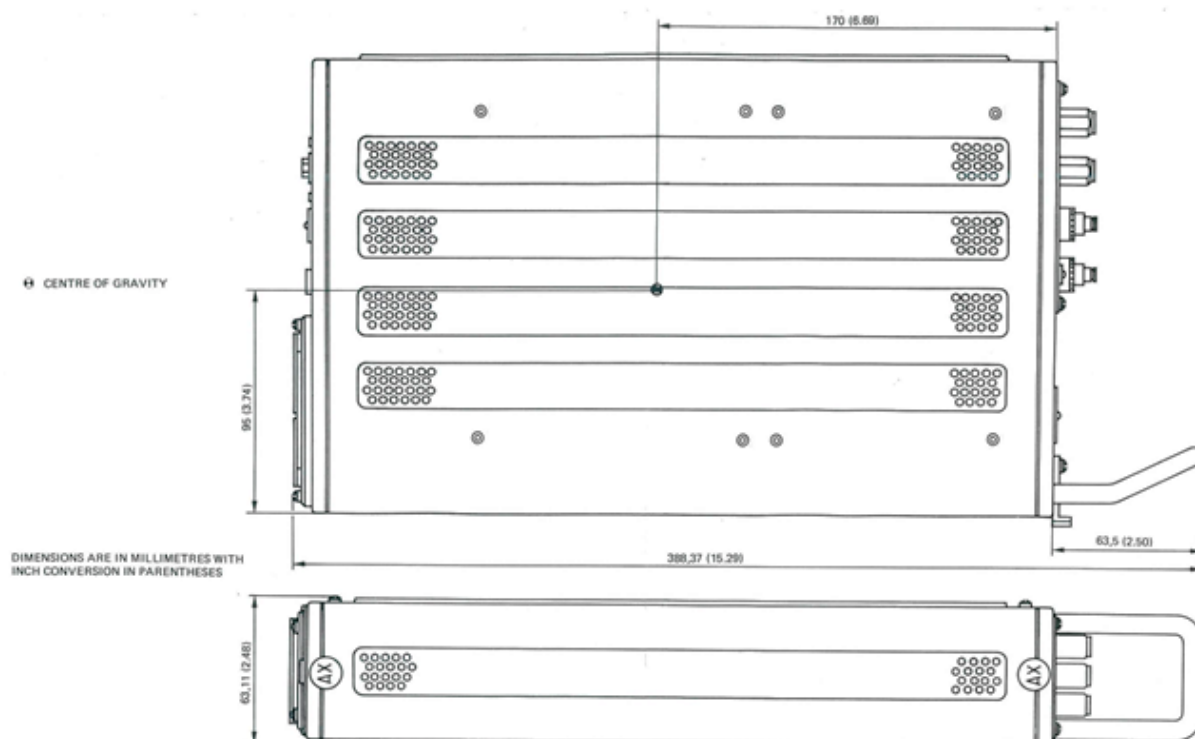


FIGURE 2.1: Dimension hors-tout

2.3.2 Les caractéristiques techniques

- Puissance d'excitation admissible ;
- Tension de sortie prédéfinie au moyen d'un commutateur sélecteur (interne au GCU) avec le paramètre suivant : 28, 29 et 30 V ;
- Température de fonctionnement : -15°C to $+55^{\circ}\text{C}$;
- Précision de la régulation de la tension : $\pm 0.5\text{ V}$.

2.4 Description physique de GCU

L'unité de contrôle du générateur est confinée dans un plug-in en conformité avec la spécification ARINC 404. Elle se compose de :

- Un ensemble de châssis qui porte toutes les composantes du GCU ;
- Un couvercle de protection, qui est fixé au châssis par quatre vis munis de rondelles de blocage .

Le panneau avant comporte :

- Le voyant DS1, utilisée pendant le test de fiabilité ;
- Les indicateurs magnétiques DS2, DS3, DS4, utilisés pour afficher les erreurs ;
- Les bouton-poussoir S1 , pour appliquer le test de fiabilité ;
- Le bouton poussoir S2, utilisé pour réinitialiser les indicateurs magnétiques ;
- La plaque signalétique du constructeur ;
- La poignée ;
- La patte, utilisé pour sécuriser le GCU à son support.

Le panneau arrière comporte :

- Le réceptacle électrique J1 ;
- La vis qui fournit une connexion à la masse pour le 0 V électrique ;
- La plaque de modification.

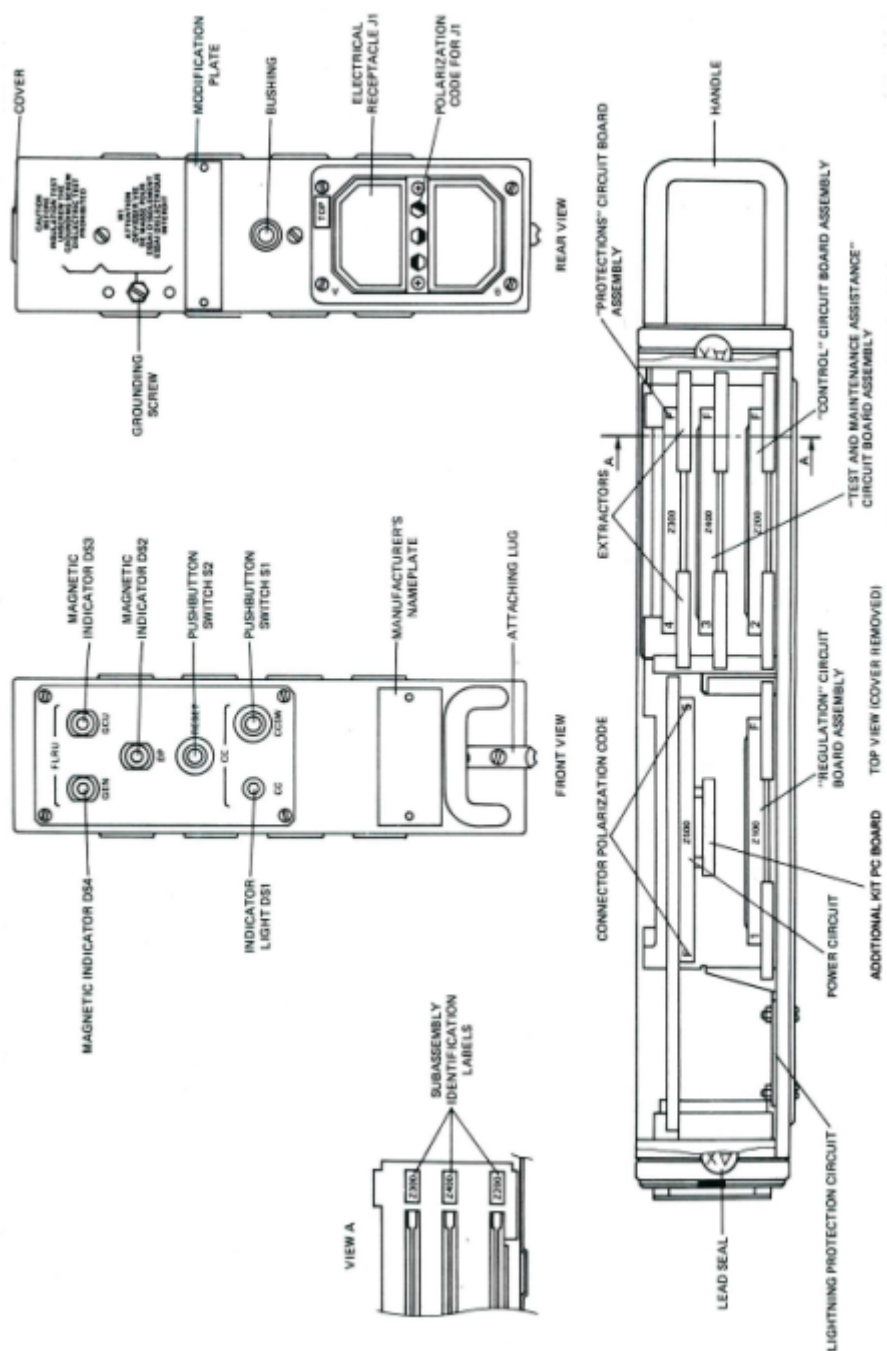


FIGURE 2.2: Description de GCU

Cinq cartes électroniques sont contenues dans le GCU sont : (voir figure 2.3)

- Carte de régulation (Z100);
- Carte de contrôle (Z200);

- Carte de protection (Z300);
- Carte de de test et de maintenance (Z400);
- Carte de puissance (Z500).

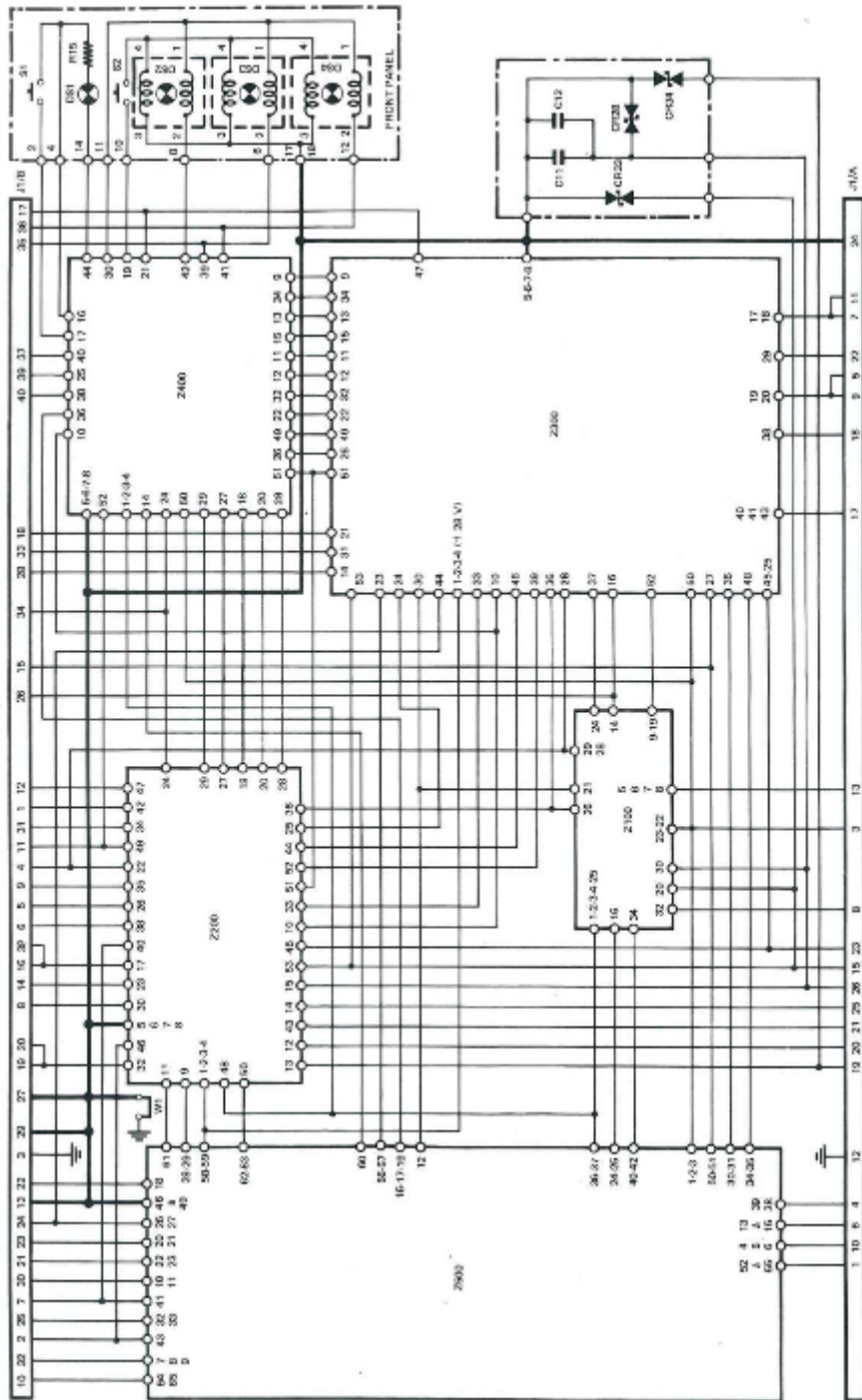


FIGURE 2.3: Schéma d'interconnexion

2.5 Étude de fonctionnement d'unité de contrôle de la génératrice

2.5.1 Carte de régulation (Z100)

La Z100, lors du fonctionnement en mode générateur, prévoit :

- La régulation de tension
- L'égalisation des sorties de courant des générateurs
- La limitation de courant

Lors du fonctionnement dans le mode de démarrage, la Z100 maintient le couple moteur à une valeur constante.

