

# AGREGATION INTERNE DE GENIE ELECTRIQUE

## Option A

### ELECTRONIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Etude d'un système industriel (durée 8 heures)

## **PILOTAGE D'UN FOUR ELECTRIQUE A ARC**

### RECOMMANDATIONS AUX CANDIDATS

Les candidats sont invités à numéroter chaque page de leur copie et à indiquer clairement le numéro de la question traitée.

Les candidats sont priés de rédiger les différentes parties du problème sur des feuilles séparées et clairement repérées. Il leur est rappelé qu'ils doivent utiliser les notations propres au sujet, présenter clairement les calculs et dégager où encadrer tous les résultats.

Tout résultat incorrectement exprimé ne sera pas pris en compte. En outre, les correcteurs leur sauront gré d'écrire lisiblement et de soigner la qualité de leur copie.

### ORGANISATION DU SUJET :

Il comporte 4 parties indépendantes :

- 📁 **La partie A** qui se propose de mettre en évidence les problèmes liés à l'acquisition des informations permettant le pilotage du four étudié (**pages 2 à 10**).
- 📁 **La partie B** qui présente le traitement numérique des signaux obtenus dans la partie A. Sont également abordés les problèmes de transmissions des informations du système avec son environnement (**pages 11 à 14**).
- 📁 **La partie C**, quant à elle, présente le pilotage proprement dit du four qui consiste à commander le déplacement des électrodes produisant les arcs électriques (**pages 15 à 18**).
- 📁 **La partie D** propose au candidat de faire une exploitation pédagogique du système étudié en présentant une séquence de cours et une séquence de travaux pratiques (**page 19**).

### PRESENTATION DES APPLICATIONS NUMERIQUES :

Lors du passage d'une forme littérale à son application numérique il est demandé aux candidats de procéder comme suit :

Après avoir rappelé la relation littérale, chaque grandeur est remplacée par sa valeur numérique en respectant la position qu'elle avait dans la relation puis le résultat numérique est donné sans calculs intermédiaires et sans omettre son unité.

## PARTIE A : ACQUISITION DES INFORMATIONS

On se propose, dans cette partie d'étudier l'acquisition des informations relatives au pilotage du four. Pour cela nous allons étudier :

- **A.1** : Le capteur d'intensité
- **A.2** : L'Isolation Galvanique d'entrée I et détection de l'intensité dans une des électrodes du four
- **A.3** : La détection de l'information de fin de fusion (moussage)
- **A.4** : L'acquisition des informations I, U et HT

### A.1 ETUDE DU CAPTEUR D'INTENSITE :

On propose dans cette partie d'étudier le capteur qui délivre une tension proportionnelle à la dérivée du courant  $i$  d'une des électrodes du four : c'est la bobine de Rogowski.

A.1.1 Soit un fil conducteur parcouru par un courant d'intensité  $i$  variable dans le temps (figure 1).

En utilisant le théorème d'Ampère, déterminer le module du vecteur champ magnétique  $\vec{B}$  existant à la distance  $r$  du conducteur placé dans l'air.

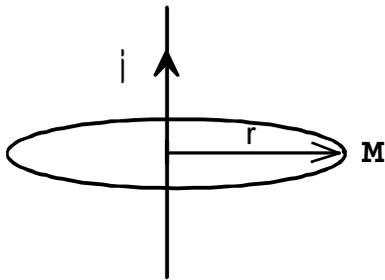


figure 1

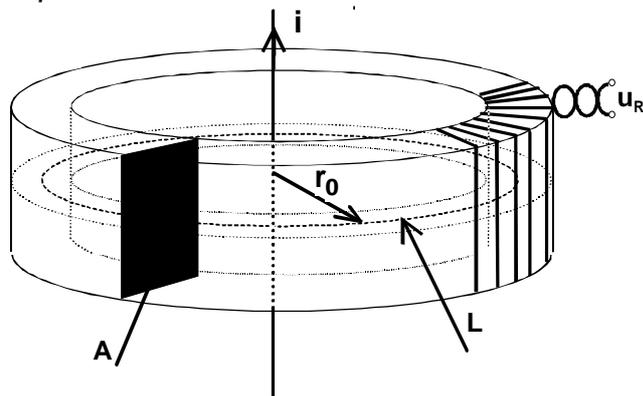


figure 2

A.1.2 La bobine de Rogowski est un tore de section rectangulaire  $A$ , de longueur moyenne  $L$ , possédant  $N$  spires bobinées autour d'un noyau en matière synthétique, non magnétique (figure 2).

Exprimer l'expression de  $B$  au centre d'une spire en fonction de  $\mu_0$ ,  $i$  et  $L$ .

On supposera que cette valeur est la même en tout point de la spire.

A.1.3 Donner l'expression du flux  $\varphi$  du vecteur champ magnétique  $\vec{B}$  ( que l'on supposera homogène ) à travers une spire de la bobine.

En déduire le flux total  $\Phi$  à travers toute la bobine.

A.1.4 Déterminer l'expression du coefficient  $k$  de proportionnalité entre  $u_R$  et  $\left| \frac{di}{dt} \right|$  où  $u_R$  désigne la tension induite que l'on peut mesurer aux bornes de la bobine en fonction de  $L$ ,  $N$ ,  $A$  et de la dérivée de  $i$ .

A.1.5 On se propose de déterminer l'amplitude du signal disponible en sortie du capteur. Application numérique :

$$A = 2,0 \text{ cm}^2, L = 40 \text{ cm}, N = 120 \text{ spires}, \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$$

Calculer le coefficient  $k$ .

Déterminer l'amplitude du fondamental du signal quand le courant efficace d'électrode est de 50000 A.

## A.2 ISOLATION GALVANIQUE D'ENTREE I :

Dans cette partie, on se propose d'étudier la fonction FS23 (carte IGE I), qui comporte trois modules identiques. Cette fonction réalise une isolation galvanique, protégeant ainsi l'ensemble des circuits de traitement contre des surtensions liées, soit à une coupure accidentelle du circuit de mesure, soit à un court-circuit entre les barres et la cuve du four.

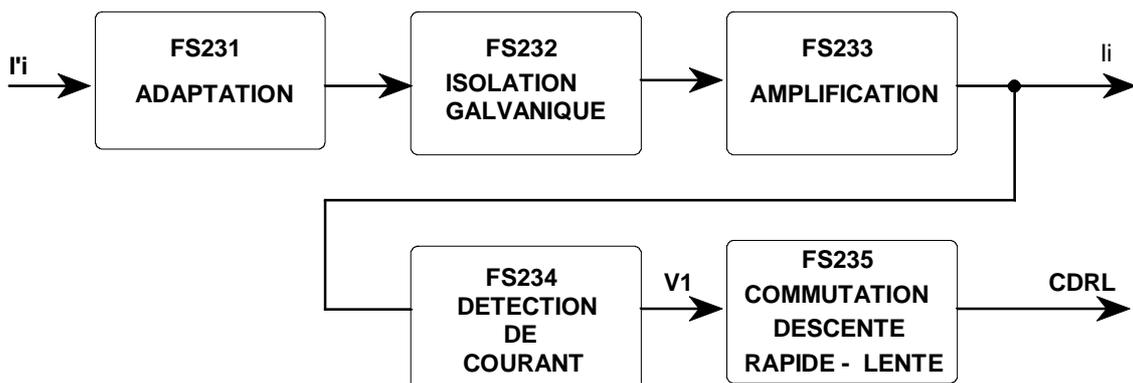
Dans ces conditions, l'information de sortie  $i_i$  est limitée en amplitude.

