

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou
Faculté de Génie Electrique et Informatique
Département d'Automatique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état
en Automatique

Thème

Développement d'une solution programmable
d'automatisation de ROBOFIL400

Proposé par : M^r Ait Slimane.D

Unité (UPT) ENIEM

Dirigé par : M^r Mellah et M^r Charif.M

Présenté par : Fillali Karima

Nechaf Hassiba

Touzouti Nassima

Soutenu le 08/10/2009 Devant le jury d'examen composé de :

Président : M^r. AKROUF.S

Promoteur : M^r. CHARIF.M

Examineur : M^r. MAIDLA

Examinatrice : M^{me} Kherraz.K

Promotion 2008-2009



Remerciements

Nous remercions avant tout le bon « DIEU » tout puissant de nous donner la santé, le courage et la volonté pour finir ce travail.

Nos remerciements s'adressent à nos familles et surtout nos parents.

Nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce travail notamment notre promoteur M^r MELLAH.

Nos remerciements les plus chaleureux s'adressent à M^r AMOUR-R pour le temps qu'il nous a consacré, son aide, ces orientations et encouragements et surtout pour sa patience tout au long de ce travail.

Nous remercions également M^r CHARIF-M ainsi que M^r SALHI pour leur aide précieux.

Nos gratitude s'adressent à M^r TAIA-.M, le co-promoteur AIT-SLIMANE.D, M^r MAKHLOUF ainsi que M^r MOUH CHRIF.

Nous remercions les membres de jury, qui nous ferons l'honneur de participer au jugement de ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier, tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

Aux êtres les plus chers au monde, mes chers parents pour leurs sacrifices qu'ils ont fournis pour mes études, surtout ma mère qui est la source de résistance et d'espérance, que dieu les protège.

A la mémoire de mon amour AREZKI pour son soutien incessant, son amour, sa patience sans limite et son soutien moral, que j'ai tellement souhaité sa présence dans cet événement, je souhaite que dieu lui accorde sa miséricorde et l'accueille dans son vaste paradis.

A la mémoire de ma grand mère YAMINA que dieu la garde dans son vaste paradis

A mon grand père SAID, SMAIL et ma grand mère KHADOUDJA.

A mes frères LYES et TARIK ainsi que leur femmes HAYET et HADJIRA.

A ma sœur LILA et son mari KARIM.

A SOUFIENE et AMIRA que j'aime beaucoup.

A tous mes cousins et cousines.

A mes oncles et tantes.

A mon trinôme HASSIBA, KARIMA et leur agréables famille.

A tous mes amies ainsi que la promotion d'automatique 2009.

A tous les bons cœur.

NASSIMA

Sommaire

Préambule.....	
Introduction générale.....	1

Chapitre I	Principe de l'électro-érosion
------------	-------------------------------

I. Introduction.....	3
II. Historique de l'électro-érosion.....	3
III. Définition du procédé d'usinage par électro-érosion.....	3
IV. Principe physique par électro-érosion.....	4
V. Caractéristiques électriques des étincelles.....	7
VI. Les machines d'usinage par électro-érosion à fil et enfonçage.....	7
VI.1. Electro-érosion à enfonçage.....	7
VI.2. Electro-érosion à fil.....	7
VI.2.1. Le générateur d'étincelle.....	8
VI.2.1.1. Ebauche.....	9
VI.2.1.2. Finition.....	9
VII. Structure et caractéristiques des surfaces usinées par électro-érosion.....	10
VIII. Conclusion.....	12

Chapitre II	Description de la machine
-------------	---------------------------

I. Introduction.....	13
II. Description.....	14
II.1. Partie opérative.....	15
II.1.1. La structure mécanique.....	15
II.1.1.1. Bac de travail.....	15
II.1.1.1.1. Posage.....	16
II.1.1.1.2. Cadre de bridage.....	16
II.1.1.1.3. Câbles de masse.....	16
II.1.1.1.4. Œillette de centrage.....	16
II.1.1.1.5. La trappe de vidange.....	17
II.1.1.1.6. Cloche de remplissage.....	17
II.1.1.1.7. Tête supérieure et inférieure.....	17

II.1.1.2. Réservoir.....	17
II.1.1.2.1. Les moteurs.....	18
II.1.1.2.2. Echangeur de chaleur.....	18
II.1.1.2.3. Filtres.....	18
II.1.1.3. Décanteur.....	18
II.1.1.4. Bouteille de déionisation.....	18
II.1.1.5. Tonneau de récupération.....	19
II.1.1.6. Recuit manuel.....	19
II.1.1.7. Plaque frontale.....	20
II.1.1.8. Comparateur.....	20
II.1.1.9. Diélectrique.....	20
II.1.1.10. Coffret pneumatique.....	22
II.1.2. Les pré-actionneurs.....	23
II.1.2.1. Distributeurs.....	23
II.1.2.2. Vanne thermostatique.....	24
II.1.3. Les actionneurs.....	24
II.1.3.1. Vérin double effet.....	24
II.1.3.2. Moteur électrique.....	25
II.1.4. Les capteurs.....	27
II.1.4.1. Principe de fonctionnement.....	28
II.1.4.2. Types de capteurs.....	28
II.1.4.2.1. Capteur de position.....	28
II.1.4.2.1.1. Capteur de position à contact mécanique.....	28
II.1.4.2.1.2. Codeur linéaire incrémental.....	29
II.1.4.2.1.3. Codeur rotatif.....	30
II.1.4.2.2. Capteur de température.....	31
II.1.4.2.2.1. Thermomètre à résistance.....	31
II.1.4.2.3. Capteur de proximité inductif.....	32
II.1.4.2.4. Flotteur.....	33
II.1.4.2.5. Capteur de pression.....	33
II.1.4.2.5.1. Manomètre à membrane.....	33
II.1.4.2.5.2. Capteur de pression.....	34
II.1.4.2.6. Tachymètre.....	35
II.1.4.2.7. Capteur de niveau.....	35
II.1.5. Le circuit hydraulique.....	36
II.1.6. Le circuit pneumatique.....	38

II.2. Partie commande.....	38
II.2.1. Le variateur de vitesse.....	39
II.3. Pupitre de commande.....	39
II.3.1. Panneau de commande.....	40
II.3.2. Le clavier.....	40
II.3.3. La commande à distance.....	40
III. Langage de programmation.....	41
IV. Système d'axes.....	41
V. Fonctionnement de la machine.....	42
VI. Conclusion.....	45

Chapitre III La modélisation de la machine par GRAFCET

I. Introduction.....	46
II. Définition du GRAFCET.....	46
III. Elément de base du GRAFCET.....	46
III.1. Action maintenue.....	47
IV. Les règles d'évolution du Grafcet.....	48
V. Structure de base du GRAFCET.....	49
V.1. Saut d'étapes.....	49
V.2. Reprise de séquence.....	49
V.3. Macro-étape.....	49
VI. Niveau du GRAFCET.....	49
VII. Les séquences.....	49
VII.1. Séquence linéaire.....	49
VII.2. Sélection de séquence.....	50
VII.3. Séquence simultanée.....	50
VIII. Mise en équation du GRAFCET.....	51
VIV. La modélisation de la machine par l'outil GRAFCET.....	53
VIV.1. Introduction.....	53
VIV.2. Le cahier de charge.....	53
VIV.2.1. Définition.....	53
VIV.2.2. Le cahier de charge de la machine.....	53
VIV.2.3. Les améliorations apportées à la machine.....	55
VIV.2.4. Les abréviations dans notre modèle.....	56
X. Conclusion.....	70

I. Introduction.....	71
II. Définition d'un automate programmable industriel (API).....	71
III. Architecture de automates.....	71
III.1. Aspect extérieure.....	71
III.2. Structure interne.....	72
IV. Choix d'un automate.....	73
V. Le choix du S7-300.....	73
VI. Présentation du S7-300.....	73
VI.1. Caractéristique de l'automate S7-300.....	74
VI.2. Les modules constitutionnels.....	74
VI.2.1. Module d'alimentation (PS).....	74
VI.2.2. Unité centrale (CPU).....	75
VI.2.3. Module de coupleur.....	75
VI.2.4. Modules SM pour Entrées/Sorties TOR.....	75
VI.2.5. Module analogique.....	75
VI.2.6. Module de fonction (FM).....	75
VI.2.7. Module de communication (CP).....	75
VI.2.8. Module de simulation.....	75
VI.2.9. Châssis d'extension (UR).....	76
VI.2.10. Console de programmation (PG ou PC SIMATIC).....	76
VII. La programmation avec le SIMATIC STEP 7.....	76
VII.1. Le logiciel STEP 7.....	76
VII.2. Les blocs STEP 7.....	76
VII.2.1. Les blocs utilisateur.....	76
VII.2.1.1. Bloc d'organisation (OB).....	77
VII.2.1.2. Bloc fonctionnel (FB).....	77
VII.2.1.3. Fonction (FC).....	77
VII.2.1.4. Blocs de données (DB).....	77
VII.2.2. Les blocs système.....	77
VII.3. Création du projet.....	78
VII.4. Configuration matérielle de la machine.....	80
VII.5. Programmation linéaire ou structurée.....	81
VII.6. Exemple d'une partie de notre programme.....	83

Chapitre V

La supervision par le ProTool

I. Introduction.....	85
II. Création du pupitre opérateurs.....	85
III. Présentation des écrans du pupitre de commande.....	86
III.1. Pupitre opérateur principale.....	86
III.2. Pupitre opérateur de température et déionisation.....	88
III.3. Pupitre opérateur de consigne.....	89
III.4. Pupitre opérateur de fonctions manuelles.....	90
III.5. Pupitre opérateur des moteurs.....	91
IV. Configuration matériel et logiciel.....	92
V. Conclusion.....	93
Conclusion générale.....	94
Annexe A	
Annexe B	

Liste des figures

Figure I-1 : Usinage par électro-érosion.....	4
Figure I-2 : Le déroulement d'une étincelle.....	6
Figure I-3 : Générateur d'étincelle.....	8
Figure I-4 : Etincelle de type EDM fil.....	10
Figure I-5 : Effet de l'étincelle sur la structure de la surface usinée.....	11
Figure I-6 : Application EDM fil (pièces horlogères).....	12
Figure II-1 : Vue générale des différentes parties constitutives de la machine.....	13
Figure II-2 : Différents modules de la machine.....	15
Figure II-3 : Bac de travail.....	16
Figure II-4 : Réservoir.....	17
Figure II-5 : Décanteur.....	18
Figure II-6 : La bouteille de déionisation.....	19
Figure II-7 : Recuit manuel.....	20
Figure II-8 : Injection supérieure et inférieure.....	21
Figure II-9 : Unité de conditionnement de l'air (FRL) et symbolisation.....	22
Figure II-10 : Distributeur 2/2 fermé au repos.....	23
Figure II-11 : Distributeur 3/2.....	24
Figure II-12 : Vérin double effet.....	25
Figure II-13 : Moteur asynchrone.....	25
Figure II-14 : Schéma simplifié d'un capteur.....	28
Figure II-15 : Capteur fin de course.....	29
Figure II-16 : Codeur linéaire incrémental.....	29
Figure II-17 : Le principe de balayage photoélectrique.....	30
Figure II-18 : Codeur rotatif incrémental.....	31
Figure II-19 : Sonde PT100.....	32
Figure II-20 : Capteur de proximité inductif.....	33
Figure II-21 : Manomètre à membrane.....	34
Figure II-22 : Capteur de pression.....	34
Figure II-23 : Boucle de régulation.....	35
Figure II-24 : Armoire électrique.....	38
Figure II-25 : Schéma fonctionnel d'un variateur de vitesse pour un moteur à C.C....	39
Figure II-26 : La commande à distance.....	40

Figure II-27 : Le pré-enfilage.....	43
Figure II-28 : Principe de déroulement de fil.....	44
Figure III-1 : Eléments de base d'un GRAFCET.....	47
Figure III-2 : Divergence en OU.....	50
Figure III-3 : Convergence en OU.....	50
Figure III-4 : Divergence en ET.....	50
Figure III-5 : Convergence en ET.....	50
Figure III-6 : Transcription du modèle GRAFCET en programme PLC.....	51
Figure IV-1 : Automate compact.....	72
Figure IV-2 : Automate modulaire.....	72
Figure IV-3 : La structure interne de l'automate.....	72
Figure IV-4 : La structure de l'API S7-300.....	74
Figure IV-5 : Programmation avec le logiciel STEP 7.....	78
Figure IV-6 : Fenêtre de la CPU.....	79
Figure IV-7 : Sélection des blocs et mode de programme.....	79
Figure IV-8 : Fenêtre de configuration de notre automate.....	80
Figure IV-9 : Programmation structurée du système.....	82
Figure IV-10 : Alimentation de la machine.....	83
Figure IV-11 : Le bloc FC1 (appel dans OB1).....	84
Figure V-1 : Création des paramètres au processus.....	86
Figure V-2 : Pupitre opérateur principal.....	88
Figure V-3 : Pupitre opérateur température et déionisation.....	89
Figure V-4 : Pupitre opérateur pour entrées se consigne.....	90
Figure V-5 : Pupitre opérateur pour les fonctions manuelles.....	91
Figure V-6 : Pupitre opérateur des moteurs.....	92
Figure V-7 : Echanges de variables entre l'API et le pupitre de contrôle.....	93

Liste des tableaux

Tableau I : Caractéristiques électriques de l'électro-érosion.....	10
Tableau II-1 : Caractéristiques techniques de la machine	14
Tableau II-2 : Les moteurs de la machine.....	26
Tableau II-3 : Les capteurs de la machine.....	36
Tableau III-1 : Les actions.....	56
Tableau III-2 : Les réceptivités.....	59

I. Introduction :

L'usinage par électro-érosion ou usinage par étincelage est un procédé d'usinage par enlèvement de matière. Ce sont les étincelles générées entre une électrode et la pièce qui arrachant des particules de matière, servent en quelque sorte d'outil de découpe.

II. Historique de l'électro-érosion :

Le phénomène d'érosion dû aux décharges électriques avait déjà été constaté en 1770 par le savant anglais **Priesley**.

En 1943, les scientifiques russes **B.R** et **N.I Lazarenko** mirent au point la première technique d'usinage de métaux par étincelage, utilisant une succession de décharges électriques. L'idée leur était venue suite à une étude où ils cherchaient à diminuer l'usure des contacteurs électriques.

C'est le principe du générateur de décharge (appelé **Circuit de Lazarenko**) qui a servi de base aux développements des machines modernes. La première machine industrielle utilisant ce principe a été présentée à Milan en 1955 (**Charmilles Technologies**).

Le succès de ce mode d'usinage vient du fait qu'il permet d'usiner des métaux extrêmement durs.

III. Définition du procédé d'usinage par électro-érosion :

C'est un procédé d'usinage qui consiste à l'enlèvement de matière dans une pièce en utilisant des décharges électriques comme moyen d'usinage.

Cette technique se caractérise par son aptitude à usiner tous les matériaux conducteurs de l'électricité (métaux, alliages, carbures, graphites...) quelque soit leur dureté.

Pour usiner par électroérosion quatre éléments sont nécessaires : fil, pièce, diélectrique et l'électricité ; Comme les montre la figure ci-après :

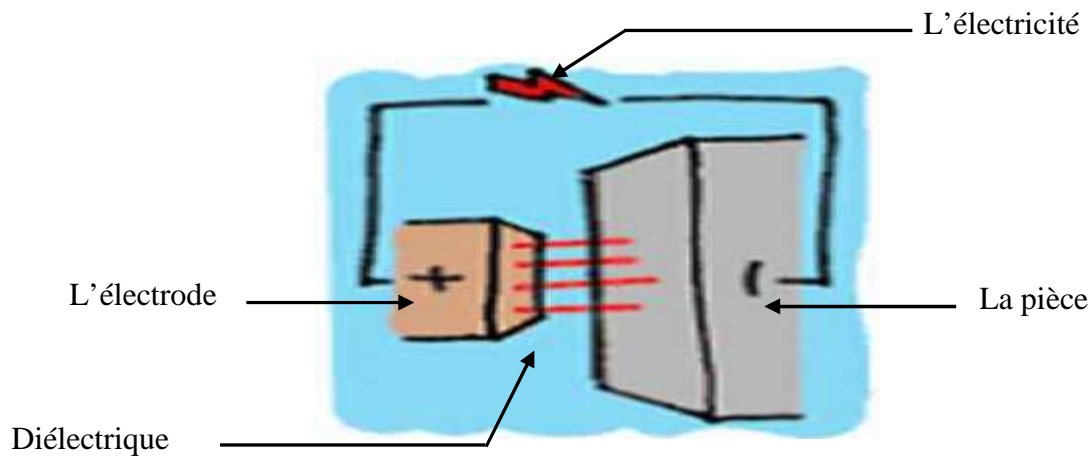


Figure I-1 : Usinage par électro-érosion

Il est caractérisé par le fait que l'enlèvement de matière est obtenu par une succession de décharges électriques non stationnaires, opérées entre deux conducteurs immergés dans un liquide isolant (le diélectrique) c'est à dire un liquide de haute résistivité. Elles sont séparées les unes des autres dans le temps, c'est à dire qu'il ne se crée qu'une seule étincelle à la fois. Le phénomène est donc unitaire et périodique.

Le procédé d'usinage par étincelage est appelé aussi usinage par électro-érosion, ou **EDM** de l'anglais : **ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING**.

IV. Principe physique de l'usinage par électro-érosion :

La nature physique de l'enlèvement de matière au moyen de décharges électriques est un phénomène très complexe. Pour générer une étincelle entre les deux électrodes, une tension supérieure à la tension de claquage du gap (espace électrode-pièce) doit être appliquée. La tension de claquage dépend :

- de la distance entre les deux électrodes.
- du pouvoir isolant de diélectrique.
- de l'état de pollution du gap.

Cependant l'application d'une tension génère un champ électrique entre l'électrode et la pièce (espace appelé gap). Le processus de décharge électrique commence là où le champ

électrique est plus intense, c'est à dire là où la distance pièce-électrode est la plus petite.

Schématiquement, le déroulement d'une étincelle est le suivant :

- Concentration des charges électriques (Schéma 1 et Schéma 2).
- Les ions positifs et les électrons libres sont accélérés par le fort champ électrique
- Les ions et électrons libres forment un canal ionisé conducteur (Schéma 3).
- Le courant peut alors circuler et l'intensité croît alors très vite, à la manière d'une avalanche.
- Les collisions entre particules provoquent un fort échauffement et une pression importante.
- Une zone de plasma se forme, atteignant une température de 8000 à 12000 degrés (Schéma 4) et une bulle de gaz due à la vaporisation des électrodes et du diélectrique se développe et sa pression s'accroît régulièrement jusqu'à atteindre environ 40 bars.
- Cette température provoque la fusion locale d'une certaine quantité de matière à la surface des électrodes, formant ainsi un petit cratère.
- A l'interruption du courant, la chute de la température provoque l'implosion de la bulle, projetant la matière fondue en dehors du cratère (Schéma 5).
- La matière érodée se solidifie dans le diélectrique sous forme de petites billes (phénomène appelé pollution du diélectrique) (Schéma 6).

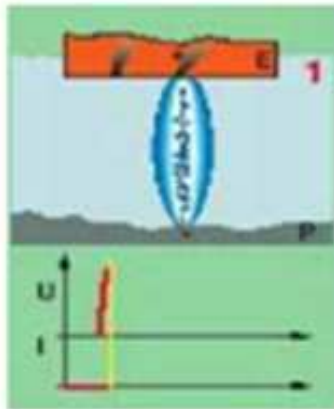


Schéma 1

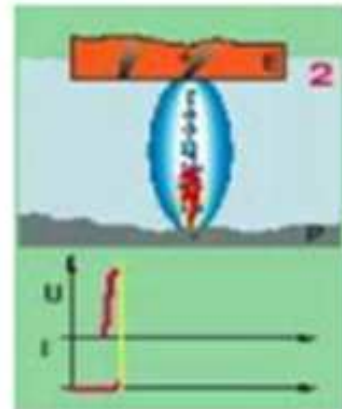


Schéma 2

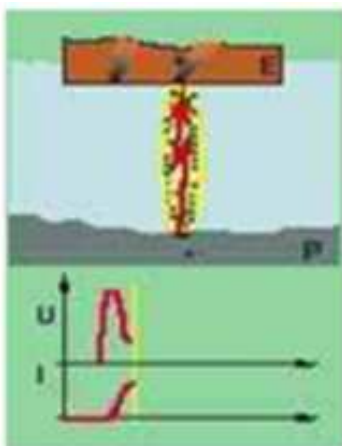


Schéma 3

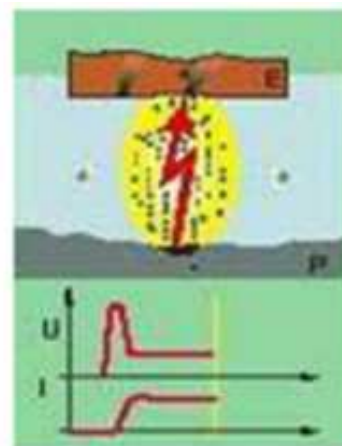


Schéma 4

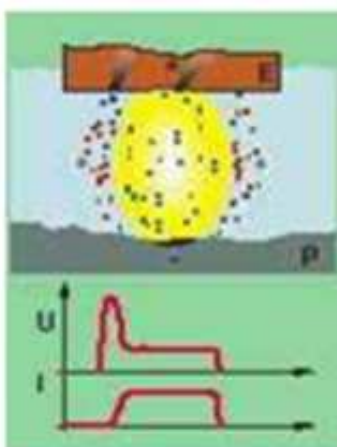


Schéma 5

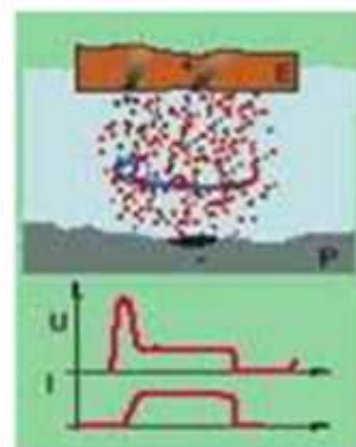


Schéma 6

Figure I-2 : Le déroulement d'une étincelle

L'érosion sur le couple électrode/pièce n'est pas symétrique : elle dépend de nombreux facteurs :

- La polarité
- La conductivité thermique de l'électrode et de la pièce
- La durée et l'intensité de la décharge électrique
- Le diélectrique

V. Caractéristiques électriques des étincelles :

Typiquement, la tension d'amorçage des étincelles est de 80 à 200 V, l'intensité moyenne des décharges de 1 à 20A et leurs fréquences varient entre 1 KHz et 1000 KHz. Ces paramètres ainsi que l'évolution de la tension et de l'intensité d'une étincelle au cours du temps, définissent ce que l'on nomme des régimes. De chaque régime résulte un enlèvement de matière par unité de temps et un état de surface; il est donc judicieux de réaliser les découpes précises en plusieurs phases d'usinage : ébauche, finition 1, finition 2...

VI. Les machines d'usinage par électro-érosion à fil et enfonçage :

Il existe deux types bien distincts de machines d'usinage par électro-érosion : les machines d'usinage par électro-érosion à fil et les machines d'usinage par électro-érosion à enfonçage.

VI.1. Electro-érosion à enfonçage :

Ce procédé reproduit naturellement la forme d'une électrode dans une pièce métallique. L'électrode creuse progressivement la pièce selon un mouvement vertical. Si la pièce est un moule, l'électrode a la forme de l'objet moulé.

VI.2. Electroérosion à fil :

L'électrode est un fil qui défile en continu à travers la pièce à découper.

Les caractéristiques communes entre ces machines sont :

- Usinage de matériaux conducteurs
- Possibilité d'usinage de matériaux très durs – pas de limite de dureté

- Pas d'effort mécanique à l'enlèvement de matière
- Asservissement des axes mécaniques aux conditions électriques pour maintenir un gap constant. A aucun moment l'électrode ne touche la pièce ; ce sont des mesures de grandeurs électriques qui permettent de déterminer la distance pièce-électrode et qui sont utilisées dans les boucles de régulation de la commande numérique.

VI.2.1. Le générateur d'étincelle :

Le processus d'étincelle est contrôlé par un générateur (voir la figure I-3)

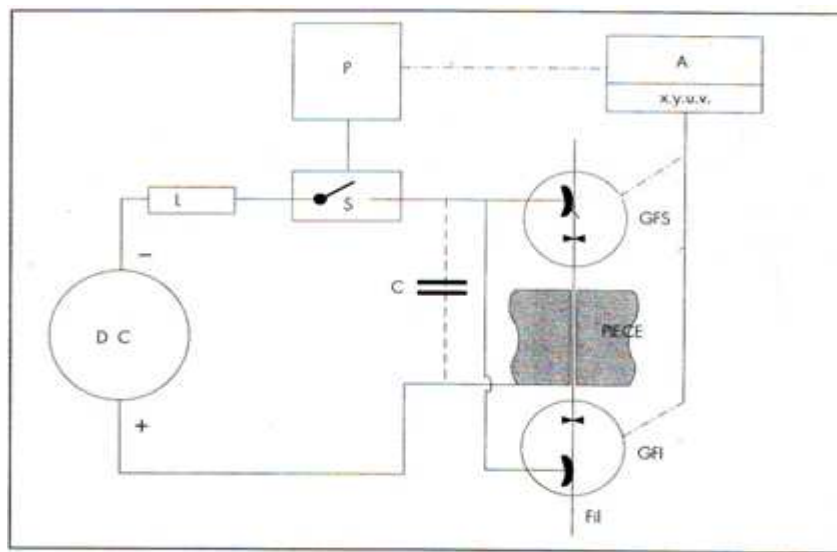


Figure I-3 : Générateur d'étincelle

A : asservissement.	DC : source de courant
GFI : guide fil inférieur	GFS : guide fil supérieur
L : limiteur de courant	P : Pilote
S : interrupteur électronique	C : condensateur (en ébauche)

Le courant délivré par la source **DC** est limité par le limiteur **L** et découpé en impulsions par l'interrupteur **S** qui est contrôlé par le pilote qui contrôle aussi l'asservissement des axes mécanique c'est-à-dire les mouvements nécessaires à l'avance du fil selon le contour en fonction de l'enlèvement de matière.

Suivant que nous soyons en ébauche ou en finition le générateur ne travaille pas de la même façon :

VI.2.1.1. Ebauche :

En ébauche le condensateur **C** se charge à la tension **V** par une suite d'impulsions de fréquence **F** et de durée **TA**, le courant de charge de ce dernier est de 32 A.

Dès que les conditions requises seront atteintes dans l'espace fil électrode (gap), l'étincelle éclatera.

Pendant la durée de l'étincelle, la tension entre fil et électrode sera constante, de l'ordre de 20-25 V et le courant de pointe de l'ordre de 350A.

Td : représente le temps d'attente avant l'apparition de l'étincelle ; temps essentiellement aléatoire mais dépendant de l'asservissement des axes mécaniques.

TB : représente la durée de l'ouverture de l'interrupteur **S**.

T : représente la période d'apparition d'une étincelle.

$$TB = (1 / F) - TA$$

VI.2.1.2 Finition :

En finition, il n'y a pas de chargement de condensateur et le courant débité par la source sera découpé en impulsion de fréquence **F** par l'interrupteur **S** contrôlé par le pilote.

Quant cet interrupteur est fermé, la tension à vide sera appliquée entre fil et pièce ; après un temps variable **Td** une étincelle éclatera dont la durée sera égale à **T-Td-B**.

Le courant moyen dans l'étincelle varie entre 8 et 16A. En finition 1 l'énergie dégagée dans une étincelle sera environ 1/15 de celle d'une étincelle d'ébauche, et en finition 2 elle sera encore 2 fois plus faible.

La figure ci-après montre la périodicité de l'apparition d'étincelle

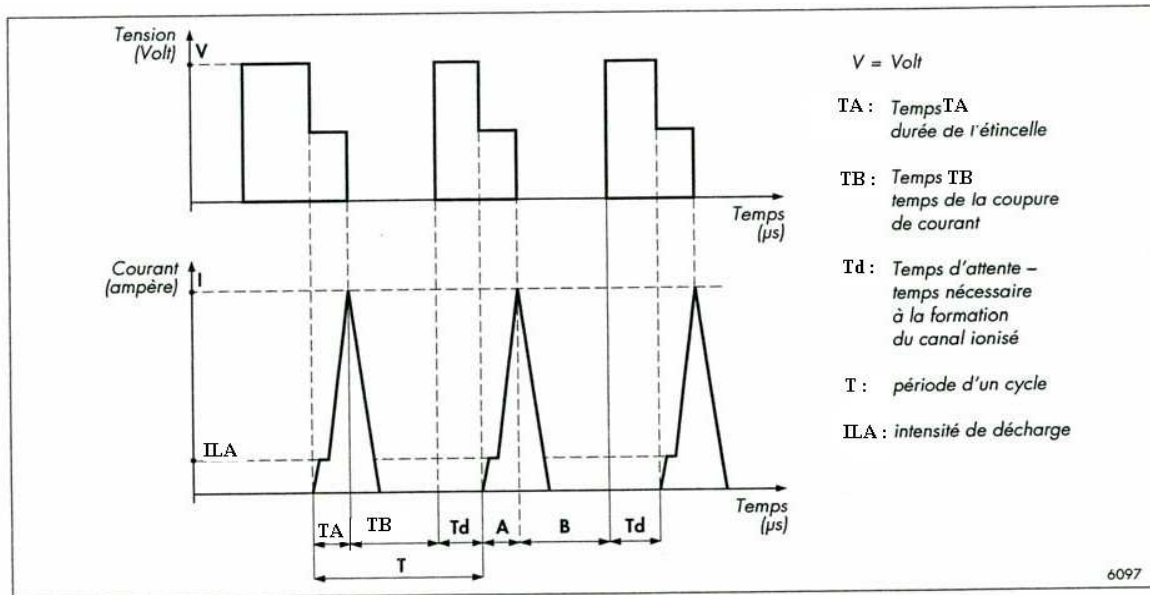


Figure I-4 : Etincelle de type EDM fil

Tableau I : Caractéristiques électriques de l'électro-érosion

V	80-200 volts
Td	Env. 1 microseconde
TA	0.2 – 2 microsecondes
TB	0.2 – 25 microsecondes
IAL	1-20 Ampères
$T=TA+TB+Td$	1 – 28 microsecondes

VII. Structure et caractéristiques des surfaces usinées par électro-érosion :

En étincelage, l'enlèvement de matière est provoqué principalement par un phénomène thermique. On sait que, dans une décharge, la température est de l'ordre de 8000° à 1200°C. L'effet de ces décharges à haute température a évidemment une influence plus ou moins importante selon les différentes matières. Certaines ne présentent aucune modification de structure.

Si on analyse la coupe métallique d'une pièce en acier trempé usiné par étincelage, on observe qu'il existe trois couches superposées qui sont représentées dans la figure suivante :

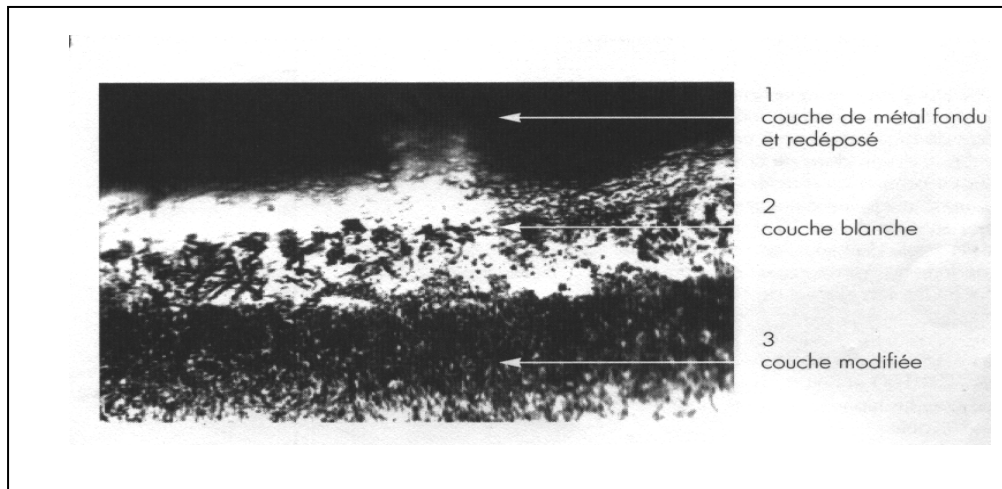


Figure I-5 : Effet de l'étincelle sur la structure de la surface usinée

- 1- Une couche de métal fondu : expulsé et partiellement redéposé sous forme de gouttelettes peu adhérentes.
- 2- Une couche de métal resolidifié appelée communément «couche blanche». Cette zone qui n'a pas d'épaisseur constante présente une dureté élevée.
- 3- Une couche dans laquelle la structure de l'acier est différente et de plus faible dureté parce qu'ayant subi une sorte de revenu thermique.

L'épaisseur totale de la couche modifiée dépend de l'énergie des décharges.

Cependant l'épaisseur de la zone trois est également influencée par l'énergie des décharges. Pour des décharges de même énergie, elle sera plus faible si les décharges sont courtes et intenses que si elles sont longues et peu intenses.

En plus de ces trois couches, on peut aussi observer quelquefois, spécialement lors du l'usinage de carbure de tungstène avec des décharges trop puissantes, des amorces de fissures préjudiciable à la qualité de la pièce. On peut facilement éviter cet inconvénient en utilisant des temps de décharge (TA) inférieure à 7 microsecondes (voir l'annexe A).

En général, le fait de laisser une prise suffisante entre les opérations d'ébauche et de finition résout le problème.

Dans la figure ci-dessous on a donne quelques pièces réalisées par électro-érosion (EDM).



Figure I-6 : Application EDM fil (pièces horlogères)

VIII. Conclusion :

En comparant les opérations mécaniques traditionnelles nécessaires pour produire tous les types de composants, consistant en général à l'évacuation de copeaux, l'électro-érosion à fil est considéré : plus économique, plus précis et plus efficace.

L'électro-érosion a fil répond parfaitement à ces nécessités de réduction de coût grâce à l'outil de coupe unique (le fil) pour exécuter un usinage complet. Cette spécificité élimine les coûts de ces outils ainsi que ceux générés par leur remplacement lié aux cassures à l'usure ou à leur affûtage et la logistique associée à ces opérations, ainsi qu'il permet une production de pièces en série en toute sécurité (production sans surveillance), comme il réduit aussi au strict minimum l'investissement en outillage (Bridage de pièces simplifié), et le temps de préparation des travaux avant l'usinage grâce à l'absence d'efforts de coupe sur la pièce durant l'usinage.

I. Introduction :

La machine étudiée est une machine d'usinage par électroérosion à fil, dotée d'une commande numérique développée par CHARMILLES TECHNOLOGIE.

C'est une machine de construction compacte, qui occupe une place très importante dans la fabrication mécanique, car elle permet d'atteindre une précision exceptionnelle et un état de surface d'une bonne qualité, en éliminant le besoin de procéder à un traitement ultérieur.

Elle est représentée dans la figure suivante :



FigureII-1 : vue générale des différentes parties constitutives de la machine (Robofil 400)

II. Description de machine :**Tableau II-1 : Les caractéristiques techniques de la machine**

Caractéristique	Valeur
Dimensions de la machine	2100x2400x2400 [mm]
Poids de la machine	3200 [Kg]
Déplacement minimal	1 [um]
Vitesse de déplacement maximale	0.015 [m/s]
Courses XxYxZ	450x320x175 [mm]
Courses axe U et V	± 50 [mm]
Angle de dépouille	0° à 30°
Hauteur de la pièce	200 [mm]
Poids maximal de la pièce	800 [Kg]
Dimensions maximales de la pièce	1100x760 [mm]

La machine est composée de plusieurs modules (voir figure II-2) :

- La partie opérative est composée de la structure mécanique, des pré-actionneurs, des actionneurs, des capteurs, de circuit hydraulique et pneumatique.
- La partie commande.
- La partie pupitre.
- Les interfaces d'entrées/sorties.
- Le circuit d'alimentation.

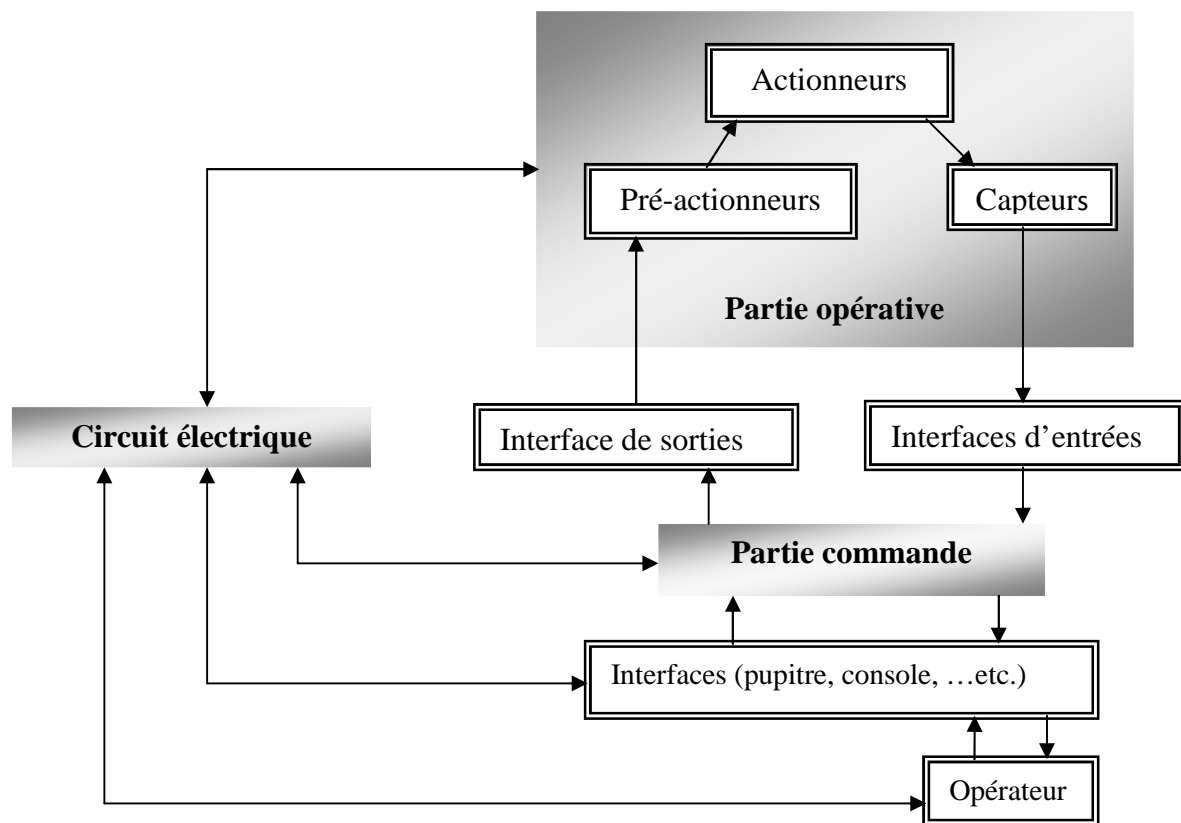


Figure II- 2 : Différents modules de la machine

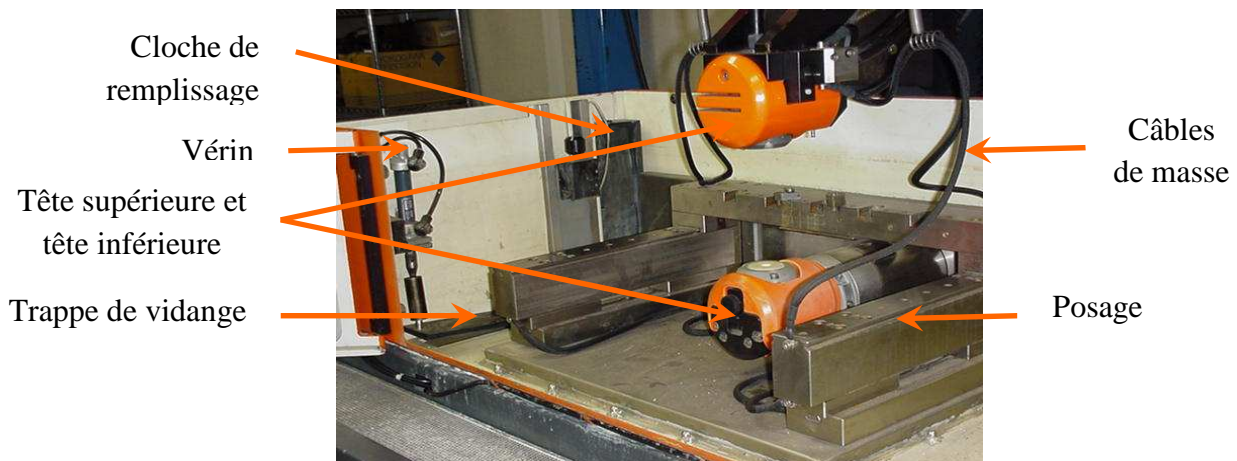
II.1. Partie opérative :

Dite aussi la partie puissance, elle opère directement sur la matière où les actions sont exécutées sous l'ordre de la partie commande. Elle comprend :

II.1.1. La structure mécanique : La machine est composée essentiellement de :

II.1.1.1. Bac de travail :

L'usinage des pièces se fait dans cette partie de la machine (Voir la figure II-3), il est constitué de :



FigureII-3 : Bac de travail

II.1.1.1.1. Posage :

C'est le support de la pièce. Il est parfois avantageux de fabriquer des posages spéciaux permettant de mieux tenir la pièce et de fixer ces posages sur le cadre de bridage.

II.1.1.1.2. Cadre de bridage :

Afin de faciliter le positionnement des pièces avant l'usinage, charmilles propose un cadre de bridage qui assure la fixation rigide de la pièce durant l'usinage et ne pas gêner les déplacements.

Pour qu'une pièce soit convenablement bridée, il faut tout d'abord que son support soit stable donc que les pièces de bridage soient propres.

Lors du bridage des pièces, il faut s'assurer que la chute est libre c'est-à-dire qu'elle ne repose pas sur le support et qu'elle n'est pas tenue par la bride si non la pièce risque de subir des déformations.

II.1.1.1.3. Câbles de masse :

On branche les câbles de masse sur les supports pour avoir une meilleure circulation du courant et des échanges de pièce plus faciles.

II.1.1.1.4. Œilleton de centrage :

Il doit être monter sur le cadre de bridage pour permettre les mesures «Alignement fil»

et «distance guide», pour lesquels un orifice percé dans la pièce ne convient pas. Il faut passer le fil dans l'œilleton et s'assurer qu'il n'y ait pas de contact entre eaux.

II.1.1.1.5. La trappe de vidange :

Elle est commandée par un vérin pneumatique double effet.

II.1.1.1.6. Cloche de remplissage de bac :

Elle sert à rabattre le jet d'eau lors de remplissage de bac.

II.1.1.1.7. Tête supérieure et inférieure :

Contient la partie responsable au chargement du fil (contact supérieur et inférieur), et sert à guider le fil (guide supérieur et inférieur).

II.1.1.2. Réservoir :

D'une capacité de 560 litres (Voir la figure II-4). Il sert principalement :

Symbole :

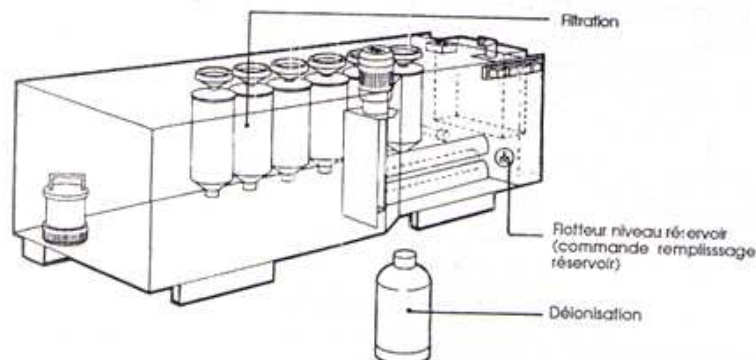


Figure II-4 : Réservoir

- a. Au stockage de la quantité d'eau nécessaire au fonctionnement correct de la machine.
- b. À protéger l'eau contre les éléments extérieurs nuisibles.
- c. Comme support aux autres composants du groupe hydraulique tels que les moteurs qui entraînent les pompes (pompe de remplissage, pompe de circulation).

Il contient essentiellement :

II.1.1.2.1. Les moteurs :

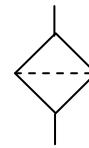
L'un entraîne la pompe de circulation et l'autre entraîne la pompe de remplissage de bac.

II.1.1.2.2 Echangeur de chaleur :

Cet appareil est destiné à transmettre la chaleur d'un fluide à un autre. Les fluides sont séparés par une paroi, à travers laquelle les échanges thermiques se font, l'eau froide circule de dans pour refroidir l'eau du réservoir (température comprise entre 19 et 22°C).

II.1.1.2.3 Filtres :

Cet appareil a pour fonction de bloquer les poussières, la matière érodée et les particules d'impuretés qui viennent de bac de travail.



II.1.1.3 Décanteur :

Il contient l'eau aspirée de la tête supérieure par la pompe d'aspiration (Voir figure II-5).

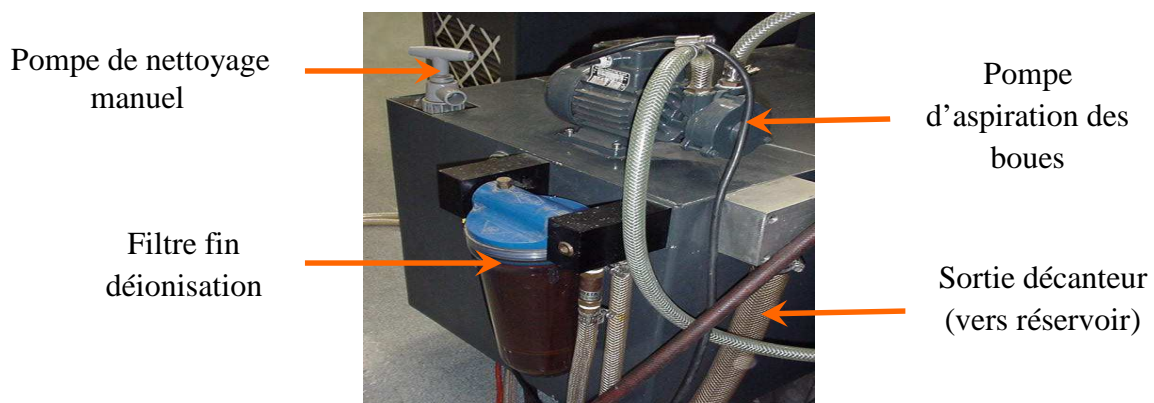


Figure II- 5 : Décanteur

II.1.1.4. Bouteille de déionisation : (voir la figure II-6)

Elle contient des résines organiques avides d'ions. La déionisation de l'eau est une distillation chimique, c'est-à-dire que les ions des minéraux dissous dans l'eau sont «capturés» par des résines organiques avides d'ions. Ces résines sont contenues dans des bouteilles en plastique.

Deux indicateurs lumineux sur le réservoir indiquent la qualité de l'eau à l'entrée et à la sortie de la bouteille, et ils doivent être tous les deux allumés. L'eau déionisée de notre machine devrait avoir une conductivité électrique de l'ordre de 10-15 μ S/m

(microSiemens/mètre) ou inférieure, surtout en finition. Lors de l'ébauche on peut tolérer une conductivité de 30 μ S/m.

Cependant, la lampe contrôlant l'eau provenant du bac s'allume si la conductivité est inférieure à 100 μ S/M, la lampe contrôlant l'eau à la sortie de la bouteille s'allume si la conductivité est supérieure à 5 μ S/M. (voir la figure II-6).

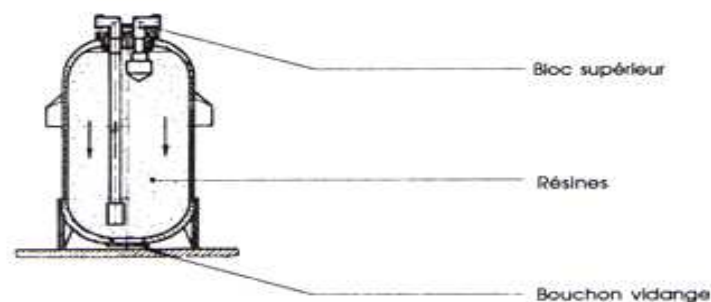


Figure II- 6 : La bouteille déionisation

II.1.1.5. Tonneau de récupération :

Il récupère le fil usé. La capacité de récupération de ce tonneau est d'ordre de 16 Kg.

II.1.1.6. Recuit :

Ce dispositif permet de redresser et de couper le fil sans bavure, ce qui facilite l'introduction dans la tête supérieure et inférieure comme illustrer dans la figure II-7.

- Tendre le fil (2) et le mettre en appui sur les deux contacts (1).
- Attendre quelques secondes : le fil s'allonge légèrement et se coupe au niveau de la pièce (3).

Le fil est alors parfaitement droit et peut être enfilé sans problème dans les guides.

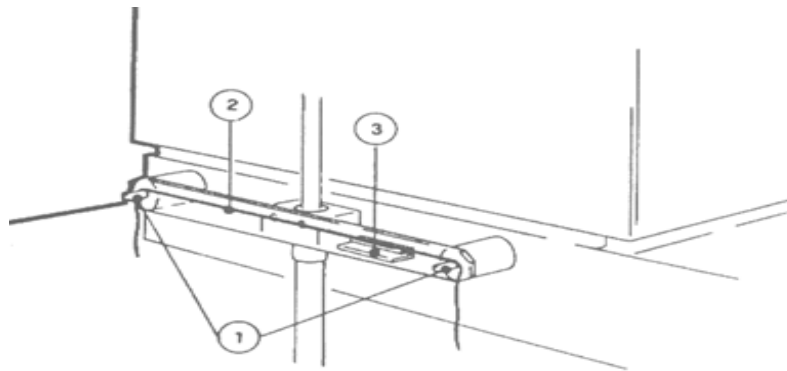


Figure II-7 : Recuit manuel

II.1.1.7. Plaque frontale : ensemble capteur vitesse fil, frein, moteur d'enfilage.

II.1.1.8. Comparateur :

Instrument de mesure par comparaison permettant de relever des écarts par rapport à un étalon ou à une référence (souvent une surface).

Dans notre machine on l'utilise pour dégauchir la pièce.

II.1.1.9 Diélectrique :

Le procédé d'usinage par étincelage s'effectue dans un fluide non-conducteur d'électricité : le diélectrique.

Arrosage : on distingue deux types d'arrosage : -par tête supérieur.

-par tête inférieur.

Qui peuvent être sélectionné soit par : -Un programme.

-Les boutons du panneau avant.

Ils sont réglables manuellement entre 0 et 2.5 bar.

1- Par programme : par des fonctions M modale (M07-injection supérieure, M08-injection inférieure, M09-arrêt injection), elles sont arrêtées en cas d'erreurs ou de suspension d'exécution de programme, elles sont automatiquement rétablies lors de la reprise de l'exécution. Elles sont enclenchées par défaut au début du programme.

2-Manuellement : ces deux types d'arrosage peuvent être sélectionnés sur le panneau de commande que l'usinage soit enclenchée ou non, ils sont interrompus par le bouton «déclenchement des injections».

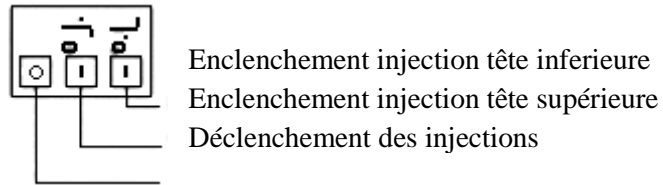


Figure II-8 : Injection supérieure et inférieure

Arrosages disponibles pendant l'usinage sont :

- **Injection centrale** (tête supérieure): réglable de 0 à 2.5 bars.
- **Injection centrale et concentrique** (tête inférieure): réglable de 0 à 2.5 bars.

Une injection basse pression fixe pour éviter le dépôt de particules sur la tête quand l'injection haute pression n'est pas enclenchée (finition).

D'autres fonctions liées à l'arrosage sont disponibles :

- **Injection enfilage :** l'injection centrale supérieure est enclenchée automatiquement pendant la séquence d'enfilage, elle est réglable par une vis sur le boîtier d'arrosage.
- **Vidange bac :** elle est enclenchée automatiquement durant la séquence d'enfilage afin de ramener le niveau du diélectrique environ 30mm au-dessus du guide inférieur.
- **Lubrification contact :** elle est enclenchée dès que le bac est plein pour éviter les ruptures intempestives de fil. Elle varie en fonction de l'encrassement des filtres.
- **Maintien niveau :** il est enclenché dès que le bac est plein.
- **Aspiration des boues :** la pompe est automatiquement enclenchée durant l'ébauche pour évacuer les particules érodées vers le décanteur si les conditions suivantes sont toutes remplies :

- usinage en immersion.
- bac rempli.

- position de la tête au-dessus du niveau maximum du diélectrique dans le bac.
- injection guide inférieur enclenchée.

La pompe est automatiquement déclenchée durant la finition ou si l'une des conditions précédentes n'est pas remplies ou dans la séquence de coupure et d'enfilage.

II.1.1.10 Coffret pneumatique :

La machine possède un réseau de distribution d'air qui alimente le circuit pneumatique. Cette alimentation doit être calculer et conditionner afin d'être correctement utiliser. L'unité de conditionnement de l'air se compose essentiellement de trois dispositifs cruciaux (Voir la figure suivante) :

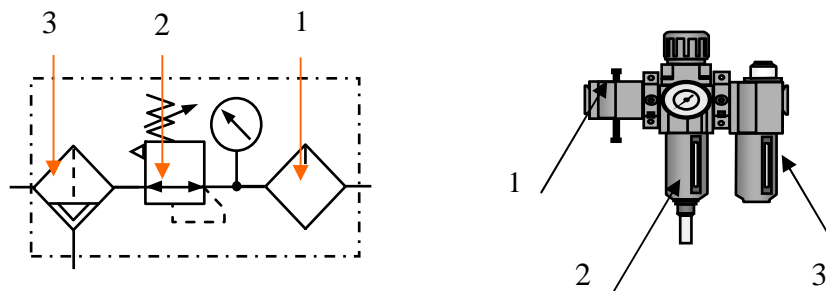


Figure II-9 : unité de conditionnement de l'air (FRL) et symbolisation

1-Filtre : Il élimine les eaux et les impuretés (l'humidité et la poussière) afin que l'air soit bien propre.

2-Régulateur de pression : Tous les appareils qui fonctionnent à l'air comprimé exigent une pression de fonctionnement optimale. Cette pression doit être maintenue à un niveau constant et réglable. Il est donc conseillé d'installer un régulateur de pression à l'entrée de chaque système pneumatique.

3-Lubrificateur : L'huile est parfaitement dosée pour être mélangé à l'air comprimé envoyé par le réseau afin de lubrifier les pièces en mouvement.

II.1.2 Les pré-actionneurs :

Un pré-actionneur est un constituant de gestion de l'énergie de commande d'un actionneur, il sert à mettre en service ou hors service un actionneur, une machine ou une installation. Il permet d'assurer en toute sécurité la bonne marche d'un équipement.

II.1.2.1 Distributeur :

Les distributeurs sont les accessoires les plus utilisés dans les technologies pneumatiques et hydrauliques ; ce sont les organes de communication des deux technologies, ils feront en sorte de laisser se propager ou non un signal pneumatique ou hydraulique.

Sur le robofil 400 deux types de distributeurs sont utilisés selon leur nombre d'orifices, de position et leurs sens de passage dans chaque position (pression, échappement). Ces derniers sont commandés par une tension de 24V.

II.1.2.1.1 Distributeur (2/2) : (bloqueur (2/2)) Ils sont utilisés généralement pour le blocage (Figure II.10).

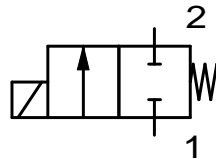


Figure II-10 : distributeur 2/2 fermé au repos

On distingue cinq distributeurs de ce type dans la machine :

Le 1^{er} est utilisé pour le remplissage de réservoir.

Le 2^{ème} est utilisé pour l'injection enfilage.

Le 3^{ème} est utilisé pour l'injection concentrique et l'injection centrale.

Le 4^{ème} est utilisé pour l'injection usinage.

Le 5^{ème} est utilisé pour lubrification contact.

II.1.2.1.2 Distributeur (3/2) : On distingue trois distributeurs de ce type dans la machine

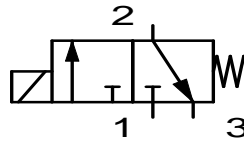


Figure II-11 : distributeur 3/2

- Un est utilisé pour avance couteau.
- L'autre pour le retrait couteau.
- Le dernier est utilisé pour le retrait contact.

II.1.2.2 Vanne thermostatique :

Elle se ferme et s'ouvre en fonction de la température du réservoir. Si la température augmente ($>22^{\circ}\text{C}$), on aura l'ouverture de la vanne pour faire refroidir l'eau, sinon elle reste fermer.

II.1.3. Les actionneurs :

Les actionneurs sont des appareils de transformation d'énergie. Ils permettent d'obtenir l'énergie nécessaire au bon fonctionnement de la machine à partir de l'énergie disponible dans l'équipement (pneumatique, hydraulique ou électrique). Ils sont indispensables dans une machine, car ce sont eux qui créent l'action.



Les actionneurs de la machine sont : vérin double effet et des moteurs.

II.1.3.1 Vérin double effet (voir figure II-12) :

Transforme l'énergie pneumatique en énergie mécanique de mouvement rectiligne, il

développe une force disponible à l'aller comme au retour pour produire un travail. Il a deux directions de travail et comporte deux orifices d'alimentation.