2.5.1.1 La régulation de tension

La régulation de la tension du générateur est réalisée au moyen de l'impulsion modulateur de largeur de H102.

La tension à réguler, ce qui arrive à la borne 30, est réduite par le pont diviseur constitué des résistances R137, R112 et R114, les R164, R170 et R117.

La tension délivrée par le pont diviseur est appliquée à un étage comparateur de la circuit de H102. Ce circuit fournit une tension de forme d'onde carrée de sortie, la largeur d'impulsion qui est inversement proportionnelle à la tension d'entrée.

Cette tension de forme d'onde carrée est appliquée à un étage amplificateur comprenant transistors Q103 et Q101. La tension ainsi obtenue est transmise via la borne 16 au circuit d'excitation du générateur, qui est situé la Z500.

2.5.1.2 Égalisation des courants de sortie des générateurs

Le fonctionnement des génératrices en parallèle est une configuration anormale.

Le circuit d'égalisation est conçu pour maintenir les sorties de courant de chaque générateur égal lors du fonctionnement dans cette configuration.

Amplificateur H103d détecte la direction et la force s'écoulant à travers le bus d'égalisation, au moyen de la tension recueillie à travers les bornes de la résistance R127. Le courant circulant dans R127 et passe à travers les bornes 20 et 32.

Le H103d amplificateur opérationnel est suivie par le transistor Q107, qui est connecté pour fonctionner comme un générateur de courant. Il fournit des moyens de modification de la valeur du pont diviseur de la section de régulateur de tension.

La compensation ne peut être accompli à la condition que K102 relais est fermé. Cette condition est remplie lorsque la tension du générateur est supérieure à 24 V. Dans ce cas, le courant traversant la diode Zener CR107 et la résistance R133 permet la saturation du transistor Q106, fermant le relais K102.

2.5.1.3 La limitation de courant

Comparateur H103c reçoit une tension qui est proportionnelle à la sortie du générateur de courant, circulant à travers CR109 diode Zener.

Cette tension est comparée avec un seuil établi par R136 et R146 l'résistance réglable.

La sortie de H103c est connecté au circuit de commande d'excitation comprenant des transistors Q110.

Le limiteur de courant imposé valeur est réduite à 600 A. Pour ce faire, le signal de départ (borne 28) provoque des transistors Q108 et Q112 pour conduire, reliant ainsi la résistance R172 en parallèle avec R136 .

Ce qui réduit le seuil de la H103c comparateur. Le réseau de correction R106-C111 est prévu pour stabiliser la boucle de limitation de courant.

L'étage consistant en les gates H104a/b/c/d et les diodes CR123 CR124 et est conçu pour vérifier le fonctionnement satisfaisant de la réduction de la valeur imposée lors de

l'assistance de démarrage . Si insatisfaisante, un niveau "1" logique est délivré à la borne 24.

2.5.1.4 Maintien du couple de démarrage à une valeur constante

La borne 9 du circuit reçoit une tension qui est proportionnelle à la consommation de courant du démarreur.

Cette tension est appliquée au comparateur H103b, le seuil étant fixé par les résistances R142 et R153.

La consommation de courant doit devenir excessif, la sortie de H103b bascule vers niveau haut et sature le transistor Q110, qui agit à son tour sur la boucle de régulation en désactivant le transistor Q101.

Cette fonction est activée par un signal «1» logique à la borne 26, ce qui désactive les transistors Q111 et Q109 .

2.5.1.5 Alimentation +12 V

La tension 29 V régulée est appliquée à convertisseur H101, qui délivre +12 V.

Cette tension est utilisé pour les circuits H102, H103 et H104.

2.5.2 Carte de contrôle (Z200)

Le Z200 commande le contacteur de démarrage (CS) et le relais générateur (GC), selon des données délivrées par le bus power control unit, groupe auxiliaire de puissance, divers commutateurs et le capteur de vitesse de la génératrice.

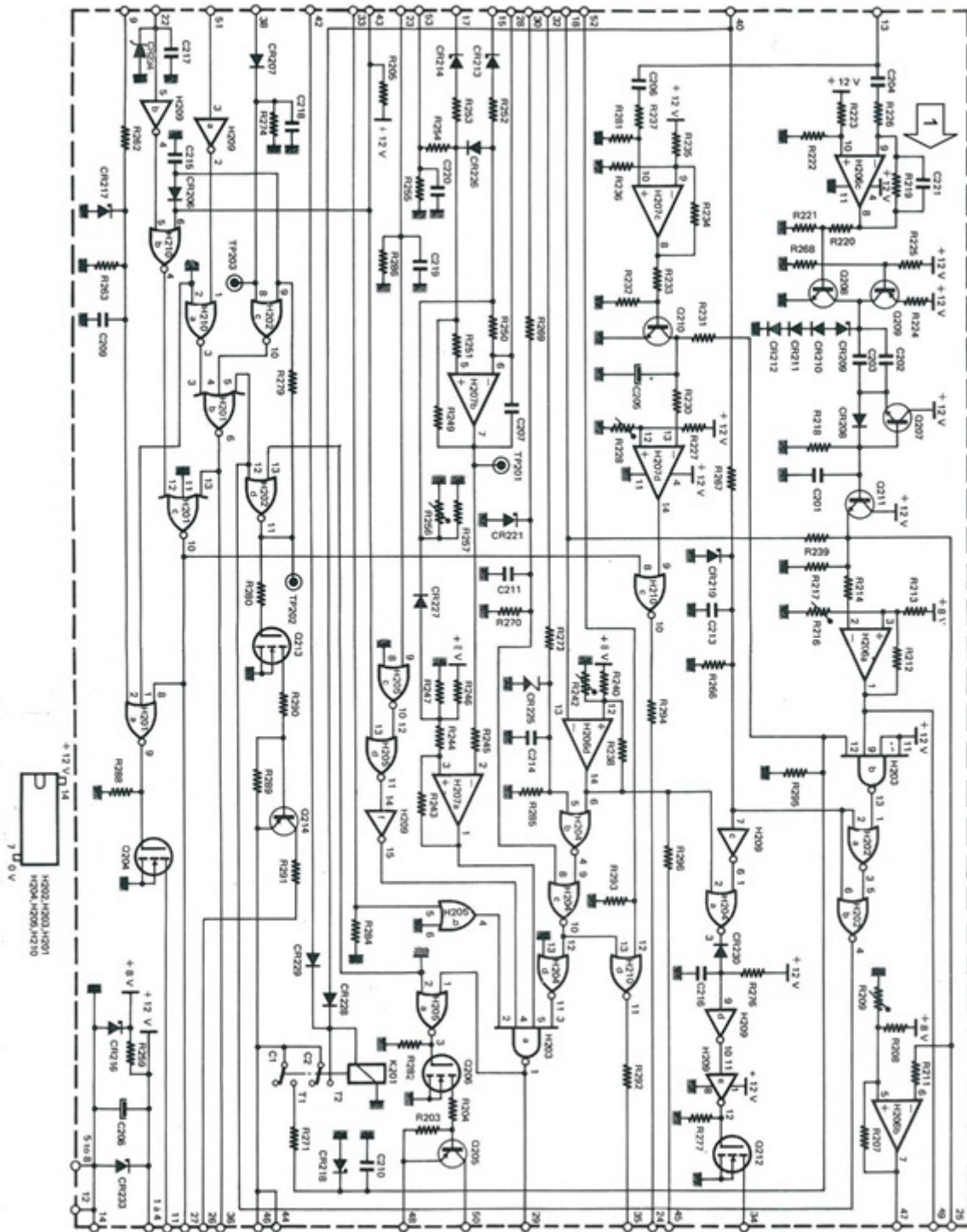


FIGURE 2.5: Schéma de Z200

2.5.2.1 Détection de seuil de vitesse

À sa borne de 13, l'assemblage de circuits imprimés Z200 reçoit un signal qui est proportionnel à la vitesse du générateur.

L'amplificateur H206c reçoit ce signal et délivre un signal de forme d'onde rectangulaire qui est appliqué à un convertisseur fréquence / tension.

Les formes H206c amplificateur de signal présente et délivre un signal de forme d'onde rectangulaire qui est appliqué à un convertisseur fréquence / tension. Le convertisseur utilise le principe de pompage à diode.

Lorsque la sortie de H206c est au niveau logique "0", Q208 est mis hors tension et le transistor Q209 charge C201 à travers C202, C203 et CR208.

Lorsque la sortie du H206c est à "1" niveau logique, Q208 est saturé et Q209 ne fournit plus de courant à travers C202, C203 et CR208, que tout le courant est court-circuité par Q208.

Les impulsions de courant de Q209 qui sont obtenus sont coupés par la diode Zener CR209, qui est compensé en température par CR210, CR211 et CR212.

Ces impulsions sont entraînés dans le réseau RC constitué d'une résistance R218, condensateurs C202 C203, afin de produire des impulsions positives de largeur invariable, les impulsions négatives étant coupée par CR208.

Ces impulsions charge le condensateur C201 selon la loi linéaire. C201 décharge aux bornes R218 selon une constante de temps invariable.

La tension ainsi produit aux bornes de C201, résultant de la différence entre les temps de charge et de décharge, est rendue linéaire par Q207.

Cela est dû au fait que ce transistor conduit à une mesure de plus en plus devient de plus en plus positive, c'est à dire que la charge de C201 augmente. Par conséquent, que la tension aux bornes de C201 augmente progressivement, la charge est augmentée et la décharge est diminué, la production d'un lissage de la tension aux bornes de C201.

La tension aux bornes de C201 est appliqué à Q211, connecté dans une configuration commoncollector, c'est à dire offrir une haute impédance d'entrée et, par conséquent, ayant peu ou aucun effet sur le chargement et le déchargement de la C201.

La tension de sortie de Q211, qui est proportionnelle à la vitesse du générateur, est appliquée à trois comparateurs :

- Comparateur H206b fournit un niveau logique "0" pour des vitesses supérieures à 10% (1200 tours par minute) de la vitesse maximale ;
- Comparateur H206a comparateur fournit un niveau logique "0" pour des vitesses supérieures à 45% de la vitesse maximale. Ce signal est utilisé pour couper automatiquement le contacteur de démarrage ;
- Comparateur H206d comparateur fournit un niveau logique "0" pour des vitesses supérieures de 61,5% (7380 tpm) de la vitesse maximale. Ce signal est utilisé pour la automatique la fermeture du relais générateur principal.