Cette fonction reçoit des informations tension  $i_i$  images des intensités des courants traversant les barres (électrodes). Elle fournit des tensions de sortie référencées par rapport à la masse. Elle fournit également une information logique (CDRL) à la fonction FS26 (IGS.U), qui permet une descente rapide ou lente des barres dès la détection d'un courant d'arc entre les barres et le contenu du four.

Sont fournis :

- Le schéma structurel de la carte IGE I1 (1 page) comportant les structures étudiées.
- Le schéma structurel de la carte INTERFACAGE IGE I, U et HT (1 page) comportant les structures étudiées.
- Les notices partielles des composants OP20G, AD202, OP77 et LM311.

Ci-dessous : Le schéma fonctionnel de la fonction secondaire FS23.



A.2.1 On se propose de valider la solution retenue pour la protection de l'ensemble du système contre les surtensions et l'amplification du signal d'entrée.

A partir des documents constructeurs et du schéma structurel partiel de la fonction FS23 :

*En utilisant un amplificateur OP20G et les spécificités du circuit Z2 (AD202), on demande de proposer un schéma structurel pour la fonction FS231 (adaptation d'impédance, amplification de 1 dans notre cas).*

Déterminer la valeur de réglage de l'élément ajustable P6 si l'on désire obtenir, pour une tension  $I1'$  d'entrée d'amplitude 4V, une tension de sortie I1 d'amplitude 10V.  
Donner l'ordre de grandeur de l'isolation galvanique ainsi réalisée ?  
Justifier l'utilisation de l'amplificateur OP20G pour la fonction FS231?

A.2.2 Montrer que la structure matérialisant la fonction FS234 permet de détecter l'amplitude du signal  $I_i$ . Vous justifierez votre réponse à l'aide de calculs.

A.2.3 Justifier le choix des composants réalisant la structure de la fonction FS235.

A.2.4 Tracer les oscillogrammes sur le document réponse N°1. Le potentiel du curseur de P5 étant ajusté à 2V (on négligera le seuil des diodes).

A.2.5 Pour la chaîne de mesure complète, on demande d'indiquer quelle est la plage de réglage de l'amplitude de la tension de sortie I1 de la carte IGI1 quand le capteur de Rogowski fournit une tension  $I11$  de 1,2 V efficace sur la carte interfaçage IGE I, U et HT.

Conclusion ?

### A.3 DETECTION DE L'INFORMATION DE FIN DE FUSION (MOUSSAGE) :

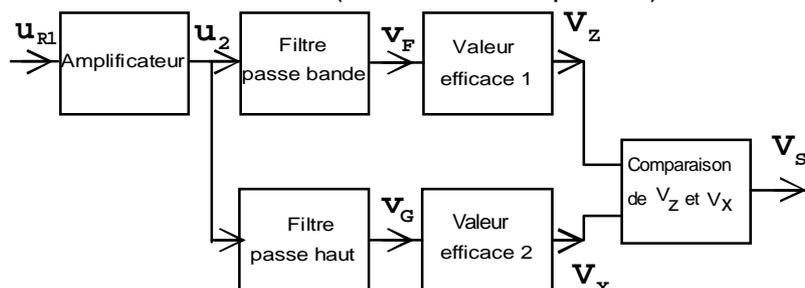
L'achèvement de la fusion est mis en évidence en analysant les harmoniques du courant d'arc. Plus l'arc devient stable, ce qui est le cas en fin de fusion, plus les formes d'ondes du courant se rapprochent de la sinusoïde parfaite.

Les électrodes du four sont alimentées par un transformateur fournissant des tensions triphasées de fréquence 50Hz . Le courant dans les électrodes comporte en général de nombreux harmoniques. Mais en fin de fusion, en raison de la stabilité de l'arc électrique, le courant devient presque sinusoïdal. Par l'intermédiaire d'un capteur (tore de Rogowski), on élabore une tension qui est l'image de la dérivée du courant dans une électrode.

Après mise en forme par FS21 et FS23, cette tension  $u_{R1}$ , sera analysée par la carte « moussage » dont la fonction est de mettre en évidence la fusion complète des produits placés dans le four. Le dispositif fonctionne de la manière suivante :

- il compare la valeur efficace de certains harmoniques à celle du fondamental de  $u_{R1}$  (image de  $I1$ ),
- le fondamental est récupéré à l'aide d'un filtre,
- Les harmoniques sont récupérés à l'aide d'un filtre passe haut.

La figure ci-dessous donne le schéma fonctionnel de la carte moussage dont les schémas structurels sont donnés en annexe (schémas en 3 parties) :



**Sont fournis :**

- Le schéma structurel de la carte moussage (3 pages) comportant les structures étudiées.
- Les notices partielles des composants CD4060, LTC1061, AD536A et AD538.

**A.3.1 Étude de l'amplificateur**

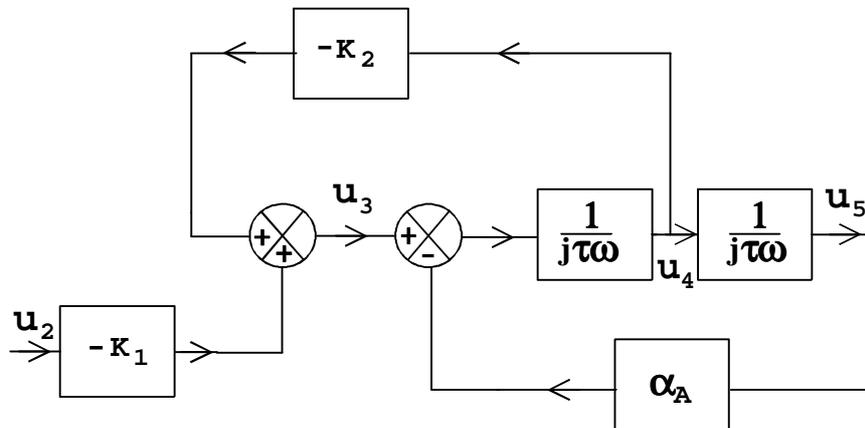
On demande de préciser le rôle de C6 puis, en tenant compte des contraintes associées à cette structure on demande d'établir le choix du potentiomètre P9, sachant que l'on désire obtenir au point U2 une tension de 0,8V efficace lorsque la tension  $u_{R1}$  appliquée à la carte moussage a une amplitude de 10V.