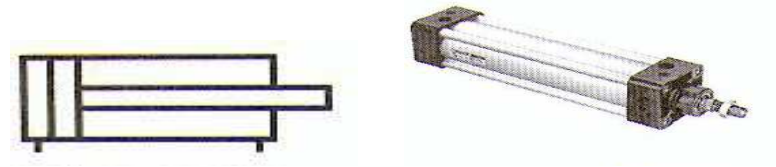


Figure II-12 : Vérin double effet

II.1.3.2 Moteur électrique :

Un moteur est une machine électrique servant à transformer l'énergie électrique en énergie mécanique. Il est basé sur le principe de l'action d'un champ tournant statorique et l'induction des courants rotoriques.

II.1.3.2.1 Moteur triphasé asynchrone :

Il possède une plaque à borne composée de trois enroulements que l'on peut coupler en étoile ou en triangle. Il peut avoir deux sens de rotation. Son circuit de puissance comporte une protection contre les courts circuits par fusible, et contre la surchauffe par un relais thermique, ainsi qu'un contacteur pour la commande.

Dans la machine étudiée on dispose de quatre moteurs asynchrones à un seul sens de rotation. Ils servent à entraîner les pompes suivantes : la pompe de remplissage, d'aspiration des boues, de circulation de diélectrique et la pompe de graissage



Figure II-13 : Moteur asynchrone

II.1.3.2.2 Moteur à courant continu :

C'est un actionneur qui transforme la tension continue en un couple mécanique capable de produire un travail. Il a deux sens de rotation selon le courant qui le traverse. Sa caractéristique mécanique linéaire qui facilite sa commande est la suivante :

$$C=f(N)$$

C : Le couple ; **N** : La vitesse de rotation ;

Dans notre machine, on a neuf moteurs de ce type : cinq moteurs pour les axes, moteur poussoir, d'enfilage, moteur frein et moteur d'entraînement fil.

Tableau II-2 : Les moteurs de la machine

Nomenclature	Rôle
M1	Moteur qui entraîne la pompe de circulation de diélectrique
M2	Moteur qui entraîne la pompe de remplissage du bac
M3	Moteur qui entraîne la pompe d'aspiration des boues
M4	Moteur qui entraîne la pompe de graissage
M5	Moteur de l'axe Z -2 sens de rotation -Excitation séparé -Avec frein
M6	Moteur poussoir -1 sens de rotation -Excitation séparé
M7	Moteur de l'axe X -2 sens de rotation -Excitation séparé -Avec frein
M8	Moteur l'axe Y -2 sens de rotation

	-Excitation séparé -Avec frein
M9	Moteur frein -1 sens de rotation -Excitation séparé
M10	Moteur d'enfilage -1 sens de rotation -Excitation séparé
M11	Moteur d'entraînement fil -2 sens de rotation -Excitation séparé
M12	Moteur de l'axe U -2 sens de rotation -Excitation séparé -Avec frein
M13	Moteur de l'axe V -2 sens de rotation -Excitation séparé Avec frein

II.1.3.2.3 Electro-frein :

C'est un organe électromécanique composé d'une bobine et d'un dispositif de freinage. Lorsque le moteur est en marche, la bobine est désexcitée c'est-à-dire que l'électro-frein est au repos, et lorsqu'on coupe l'alimentation du moteur la bobine excitatrice est alimentée automatiquement et actionne le dispositif de freinage.

II.1.4 Les capteurs :

Un capteur est un objet technique de prélèvement d'information sur un processus. Il réalise la conversion d'une grandeur physique mesurée (grandeur d'entrée) en une grandeur électrique accessible c'est-à-dire qu'elle est exploitable pour un composant de traitement (grandeur de sortie).

II.1.4.1 Principe de fonctionnement :

Un capteur délivre un signal proportionnel à la grandeur qu'il mesure. Il prélève une information sur le comportement de la partie opérative et la transforme en une information exploitable par la partie commande.

L'information délivrée par un capteur peut être logique (deux états 1 ou 0), numérique (valeur discrète), analogique (dans ce cas il faudrait adjoindre à la partie commande un module de conversion numérique).

En règle générale, l'élément sensible du capteur est lié à un transducteur ou transducteur permettant la transformation du déplacement ou de la déformation de cet élément sensible en un signal ou une indication de mesure comme illustrer dans la figure suivante :

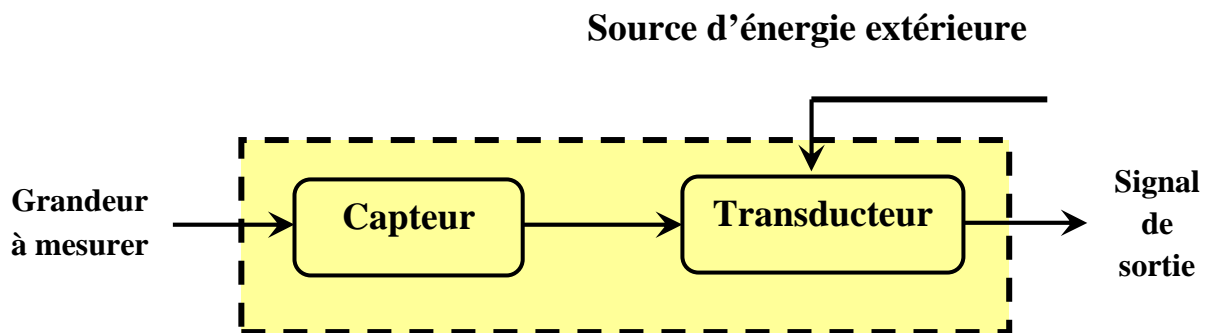


Figure II-14 : Schéma simplifié d'un capteur

II.1.4.2 Types de capteurs : On peut classer les capteurs selon trois critères :

- En fonction de la grandeur mesurée : Capteur de position, de température, etc.
- En fonction du caractère de l'information délivrée : Capteur logique, capteur analogique.
- En fonction de conception et principe de fonctionnement : Capteur mécanique, capteur électrique, etc.

II.1.4.2.1 Capteur de position :

II.1.4.2.1.1 Capteur de position à contact mécanique : Les capteurs de positions à contact mécanique nommés aussi «interrupteurs de fin de course» sont des capteurs mesurant la présence d'un objet par contact avec un organe de commande qui peut être un galet ou autres

dispositifs mécaniques de genre. Le contact est généralement maintenu à sa position de repos par un ressort.

Dans la machine étudiée, les capteurs de position utilisés sont de types TOR, ils peuvent prendre deux états : en repos et actionné, à chaque état correspond un signal de sortie (1ou0). Les capteurs de position utilisés dans la machine robofil 400 sont illustrés dans la figure II-16. Ils sont au niveau de : porte bac, capot plaque frontale, de capot partie arrière de la machine, capot parie évacuation fil.

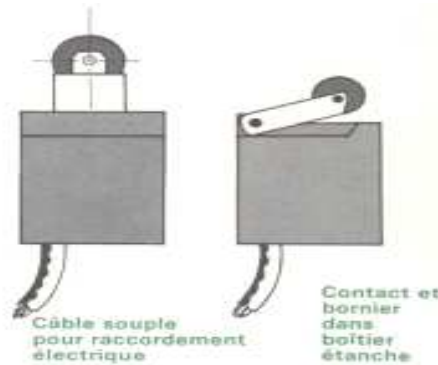


Figure II-15 : Capteur fin de course

II.1.4.2.1.2 Codeur linéaire incrémental :

C'est un système de mesure linéaire incrémental, dont la position actuelle est définie par rapport à un point d'origine et par comptage des pas de mesure.



Figure II-16 : Codeur linéaire incrémental (règle de mesure)

Il travaille selon le principe de balayage photoélectrique, il s'effectue sans contact et donc sans usure. On considère d'une manière simplifiée, le principe de balayage photoélectrique comme suit : deux divisions de traits – la règle graduée et réticule de balayage- avec périodes

de divisions identiques ou similaires sont déplacés l'un par rapport à l'autre. Le support du réticule de balayage est transparent, ainsi que le support de mesure.

Lorsque la lumière parallèle traverse un réseau de traits, des champs clairs / obscurs sont projetés à une distance donnée. A cet endroit, se trouve un réticule opposé et avec la même période de division.

Lorsque les deux réseaux de traits se déplacent l'un par rapport à l'autre, la lumière passante est modulée : si les interstices entre les traits sont en face les uns des autres, la lumière passe ; si les traits recouvrent les interstices, on obtient l'ombre (on aura l'incrémentation quand la lumière passe).

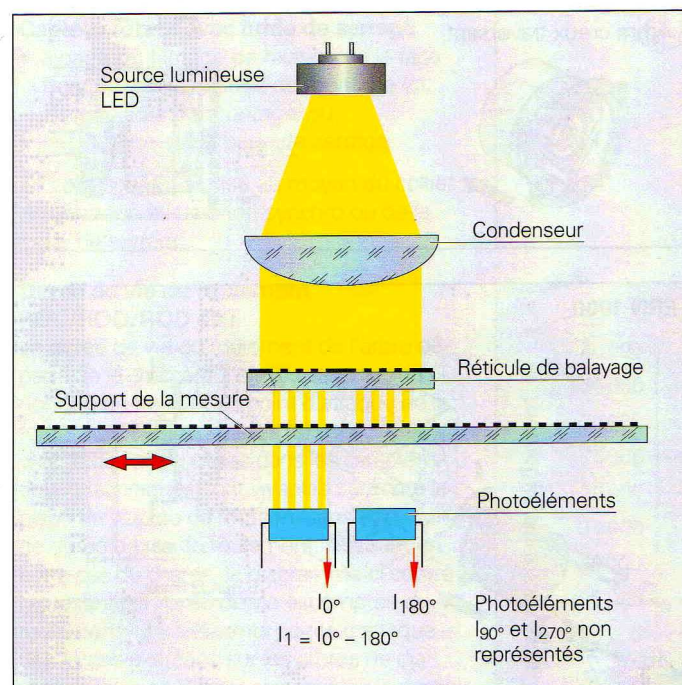


Figure II-17 : Le principe de balayage photoélectrique

Notre machine possède 5 capteurs de ce type liés aux axes.

II.1.4.2.1.3. Codeur rotatif (voir figure II-18) :

Le codeur rotatif est un capteur qui délivre une information d'angle, en mesurant la rotation effectuée autour d'un axe. L'information de vitesse peut alors être déduite de la

variation de la position par rapport au temps. Il travaille avec le même principe que les règles de mesure.

Sur les capteurs rotatifs, on distingue un disque gradué du système de mesure relié directement à l'arbre moteur. La tête captrice est guidée sur l'arbre en utilisant un roulement à bille et soutenue par l'accouplement statorique. Lors d'une accélération angulaire de l'arbre, celui-ci enregistre seulement le couple de rotation résultant du frottement.

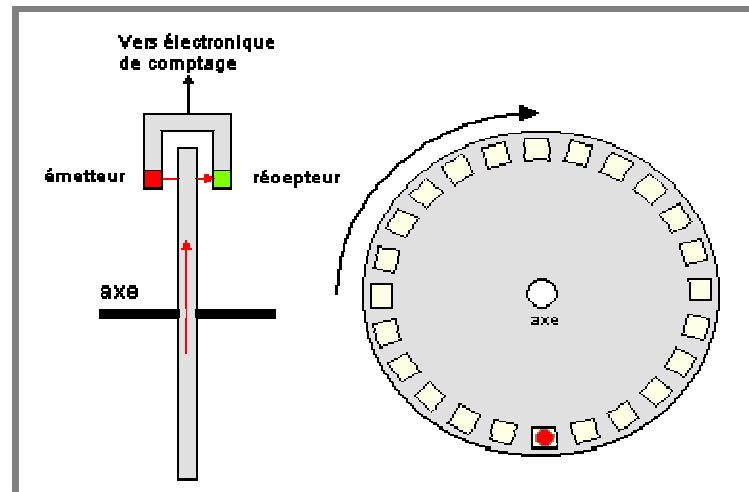


Figure II-18 : Codeur incrémental

Dans notre machine, ce type de capteur se trouve au niveau de la plaque frontale pour détecter la vitesse de fil.

II.1.4.2.2. Capteurs de température (sonde de température) :

Les sondes de température sont des capteurs permettant de transformer l'effet du réchauffement ou du refroidissement sur leurs composants en signal électrique, les sondes sont branchées à des convertisseurs qui transforment le faible signal en tension 0-20V ou en courant 4-20mA interprétable par les automates ou les afficheurs numériques.

Parmi les capteurs de température les plus utilisés, nous avons retenu :

II.1.4.2.2.1. Thermomètre à résistance :

La sonde de température de type platine Pt100 est un capteur de température, son principe repose sur la variation de résistance en fonction de la température du conducteur de platine.

Pt100 signifie que le capteur présente une résistance de 100 ohms à 0°C (138.5 ohms à 100°C).

La variation de la résistance est quasiment linéaire en fonction de la température, elle est donnée par la relation suivante :

$$R = R_0(1 + a\theta + b\theta^2 + c\theta^3)$$

avec **theta** la température en °C, **R₀** la résistance à 0°C, **a**, **b** et **c** des coefficients positifs, spécifiques au métal.

C'est le platine qui est le matériau le plus utilisé. Un exemple d'élément sensible est donné pour une sonde de platine, sur la figure II-19 :

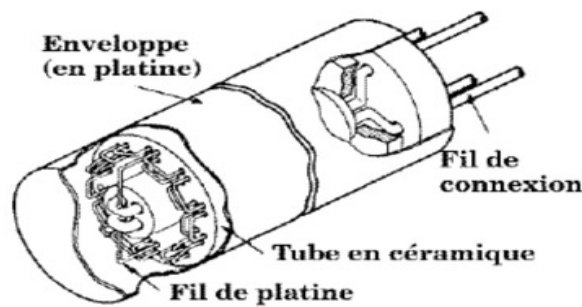


Figure II-19 : Sonde PT100

Notre machine possède deux sondes de ce type dans le réservoir pour satisfaire les conditions d'usage (avoir la température entre 19 et 22°C).

II.1.4.2.3. Capteurs de proximité inductif :

Les capteurs inductifs produisent, à l'extrémité de leur tête de détection, un champ magnétique oscillant (Figure II-20). Ce champ est généré par une self et une capacité montées en parallèle. Lorsqu'un objet métallique pénètre dans ce champ, il y a perturbation de ce champ puis atténuation du champ oscillant. Cette variation est exploitée par un amplificateur qui délivre un signal de sortie. Le capteur commute.

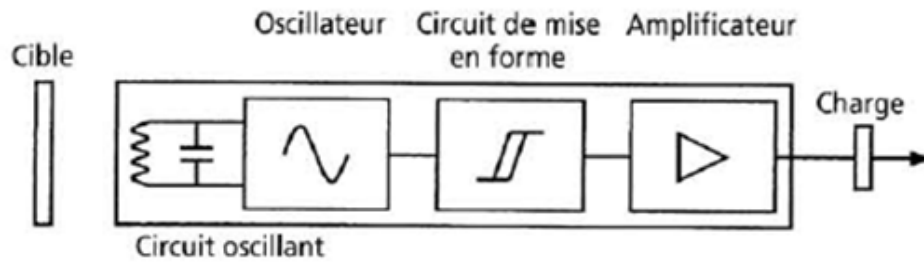


Figure II-20 : Capteur inductif

Avantage :

- pas de contact physique avec l'objet détecté: possibilité de détecter des objets fragiles, fraîchement peints.
- pas d'usure, durée de vie indépendante du nombre de manœuvres.
- détecteur statique, pas de pièces en mouvement.
- produit entièrement encapsulé dans la résine (étanche).
- très bonne tenue à l'environnement industriel (atmosphère polluante).

On trouve ce type de capteur à la partie arrière de la machine pour détecter que le fil est enfilé.

II.1.4.2.4.Flotteur :

Le flotteur se maintient à la surface du liquide. Il est solidaire d'un capteur de position qui délivre un signal électrique correspondant au niveau. Sa position est peu dépendante de la masse volumique de liquide.

Dans notre machine on a trois flotteurs : l'un se trouve au niveau de réservoir, l'autre dans le bac, et le troisième au niveau de réservoir de graissage, ont pour but de maintenir le niveau.

II.1.4.2.5.Capteur de pression :**II.1.4.2.5.1.Manomètre à membrane :**

Il indique la pression de l'eau de service dans les différents organes hydrauliques, dès que le moteur qui entraîne la pompe de circulation est mis en marche.

Le manomètre donne une indication prédéfinie et la pression du fluide est mesurée par rapport à une pression de référence qui doit être réglée entre 0 et 2.5 bars.

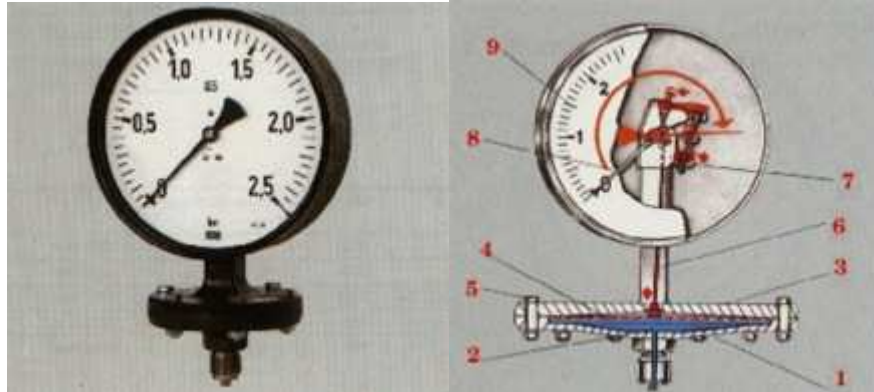


Figure II-21 : Manomètre de membrane

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1. Bride inférieur. | 2. Chambre de pression. |
| 3. Bride supérieure | 4. La membrane. |
| 5. Vis | 6. Engrenage. |
| 7. Aiguille | 8. Cadran |

Il nous donne aussi une information sur l'état des filtres (si les filtres sont encrassés, l'aiguille de manomètre ne dépasse pas le zéro, donc il faut les changer).

II.1.4.2.5.2. Capteur de pression (pressostat) :

Le détecteur de pression utilise un organe mécanique pour provoquer la commutation si la pression est suffisante (voir la figure II-22).

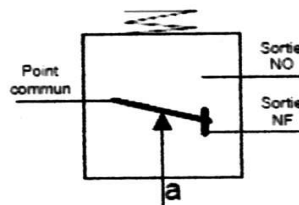


Figure II-22 : capteur de pression

On a ce type de capteur au niveau de réservoir de graissage dans le but de délivrer en sortie un signal (il dépend de la pression de la graisse au niveau des canalisations) qui agit sur la rotation de moteur de graissage (pompe de graissage).

II.1.4.2.6. Tachymètre (voir la figure II-23) :

Elle délivre une tension proportionnelle à sa vitesse de rotation. Son principal domaine d'application se situe dans la régulation de vitesse d'un moteur électrique.

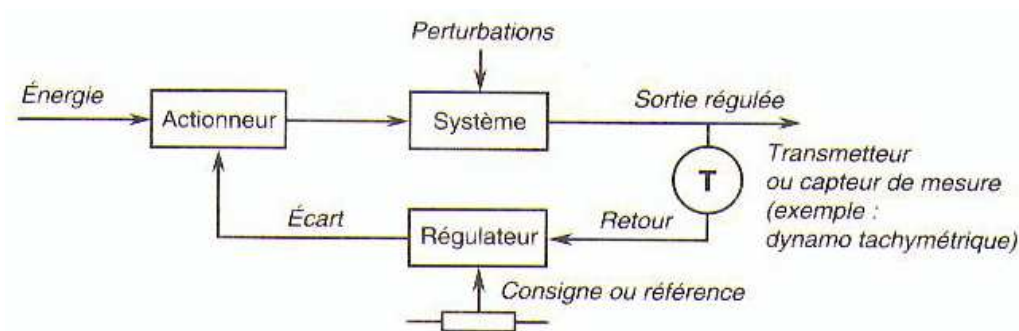


Figure II-23 : Boucle de régulation (réduction de perturbations)

En cas de perturbation, la sortie varie et le retour est modifié. L'écart entre la consigne et le retour appliqué au régulateur agit sur l'actionneur suivant une loi mathématique déterminée afin de réduire et d'annuler la perturbation (boucle de régulation). Elle mesure la fréquence de rotation ou la vitesse linéaire d'un mobile en mouvement.

Dans notre machine, elle se trouve au niveau des cinq axes.

II.1.4.2.7. Capteur de niveau :

Ce capteur se monte sur la paroi d'un réservoir afin de contrôler le niveau sous où ans pression. Il a un contact anti vibratoire normalement ouvert ou normalement fermé.

On le trouve au niveau de bac de travail pour avoir le niveau d'enfilage.

Tableau II-3 : Les capteurs de la machine

Nomenclature	Rôle
S1	Maintien niveau bac
S3	Niveau d'enfilage
S4	Maintien niveau réservoir
S5	La vitesse de fil
S6	La présence de la pression
S7	Niveau haut de réservoir de graissage
S8	Fin de cours positive de l'axe Z
S9	Fin de cours négative de l'axe Z
S10	Fin de cours positive de l'axe Y
S11	Fin de cours négative de l'axe Y
S12	Fin de cours positive de l'axe X
S13	Fin de cours négative de l'axe X
S14	Fin de cours positive de l'axe U
S15	Fin de cours négative de l'axe U
S16	Fin de cours positive de l'axe V
S17	Fin de cours négative de l'axe V
S18	Contact capot avant
S19	Contact capot arrière
S21	Microcontact porte bac
S22	Contact fil évacué
S23	Surveillance réseau pneumatique 5bar
S24	Détecteur basse température
S24	Détecteur haute température

II.1.5. Le circuit hydraulique : (voir la figure au niveau de l'annexe A)

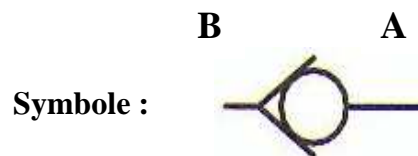
La partie hydraulique est constituée de plusieurs organes qui sont :

II.1.5.1. Les tuyauteries : C'est un ensemble de tuyaux conduisant l'eau entre les différents composants de la machine.

II.1.5.2. Clapet anti-retour : Il permet la libre circulation de fluide dans un sens et la bloquer dans l'autre sens. Il fonctionne comme suit :

1- L'arrivée de l'eau de **A** vers **B** : l'eau ouvre le clapet et passe vers B.

2- De **B** vers **A** : l'arrivée de l'eau provoque la fermeture de clapet.



II.1.5.3. Valve de réglage de débit : Elle règle le débit d'air ou de l'eau afin d'assurer le réglage de la pression des injections.



II.1.5.4. Flotteur:

II.1.5.5. Les pompes:

Leur fonction est assurer l'alimentation en eau de circuit hydraulique, on a :



II.1.5.5.1. La pompe de circulation :

Elle est chargée de circuler l'eau contenue dans le réservoir entre les différents composants de circuit hydraulique pour assurer la filtration, la dé-ionisation et les injections.

II.1.5.5.2. La pompe de remplissage : elle est chargée de remplir le bac.

II.1.5.5.3. La pompe d'aspiration des boues (au niveau de décanteur) :

Elle est chargée d'aspirer les boues dans la tête supérieur.

II.1.5.5.4. La pompe de graissage : elle a pour but le graissage les axes.

II.1.5.6. Echangeur de chaleur

II.1.5.7. Filtre

II.1.5.8. Bouteille dé-ionisation

II.1.6. Le circuit pneumatique : (Voir l'annexe A).

II.2. Partie commande :

C'est le cerveau de la machine, qui commande le déroulement du cycle de travail c'est-à-dire il émet des ordres vers la partie opérative pour commander les actionneurs (moteur, Vérins...) via le pré-actionneurs et en reçoit des signaux en retour par les capteurs qui rendent compte de l'état de la machine, afin de coordonner ses actions, autrement dit elle regroupe les différentes commandes nécessaires au bon fonctionnement de la machine (déplacement, usinage, injection,...).

La partie commande de notre machine est réalisée en logique câblée.

L'armoire électrique est placée à droite de la machine reliée au coffret machine par un faisceau des câbles électriques.

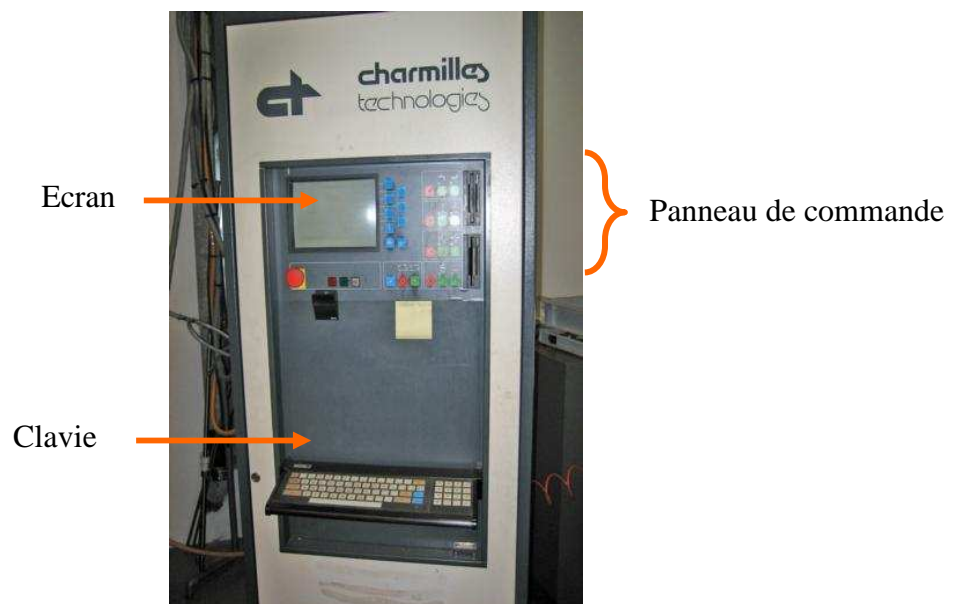


Figure II-24 : Armoire électrique

II.2.1. Le variateur de vitesse :

Le variateur de vitesse est un dispositif électronique destiné à commander la vitesse d'un moteur électrique, il est aussi appelé variateurs de fréquence. Il est destiné à piloter les moteurs électriques d'une façon à pouvoir faire varier ses vitesses de manière continue de l'arrêt jusqu'à la vitesse nominal.

Dans le cas d'un moteur à courant continu, la vitesse de rotation du rotor n'est plus donnée par la fréquence de la tension en sortie du variateur mais par la force électromotrice de la machine. C'est le hacheur de sortie qui adapte la tension de sortie du variateur à la vitesse désirée comme illustrer dans la figure suivante :

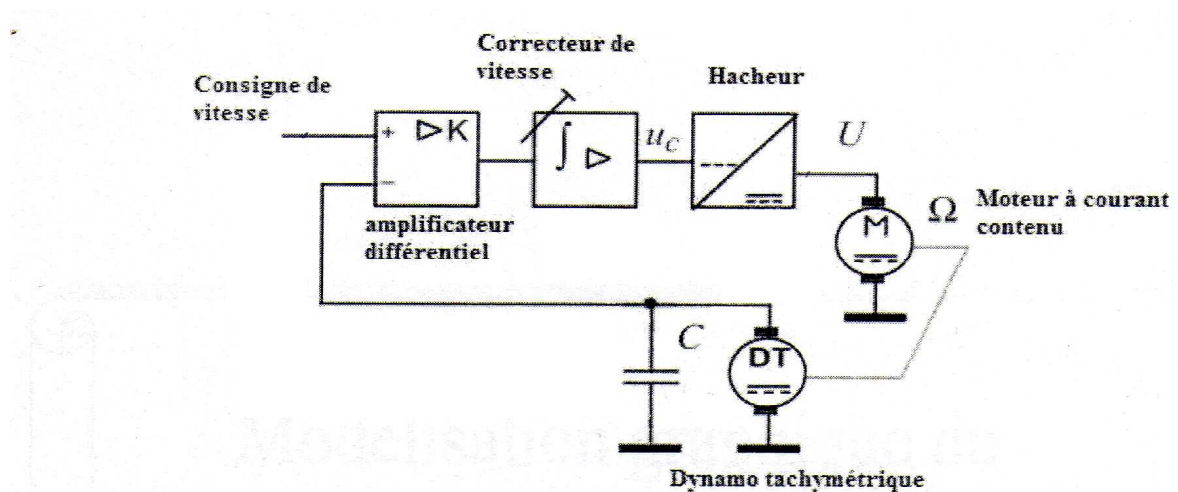


Figure II-25 : schéma fonctionnel d'un variateur de vitesse pour un moteur à courant continu

On utilise généralement un pont en H et un PWM pour faire varier la vitesse. Il va recréer en sortie une tension continue variable en amplitude.

II.3. Pupitre de commande (Partie relation (PR)) :

Sa complexité et sa taille dépendent de l'importance du système. Il permet à l'opérateur, par le biais de la partie commande d'envoyer des consignes vers la partie opérative, et d'autre

part, de recevoir des comptes rendus visualisés à l'aide de voyants lumineux et l'écran. Il est constitué d'un panneau de commande, d'un clavier et d'une commande à distance :

II.3.1. Panneau de commande : Un ensemble de boutons et touches qui ont pour but de mettre la machine en marche et activer les fonctions nécessaires pour avoir un bon usinage (vitesse fil, les injections, l'enfilage...).

II.3.2. Le clavier : permet d'entrer les données (si on veut changer les paramètres liés à l'usinage par exemple : les coordonnées machine...) et valider les fonctions : la fonction exécution...

II.3.3. La commande à distance : C'est une commande manuelle, elle sert à commander quelques paramètres liés à l'usinage (voir la figure II-26) :

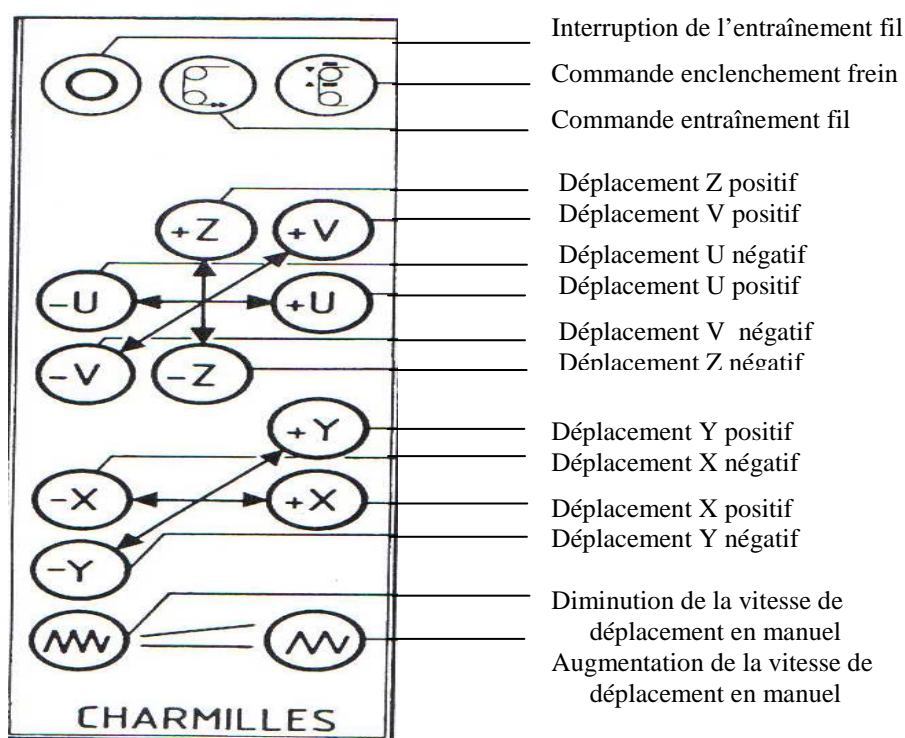


Figure II-26 : commande à distance

Remarque : Pendant le fonctionnement, un dialogue continu s'établit entre les trois parties du système, permettant aussi le déroulement correct du cycle défini dans le cahier des charges.

IV. Langage de programmation :

Avant d'usiner une pièce il faut écrire le programme définissant son contour par une suite de segment géométrique et des conditions d'usinage.

L'écriture des programmes obéit à un certain nombre de règles qui ont été codifiées mondialement par les normes ISO. La programmation s'effectue en utilisant le langage machine. Le programme contient l'ensemble des instructions nécessaire à la machine pour la réalisation de la pièce. Ces instructions apparaissent dans un certain nombre de ligne de commande ou bloc.

Chaque bloc contient des mots formés à l'aide des caractères pour êtres compris par la machine. Un programme doit être construit en respectant les règles de la syntaxe du langage utilisé.

Un non respect de ces règles provoquera l'envoi d'un message d'erreur et parfois l'arrêt de la machine.

IV. Systèmes d'axes :**IV.1. Système de coordonnées absolue X, Y, Z, U, V :**

Il est défini par les références des règles de mesure des axes, c'est à dire déplacer chaque axe jusqu'à sa fin de course en utilisant la commande à distance. Il suffit de détecter une seule des références (fin de course positive ou fin de course négative). La référence règle inférieure de l'axe Z n'est pas atteignable.

IV.2. Système de coordonnées machine :

Il est défini à partir du système de référence absolu par une translation AXO.
L'origine du système d'axes machine XY peut être choisie par édition des paramètres AXOX et AXOY.

L'origine du système d'axe machine UV doit coïncider avec la position du guide-fil supérieur telle que le fil soit perpendiculaire au plan de la table.
Cette condition est réalisée automatiquement par la touche ALIGNEMENT FIL qui détermine ainsi AXOU et AXOV.

L'origine de l'axe machine Z doit coïncider avec le guide-fil inférieur, cette condition est réalisée automatiquement par la fonction DISTANCE GUIDE qui détermine ainsi AXOZ.

IV.3. Système de coordonnées pièce :

Sur la machine, l'origine du système de coordonnées pièce sera définie par la position du fil lors du début du programme. Il n'y a pas d'axe Z dans le système de coordonnées pièce. Ces coordonnées ne représentent rien en dehors de l'exécution d'un programme pièce.

V. Fonctionnement de la machine :

- La mise sous tension de l'équipement en enclenchant l'interrupteur général qui se trouve au niveau de coffret machine.
- Enclencher l'armoire électrique en appuyant sur le bouton d'enclenchement des alimentations qui se trouve sur le panneau de commande.
- Vérifier le niveau d'huile dans le réservoir de graissage.
- Enclencher le groupe de graissage.
- Chercher les coordonnées absolues.

Avant d'entamer la trajectoire parcourue par le fil il faut d'abord sélectionner le type du fil utilisé en agissant sur la vanne trois-voies qui est illustrée sur la figure II-26 (laiton ou SW25X). Dans notre machine on utilise le SW25X (l'âme en acier enveloppée par l'acier) et régler la vitesse et la tension du fil.

On peut décomposer la trajectoire du fil en deux parties: pré-enfilage et enfilage manuel :

1. Pré enfilage : (voir la figure II-27)

- Monter une bobine enroulée du fil sélectionné,
- On fait passer le fil par les trois poulies en le redressant manuellement.
- On introduit le fil dans l'entonnoir (4), on abaisse le levier (1) de façon à le pincer entre le galet (3) et le volant (5) et on presse sur le bouton (2) qui enclenche la rotation du moteur de pré-enfilage donc du volant (5).
- Après environ 2s, on relâche le levier (1) et on vérifie que le fil sort à l'avant sous le frein. Dès que le fil sort, on presse sur (2) pour bloquer le moteur de pré-enfilage.

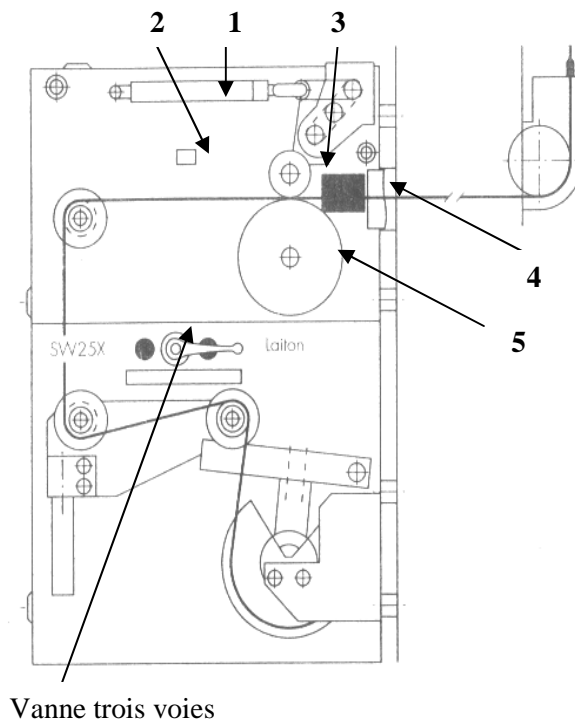


Figure II-27 : Le pré-enfilage

2. Enfilage (voir la figure II-28)

- On prend le fil sous la poulie-frein, on sélectionne la fonction manuelle et on presse sur la touche «enfilage» de la commande à distance, on enfile le fil dans le tube puis dans la tête supérieure.
- on fait passer le fil par le recuit manuel et on l'introduit dans la tête inférieure, à ce moment le moteur d'entraînement sera enclenché et entraine le fil.

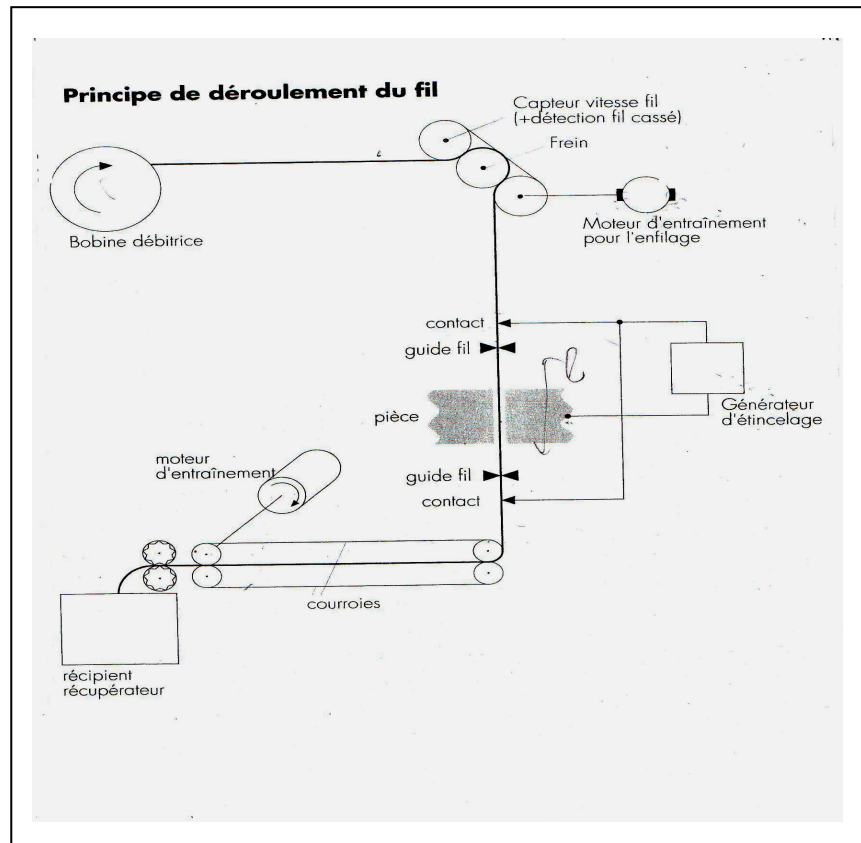


Figure II-28 : Principe de déroulement de fil

Après l'enfilage du fil on passe à la préparation de la pièce.

3. Préparation de la pièce :

- Les pièces doivent être soigneusement nettoyées pour éviter ses déséquilibre et ses déformation pendant l'usinage (avoir un mauvais usinage).
- Brider la pièce.
- Le dégauchissage de la pièce en utilisant un comparateur pour avoir les deux extrémités d'une face de la pièce sur la même ligne.

4. Le positionnement du fil par touche électrique de précision :

Le déplacement du fil vers la pièce dans la direction paraxiale est interrompu par la détection d'un contact électrique entre fil et pièce. Ce contact est automatiquement

réexécuté pour définir avec précision la position, on aura chargement des coordonnées X et Y après touche. Le fil est positionné à 0.5 de la face (la sélection de l'angle d'inclinaison du fil en cas de dépouille).

- Régler la pression des injections en agissant sur les boutons qui se trouvent au niveau de la plaque frontale.
- Assurer que le réservoir est plein (jusqu'au niveau S4) avec de l'eau.
- Vérifier que tous les capots de la machine et la porte du bac sont fermés.
- Insérer la disquette programme (qui contient le programme-pièce qu'on veut réaliser) dans le lecteur disquette D0 ou D1 au niveau de l'armoire électrique (il faut préciser le périphérique choisi).
- Taper le nom du fichier et le nom du programme-pièce.
- Régler manuellement le niveau d'eau dans le bac
- Appuyer sur le bouton remplissage : on a la fermeture automatique de la trappe de vidange et l'enclenchement de la pompe de remplissage avec de l'eau filtrée, déionisée, et à une température comprise entre 19°C et 22°C afin de réaliser une pièce de haute précision (ces conditions sont réalisées dans le réservoir).
- Appuyer sur le bouton exécution programme pour que l'usinage ait lieu : les axes se déplacent suivant le programme inséré (avant d'exécuter le programme il faut d'abord choisir le régime d'usinage : E1 : ébauche, E2 : ébauche plus finition, le gap, la vitesse et la tension du fil et la vitesse des axes) à ce moment on aura l'enclenchement de la pompe de circulation (l'enclenchement des injections) au niveau du réservoir.
- Après l'exécution du programme-pièce, tous les moteurs s'arrêtent. On appuyé sur le bouton vider le bac (la trappe s'ouvre), le fil se coupe, la machine est prête pour un autre cycle.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu sur la machine et son fonctionnement. Cette étude, nous a permis de conclure que l'automatisation de cette machine est nécessaire pour accélérer la production et surmonter les différents manques rencontrés quotidiennement. Ainsi, nous serons dans l'obligation d'apporter des modifications à la machine pour la rendre complètement automatique.

I. Introduction :

L'automatisation des installations industrielles ainsi que l'installation des nouveaux systèmes numériques de contrôle incitent à l'utilisation des nouvelles techniques d'analyses, de modélisation et de programmation tel que l'outil graphique GRAFCET.

Le GRAFCET est un outil de modélisation des systèmes séquentiels et il est utilisé plus particulièrement dans les parties commandes d'automatismes. Le fonctionnement de ces automatismes séquentiels peut être décomposé en un certain nombre d'étapes. Le passage (ou transition) d'une étape à une autre étape se fait à l'arrivée d'un événement particulier (réceptivité) auquel le système est réceptif.

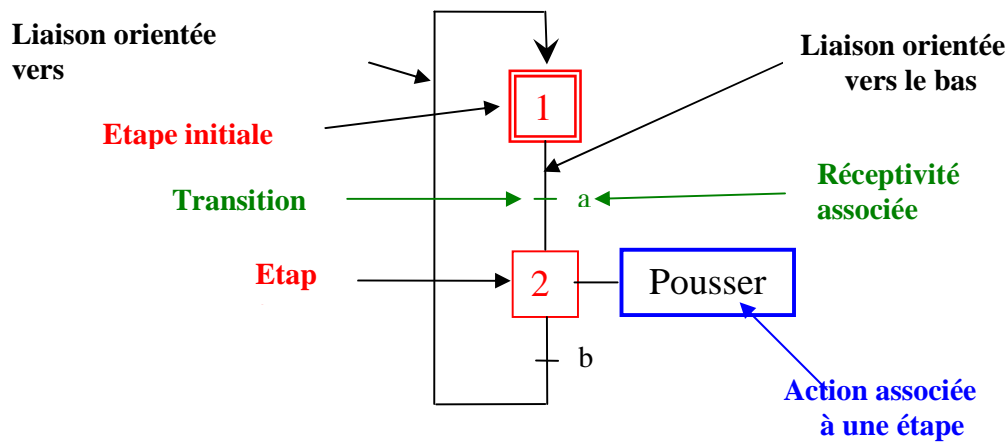
II. Définition du GRAFCET :

L'acronyme **GRAFCET** désigne **GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommandes **E**tapes-**T**ransitions. Le GRAFCET est un langage graphique qui sert à décrire, étudier, réaliser et exploiter les différents comportements de l'évolution des automatismes industriels séquentiels suivant un cahier des charges. Il est à la fois simple à utiliser et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser.

Lorsque le mot GRAFCET (en lettres capitales) est utilisé, il fait référence à l'outil de modélisation tandis que lorsque le mot grafcet est écrit (en lettres minuscules), il fait alors référence à un modèle obtenu à l'aide des règles du GRAFCET.

III. Eléments de base du GRAFCET :

Le GRAFCET est un graphe cyclique composé d'une succession alternée d'étapes auxquelles sont associées des actions, et de transitions auxquelles sont associées des réceptivités qui sont des conditions logiques qui doivent être remplies pour que la transition puisse être franchie. Des liaisons orientées relient soit les étapes aux transitions, soit les transitions aux étapes.



FigureIII-1 : Elément de base d'un GRAFCET

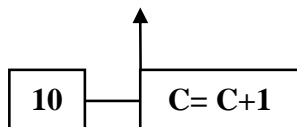
III.1. Action maintenue ou mémorisée :

Pour qu'une action reste maintenue lorsque l'étape qui l'a commandée vient d'être désactivée, il faut utiliser une action mémorisée.

En mode mémorisé c'est l'association d'une action à des « événements internes » qui permet d'indiquer qu'une variable de sortie prend et garde la valeur imposée si l'un des événements se produit.

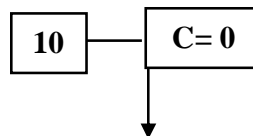
Action à l'activation et à la désactivation

Une action à l'activation est une action mémorisée lors de l'activation de l'étape liée à cette action.



Incrémentation du compteur C à l'activation de l'étape 10

Une action à la désactivation est une action mémorisée lors de la désactivation de l'étape liée à cette action.



Mise à 0 du compteur C à la désactivation de l'étape 10

IV. Règles d'évolution du GRAFCET :

L'évolution du GRAFCET correspond au changement d'état de l'automatisme, et est régie par les cinq règles suivantes :

Règle N° 1 : situation initiale

Les étapes initiales sont celles qui sont actives inconditionnellement au moment de la mise en marche du système. Elles sont représentées par un double carré. Les étapes initiales sont souvent des étapes d'attente pour ne pas effectuer une action dangereuse au début du cycle de fonctionnement de l'automatisme.

Règle N° 2 : Franchissement d'une transition

Une transition est dite franchissable si et seulement si toutes les étapes qui précèdent cette transition sont actives : on dit que la transition est validée et que la réceptivité associée à cette transition est vraie.

Règles N° 3 : Evolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition consiste à désactiver toutes les étapes en amont de cette transition et à activer toutes les étapes en aval. Les opérations d'activations et de désactivation sont indissociables et sont effectuées simultanément.

Règle N° 4 : Evolution simultanée

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies. La durée limite dépend du « temps de réponse » nécessaire à l'application.

Règle N° 5 : Activation et désactivation simultanée d'une étape

Lorsqu'une même étape doit être simultanément activée et désactivée, elle reste active. Une temporisation ou un compteur actionné par cette étape ne sera pas réinitialisé.

V. Structure de base du GRAFCET :

V.1. Saut d'étapes : Cette propriété du GRAFCET est utilisée quand le système demande de passer plusieurs étapes non utiles, à un moment donné.

V.2. Reprise de séquence : La reprise de séquence permet de reprendre une même séquence lorsque les actions à réaliser sont répétitives.

V.3. Macro-étape : Le but d'une macro étape est de faciliter la description des systèmes complexes en évitant la surcharge du GRAFCET principal, elle est représentée par un carré partagé en trois parties par deux traits horizontaux.

La macro-étape représente une partie du GRAFCET qui est détaillé par un autre diagramme appelé expansion de la macro étape. Cette dernière commence par une étape d'entrée « Ei » et se termine par une étape de sortie « Si ».

VI. Niveaux du GRAFCET :

Le GRAFCET est réalisé selon deux niveaux de représentation qui sont définis comme suit :

➤ **Niveau 1 :**

C'est une description littérale des actions et de la séquence de l'automatisme. Indépendant de la technologie des actionneurs et des capteurs de l'automatisme.

➤ **Niveau 2 :**

Prise en compte de la technologie des actionneurs et des capteurs de l'automatisme. C'est une description symbolique des actions et de la séquence de l'automatisme.

VII. Les séquences :

VII.1. Séquence linéaire : Une séquence linéaire est composée d'une suite d'étapes qui peuvent être activées les unes après les autres.

VII.2. Sélection de séquence : La sélection de séquences dans un GRAFCET permet de choisir une suite d'étapes plutôt qu'une autre. Cette structure est composée d'une seule étape en amont et de plusieurs transitions en aval qui permettront le choix de la séquence, divergence en OU (figure III-2). La fin d'une sélection de séquences permet la reprise d'une séquence unique, convergence en OU (figure III-3).

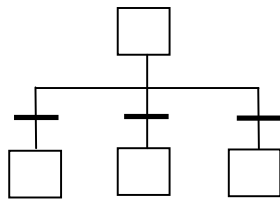


Figure III-2 : Divergence en OU

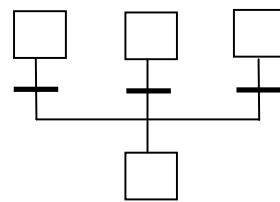


Figure III-3 : Convergence en OU

VII.3. Séquence simultanée : Elle est utilisée lorsqu'on souhaite réaliser plusieurs séquences simultanément. Elle est composée d'une seule étape et d'une seule transition en amont qui permet de déclencher simultanément plusieurs séquences d'étapes. Elle est représentée à l'aide d'un double trait horizontal divergence en ET (figure III-4). A la fin d'une série de séquences simultanées, on retrouve, en général, un double trait suivi d'une seule transition convergence en ET (figure III-5).

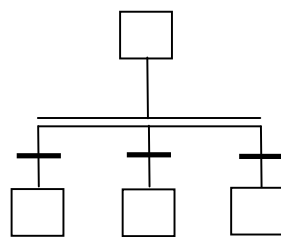


Figure III-4 : Divergence en ET

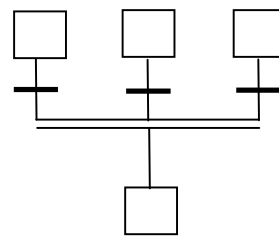


Figure III-5 : Convergence en ET

VIII. Mise en équation du GRAFCET :

Le GRAFCET est destiné à représenter des automatismes logiques, c'est à-dire des systèmes dans lesquels les informations ont un caractère « tout ou rien ».

On note X_n la variable booléenne associée à l'étape n : $X_n=1$ si l'étape n est active et $X_n=0$ si l'étape n est inactive.

Chaque étape du GRAFCET peut être représentée par l'équation suivante :

$$X_n = (X_{n-1} * t_{n-1} + X_n) * \overline{X_{n-1}}$$

Transcription du modèle GRAFCET en programme PLC :

Le diagramme a contact connu aussi sous le nom LADDER est le langage le plus utilisé dans la programmation de la majorité des automates alors on fait la transcription du modèle GRAFCET en programme PLC comme suit :

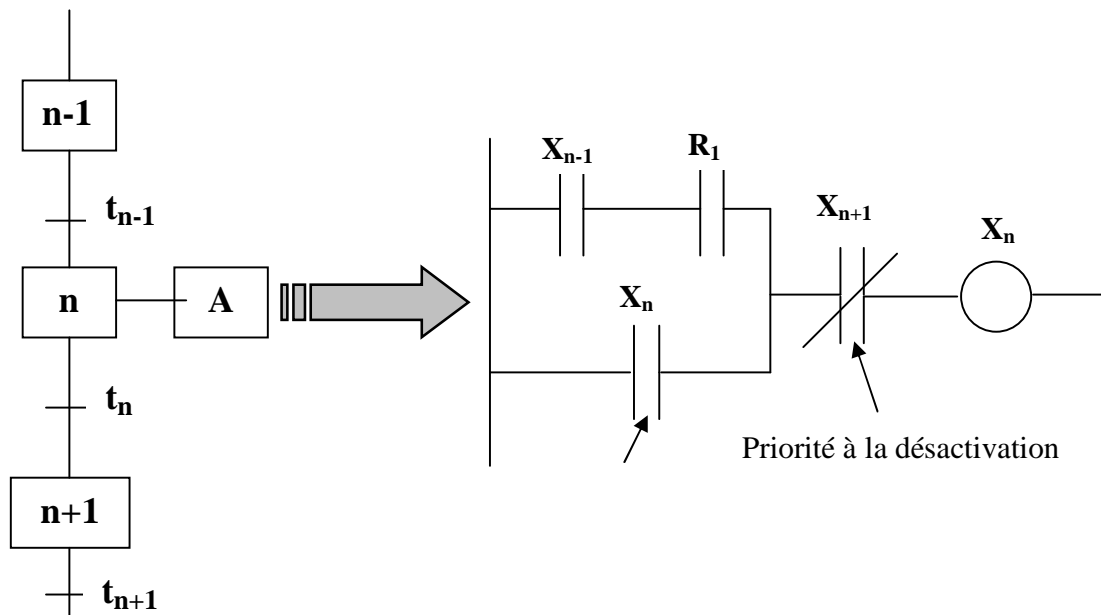


Figure III-10: Transcription du modèle GRAFCET en programme PLC

Soit la partie du GRAFCET représentée dans la figure ci-dessus :

L'état d'une étape X_n peut être notée comme suit :

$X_n=1$ si l'étape n est active.

$X_n=0$ si l'étape n est inactive.

De plus la réceptivité qui est une variable binaire à pour valeur :

$t_n=1$ si la réceptivité est vraie.

$t_n=0$ si la réceptivité est fausse.

La deuxième et la troisième règle d'évolution du GRAFCET permettent de déduire les variables qui interviennent dans les équations d'activation et de désactivation de chaque étape. Ces mêmes règles permettent d'écrire :

$$X_n = CAX_n + X_n * \overline{CDX_n}$$

Avec :

CAX_n est la condition d'activation de l'étape n .

CDX_n est la condition de désactivation de l'étape n .

Soient les variables Arrêt d'Urgence (AUDur et AUDoux) telles que :

AUDur=1 : désactivation de toutes les étapes.

AUDoux=1 : désactivation des actions, les étapes restant actives.

Pour une étape initiale, on définit aussi la variable Init comme telle que :

Init=1 : initialisation du GRAFCET (Mode Arrêt).

Init=0 : déroulement du cycle (Mode Marche).

En tenant compte du mode Marche/ Arrêt et Arrêts d'Urgences, les conditions d'activation et désactivation d'une étape deviennent alors :

Equation d'une étape « n » initiale :

$$X_n = (CAX_n + \overline{CDX_n} * X_n + Init) * \overline{AUDur}$$

Avec :

$$CAX_n = (X_{n-1} * t_{n-1} + Init) * \overline{AUDur} \quad , \quad CDX_n = X_{n-1} * \overline{Init} + AUDur$$

Equation d'une étape « n » non initiale :

$$X_n = (CAX_n + \overline{CDX_n} * X_n) * \overline{Init} * \overline{AUDur}$$

Avec :

$$CAX_n = X_{n-1} * t_{n-1} * \overline{Init} * \overline{AUDur}$$

$$CDX_n = X_{n+1} + Init + AUDur$$

Equation d'une action A :

$$A = X_n * \overline{AUDoux}$$

VIV. La modélisation de la machine par l'outil GRAFCET :

VIV.1. Introduction :

L'automatisation de cette machine est nécessaire pour surmonter les différents manques rencontrés quotidiennement. Ainsi, nous serons dans l'obligation d'apporter les modifications à la machine pour la rendre complètement automatique.

Pour analyser et comprendre un système automatisé, il faut le modéliser, en le représentant graphiquement par le GRAFCET qui est facile à comprendre et à modifier pour d'autres fins.

VIV.2. Le cahier de charge :

VIV.2.1. Définition :

Le cahier de charge est un document formulant le besoin, au moyen de fonction détaillant les services rendus par le produit et les contraintes auxquelles il est soumis.

VIV.2.2. Le cahier de charge de la machine :

- La mise sous tension de la machine en appuyant sur le bouton poussoir marche (BPM), on aura l'alimentation de la machine et de groupe pneumatique.
- Vérification du niveau d'huile dans le réservoir de graissage (S7) et mettre en marche le groupe de graissage pendant 1h, il réenclenche après 3h.

- La pompe de remplissage de réservoir (KM14) s'enclenche si le niveau d'eau de réservoir est à (PR1) et elle se déclenche quand l'eau atteint le niveau haut (PR2) (il faut à chaque fois le maintenir).

Séquence d'enfilage automatique :

- La présence de la bobine du fil sélectionné (défectée par CPCB). Le moteur de pré-enfilage (poussoir) s'enclenche après un simple appuie sur le bouton poussoir de pré-enfilage (S20).
- Dés que le fil sort à la partie frontale de la machine (défecté par S2), on appuie encore une fois sur le bouton pour déclencher le moteur. A ce moment on aura l'enclenchement du moteur frein et d'enfilage (KM9 et KM10).
- Quand la vitesse du fil est atteinte (défectée par S5), on aura l'établissement du recuit automatique après 5s on aura le retrait complet du contact qui se trouve au niveau de la tête supérieure.
- La présence de la pièce (défectée par CPCP), la fermeture des capots de la machine avec la porte du bac de travail et la trappe de vidange se sont les conditions qu'elles faut satisfaire pour l'enclenchement du KM1 et de l'injection enfilage. A ce moment on aura l'enclenchement du moteur d'entraînement de fil et le déclenchement du moteur d'enfilage (si le fil est coupé avant ou pendant l'usinage, il faut vider le bac jusqu'au niveau d'enfilage et on reprend à nouveau cette séquence).
- On fait déplacer les axes jusqu'à ses début de courses pour avoir les coordonnées absolus (enclenchement du KM5, KM7, KM8, KM12, KM13), et atteindre les positions références des axes qu'on a inséré. On choisit le mode « manuel ou automatique » pour l'arrêt des moteurs quand la position machine est atteinte.
- Le test de température : la température d'usinage est comprise entre 19°C et 22°C.
La thermovanne s'ouvre si la température dépasse 22°C pour le passage de l'eau dans l'échangeur de chaleur.