Le comparateur H207c fonctionne conjointement avec transistor Q210 et comparateur H207d, détecte la présence des signaux de vitesse de capteur. La porte «OU» H210c reçoit ces données, ainsi que les données concernant la séquence de démarrage en cours, et délivre un "défaut du capteur" signal logique qui est actif à niveau "0". Ce signal est transmis à l'BPCU et la Z400 via la borne 24.

2.5.2.2 Système de contrôle du contacteur de démarrage

Avec le sélecteur de démarrage réglé sur "START", lorsque l'interrupteur de démarrage bouton-poussoir est enfoncé, l'ordre de démarrage est envoyé à Z200 à travers borne 42.

Relais K201 est ensuite mis sous tension et se ferme, commutation à la position normalement ouvert. Après mise en forme par le réseau RC, R271 CR218, l'ordre de démarrage est envoyé au circuit de commande.

2.5.2.3 Système de contrôle du démarrage de groupe auxiliaire de puissance

La demande de démarrage groupe auxiliaire de puissance est transmis à la borne 40. Après mise en forme par le réseau R267 CR219, le signal (désigné AS) est envoyé au circuit de commande.

Dans le cas de démarrage de l'APU, un circuit surveille la fin de la procédure de démarrage en comparant le seuil de vitesse de 61,5% et le "AS". Ces deux signaux sont réunis à H204a, dont la sortie passe à "1" à la condition que les deux le signal "AS" et le signal de 61,5% N sont présents. Ce signal est retardé par R276 C216, est appliquée à Q212, qui met en marche et transmet niveau logique 0 à le groupe auxiliaire de puissance via la borne 34.

2.5.2.4 Surveillance du circuit logique, procédure de démarrage

Les circuits H202a/b/d et H203b générer le signal de démarrage "SS". Ce signal conforme à l'équation logique suivante :

$$SS = (ES \text{ N45} \cdot \text{not } A\bar{S}) + AS$$

avec

- ES est ordre de démarrage moteur qui est appliqué à H203b

2.5.2.5 Système de commande du relais de générateur

La fermeture du relais générateur est accompli dans les conditions suivantes :

- le signal N61.5% à la sortie du H206d est au niveau logique "0" ;
- la tension différentielle existant entre la sortie du générateur et de bus principal est moins de 0,7 V ;
- la sortie de H209f est à "1" ;

- le signal d'excitation de coupure (borne 33) est absent.

Lorsque les quatre conditions précédentes sont remplies, la sortie des commutateurs H203a au niveau logique "0", la sortie des commutateurs H205a à "1" et donc sature transistors Q205 et Q206. L'ordre de fermeture générateur de relais est ainsi transmis à la Z500 via la borne 50.

2.5.3 Carte de protection (Z300)

La Z300 remplit les fonctions suivantes :

- Protection contre les surtensions ;
- La protection de surexcitation ;
- Protection différentielle ;
- La protection de sous-tension ;
- Protection de surcharge ;
- Contrôle excitation de coupure ;
- Remise à zéro ;
- Affichage des défauts ;
- Alimentation.

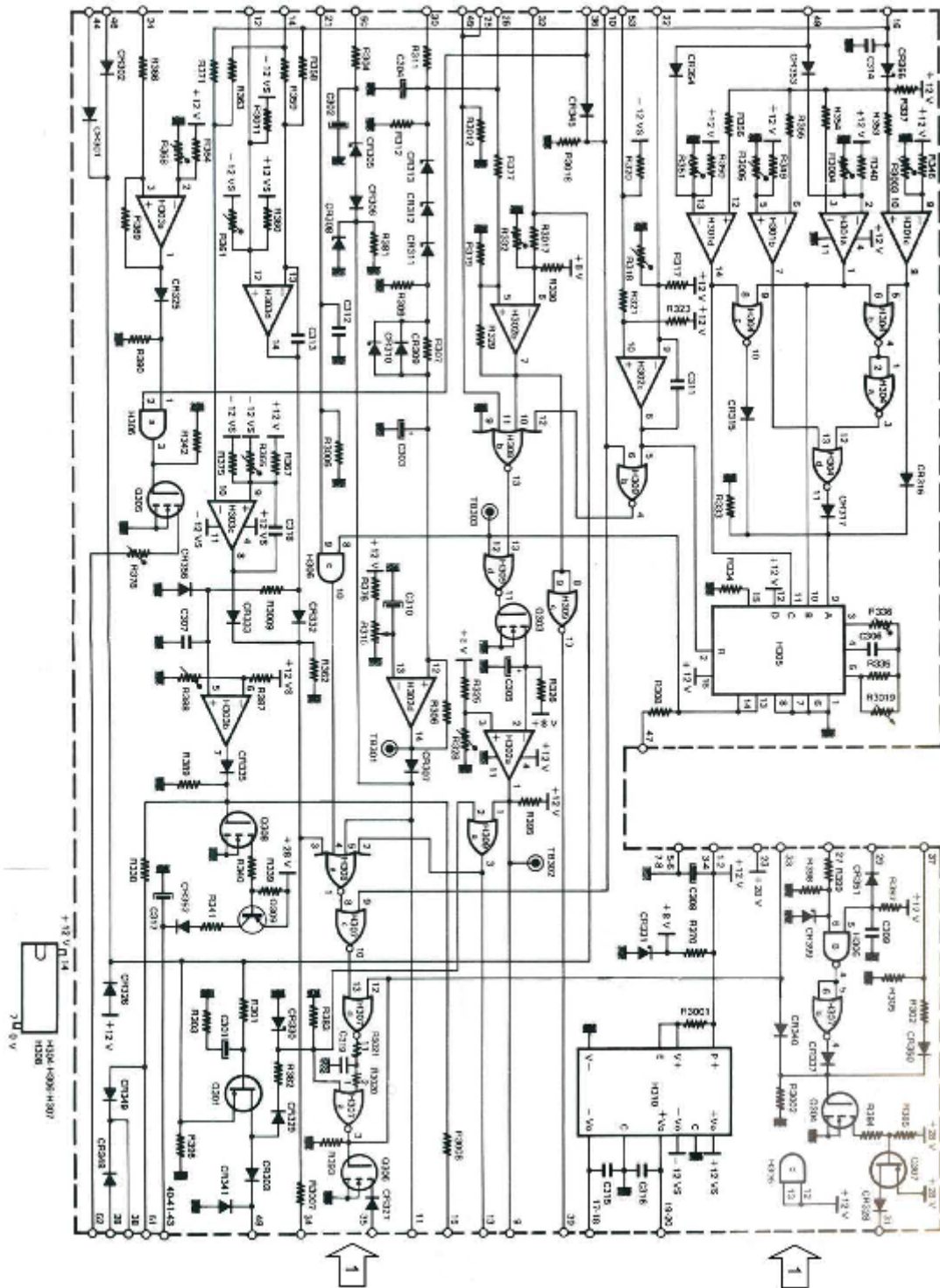


FIGURE 2.6: Schéma de Z300

2.5.3.1 Protection contre les surtensions

La tension à surveiller est transmise au circuit par la borne 30. Cette tension est réduite par le pont diviseur R311, R312 et filtrée par C304. Il est alors temporisé par l'étape consistant à CR311, CR312, CR313, C303. L'étape délivre un temps de retard qui est inversement proportionnelle à l'amplitude de la surtension.

Le circuit de H302d compare la tension obtenue avec un seuil fixé par R310. Le H302d délivre un niveau "1" logique, doit être détecté une surtension, et le transmet au circuit de commande d'excitation de coupure.

2.5.3.2 Protection de surexcitation

Cette fonction de protection surveille la tension d'excitation du générateur arrivée à la borne 50.

Après filtrage par C302, cette tension est transmise aux bornes de R381, CR308 et par l'intermédiaire CR305 et CR306 lorsque la tension dépasse 39 V, les diodes Zener deviennent saturées et une tension établie par la valeur de CR308 apparaît aux bornes de R381. Cette tension est assimilée à un "1" niveau logique qui est relié, au moyen d'un câble en place porte «OU», à la sortie du circuit de protection contre les surtensions.

2.5.3.3 Protection différentielle

Les dispositifs d'alimentation positive et négative transmettent, par l'intermédiaire des bornes 14 et 16, les tensions qui sont proportionnelles aux courants qui sont circulant à travers eux.

Ces tensions sont appliquées à comparateurs H303c et H303d, qui détectent les courants différentiels dépassant 130 ampères. Leurs sorties sont reliées à une porte «OU» qui est au niveau logique "1" lorsqu'un courant différentiel est détecté. Ce niveau logique est transmise à l'ouverture du relais de générateur et de circuit de commande d'excitation de coupure.

2.5.3.4 Protection de sous-tension

La tension de sortie est contrôlée par le comparateur H302b, qui reçoit cette tension après qu'elle a été réduite par le pont diviseur R311, R312.

Le seuil de déclenchement de H302b peut être ajustée par R332. Si la tension devient inférieure à 24,5 V, la sortie des déplacements de comparaison à un niveau "0" logique.

Le générateur de tension de sortie est contrôlé par le comparateur H302b, qui reçoit cette tension après qu'il a été réduite par le pont diviseur R311, R312.

Le seuil de déclenchement de H302b peut être ajustée par R332. Si la tension devient inférieure à 24,5 V, la sortie des déplacements de comparaison à un niveau "0" logique.

Ce niveau "0" logique est transmis à :

- Le défaut sous-tension H308b circuit logique ;
- Le circuit de génération du signal "puissance prête" par l'intermédiaire H309c et la borne 39 du circuit.

Le défaut sous-tension est activée à la sortie de H308b, à condition que :

- La vitesse de conduite est supérieur à 61,5% (borne 45 de la Z200) ;
- Le générateur n'est pas surchargé (sortie de H309b au niveau logique "0").

Le défaut sous-tension est temporisée par la prochaine Q303, C305 et H302a. Cette temporisation est réglé, au moyen d'R328, à la valeur de 9 ± 1 seconde.

La sortie de H302a est reliée à H309a, qui délivre un niveau logique "1" au l'ouverture du relais de générateur et de circuit de commande d'excitation de coupure.

2.5.3.5 Protection de surcharge

Le circuit reçoit, à la borne 53, une tension qui est proportionnelle au courant de sortie du générateur.

Le circuit reçoit, à la borne 53, une tension qui est proportionnelle à la sortie actuelle du générateur.

Cette tension est appliquée à comparateur H302c, le seuil de laquelle est établi au moyen de résistance R318 et dont la sortie passe à "0" dans le cas de surcharge.

La sortie de comparateur H302c est transmise à l'H305 compteur (borne 2). Si le signal logique est à "0", le compteur est remis à zéro et la surcharge devient actif qui dépend de l'intensité du courant circulant à travers le feeder négatif .

Ce feeder envoie une tension qui est proportionnelle au courant, par l'intermédiaire du borne de 16, à quatre comparateurs H301a/b/c/d dont les seuils sont réglables au moyen d'R351, R3003, R3004 et R3005.

Les sorties de ces comparateurs sont reliés à un système logique, consistant H304a/b/c/d, dont les sorties sont à leur tour appliqué aux entrées de pré-positionnement de l'H305 compteur.

Ce compteur, offre un niveau "1" logique à sa sortie (borne 13) qui dépend de l'état des entrées pré-positionnement.