**A.3.2 Étude du filtre passe bande**

C'est un filtre à capacités commutées constitué par trois cellules en cascade : les filtres A , B et C. Seul le filtre A sera étudié .

L'entrée d'horloge des trois filtres est commune.

Étude du filtre A : Le filtre A peut être modélisé comme suit :



Pour le filtre A :  $K_1$  et  $K_2$  sont des réels positifs.

A.3.2.1 Quelle est la fonction réalisée par la structure de fonction de transfert  $\frac{1}{j\tau\omega}$  ?

A.3.2.2 On demande d'établir :  $\underline{A}_A = \frac{U_4}{U_2}$  et de le mettre sous la forme :

$$A_A = \frac{C_1}{1 + \frac{j}{K_2} \left( \tau\omega - \frac{\alpha_A}{\tau\omega} \right)}$$

A.3.2.3 Déterminer l'expression de  $C_1$  en fonction de  $K_1$  et  $K_2$ .

A.3.2.4 Déterminer l'expression de  $\omega_{0A}$  pour laquelle  $A_A$  est maximale.

A.3.2.5 Déterminer l'expression de  $A_{0A} = A_A(\omega_{0A})$ .

A.3.2.6 Déterminer le module et l'argument de  $A_A$  pour  $\omega \rightarrow 0$  et pour  $\omega \rightarrow \infty$ . En déduire la nature du filtre.

A.3.2.7 La valeur de  $\tau$  dépend de la fréquence de l'horloge qui pilote le filtre est donné

$$\text{par : } \tau = \frac{50}{2\pi f_H}$$

Déterminer l'expression de la fréquence  $f_{0A}$  sélectionnée par ce filtre en fonction de  $f_H$ .

A.3.2.8 En vous aidant du schéma structurel, déterminez :  $f_H$ ,  $\alpha_A$ ,  $K_1$  et  $K_2$

A.3.2.9 Déterminez le gain du filtre et calculez  $f_{0A}$ . Précisez si cela correspond bien au cahier des charges souhaité.

- Filtre B : c'est un filtre passe bande qui ne sera pas étudié.

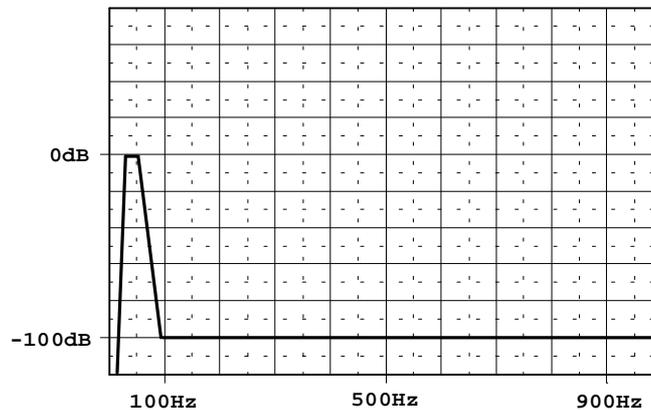
Il sélectionne  $f_{0B} = \frac{f_H}{50}$ .

- Filtre C : c'est un filtre passe bande qui ne sera pas étudié.

Il sélectionne  $f_{0C} = \frac{1,05f_H}{50}$

A.3.2.10 Utilisation du filtre passe bande :

L'ensemble des filtres A, B et C en cascade constitue un filtre du sixième ordre dont la courbe de réponse en fréquence est donnée sur la *figure 3* :

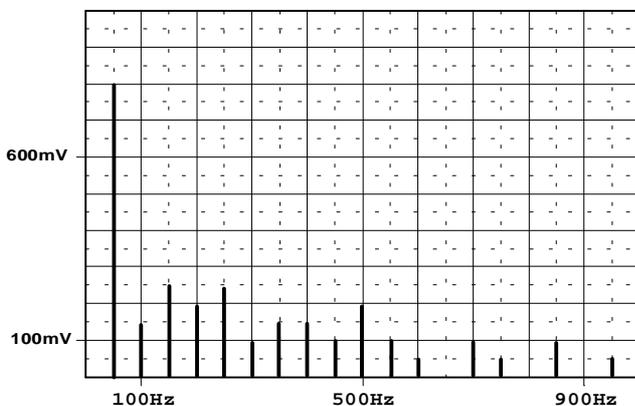


**Figure 3**

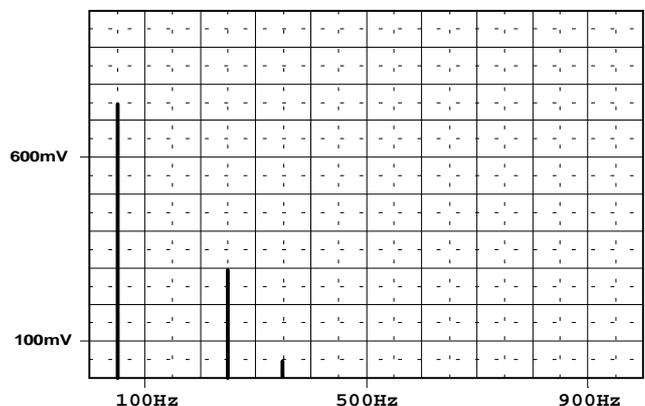
Les figures 4 et 5 représentent les spectres de la tension  $u_2$  en absence de moussage et pendant le moussage. Les valeurs données sont des valeurs efficaces .

Relever la valeur efficace du signal  $v_F$  en sortie du filtre passe bande :

- en absence de moussage,
- pendant la phase de moussage.



**Figure 4 : spectre de  $u_2$  en absence de moussage**



**Figure 5 : spectre de  $u_2$  pendant le moussage**

### A.3.3 Présentation de la fonction valeur efficace 1 :

Elle est essentiellement réalisée à l'aide d'un circuit intégré AD536A qui permet d'élaborer une tension  $V_Z$  liée à la tension d'entrée  $V_F$ .

Déterminer la nature et la valeur de la tension  $V_Z$  (l'amplification de  $Z5(A)$  est réglée à 1).

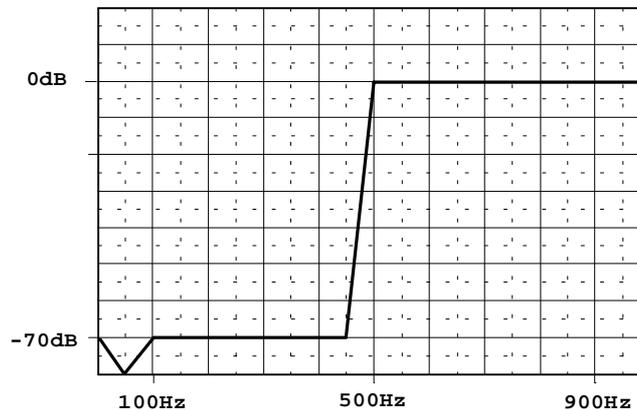
- En absence de moussage (notée  $V_{Z1}$ )
- Pendant la phase de moussage (notée  $V_{Z2}$ ) .