- Si les conditions suivantes sont remplies : le niveau bas du bac (PB1), la fermeture des capots et la porte du bac, la conductivité de l'eau et de 5uS/m (pour assurer les conditions d'usinage) la pompe de remplissage (KM2) s'enclenche en choisissant le mode « manuel ou automatique ».
- L'usinage rétabli (déecté par CE) quand le bac est complètement remplis (PB2), on aura l'arrêt de la pompe de remplissage et l'enclenchement de la pompe de circulation (KM1, enclenchement des injections).

L'usinage :

Le déplacement des axes (le changement de sens de rotation des moteurs) s'effectue de tel sort d'atteindre les positions programmées désirées.

Remarque : dans le cas de réalisation de pièce avec dépouille, il faut insérer l'angle d'inclinaison du fil (voir l'annexe A).

- La pompe d'aspiration des boues s'enclenche seulement durant l'ébauche.
- Quand les positions programmées sont atteintes, on aura l'arrêt de tous les moteurs et la vidange de bac de travail après la coupure de fil.
- Vérification de l'état des filtres, s'ils sont encrassés on les change après la vidange de réservoir.

La machine est prête à un nouveau cycle.

VIV.2.3. Les améliorations apportées à la machine :

D'après le cahier de charge, on proposé d'ajouter des modifications dans le but de l'automatisation.

On a proposer d'insère :

- Un capteur photocellule pour détecter la présence de la bobine.
- Un capteur d'étincelle pour la détection du début d'usinage.
- Les boutons poussoirs.

- Le mode manuel est automatique pour donner le choix à l'opérateur pendant la séquence d'usinage.
- Surveillance de la conductivité électrique par un conductimètre.
- Un moteur asynchrone pour le remplissage de réservoir.
- Les arrêts d'urgence.
- Un capteur inductif qui détecte le fil dans la partie frontale.
- Un capteur photocellule pour détecter la présence de la pièce.

On remplace :

Les flotteurs au niveau de bac de travail et de réservoir (S1etS4) par des capteurs de pression.

VIV.2.4. Abréviations utilisés dans notre modèle :

Nous allons nous intéresser à la représentation du **GRAFCET niveau 2**, vu que la machine est très complexe et que nous avons bien expliqué son fonctionnement dans le cahier de charges. Mais avant, nous allons présenter les abréviations utilisées dans la modélisation du cycle de fonctionnement de la machine.

a. Les actions :

Actions	Signification
Air	La présence de l'air
Y1	Distributeur d'air
ALM	Alimentation
KM4	Moteur de graissage
T1	La temporisation pour moteur de graissage

KM14	Moteur de remplissage de réservoir
Y12	Maintien niveau réservoir
T3	La temporisation du moteur de l'axe X
T4	La temporisation du moteur de l'axe Y
T5	La temporisation du moteur de l'axe U
T6	La temporisation du moteur de l'axe V
T7	La temporisation du moteur de l'axe Z
KM7G	Le moteur de l'axe X tourne à gauche
LG7	Lampe signifie que le moteur X tourne à gauche
KM8G	Le moteur de l'axe Y tourne à gauche
LG8	Lampe signifie que le moteur Y tourne à gauche
KM12G	Le moteur de l'axe U tourne à gauche
LG12	Lampe signifie que le moteur U tourne à gauche
KM13G	Le moteur de l'axe V tourne à gauche
LG13	Lampe signifie que le moteur V tourne à gauche
T8	La temporisation pour la recherche des positions référence
KM7D	Le moteur de l'axe X tourne à droite
LD7	Lampe signifie que le moteur X tourne à droite
KM8D	Le moteur de l'axe Y tourne à droite
LD8	Lampe signifie que le moteur Y tourne à droite

KM12D	Le moteur de l'axe U tourne à droite
LD12	Lampe signifie que le moteur U tourne à droite
KM13D	Le moteur de l'axe V tourne à droite
LD13	Le moteur de l'axe V tourne à droite
KM5H	Le moteur de l'axe Z tourne vers le haut
LH5	Le moteur de l'axe Z tourne vers le haut
T14	La temporisation pour l'enclenchement de moteur de pré-enfilage
KM6	Moteur de pré-enfilage
LKM6	Lampe signifie que le moteur de pré-enfilage est enclenché.
KM9	Moteur frein
LKM9	Lampe signifie que le moteur de pré-enfilage est enclenché.
Y4	Retrait contact
KM5B	Le moteur de l'axe Z tourne vers le bas
LKM5B	Lampe signifie que le moteur de pré-enfilage est enclenché
KM10	Moteur d'enfilage
RAUTO	Recuit automatique
LKM10	Lampe signifie que le moteur d'enfilage est enclenché
KM1	Moteur de circulation
LKM1	Lampe signifie que le moteur de circulation est enclenché

Y9	Fermeture e la trappe de vidange
Y13	Injection enfilage
KM11	Moteur d'entraînement fil
LKM11	Lampe signifie que le moteur d'entraînement fil est enclenché
THVO	Thermo-vanne ouverte
Y14	Injection tête supérieure
Y15	Injection tête inférieure
Y16	Lubrification contact
THVF	Thermo-vanne fermée
KM2	Le moteur de remplissage d bac
KM3	Le moteur qui entraîne la pompe d'aspiration des boues
LKM3	Lampe signifie que le moteur d'entraînement fil est enclenché
Y5	Avance couteau
Y6	Retrait couteau
Y2	Vidange réservoir

b. Les réceptivités :

Réceptivités	Signification
$\overline{\text{BPM.ARU}}$	Bouton poussoir marche et l'arrêt d'urgence
$\overline{\text{S6.S7.ARU.RTH}}$	Le niveau haut de la graisse dans le réservoir

	de graissage et sa pression est suffisant
S23.PR1. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{ARU}}$	Surveillance réseau d'air et le niveau min de réservoir
S23.PR2. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{ARU}}$	Niveau de réservoir est max
KM14.Y12	L'arrêt de moteur de remplissage de réservoir
X3/T/60s	Le graissage est terminé après 1mn
X4/T/3h	Le graissage réenclenche après 3h
MAN. $\overline{\text{AUTO}}$.BPX. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{KM7D}}$	Choisir le mode manuel et appuyer sur le bouton poussoir pour enclencher le moteur X
MAN. $\overline{\text{AUTO}}$.BPY. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{KM8D}}$	Choisir le mode manuel et appuyer sur le bouton poussoir pour enclencher le moteur Y
MAN. $\overline{\text{AUTO}}$.BPU. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{KM12D}}$	Choisir le mode manuel et appuyer sur le bouton poussoir pour enclencher le moteur U
MAN. $\overline{\text{AUTO}}$.BPV. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{KM13D}}$	Choisir le mode manuel et appuyer sur le bouton poussoir pour enclencher le moteur V
MAN. $\overline{\text{AUTO}}$.BPZ. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{KM5D}}$	Choisir le mode manuel et appuyer sur le bouton poussoir pour enclencher le moteur Z
AUTO. $\overline{\text{MAN}}$. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{KM7D}}$	Choisir le mode automatique pour que le moteur X tourne vers la gauche
AUTO. $\overline{\text{MAN}}$. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{KM8D}}$	Choisir le mode automatique pour que le moteur Y tourne vers la gauche

$\overline{\text{AUTO}}.\overline{\text{MAN}}.\overline{\text{RTH}}.\overline{\text{ARU}}.$ $\overline{\text{KM12D}}$	Choisir le mode automatique pour que le moteur U tourne vers la gauche
$\overline{\text{AUTO}}.\overline{\text{MAN}}.\overline{\text{RTH}}.\overline{\text{ARU}}.$ $\overline{\text{KM13D}}$	Choisir le mode automatique pour que moteur V tourne vers la gauche
$\overline{\text{AUTO}}.\overline{\text{MAN}}.\overline{\text{RTH}}.\overline{\text{ARU}}.\overline{\text{KM5H}}$	Choisir le mode automatique pour l'axe Z se déplace vers le bas
X10/T/5s	Le temps nécessaire de pour que le moteur X change de sens (gauche) après le choix de mode automatique
X14/T/5s	Le temps nécessaire de pour que le moteur Y change de sens (gauche) après le choix de mode automatique
X18/T/5s	Le temps nécessaire de pour que le moteur U change de sens (gauche) après le choix de mode automatique
X22/T/5s	Le temps nécessaire de pour que le moteur V change de sens (gauche) après le choix de mode automatique
X26/T/5s	Le temps nécessaire de pour que le moteur Z change de sens (gauche) après le choix de mode automatique
S13	Fin de course négative de l'axe X
S11	Fin de course négative de l'axe Y
S15	Fin de course négative de l'axe U

S17	Fin de course négative de l'axe V
S9	Fin de course positive de l'axe Z
MAN. $\overline{\text{AUTO}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{RTH}}$.BPX. $\overline{\text{KM7G}}$	Choisir le mode manuel et en appuyant sur le bouton poussoir pour que le moteur X tourne vers la droite
MAN. $\overline{\text{AUTO}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{RTH}}$.BPY. $\overline{\text{KM8G}}$	Choisir le mode manuel et en appuyant sur le bouton poussoir pour que le moteur Y tourne vers la droite
MAN. $\overline{\text{AUTO}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{RTH}}$.BPU. $\overline{\text{KM12G}}$	Choisir le mode manuel et en appuyant sur le bouton poussoir pour que le moteur U tourne vers la droite
MAN. $\overline{\text{AUTO}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{RTH}}$.BPV. $\overline{\text{KM13G}}$	Choisir le mode manuel et en appuyant sur le bouton poussoir pour que le moteur V tourne vers la droite
MAN. $\overline{\text{AUTO}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{RTH}}$.BPZ. $\overline{\text{KM5B}}$	Choisir le mode manuel et en appuyant sur le bouton poussoir pour que le moteur Z tourne vers le haut
$\overline{\text{MAN}}$. $\overline{\text{AUTO}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{KM7G}}$	Choisir le mode automatique pour que le moteur X tourne vers la droite
$\overline{\text{MAN}}$. $\overline{\text{AUTO}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{KM8G}}$	Choisir le mode automatique pour que le moteur Y tourne vers la droite
$\overline{\text{MAN}}$. $\overline{\text{AUTO}}$. $\overline{\text{ARU}}$. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{KM12G}}$	Choisir le mode automatique pour que le moteur U tourne vers la droite

$\overline{\text{MAN}}.\overline{\text{AUTO}}.\overline{\text{ARU}}.\overline{\text{RTH}}.$ $\overline{\text{KM13G}}$	Choisir le mode automatique pour que le moteur V tourne vers la droite
$\overline{\text{MAN}}.\overline{\text{AUTO}}.\overline{\text{ARU}}.\overline{\text{RTH}}.\overline{\text{KM5B}}$	Choisir le mode automatique pour que l'axe Z se déplace vers le haut
X31/T/5s	Le temps nécessaire pour que le moteur X tourne vers la droite
X35/T/5s	Le temps nécessaire pour que le moteur Y tourne vers la droite
X39/T/5s	Le temps nécessaire pour que le moteur U tourne vers la droite
X43/T/5s	Le temps nécessaire pour que le moteur V tourne vers la droite
X47/T/5s	Le temps nécessaire pour que le moteur Z tourne vers le haut
PRXA	Position référence X atteinte
PRYA	Position référence Y atteinte
PRUA	Position référence U atteinte
PRVA	Position référence V atteinte
PRZA	Position référence Z atteinte
$\text{MAN}.\text{AUTO}.\text{S20}.\text{CPCB}.\overline{\text{ARU}}.$ $\overline{\text{RTH}}$	Choix de mode manuel es appuyer sur le bouton de pré-enfilage pour enclencher le moteur de pré-enfilage et vérification de la présence de la pièce

$\overline{\text{MAN}}.\text{AUTO}.\text{CPCB}.\overline{\text{ARU}}.\overline{\text{RTH}}$	Choix de mode automatique pour enclencher le moteur de pré-enfilage et vérification de la présence de la pièce
X45/T/5s	Le temps nécessaire pour l'enclenchement de moteur de pré-enfilage après le choix de mode automatique
S2.S5. $\overline{\text{S20}}$.CI1. $\overline{\text{ARU}}.\overline{\text{RTH}}$.S23	L'arrêt du moteur en appuyant sur le bouton de pré-enfilage quand le fil sort à la partie frontale de la machine
BPZ. $\overline{\text{ARU}}.\overline{\text{RTH}}$.KM5H.PRA	Faire déplacer l'axe Z jusqu'à atteindre la position recuit
PRA.S18.S19.S21.CI1.CPCP. $\overline{\text{ARU}}.\overline{\text{RTH}}$	Assurer les conditions de sécurité ainsi que la présence pièce et le retrait contact
S19.S18.S21.S22.CI1.CPCP. $\overline{\text{ARU}}.\overline{\text{RTH}}$	le fil sort à la partie arrière de la machine
S22.PB2.S18.S19.S21. $\overline{\text{RTH}}$. $\overline{\text{ARU}}$	Le fil sort à la partie arrière, le niveau de diélectrique dans le bac est maximum
$\overline{\text{S22}}$	Le fil est coupé
S25	La température du réservoir est 22°C
$\overline{\text{S25}}+\text{S24}+(\overline{\text{S24}}.\overline{\text{S25}})$	La température égale à 19°C ou inférieure à 22°C ou elle comprise entre 19°C et 22°C
MAN. $\overline{\text{AUTO}}.\overline{\text{ARU}}.\overline{\text{RTH}}$	Le mode manuel pour trouver les positions références
$\overline{\text{MAN}}.\text{AUTO}.\overline{\text{ARU}}.\overline{\text{RTH}}$	Le choix de mode automatique pour trouver

	les positions références
X29/T/5s	Le temps nécessaire pour enclencher la recherche des positions références
$\overline{\text{AUTO.MAN.S18.S19.S21.S22}}$ $\overline{\text{RTH.ARU.A2.BPr..PB1}}$	L mode manuel, vérifier les conditions de sécurité ainsi que la conductivité électrique. Le niveau bac est min, en appuyant sur le bouton remplissage de bac
X56/T/5s	Le temps nécessaire pour l'enclenchement de moteur de remplissage
CE.PB2	le bac est plein et début d'usinage
S3	Le niveau d'enfilage
$\overline{\text{KM1}}$	L'arrêt de moteur de circulation
A1	Niveau au dessous de niveau max du réservoir
PR2	Niveau max de réservoir
E1.PEP	Le régime E1 et la position ébauche programmée
DEP	L'angle de dépouille
PEPA	Position ébauche programmée atteinte
E2.PEP	Le régime E2 et la position ébauche programmée

PEPA.PF1.P	Position programmée ébauche atteinte et position finition 1 programmée
PF1PA	Position finition1 programmée atteinte
E3.PEP	Le régime E3 et la position ébauche programmée
PF1PA.PF2P	Position programmée finition1 atteinte et position finition 2 programmée
PF2PA	Position finition2 programmée atteinte
E4.PEP	Le régime E4 et la position ébauche programmée
PF2A.PCFLP	Position programmée finition2 atteinte et position calibrage faible programmée
PCFLPA	Position calibrage faible programmée atteinte
E5.PEP	Le régime E5 et la position ébauche programmée
PCFLPA.PCMP	Position programmée calibrage faible atteinte et position calibrage moyen programmée
PCMPA	Position calibrage moyen programmée atteinte
E6.PEP	Le régime E6 et la position ébauche programmée
PCMPA.PCFRP	Position programmée calibrage moyen atteinte et position calibrage fort programmée

PCFRPA	Position calibrage fort programmée atteinte
PB1	Niveau bas du bac
PF1	
$PR_x > PP_x.\overline{KM7D}$	Position référence X supérieure à la position programmée et le sens droit de moteur X est verrouillé
$Pr_x < PP_x.KM7D$	Position réelle X inférieure à la position programmée et le moteur X tourne vert la droite
$Pr_x < PP_x.KM7G$	Position réelle X inférieure à la position programmée et le moteur X tourne vert la gauche
$Pr_x > PP_x.KM7D$	Position réelle X supérieure à la position programmée et le moteur X tourne vert la droite
$Pr_x > PP_x.KM7G$	Position réelle X supérieure à la position programmée et le moteur X tourne vert la gauche
$PR_y < PP_y.\overline{KM8G}$	Position référence Y inférieure à la position programmée et le sens gauche de moteur Y est verrouillé
$PR_y > PP_y.\overline{KM8D}$	Position référence Y supérieure à la position programmée et le sens droit de moteur Y est verrouillé

$P_{ry} < PPy.KM8D$	Position réelle Y inférieure à la position programmée et le moteur Y tourne vert la droite
$P_{ry} < PPy.KM8G$	Position réelle Y inférieure à la position programmée et le moteur Y tourne vert la gauche
$P_{ry} > PPy.KM8D$	Position réelle Y supérieure à la position programmée et le moteur Y tourne vert la droite
$P_{ry} > PPy.KM8G$	Position réelle Y supérieure à la position programmée et le moteur Y tourne vers la gauche
$PRu < \overline{PPu.KM12G}$	Position référence U inférieure à la position programmée et le sens gauche de moteur U est verrouillé
$PRu > \overline{PPu.KM12D}$	Position référence U supérieure à la position programmée et le sens droit de moteur U est verrouillé
$Pru < PPu.KM12D$	Position réelle U inférieure à la position programmée et le moteur U tourne vers la droite
$Pru < PPu.KM12G$	Position réelle U inférieure à la position programmée et le moteur U tourne vers la gauche
$Pru > PPu.KM12D$	Position réelle U supérieure à la position programmée et le moteur U tourne vers la

	droite
$P_{ru} > P_{pu}.KM12G$	Position réelle U supérieure à la position programmée et le moteur U tourne vers la gauche
$P_{rv} < P_{pv}.KM13G$	Position référence V inférieure à la position programmée et le sens gauche de moteur V est verrouillé
$P_{rv} > P_{pv}.KM13D$	Position référence V supérieure à la position programmée et le sens droit de moteur V est verrouillé
$P_{rv} < P_{pv}.KM13D$	Position réelle V inférieure à la position programmée et le moteur V tourne vers droite
PF1	la pression de l'eau dans les filtres est min
PF2	la pression de l'eau dans les filtres est max
$(PF1 \leq P \leq PF2) + PF2$	la pression de l'eau comprise entre la valeur min est max ou elle égale à la valeur max
$PRX = PPX$	la position référence X égale au position programmé
$PRY = PPY$	la position référence Y égale à la position programmée
$PRU = PPU$	la position référence U égale à la position programmée
$PRV = PPV$	la position référence V égale à la position programmée

PrX=PPX	la position réelle X égale à la position programmée
PrY=PPY	la position réelle Y égale à la position programmée
PrU=PPU	la position réelle U égale à la position programmée
PrV=PPV	la position réelle V égale à la position programmée
DFP	Distance fil pièce
$\overline{\text{ALIM.Y1}}$	Couper l'alimentation

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons modélisé notre procédé de commande à l'aide du GRAFCET. Au terme de ce chapitre nous concluons que le GRAFCET est un puissant outil de modélisation et de transmission d'information. Il permet facilement le passage d'un cahier de charges fonctionnelles à un langage d'implantation optionnel.

Le GRAFCET permet la description du comportement attendu de la partie commande d'un système automatisé, comme il permet de créer un lien entre la partie commande et la partie opérative.

Ainsi le GRAFCET a facilité, considérablement, le passage de la description à la modélisation et nous permettra au prochain chapitre la programmation de la partie opérative qui pilotera le procédé et ce à l'aide du STEP 7.

I. Introduction :

Les cartes électroniques qui ont fait leur révolution dans l'industrie, se retrouvent dépasser par les exigences du monde industriel. Pour faire face à la pression sans cesse croissante de la concurrence, l'apparition des API ont révolutionnés le milieu industriel du fait de leur apport de flexibilité, simplicité...et leur coût qui revient moins cher. Aussi à l'origine, la fiabilité apportée par les API représentait un tel progrès que ces machines n'étaient dotées que de dispositif rudimentaire d'auto diagnostic.

L'API est un outil proche de l'utilisateur car il est doté d'un dispositif de dialogue, console de programmation, adaptée aux besoins de technicien. Sa structure, le symbolique souvent proche des représentations traditionnelles de la logique câblée, en fait un outil directement accessible. Les auxiliaires associés (imprimante, mémoire...) ont autant de facilités que l'utilisateur découvrira au bout de très peu de pratique et dont il appréciera l'apport.

II. Définition d'un automate programmable industriel (API) :

Un API (ou PLC Programmable Logic Controller) est un appareil électronique adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique.

III. Architecture des automates :**III.1. Aspect extérieur :** (voir la figure IV-1 et IV-2)

Les automates peuvent être de type **compact** ou **modulaire**.

De type **compact**, on distinguera les modules de programmation (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider, MILLENIUM de Crouzet ...) des micros automates. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties.

Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité.

Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.

Quant au type **modulaire**, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (**modules**) et sont fixées sur un ou plusieurs **racks** contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs).

Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.

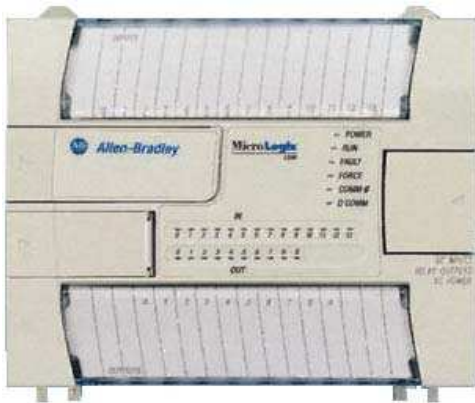


Figure IV-1 : Automate compact
(Allen-Bradley)

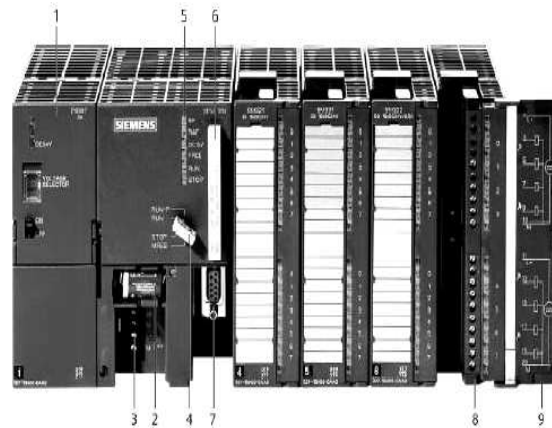


Figure IV-2 : Automate modulaire
(Siemens)

III.2. Structure interne : (voir la figure IV-3)

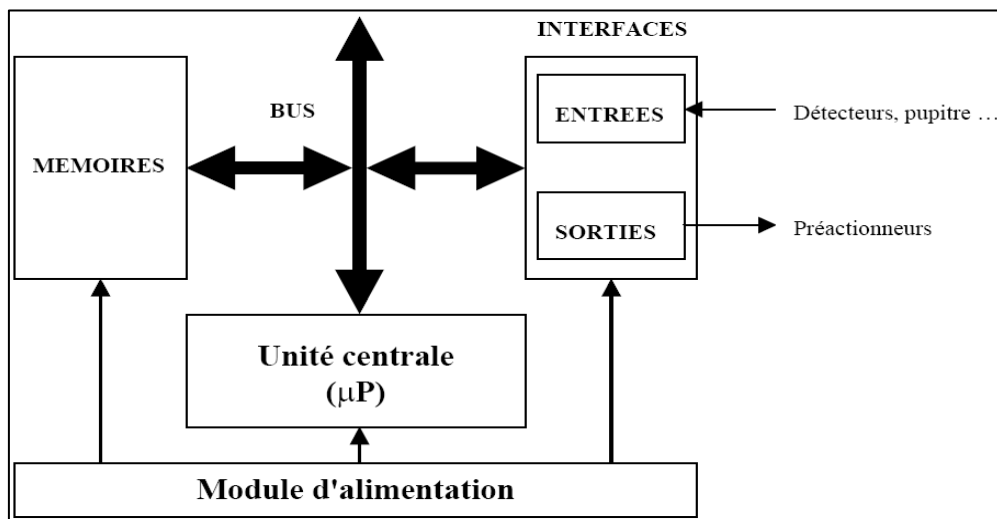


Figure IV-3 : La structure interne de l'automate

IV. Choix d'un automate :

Pour choisir un automate programmable, l'automaticien doit préciser :

- Le nombre et la nature des entrées et des sorties.
- Le type de programmation souhaitée et les besoins de traitement permettant le choix de l'unité centrale et la taille de la mémoire utilisateur.
- La nature de traitement (temporisation, couplage,.....etc.).
- Le dialogue (la console détermine le langage de programmation).
- La communication avec d'autres systèmes.
- La fiabilité et la robustesse.

V. Le choix du S7-300 :

Conformément au cahier des charges établies pour notre machine et vue le nombre d'entrées (tous ce qui est capteurs ; interrupteurs, bouton poussoir, etc....); et de sorties (actionneurs : pompes, vannes, etc.....), ainsi que leurs correspondances (numériques, analogiques, logiques, etc....) il faut penser à un API performant intégrant plus de modules d'entrées /sorties. Du fait l'API S7-300 répond parfaitement à cette flexibilité.

VI. Présentation du S7-300 :

L'automate S7-300 est fabriqué par la famille SIMATIC. Il est constitué de différents modules tels que la CPU, zone mémoire et cartes E/S qui lui permet de répondre à toutes les exigences de l'automatisation.

On peut distinguer sa composition suivant cette figure :

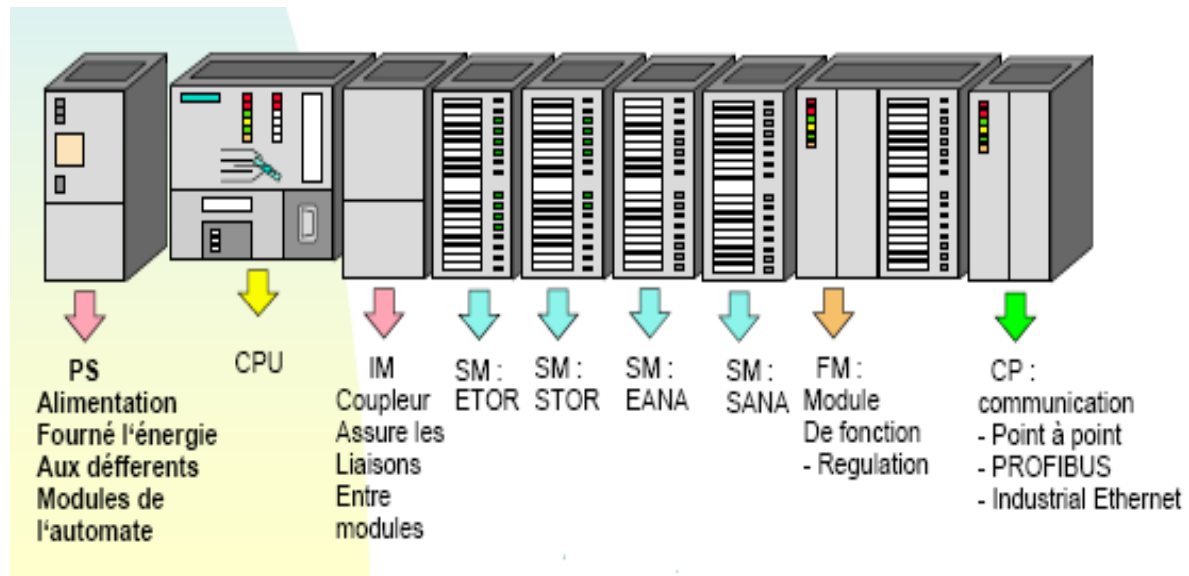


Figure IV- 4 : La structure de l'API S7-300

VI.1. Caractéristiques de l'automate S7-300 :

L'automate S7-300 offre les caractéristiques suivantes :

- Gamme diversifiée de CPU.
- Gamme complète de modules.
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- Bus de fond de panier intégré au module.
- Possibilité de mise en réseau avec MPI PROFIBUS ou INDUSTRIAL ETHERNET.
- Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules.
- Liberté de montage aux différents emplacements.
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil configuration matérielle.

VI.2. Les modules constitutionnels de S7-300:

VI.2.1. Module d'alimentation (PS) :

S7-300 travaille avec une tension de 24V DC, dont le module d'alimentation l'offre et l'assure en convertissant la tension secteur 380/220V AC en 24V DC. Pour contrôler cette tension une led qui s'allume en indiquant le bon fonctionnement et en cas de surcharge un témoin se met à clignoter.

VI.2.2. Unité centrale (CPU) :

CPU (Central Processing Unit) est le cerveau de l'automate. Elle est chargée de toutes les opérations transmissent par le programme utilisateur et lit les états des signaux d'entrées, et à travers passe à la commande des sorties selon un programme inclus dans la CPU a partir d'une console de programmation ou d'une cartouche de mémoire.

VI.2.3. Module de coupleur :

Les coupleurs IM360, IM365 permettent de configurer le S7-300 sur plusieurs rangées et assurent la liaison entre les châssis et le couplage entre les différentes unités. Ainsi la communication entre les entrées/sorties et d'autre périphérique et l'unité centrale est assurée.

VI.2.4. Modules SM pour Entrées/Sorties TOR :

Les modules Entrées/Sorties TOR sont des interfaces qui permettent à l'automate de raccorder des signaux TOR à l'automate S7-300, projeter par des capteurs et actionneurs TOR les plus divers.

VI.2.5. Modules analogique :

Ces modules sont spécifiques pour raccorder des capteurs et actionneurs à l'automate de type analogique.

VI.2.6. Module de fonction (FM) :

Ce module réduit la charge de traitement de la CPU, en assurant des tâches lourdes en calcul. Comme il assure les fonctions spéciales telles que le comptage, la régulation et la commande numérique.

VI.2.7. Module de communication (CP) :

Par des exigences très fortes en vitesse de transmission rapide, de gros volumes de données, le module de communication joue un rôle clé dans le cadre de la communication industrielle. Il permet d'établir des liaisons homme-machine qui sont effectuées à l'aide des interfaces de communication.

VI.2.8. Module de simulation :

C'est un module très indispensable car il permet à l'utilisateur et l'automaticien de tester

sont programme lors de la mise en marche de la machine configurer du processus.

VI.2.9. Châssis d'extension (UR) :

Les châssis d'extensions sont utilisés pour le montage et le raccordement électrique des différents modules.

VI.2.10. Console de programmation (PG ou PC SIMATIC) :

C'est l'endroit principal où se produit la saisie, le traitement et l'archivage des données machines et celles de processus ainsi que la suppression du programme.

VII. Programmation avec le SIMATIC STEP 7 :**VII.1. Le logiciel STEP 7 :**

Le logiciel STEP-7 constitue l'outil standard pour les systèmes d'automatisation SIMATIC. Il permet à l'opérateur une utilisation simple et confortable de ces systèmes performants, ainsi que de programmer individuellement un automate (en différents langages). Il prend également en compte le réseau des automates, ce qui permet d'accéder à tout automate du réseau (pour le programmer), et éventuellement aux automates de s'envoyer des messages entre eux.

Sous STEP-7, on peut programmer notre processus sous trois modes différents :

- Logigramme LOG.
- List d'instruction LIST.
- Schéma à Contacte CONT.

VII.2. Les blocs STEP 7 :

Le logiciel STEP 7 dans ces différents langages de programmation dispose de deux types de blocs : les blocs utilisateur et les blocs système.

VII.2.1. Les blocs utilisateur :

Ces blocs destinés à structurer le programme utilisateur dont on peut citer les blocs importants suivants :

VII.2.1.1. Bloc d'organisation (OB) :

Ce bloc est appelé cycliquement par le système d'exploitation, il constitue donc une interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient des instructions d'appel de blocs indiquant à l'unité de commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.

VII.2.1.2. Bloc fonctionnel (FB) :

Il contient un programme qui est exécuté dès son appel par un autre bloc de code. Il facilite la programmation de fonction complexe, comme la commande de moteur (accélérateur, etc.).

VII.2.1.3. Fonction (FC) :

Elle contient un programme qui est exécuté lorsqu'elle est appelée par un autre bloc de code. Elle peut-être utilisée pour :

- renvoyer une valeur de fonction au bloc appelant (exemple : fonction mathématique).
- Exécuter une fonction technologique.

Ces données sont perdues après exécution de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de données.

VII.2.1.4. Bloc de données (DB) :

Les DB sont utilisés pour la mise à disposition de l'espace mémoire pour des variables de type données. Tous les FB, FC, OB peuvent lire les données contenues dans un DB global ou écrire des données dans un DB global. Ces données sont conservées dans le bloc de données même lorsqu'on quitte le DB.

VII.2.2. Les blocs système :

Ils sont des blocs prédéfinis et intégrés dans le système d'exploitation de la CPU.

Ces blocs peuvent être appelés par le bloc utilisateur et utilisés dans le programme. Il s'agit des blocs suivants :

Les blocs fonctionnels système (FSB), les fonctions système (SFC) et les blocs de données système (SDB).

VII.3. Création du projet :

La stratégie pour programmer par STEP 7 peut se résumer dans la figure IV-5 suivante :

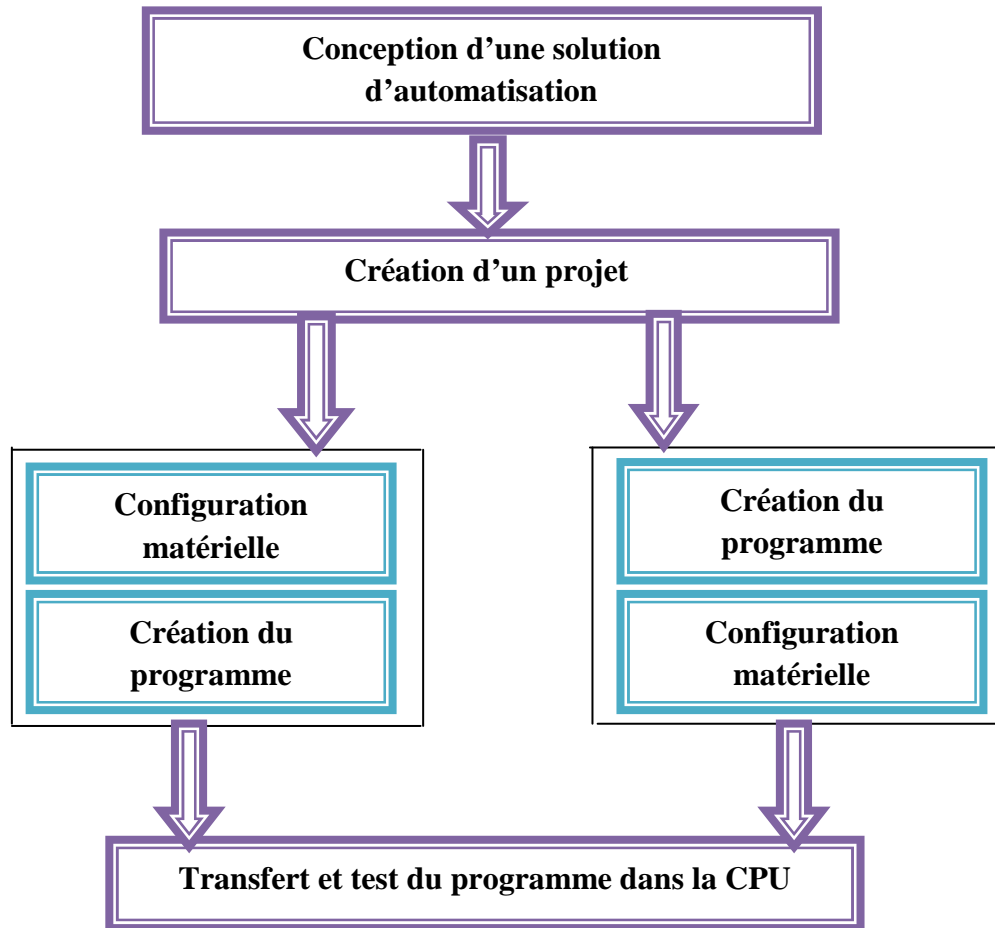


Figure IV-5 : Programmation avec le logiciel STEP 7

Avant de commencer la programmation, il est nécessaire de créer un projet, dans lequel, les données et le programme utilisateur à créer seront structurés.

La manière la plus simple pour créer un nouveau projet, est d'avoir recours à l'assistant 'Nouveau projet'. Pour l'appeler, on choisit la commande **Fichier >Assistant 'Nouveau projet'**. Il nous posera les questions nécessaires dans des boîtes de dialogue et créera le projet.

L'étape suivant sur le choix de la CPU, pour la notre nous avons choisi la CPU 312.

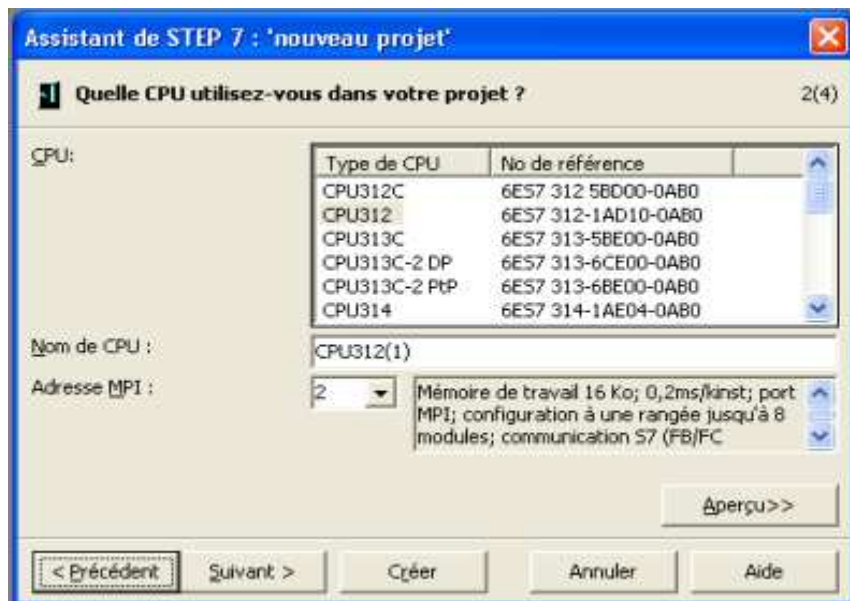


Figure IV-6 : Fenêtre de la CPU

Pour notre projet nous avons choisi L'OB1 (cycle d'exécution) et le langage à contact (Figure IV-7) et porte le nom « Robofil400 ».

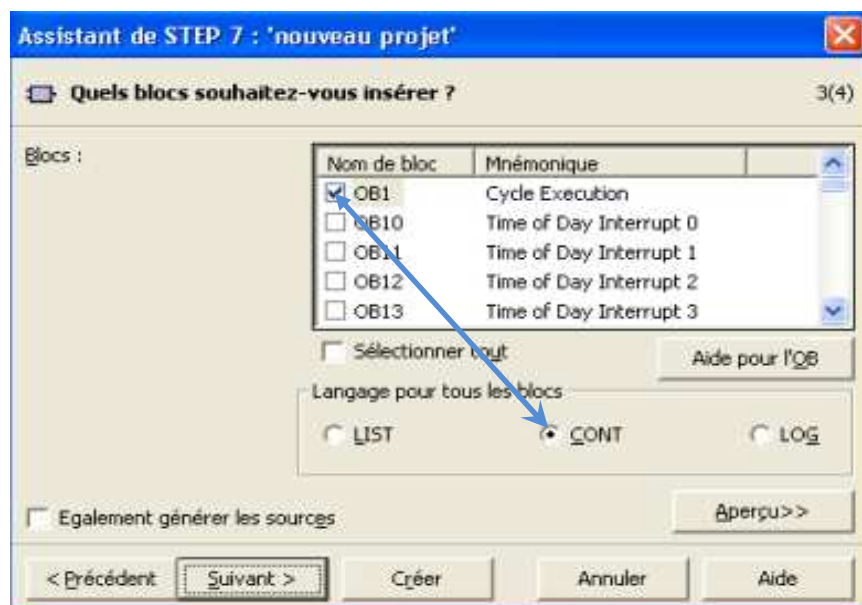


Figure IV-7 : sélection des blocs et mode de programme

VII.4. Configuration matérielle de la machine :

Elle consiste à l'organisation suivie pour la disposition des châssis (racks) de modules et d'appareils de la périphérie centralisée et c'est l'architecture interne de la boîte de commande (automate).

Les châssis sont représentés par une table de configuration dans laquelle on peut enficher un nombre bien défini de modules comme dans l'état réel.

Ce choix est justifié par rapport au nombre d'entrées / sorties que possède la machine. Nous avons 32 entrées et 54 sorties.

Slot	Module
1	PS 307 2A
2	CPU 312
3	
4	DI32xDC24V
5	DI32xDC24V
6	DO32xDC24V/0.5A
7	DO32xDC24V/0.5A
8	AI8x16Bit
9	AI8x16Bit
10	
11	

Figure IV-8 : Fenêtre de configuration de notre automate

La configuration matérielle prévue est comme suit :

- Le module **PS-307 2A** : module d'alimentation correspondant dans la liste à l'emplacement n°1 dans le RACK.
- **CPU 312** : elle est sélectionnée et insérée à l'emplacement n°2 à partir du catalogue CPU-300. La mémoire de travail de la CPU est de 24 ko et sa vitesse d'exécution est de 0,3 ms/k inst.
- **Modules de signaux (SM)** : A partir de l'emplacement n°4, il est possible de monter des modules de signaux (SM).
 - Deux modules SM ETOR : DI 32×DC24.
 - Deux modules SM STOR: DO 32×DC24/0.5A.
 - Deux modules analogique : AI8×16Bit

VII.5. Programmation linéaire ou structurée :

Dans une programmation linéaire le programme utilisateur est écrit complet dans l'OB1. Cela n'est toutefois recommandé que pour des programmes simples s'exécutant sur des CPU S7-300 avec une mémoire peu importante.

Un processus d'automatisation complexe est constitué de différentes tâches. Il est possible de répartir le programme utilisateur de l'ensemble des tâches de commande en blocs de programmes petits, clairs, associés à des fonctions FC. Cela présente l'avantage de pouvoir tester les blocs de manière individuelle et de faire fonctionner ensemble par une fonction globale.

Notre programme utilisateur est subdivisé en 12 blocs fonctions FC1, FC2 jusqu'à FC12 qui seront regroupés dans le bloc d'organisation (OB) pour obtenir le programme principal qui sera exécuté par la CPU.

L'OB1 fait appel aux blocs fonctions quand il le faut pour délivrer les données correspondantes, et dès que la CPU termine l'exécution du programme stocké dans le bloc appelé, elle redeviendra pour suivre l'exécution du programme du bloc appelant. Ce genre de traitement de programme est utilisé lorsque le procédé à automatiser est complexe car il permet de simplifier l'organisation, la gestion et le test du programme.

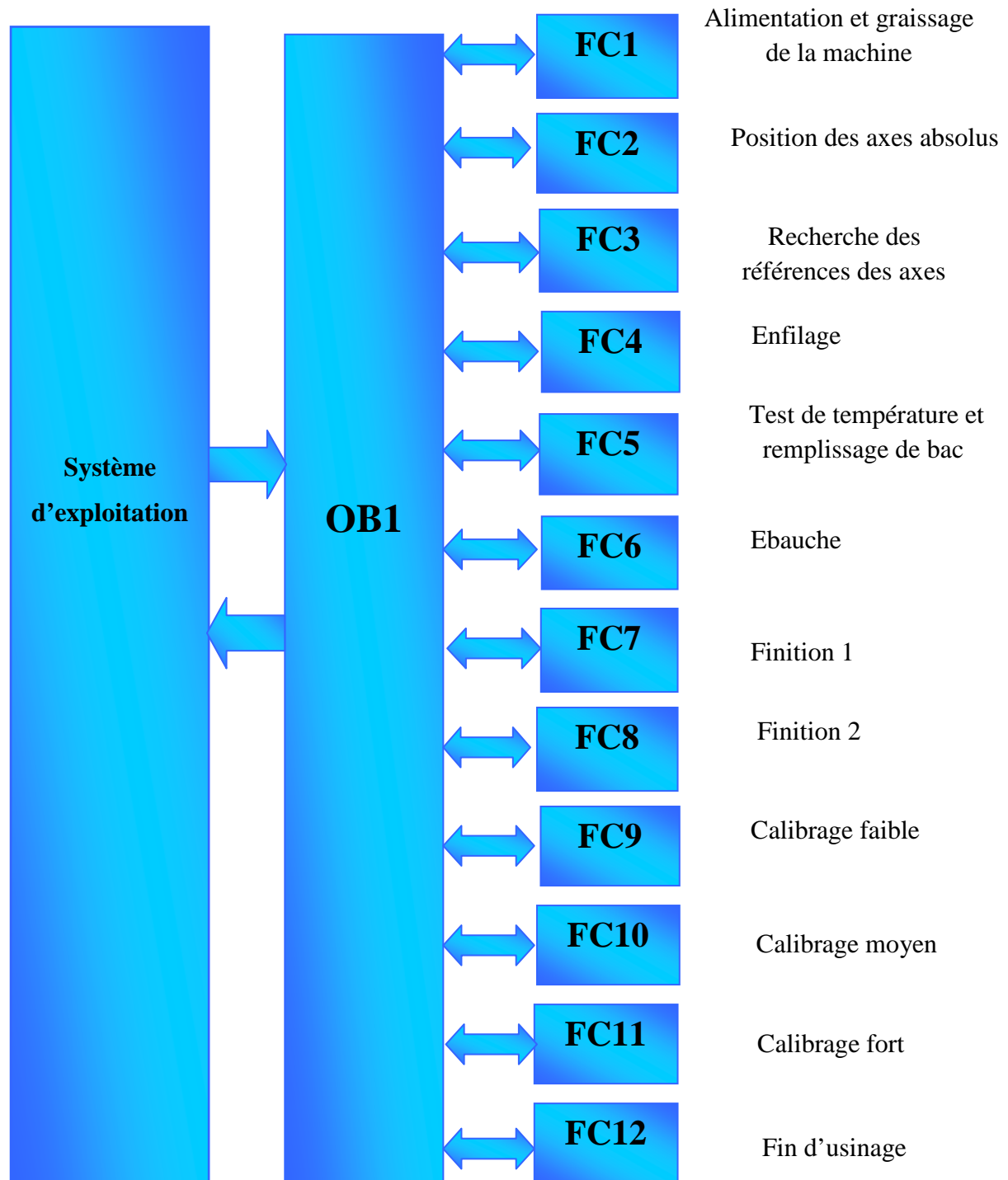


Figure IV-8: Programmation structurée du système

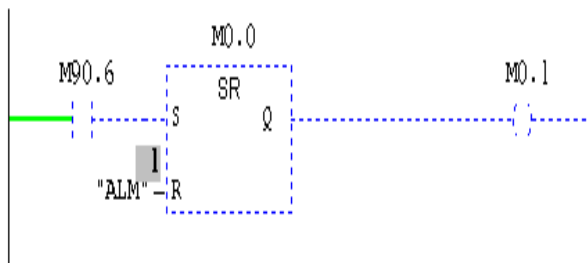
VII.6. Exemple d'une partie de notre programme :

La fonction FC1 :

Dans ce bloc, nous avons programmés la mise en marche de la machine et l'enclenchement de groupe de graissage. Nous avons définis les conditions d'activations et désactivation de chaque réseau en utilisant des bascules SR.

Réseau 1: ETAPE 1

Commentaire :



Réseau 2: ETAPE 2

Commentaire :

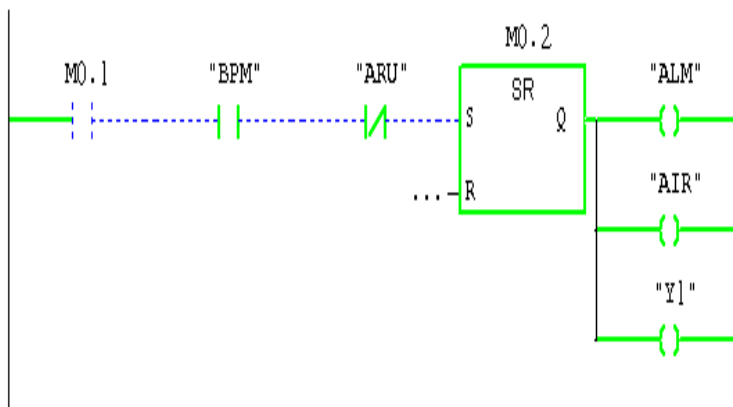


Figure IV-9 : Alimentation de la machine

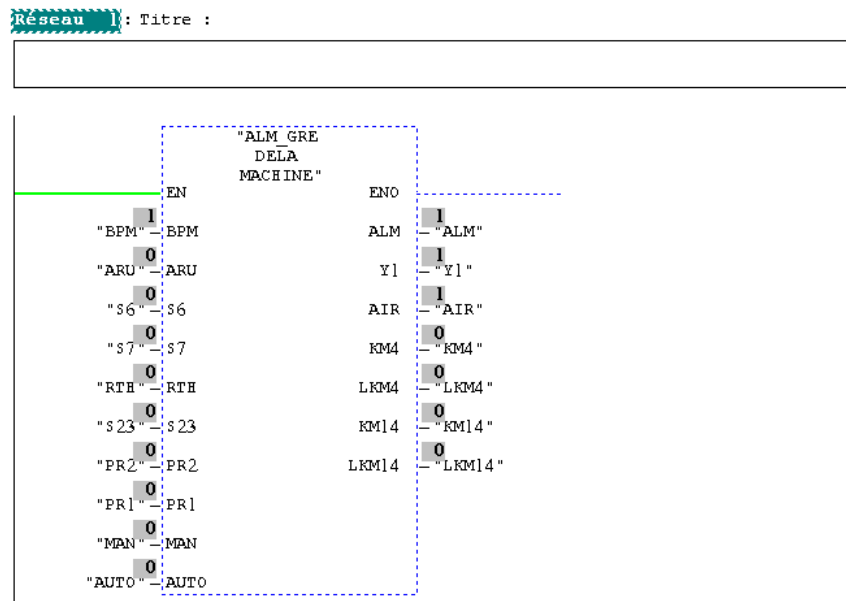


Figure IV-10 : Le bloc FC1 (appel dans OB1)

VIII. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une vue d'ensemble de l'automate programmable industriel que nous avons adopté pour l'automatisation de notre machine ainsi que son logiciel de programmation SIMATIC STEP7.

Le programme que nous avons développé est approprié à l'exactitude du modèle GRAFCET dont on a rajouté des contraintes en plus de ce dernier. Il est d'une forme structurelle et constitué de huit blocs fonctions (FC). Ces blocs sont réunis dans un bloc d'organisation (OB1) qui constitue l'interface entre le système et le bloc utilisateur.

La validation des programmes que nous avons développés a été réalisée grâce au logiciel de simulation des modules physiques le S7-PLCSIM. Cette procédure nous a permis d'apporter les corrections nécessaires à nos programmes développés.

Dans un souci de développement d'une solution de supervision « ON LINE », nous avons opté pour la programmation structurelle afin que l'opérateur ait toutes les informations nécessaires pour une bonne prise de décisions.

Dans le chapitre suivant, nous allons développer une plate forme de supervision à l'aide de logiciel « ProTool » permettant une visualisation dynamique des entrée/sorties en simplifiant la tâche de contrôle à l'opérateur.

I. Introduction :

Jusqu'à présent, la conduite et la supervision de petites applications était réalisées à l'aide d'afficheurs de texte simples. Avec les SIMATIC, on dispose aujourd'hui de pupitres graphiques économiques d'entrée de gamme.

SIMATIC ProTool offre à travers ces pupitres de commande à l'opérateur, pour les applications au niveau machine, un considérable gain d'efficacité dans la configuration des paramètres qui contribue à améliorer la productivité (adapter de manière flexible, rentable et rapide les fonctions de production).

II. Création du pupitre opérateurs :

Notre travail consiste à la mise en place d'une communication homme-machine (pupitre opérateur sur pc) aisée donnant la possibilité à l'opérateur de paramétrer la machine. La visualisation de l'état de fonctionnement de l'installation et des défauts sont reportées sur un pupitre créé sur un PC. Grâce notamment à l'outil de configuration du logiciel de la famille éprouvée SIMATIC Protool. On dispose par exemple de champ de saisie et visualisation, bouton, voyants lumineux, textes fixes de taille variable, graphique, messages, courbes, recettes, liste de textes et graphiques et de bien d'autre fonction. L'accès à la base de données de STEP7 évite la saisie multiple des mêmes données ainsi que les erreurs de saisie.

Pour cela, nous avons créé la table des variables dans PROTOOL, paramétré le tout pour obtenir l'état de la machine en temps réels. Le pupitre permettra de :

- la visualisation des valeurs du processus
- fournir une aide à la maintenance
- superviser le déroulement de la simulation

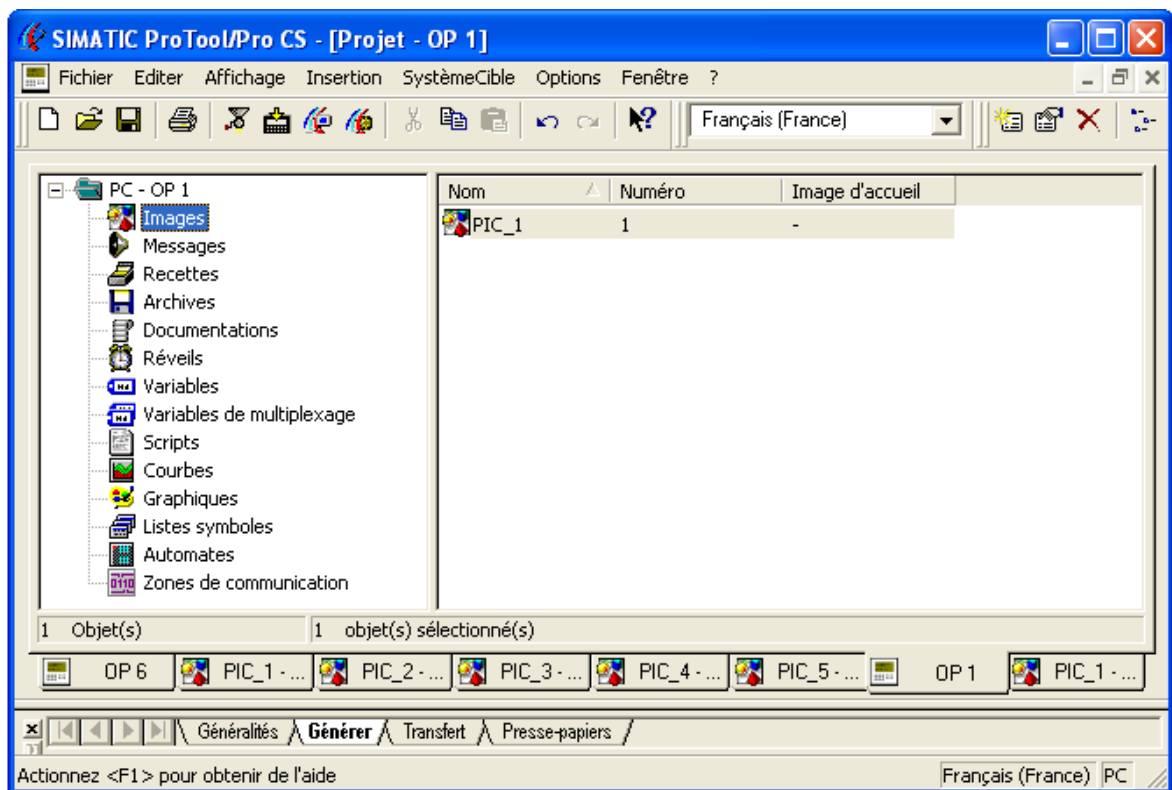


Figure V-1 : création des paramètres au processus

II.1. Présentation des écrans du pupitre de commande :

Pour faciliter la tâche à l'opérateur, avons mis à sa disposition cinq pages de visualisation et de paramétrage.

Ces panels vont ainsi permettre à l'opérateur de saisir les paramètres de la simulation et de surveiller et d'évaluer en temps réel, la performance de la machine étudiée.

II.1. Pupitre opérateur principale :

La figure ci-dessous, présente une partie essentielle qui permet à l'opérateur de suivre l'évolution du cycle automatique. Et pour réduire l'intervention humaine et suivre l'évolution futur de la machine, des fonctions supplémentaires ont été mise à sa position telles que :

- Champ visuel pour la visualisation des valeurs :
 - Valeur réelle de niveau du diélectrique dans le bac.
 - Valeur réelle de niveau du diélectrique dans le réservoir.

Ces valeurs sont les valeurs d'entrées automate donné par les capteurs.

- Valeur réelle de température dans le réservoir : valeur d'entrée automate donnée par les sondes de température.
 - valeur réelle de la conductivité du diélectrique dans le réservoir : valeur d'entrée automate donnée par le conductivimètre.
-
- Voyant lumineux pour le mouvement de chaque axe.
 - Bouton AUTO pour permettre de valider le mode automatique après la sélection de ce dernier.
 - Bouton MAN pour permettre de valider le mode manuelle après la sélection de ce dernier.
 - Bouton STOP pour l'arrêt total de la machine
 - Retour a l'écran de visualisation des fonctions manuelles (bouton FONCTION MANUELLE ou bouton MAN).
 - Retour a l'écran de visualisation des températures et déionisation (bouton TEMPERATURE ET DEIONISATION).
 - Retour a l'écran de visualisation des consignes (bouton CONSIGNE).
 - Retour a l'écran de visualisation des moteurs (bouton MOTEUR ou bouton AUTO)
 - Un sélecteur du mode qui permet à l'opérateur de sélectionner un seul mode de fonctionnement :
 - Mode manuel.
 - Mode automatique.
 - Mode stop.