2.5.3.6 Contrôle excitation de coupure

Les ordres donnés pour ouvrir le relais générateur et pour ouvrir le relais d'excitation sont administrés simultanément.

Cette seule commande est déterminé par l'équation logique suivante :

$$EX = GC (SRV + + SRE SSVt + SRC FD + PD) SD$$

où :

SRV = protection contre les surtensions

SRE = La protection SRE surexcitation

SSVT = temps retardé de protection de sous tension

SRC = La protection de surcharge

FD = fin de délestage

PD = protection différentielle

SD = séquence de démarrage.

Cette équation logique est produite au moyen de circuits H307a/c/d et H308a H306c.

Si un défaut est détecté, la sortie de H307a commute vers le niveau "1", Q306 qui applique une masse au circuit d'ouverture de relais de générateur et le circuit d'excitation de relais via la borne 35.

La sortie de H307a est renvoyée à H307d, ce qui provoque son verrouillage au niveau logique "1" lorsqu'un défaut apparaît. Une opération de remise à zéro est alors nécessaire de revenir au fonctionnement normal du système de contrôle logique.

2.5.3.7 La remise à zéro

Le circuit de réinitialisation comprend C301, R303, Q301 et CR303. Le circuit permet la remise à zéro d'excitation du relais via la borne 48 .

L'impulsion de réinitialisation est obtenue :

- Par la montée de la tension de + 12 V à travers CR326 ;
- Par le bord d'attaque du signal de départ qui arrive à la borne 46 ;
- Lorsque le commutateur de générateur (SW1) est réglé sur "OFF".

Ces trois actions provoquent Q301, pour un temps qui est défini par R301, R303 et C301, transmettant ainsi un signal de remise à zéro + 12 V.

2.5.3.8 Affichage des défauts

La lumière voyant "FAULT" de l'interrupteur du générateur est allumée lorsque les transistors Q304 et Q307 conduisent.

2.5.3.9 Alimentation

Le convertisseur continu/continu H310 reçoit une tension de + 12 V à travers les bornes 1 à 4 et délivre deux tensions symétriques, + 12 V et - 12 V, à des circuits de protection différentielle de Z300 et aux capteurs de courant via les bornes 17-18 et 19-20.

2.5.4 Carte de test et de maintenance (Z400)

La Z400 remplit les fonctions suivantes :

- Le test de confiance qui est réalisé sur le sol, lorsque l'aéronef est immobilisé ;
- L'indication de la sous-ensemble défectueux au moyen d'un voyant lumineux avec une installation de stockage, pendant le fonctionnement sur le sol ou dans l'air.

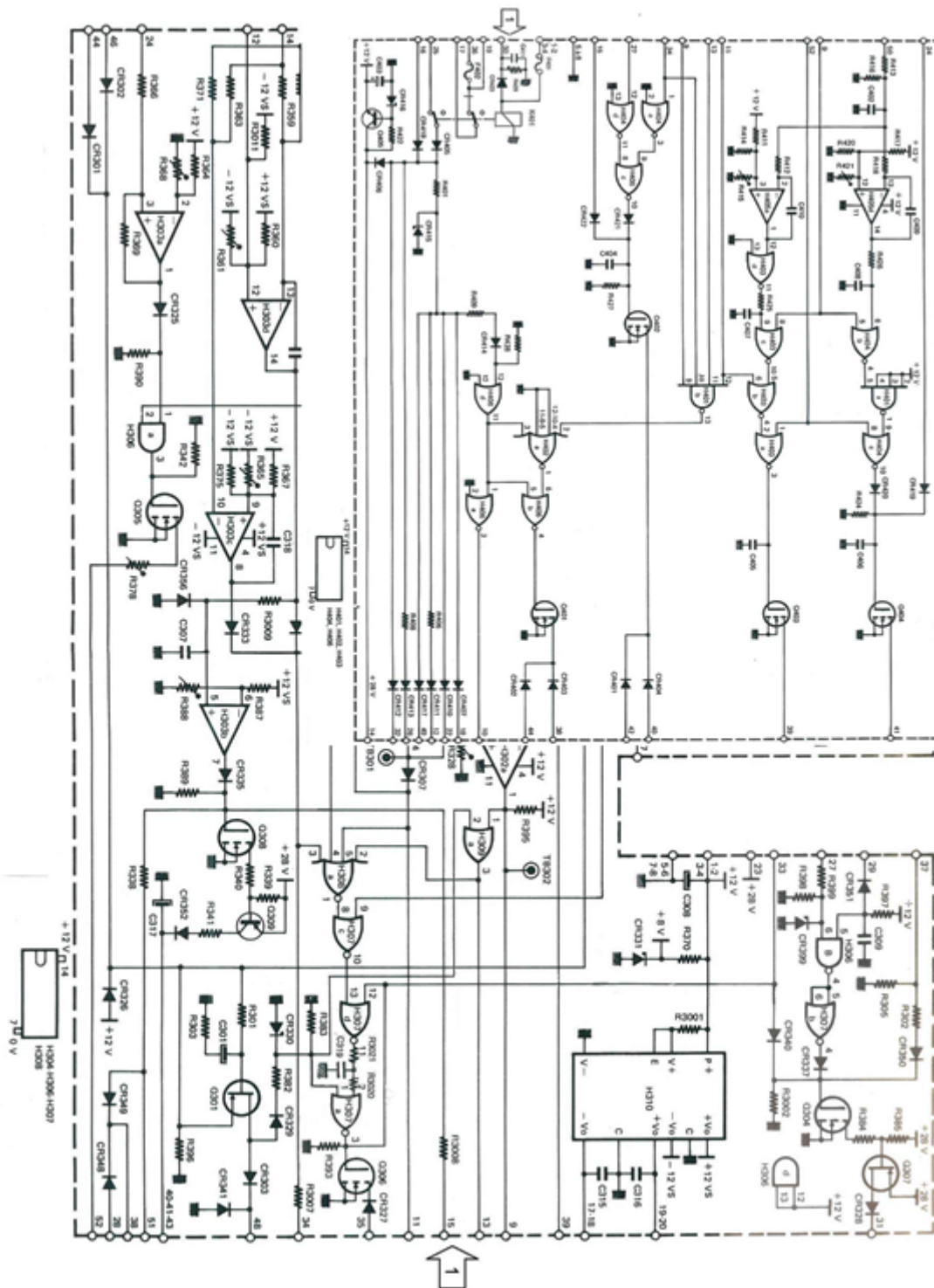


FIGURE 2.7: Schéma de Z400

2.5.5 Carte de puissance (Z500)

La Z500 porte les circuits suivants :

- Circuit de commande du relais de générateur ;
- Circuit de commande du contacteur de démarrage ;
- Circuit d'alimentation général du relais ;
- Circuit de relais d'excitation ;
- Étage de puissance du circuit de régulation de tension ;
- Circuit d'alimentation + 12 V.

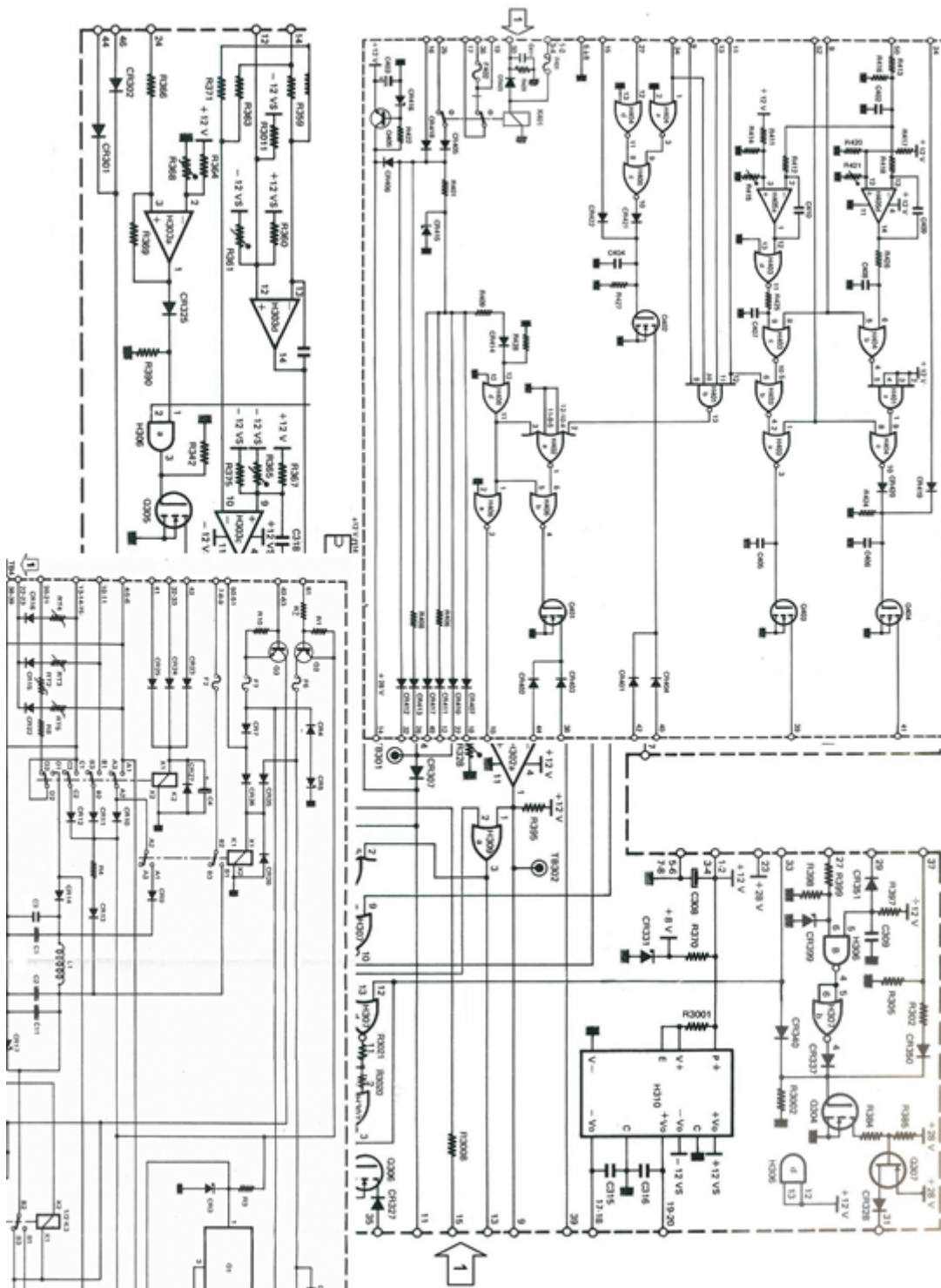


FIGURE 2.8: Schéma de Z500

2.5.5.1 Circuit de commande du relais de générateur

L'ordre de fermeture générateur de relais est transmis par la Z200 via la borne 62. Ensuite la conduction transistor Q3 conduit, excite la bobine du relais générateur par via la borne 64 de Z500 et J1B-10. Il permet également de fermer le relais K1. K1 transmet le + 28 V Bus d'urgence pour les circuits d'excitation, doit la sortie du générateur être soumise à une condition de sous-tension.

2.5.5.2 Circuit de commande du contacteur de démarrage

L'ordre de fermeture contacteur de démarrage est transmise par la Z200 via la borne 61. Ensuite la conduction transistor Q2, excite la bobine du contacteur de démarrage via la borne 52 et J1A-1. Comme décrit pour le circuit de commande de générateur de relais, le contacteur de démarrage permet également de fermer le relais K1.