Préciser l'influence du choix du condensateur  $C5$ .

### A.3.4 Utilisation du filtre passe haut :

Il est constitué par six filtres du deuxième ordre en cascade .

Sa réponse en fréquence est donnée par la figure 6 :



**Figure 6**

En utilisant les figures 4 et 5 , déterminer la valeur efficace des harmoniques de la tension  $v_G$  en sortie du filtre passe haut .

- En absence de moussage
- Pendant la phase de moussage.

### A.3.5 Présentation de la fonction valeur efficace 2 :

Elle est essentiellement réalisée à l'aide d'un circuit intégré AD536A qui permet d'élaborer une tension  $V_X$  liée à la tension d'entrée  $V_G$ .

Déterminer la nature et la valeur de la tension  $V_X$  (l'amplification de  $Z5(B)$  est réglée à 4).

- En absence de moussage (notée  $V_{X1}$ )
- Pendant la phase de moussage (notée  $V_{X2}$  .

### A.3.6 Étude de la comparaison de $V_Z$ et de $V_X$ :

Elle est essentiellement réalisée à l'aide du circuit intégré AD538.

#### A.3.6.1 Étude du circuit AD538 :

Établir le fonctionnement du circuit AD538, en précisant la nature et la valeur de la tension de sortie  $V_S$ .

#### A.3.6.2 Détection du moussage :

L'apparition du phénomène de moussage doit provoquer la saturation en sortie du circuit intégré AD538 ( $V_S = 15V$ ).

Sachant que  $V_Z$  vaut alors 0,75V, déterminer la valeur efficace maximale  $V_{GM}$  que peut avoir  $v_G$  pour provoquer cette saturation.

A.3.6.3 Détection de l'absence de moussage :

En absence de moussage  $V_S$  est égale à 0,72V.

Déterminer dans ce cas la valeur efficace  $V_G$  de  $v_G$ .

A.3.7 Synthèse :

A.3.7.1 Avec les valeurs  $V_{Z1}$ ,  $V_{Z2}$ ,  $V_{X1}$  et  $V_{X2}$  obtenues dans les questions précédentes, montrer qu'il est possible de détecter la phase de moussage.

A.3.7.2 Observer les analyses spectrales de  $u_2$  figures 4 et 5 et justifier le choix de la fréquence de coupure du filtre passe haut (500Hz).

A.3.7.3 En supposant que la valeur du courant d'arc puisse varier de façon importante sans que sa forme ne change beaucoup, indiquer quel peut être l'intérêt d'étudier le rapport des tensions  $V_Z$  et  $V_X$ .

#### A.4 ACQUISITION DES INFORMATIONS $I_i$ , $U_i$ ET HT :

Cette étude porte sur une partie de la fonction FS24 (carte IMAGE), dont le rôle consiste à échantillonner et à numériser les signaux  $I_i$  ( $I_1, I_2, I_3$ ) et  $U_i$  ( $V_1, V_2, V_3, UHT$ ) provenant des fonctions FS23 et FS22.

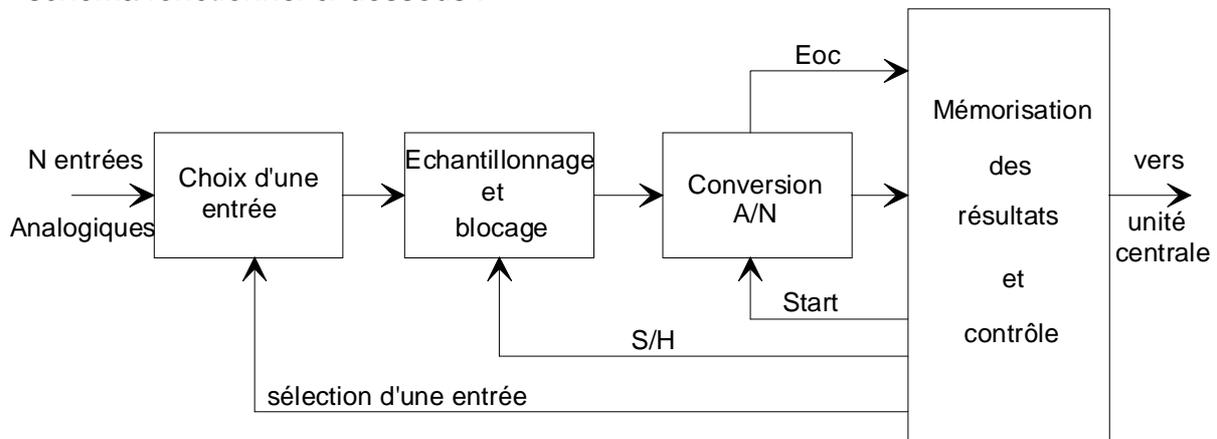
Les signaux  $U_i$  et  $I_i$  de chaque phase sont échantillonnés et traités simultanément par deux convertisseurs.

Le nombre d'échantillons est de 128 sur une période secteur.

**Sont fournis :**

- Le schéma structurel de la carte IMAGE (4 pages).
- Les notices partielles des composants DG271, AD578, 74LS374.

A.4.1 Généralement, une chaîne d'acquisition de données peut être représentée par le schéma fonctionnel ci-dessous :



*Identifier sur le schéma structurel de la carte IMAGE les structures associées aux différentes fonctions et préciser leur rôle.*

*Explicitez les séquences du fonctionnement de la chaîne d'acquisition pour  $N = 4$ .*

A.4.2 Le but de cette étude est de définir les paramètres de fonctionnement des convertisseurs.

*En analysant le schéma structurel de la fonction FS24 et la documentation constructeur associée, en sachant que les tensions d'entrée de la carte IMAGE sont réglées à une amplitude 10V (50Hz) et que la fréquence de conversion est fixée par le signal V INT (carte moussage 2/4)*

*Indiquer et valider les caractéristiques essentielles des deux convertisseurs ?*

A.4.3 Le but de cette étude consiste à évaluer l'ordre de grandeur des erreurs de conversion dues, d'une part à la sélection, d'autre part à l'échantillonnage des informations d'entrée  $I_i$  et  $U_i$ .

En tenant compte des différents éléments résistifs de la chaîne d'acquisition de données, et pour une température ambiante de 25°C,

*Calculer les tensions d'entrée des convertisseurs dans le plus mauvais des cas, sachant que l'amplitude des signaux  $I_i$  et  $U_i$  (considérés comme continus) est de 10Volts  
Quelle erreur commet-on dans ce cas?*

La tension d'entrée de chaque convertisseur est définie par :  $V_{in} = 10 \cdot \sin(\omega \cdot t)$ .