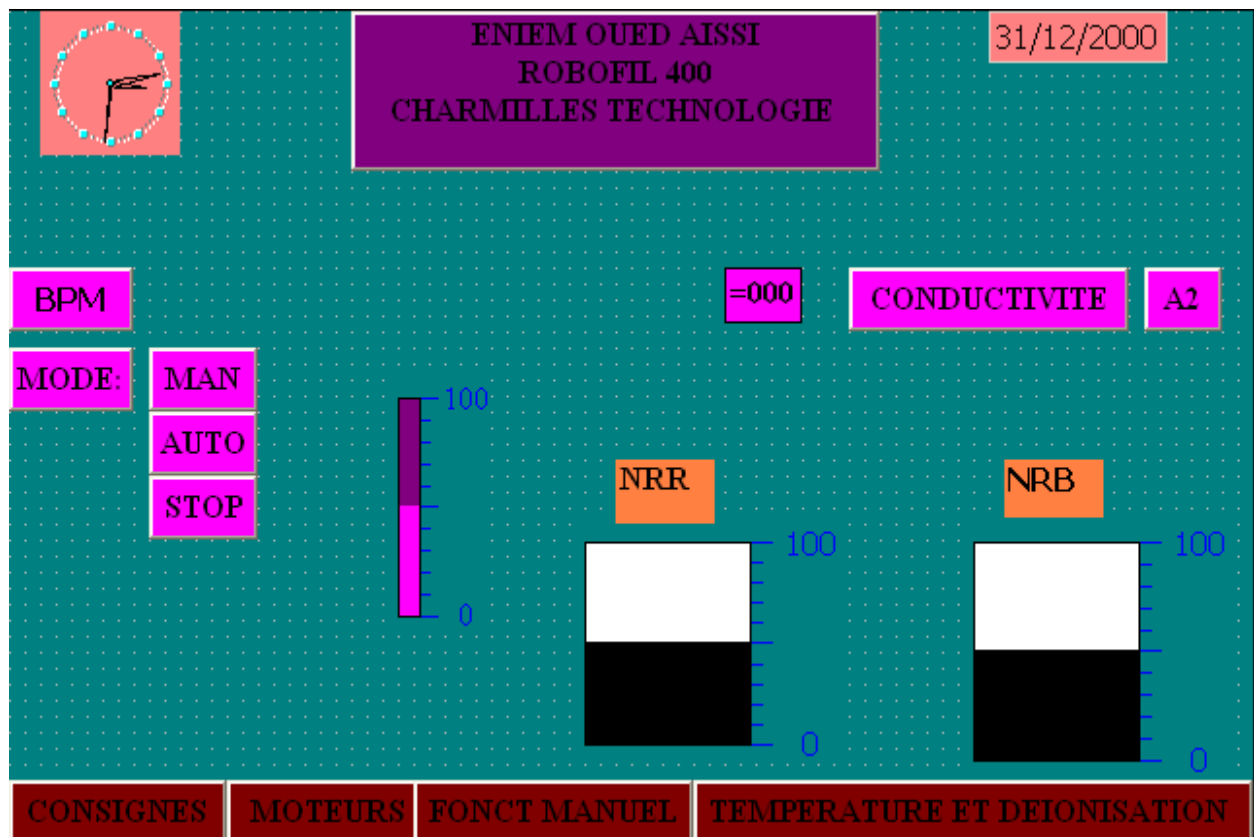


Figure V-2 : pupitre operateur principale

II.1.2. Pupitre opérateur de températures et déionisation :

La création de cette page a pour but de vérifier le bon fonctionnement de la régulation de la température, de la pompe de graissage et de la dé- ionisation qui sont les paramètres conditions à vérifier avant le début d'usinage et pour cela on a procédé comme suit :

- Vérifier le bon fonctionnement de la régulation de la température :
 - Visualisation des valeurs réelles de température.
 - Champs de saisie pour la saisie des valeurs consignes de la température.
- Vérifier le bon fonctionnement de la bouteille dé-ionisation :
 - Champ de saisie pour la saisie des valeurs consignes de la conductivité.
 - Visualisation des valeurs réelles de la conductivité.

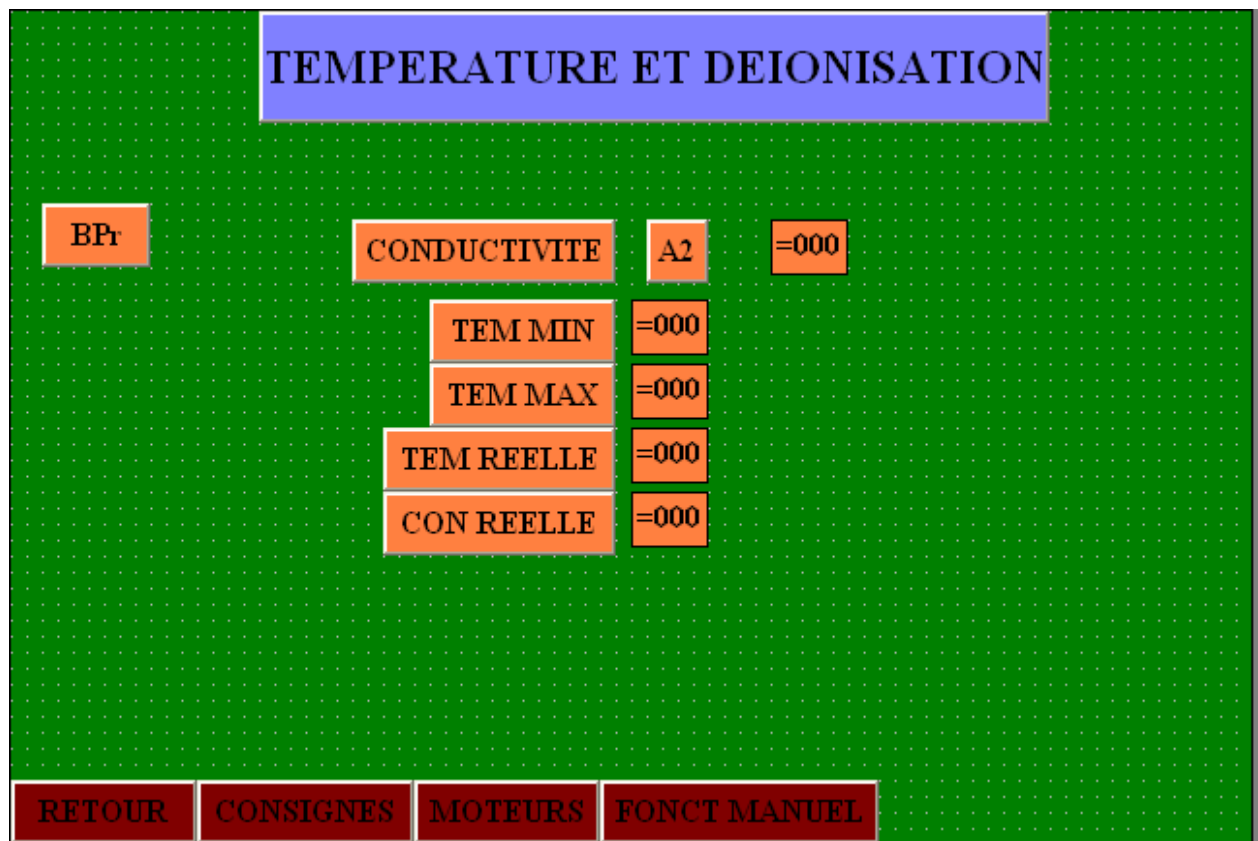


Figure V-3 : pupitre operateur temperature et déionisation

II.1.3. Pupitre opérateur d'entrée de consignes :

L'opérateur a recours à cette page afin de saisir les paramètres qui vont déterminer la course de chaque mouvement, et de suivre l'évolution de ces paramètres à travers un champ de visualisation qui affiche la position réelle des axes, la vitesse des axes, la vitesse du fil .

- Champ de saisie pour les valeurs consignes.
- La visualisation des valeurs réelles (suivre l'évolution des variables) :
- De la position de chaque axe.
- De la vitesse des axes.
- De la vitesse du fil.
- De la position de référence de chaque axe.
- De la position programmée de chaque régime.

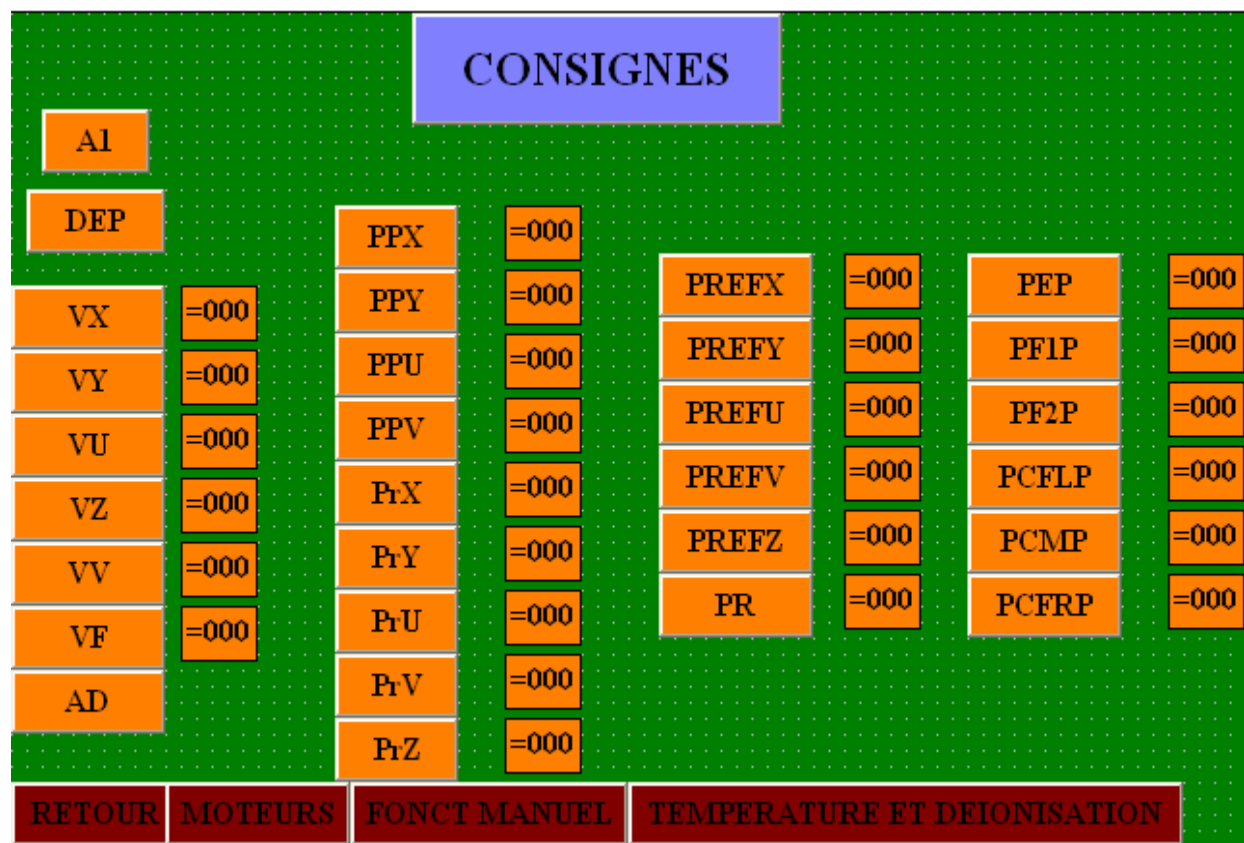


Figure V-4 : pupitre opérateur pour entrée de consigne

II.1.4. Pupitre opérateur de fonctions manuelles :

Pour le fonctionnement manuel du robofil400, on a mis à la disposition de l'opérateur un pupitre de commande configuré pour activer les mouvements manuelles et de suivre l'évolution de chaque étape sollicitée.

- Des boutons pour activer chaque mouvement manuellement.
- Des boutons pour sélectionner les régimes.
- Retour au premier écran (principal) de visualisation (bouton RETOUR).
- Retour au deuxième écran de visualisation (bouton CONSIGNE).
- Aller au troisième écran de visualisation (bouton MOTEUR).
- Aller au cinquième écran de visualisation (bouton TEMPERATURE ET DEIONISATION)
- Champs de saisir pour la saisie des valeurs distance gap.

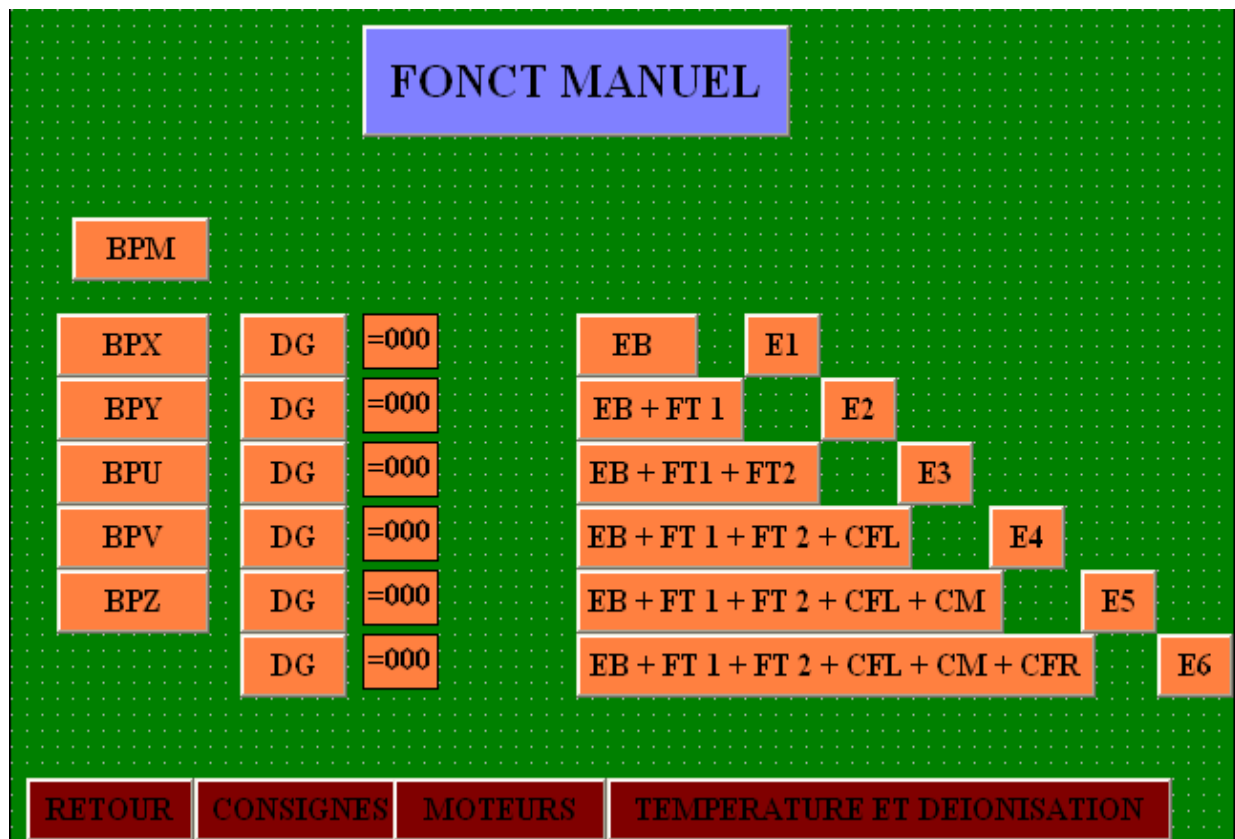


Figure V-5 : Pupitre opérateur pour les fonctions manuelles

II.1.5. Pupitre opérateur des moteurs :

La création de cette page a pour but de vérifier le bon fonctionnement de chaque moteur de la machine :

- Visualisation des moteurs en marche.
- Voyant lumineux pour chaque moteur.

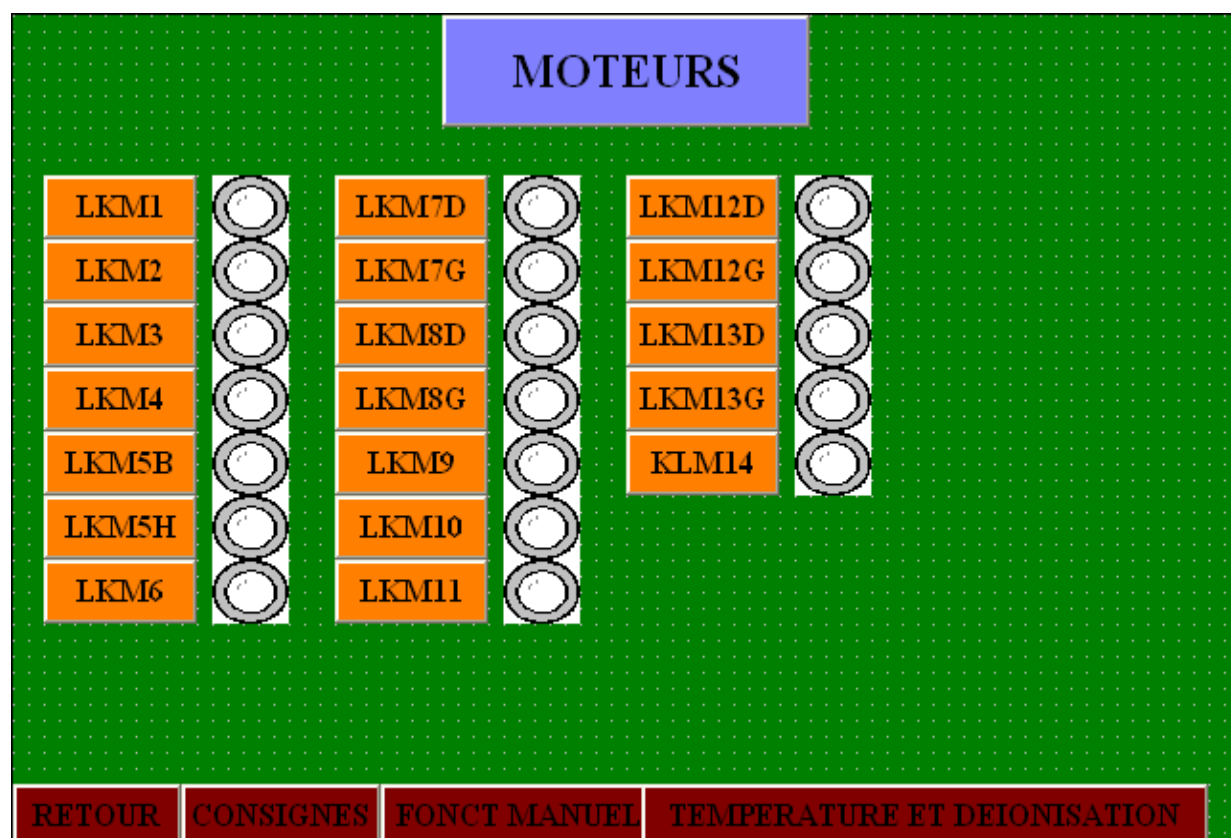


Figure V-6 : Pupitre opérateur des moteurs

III .Configuration matériel et logiciel :

Simple d'utilisation, la commande numérique avec le logiciel de configuration et de pilotage SIMATIC Protool facilite l'accès aux données de la machine, la programmation des consignes et la visualisation du cycle (valeur réelles). Complétée par l'automate programmable SIMATIC S7-300, la commande forme un système numérique complet et performant. Elle garantit aux moyens de production une dynamique et une précision élevée à travers l'évolution des variables (saisie et affichage de valeur numérique).

L'édition de la commande numérique comprend également la partie matérielle basée sur un PC sous Windows XP professionnel.

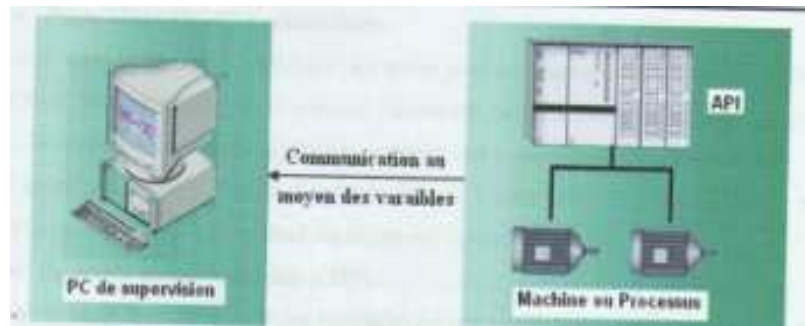


Figure V-7 : Echanges de variables entre l'API et le pupitre de contrôle

IV. Conclusion :

La configuration des fonctions (fonction bouton poussoir, sélecteur ...) dans ces pages de commandes a permis une réduction du nombre de composants, ainsi réduire le nombre de panne de la machine mais également pour simplifier sa maintenance.

Conclusion générale :

Le présent travail nous a permis de passer beaucoup de temps sur le terrain, notamment durant notre stage pratique nous avons eu l'occasion de travailler sur des machines autres que celle qui a fait l'objet de notre étude ; nous avons appris beaucoup de principes dans le mode de l'industrie et cela grâce aux contacts des ingénieurs et techniciens avec lesquels les échanges des connaissances nous ont été très fructueux. En plus de l'aspect pratique, ce travail a d'abord consisté en l'étude de la partie commande existante sur la machine robofil400 ; afin de pouvoir l'adapter à l'automate programmable. Nous avons alors mis en évidence toutes les grandeurs qui interviennent dans le processus de l'usinage et qui nécessitent d'être contrôlées comme la température, la conductivité...etc. Pour permettre à l'opérateur d'agir selon les exigences de la pièce à usiner, nous avons mis à sa disposition un pupitre opérateur constitué d'un PC avec des panneaux Protol en guise de substitution de l'ancien pupitre.

Le choix de l'automate programmable comme organe de commande nous a conduit à son étude où nous découvrons un outil performant et très compact qui permet de remplacer des commandes très complexes et surtout volumineuses. Cela nécessite impérativement la maîtrise du langage spécifique à l'API utilisé.

Nous avons étudié le fonctionnement du robofil400 puis sa commande, ce qui nécessite de bien concevoir son processus d'origine pour le reproduire d'une manière authentique ; ce qui représente un véritable labeur pour le concepteur et éventuellement le modifier ou lui associer une fonction nouvelle.

En fin, nous espérons avoir été à la hauteur des attentes et aussi que notre mémoire sera d'une quelconque utilité aux étudiants à venir.

Bibliographie

[1] **RENÉ DAVID-HASSANE ALLA « HERMES »** 2^{ème} édition revue et augmentée: Du GRAFCET aux réseaux de pétri (C236).

[2] **REILLER ALAIN « ellipses »** 4^{ème} édition: Analyse et maintenance des automatismes industries, cours exercices et sujet d'examen en résolu (C144).

[3] **ASCH GEORGES** : Les capteurs en instrumentation industrielle (CI01).

[3] **MANUEL DE LA MACHINE** : Cours de base.

[4] **MEMOIRES** :

N.ADJOUDJ et K. BELBAY : Automatisation d'une machine à poser les agrafes
« EMPAQUATEUSE » avec un automate programmable industriel Siemens
S5-135U au sein de l'entreprise Electro-Industries.
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, département automatique,
promotion 2004.

GUENOUN KAMEL et BOUALI YAHIA : Etude en vue de l'automatisation d'une
machine outil de type **TOUR VERTICAL**.
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, département automatique,
promotion 2006.

GOUNANE HOCINE et FETTIS OUAMAR : Etude et développement d'une
solution de commande et de supervision décentralisée à base d'automate
programmable industriel Siemens S7-300 des unités du centre de production
HAOUD BERKAOUI DE SONATRACH.
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, département automatique, promotion
2008.

Logiciels

Logiciel STEP 7, version 5.4.

Logiciel ProTool.

Documentation Simatic

Sites web consultés

<http://www.charmilles.com>

http://www.acquerir_decteur.com

<http://www.siemens.com>

<http://www.system-c-industrie.com>

TERMINOLOGIE DE L'ÉTINCELAGE : Dans cette partie, on donne les mots les plus courants utilisés en étincelage.

Aspiration : circulation du diélectrique dans le gap créée par une pression plus faible que la pression atmosphérique.

Cratère : cavité laissée sur une surface étincelée par une seule étincelle.

Court-circuit : condition produite par un contact électrique direct entre l'électrode et la pièce (l'effet n'est pas destructeur).

Décharge : passage effectif du courant dans le gap pendant une impulsion. Sa durée est toujours constante pour un réglage donné au niveau de générateur.

Délai d'amorçage t_d : (voir la figure suivante) temps qui s'écoule entre le moment où la tension est appliquée dans le gap et le début de la décharge.

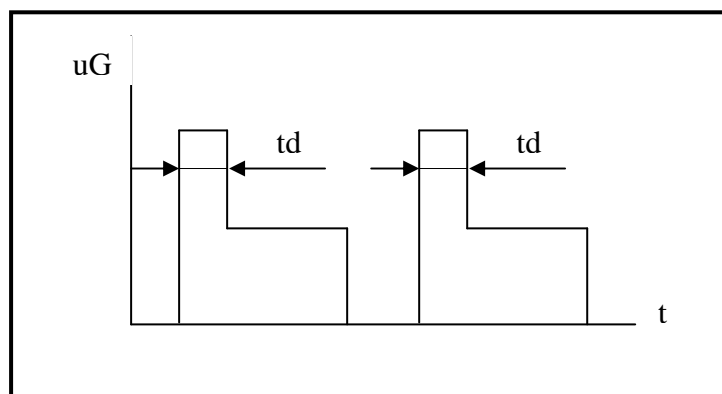


Figure 1 : Le temps d'amorçage t_d

Déionisation : retour après chaque décharge de l'espace électrode-pièce à un état non conducteur.

Diélectrique : fluide liquide non conducteur de l'électricité dans lequel sont immergées l'électrode et la pièce et dans lequel s'effectuent les décharges. Permet également de refroidir l'ensemble électrode / pièce ainsi que d'évacuer les particules érodées.

Electrode : outil de travail utilisé en étincelage.

Gap : espace entre pièce et électrode dans lequel ont lieu les décharges (vient de l'anglais, gap = distance).

Injection : circulation du diélectrique dans le gap créée par une pression plus forte que la pression atmosphérique.

Ionisation : période précédant le passage du courant durant laquelle le gap est rendu conducteur par le déplacement d'électrons sous l'effet de la différence de tension électrode pièce.

Plasma : gaz ionisé porté à haute température.

Polarité : pôle auquel est raccordée l'électrode. Exemple : polarité positive= électrode raccordée au pôle positif.

Stabilité d'usinage : état du déroulement de l'usinage. On dit que la stabilité d'usinage est bonne si la progression de l'usinage est régulière et exemple de court- circuits et de décharges anormales.

Temps de décharge TA : temps pendant lequel le courant traverse le gap pour un réglage donné. Il est absolument constant sur les générateurs d'étincelles.(voir la figure 2).

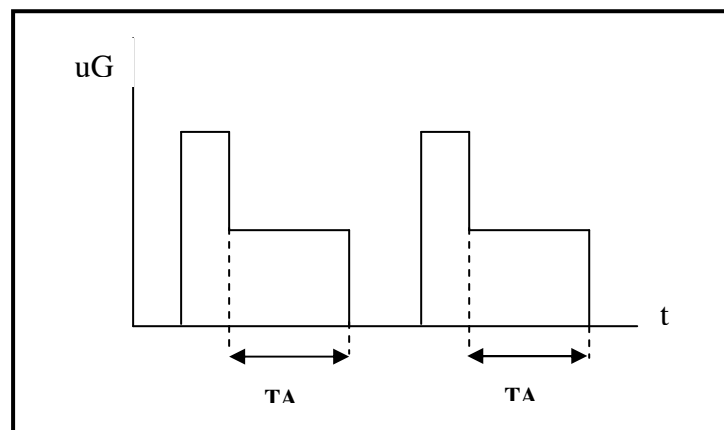


Figure 2 : Le temps de décharge TA

Temps d'impulsion tp : durée de l'impulsion de tension appliquée entre les électrodes. Le temps d'impulsion est égal à la somme du temps de décharge et du délai d'amorçage.

$$Tp = TA + td$$

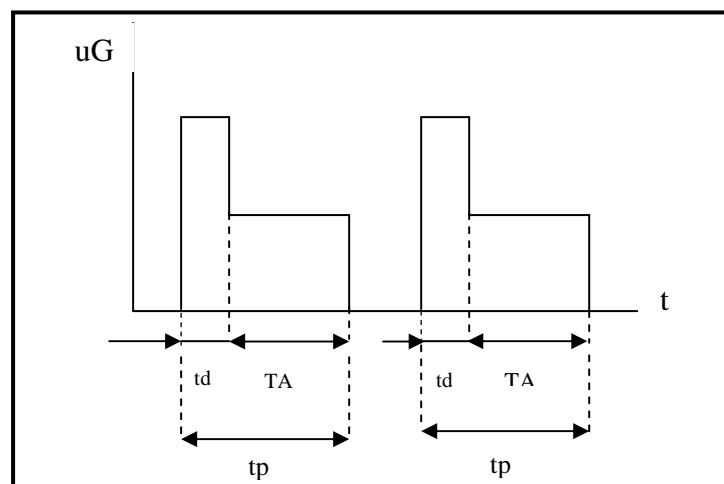


Figure 3 : le temps d'impulsion tp

Temps d'intervalle TB : temps entre deux impulsions. Il est nécessaire pour permettre le refroidissement du gap. (voir la figure suivante).

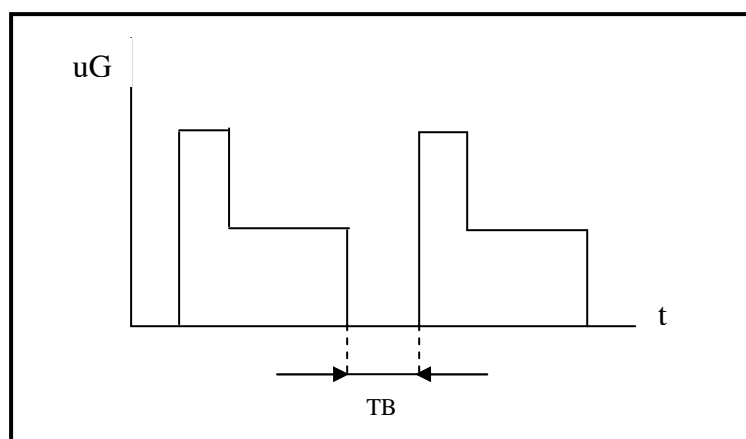


Figure 4 : Le temps d'intervalle TB

La résistivité : la résistivité d'un matériau, généralement symbolisé par la lettre **rho** (ρ), représente sa capacité à s'opposer à la circulation du courant électrique. Elle est exprimée en **Ohm-mètre** ($\Omega.m$).

La conductivité thermique : Elle représente la quantité de chaleur transférée par unité de surface et par unité de temps sus un gradient de température. Elle est exprimée en watts par mètre par Kelvin ($w.m^{-1}.K^{-1}$).

La déionisation : est basée sur la technologie de l'échange d'ions, qui est un procédé par lequel les ions contenus dans une solution sont éliminés pour être remplacés par une quantité équivalente d'autres ions de même charge électrique. Il peut être défini comme un échange réversible d'ions, entre un solide et un liquide, échange qui s'effectue sans modification substantielle de la structure du solide, appelé résine :



R : Résine.

X : ions préalablement fixés sur la résine.

Y_{sol} : ions indésirables présents dans la solution à traiter.

Y : ions fixés par la résine.

X_{sol} : ions rejetés dans la solution.

Les résines cationiques éliminent les cations (Ca^{2+} , Na^{+} , Mg^{2+} ...) et les remplacent par des ions H^{+} , et les résines anioniques éliminent les anions. Par passage successif sur les résines cationiques, puis anioniques ou les résines à vide d'ions, l'eau est déionisée.

Les régimes utilisés dans le robofil400 :

Régime	Type d'usinage
E1	Ebauche
E2	Ebauche+ finition1
E3	Ebauche+finition1+finition2
E4	Ebauche+finition1+finition2+calibrage faible
E5	Ebauche+finition1+finition2+calibrage faible+calibrage moyen
E6	Ebauche+finition1+finition2+calibrage faible+calibrage moyen calibrage +calibrage fort

Cycle de mesure :

Alignement fil :

Avant de commencer un travail le fil doit être aligné, c'est-à-dire qu'il doit être amené à la verticale par déplacement du guide fil supérieur.

La position de U et V quand le fil est vertical définit les AXOU et AXOV. C'est-à-dire $U=0$ et $V=0$ dans le système machine, voir la figure suivante :

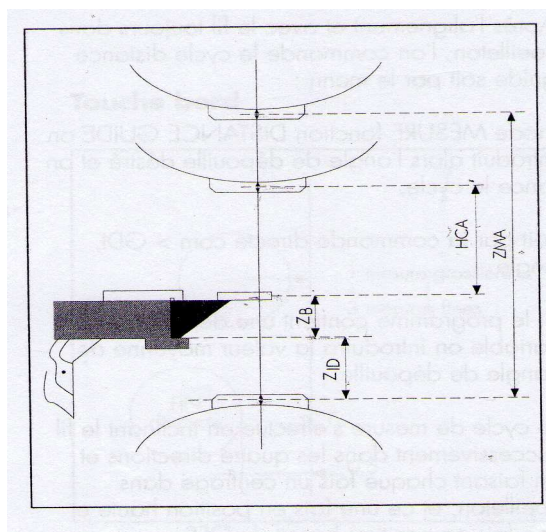


Figure 5 : Alignement fil

Avec :

ZID : la distance entre le guide fil inférieur (origine de l'axe Z dans le système d'axe machine) et le posage (généralement la face inférieure de la pièce).

W : est une élévation ou un abaissement du plan de référence (par rapport à ZID) contenu dans le programme.

HCA : la distance minimum entre le guide fil supérieur et l'œilleton de centrage.

Distance guide :

La distance entre le guide fil inférieur (origine de l'axe Z dans le système d'axe machine) et le posage (généralement la face inférieure de la pièce).

Ce paramètre doit être déterminé précisément avant l'exécution d'un programme pièce avec dépouille. En effet, il permet à la commande numérique de connaître la position du plan de référence choisie par l'utilisateur.

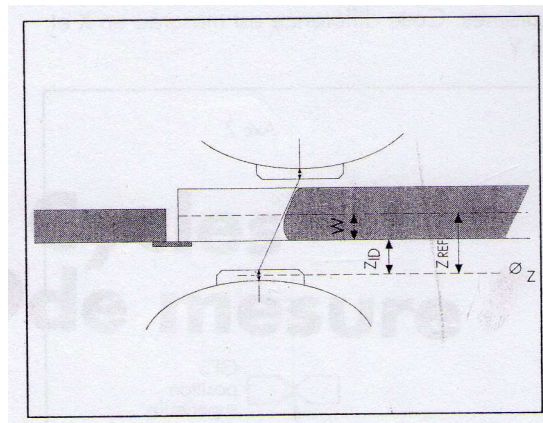


Figure 6 : Distance guide

Usinage avec dépouille :

C'est l'inclinaison du fil, elle est destinée par le déplacement simultanités de U et V du guide fil supérieur et de X et Y du guide fil inférieur, voir la figure suivante :

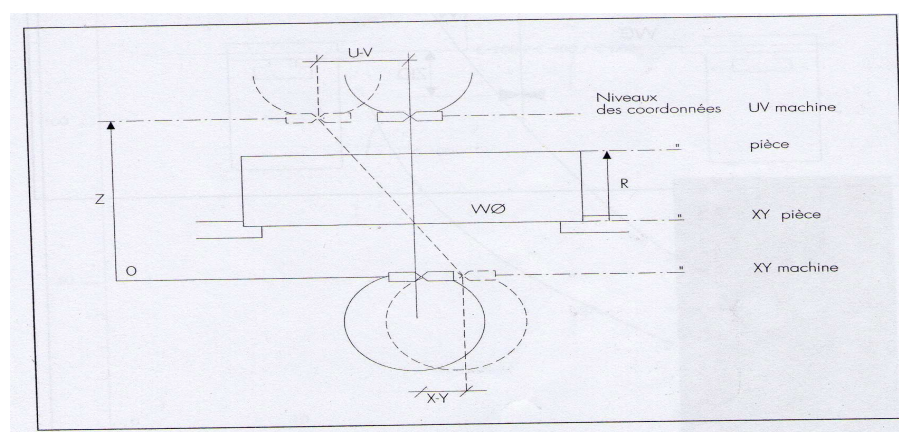


Figure 5 : Alignement fil

Propriétés de la table des mnémoniques

Nom : Mnémoniques
 Auteur :
 Commentaire :
 Date de création : 03/10/2009 21:17:42
 Dernière modification : 02/10/2009 11:12:06
 Dernier filtre sélectionné : Tous les mnémoniques
 Nombre de mnémoniques : 123/123
 Dernier tri : Mnémonique ordre croissant

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	A1	M 101.6	BOOL	
	AIR	A 8.1	BOOL	
	ALM	A 8.2	BOOL	
	ALM_GRE DELA MACHINE	FC 1	FC 1	
	ARU	E 0.0	BOOL	
	AUTO	M 100.2	BOOL	
	BPM	M 100.0	BOOL	
	BPr	M 102.0	BOOL	
	BPU	M 100.5	BOOL	
	BPV	M 100.6	BOOL	
	BPX	M 100.3	BOOL	
	BPY	M 100.4	BOOL	
	BPZ	M 100.7	BOOL	
	CALIBRAGE FAIBLE	FC 9	FC 9	
	CALIBRAGE FORT	FC 11	FC 11	
	CALIBRAGE MOYEN	FC 10	FC 10	
	CE	E 4.0	BOOL	
	CI1	E 2.5	BOOL	
	CPCB	E 2.4	BOOL	
	CPCP	E 3.2	BOOL	
	DEP	M 102.1	BOOL	
	DET_AXES_ ABS	FC 2	FC 2	
	E1	M 101.5	BOOL	
	E2	M 102.2	BOOL	
	E3	M 102.3	BOOL	
	E4	M 102.4	BOOL	
	E5	M 102.5	BOOL	
	E6	M 102.6	BOOL	
	EBAUCHE	FC 6	FC 6	
	FIN D'USINAGE	FC 12	FC 12	
	FINITION 2	FC 8	FC 8	
	FINITION1	FC 7	FC 7	
	KM1	A 13.0	BOOL	
	KM10	A 12.1	BOOL	
	KM11	A 12.6	BOOL	
	KM12D	A 10.0	BOOL	

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	KM12G	A 9.6	BOOL	
	KM13D	A 10.3	BOOL	
	KM13G	A 10.1	BOOL	
	KM14	A 8.5	BOOL	
	KM2	A 13.2	BOOL	
	KM3	A 14.0	BOOL	
	KM4	A 8.3	BOOL	
	KM5B	A 10.4	BOOL	
	KM5H	A 10.5	BOOL	
	KM6	A 11.4	BOOL	
	KM7D	A 9.0	BOOL	
	KM7G	A 9.1	BOOL	
	KM8D	A 9.5	BOOL	
	KM8G	A 9.3	BOOL	
	KM9	A 11.6	BOOL	
	L'ENFILAGE	FC 4	FC 4	
	LB5	A 10.6	BOOL	
	LD12	A 11.1	BOOL	
	LD13	A 11.0	BOOL	
	LD7	A 10.7	BOOL	
	LD8	A 11.3	BOOL	
	LG12	A 9.7	BOOL	
	LG13	A 10.2	BOOL	
	LG7	A 9.2	BOOL	
	LG8	A 9.4	BOOL	
	LH5	A 11.2	BOOL	
	LKM1	A 13.1	BOOL	
	LKM10	A 12.2	BOOL	
	LKM11	A 12.7	BOOL	
	LKM14	A 8.6	BOOL	
	LKM2	A 13.3	BOOL	
	LKM3	A 14.1	BOOL	
	LKM4	A 8.4	BOOL	
	LKM6	A 11.5	BOOL	
	LKM9	A 11.7	BOOL	
	MAN	M 100.1	BOOL	
	PB1	E 3.5	BOOL	
	PB2	E 3.7	BOOL	
	PCFLP	M 103.2	BOOL	
	PCFLPa	E 4.5	BOOL	
	PCFRP	M 103.4	BOOL	
	PCFRPa	E 4.7	BOOL	
	PCMP	M 103.3	BOOL	
	PCMPa	E 4.6	BOOL	
	PEP	M 102.7	BOOL	

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	PEPa	E 4.1	BOOL	
	PF1P	M 103.0	BOOL	
	PF1Pa	E 4.2	BOOL	
	PF2P	M 103.1	BOOL	
	PF2Pa	E 4.3	BOOL	
	PR1	E 0.5	BOOL	
	PR2	E 0.6	BOOL	
	RAUTO	A 12.3	BOOL	
	Read Analog Value 464-2	FC 105	FC 105	Read Analog Value 464-2
	REFERENCE DES AXES	FC 3	FC 3	
	REMPLISSAGE RESERVOIR	FC 5	FC 5	
	RTH	E 0.1	BOOL	
	S11	E 1.0	BOOL	
	S13	E 0.7	BOOL	
	S15	E 1.1	BOOL	
	S17	E 1.2	BOOL	
	S18	E 2.6	BOOL	
	S19	E 2.7	BOOL	
	S2	E 2.2	BOOL	
	S20	E 2.1	BOOL	
	S21	E 3.0	BOOL	
	S22	E 3.1	BOOL	
	S23	E 0.4	BOOL	
	S3	E 3.6	BOOL	
	S5	E 2.3	BOOL	
	S6	E 0.2	BOOL	
	S7	E 0.3	BOOL	
	S9	E 1.3	BOOL	
	STOP	M 103.5	BOOL	
	THVO	A 14.2	BOOL	
	Y1	A 8.0	BOOL	
	Y10	A 13.4	BOOL	
	Y12	A 8.7	BOOL	
	Y13	A 12.5	BOOL	
	Y14	A 13.5	BOOL	
	Y15	A 13.6	BOOL	
	Y16	A 13.7	BOOL	
	Y2	A 14.5	BOOL	
	Y4	A 12.0	BOOL	
	Y5	A 14.3	BOOL	
	Y6	A 14.4	BOOL	
	Y9	A 12.4	BOOL	

OB1 - <offline>

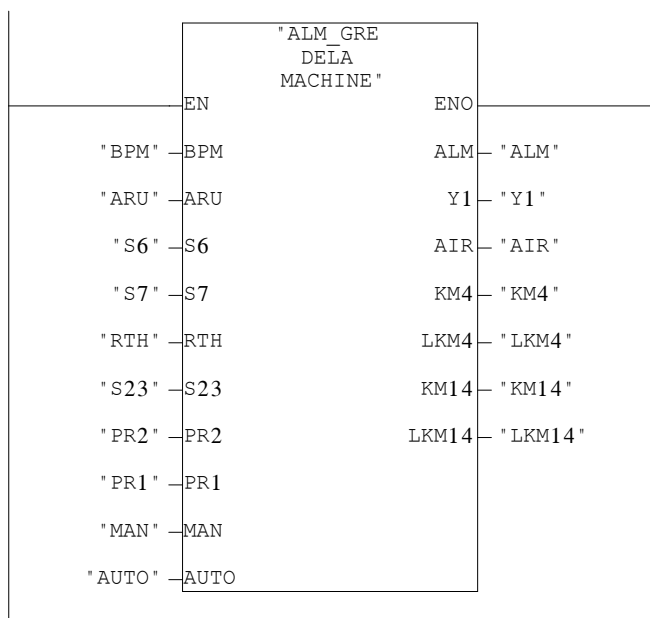
" "

Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 02/10/2009 09:15:10
Interface : 15/02/1996 16:51:12
Longueur (bloc/code /données locales) : 02464 02330 00024

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

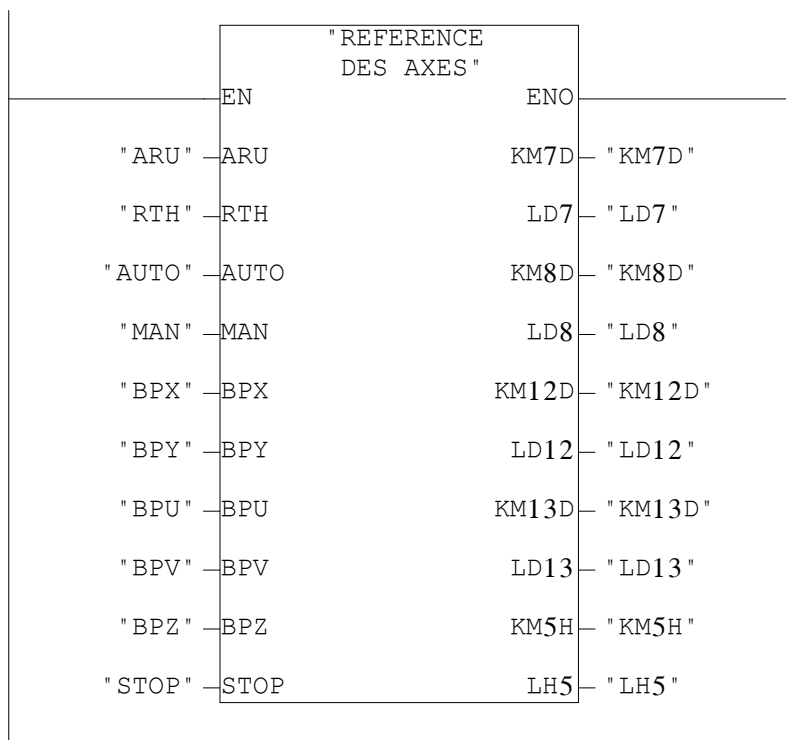
Bloc : OB1 "Main Program Sweep"

Réseau : 1

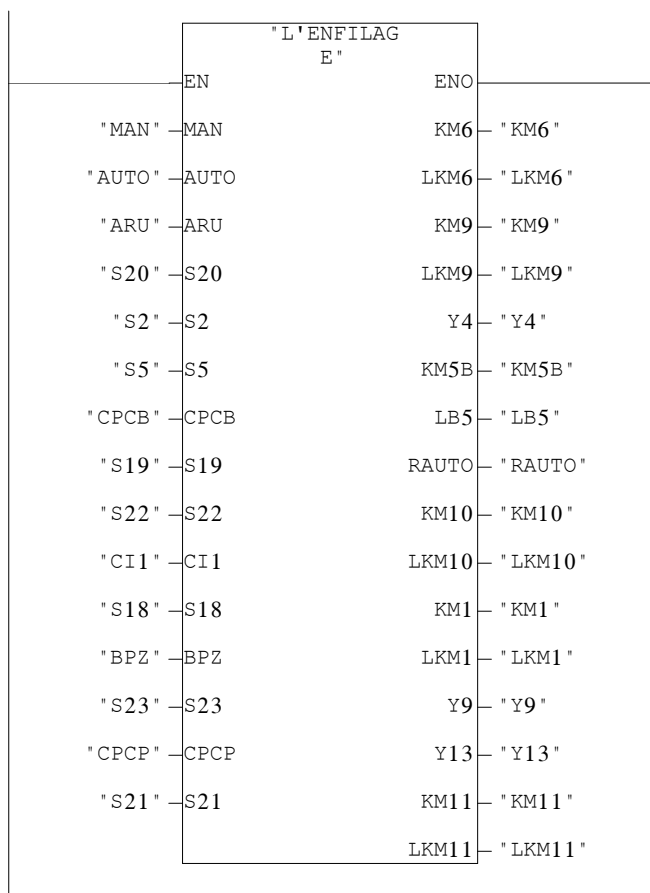


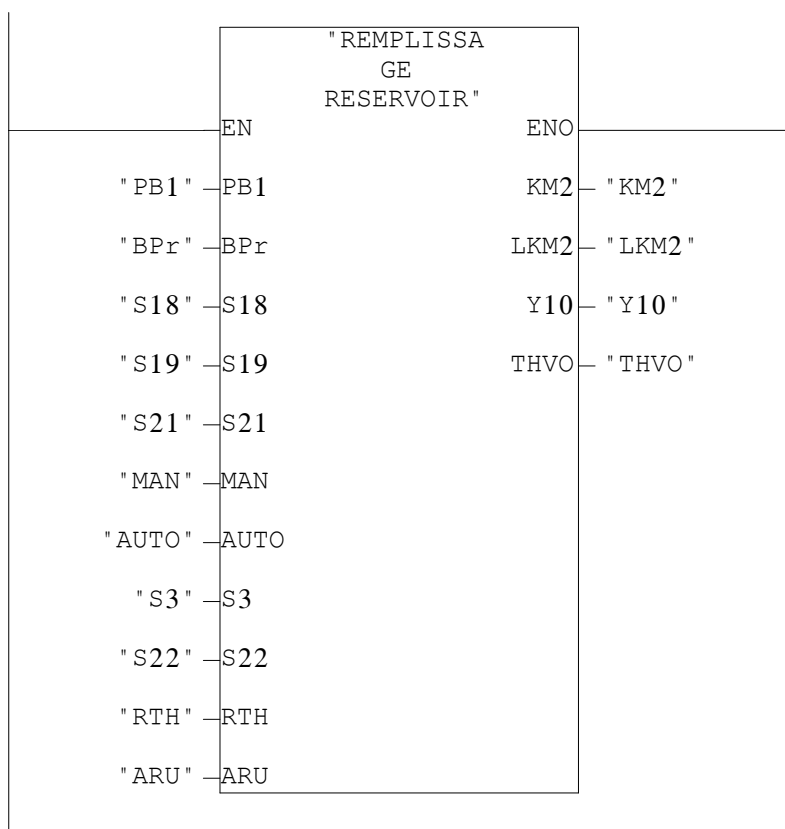
		"DET_AXES_ ABS "		
		EN	ENO	
" PR2 "	PR2		KM7G	" KM7G "
" MAN "	MAN		LG7	" LG7 "
" AUTO "	AUTO		KM7D	" KM7D "
" RTH "	RTH		KM8G	" KM8G "
" ARU "	ARU		LG8	" LG8 "
" BPX "	BPX		KM8D	" KM8D "
" S13 "	S13		KM12G	" KM12G "
" BPY "	BPY		LG12	" LG12 "
" S11 "	S11		KM12D	" KM12D "
" BPU "	BPU		KM13G	" KM13G "
" S15 "	S15		LG13	" LG13 "
" BPV "	BPV		KM13D	" KM13D "
" S17 "	S17		KM5B	" KM5B "
" BPZ "	BPZ		LB5	" LB5 "
" S9 "	S9		KM5H	" KM5H "
" STOP "	STOP			

Réseau : 3



Réseau : 4





"EBAUCHE"			
	EN		ENO
" E1 "	E1	KM13G	" KM13G "
" DEP "	DEP	LG13	" LG13 "
" A1 "	A1	KM13D	" KM13D "
" PR2 "	PR2	KM12G	" KM12G "
" CE "	CE	LG12	" LG12 "
" PB2 "	PB2	LD13	" LD13 "
" PEP "	PEP	KM12D	" KM12D "
" PEPa "	PEPa	LD12	" LD12 "
" E3 "	E3	KM7D	" KM7D "
" E4 "	E4	KM7G	" KM7G "
" E5 "	E5	LG7	" LG7 "
" E6 "	E6	LD7	" LD7 "
" ARU "	ARU	KM8D	" KM8D "
" RTH "	RTH	KM8G	" KM8G "
" STOP "	STOP	LD8	" LD8 "
		LG8	" LG8 "
		KM14	" KM14 "
		LKM14	" LKM14 "
		Y12	" Y12 "
		Y14	" Y14 "
		Y15	" Y15 "
		Y16	" Y16 "
		KM3	" KM3 "
		LKM3	" LKM3 "
		KM1	" KM1 "
		LKM1	" LKM1 "

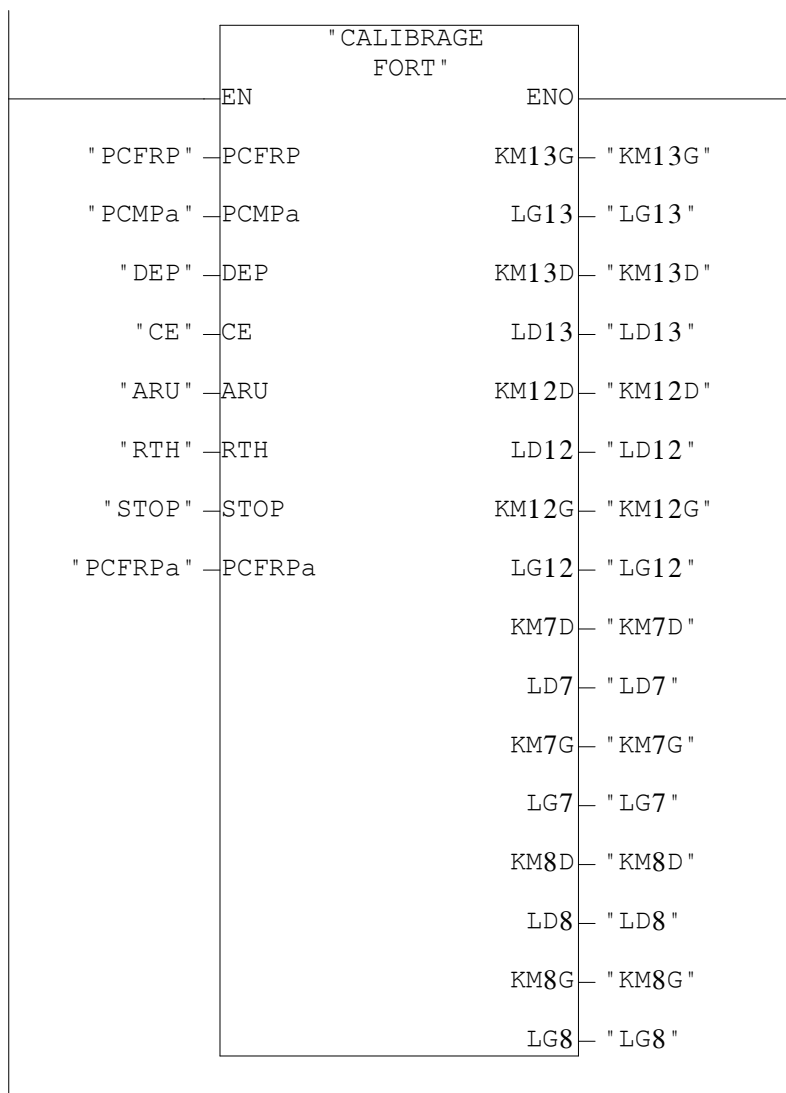
" FINITION1 "			
	EN		ENO
" PF1P "	PF1P	KM13D	" KM13D "
" DEP "	DEP	LD13	" LD13 "
" PEPa "	PEPa	KM13G	" KM13G "
" PF1Pa "	PF1Pa	LG13	" LG13 "
" CE "	CE	KM12D	" KM12D "
" ARU "	ARU	LD12	" LD12 "
" RTH "	RTH	KM12G	" KM12G "
" STOP "	STOP	LG12	" LG12 "
		KM7D	" KM7D "
		LD7	" LD7 "
		KM7G	" KM7G "
		LG7	" LG7 "
		KM8D	" KM8D "
		LD8	" LD8 "
		KM8G	" KM8G "
		LG8	" LG8 "

" FINITION 2 "			
EN		ENO	
" PF1Pa "	PF1Pa	KM13D	" KM13D "
" DEP "	DEP	LD13	" LD13 "
" PF2P "	PF2P	KM13G	" KM13G "
" CE "	CE	LG13	" LG13 "
" PF2Pa "	PF2Pa	KM12D	" KM12D "
" ARU "	ARU	LD12	" LD12 "
" RTH "	RTH	KM12G	" KM12G "
" STOP "	STOP	LG12	" LG12 "
		KM7D	" KM7D "
		LD7	" LD7 "
		KM7G	" KM7G "
		LG7	" LG7 "
		KM8D	" KM8D "
		LD8	" LD8 "
		KM8G	" KM8G "
		LG8	" LG8 "

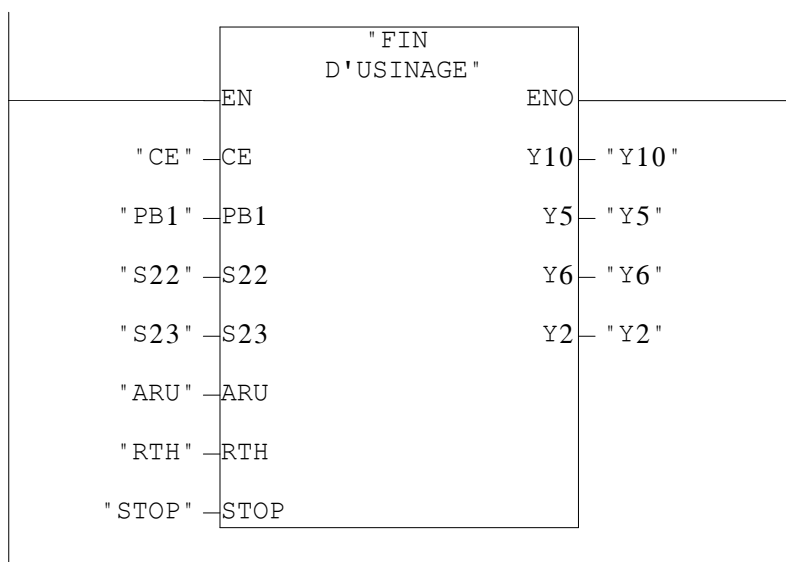
		" CALIBRAGE FAIBLE "		
		EN	ENO	
" PF2Pa "	PF2Pa		KM13D	" KM13D "
" DEP "	DEP		LD13	" LD13 "
" PCFLP "	PCFLP		KM13G	" KM13G "
" ARU "	ARU		LG13	" LG13 "
" RTH "	RTH		KM12D	" KM12D "
" STOP "	STOP		LD12	" LD12 "
" PCFLPa "	PCFLPa		KM12G	" KM12G "
" CE "	CE		LG12	" LG12 "
			KM7D	" KM7G "
			LD7	" LD7 "
			KM7G	" KM7G "
			LG7	" LG7 "
			KM8D	" KM8D "
			LD8	" LD8 "
			KM8G	" KM8G "
			LG8	" LG8 "