2.5.5.3 Circuit d'alimentation général du relais

Le relais K2 est utilisé pour transmettre la puissance 28 V produite par la génératrice ou le Bus d'urgence pour, dans le premier cas :

- Le circuit de commande du contacteur de démarrage ;
- L'alimentation +12 V.

Et, dans le second cas, par filtre constitué par C1 à C3, L1, CR7 et le relais d'excitation K3 à :

- L'étage de puissance du circuit de régulation de tension ;
- Le circuit de commande du relais du générateur ;
- Les différents circuits GCU via la borne 36 ;

Relais K2 ferme en raison de la présence de + 28 V à une des trois bornes 43, 41 ou 32, puissance qui est fournie à ces bornes, respectivement, par le "START" commutateur, l'ordre de démarrage groupe auxiliaire de puissance ou le générateur "GEN " commutateur.

2.5.5.4 Relais K3 d'excitation

Le relais K3 est utilisé pour transmettre la puissance d'excitation à l'étage de puissance du circuit de régulation de tension.

2.5.5.5 Étage de puissance du circuit de régulation de tension

Étage de puissance est constitué de transistors Q4, Q5, qui sont connectés en montage Darlington et faire fonctionner par commutation.

2.5.5.6 Alimentation +12 V

Le + 28 V d'alimentation délivrée par la génératrice ou par le bus d'urgence est transmise à convertisseur continu / continu Q1 via R3 et CR3.

Le convertisseur fournit une alimentation 12 V qui est distribué dans le circuit diverses du GCU par la borne 58.

Pendant le test de fiabilité, le convertisseur est fourni avec 28 V à partir de la borne 60, qui est distribué dans le circuit diverses du GCU par la borne 58.

2.6 Conclusion

Comme vu dans ce chapitre, le fonctionnement l'unité de controle de génératrice.

Deuxième partie

CONCEPTION DE LA CARTE D'ACQUISITION DES SIGNAUX ISSUS DU BANC DE TEST

Dans cette partie, on va concevoir une carte d'interface entre le banc d'essai et un ordinateur pour afficher certains signaux sortants du banc et l'afficher sur l'écran du PC. En effet, pendant les dépannages des éléments de l'instrument, on doit disposer d'un oscilloscope et d'un voltmètre pour suivre l'évolution des signaux. Comme il existe plusieurs points de test à la sortie du banc et dont certains sont liés, le temps perdu pour la manipulation des appareils de mesure sera énorme. Aussi, a-t-on décidé de faciliter le travail des techniciens de l'atelier instrument de bord en affichant les signaux sur ordinateur. Cette technique permettra de gagner beaucoup de temps pendant les dépannages et fournira également un élément de preuve pour les résultats des tests puisqu'on peut enregistrer ou imprimer les allures des tensions affichées.

On se propose une technique d'acquisition. On va réaliser un interface dans le cas où on va employer le port série comme port de communication avec l'ordinateur. La carte est représentée par la figure.

Chapitre 3

Description et mise en œuvre du banc de test

3.1 Rôle du banc

Le banc permet de vérifier le bon fonctionnement des cartes du GCU P/N 102-003-11. Ce banc permet de mettre le GCU aux conditions d'utilisation paramétrables et contrôlées afin d'observer et de mesurer son comportement.

Le banc a été fabriqué par la société Thales Avionics Electrical Systems.

On peut vérifier sur ce banc le fonctionnement des cartes qui avaient été citées précédemment.

3.2 Description du banc

Le banc est présenté sous un panneau de 48,5 cm de largeur et de hauteur de 71,4 cm (la figure 3.1 illustre la face avant de ce banc). Il est alimenté sous une tension de 28 V DC 1A et tension de 12 V DC 1A. Les appareils de mesure utilisés pendant les tests sont : un voltmètre DC, un oscilloscope et un fréquencemètre.

Notre rôle est de remplacer ces appareils par une carte d'acquisition de notre conception.



FIGURE 3.1: Le banc de test du GCU P/N 102-003-11

3.3 Caractéristiques des signaux issus du banc de test

Avant de numériser les signaux, présentons- les d'abord, c'est-à-dire les signaux sortants du banc de test. Les signaux ont été mesurés sur oscilloscope et voltmètre.

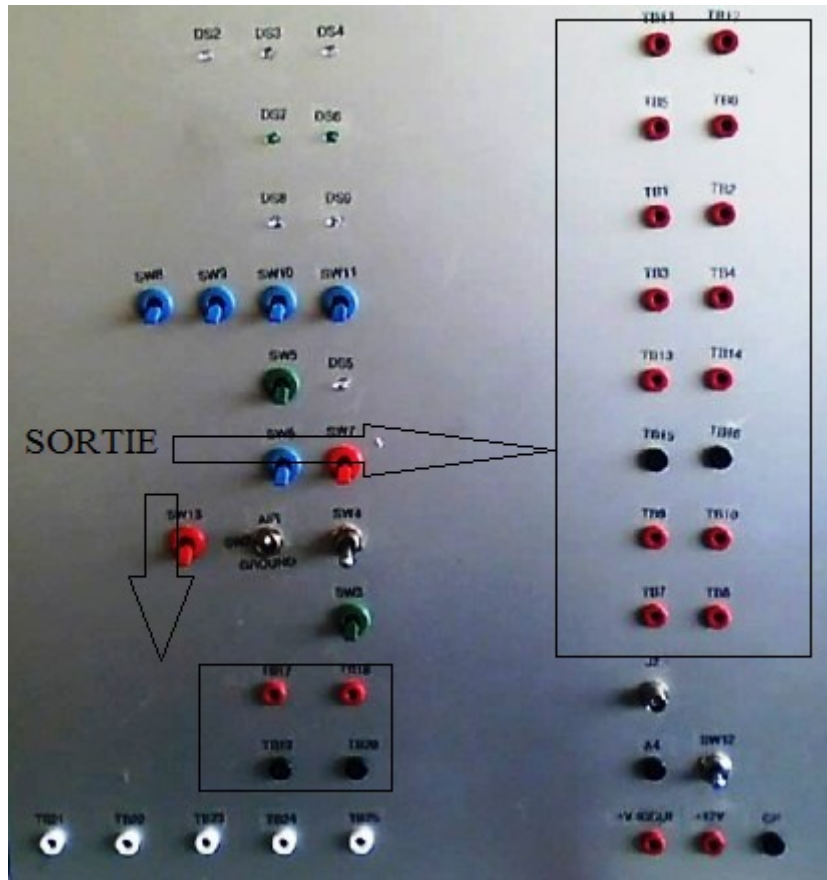


FIGURE 3.2: Points de test du banc d'essai

N°	Tests	Points de test	Signaux
1	Le rang de la régulation	1 - J2	28 / 31.5 V DC
2	La régulation	1 - TB5	25 / 33 V DC
3	Limitation de courant	2 - J2	3 / 4.37 V DC

TABLE 3.1: Signaux pendant le test de Z100

N°	Tests	Points de test	Signaux
1	Le relai de générateur	1 - TB9	130 mV DC
2	Le système de contrôle du relai de générateur	2 - TB5	26.5 V DC

TABLE 3.2: Signaux pendant le test de Z200

N°	Tests	Points de test	Signaux
1	La protection de sur voltage	2 - TB9	28 / 31.5 V DC
2	Les seuils	1 - TB19	2.3 / 3.6 V DC
3	La protection differentiel	2 - TB19	1.6 V DC

TABLE 3.3: Signaux pendant le test de Z300

N°	Tests	Points de test	Signaux
1	Confidence test	TB3	29 V DC
2	La rupture du fil d'excitation de retour	A3	28 V DC

TABLE 3.4: Signaux pendant le test de Z400

3.3.1 Les signaux à afficher

Tous les signaux à la sortie du banc peuvent être afficher sur l'ordinateur, les signaux qu'on va afficher seront :

- 1 - J2 , 1 - TB5 , 2 - TB9,
- 2 - J2, 1 - TB19 , 2 - TB5, 1-TB9, A3, TB3
- 2 - TB19, TB3, A3

Chapitre 4

Description générale de la carte d'acquisition

4.1 Principe de l'acquisition des données

L'acquisition des données est basée sur l'utilisation d'un PIC. Le calculateur est un mini-ordinateur et le clavier sert à commander l'ordinateur pour exécuter le programme.

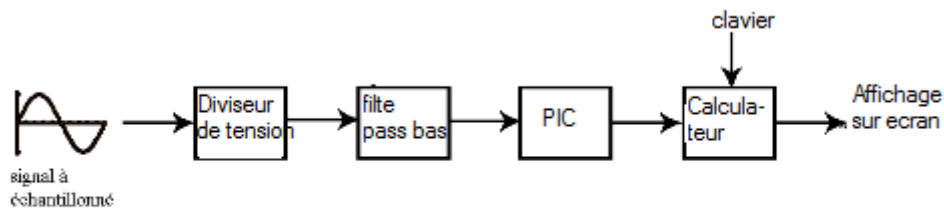


FIGURE 4.1: Schéma de principe de la chaîne d'acquisition

4.1.1 Avantages des techniques numériques

De nombreux critères favorisent la technique numérique :

- Précision des mesures apportées par la lecture digitale (disparition des erreurs de parallaxe)
- Précision liée au nombre de chiffres significatifs (il est possible d'utiliser un nombre de chiffre significatif important)
- L'enregistrement numérique apporte de multiples avantages (fiabilité des informations, perte de qualité inexistante)
- Possibilité de transmettre des données sur une grande distance

- Possibilité d'imprimer les résultats

4.1.2 Inconvénient des techniques numériques

Les informations doivent être converties sous forme numérique, le temps lié aux conversions et au traitement pourra être important.

4.2 Présentation des différentes parties et composants électroniques de la carte

4.2.1 Diviseur de tension

Le diviseur de tension est un montage électronique simple qui permet de diviser une tension d'entrée (0 V - 40 V) dans un rapport de 8 afin d'étendre la plage d'entrée du CAN de 0 V à 5 V

4.2.2 filtre anti-repliement

Lors de l'échantillonnage, on a un produit de convolution du signal brut par un peigne de Dirac. Posons f_m la fréquence maximale du signal brut et f_e la fréquence d'échantillonnage. Si $f_m > f_e/2$ on a un repliement du spectre.

On possède une solution pour éviter ce problème :

- Mettre avant CAN un filtre passe-bas analogique dont la fréquence de coupure inférieure à la moitié de la fréquence d'échantillonnage.

Les filtres anti-repléments sont donc des filtres passe-bas qui permettent de nettoyer le signal avant d'effectuer une conversion analogique-numérique (interdire toute présence, avant échantillonnage, de fréquences supérieures à $f_e/2$).

4.2.3 Microcontrôleur

4.2.3.1 Définition

Un microcontrôleur est un circuit intégré rassemblant dans un même boîtier un microprocesseur, plusieurs types de mémoires et des périphériques de communication (Entrées-Sorties).

Contrairement à un microprocesseur, un microcontrôleur intégré :

- De la mémoire ROM (principalement pour stocker le programme) .
- De la mémoire RAM (principalement pour stocker les variables).
- Des périphériques (principalement pour interagir avec le monde extérieur).
- Une horloge (en général externe).

Traditionnellement, ces composants sont intégrés dans des circuits distincts. Les microcontrôleurs améliorent l'intégration et le coût (lié à la conception et à la réalisation) d'un système à base de microprocesseur en rassemblant ces éléments dans un seul circuit intégré.