*Calculer la variation maximale de cette tension pendant une durée égale à celle de conversion des convertisseurs ?*

*Qu'en déduisez-vous?*

A.4.4 On ne tient compte que des erreurs relevées à la question A.4.3 :

*Comparer leur valeur au quantum du convertisseur.*

*Définir le nombre de bits significatifs des mots binaires présents à la sortie des convertisseurs à la fin de chaque conversion.*

*Qu'en déduisez-vous ?*

A.4.5 On se propose d'améliorer la précision des résultats issus des conversions en rajoutant deux échantillonneurs bloqueurs dans la chaîne d'acquisition.

On demande de :

*Donner un schéma structurel simplifié d'un échantillonneur bloqueur ayant des caractéristiques optimales ( bande passante, impédance d'entrée élevée ....), et caractériser les différents éléments.*

*Expliciter les deux spécifications relatives aux échantillonneurs - bloqueurs :*

- *temps d'acquisition pour une précision donnée*
- *vitesse de décroissance*

*Où doit-on placer les échantillonneurs sur le schéma structurel de la carte IMAGE ?  
Quelle est leur influence sur la précision des conversions ?*

## PARTIE B : TRAITEMENT ET TRANSMISSION DES INFORMATIONS

On se propose, dans cette partie d'étudier le traitement et la transmission des informations relatives au pilotage du four. Pour cela nous allons étudier :

- **B1** : Le traitement du signal sur la carte image
- **B2** : La liaison par boucle de courant
- **B3** : La liaison du calculateur FS25 avec le réseau Ethernet de l'entreprise

### B.1 TRAITEMENT NUMERIQUE :

Cette partie porte sur l'étude de la fonction FS24 (carte IMAGE), dont le rôle consiste à numériser les signaux  $l_i$  et  $U_i$  provenant des fonctions FS23 et FS22, afin de fournir au calculateur leur valeur efficace élevée au carré.

Les signaux  $U_i$  et  $l_i$  de chaque phase sont échantillonnés et traités simultanément par deux convertisseurs. Le nombre d'échantillons est de 128 sur une période secteur. Les données numériques fournies par les convertisseurs sont d'une part affichées et ensuite traitées par l'unité de traitement. Cette dernière, une fois les 128 échantillons traités, calcule leur valeur efficace au carré et les mémorise.

#### Sont fournis :

- Le schéma structurel de la carte IMAGE comportant les structures étudiées.

On propose le plan d'étude suivant :

- B.1.1 : Elaboration du schéma fonctionnel de degré 2.
- B.1.2 : Etude des informations numériques issues des convertisseurs.
- B.1.3 : Traitement des informations de sortie.
- B.1.4 : Etude du dialogue avec le calculateur.

B.1.1 On demande d'établir un schéma fonctionnel de degré 2 de la carte image.

B.1.2 On demande d'établir, si la tension d'entrée du convertisseur est supposée continue :

a) quel est le mot binaire disponible sur le bus 1D ou le bus 0D dans le cas où la tension d'entrée du convertisseur est de :

- $V_{in} = +10 V$
- $V_{in} = -10 V$

b) quel est le mot binaire disponible sur le bus DD dans le cas où la tension d'entrée du convertisseur est de :

- $V_{in} = +10 V$
- $V_{in} = -10 V$

On calculera également, dans le cas  $V_{in} = -10 V$ , le complément à 2 de l'information.

B.1.3 Le signal d'entrée  $V_{in}$  est considéré comme sinusoïdal. Lorsque les 128 échantillons ont été mémorisés dans une table T1, puis traités (complément à 2 pour l'alternance négative de  $V_{in}$ ), on leur retranche le mot hexadécimal 800, et on les place dans une table T2.

Que représente alors le mot binaire le plus grand ainsi obtenu?

Si l'on commande un convertisseur N/A avec les données de la table T2 :

Quelle forme de signal va-t-on obtenir à sa sortie ?

On rappelle que la valeur efficace d'un signal est donnée par la relation suivante :

$$V_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T V_e^2 \cdot dt$$

En sachant que dans la table T2, on dispose de 128 échantillons du signal d'entrée  $li$  ou  $Ui$  :

*Comment calculer leur valeur efficace au carré, sachant que cette dernière doit être envoyée au calculateur ?*

*Quel est le nombre de bits significatifs constituant cette information, sachant que l'amplitude maximale du signal que l'on peut obtenir est représentée par le nombre hexadécimal 800 ?*

*Comment calculer, à partir du résultat précédent, la valeur efficace du signal d'entrée ?*

B.1.4 La mémoire de liaison est constituée de quatre mémoires FIFO mémorisant chacune 4 bits. Compte tenu des informations analogiques  $Ui$  ( $U1$  à  $U3$ , UHT) et  $li$  ( $I1$  à  $I3$ ), présentes en entrée de la carte IMAGE à transmettre vers le calculateur :

*Proposer un processus d'échange (ou protocole) entre la carte IMAGE et le calculateur qui permet à ce dernier d'acquérir les images numériques des grandeurs en les différenciant et ce en sachant que les informations sont codées sur 22 bits.*

## **B.2 LA LIAISON PAR BOUCLE DE COURANT :**

Dans cette partie, on se propose de valider la structure retenue par le constructeur pour la fonction FS2.10 de FP2. Cette fonction assure la transmission série des informations en utilisant une boucle de courant.

On se propose de valider le fonctionnement de la structure et d'en déduire la position des cavaliers de configuration CV1, CV2 et CV3 du schéma structurel.

### **Sont fournis :**

- Le schéma structurel de la carte boucle de courant de la fonction étudiée.
- Les notices partielles des composants MC1488, HCPL 4100 et HCPL4200.

On propose le plan d'étude suivant :

- B.2.1 : Etude de l'émetteur.
- B.2.2 : Etude du récepteur.
- B.2.3 : Etude de la boucle constituée de l'émetteur et du récepteur étudié.

B.2.1 On se propose de justifier la structure permettant d'assurer la conversion :  
**tension → courant**

Le calculateur FS25 fournit sur la borne VJ1/A9 des signaux compatible RS232. Le cavalier CV3 (3-4) est en place.

La structure étudiée doit permettre de fournir un courant de 20 mA pour signaler un état logique haut et un courant nul pour signaler la transmission d'un '0' logique.

*Identifier les composants assurant cette conversion et indiquer, pour chacun d'eux, son rôle.*

*Compléter les chronogrammes du document réponse n°2 en supposant que le courant de ligne est limité à 20 mA.*

B.2.2 On se propose de justifier la structure permettant d'assurer la conversion :  
**courant → tension**

La structure étudiée doit permettre de fournir sur la borne VJ1/A10 des signaux compatible RS232. Le cavalier CV3 (1-2) est en place.

On dispose d'un courant de 20 mA pour signaler un état logique haut et d'un courant nul pour signaler la transmission d'un '0' logique.