	EN	" CALIBRAGE MOYEN "	ENO	
" PCMP "	PCMP		KM13D	" KM13D "
" DEP "	DEP		LD13	" LD13 "
" PCFLPa "	PCFLPa		KM13G	" KM13G "
" PCMPa "	PCMPa		LG13	" LG13 "
" CE "	CE		KM12D	" KM12D "
" ARU "	ARU		LD12	" LD12 "
" RTH "	RTH		KM12G	" KM12G "
" STOP "	STOP		LG12	" LG12 "
			KM7D	" KM7D "
			LD7	" LD7 "
			KM7G	" KM7G "
			LG7	" LG7 "
			KM8D	" KM8G "
			LD8	" LD8 "
			KM8G	" KM8G "
			LG8	" LG8 "

Réseau : 11



Réseau : 12



FC1 - <offline>

"ALM_GRE DELA MACHINE"

Nom :

Famille :

Auteur :

Version : 0.1

Horodatage Code :

Version de bloc : 2

Interface :

01/10/2009 06:07:47

Longueur (bloc/code /données locales) :

25/09/2009 17:54:58

00376

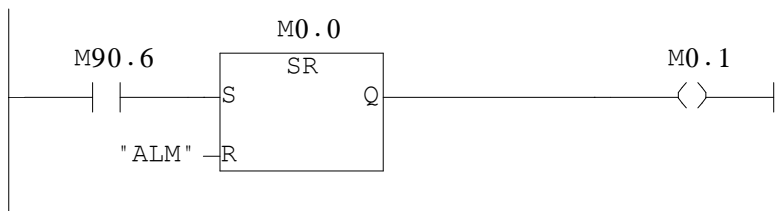
00232

00000

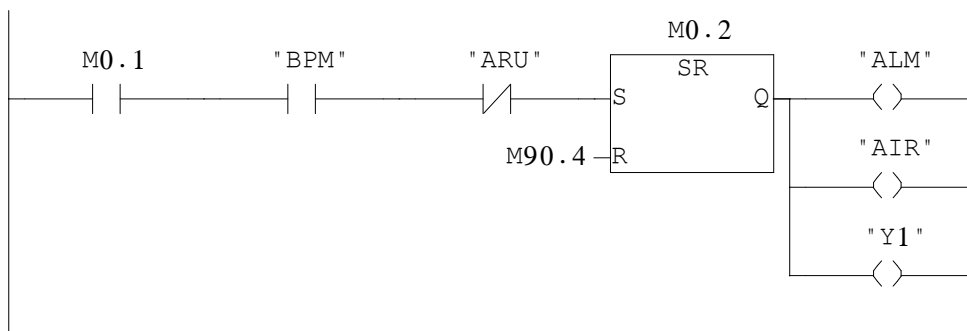
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
BPM	Bool	0.0	
ARU	Bool	0.1	
S6	Bool	0.2	
S7	Bool	0.3	
RTH	Bool	0.4	
S23	Bool	0.5	
PR2	Bool	0.6	
PR1	Bool	0.7	
MAN	Bool	1.0	
AUTO	Bool	1.1	
OUT		0.0	
ALM	Bool	2.0	
Y1	Bool	2.1	
AIR	Bool	2.2	
KM4	Bool	2.3	
LKM4	Bool	2.4	
KM14	Bool	2.5	
LKM14	Bool	2.6	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC1

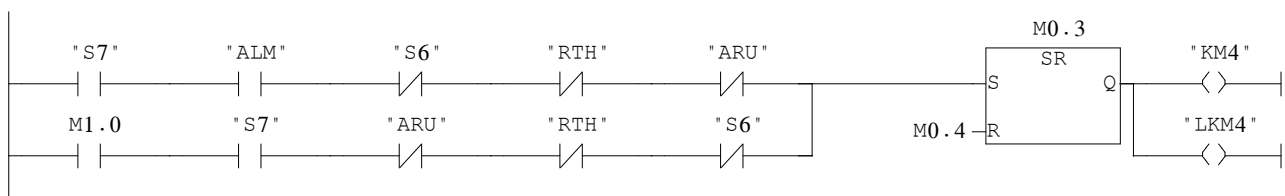
Réseau : 1 ETAPE 1



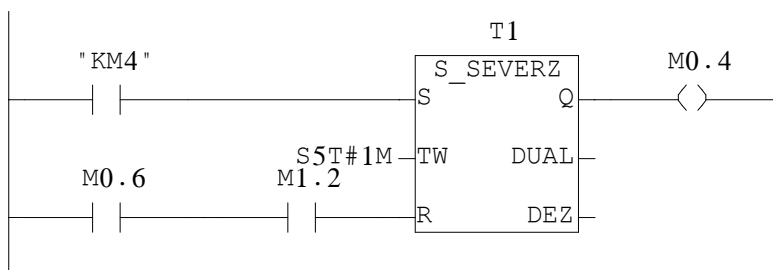
Réseau : 2 ETAPE 2



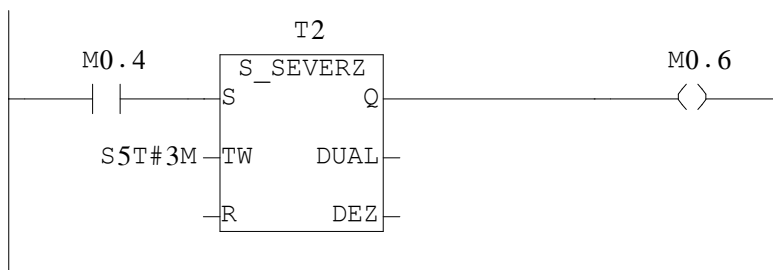
Réseau : 3 ETAPE 3



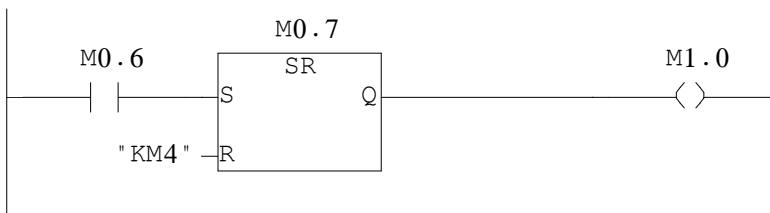
Réseau : 4 TEMPORISATION



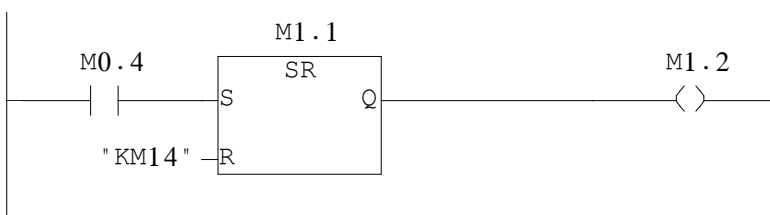
Réseau : 5 ETAPE 4



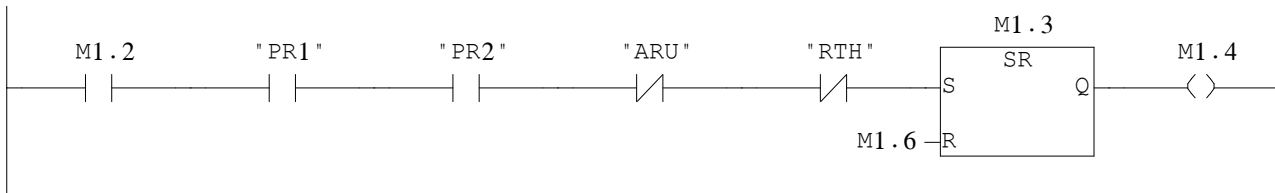
Réseau : 6	ETAPE 5



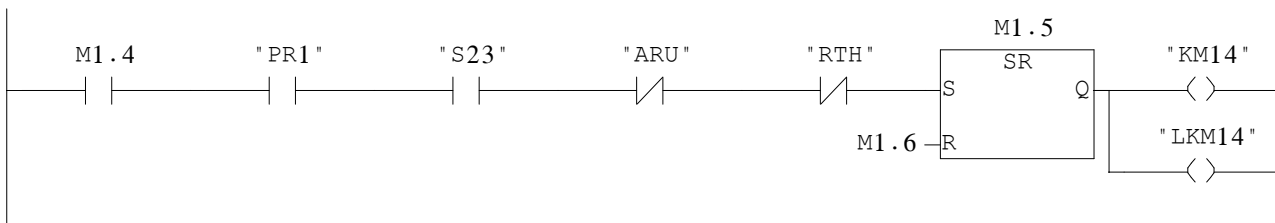
Réseau : 7	ETAPE 6
------------	---------

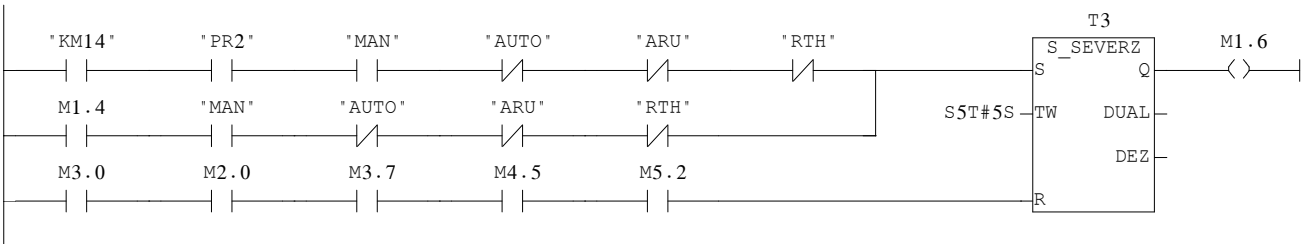


Réseau : 8	ETAPE 7
------------	---------



Réseau : 9	ETAPE 8





FC2 - <offline>

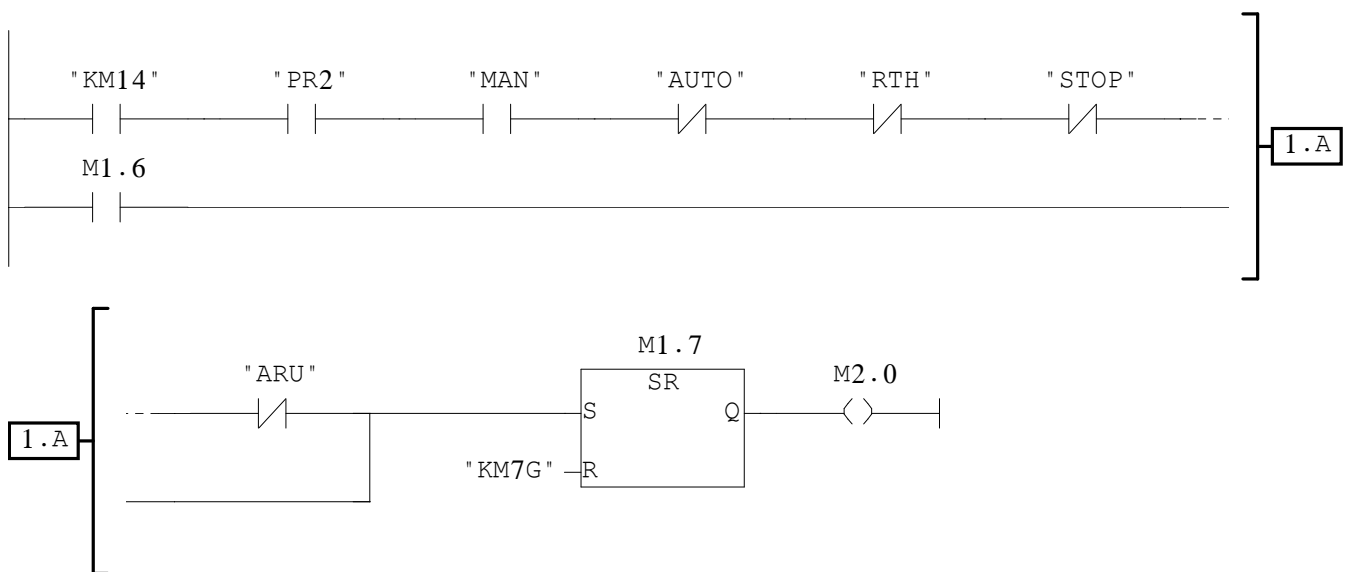
"DET_AXES_ ABS"

Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 02/10/2009 09:02:38
Interface : 02/10/2009 09:02:38
Longueur (bloc/code /données locales) : 01268 01046 00010

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
PR2	Bool	0.0	
MAN	Bool	0.1	
AUTO	Bool	0.2	
RTH	Bool	0.3	
ARU	Bool	0.4	
BPX	Bool	0.5	
S13	Bool	0.6	
BPY	Bool	0.7	
S11	Bool	1.0	
BPU	Bool	1.1	
S15	Bool	1.2	
BPV	Bool	1.3	
S17	Bool	1.4	
BPZ	Bool	1.5	
S9	Bool	1.6	
STOP	Bool	1.7	
OUT		0.0	
KM7G	Bool	2.0	
LG7	Bool	2.1	
KM7D	Bool	2.2	
KM8G	Bool	2.3	
LG8	Bool	2.4	
KM8D	Bool	2.5	
KM12G	Bool	2.6	
LG12	Bool	2.7	
KM12D	Bool	3.0	
KM13G	Bool	3.1	
LG13	Bool	3.2	
KM13D	Bool	3.3	
KM5B	Bool	3.4	
LB5	Bool	3.5	
KM5H	Bool	3.6	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

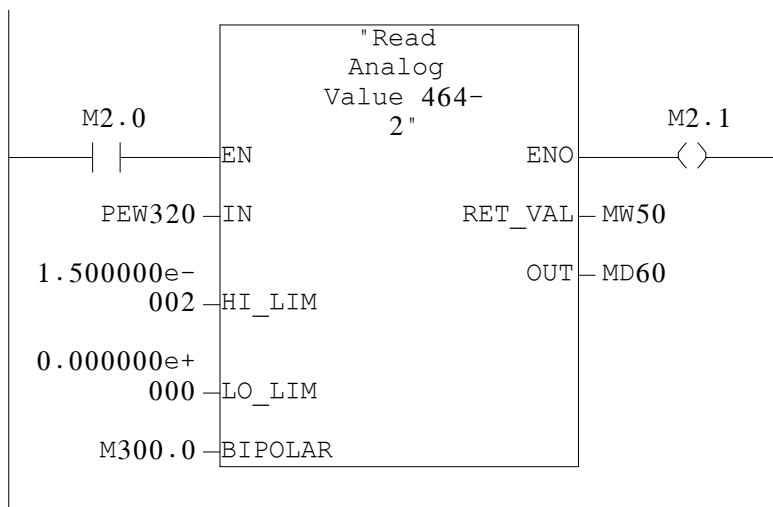
Bloc : FC2
AXE X

Réseau : 1 ETAPE 10

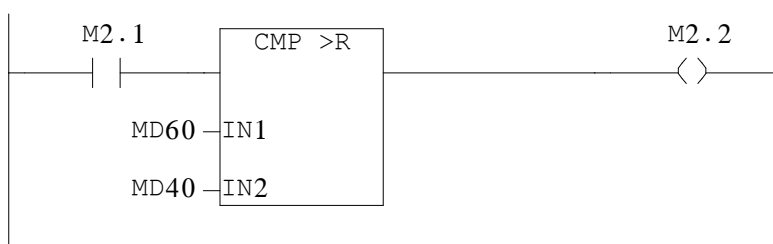


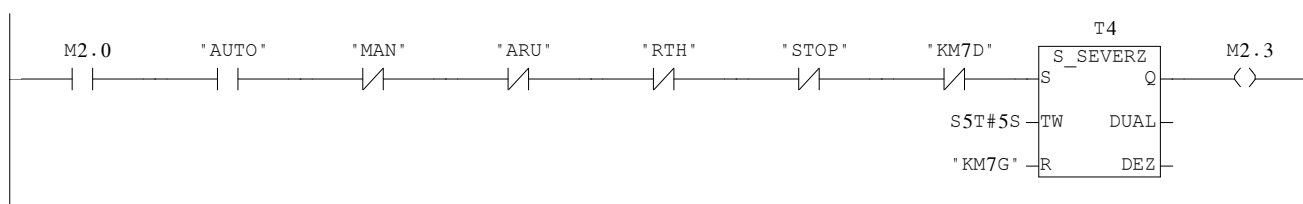
Réseau : 2

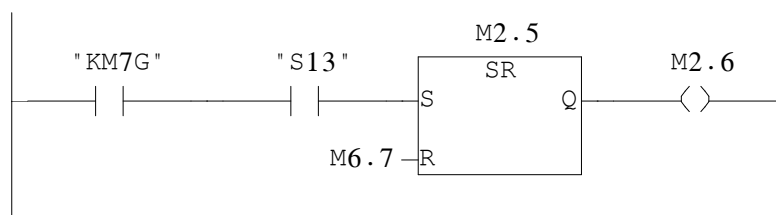
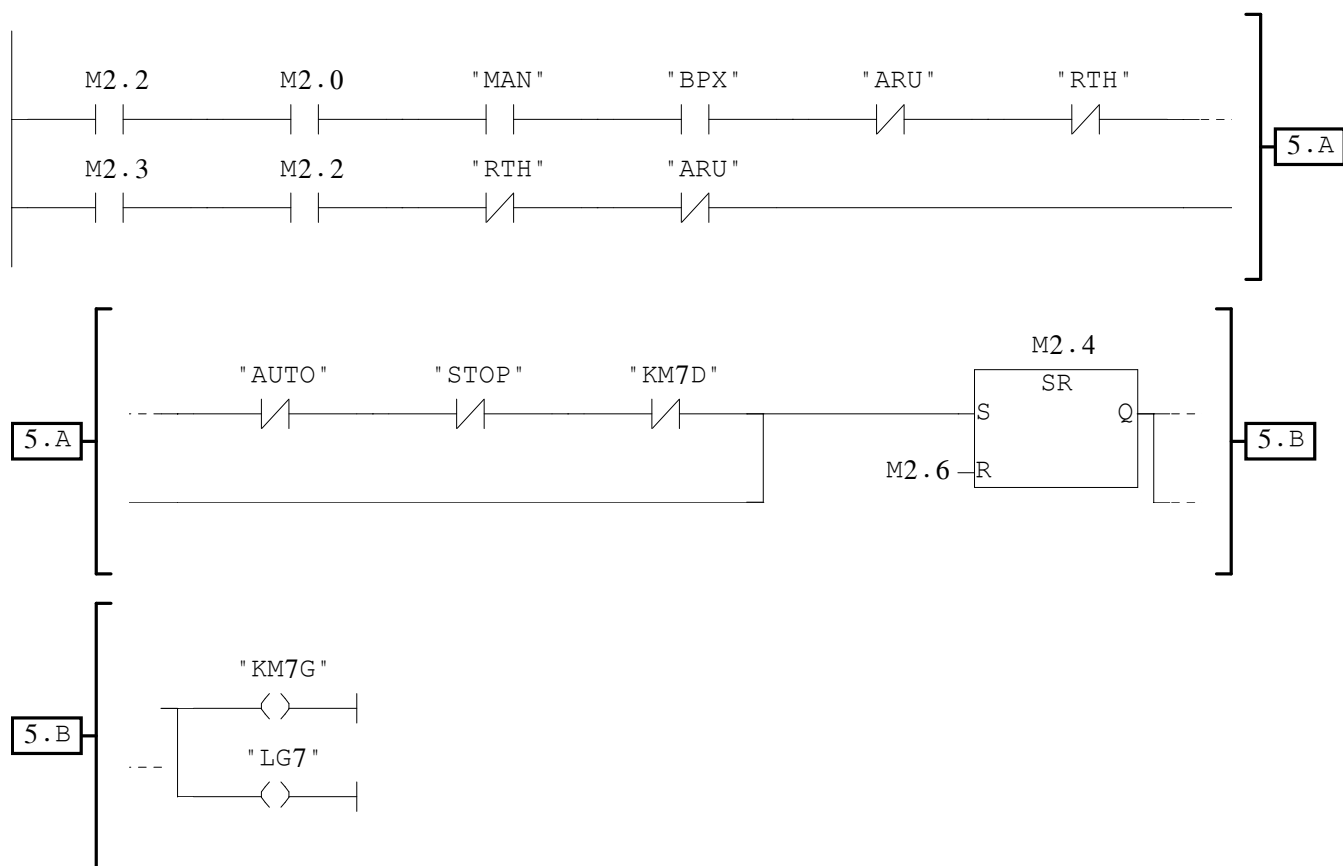
REGLAGE DE LA VITESSE DE L'AXE X



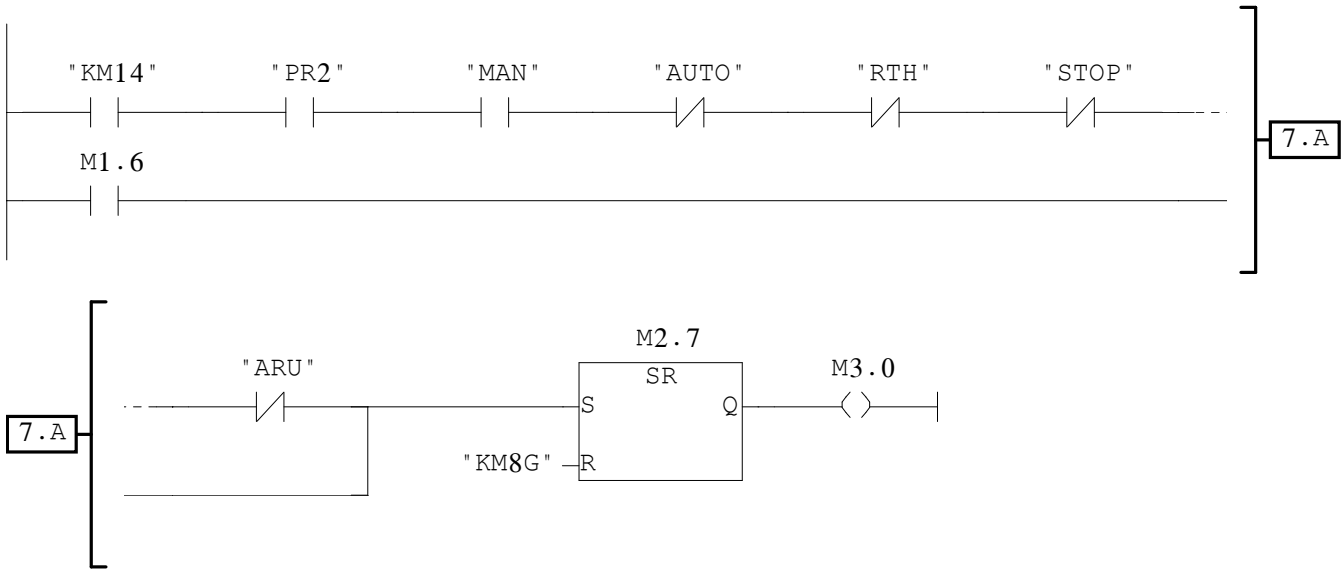
Réseau : 3



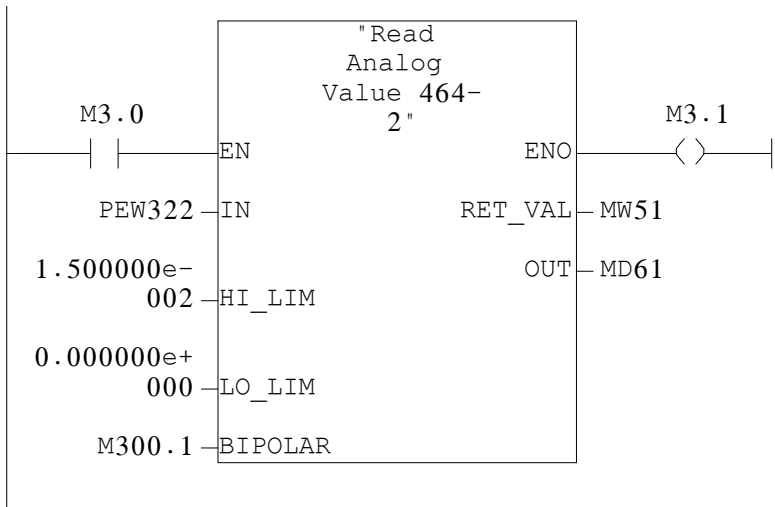




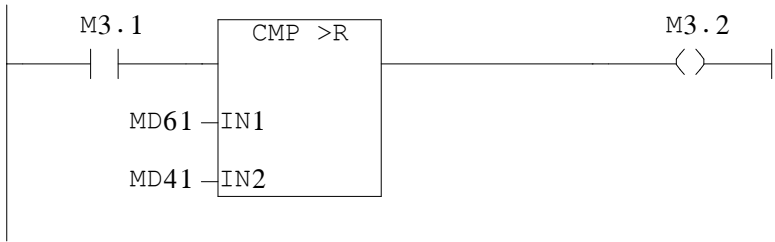
Réseau : 7	ETAPE 14
AXE Y	

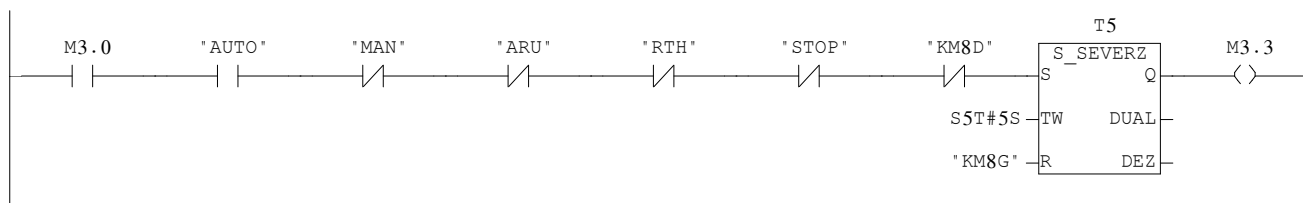


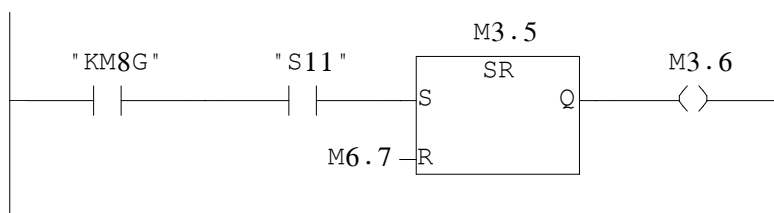
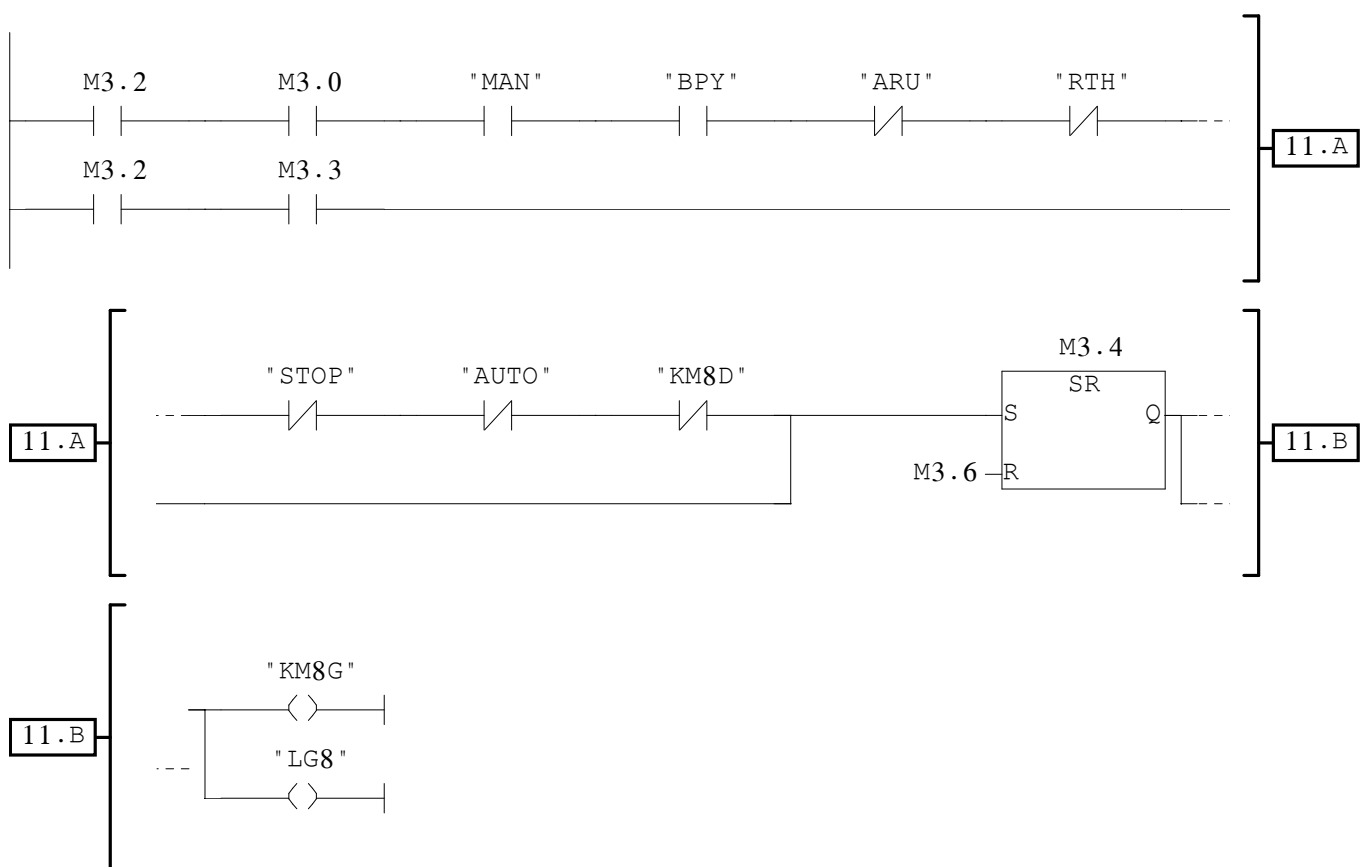
Réseau : 8



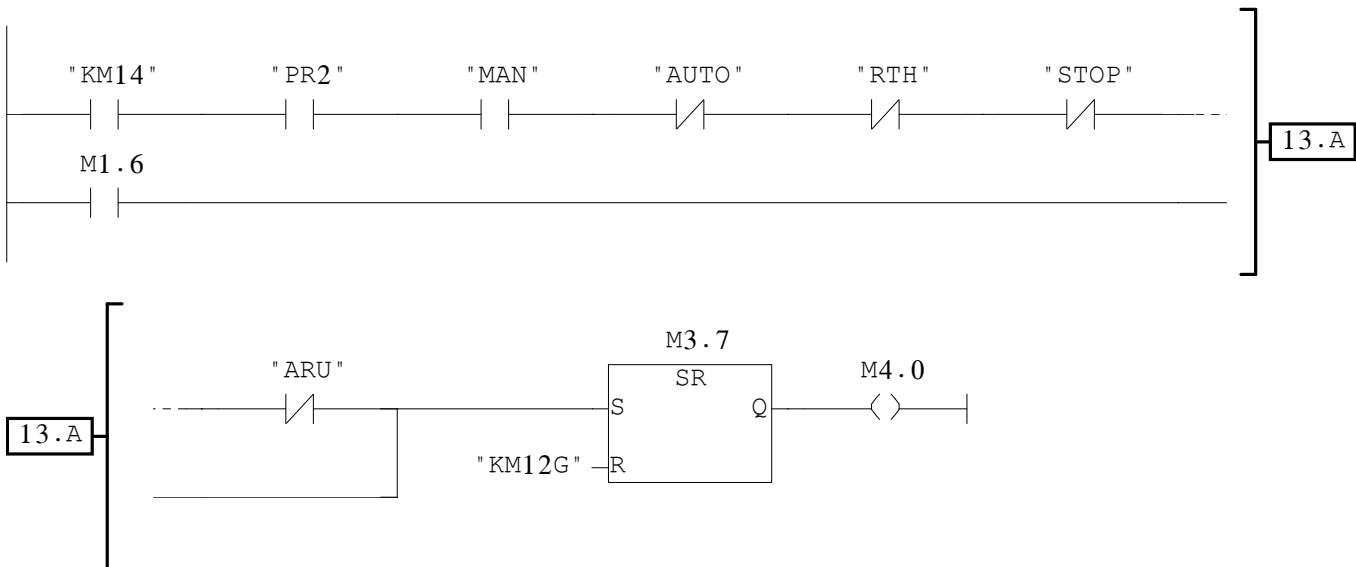
Réseau : 9



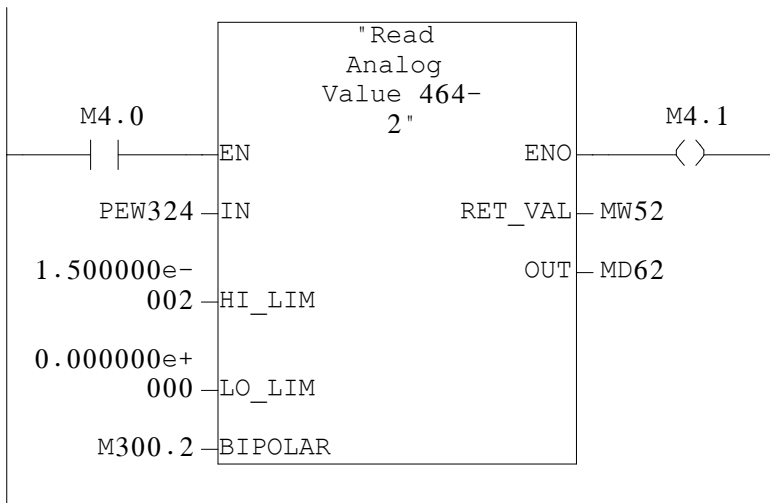




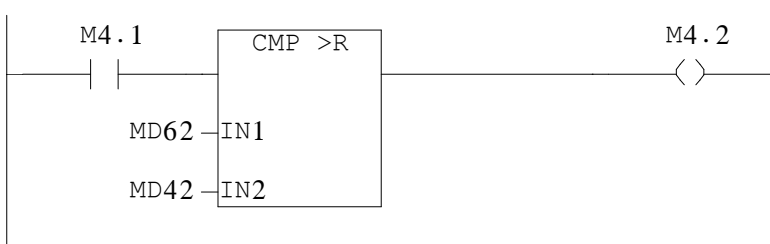
Réseau : 13	ETAPE 18
AXE U	

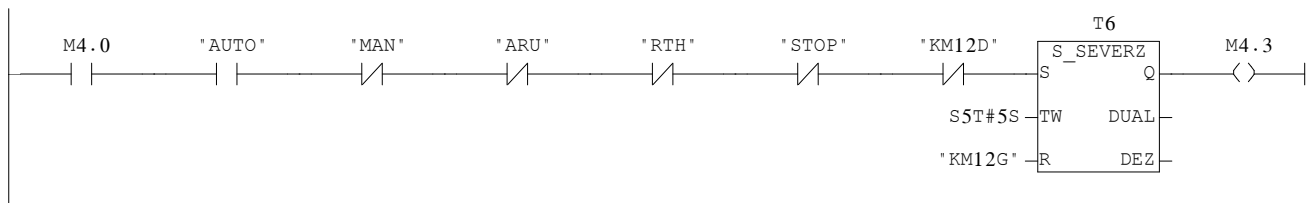


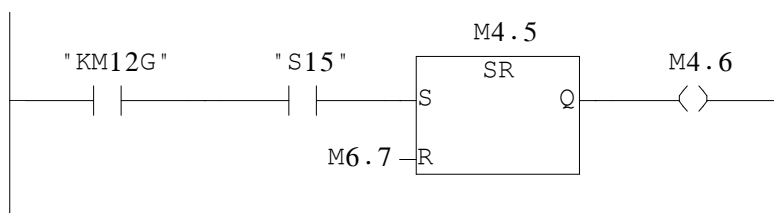
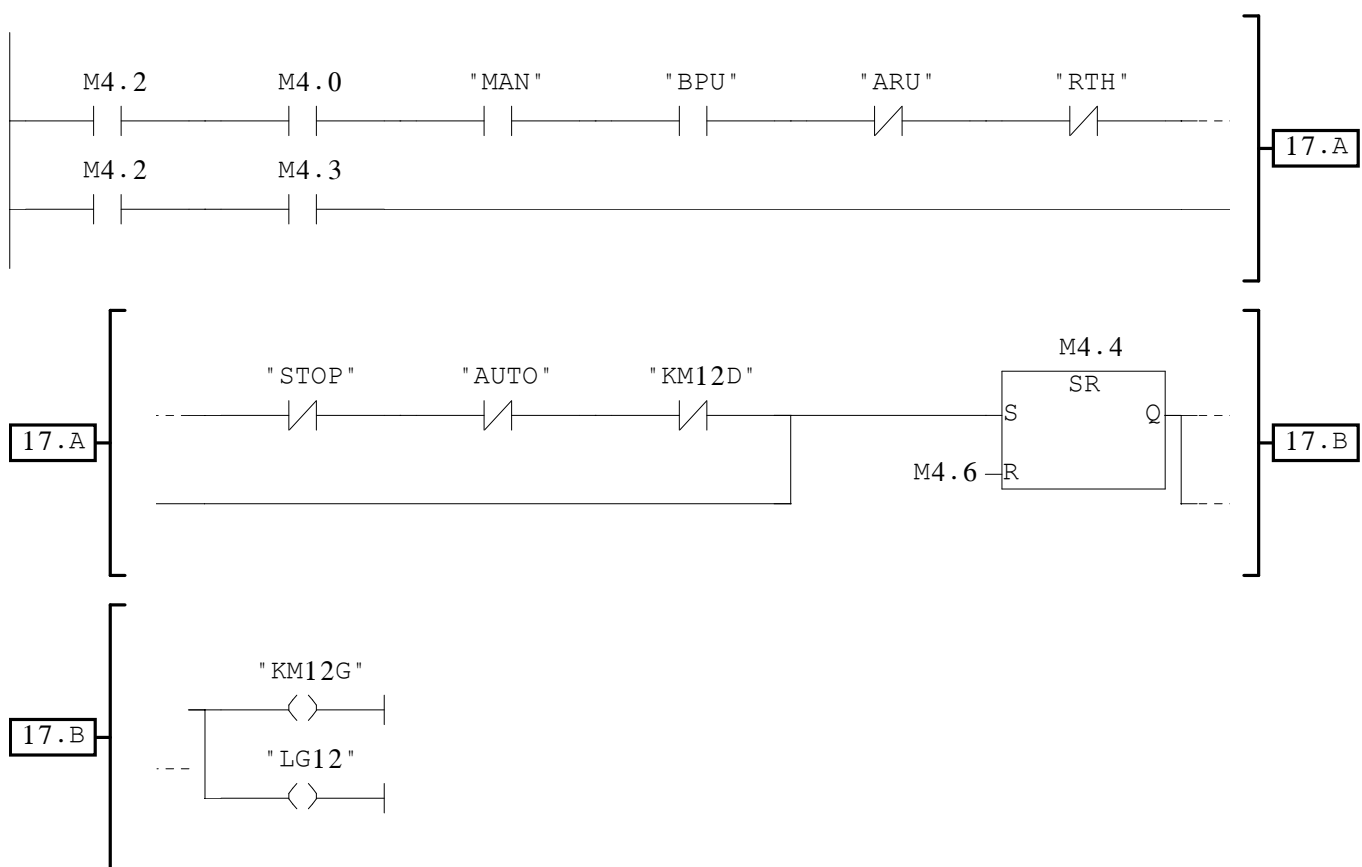
Réseau : 14
REGLAGE VITESSE D'AXE U



Réseau : 15

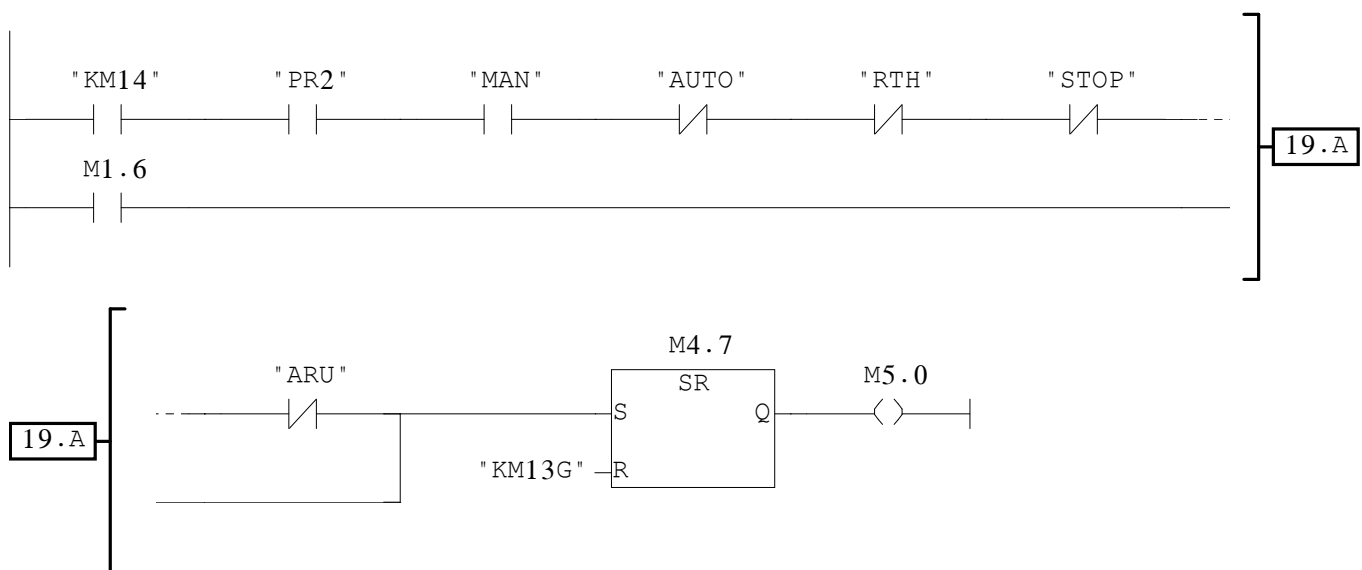




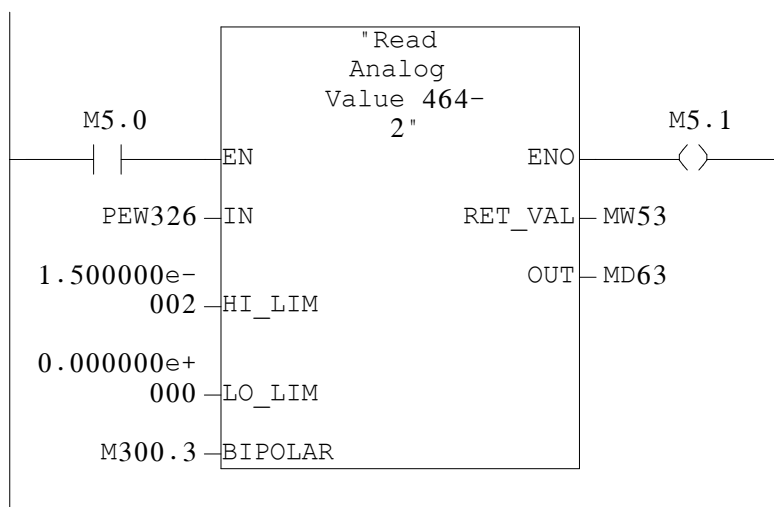


Réseau : 19 ETAPE 22

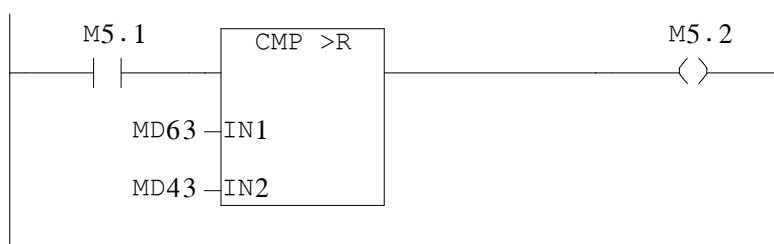
AXE V

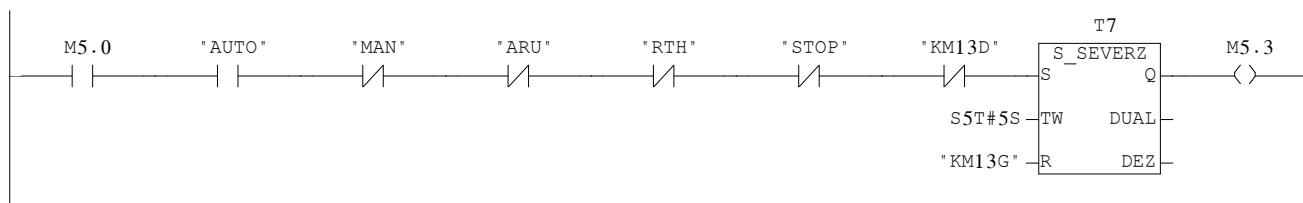


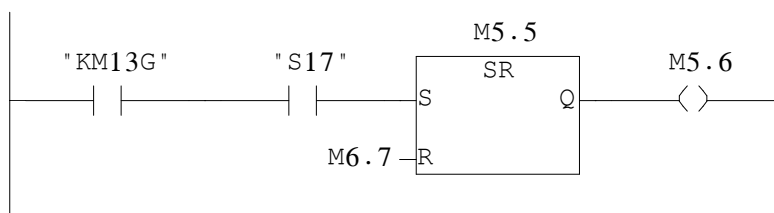
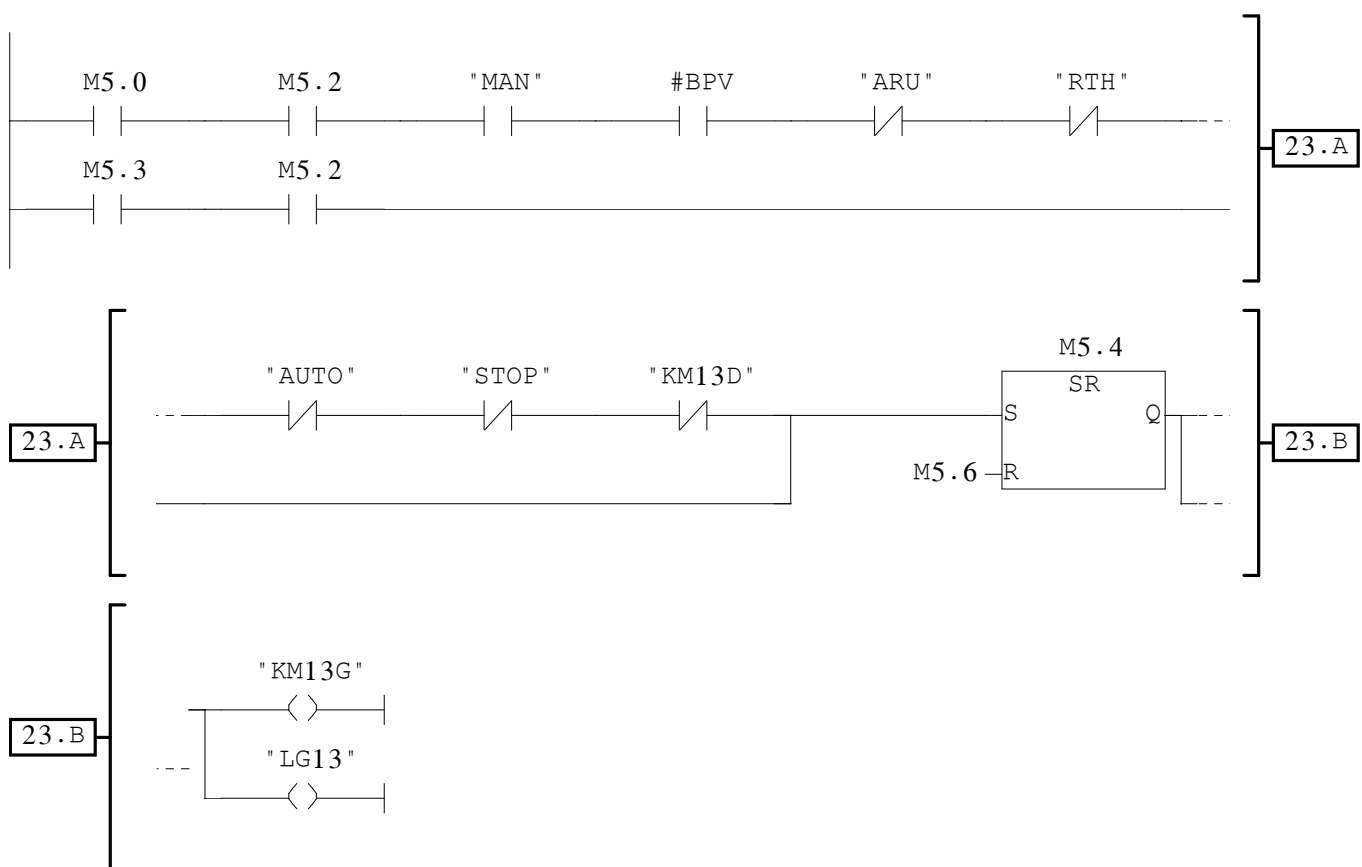
Réseau : 20



Réseau : 21

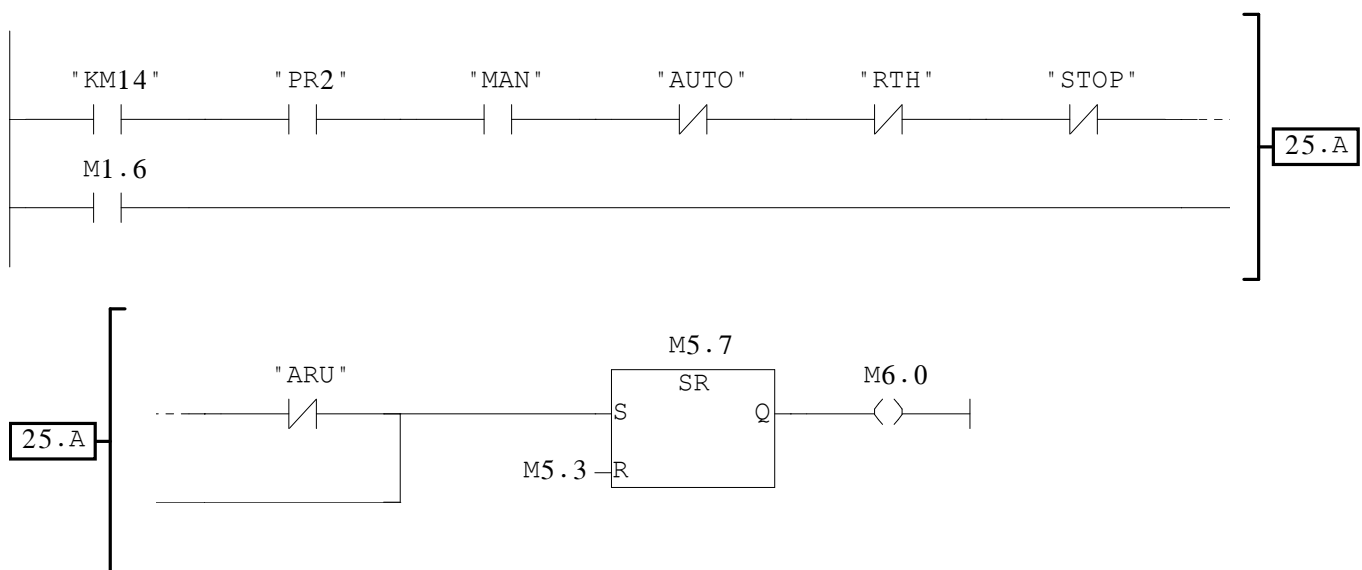




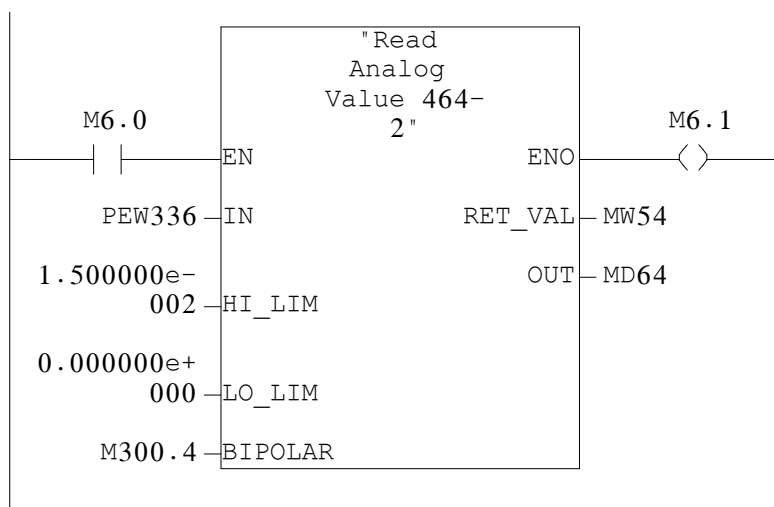


Réseau : 25 ETAPE 26

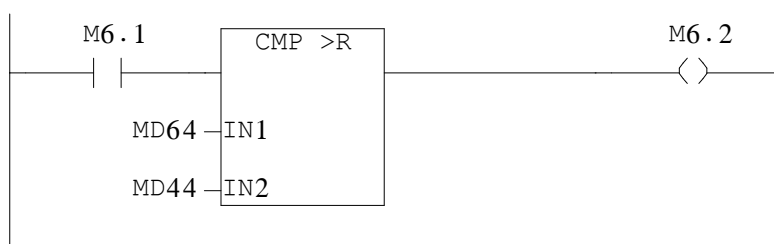
AXE Z

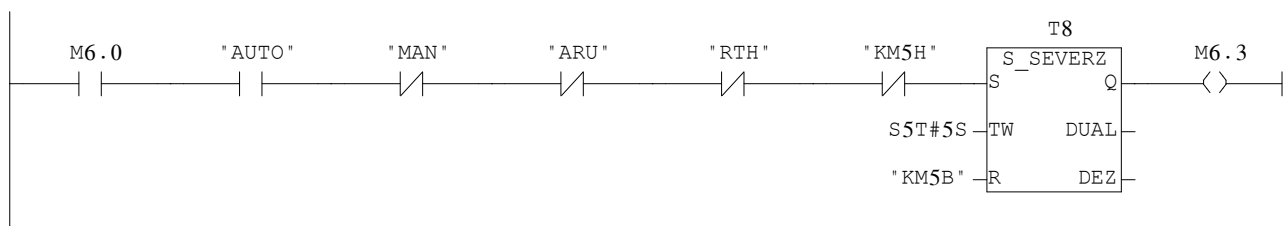


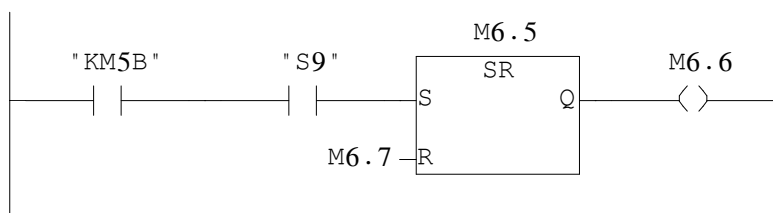
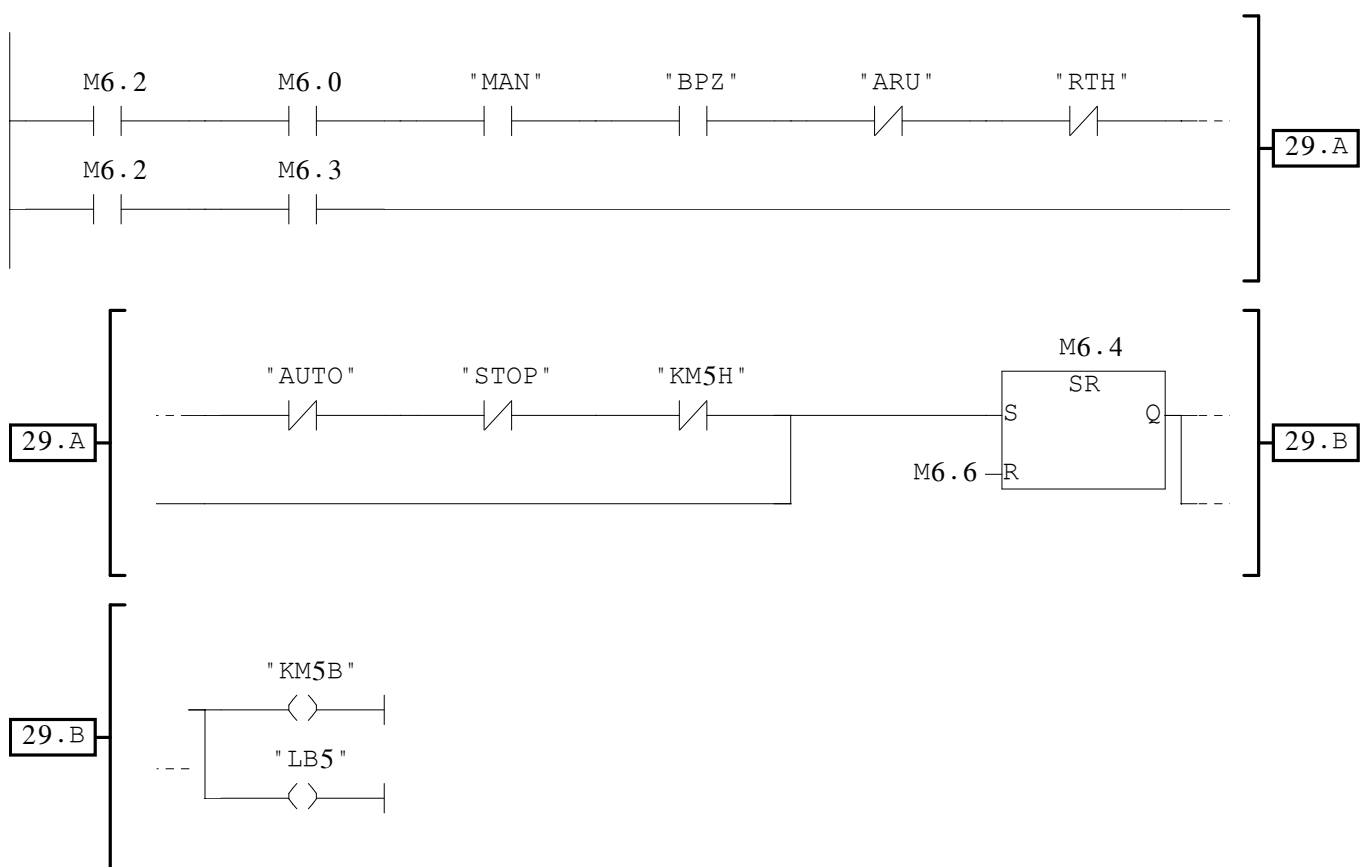
Réseau : 26