Un microcontrôleur est capable d'effectuer des tâches spécifiques grâce à ces périphériques. On peut mentionner entre autres :

- Les convertisseurs Analogique/Numerique ;
- Les générateurs de signaux à modulation de largeur d'impulsion (MLI, ou en Anglais, PWM pour Pulse Width Modulation) ;
- Les timers (compteurs de temps ou d'événements) ;
- Les comparateurs (comparent deux tensions électriques) ;
- Les contrôleurs de bus (UART, IIC, SSP) ;
- Les oscillateurs (servent de base de temps aux timers).

4.2.3.2 Le microcontrôleur

Est l'élément central du montage, les tâches suivantes lui sont confiées :

- Conversion des grandeurs analogiques en grandeurs numériques.
- Transmission de données au PC et réception des consignes émanant de ce dernier.

Le microcontrôleur utilisé un PIC16F876A manufacturé par MICROCHIP, c'est un composant usuel qui dispose de caractéristiques suffisantes pour notre application, nous pouvons citer les suivantes :

- 7 convertisseurs Analogique \ Numérique ;
- 8KWords de programme flash ;
- Emetteur récepteur universel synchrone et asynchrone (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) (USART/SCI) pour la communication RS232 ;
- Horloge programme de 5Mhz (en utilisant un oscillateur externe de 20Mhz).

(Les caractéristiques détaillées sont présentes sur le datasheet du composant).

Nous utilisons pour la programmation le compilateur MPASM et le logiciel PROTEUS ISIS 7 Professional pour la simulation.

Le PIC est connecté au reste de la plaque comme suit :

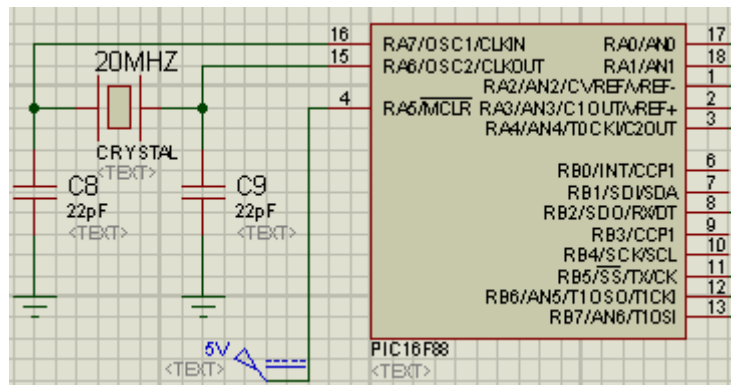


FIGURE 4.2: Raccordement du microcontrôleur au reste du montage

Sorties numériques :

RB2, RB5 sont reliés au circuit intégré MAX 233

Entrées analogiques :

RA0, RA1, RA2, RA3, RA4, RB6, RB7 sont des entrées analogiques pour les numériser
RA5 est prise comme référence de tension pour le convertisseur.

Oscillateur :

Est composé d'un Quartz 20Mhz et de deux capacités C8, C9 d'une valeur de 22pF

Communication :

La communication est assurée par le module USART dont dispose le PIC, ce dernier se charge de communiquer suivant le protocole RS232.

Programme :

Le programme en assembleur est annexé, ANNEXE A.

Convertisseur Analogique / Numérique :

Le schéma suivant présente le convertisseur analogique numérique dont dispose le microcontrôleur 16F88 :

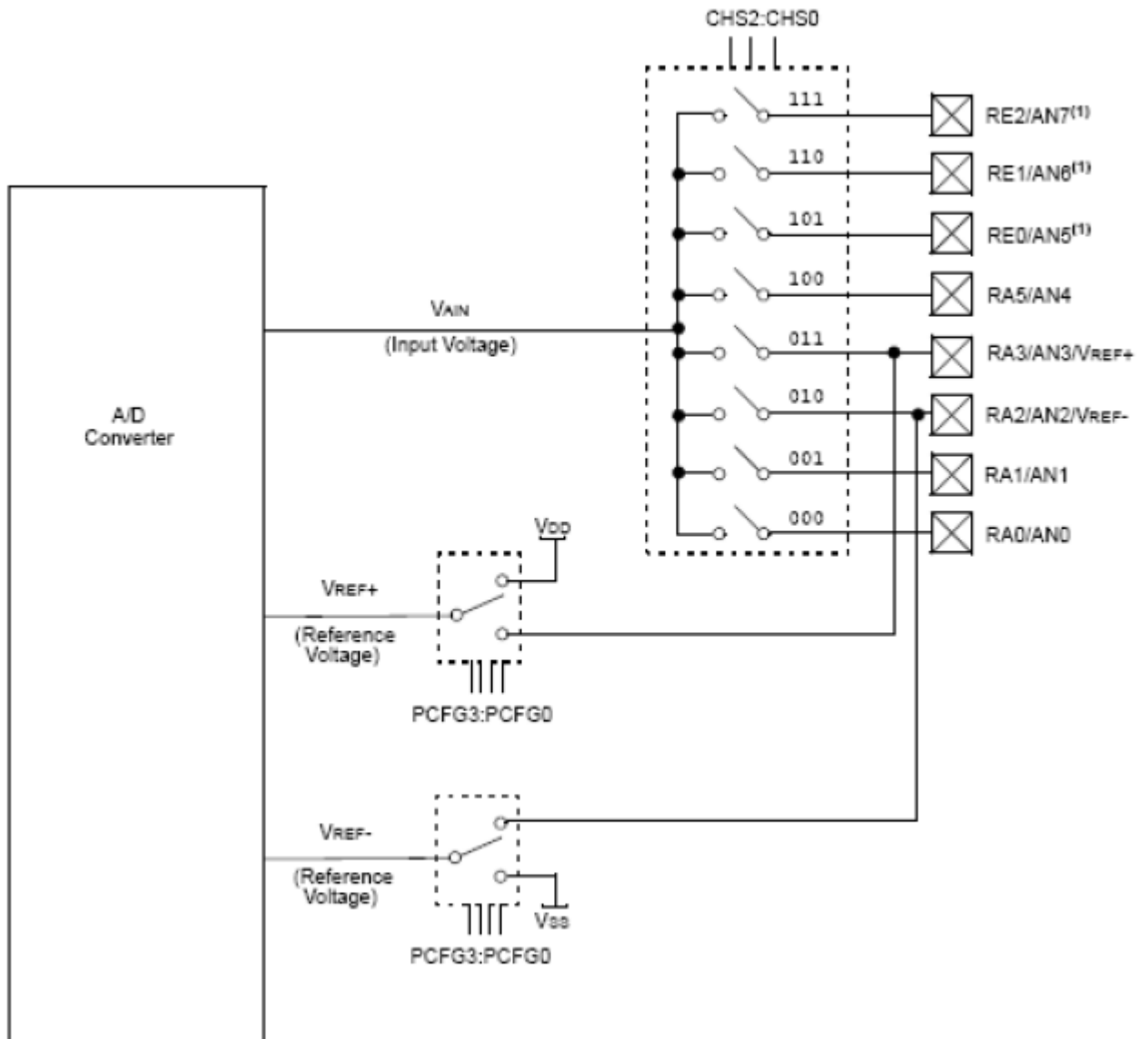


FIGURE 4.3: Schéma bloc du CAN intégré dans le PIC

Ce convertisseur offre plusieurs combinaisons de fonctionnement. Nous avons la possibilité de configurer les tensions de référence ainsi que les entrées qu'on choisit de définir comme entrées analogiques.

De cette manière nous pouvons améliorer la précision de la mesure en disposant de deux calibres. La résolution du convertisseur est configurable sur 8bits ou 10bits, nous le configurerons sur 10bits. Le fabricant permet aussi d'agir sur le délai de conversion.

4.2.4 EIA-232 DRIVER :

Cette partie permet l'interfaçage entre le microcontrôleur (système numérique : niveaux TTL) et le PC (liaison RS-232, niveaux de tension : +/- 12 V).

Elle devra adapter les niveaux de tensions correspondants aux 1 et 0 logiques sur la ligne RS-232 utilisée lors de la communication entre le PIC et le PC.

Niveaux logiques	Tensions RS233 et TTL	Tensions TTL
0	-15 V ___ -3 V	0 V ___ 2.5 V
1	+3 V ___ +15 V	3.5 V ___ 5 V

TABLE 4.1: Niveaux de tension RS-232 et TTL

Nous optons pour l'adaptation des niveaux de tensions entre le PIC (Cmos compatible TTL) et le PC (logique négative $\pm 15V$) pour un circuit intégré usuel MAX233 qui ne nécessite pas un grand nombre de composants additionnels.

4.3 Protocole de communication entre l'ordinateur et la carte

Seul l'ordinateur prend la parole (maître).

Le microcontrôleur PIC 16F88 se contente de répondre (esclave).

L'ordinateur envoie 1 octet (via la liaison RS232) toute les 140 ms.

Cet octet contient le numéro du canal à échantillonner :

- canal 0 -> 0x00
- canal 1 -> 0x01
- canal 2 -> 0x02
- canal 3 -> 0x03
- canal 4 -> 0x04
- canal 5 -> 0x05
- canal 6 -> 0x06

Le processus est cyclique : voie 0 puis voie 1 ... puis voie 6 puis voie 0 ...

Chaque voie est ainsi échantillonnée toutes les $7 \times 140 = 980$ ms (d'où une fréquence d'acquisition d'environ 1 Hz).

Une fois l'octet reçu, le PIC 16F88 sélectionne le canal indiqué, et lance une série de 256 conversions (une toutes les 390,6 us).

Cela prend : $256 \times 390,6 \text{ us} = 100 \text{ ms}$

Le microcontrôleur PIC effectue la moyenne des 256 résultats de conversion.

Sachant que la résolution du convertisseur ADC est 10 bits, la somme nécessite un nombre de 18 bits.

La moyenne correspond à la somme avec la virgule décalée de 8 bits vers la gauche.

Par exemple :

Somme brute (18 bits) : 10 10010010 01000101 = 168 517 (en décimal)

On décale la virgule de 8 positions :

10 10010010 , 01000101

Partie entière (10 bits) : 10 10010010 = 658 (en décimal)

01000101 = $1/4 + 1/64 + 1/256 = 0,26953125$

En définitive :

$168\ 517 / 256 = 658,26953125$

Notez que la résolution est améliorée : on passe de 10 bits à 18 bits.

On pratique, on restera prudent, et on considérera que la résolution est d'au moins 12 bits (soit une résolution de l'ordre de $5\text{ V} / 4096 \approx 1\text{ mV}$).