*Identifier les composants assurant cette conversion et indiquer, pour chacun d'eux, son rôle.*

*Compléter les chronogrammes du document réponse n°3 en supposant que le courant de ligne est de 20 mA. On se placera dans le cas d'un récepteur passif.*

B.2.3 On se propose de valider le fonctionnement global des structures étudiées en B.2.1 et B.2.2. Pour cela, nous allons analyser l'ensemble complet d'une voie de transmission en supposant que l'on utilise de part et d'autre de la ligne de transmission les structures étudiées précédemment.

*Préciser le rôle de la structure construite autour de Reg2 et R3 en calculant la valeur de la grandeur de sortie.*

*Proposer un schéma simplifié montrant la position des cavaliers CV1, CV2 et CV3 pour le module émission et le module réception.*

B.2.4 *Quelles sont les solutions envisageables pour la gestion de flux lors d'une transmission ?*

### **B.3 LA LIAISON DU CALCULATEUR FS25 AVEC LE RESEAU ETHERNET DE L'ENTREPRISE**

Afin d'assurer le contrôle et la supervision du processus de fusion dans le four, le calculateur est connecté au réseau Ethernet de l'entreprise.

Le calculateur, qui fonctionne sous Unix, est placé à proximité du four donc dans un environnement particulièrement hostile. Il dispose d'un bus interne au format PCI.

Le réseau d'entreprise voit figurer parmi ses spécifications les termes de classe B privée et dispose d'un routeur d'adresse 172.29.254.254 qui doit être accessible depuis le calculateur.

B.3.1 Aspect matériel de la liaison :

Le réseau d'entreprise est accessible par une baie de brassage distante de 50 mètres du calculateur. Cette baie de brassage dispose d'un commutateur (switch) modulaire dans lequel on peut rajouter les cartes actives usuelles.

*Après avoir inventorié les solutions possibles, on demande de choisir les différents éléments passifs et actifs nécessaires au raccordement du calculateur.*

B.3.2 Rappel des notions de base :

*Rappeler les caractéristiques du modèle OSI, en faisant un parallèle entre les couches et les éléments matériels ou logiciels correspondant du calculateur.*

B.3.3 Choix du protocole de communication :

*Après un rappel des protocoles (de niveau inférieur à 5 pour le modèle OSI) utilisables, faites un choix en précisant les paramétrages à réaliser.*

L'entreprise a mis en place pour la configuration des postes clients (dont le calculateur fait partie), une stratégie de paramétrage automatique du protocole de communication.

*Citer les éléments logiciels intervenant dans cette stratégie en précisant pour chacun son rôle et les paramètres qu'il convient de préciser pour le qualifier.*

B.3.4 Protocoles de niveau supérieur à 4 :

Le calculateur fonctionne sous Unix, il doit pouvoir échanger des informations (fichiers par exemple) avec un serveur fonctionnant sous Windows NT4.

*Quelles sont les solutions d'échanges utilisées en mode natif pour chacun de ces systèmes sur un réseau ?*

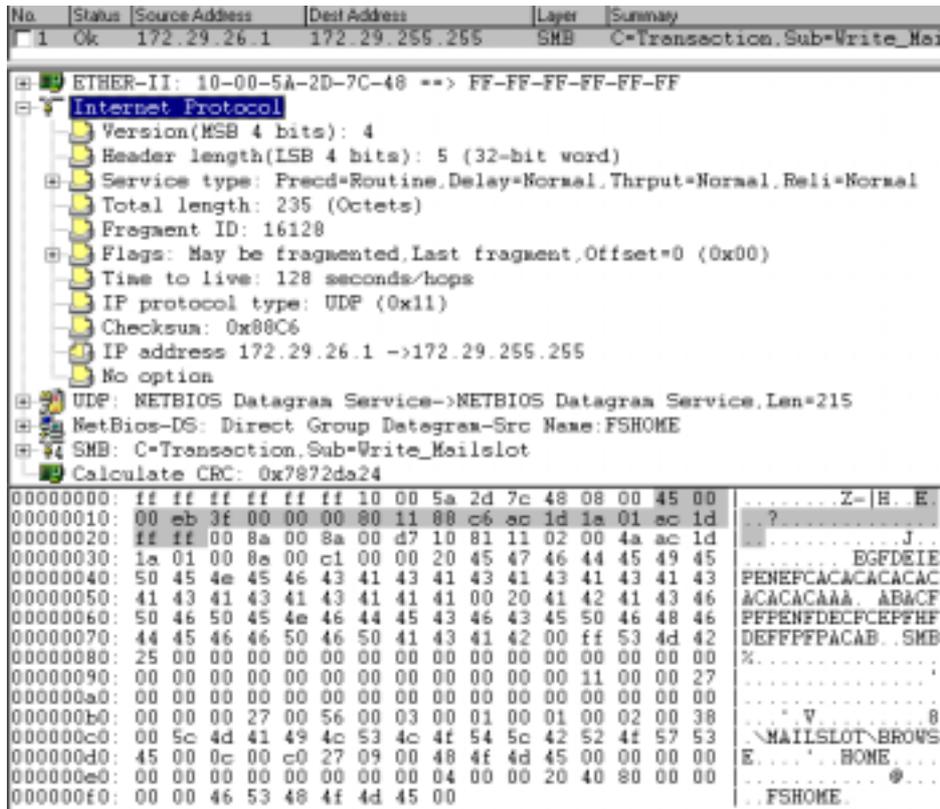
*Proposer une ou plusieurs solutions permettant un échange entre ces deux environnements.*

**B.3.5 Procédure de test :**

Suite à la détection d'un problème de perte importante de vitesse de transmission sur le réseau, on se propose d'utiliser un outil analyseur de trames constitué d'un ordinateur portable muni d'une interface réseau et d'un logiciel analyseur de trame encore appelé « sniffer ».

*Proposer une procédure de mesure en précisant où connecter l'analyseur et comment paramétrer les éléments nécessaires.*

**B.3.6 Analyse d'une trame réseau :**



On se propose d'analyser quelques informations issues de l'analyseur, pour cela on demande de préciser :

*Préciser la « mac-adresse » de la carte réseau du poste émetteur.*

*Comment peut-on voir qu'il s'agit d'une trame de « broadcast » et à quoi sert ce type de trame ?*

*Que signifie le terme UDP qui figure dans les informations ?*

*Quel est le composant du réseau que cette trame essaye de localiser ?*

*Quelles sont les informations qui permettent de valider que cette trame pourra être reçue sans erreur ?*

*Quelle indication permet de préciser que cette trame utilise un protocole du monde Microsoft Windows ?*

## PARTIE C : ISOLATION GALVANIQUE DE SORTIE U

Chacune des électrodes du four est mécaniquement liée à un vérin hydraulique, lui-même piloté par une servo-valve. En fonction des informations numériques images de  $U_i$  et  $I_i$ , envoyées par la carte IMAGE, le calculateur élabore une consigne numérique permettant de travailler à résistance d'arc constante (rapport  $U_i/I_i$ ). Cette consigne, après traitement, agit sur la servo-valve, donc sur le positionnement des électrodes. Le débit du fluide traversant la servo-valve et actionnant le vérin est proportionnel à cette consigne.