Réseau : 27







FC3 - <offline>

```

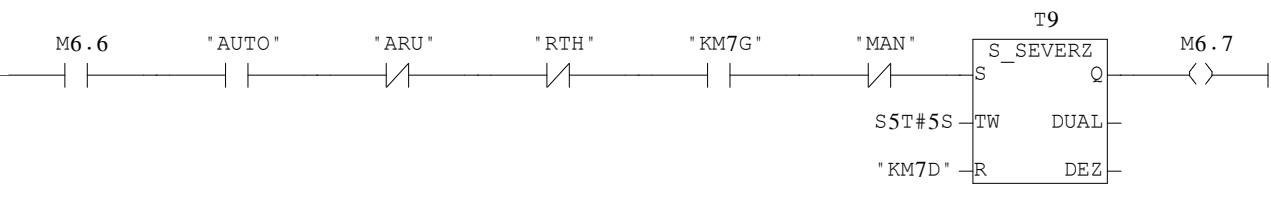
"REFERENCE DES AXES"
Nom :                               Famille :
Auteur :                           Version : 0.1
                                   Version de bloc : 2
Horodatage Code :                  02/10/2009 08:44:31
                                   Interface : 02/10/2009 08:35:11
Longueur (bloc/code /données locales) : 00834 00654 00000

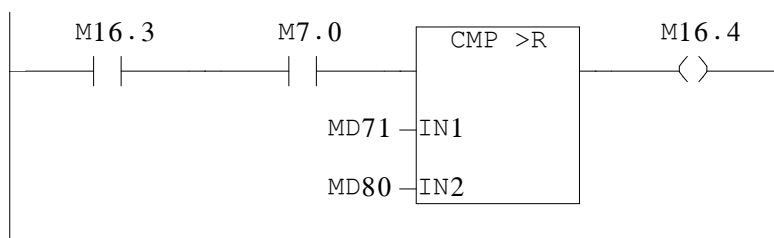
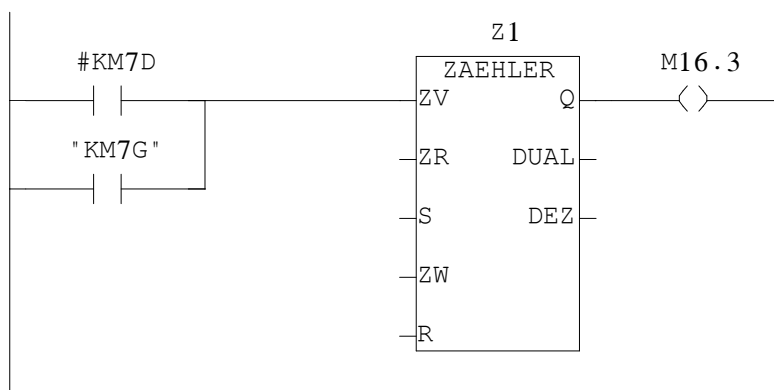
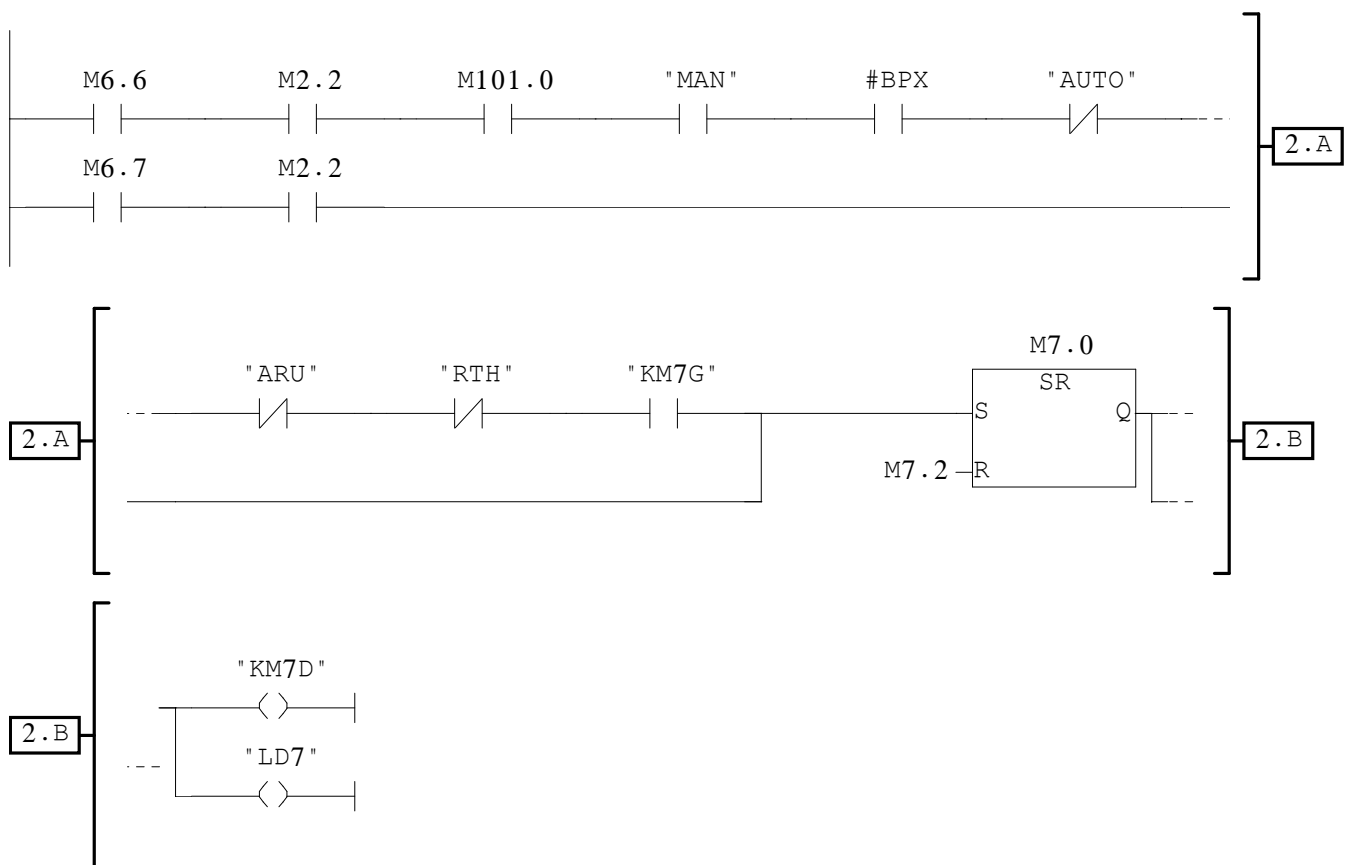
```

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
ARU	Bool	0.0	
RTH	Bool	0.1	
AUTO	Bool	0.2	
MAN	Bool	0.3	
BPX	Bool	0.4	
BPY	Bool	0.5	
BPU	Bool	0.6	
BPV	Bool	0.7	
BPZ	Bool	1.0	
STOP	Bool	1.1	
OUT		0.0	
KM7D	Bool	2.0	
LD7	Bool	2.1	
KM8D	Bool	2.2	
LD8	Bool	2.3	
KM12D	Bool	2.4	
LD12	Bool	2.5	
KM13D	Bool	2.6	
LD13	Bool	2.7	
KM5H	Bool	3.0	
LH5	Bool	3.1	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

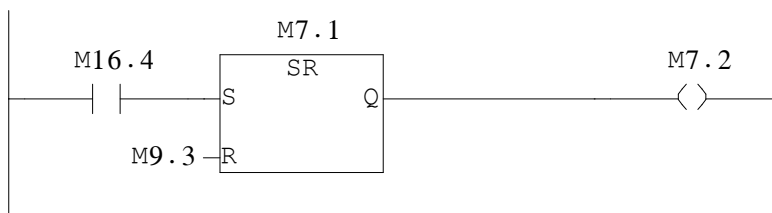
Bloc : FC3 REFERENCE DES AXES

AXE X

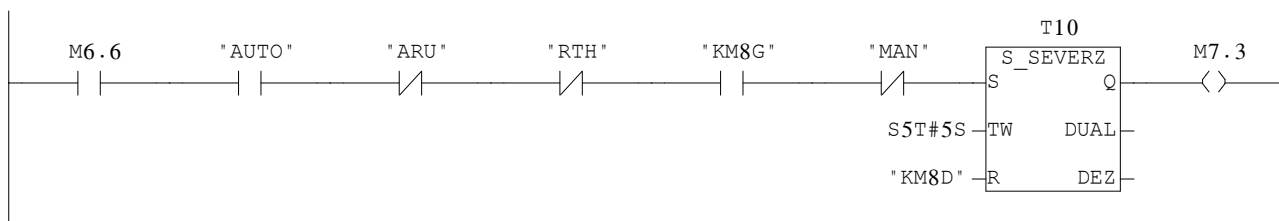


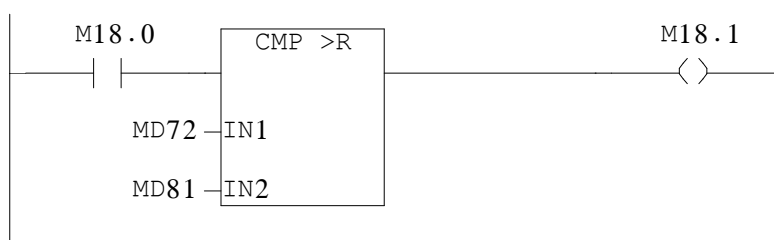
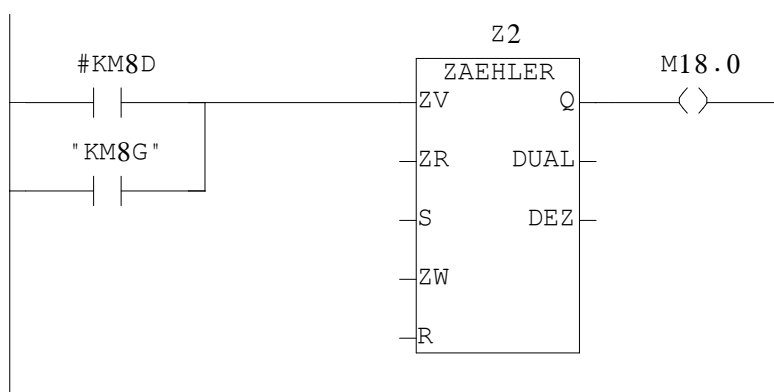
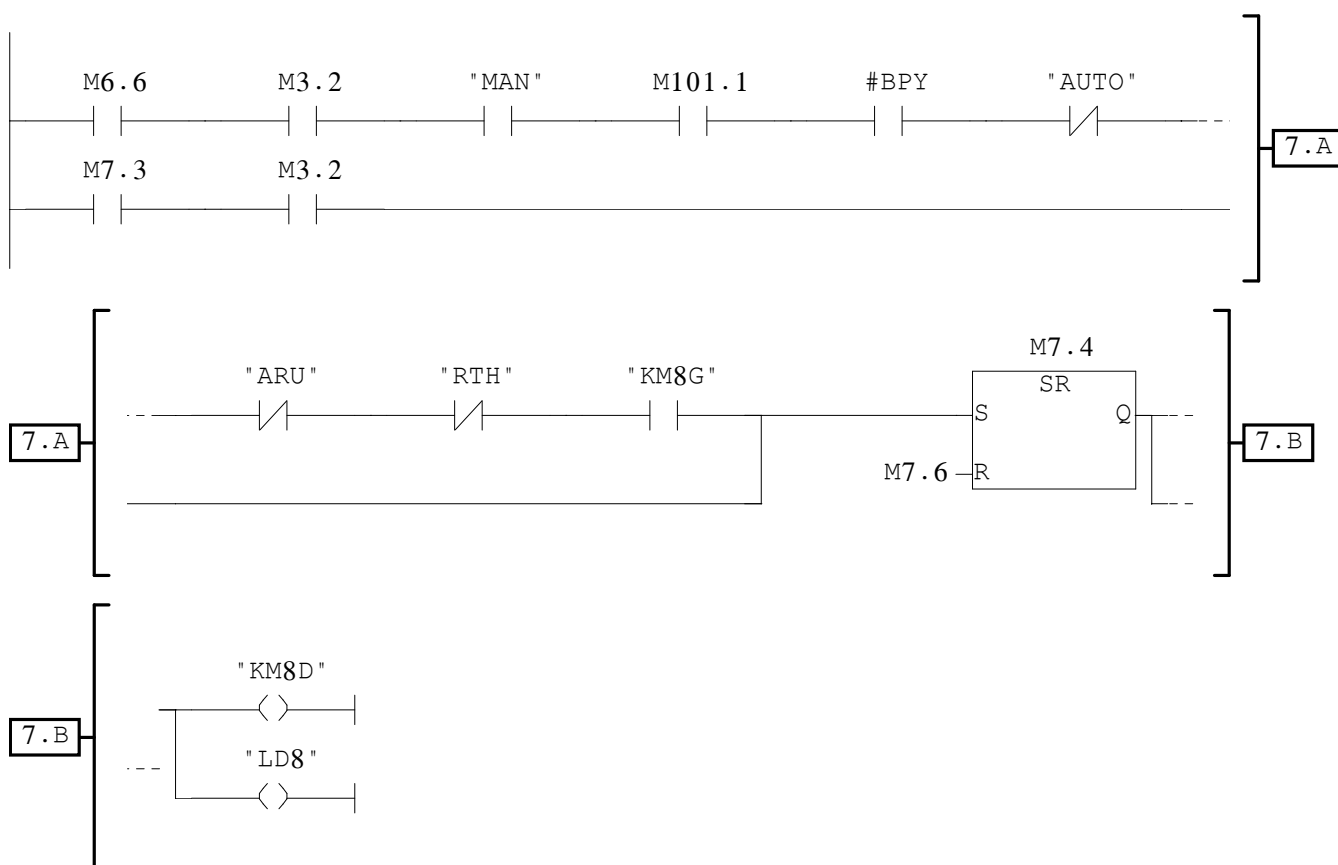


Réseau : 5 ETAPE 32

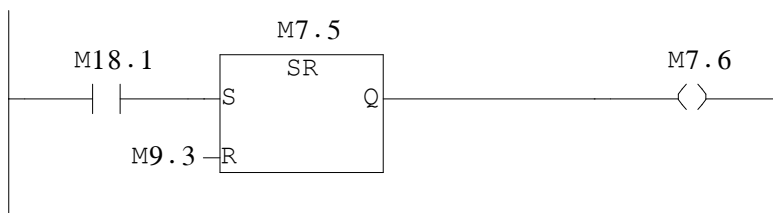


Réseau : 6 ETAPE 33

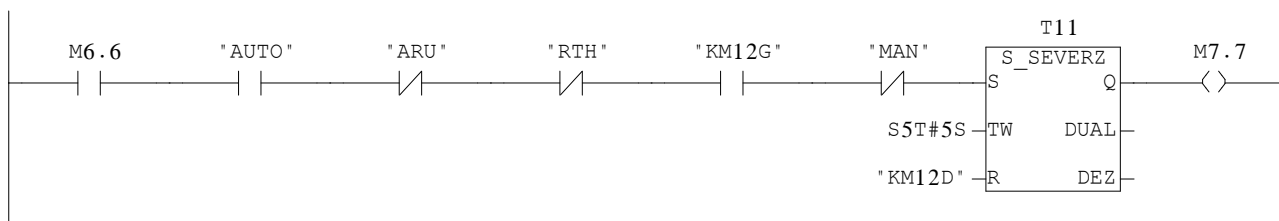




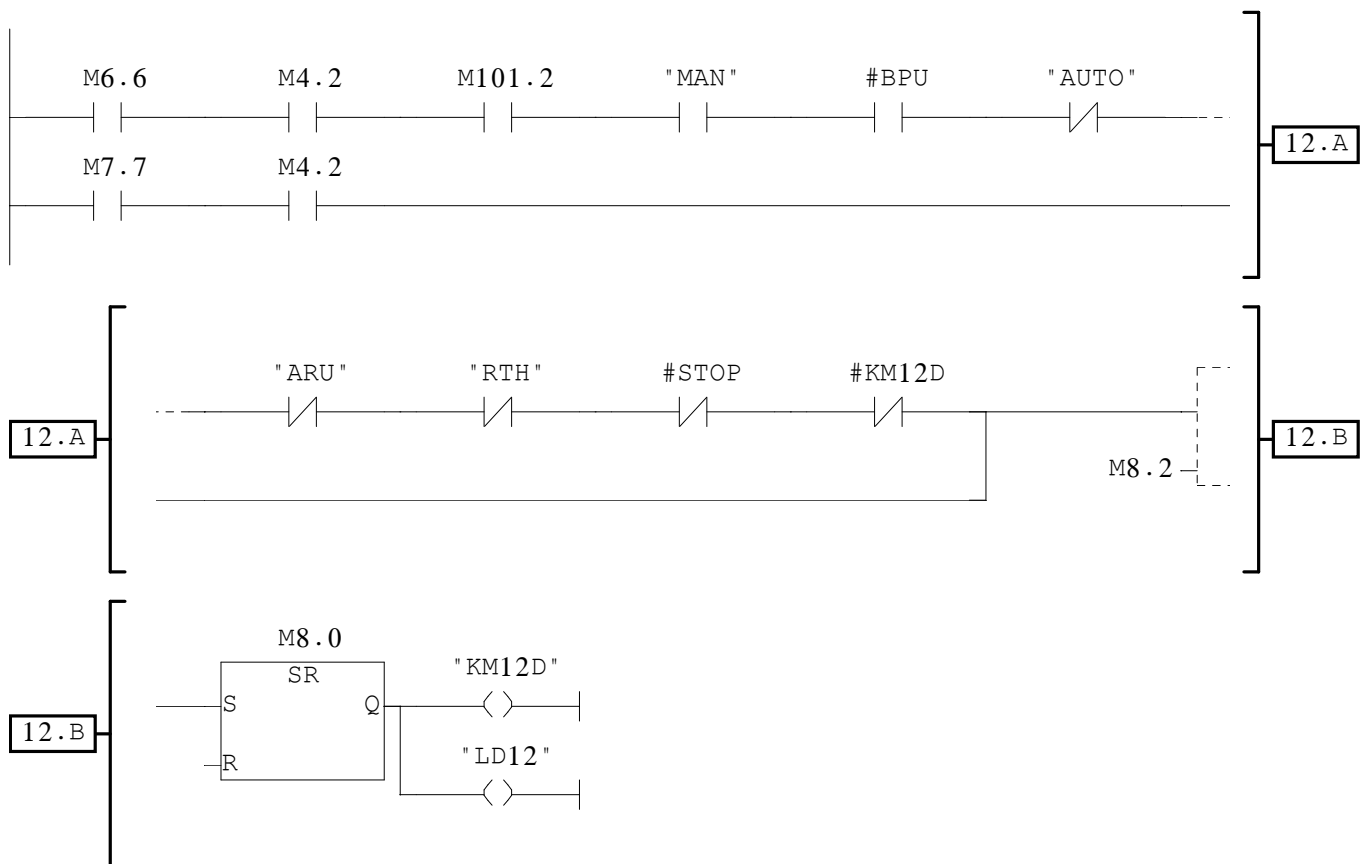
Réseau : 10 ETAPE 35



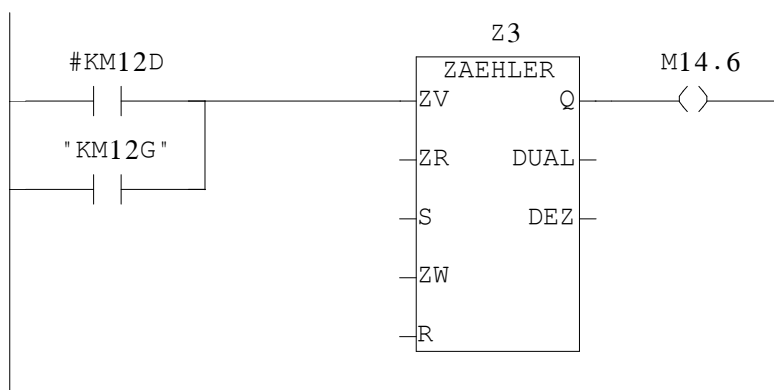
Réseau : 11 ETAPE 36



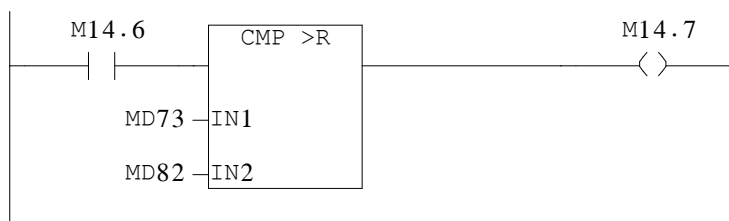
Réseau : 12 ETAPE 37



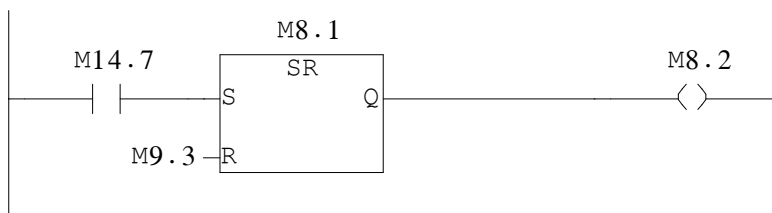
Réseau : 13



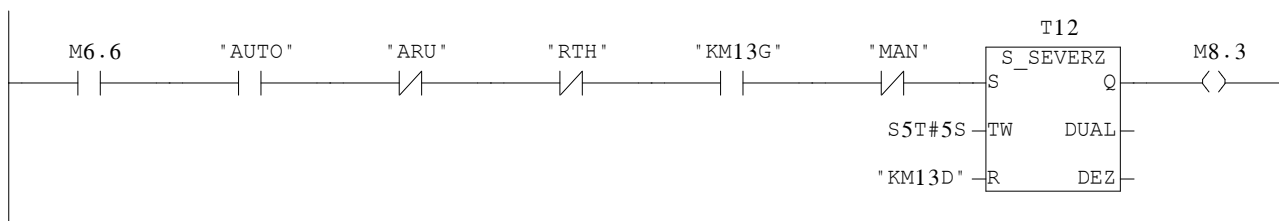
Réseau : 14

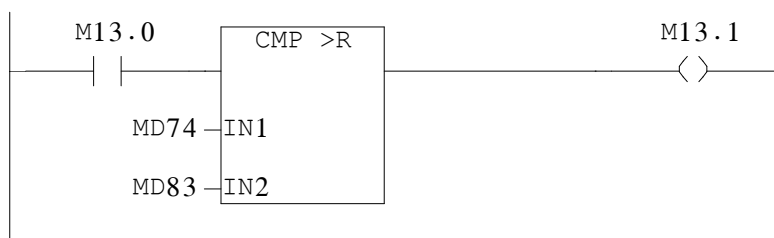
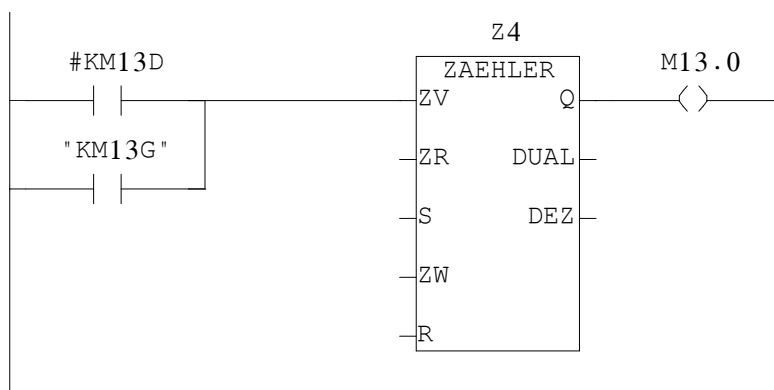
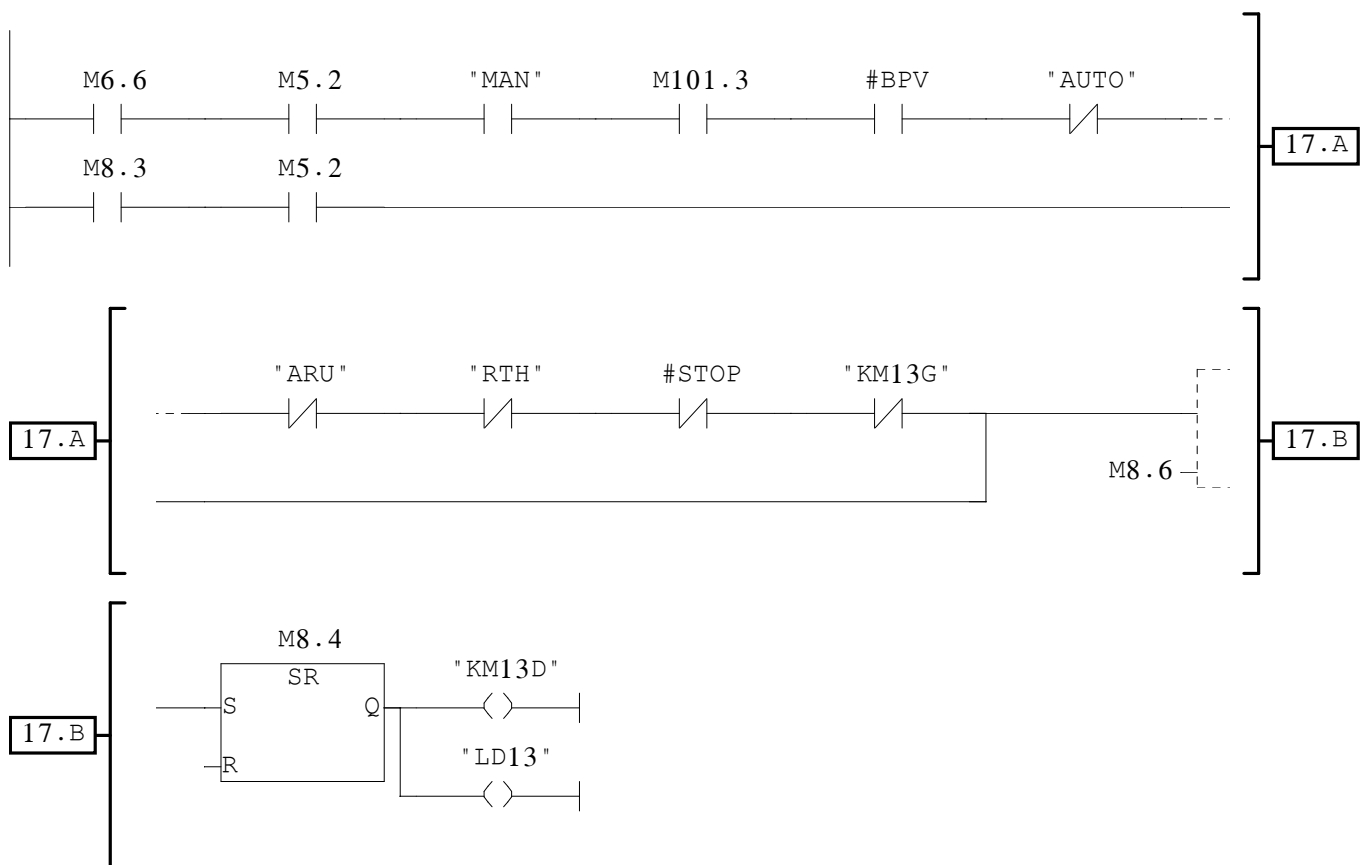


Réseau : 15 ETAPE 38

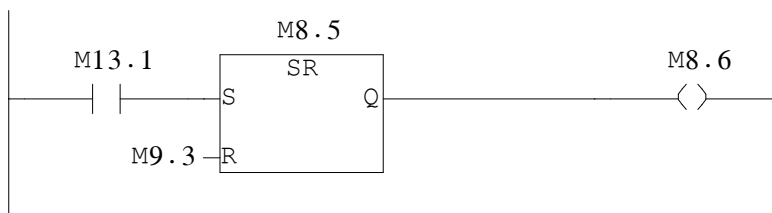


Réseau : 16 ETAPE 39

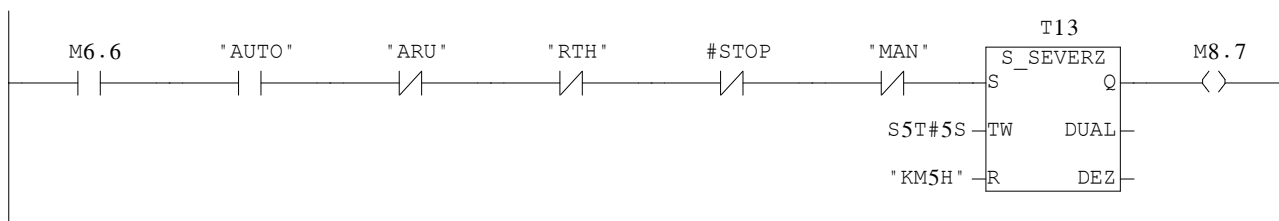


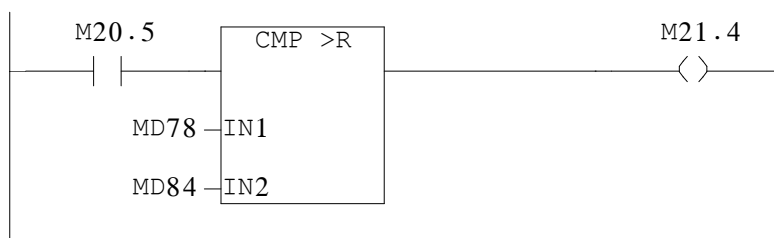
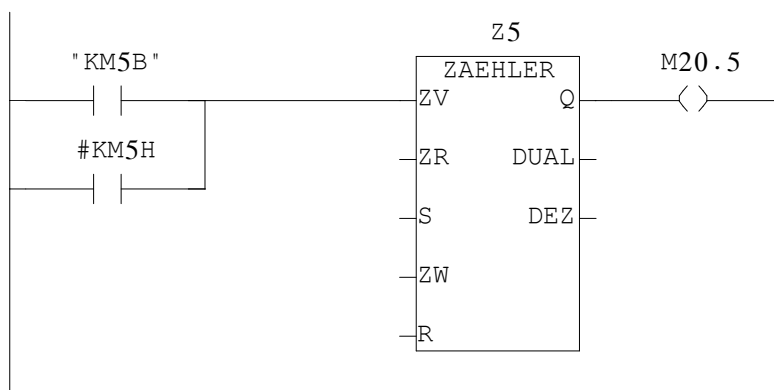
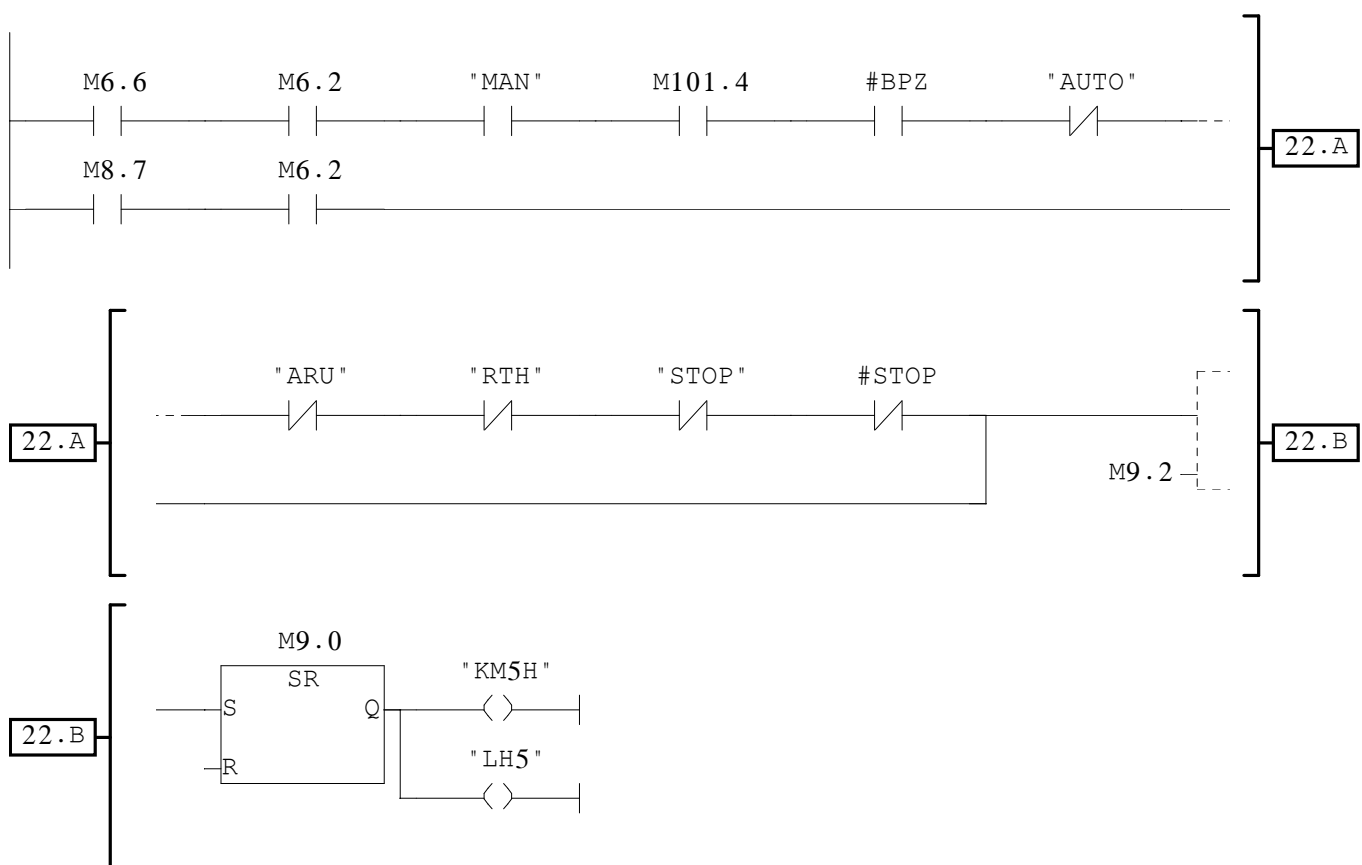


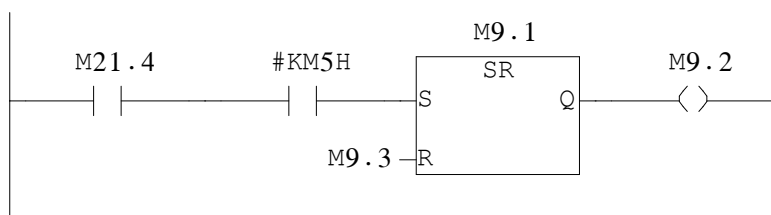
Réseau : 20 ETAPE 41



Réseau : 21 ETAPE 42







FC4 - <offline>

"L'ENFILAGE"

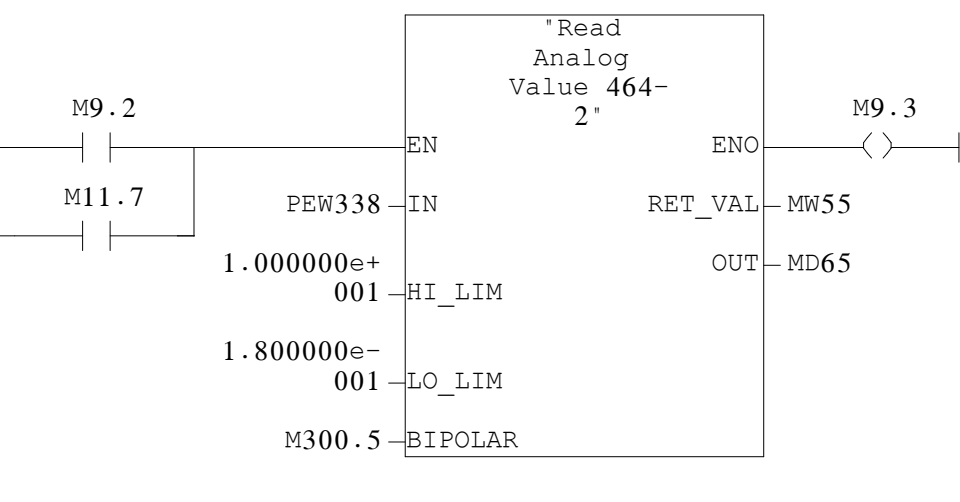
Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 02/10/2009 08:53:32
Interface : 02/10/2009 08:53:32
Longueur (bloc/code /données locales) : 00640 00460 00010

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
MAN	Bool	0.0	
AUTO	Bool	0.1	
ARU	Bool	0.2	
S20	Bool	0.3	
S2	Bool	0.4	
S5	Bool	0.5	
CPCB	Bool	0.6	
S19	Bool	0.7	
S22	Bool	1.0	
CI1	Bool	1.1	
S18	Bool	1.2	
BPZ	Bool	1.3	
S23	Bool	1.4	
CPCP	Bool	1.5	
S21	Bool	1.6	
OUT		0.0	
KM6	Bool	2.0	
LKM6	Bool	2.1	
KM9	Bool	2.2	
LKM9	Bool	2.3	
Y4	Bool	2.4	
KM5B	Bool	2.5	
LB5	Bool	2.6	
RAUTO	Bool	2.7	
KM10	Bool	3.0	
LKM10	Bool	3.1	
KM1	Bool	3.2	
LKM1	Bool	3.3	
Y9	Bool	3.4	
Y13	Bool	3.5	
KM11	Bool	3.6	
LKM11	Bool	3.7	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

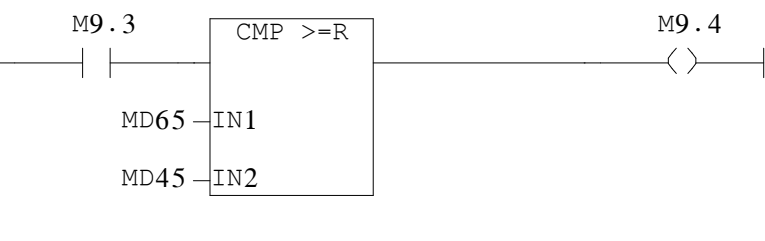
Bloc : FC4 L'ENFILAGE

Réseau : 1

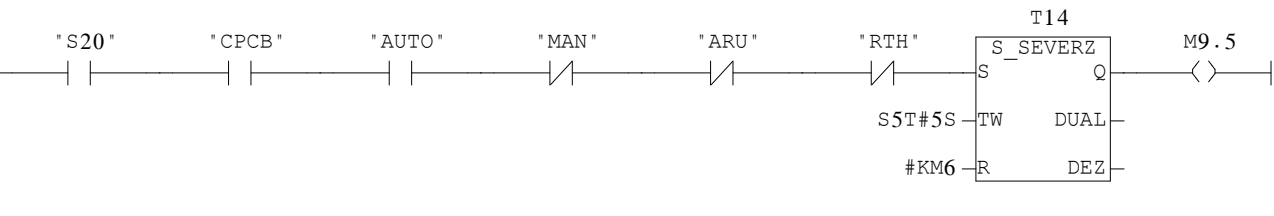
REGLAGE VITESSE FIL

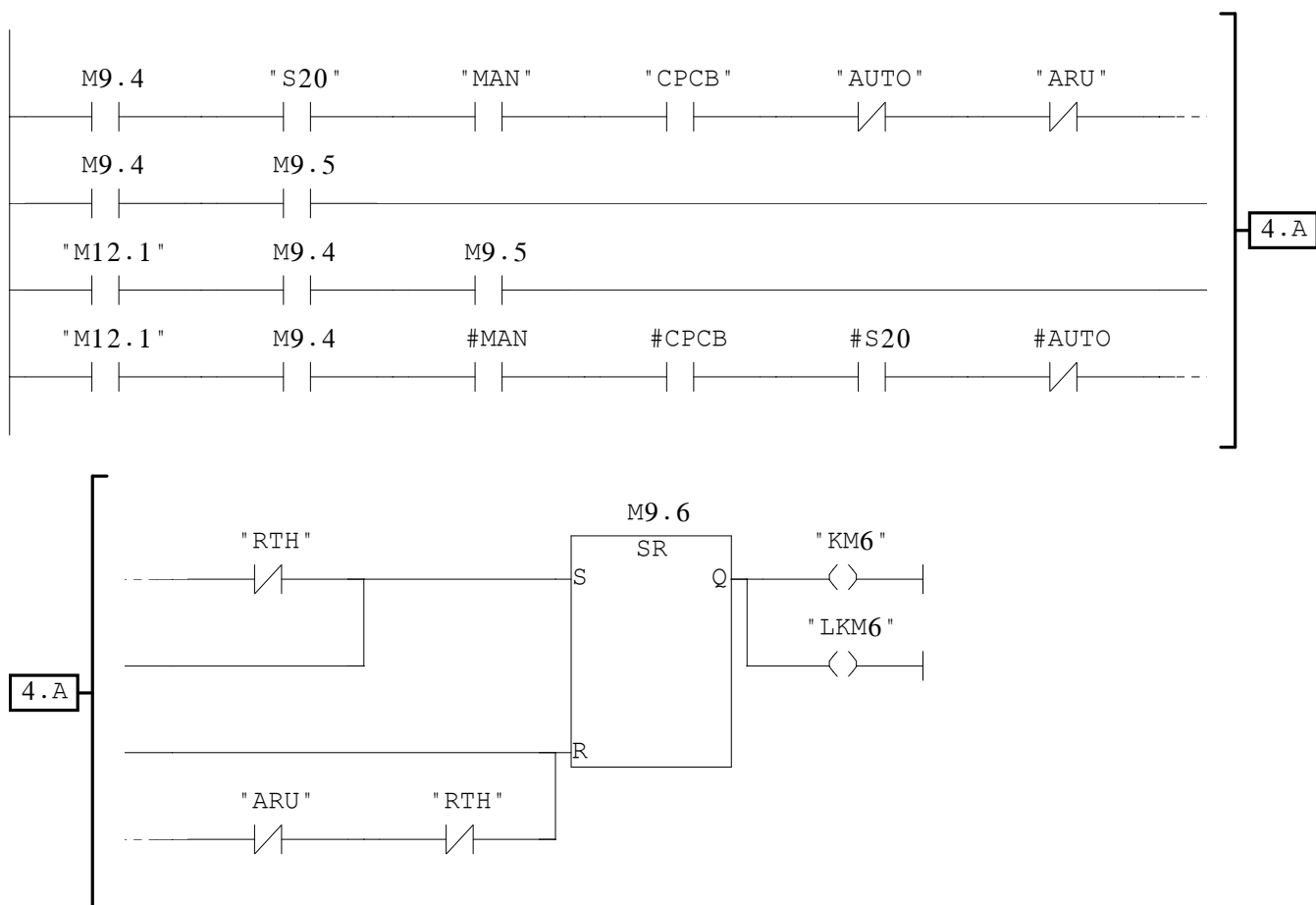


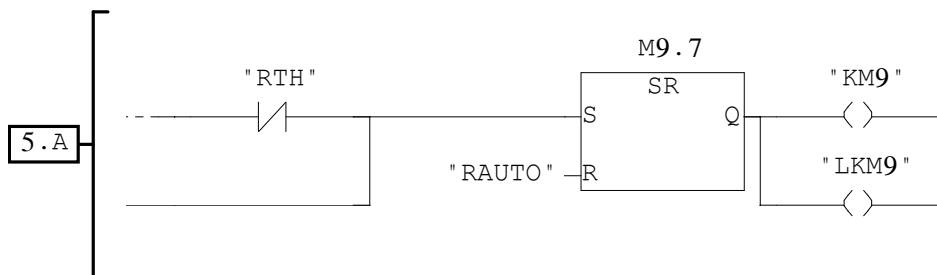
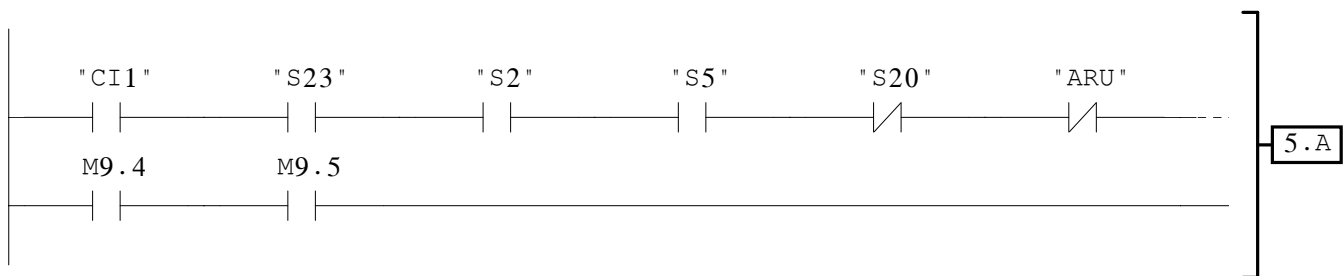
Réseau : 2



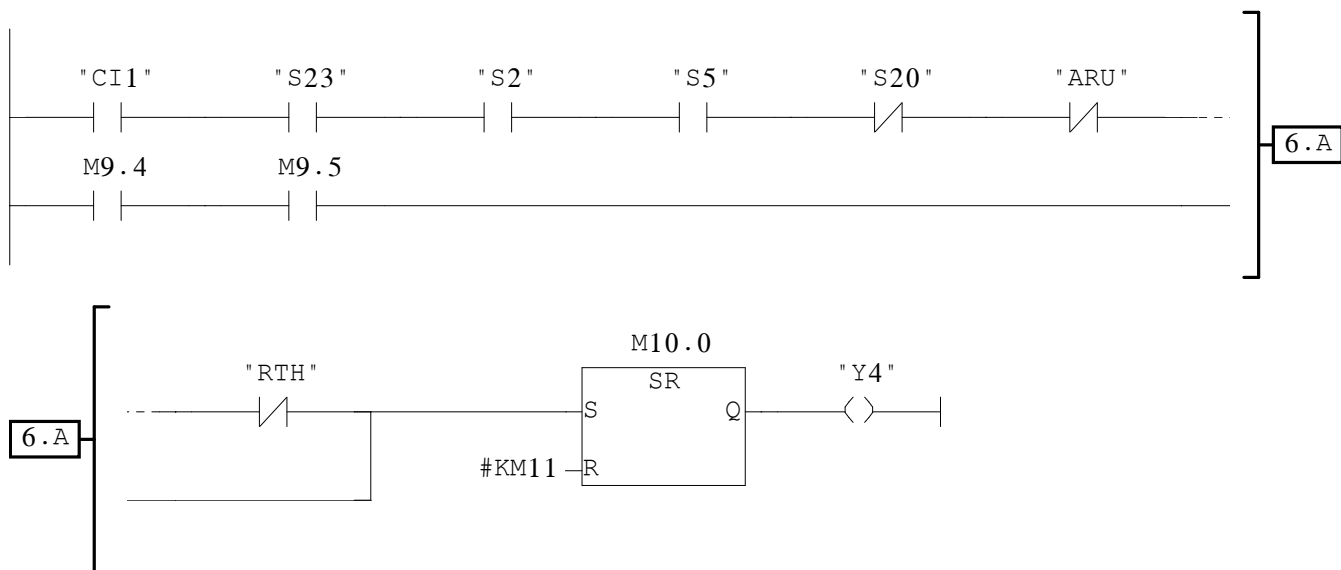
Réseau : 3 ETAPE 45



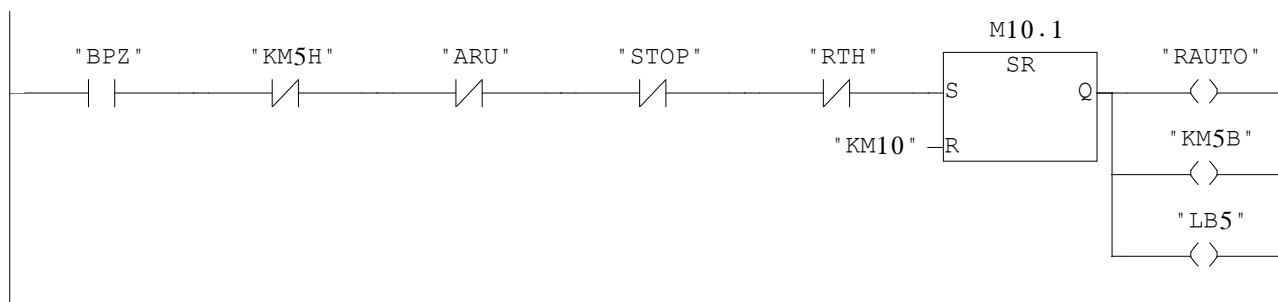




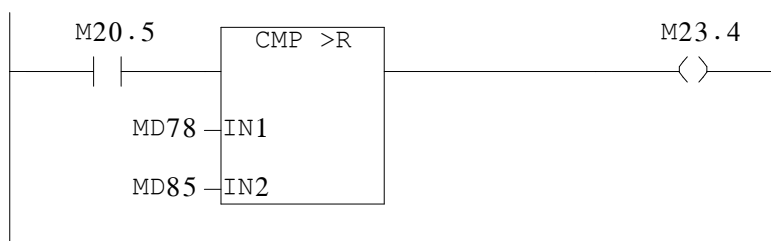
Réseau : 6 ETAPE 47'

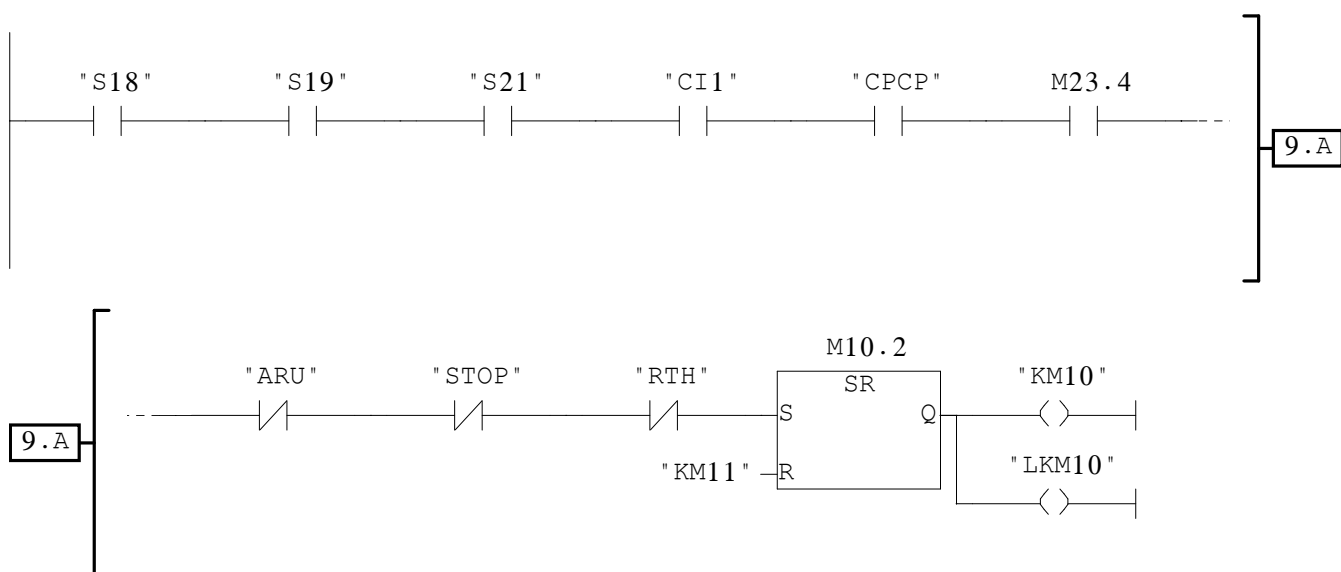


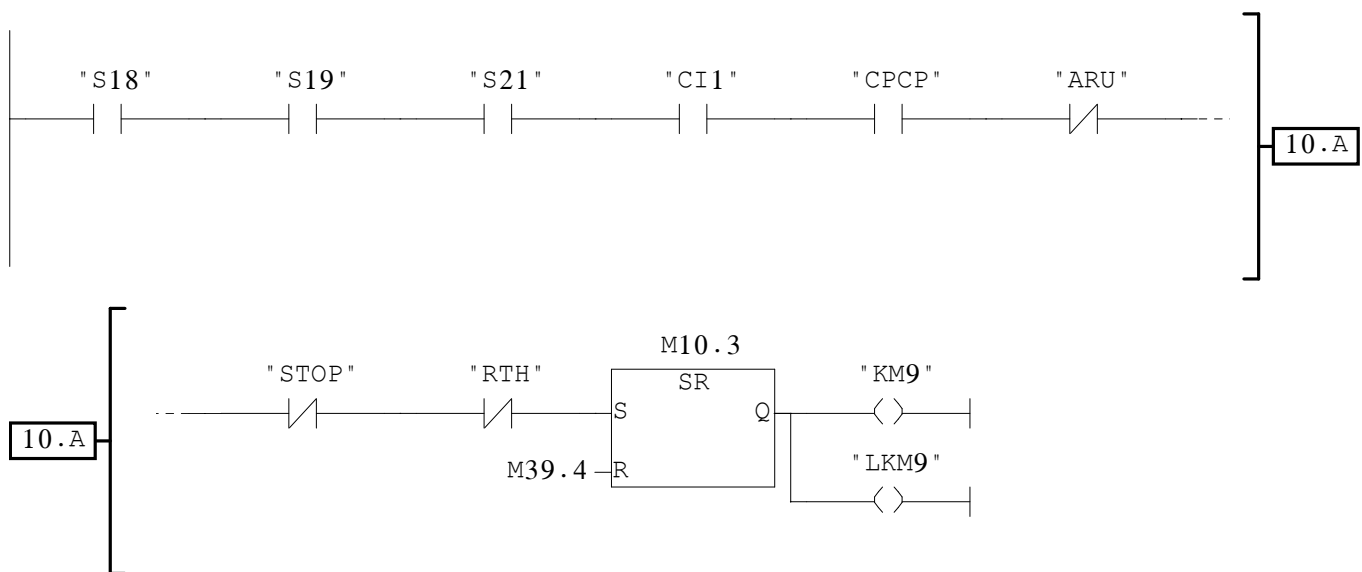
Réseau : 7 ETAPE 48

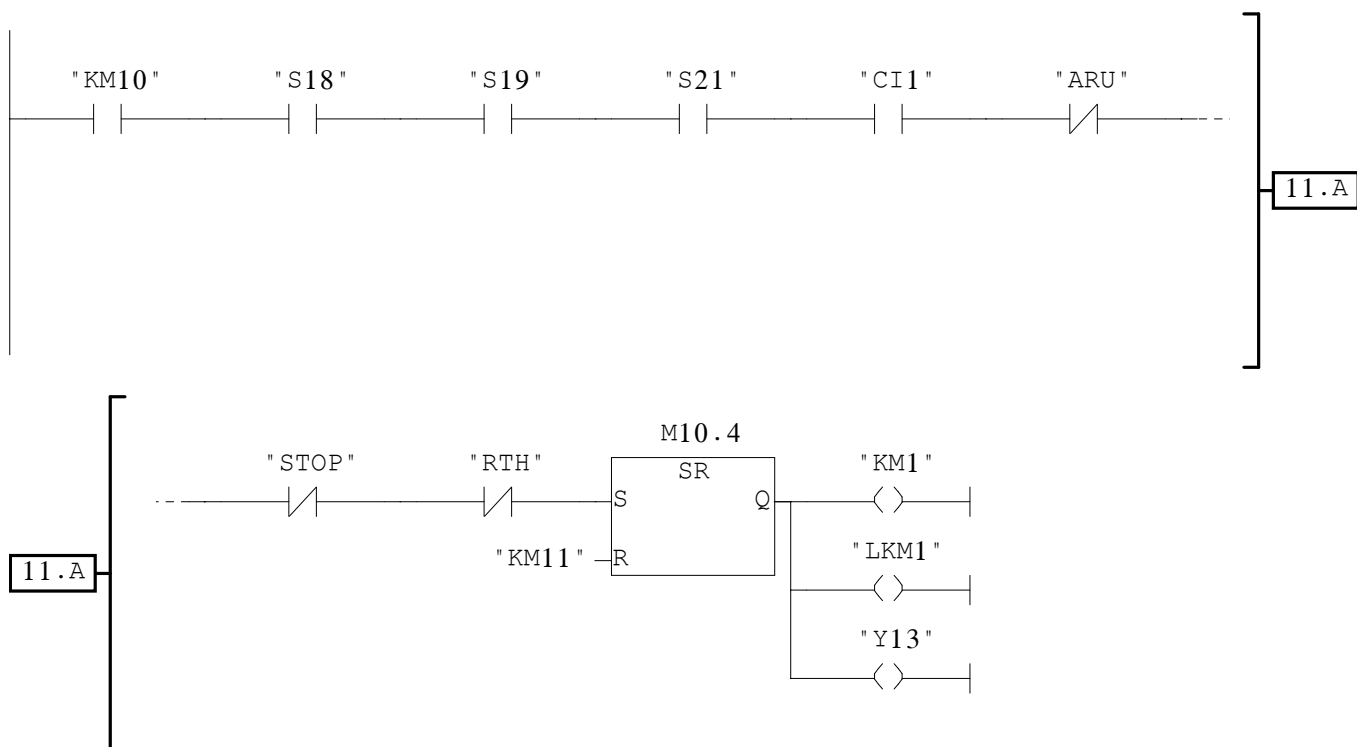


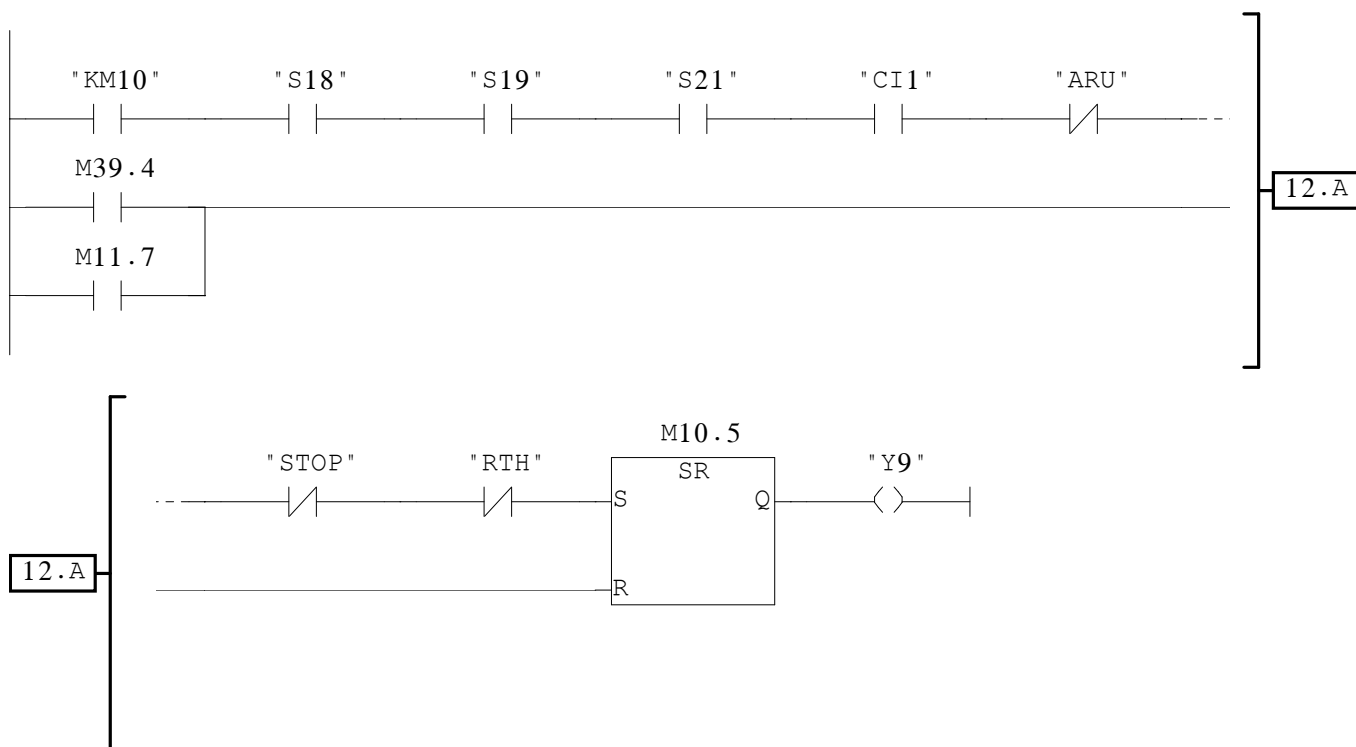
Réseau : 8

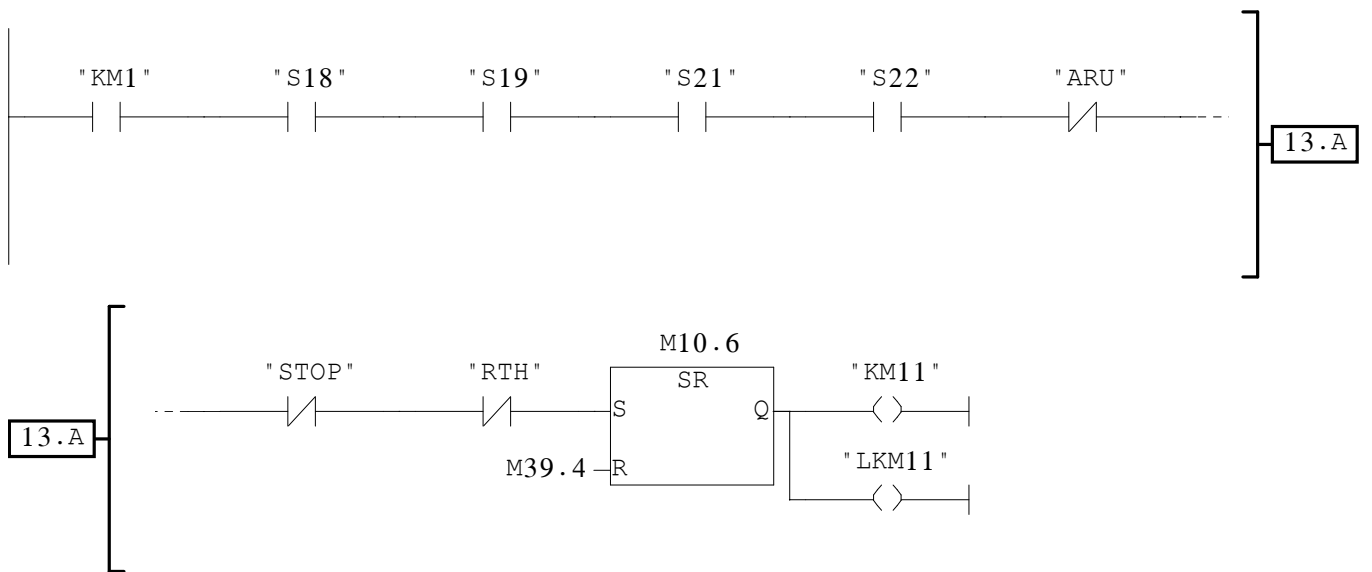












FC5 - <offline>

"REMPLISSAGE RESERVOIR"