La moyenne est envoyée telle quelle vers l'ordinateur sous la forme de 3 octets :

- 1er octet : (000000 D9 D8)

- 2ème octet : (D7 ... D0)

- 3ème octet : (D-1 ... D-8)

L'ordinateur envoie vers le PIC un octet :

0x02 \Leftrightarrow voie 2

100 ms plus tard, le PIC renvoie 3 octets : (exemple)

02 00 03 00 \Leftrightarrow 00 03 00 \Leftrightarrow 768 (en décimal)

$768 / 256 = 3 \Leftrightarrow (3 / 1023) \times 5\text{ volts} \times 8 = 0,1173\text{ v}$

deuxieme exemple

04 \Leftrightarrow voie 4

04 00 3B 00 \Leftrightarrow 00 3B 00 \Leftrightarrow 15104 (en décimal)

$15104 / 256 = 59 \Leftrightarrow (59 / 1023) \times 5\text{ volts} \times 8 = 2,3069\text{ v}$

On observe une erreur de 13 mV pour le premier et une erreur de 7 mV pour le deuxième

pour que soit la tension lue égale à la tension d'entrée (tension mesurée avec multimetre de grande précision), il faut étalonner CAN Pour le premier exemple :

Tension vrai = 0,1300 v Tensue lue (avec Vref+ = 5,000 , Vref- = 0,000) = 0,1173 v

Pour le deuxieme exemple :

Tension vrai = 2,3000 v Tensiou lue = 2,3069 v

d'après la relation la tension et le résultat de conversion

$V_{REF-} = (2,3000 - 0,1300) / (2,3069 - 0,1173) * (-0,1173) + 0,1300$

$V_{REF-} = 0,0137\text{ V}$

$V_{REF+} = (2,3000 - 0,1300) / (2,3069 - 0,1173) * (5 - 0,1173) + 0,1300$

$V_{REF+} = 4,9690\text{ V}$

4.4 Développement de l'interface de visualisation

La visualisation sur le PC nécessite la mise en oeuvre d'une interface graphique prenant en charge la communication avec la carte.

L'environnement « C++ Borland Builder 5.0 » nous a permis d'élaborer cette interface, ce logiciel permet le développement rapide d'applications sous Windows.

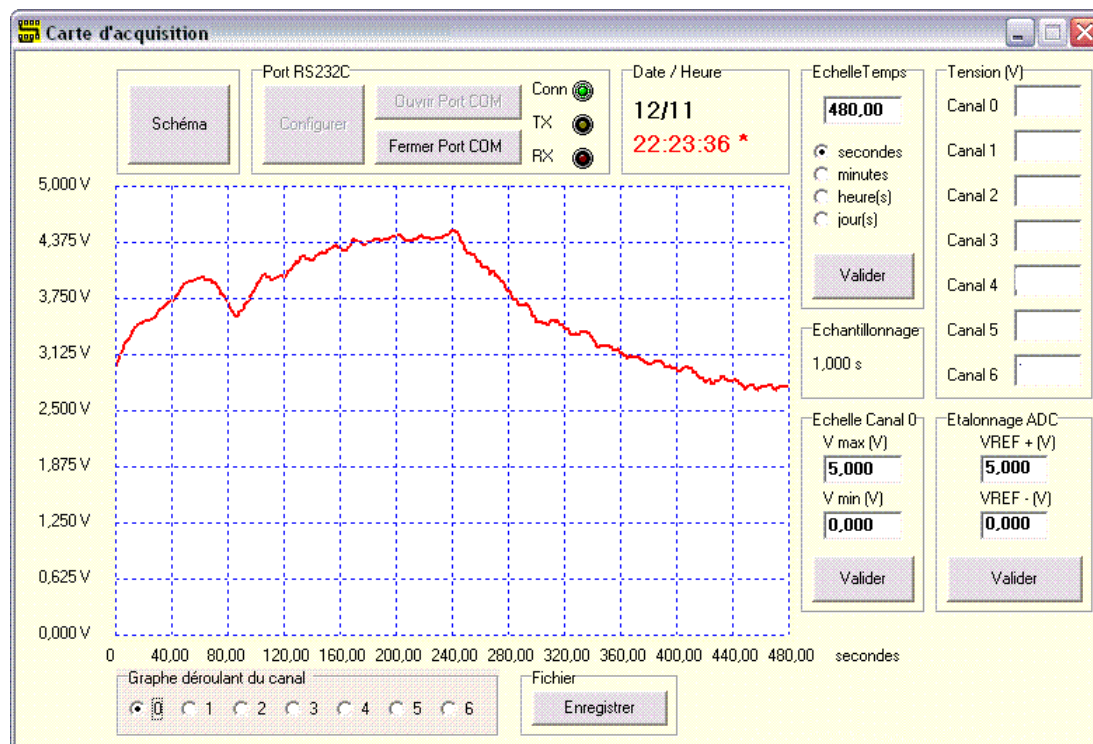


FIGURE 4.4: L'interface

L'interface est simple d'utilisation, nous commençons par relier l'interface à un port COM du PC, puis nous mettons la carte sous tension.

Procédure d'utilisation

- > Brancher le câble "null-modem" entre l'ordinateur et la carte (hors tension)
- > Mettre la carte sous tension
- > Ouvrir l'application
- > Configurer les paramètres de la liaison RS232C :
 - 9600 bauds/s
 - 8 bits de données
 - Pas de bit de parité
 - 1 bit de STOP
 - Pas de contrôle de flux
- > Ouvrir le port

La tension actuelle de chaque voie doit s'afficher (avec une mise à jour toutes les 980 ms).

Conclusion

Voler fait partie des vieux rêves les plus fous de l'homme, plusieurs pionniers se sont succédés au fil du temps pour aboutir à l'aéronef de notre ère. La manoeuvre de cette machine gigantesque est rendue de plus en plus facile grâce à l'évolution de la technologie et surtout à la réunion des techniques mécaniques, électriques et électroniques.

La maintenance de ces appareils et équipements se sont beaucoup améliorer avec le temps également. En effet, on est passé des instruments de mesure analogiques aux instruments numériques. Dans ce travail, on a pu assister à l'utilisation des ordinateurs comme oscilloscope virtuel pour faciliter l'enregistrement des résultats, minimiser les erreurs de lecture. La mise en oeuvre de cet oscilloscope nécessite néanmoins la connaissance préalable des valeurs des tensions à afficher et par conséquent, la connaissance du fonctionnement du système.

Néanmoins, nous pouvons envisager des améliorations en ce qui concerne :

- L'affichage : doter notre carte d'un écran (ou afficheur) la rendrait indépendante du PC.
- Interface : l'interface pourrait être doté de fonctionnalités supplémentaires, entre autre d'un algorithme de filtrage des mesures, et de la possibilité d'exportation des données aux formats Matlab ou Excel.

On peut dire que le fait de traiter ce sujet de mémoire nous a permis de connaître un tout petit peu sur le monde de l'aéronautique, surtout sur l'application de certains cours proposés à l'école, à savoir l'électronique, les asservissements et bien d'autres dans le domaine de l'aviation.

Face à la mondialisation, la collaboration entre la Compagnie Air Algérie et les universités, comme l'École Nationale Polytechnique, sera une des solutions pour que la compagnie sera plus compétitive. On ne peut qu'espérer que cette collaboration continuera pour aboutir à de meilleurs résultats surtout en terme d'échanges de savoir et de compétences.

Bibliographie

- [1] Generator Control Unit Component Maintenance Manuel 102-003-11.
- [2] Système électrique d'ATR 72 -500 "http://www.smartcockpit.com/aircraft-ressources/ATR_72-ELECTRICAL.html".
- [3] PIC 16F87/88 Data Sheet "<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30487c.p>".
- [4] Aircraft Maintenance Manuel.
- [5] ATR 72 Trainig Center, "Electrical Training Manuel".

Annexe A

Programme du PIC

```
; Ecole Nationale Polytechnique
; Département d'Electronique
; Projet de Fin d'Etudes
; Etudiant : HAMOUR Ahmed Salim
```

```
Errorlevel-302 ; Supprime le message "Ensure that bank bits are correct"
```

```
List p=16F88 ; processeur utilisé
#include <p16F88.inc>
```

```
;Program Configuration Register 1
_CONFIG _CONFIG1, _CP_OFF & _CCP1_RB0 & _DEBUG_OFF & _WRT_PROTECT_OFF & _CPD_OFF &
_LVP_OFF & _BODEN_ON & _MCLR_ON & _PWRTE_ON & _WDT_OFF & _HS_OSC
;bits de configuration :
; Code protection OFF
; CCP1 function on RB0
; In-Circuit Debugger OFF
; FLASH Program Memory Write protection OFF
; Data EE Memory Code Protection OFF
; Low Voltage Programming OFF
; Brown-out Reset ON
; RA5/MCLR pin function is MCLR
; Power-up Timer ON
; Watchdog Timer OFF
; HS oscillator (quartz 20 MHz)
```

```
;Program Configuration Register 2
_CONFIG _CONFIG2, _IESO_OFF & _FCMEN_OFF
;bits de configuration :
;Internal External Switch Over mode OFF
;Fail-Safe Clock Monitor OFF
```

```
;xxxxxxx
; macro
;xxxxxxx
```

```
bank1 macro ; passage en banque 1
bsf STATUS,RP0
bcf STATUS,RP1
endm
```

```
bank0 macro ; passage en banque 0
bcf STATUS,RP0
bcf STATUS,RP1
endm
```

```
;xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
; Déclaration des variables
;xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
```

```
CBLOCK 0x070 ; début de la zone des registres d'usage général du 16F88
; (banque quelconque : 0,1,2 ou 3)
; 0x070 - 0x07F : 16 variables
```

```
STATUS_TEMP : 1 ; sauvegarde du registre STATUS (routine d'interruption)
W_TEMP : 1 ; sauvegarde du registre W (routine d'interruption)
octet_rx : 1 ; octet reçu (broche RX de l'UART)
```



```

bank1
btffs PIE1, TMR1IE
goto int4
bank0
btffsc PIR1, TMR1IF
goto timer1
int4
goto restauration

;xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
; traitement de l'interruption de réception de l'USART
; xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

reception

bank0
movf RCREG , W ; N.B. le flag RCIF est remis à 0 par une lecture du registre RCREG
movwf octet_rx ; les 8 bits de données sont transférés dans (octet_rx)

; on teste s'il s'agit du canal 0
movlw .0 ; W = .0
subwf octet_rx , W ; W = (octet_rx) - .0
btffs STATUS, Z ; test du bit Z
goto canal1 ; Z = 0 c'est-à-dire (octet_rx) != .0
; (octet_rx) = .0 (canal 0)
; Sélection du canal 0
bcf ADCON0 , CHS2 ; CHS2 = 0
bcf ADCON0 , CHS1 ; CHS1 = 0
bcf ADCON0 , CHS0 ; CHS0 = 0
goto activation_timer1

canal1
; on teste s'il s'agit du canal 1
movlw .1 ; W = .1
subwf octet_rx , W ; W = (octet_rx) - .1
btffs STATUS, Z ; test du bit Z
goto canal2 ; Z = 0 c'est-à-dire (octet_rx) != .1
; (octet_rx) = .1 (canal 1)
; Sélection du canal 1
bcf ADCON0 , CHS2 ; CHS2 = 0
bcf ADCON0 , CHS1 ; CHS1 = 0
bsf ADCON0 , CHS0 ; CHS0 = 1
goto activation_timer1

canal2
movlw .2 ; W = .2
subwf octet_rx , W ; W = (octet_rx) - .2
btffs STATUS, Z ; test du bit Z
goto canal3 ; Z = 0 c'est-à-dire (octet_rx) != .2
; (octet_rx) = .2 (canal 2)
; Sélection du canal 2
bcf ADCON0 , CHS2 ; CHS2 = 0
bsf ADCON0 , CHS1 ; CHS1 = 1
bcf ADCON0 , CHS0 ; CHS0 = 0
goto activation_timer1

canal3
movlw .3 ; W = .3
subwf octet_rx , W ; W = (octet_rx) - .3

```

```

btfss STATUS, Z ; test du bit Z
goto canal4 ; Z = 0 c'est-à-dire (octet_rx) != .3
; (octet_rx) = .3 (canal 3)
; Sélection du canal 3
bcf ADCON0 , CHS2 ; CHS2 = 0
bsf ADCON0 , CHS1 ; CHS1 = 1
bsf ADCON0 , CHS0 ; CHS0 = 1
goto activation_timer1