On se propose d'étudier la fonction FS26 *Isolation galvanique de sortie U* localisée sur la carte IGS.U, réalisant ce traitement. On dispose en fait de 3 cartes identiques, chacune étant chargée de fixer la consigne du mât d'une des électrodes.

### **Traitements réalisés :**

Cette fonction réalise une isolation galvanique avec le calculateur FS25 et fournit une tension de sortie référencée par rapport à la masse (C). Cette tension permet la commande du dispositif de régulation de la position des électrodes. Elle reçoit une information (CDRL) de la fonction FS23 (IGE.I) qui permet une descente rapide ou lente des barres.

### **Contraintes liées à l'utilisation d'une servo-valve et aux caractéristiques du dispositif à commander :**

Afin d'améliorer le fonctionnement de la servo-valve, il faut superposer un signal alternatif de faible amplitude au signal de commande de cette dernière. Cela permet d'assurer un déplacement minime mais permanent de l'axe de la servo-valve pour huiler correctement cet axe d'une part, et de permettre une réponse plus rapide de la servo-valve en cas de variation du signal de commande d'autre part.

Il faut assurer une mise en pression minimale du vérin hydraulique piloté par la servo-valve, lorsque après une coulée, les barres ont été remontées. Ceci afin de compenser la masse des barres elles-mêmes, ainsi que les fuites hydrauliques qui auraient tendance à faire descendre l'ensemble des barres (signal de commande CPM).

Il faut également assurer la correction d'offset de la servo-valve.

La servo-valve nécessite, pour sa commande un courant d'intensité maximale de 300 mA positif ou négatif. La carte IGSU peut être utilisée sur d'autres installations où la partie puissance hydraulique est pilotée par des servo-valves nécessitant des courants de commande d'intensité de l'ordre de 2 Ampères.

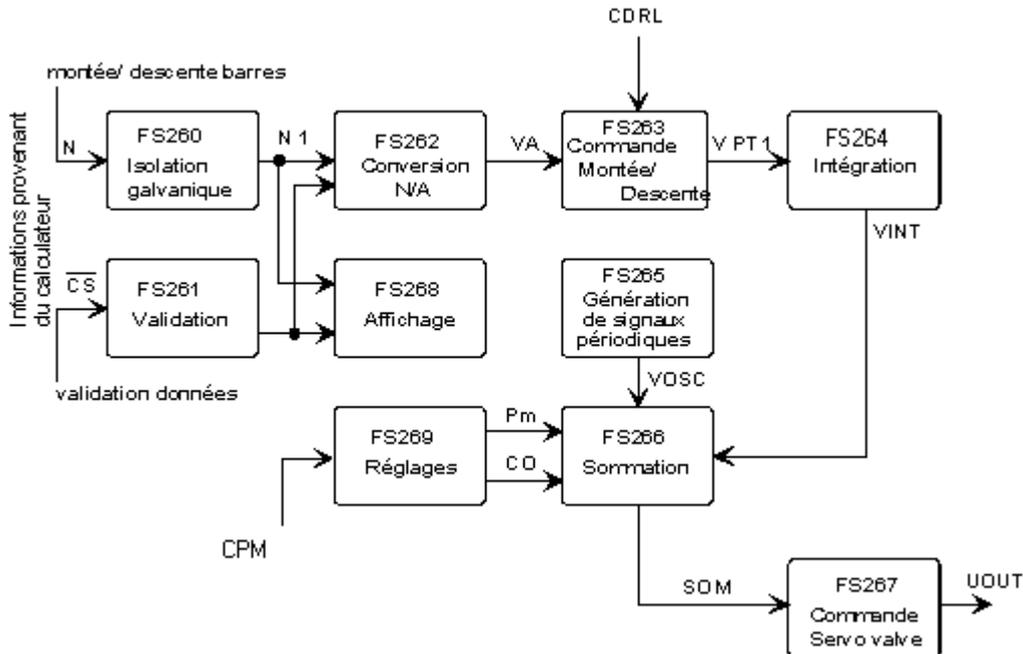
### **Sont fournis :**

- Le schéma structurel de la carte (IGS.U) comportant les structures étudiées.
- Page suivante : Le schéma fonctionnel de la fonction secondaire FS26.
- Les notices des composants AD667 et LM675.

On y trouve les fonctions :

- FS260 assure l'isolement galvanique entre le calculateur et la carte IGSU. Elle est commandée par une information binaire de 10 bits (« 0 » logique = 0V, « 1 » logique = 5V).
- FS261 permet la validation des données issues du calculateur dans les fonctions FS262 et FS268.
- FS262 convertit l'information binaire N1 fournie par la fonction FS260 en une information analogique représentant la position désirée des barres.

- FS263 pilotée par la fonction FS262 et par les signaux CDRL, fournit une information VPT1 à la fonction FS264 et assure une descente rapide ou lente des barres en fonction de l'intensité traversant chacune des phases d'alimentation (voir fonction FS23 carte IGEI).
- FS264 (voir question C3).
- FS265 (voir question C3).
- FS266 (voir question C3). En fonctionnement barres remontées, le signal Pm s'ajoute aux autres signaux.
- FS267 (voir question C3).



- FS268 affiche l'information numérique N1 présente en entrée afin de vérifier le bon fonctionnement de la transmission entre le calculateur et la carte IGS.U.
- FS269 (voir question C3).

On propose le plan d'étude suivant :

- **C.1** : Contraintes associées au déplacement des électrodes (partie hydraulique).
- **C.2** : Étude de la conversion N/A.
- **C.3** : Organisation fonctionnelle de la chaîne de commande.
- **C.4** : Étude de la chaîne de commande :
  - **C.4.1** : Étude de la commande Montée/Descente.
  - **C.4.2** : Étude de l'intégration.
  - **C.4.3** : Étude de la génération de signaux périodiques.
  - **C.4.4** : Étude de la commande servo - valve.
- **C.5** : Synthèse

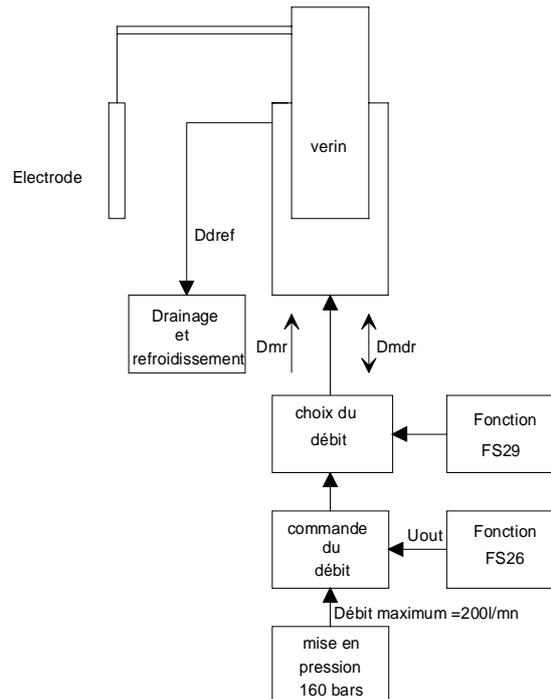
### C.1 CONTRAINTES ASSOCIEES AU DEPLACEMENT DES ELECTRODES (PARTIE HYDRAULIQUE) :

La mise en pression est réalisée par une pompe à 6 pistons axiaux, commandée par un moteur électrique de 75 kW à la vitesse de 1500 tr/mn. En phase de descente rapide ou lente, ou en phase de régulation, la commande du débit se fait par l'intermédiaire d'une servo-valve proportionnellement à l'information de consigne  $U_{out}$ .