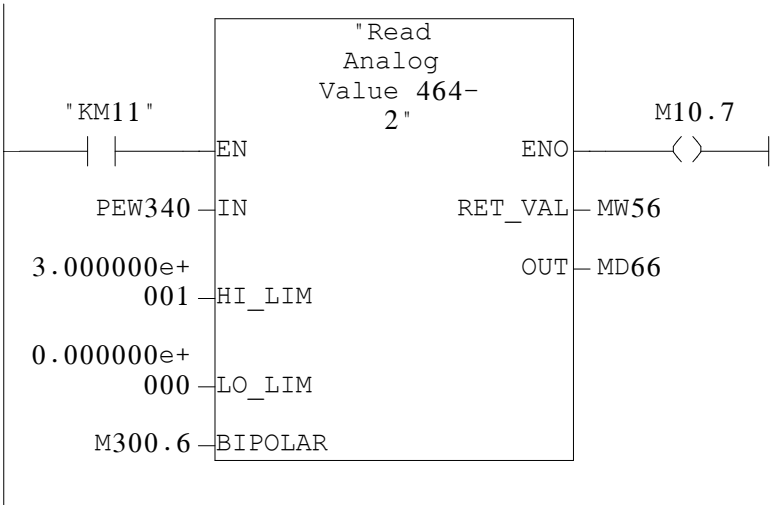
Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 02/10/2009 08:55:26
Interface : 02/10/2009 08:55:26
Longueur (bloc/code /données locales) : 00556 00412 00010

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
PB1	Bool	0.0	
BPr	Bool	0.1	
S18	Bool	0.2	
S19	Bool	0.3	
S21	Bool	0.4	
MAN	Bool	0.5	
AUTO	Bool	0.6	
S3	Bool	0.7	
S22	Bool	1.0	
RTH	Bool	1.1	
ARU	Bool	1.2	
OUT		0.0	
KM2	Bool	2.0	
LKM2	Bool	2.1	
Y10	Bool	2.2	
THVO	Bool	2.3	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

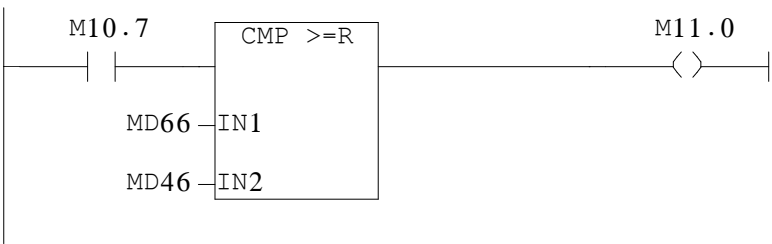
Bloc : FC5 REMPLISSAGE RESERVOIRE

Réseau : 1

REGLAGE DE CONDUCTIVITE

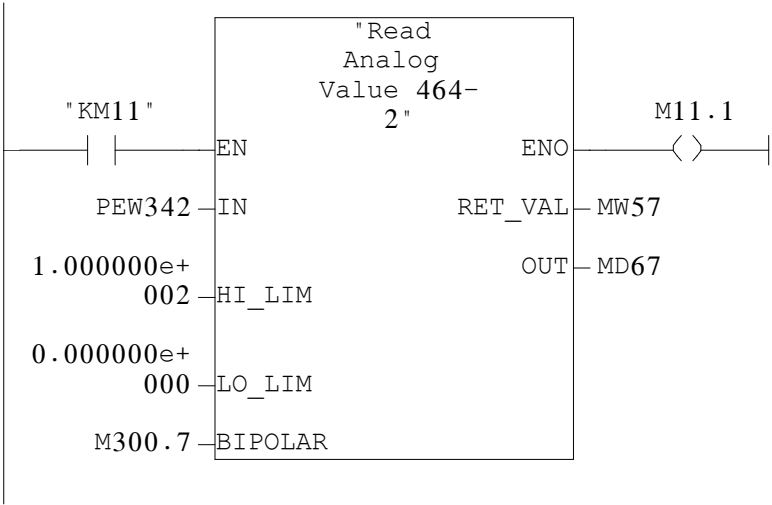


Réseau : 2

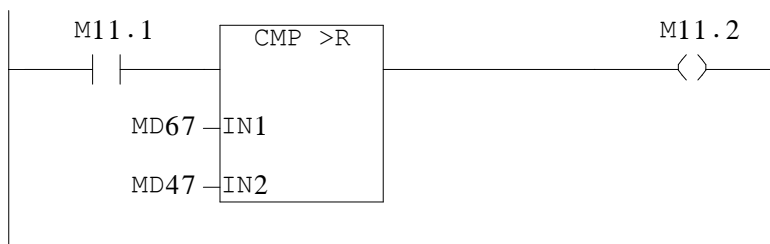


Réseau : 3

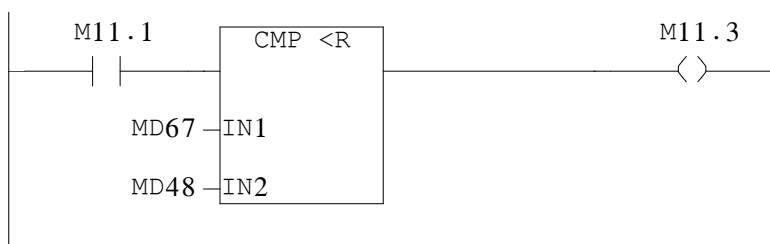
TEST DE TEMPERATURE



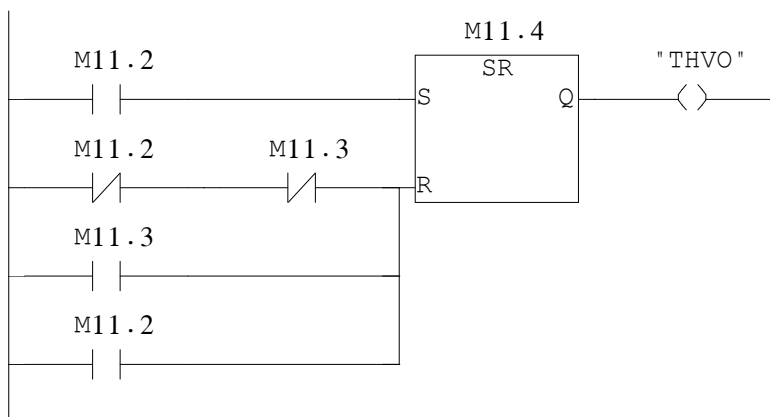
Réseau : 4

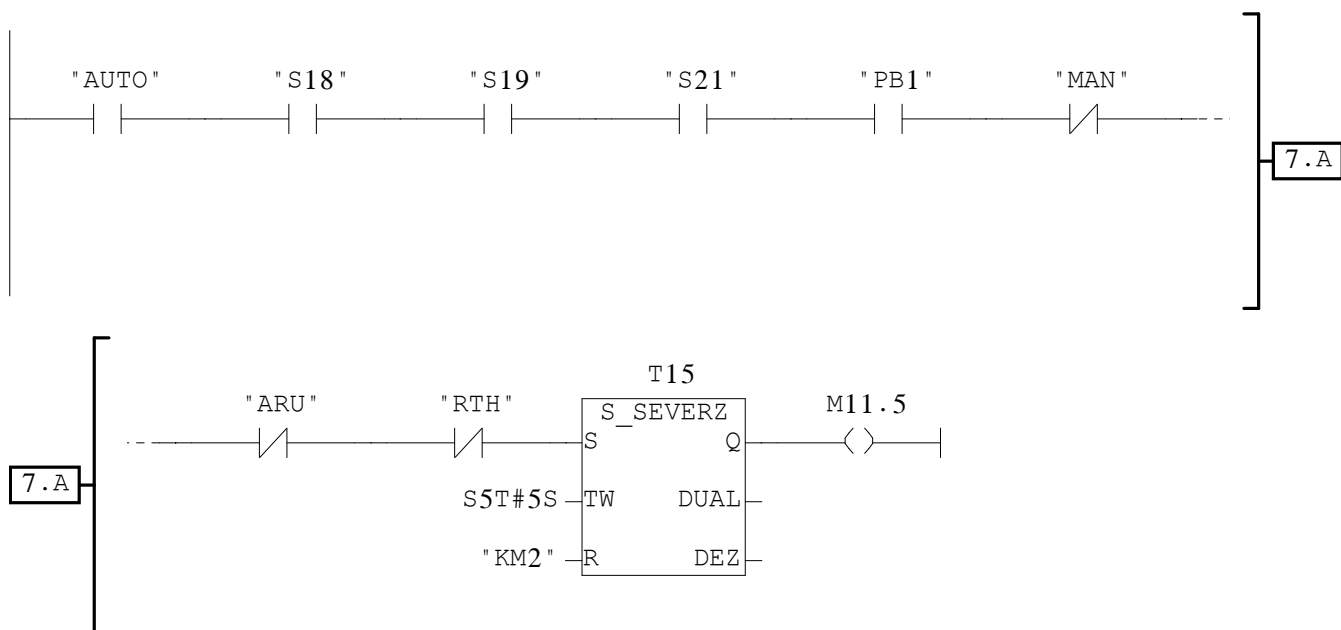


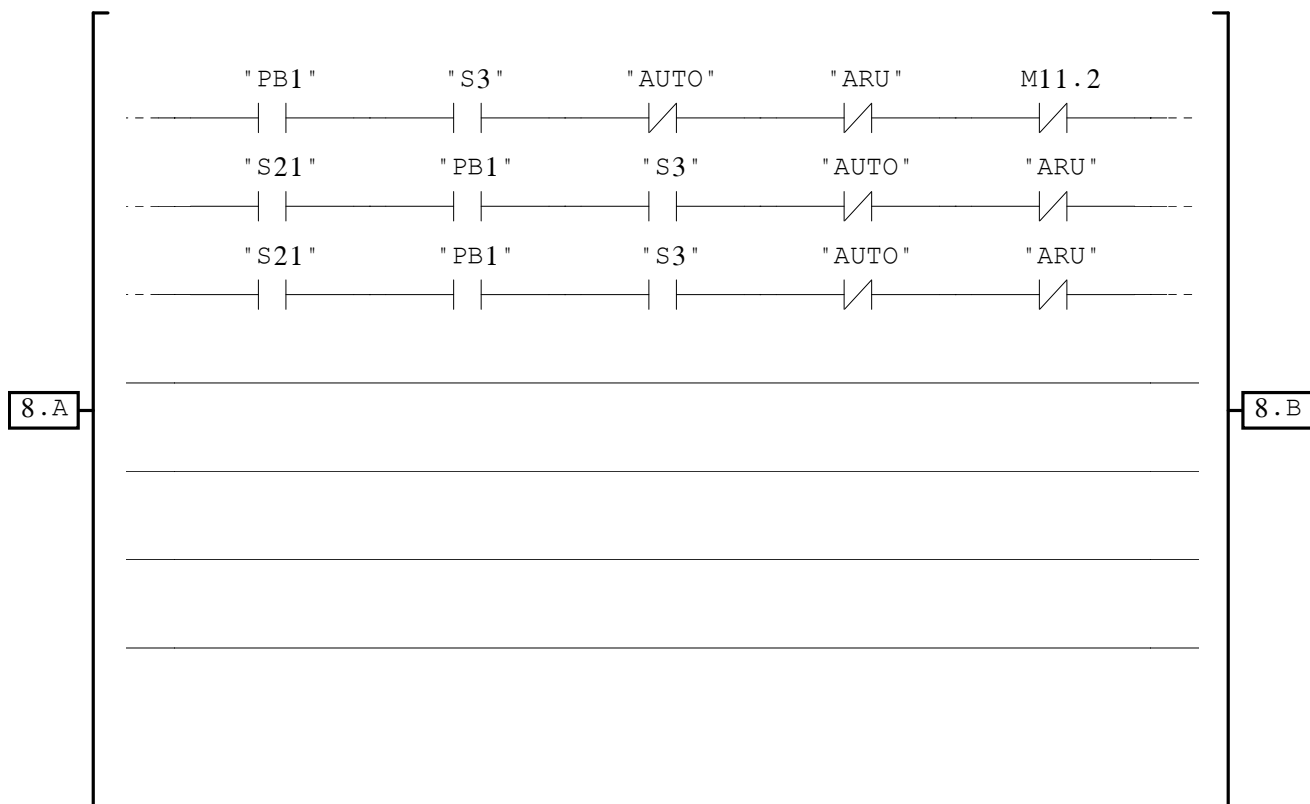
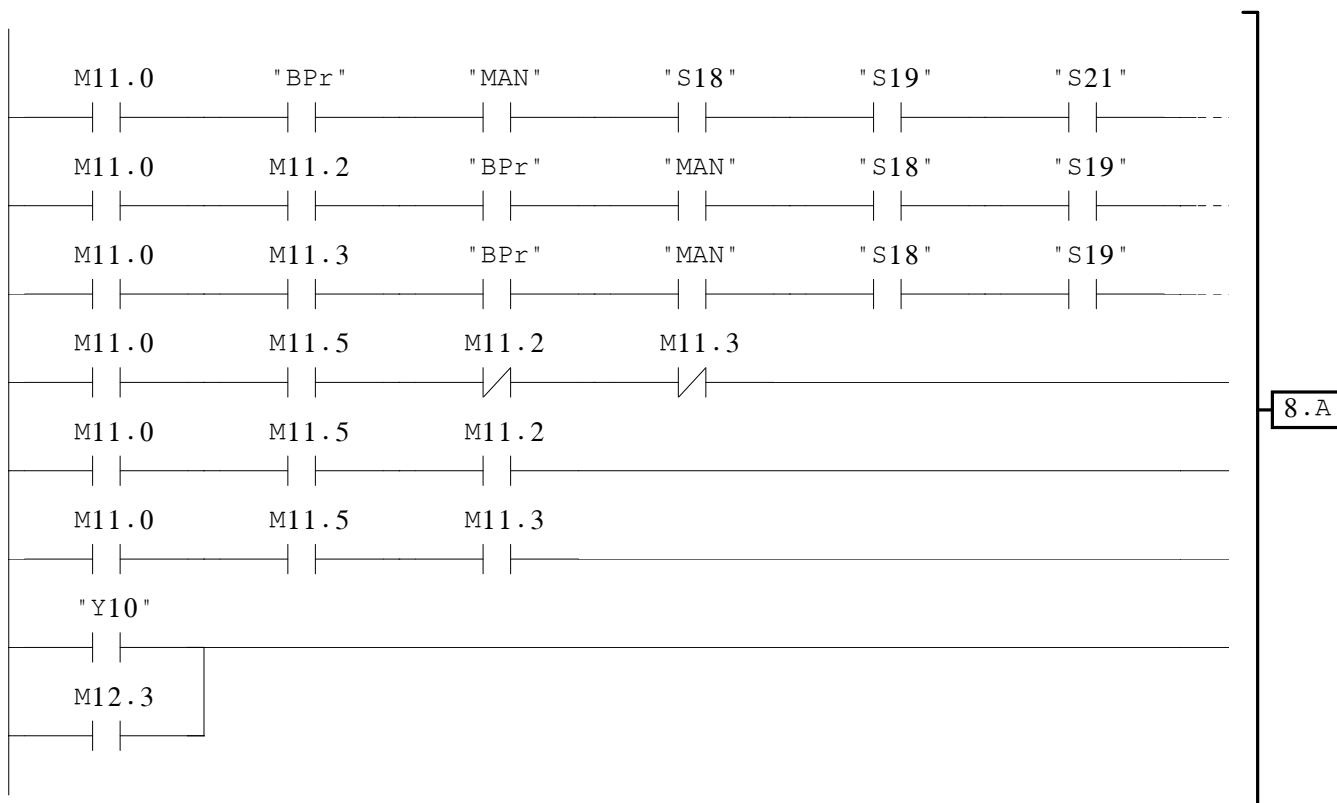
Réseau : 5

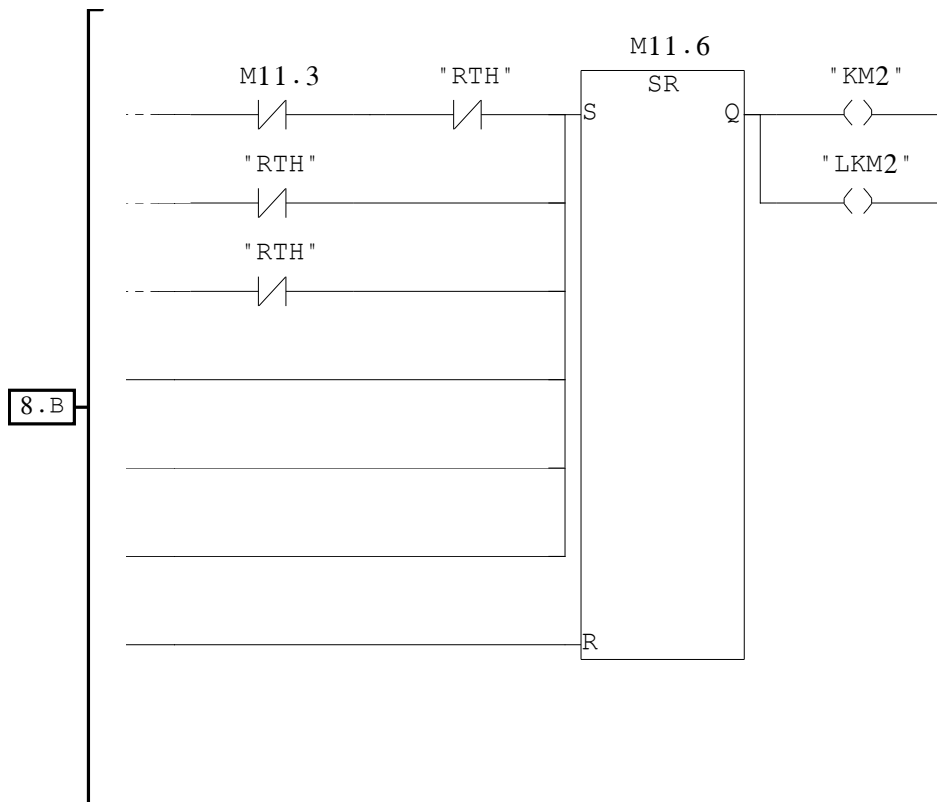


Réseau : 6

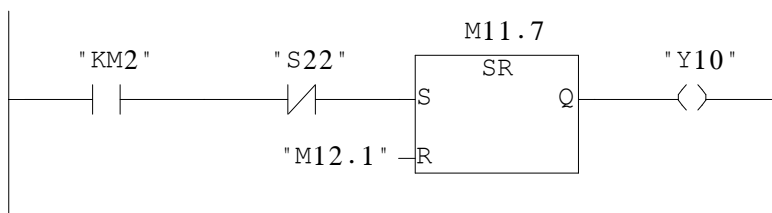




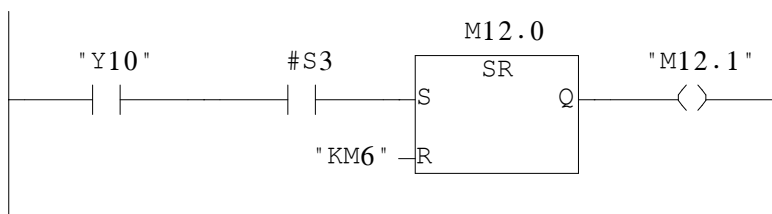




Réseau : 9 ETAPE 54



Réseau : 10 ETAPE 55



FC6 - <offline>

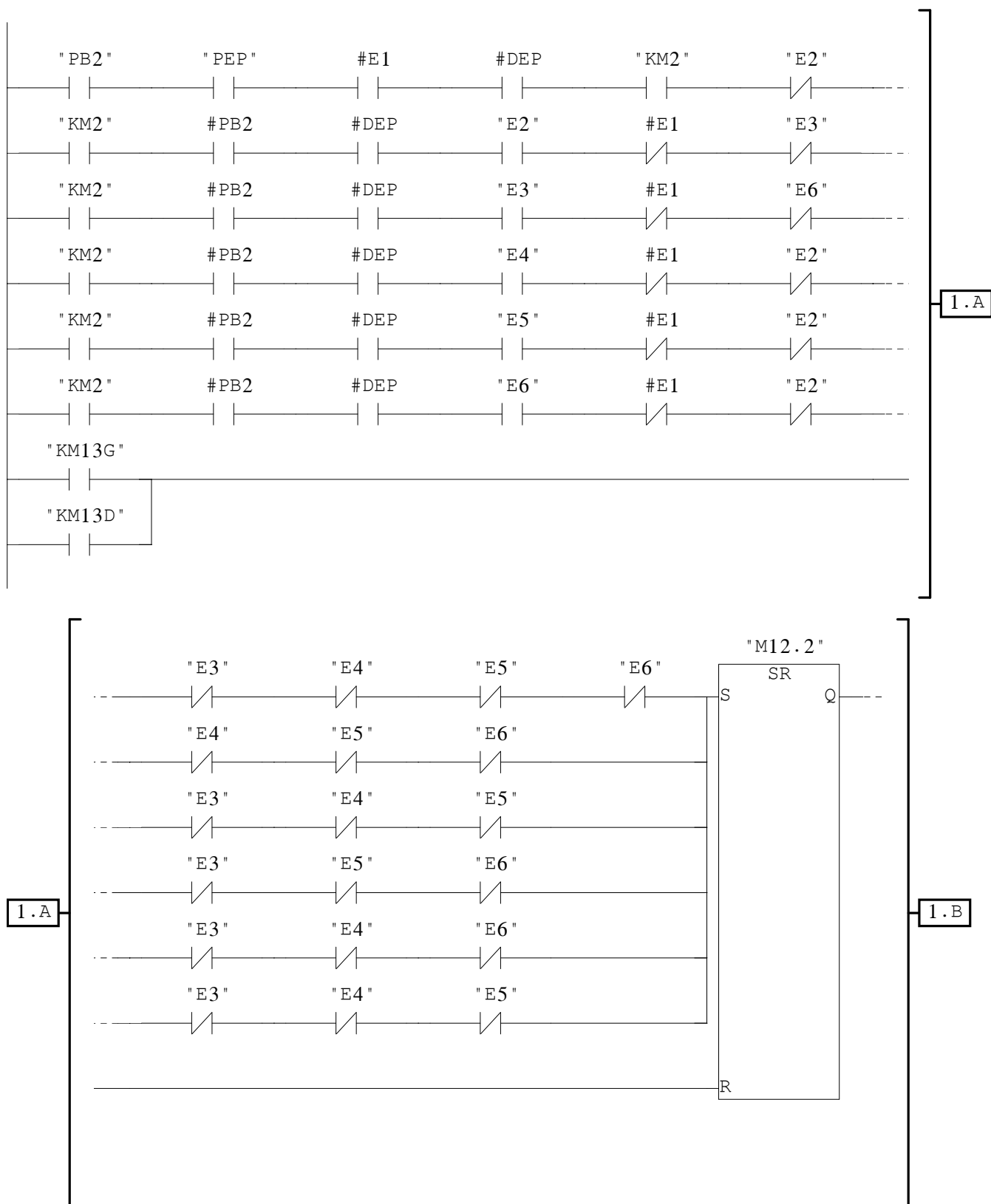
"EBAUCHE"

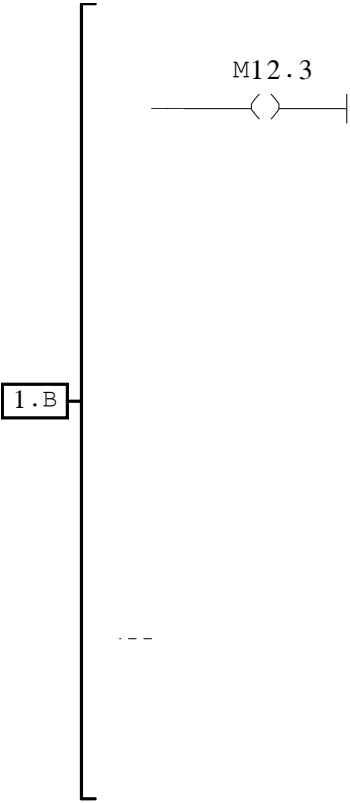
Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 02/10/2009 06:25:14
Interface : 30/09/2009 15:23:59
Longueur (bloc/code /données locales) : 01962 01698 00010

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
E1	Bool	0.0	
DEP	Bool	0.1	
A1	Bool	0.2	
PR2	Bool	0.3	
CE	Bool	0.4	
PB2	Bool	0.5	
PEP	Bool	0.6	
PEPa	Bool	0.7	
E3	Bool	1.0	
E4	Bool	1.1	
E5	Bool	1.2	
E6	Bool	1.3	
ARU	Bool	1.4	
RTH	Bool	1.5	
STOP	Bool	1.6	
OUT		0.0	
KM13G	Bool	2.0	
LG13	Bool	2.1	
KM13D	Bool	2.2	
KM12G	Bool	2.3	
LG12	Bool	2.4	
LD13	Bool	2.5	
KM12D	Bool	2.6	
LD12	Bool	2.7	
KM7D	Bool	3.0	
KM7G	Bool	3.1	
LG7	Bool	3.2	
LD7	Bool	3.3	
KM8D	Bool	3.4	
KM8G	Bool	3.5	
LD8	Bool	3.6	
LG8	Bool	3.7	
KM14	Bool	4.0	
LKM14	Bool	4.1	
Y12	Bool	4.2	
Y14	Bool	4.3	
Y15	Bool	4.4	

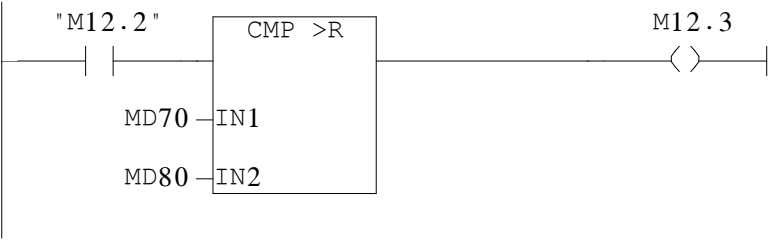
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
Y16	Bool	4.5	
KM3	Bool	4.6	
LKM3	Bool	4.7	
KM1	Bool	5.0	
LKM1	Bool	5.1	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC6 USINAGE
AXE V



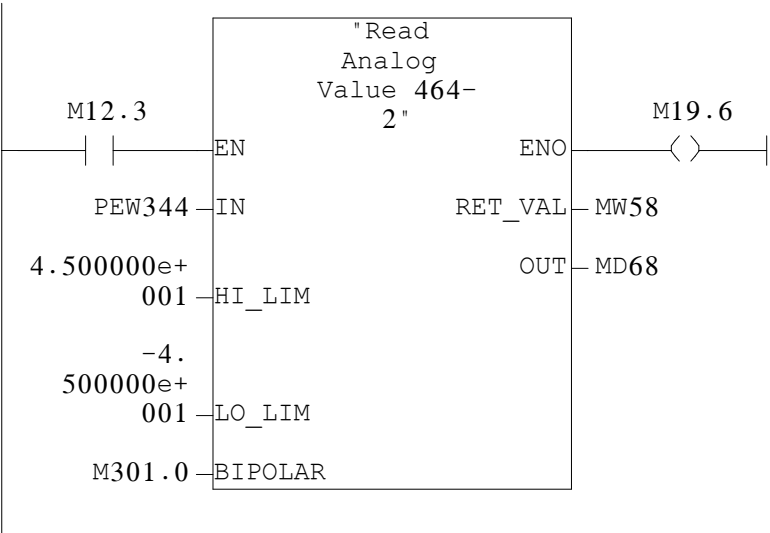


Réseau : 2

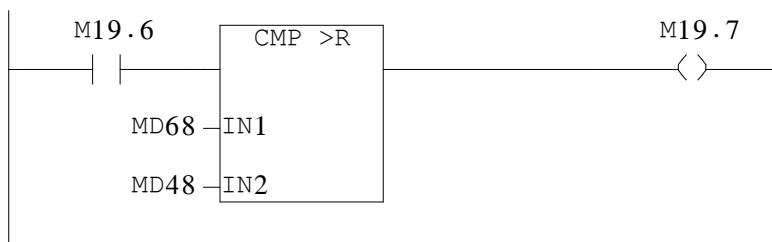


Réseau : 3

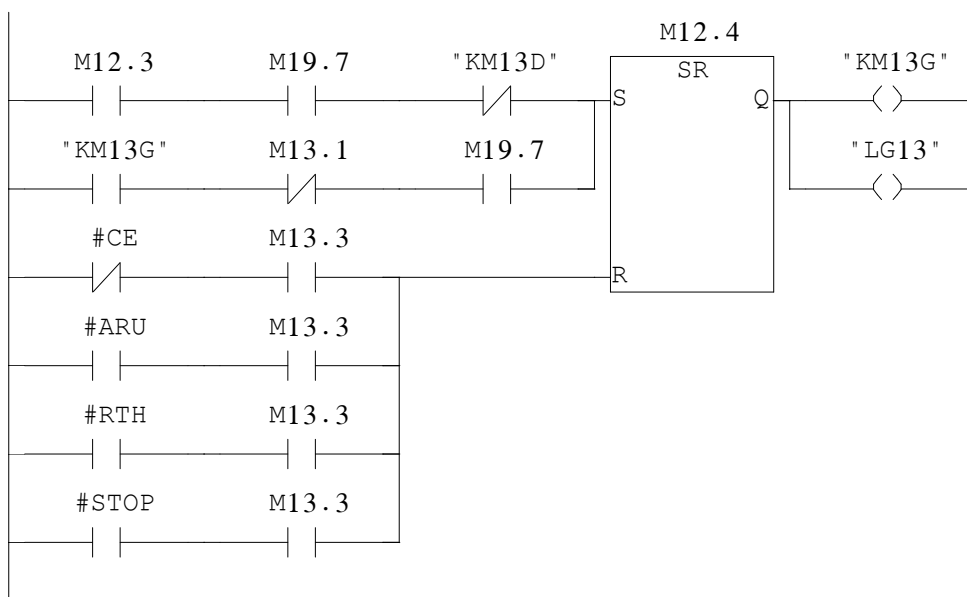
l'angle de depouille



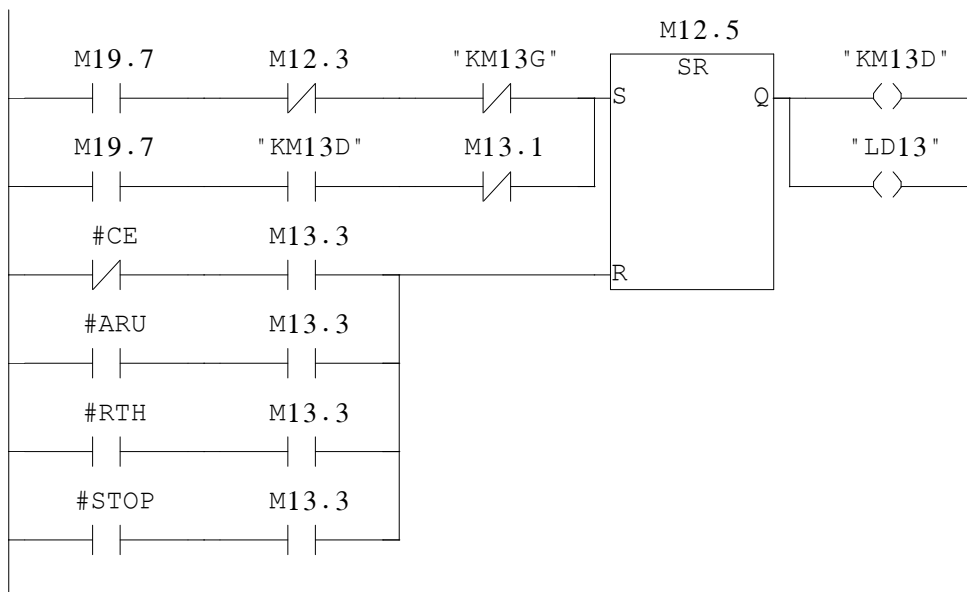
Réseau : 4



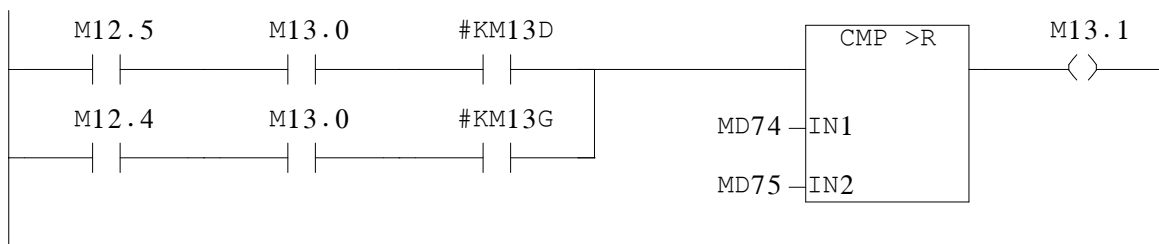
Réseau : 5 ETAPE 57



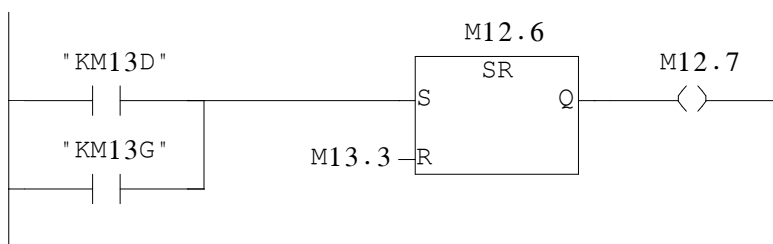
Réseau : 6 ETAPE 58



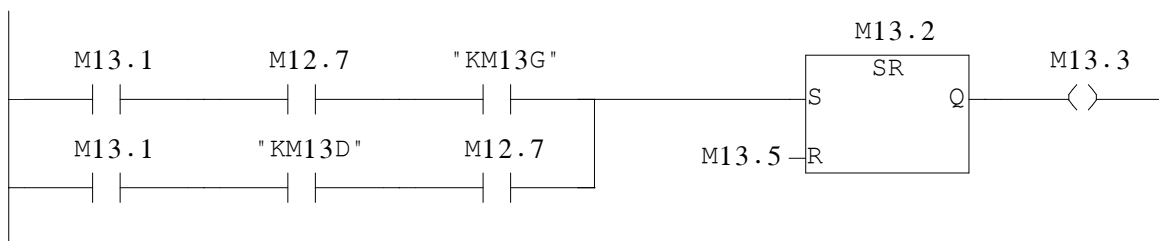
Réseau : 7



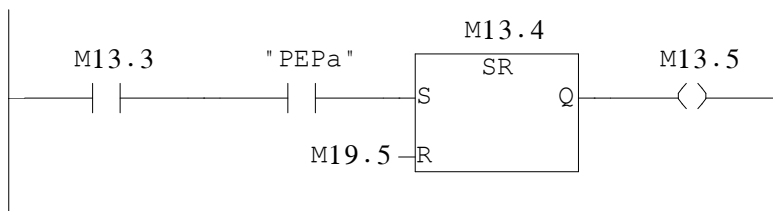
Réseau : 8 ETAPE 59



Réseau : 9 ETAPES 60 ET 61

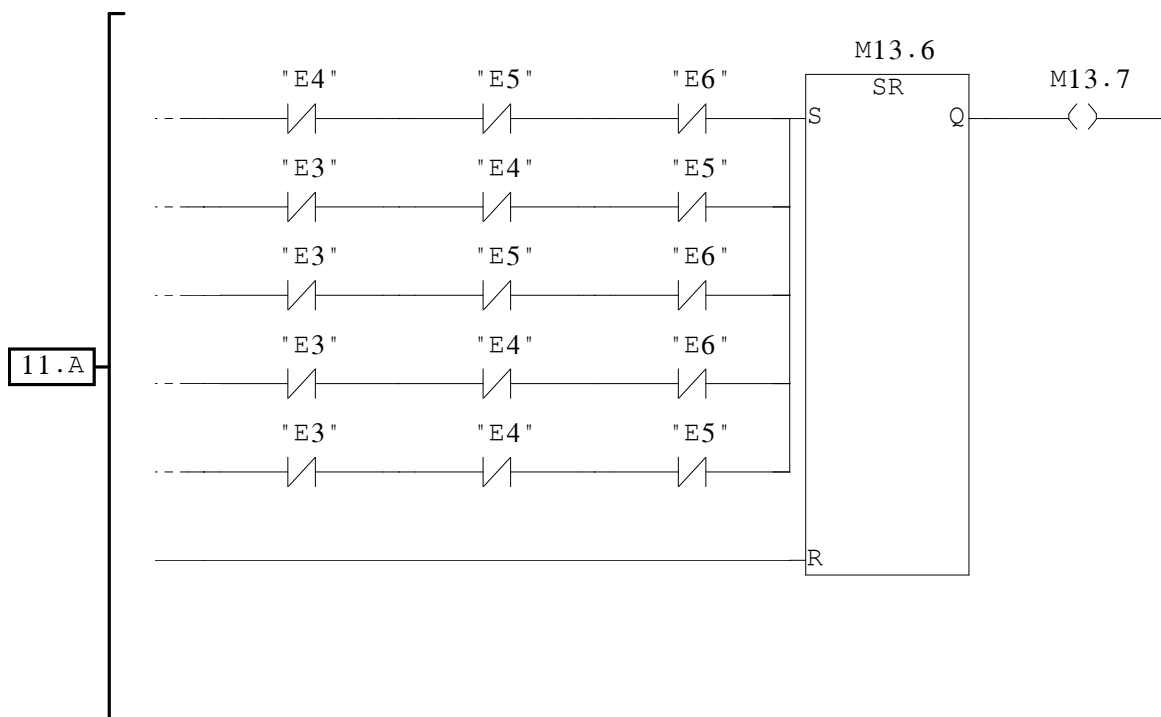
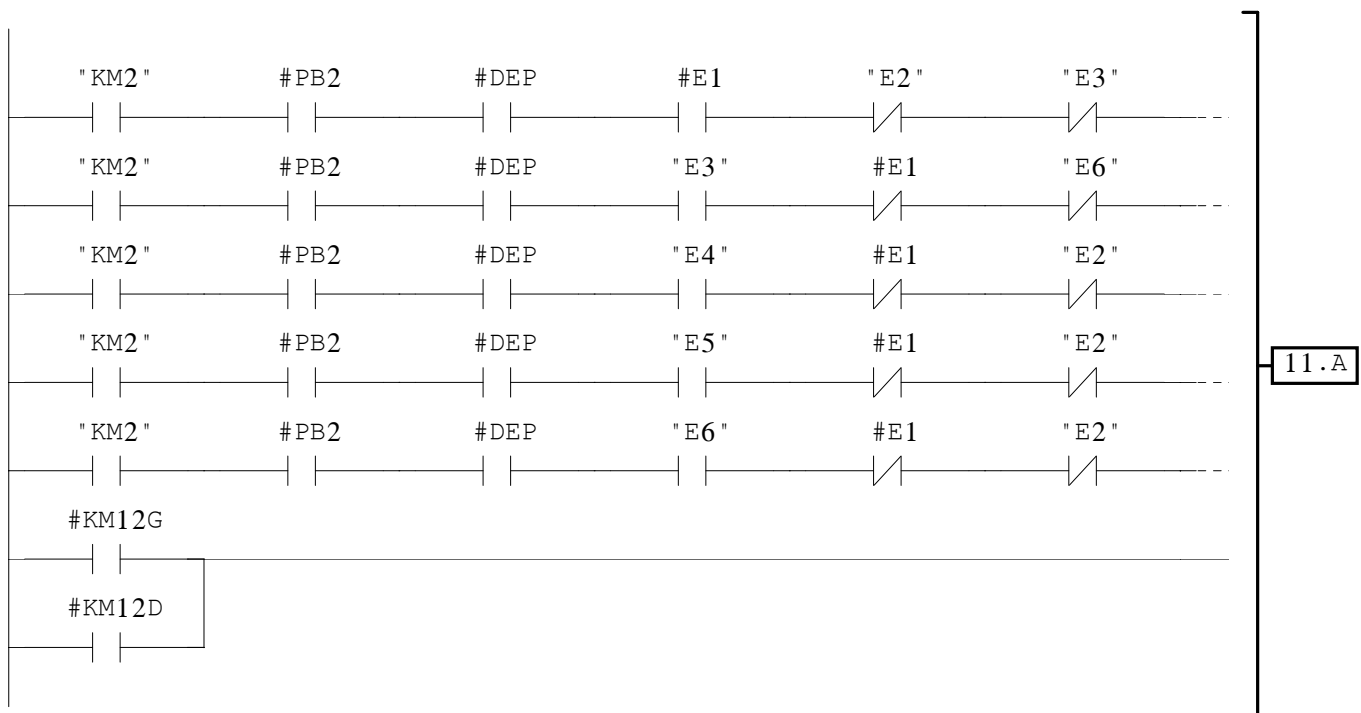


Réseau : 10 ETAPE 62

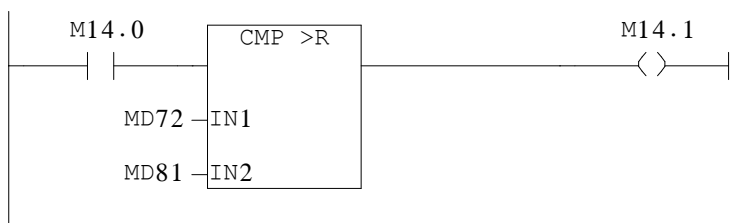


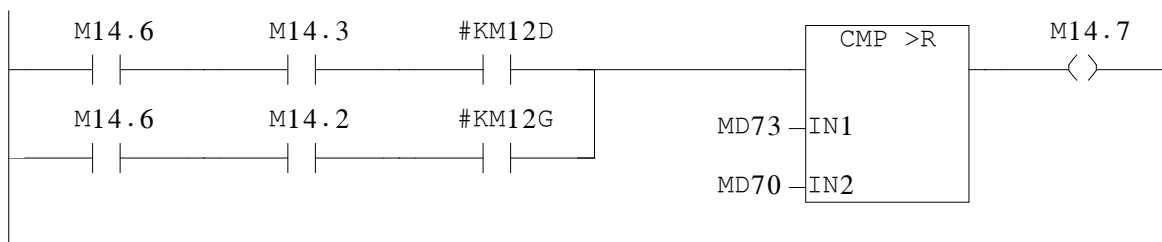
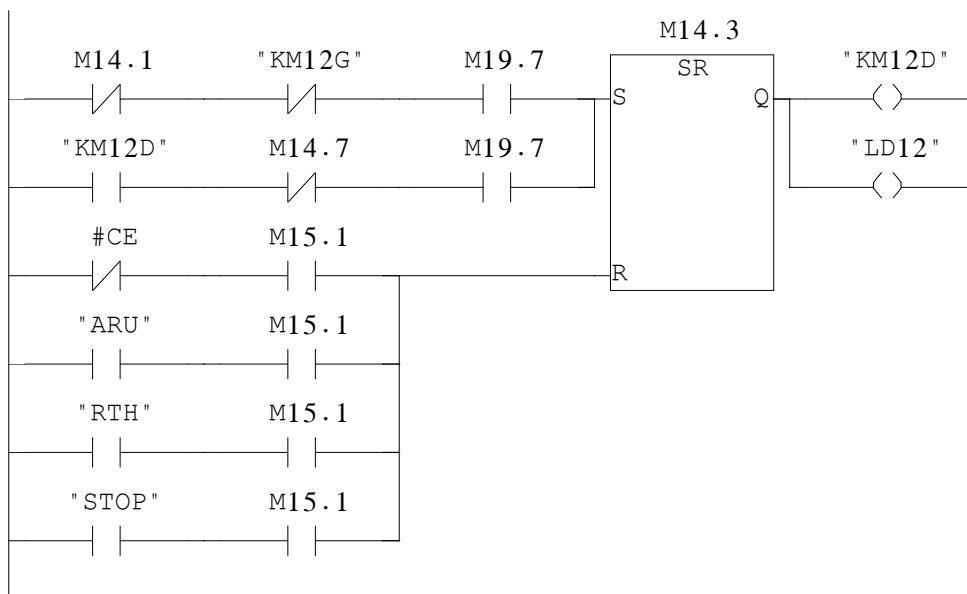
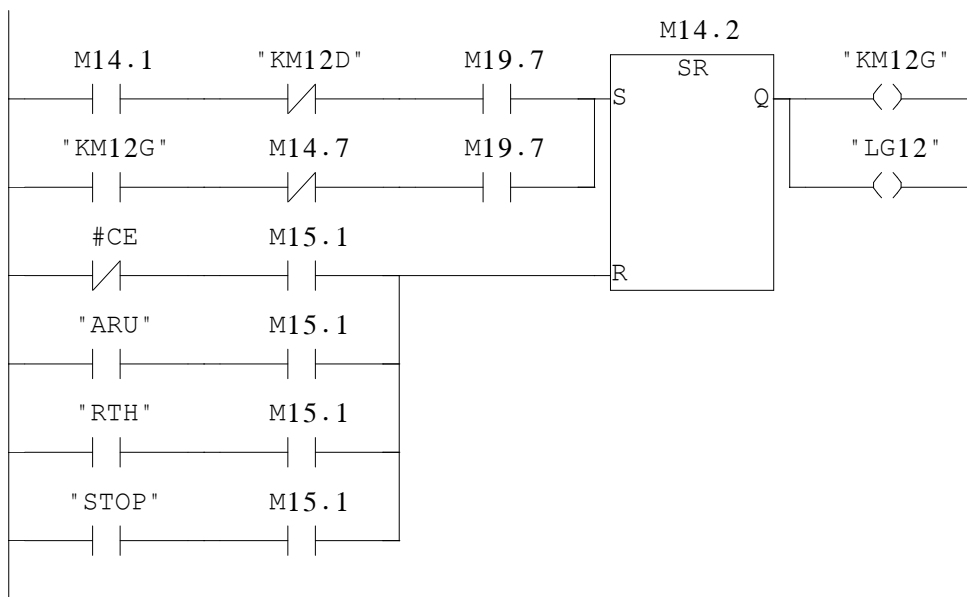
Réseau : 11 ETAPE 63

AXE U

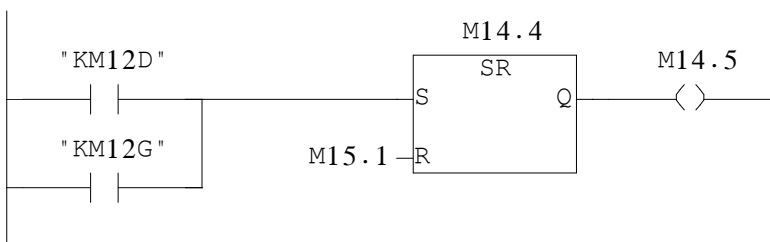


Réseau : 12

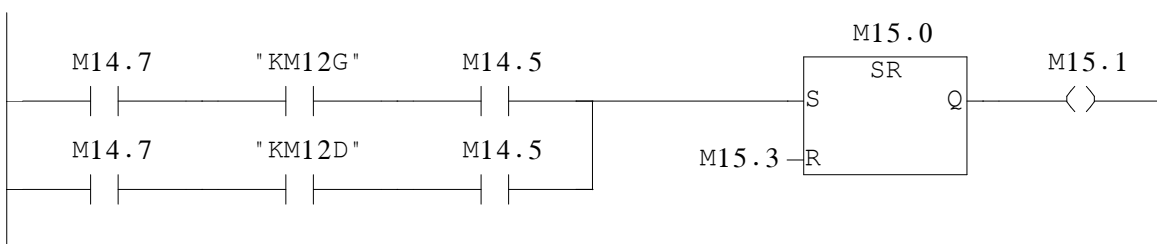




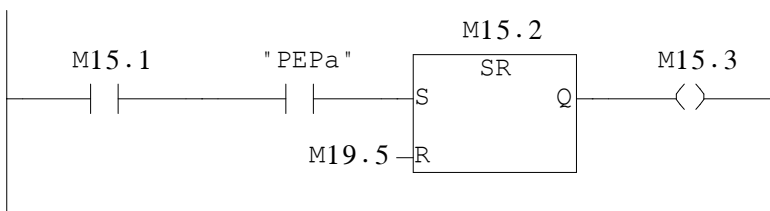
Réseau : 16 ETAPE 66



Réseau : 17 ETAPES 67 ET 68

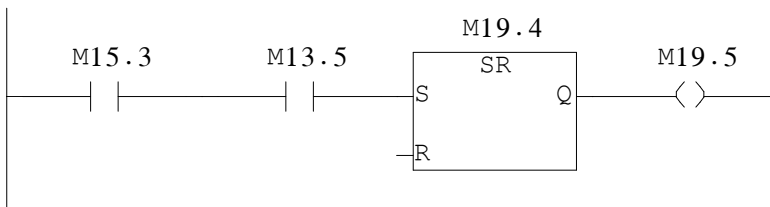


Réseau : 18 ETAPE 69

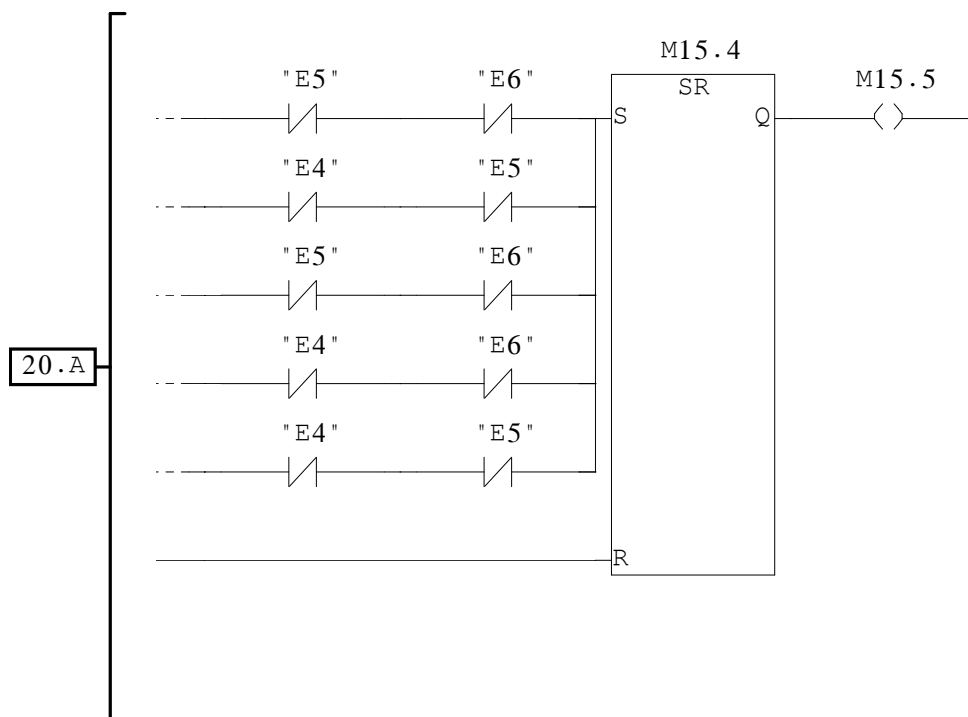
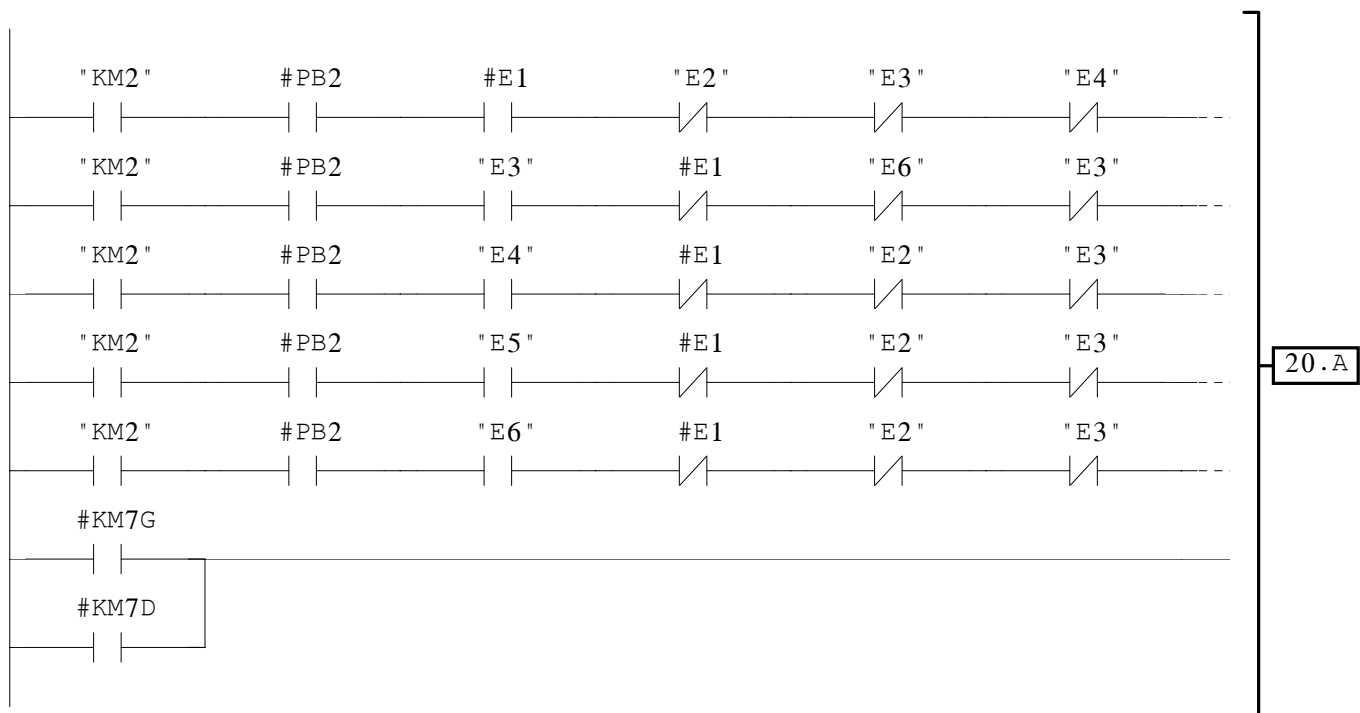