```

canal4

```

movlw .4 ; W = .4
subwf octet_rx , W ; W = (octet_rx) - .4
btfss STATUS, Z ; test du bit Z
goto canal5 ; Z = 0 c'est-à-dire (octet_rx) != .4
; (octet_rx) = .4 (canal 4)
; Sélection du canal 4
bsf ADCON0 , CHS2 ; CHS2 = 1
bcf ADCON0 , CHS1 ; CHS1 = 0
bcf ADCON0 , CHS0 ; CHS0 = 0
goto activation_timer1

```

canal5

```

movlw .5 ; W = .5
subwf octet_rx , W ; W = (octet_rx) - .5
btfss STATUS, Z ; test du bit Z
goto canal6 ; Z = 0 c'est-à-dire (octet_rx) != .5
; (octet_rx) = .5 (canal 5)
; Sélection du canal 5
bsf ADCON0 , CHS2 ; CHS2 = 1
bcf ADCON0 , CHS1 ; CHS1 = 0
bsf ADCON0 , CHS0 ; CHS0 = 1
goto activation_timer1

```

canal6

```

movlw .6 ; W = .6
subwf octet_rx , W ; W = (octet_rx) - .6
btfss STATUS, Z ; test du bit Z
goto canal_erreur ; Z = 0 c'est-à-dire (octet_rx) != .6
; (octet_rx) = .6 (canal 6)
; Sélection du canal 6
bsf ADCON0 , CHS2 ; CHS2 = 1
bsf ADCON0 , CHS1 ; CHS1 = 1
bcf ADCON0 , CHS0 ; CHS0 = 0
goto activation_timer1

```

canal_erreur

```

; (octet_rx) a une valeur non valide
; (liste des valeurs valides : 0, 1, 2, 3, 4, 5 et 6)
goto overrun

```

```

;xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
; Activation du TIMER1 (16 bits)
; xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

```

activation_timer1

```

bcf PIR1 , TMR1IF ; on efface le drapeau de l'interruption
clrf nb_mesures
clrf octet1_tx

```



```

goto restauration

;XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
; Traitement de l'interruption de fin de conversion
;XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

adc
; Attente avant une nouvelle acquisition (2 TAD = 3,2 µs)
; 3,2 µs = 16 cycles (avec un quartz 20 MHz)
movlw .240 ; 256 - 16
movwf TMR0 ; (TMR0) = .240
bcf INTCON , TMR0IF ; on efface le drapeau du timer0
attente1
btfss INTCON , TMR0IF
goto attente1

; lecture et sauvegarde du résultat de la conversion
movf ADRESH , W ; W = (ADRESH)
movwf adresh_bak ; (adresh_bak) = (ADRESH)
bank1
movf ADRESL , W ; W = (ADRESL)
movwf adresl_bak ; (adresl_bak) = (ADRESL)

bank0
; somme =
; (octet1_tx) (octet2_tx) (octet3_tx) = nombre de 18 bits
; (000000 b17 b16 ... b0)
; resultat de conversion =
; (adresh_bak) (adresl_bak) = nombre de 10 bits
; (000000 d9 ... d0)
; somme = somme + resultat de conversion

movf adresl_bak , W ; W = (adresl_bak)
addwf octet3_tx , f ; (octet3_tx) = (octet3_tx) + adresl_bak
btfsc STATUS, C ; test du bit C (Carry)
goto som0
goto som1
som0
incf octet2_tx , f ; (octet2_tx) = (octet2_tx) + 0x01
btfsc STATUS, Z ; test du bit Z (Zero)
incf octet1_tx , f ; (octet1_tx) = (octet1_tx) + 0x01
som1
movf adresh_bak , W ; W = (adresh_bak)
addwf octet2_tx , f ; (octet2_tx) = (octet2_tx) + adresh_bak
btfsc STATUS, C ; test du bit C (Carry)
incf octet1_tx , f ; (octet1_tx) = (octet1_tx) + 0x01

bcf PIR1 , ADIF ; on efface le drapeau de l'interruption du module ADC

; on teste si le compteur = 0x00 (= 256 ème mesure)
movf nb_mesures , f ; (nb_mesures) = (nb_mesures)
btfss STATUS , Z ; test du bit Z
goto restauration ; Z = 0 c'est-à-dire (nb_mesures) != 0x00
; 256 ème mesure
bank1
bsf PIE1 , TXIE ; autorisation de l'interruption d'émission de l'USART
bcf PIE1 , TMR1IE ; interdiction de l'interruption du TIMER1 (16 bits)
bank0
goto restauration

```



```
; Initialisation
;xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
```

```
initialisation
```

```
bank0
```

```
clrf PORTA      ; mise à 0 des sorties du port A
clrf PORTB      ; mise à 0 des sorties du port B
```

```
bank1
```

```
movlw B'11011000'
movwf OPTION_REG
; bit 7 (/RBP) = 1 : valeur par défaut (option non utilisée)
; bit 6 (INTEDG) = 1 : valeur par défaut (option non utilisée)
; bit 5 (TOCS) = 0 : l'horloge interne est l'horloge du timer0
; bit 4 (T0SE) = 1 : valeur par défaut (option non utilisée)
; bit 3 (PSA) = 1
; bit 2 (PS2) = 0
; bit 1 (PS1) = 0
; bit 0 (PS0) = 0
; Prescaler du Timer0 = 1:1
; Watchdog sans prescaler (1:1)
; le timer0 déborde toutes les 256*0,2 µs = 51,2 µs
```

```
movlw B'11111111'
movwf TRISA
; bit 0 du port A (RA0) = 1 : configuration en entrée (canal 0 du module ADC)
; bit 1 du port A (RA1) = 1 : configuration en entrée (canal 1 du module ADC)
; bit 2 du port A (RA2) = 1 : configuration en entrée (canal 2 du module ADC)
; bit 3 du port A (RA3) = 1 : configuration en entrée (canal 3 du module ADC)
; bit 4 du port A (RA4) = 1 : configuration en entrée (canal 4 du module ADC)
; bit 5 du port A (RA5) = X : configuration en entrée, par exemple
; bit 6 du port A (RA6) = X : configuration en entrée, par exemple
; bit 7 du port A (RA7) = X : configuration en entrée, par exemple
```

```
movlw B'11111111'
movwf TRISB
; bit 0 du port B (RB0) = X : configuration en entrée, par exemple
; bit 1 du port B (RB1) = X : configuration en entrée, par exemple
; bit 2 du port B (RB2) = 1 : configuration en entrée (RX : USART)
; bit 3 du port B (RB3) = X : configuration en entrée, par exemple
; bit 4 du port B (RB4) = X : configuration en entrée, par exemple
; bit 5 du port B (RB5) = 1 : configuration en entrée (TX : USART)
; bit 6 du port B (RB6) = 1 : configuration en entrée (canal 5 du module ADC)
; bit 7 du port B (RB7) = 1 : configuration en entrée (canal 6 du module ADC)
```

```
movlw B'01111111'
movwf ANSEL
; bit 7 du registre ANSEL = 0 : non implémenté
; bit 6 du registre ANSEL = 1 : configuration de la broche RB7/AN6 comme entrée
analogique (canal 6)
; bit 5 du registre ANSEL = 1 : configuration de la broche RB6/AN5 comme entrée
analogique (canal 5)
; bit 4 du registre ANSEL = 1 : configuration de la broche RA4/AN4 comme entrée
analogique (canal 4)
; bit 3 du registre ANSEL = 1 : configuration de la broche RA3/AN3/VREF+ comme entrée
analogique (canal 3)
```

```

; bit 2 du registre ANSEL = 1 : configuration de la broche RA2/AN2/VREF- comme entrée
analogique (canal 2)
; bit 1 du registre ANSEL = 1 : configuration de la broche RA1/AN1 comme entrée
analogique (canal 1)
; bit 0 du registre ANSEL = 1 : configuration de la broche RA0/AN0 comme entrée
analogique (canal 0)

; Configuration du module ADC

; tension de référence haute : VDD (5 V)
; tension de référence basse : VSS (0 V)
bcf ADCON1 , VCFG0 ; VCFG0 = 0
bcf ADCON1 , VCFG1 ; VCFG1 = 0
; Choix du format du résultat de la conversion
bsf ADCON1 , ADFM
    ; ADRESH = (0 0 0 0 0 0 b9 b8)
    ; ADRESL = (b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0)
; Choix de la fréquence d'horloge du convertisseur ADC
    ; T AD = 1,6 µs
bcf ADCON1 , ADCS2 ; ADCS2 = 0
bank0
bsf ADCON0 , ADCS1 ; ADCS1 = 1
bcf ADCON0 , ADCS0 ; ADCS0 = 0
bank1

; configuration de la liaison RS232
movlw D'129'
movwf SPBRG ; (SPBRG) = D'129'

movlw B'00100100'
movwf TXSTA
; bit 7 (CSRC) = 0 (non utilisé : 0 par exemple)
; bit 6 (TX9) = 0 : 8 bits de transmission
; bit 5 (TXEN) = 1 : autorise la réception
; bit 4 (SYNC) = 0 : mode asynchrone
; bit 3 = 0 (non implémenté)
; bit 2 (BRGH) = 1 : mode asynchrone haute vitesse
; bit 1 (TRMT) = 0 (en lecture seule)
; bit 0 (TX9D) = 0 (non utilisé : 0 par exemple)

bank0
movlw B'10010000'
movwf RCSTA
; bit 7 (SPEN) = 1 : utilisation du port série
; bit 6 (RX9) = 0 : 8 bits de réception
; bit 5 (SREN) = 0 (non utilisé : 0 par exemple)
; bit 4 (CREN) = 1 : autorise la réception
; bit 3 (ADDEN) = 0 (non utilisé : 0 par exemple)
; bit 2 (FERR) = 0 (en lecture seule)
; bit 1 (OERR) = 0 (en lecture seule)
; bit 0 (RX9D) = 0 (non utilisé : 0 par exemple)

clrf PORTA ; mise à 0 des sorties du port A
clrf PORTB ; mise à 0 des sorties du port B
clrf nb_octet_transmis
clrf nb_mesures

bcf PIR1 , ADIF ; on efface le drapeau de l'interruption du module ADC

```

```
bank1
bsf PIE1 , RCIE ; autorisation de l'interruption de réception de l'USART
bcf PIE1 , TXIE ; interdiction de l'interruption d'émission de l'USART
bsf PIE1 , ADIE ; autorisation de l'interruption du module ADC
bsf INTCON , PEIE ; autorisation des interruptions des périphériques
bsf INTCON , GIE ; autorisation globale des interruptions
```

```
bank0
; Mise en service du convertisseur ADC
bsf ADCON0 , ADON ; ADON = 1
```

```
;xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
; Configuration du TIMER1 (16 bits) en mode timer
; Utilisation de l'interruption
; Débordement (0xFFFF -> 0x0000)
; xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
```

```
bcf T1CON , T1CKPS1
bcf T1CON , T1CKPS0 ; prescaler 1:1
bcf T1CON , TMR1CS ; Timer1 Clock Source = Internal clock (FOSC/4)
bsf T1CON , TMR1ON ; Enables TIMER1
```

```
goto debut_programme
```

```
;xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
; Programme principal
;xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
```

```
debut_programme
```

```
goto debut_programme ; on attend une interruption
```

```
END
```