En phase de montée rapide (cas d'un court-circuit entre l'électrode et le contenu du four), un système de clapets permet le choix du débit  $D_{mr}$  pour que celui-ci soit de 150 l/mn.

Le débit de régulation  $D_{mdr}$  en montée ou en descente, est de l'ordre de 75 l/mn.

Un débit de drainage de 2 l/mn permet le refroidissement du fluide. Le vérin a un diamètre de 125 mm.



Afin d'avoir une estimation des contraintes liées au déplacement des électrodes et par conséquent à celle de la tension de commande, on demande :

*De calculer la vitesse de déplacement du vérin dans le cas d'une montée rapide.*

### C.2 ETUDE DE LA CONVERSION NUMERIQUE ANALOGIQUE :

On se propose de valider la solution retenue par le concepteur, sur l'organisation structurelle du convertisseur. Etant donné les contraintes liées à la commande mécanique des mats support d'électrode (inertie, fuites, hystérésis de la servo-valve), il n'est pas nécessaire de piloter le convertisseur sur 12 bits.

*Après avoir établi la relation  $VA = f(N)$ , on demande d'indiquer l'évolution de la tension  $VA$  quand les informations appliquées sur le bus ( $D0, \dots, D9$ ) varient entre 00 0000 0000 et 11 1111 1111.*

*Dans le cas de la solution retenue par le concepteur, quelle est la plus petite variation de  $VA$  différente de ZERO que peut fournir le convertisseur ?*

### C.3 ORGANISATION FONCTIONNELLE DE LA CHAINE DE COMMANDE :

*En tenant compte des contraintes associées au système étudié, on demande de justifier l'organisation fonctionnelle de la chaîne de commande se situant entre la sortie  $VA$  du convertisseur et la sortie  $U_{out}$ .*

## C.4 ETUDE DE LA CHAÎNE DE COMMANDE :

### C.4.1 Étude de la commande Montée/Descente

On se propose d'analyser la structure de l'amplificateur dans le cas de la montée et de la descente des électrodes et d'analyser la prise en compte du signal CDRL.

*Donner l'expression de la tension VPT1 en fonction de VA dans les différents cas à envisager.*

*Déduisez-en le signe de la tension VA qui permet la descente des barres.*

### C.4.2 Étude de l'intégration

On se propose d'analyser la structure de l'intégrateur pour en déduire le rôle du réglage obtenu par P9.

*Donner l'expression temporelle de VINT en fonction de VPT1 et des éléments de la structure étudiée si l'on applique, à l'instant  $t_0$ , un échelon sur l'entrée VPT1 ( $V_0$  désigne la valeur initiale de VPT1 à l'instant  $t_0$ )*

*En déduire le rôle de l'élément résistif P9 ?*

### C.4.3 Étude de la génération de signaux périodiques

Afin d'améliorer la réponse de la servo-valve, on superpose un signal alternatif de faible amplitude à son signal de commande

*Préciser les caractéristiques du signal VOSC en représentant le signal disponible sur le curseur de P4.*

### C.4.4 Étude de la commande servo-valve

La servo-valve nécessite, pour sa commande un courant d'intensité maximale de 300 mA positif ou négatif. La carte IGSU peut être utilisée sur d'autres installations où la partie puissance hydraulique est pilotée par des servo-valves nécessitant des courants de commande d'intensité de l'ordre de 2 Ampères.

*Valider le choix de l'amplificateur utilisé pour la fonction FS267, à partir de ses caractéristiques technologiques.*

## C.5 SYNTHÈSE :

On se propose d'effectuer une synthèse sur le fonctionnement de la partie commande. Pour cela nous allons fixer les hypothèses suivantes :

- le curseur du potentiomètre P3 en position moyenne.
- Vosc est réglée à 0V
- En montée rapide, le module de la tension  $U_{OUT}$  est de 10V.
- En descente rapide, ce module est de 8V.
- En descente lente (détection courant d'arc), il est de 6V.
- l'information numérique d'entrée du convertisseur égale à :
  - 000 (base 16 ) on a  $V_A = -5$  V (phase de montée rapide).
  - FFC (base 16 ) on a  $V_A = 4.99$  V (phase de descente rapide et lente avant régulation de position des barres).

*Calculer les valeurs de réglage des éléments résistifs ajustables P1, P2 et P7 de la fonction FS263 ?*

Maintenant, l'amplitude du signal Vosc pris sur le curseur de P4 est de 200 millivolts.

Sachant que, de plus, le curseur de P9 étant en position haute :

*Compléter les chronogrammes du document n°4.*

## **PARTIE D : PARTIE PEDAGOGIQUE**

### **D.1 COURS NIVEAU STS 1<sup>ERE</sup> ANNEE :**

D.1.1 *Indiquer les pré - requis nécessaires aux étudiants pour aborder un cours relatif à l'utilisation de systèmes à base de microprocesseurs.*

D.1.2 *En exploitant le système étudié, proposer une séquence de cours présentant les différents types de microprocesseurs que l'on peut utiliser. On présentera également :*

- *Les contraintes matérielles associées (fonctions annexes, nombre de boîtiers, performances).*
- *Les environnements matériels ou logiciels à mettre en œuvre aussi bien pour le développement que pour les tests.*

### **D.2 TRAVAUX PRATIQUES NIVEAU TERMINALE STI-GE : LOGIQUE EN RESEAU PROGRAMMABLE**

En utilisant la carte moussage du système étudié, notamment la structure logique mettant en œuvre les circuits logiques 74185A, on se propose de présenter une synthèse de circuits logiques en utilisant des réseaux logiques programmables de type PAL.

D.2.1 *Indiquer les pré - requis nécessaires aux élèves pour aborder ce TP.*

D.2.2 *Proposer la chronologie de la démarche à mettre en œuvre et esquisser les documents professeurs et élèves. On indiquera :*

- *Les maquettes, tests et mesures à réaliser.*
- *Les étapes qui conduiront à la synthèse souhaitée.*
- *Les outils à mettre en œuvre.*