Réseau : 19

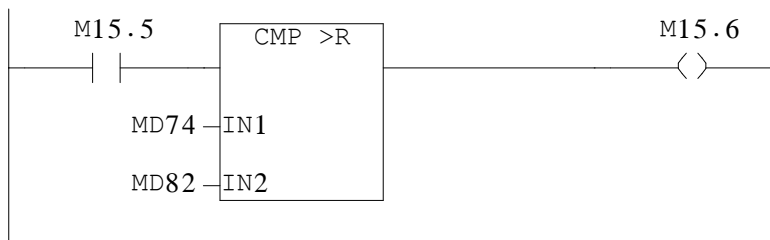
ETAPE 69'



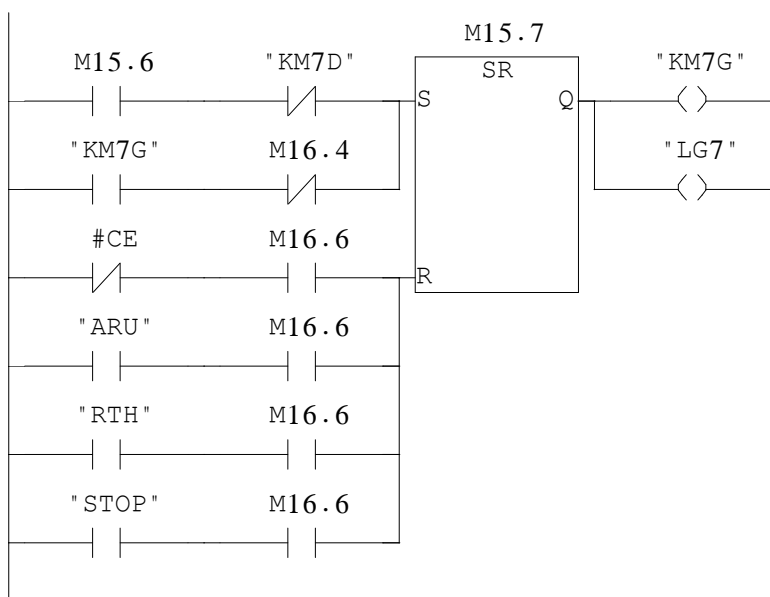
AXE X



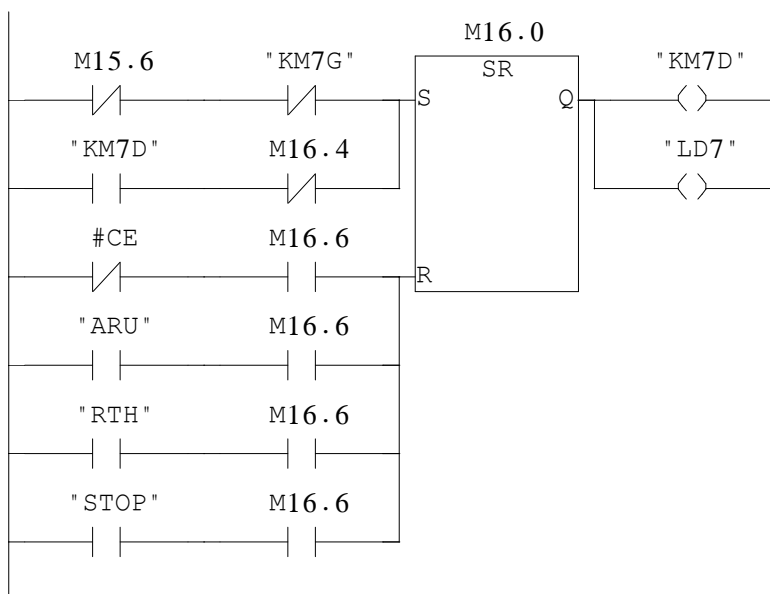
Réseau : 21



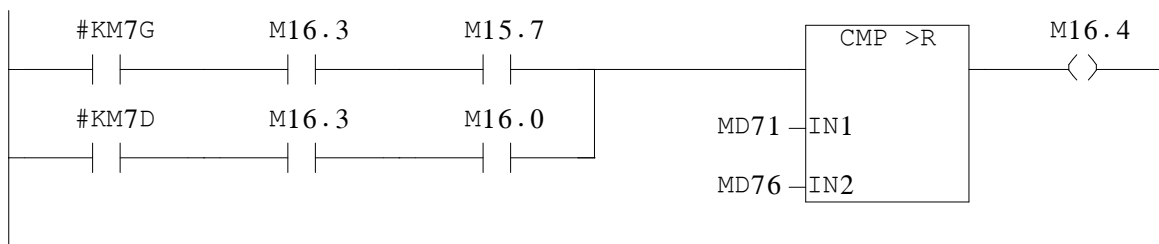
Réseau : 22



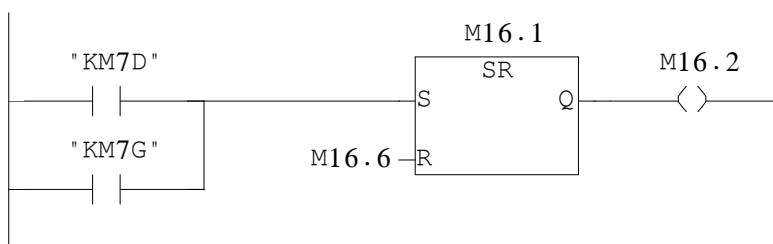
Réseau : 23



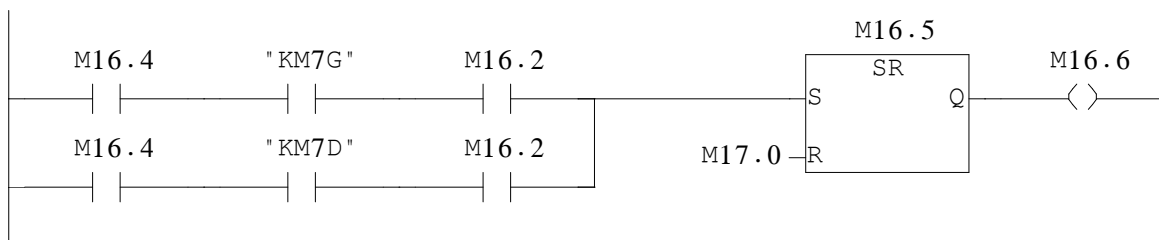
Réseau : 24



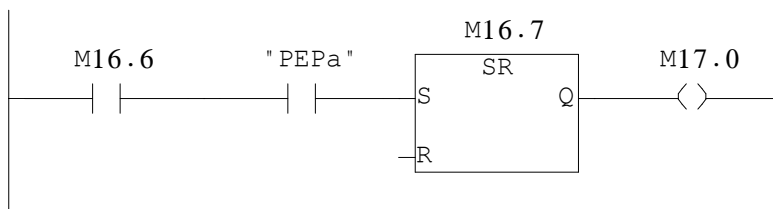
Réseau : 25 ETAPE 73



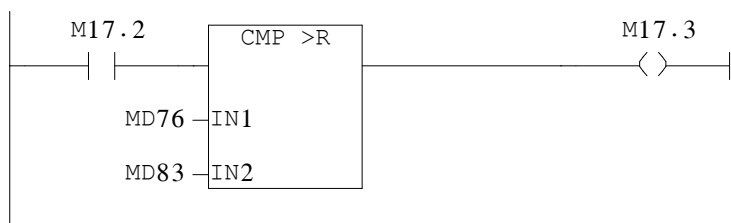
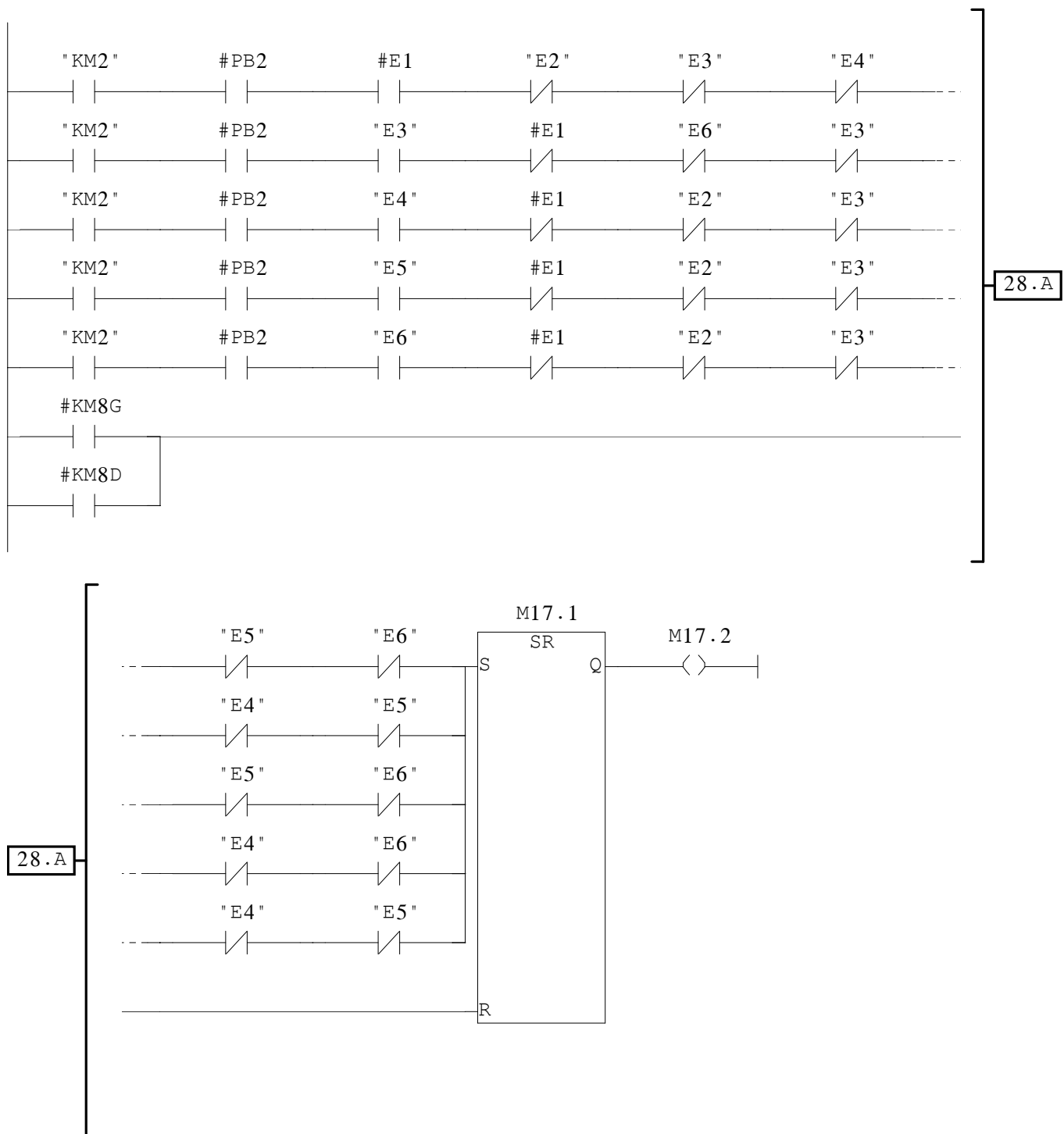
Réseau : 26 ETAPES 74 ET 75

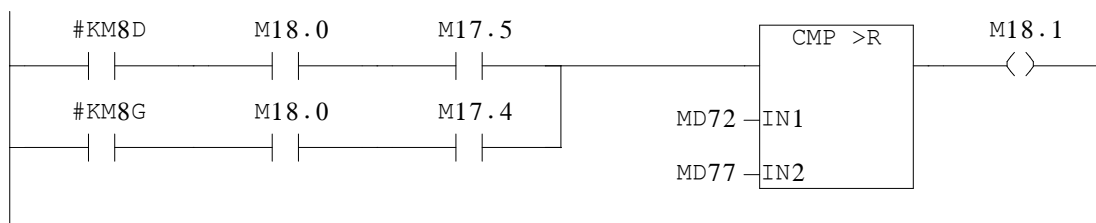
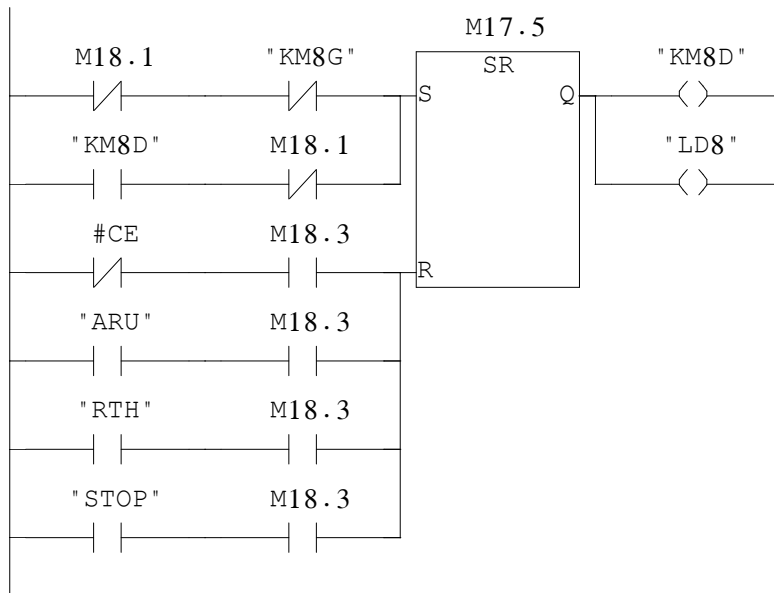
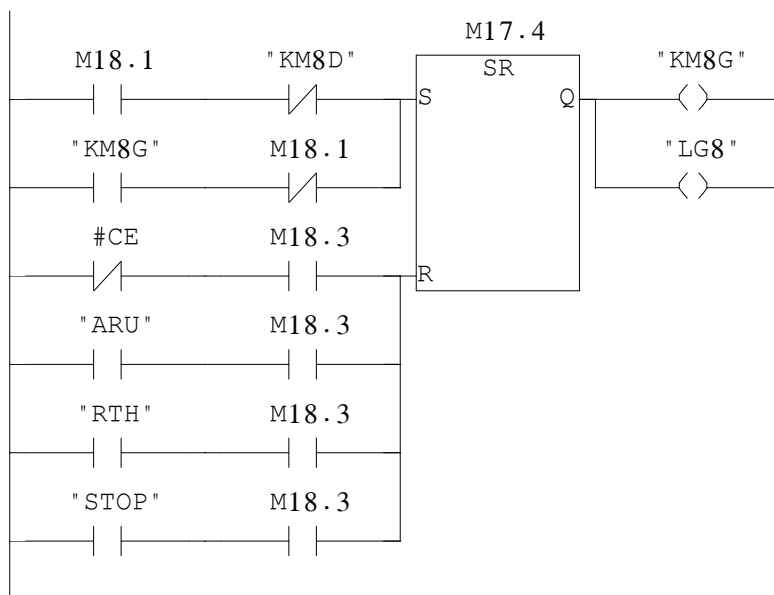


Réseau : 27 ETAPE 76

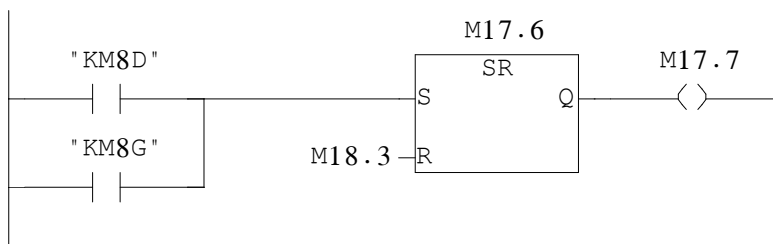


AXE Y

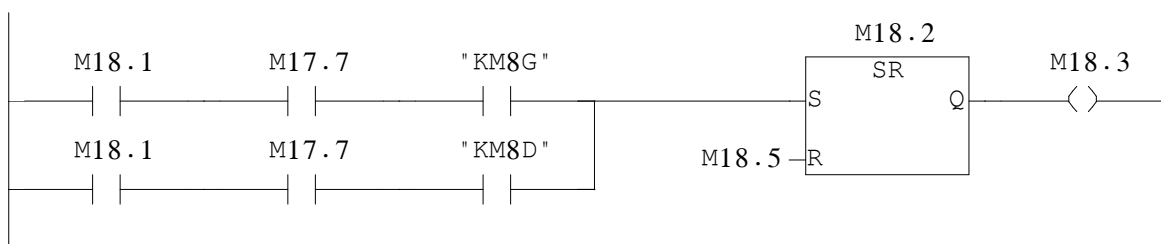




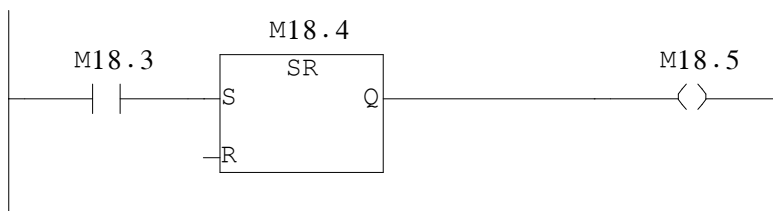
Réseau : 33 ETAPE 80



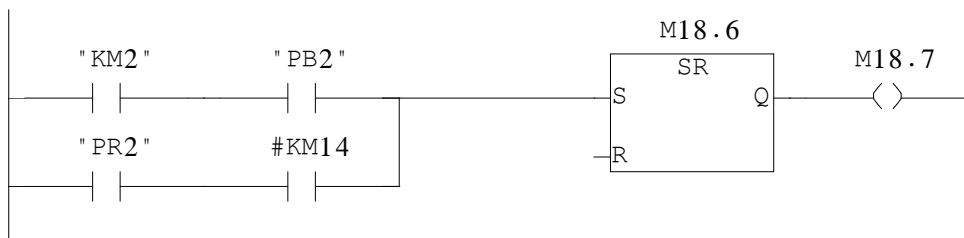
Réseau : 34 ETAPES 81 ET 82



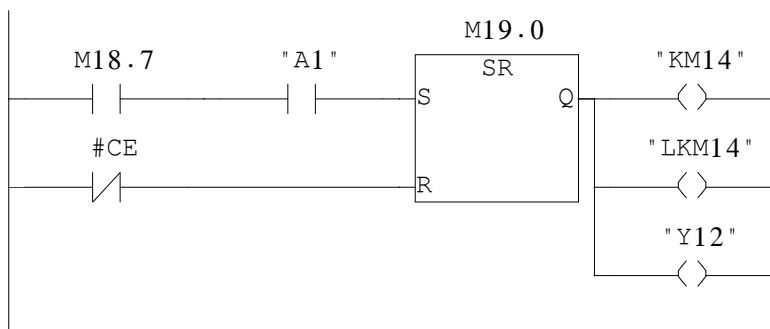
Réseau : 35 ETAPE 83



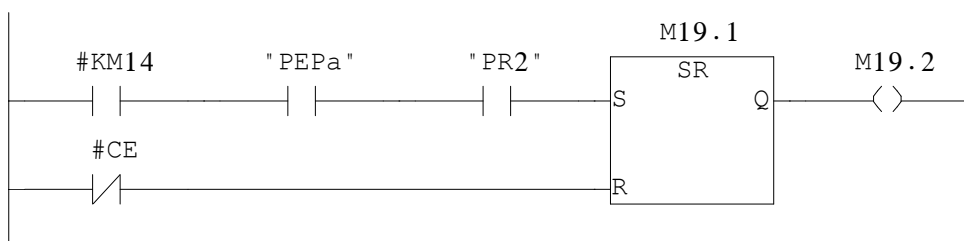
Réseau : 36 ETAPE 84



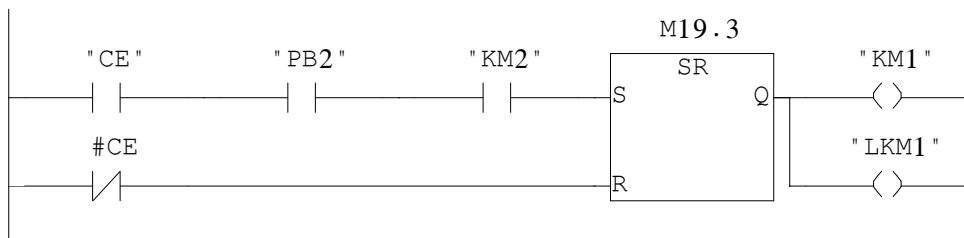
Réseau : 37 ETAPE 85



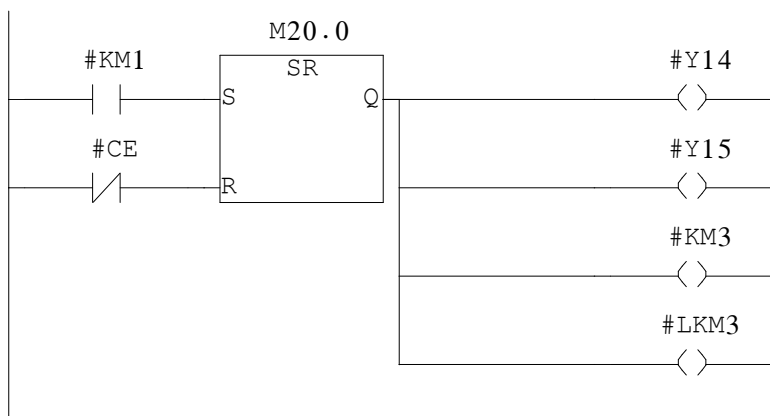
Réseau : 38 ETAPE 86

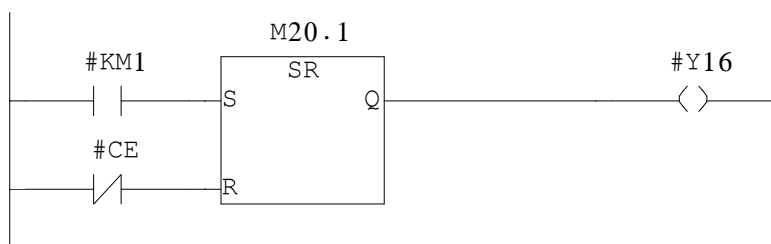


Réseau : 39 ETAPE 87



Réseau : 40 ETAPE 87'





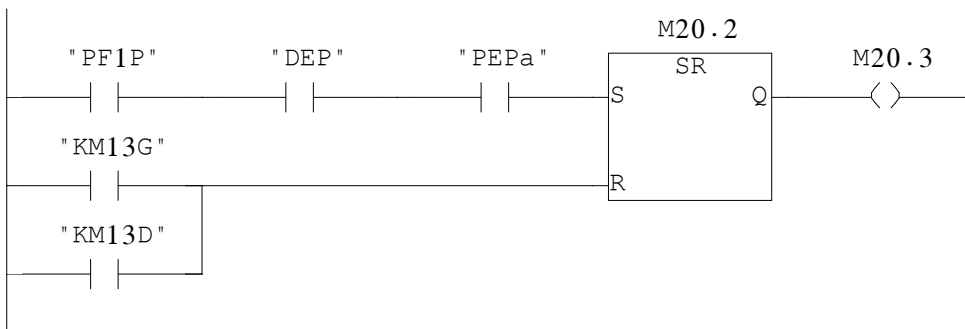
FC7 - <offline>

```
"FINITION1"
Nom :                               Famille :
Auteur :                           Version : 0.1
                                   Version de bloc : 2
Horodatage Code :                  02/10/2009 06:40:53
                                   Interface : 30/09/2009 15:19:18
Longueur (bloc/code /données locales) : 00858 00640 00000
```

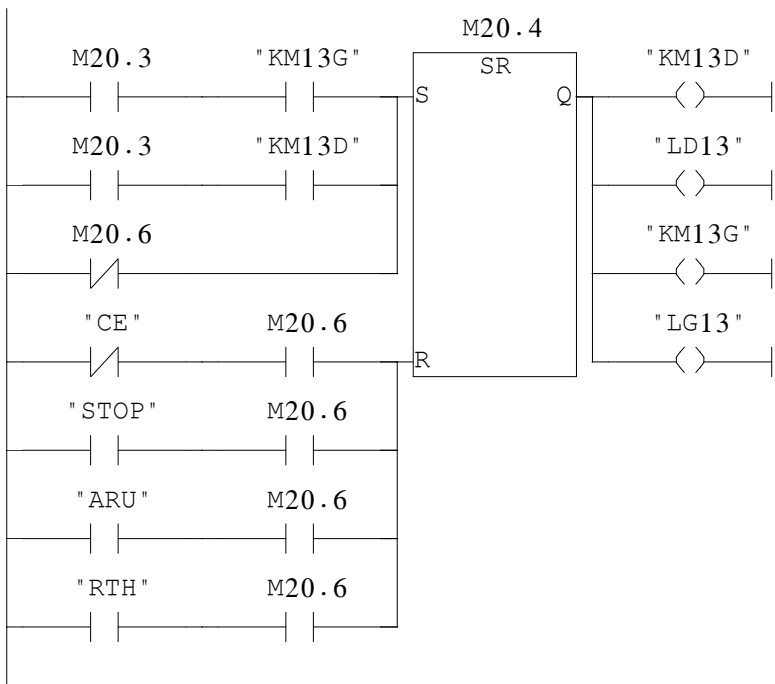
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
PF1P	Bool	0.0	
DEP	Bool	0.1	
PEPa	Bool	0.2	
PF1Pa	Bool	0.3	
CE	Bool	0.4	
ARU	Bool	0.5	
RTH	Bool	0.6	
STOP	Bool	0.7	
OUT		0.0	
KM13D	Bool	2.0	
LD13	Bool	2.1	
KM13G	Bool	2.2	
LG13	Bool	2.3	
KM12D	Bool	2.4	
LD12	Bool	2.5	
KM12G	Bool	2.6	
LG12	Bool	2.7	
KM7D	Bool	3.0	
LD7	Bool	3.1	
KM7G	Bool	3.2	
LG7	Bool	3.3	
KM8D	Bool	3.4	
LD8	Bool	3.5	
KM8G	Bool	3.6	
LG8	Bool	3.7	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC7 FINITION1

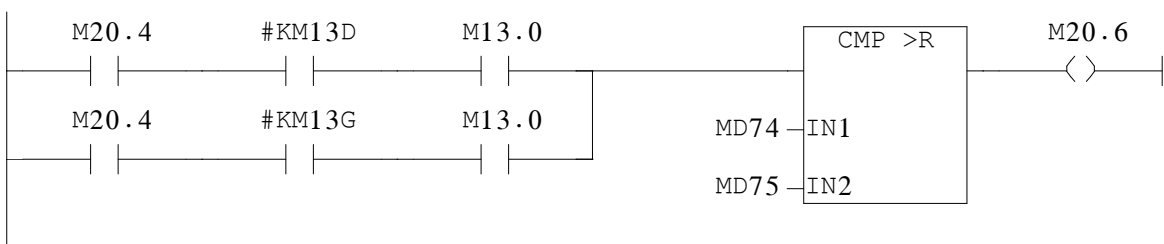
Réseau : 1	ETAPE 88
AXE V	



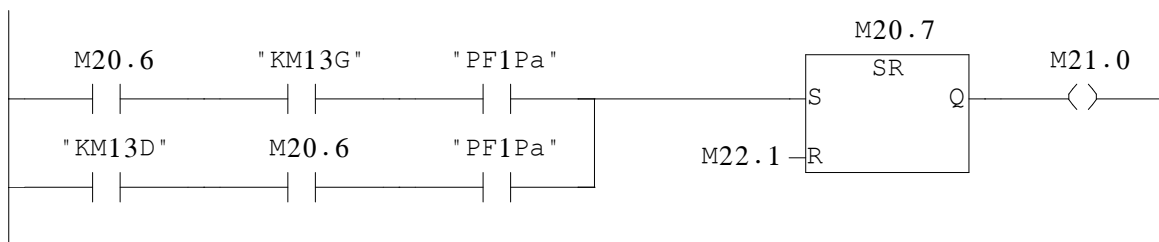
Réseau : 2	ETAPE 89



Réseau : 3

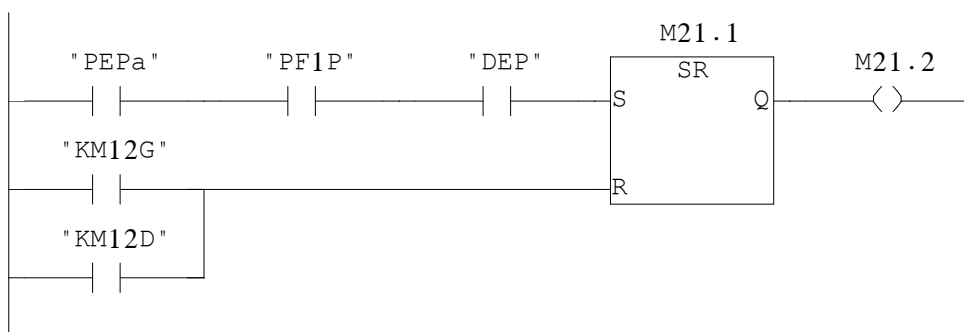


Réseau : 4 ETAPE 90

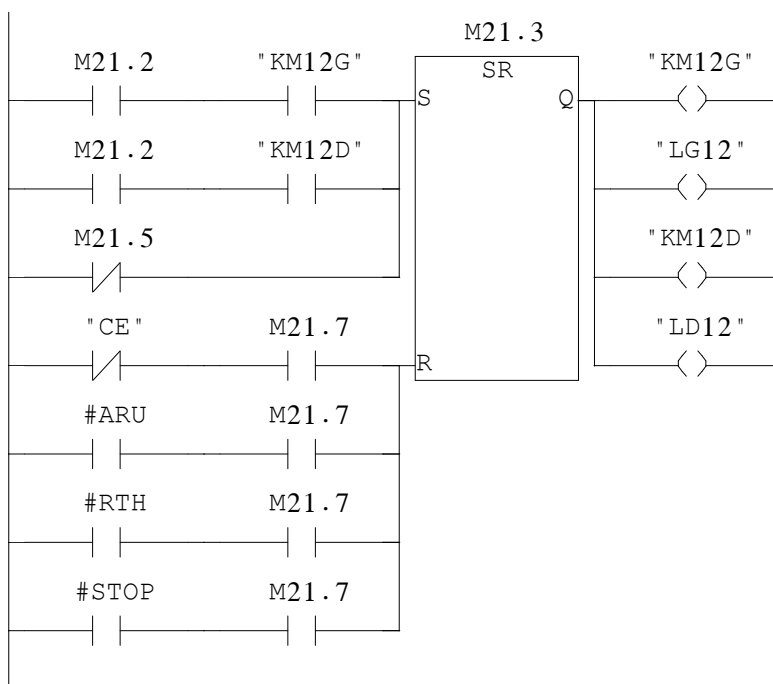


Réseau : 5 ETAPE 91

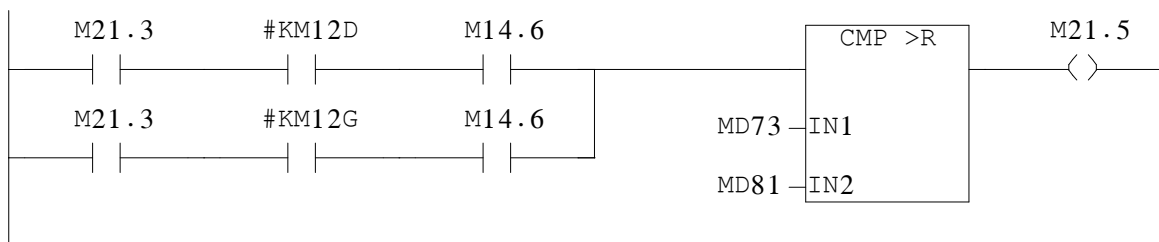
AXE U



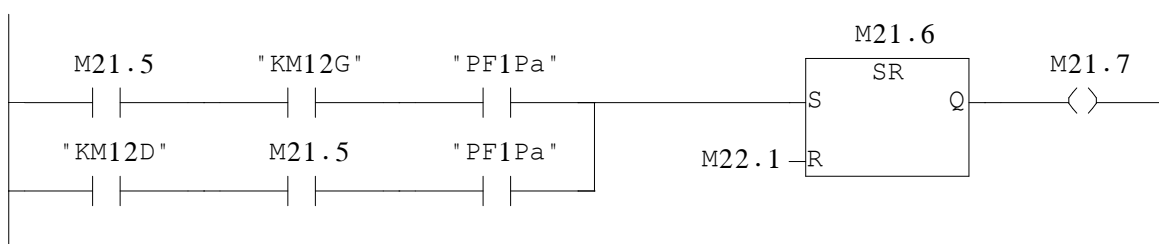
Réseau : 6 ETAPE 92



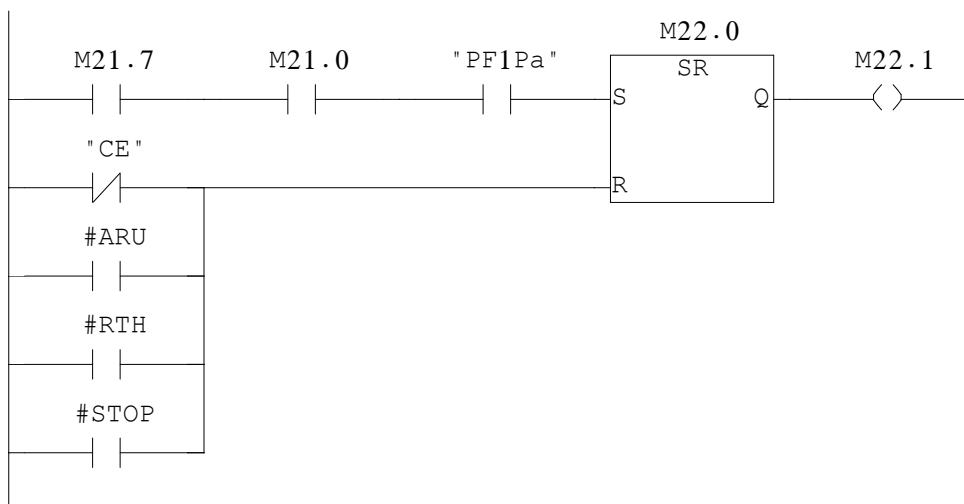
Réseau : 7



Réseau : 8 ETAPE 93

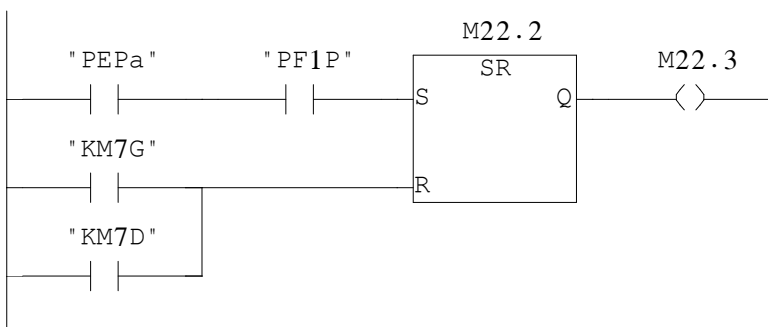


Réseau : 9 ETAPE 94

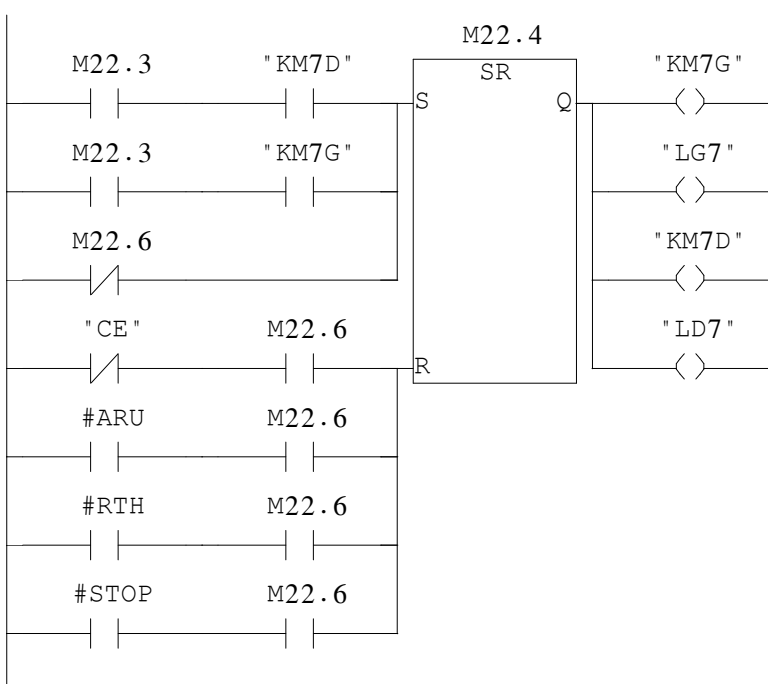


Réseau : 10 ETAPE 95

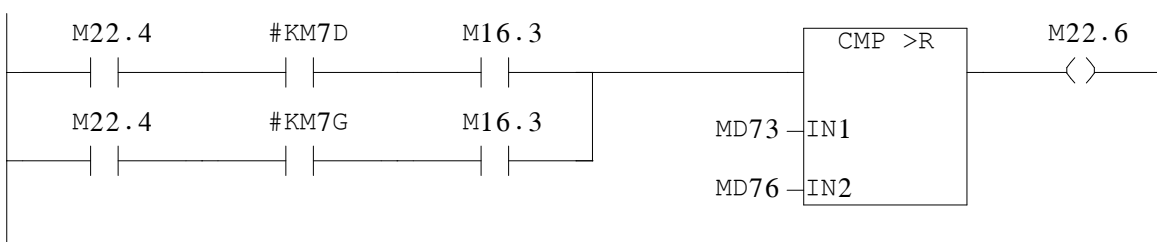
AXE X

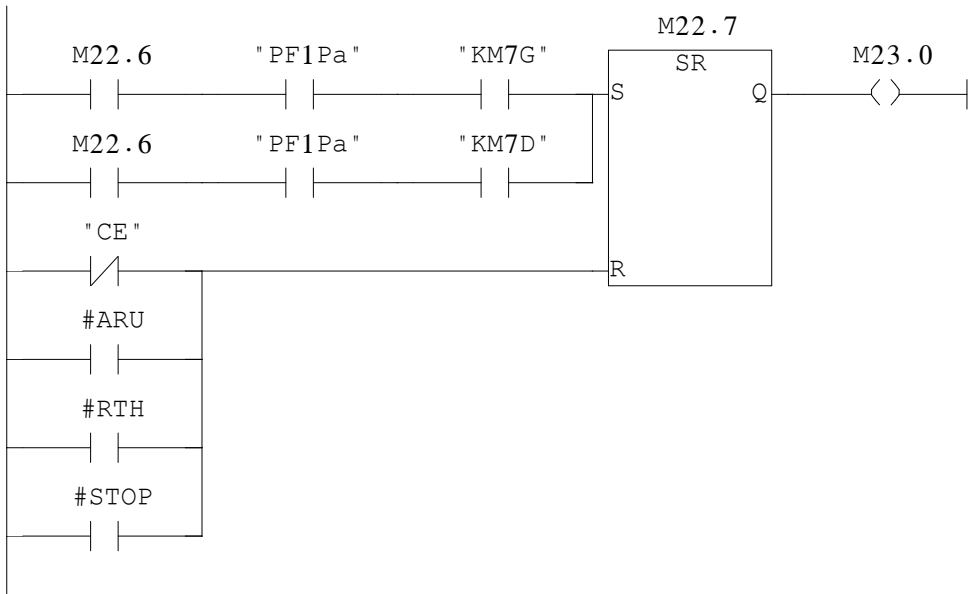


Réseau : 11 ETAPE 96

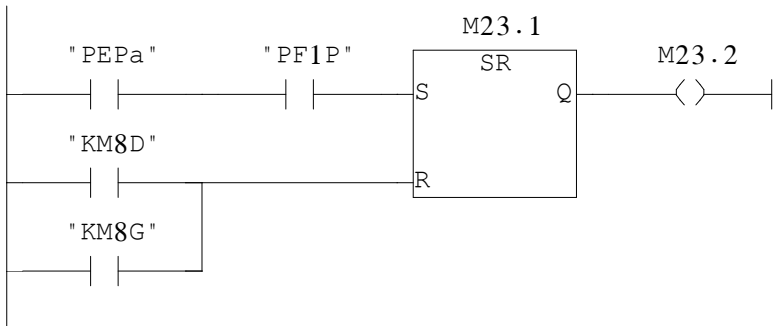


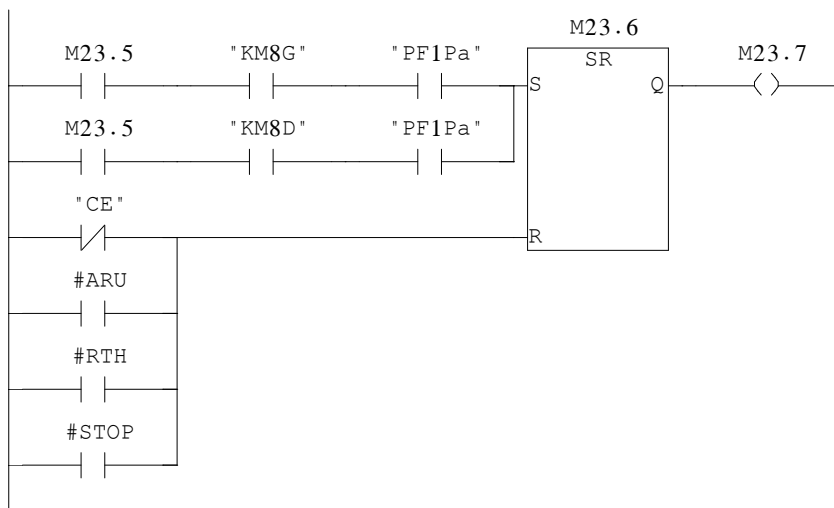
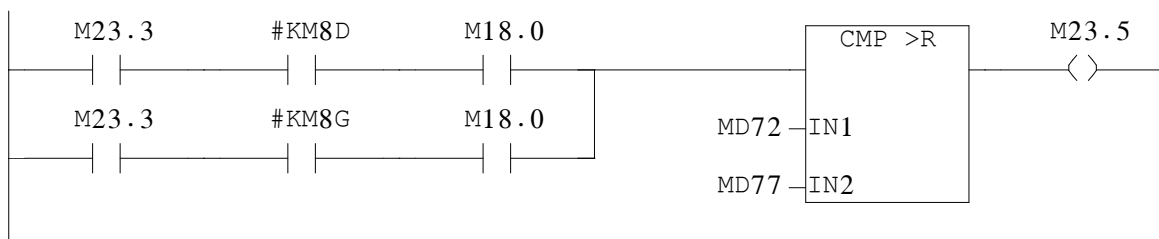
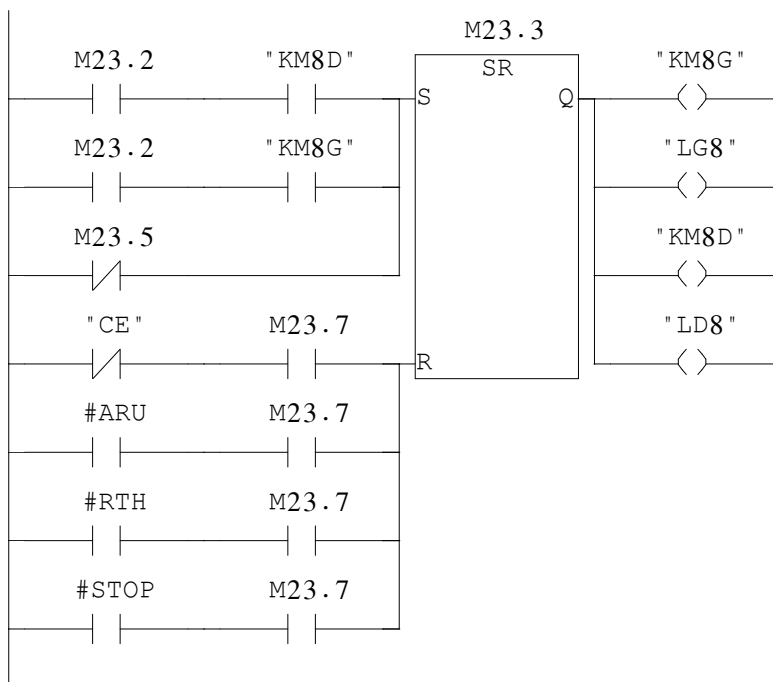
Réseau : 12





AXE Y





FC8 - <offline>

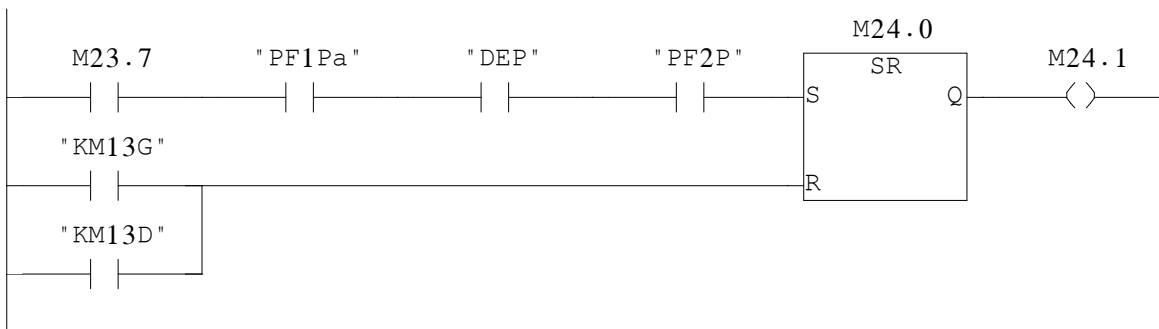
"FINITION 2"

Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 02/10/2009 06:58:08
Interface : 30/09/2009 16:48:27
Longueur (bloc/code /données locales) : 00792 00612 00000

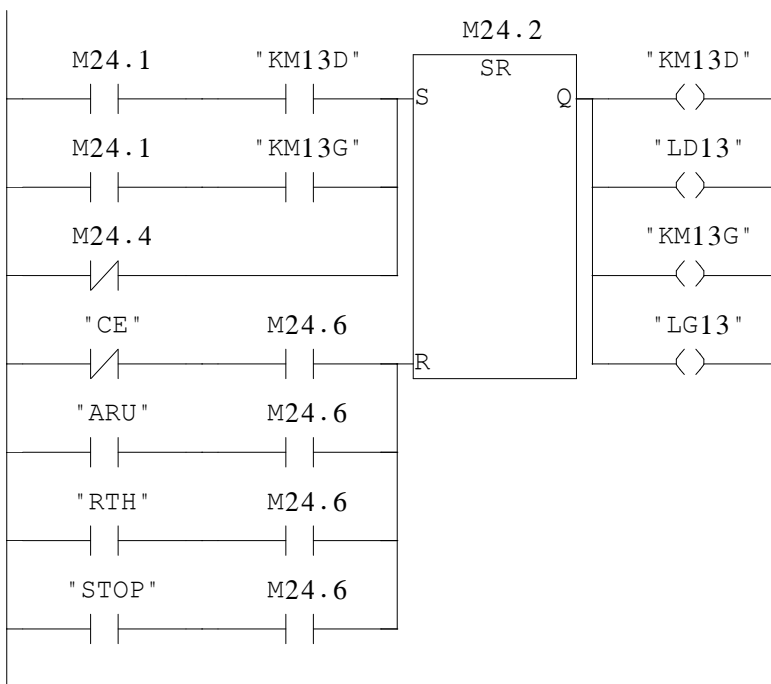
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
PF1Pa	Bool	0.0	
DEP	Bool	0.1	
PF2P	Bool	0.2	
CE	Bool	0.3	
PF2Pa	Bool	0.4	
ARU	Bool	0.5	
RTH	Bool	0.6	
STOP	Bool	0.7	
OUT		0.0	
KM13D	Bool	2.0	
LD13	Bool	2.1	
KM13G	Bool	2.2	
LG13	Bool	2.3	
KM12D	Bool	2.4	
LD12	Bool	2.5	
KM12G	Bool	2.6	
LG12	Bool	2.7	
KM7D	Bool	3.0	
LD7	Bool	3.1	
KM7G	Bool	3.2	
LG7	Bool	3.3	
KM8D	Bool	3.4	
LD8	Bool	3.5	
KM8G	Bool	3.6	
LG8	Bool	3.7	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC8 FINITION 2

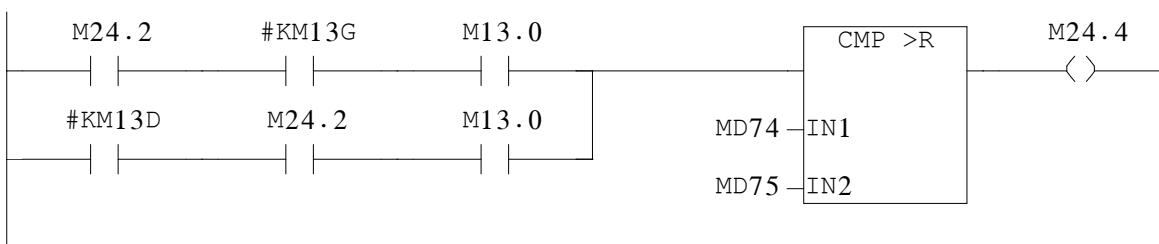
Réseau : 1	ETAPE 101
AXE V	



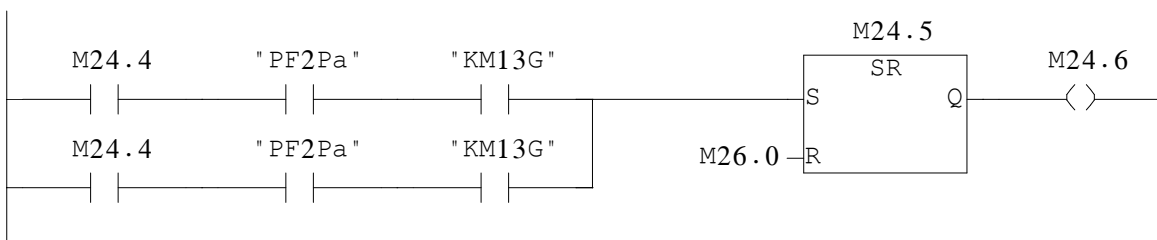
Réseau : 2	ETAPE 102



Réseau : 3

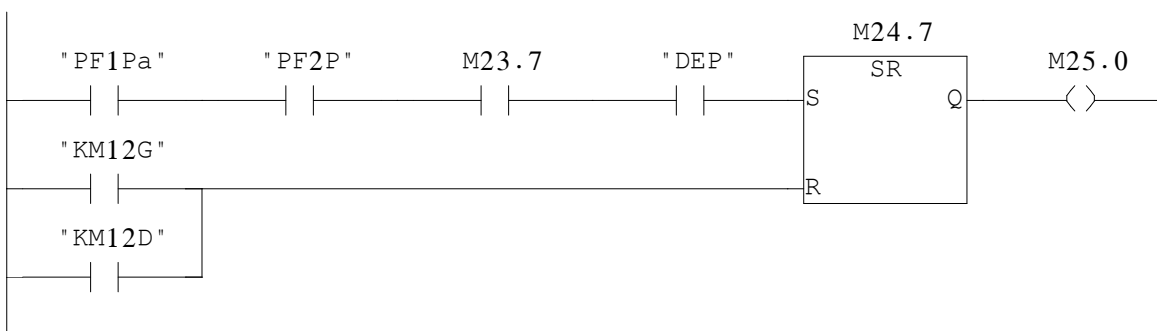


Réseau : 4 ETAPE 103

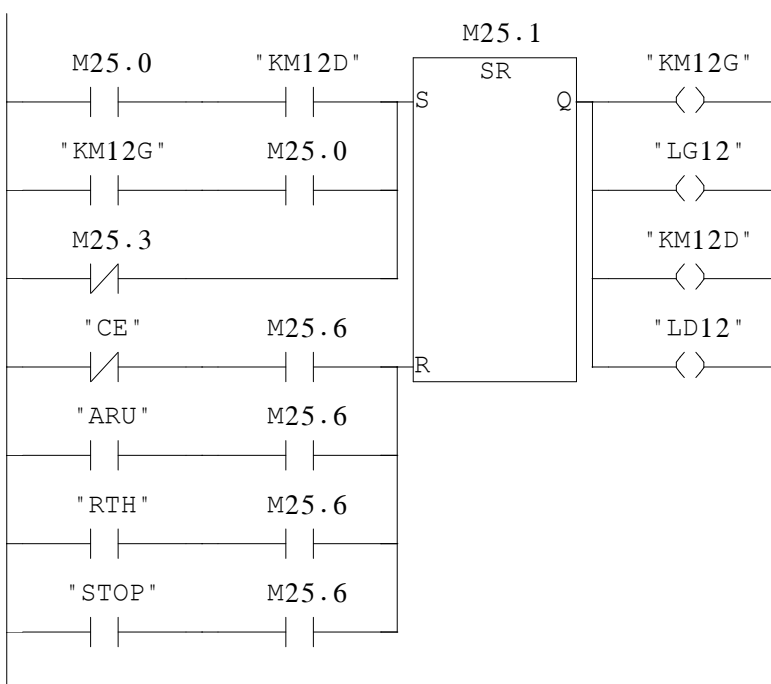


Réseau : 5 ETAPE 104

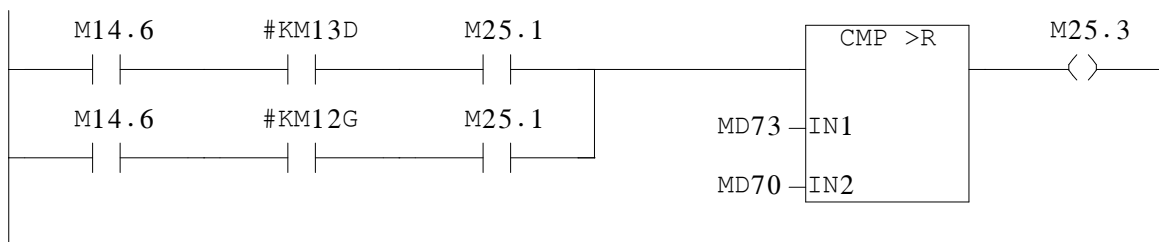
AXE U



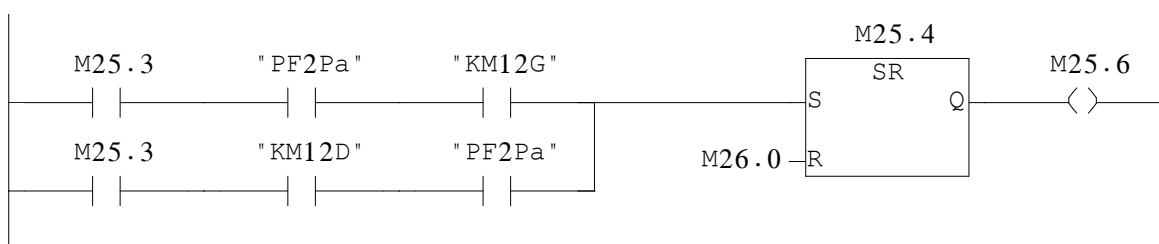
Réseau : 6 ETAPE 105



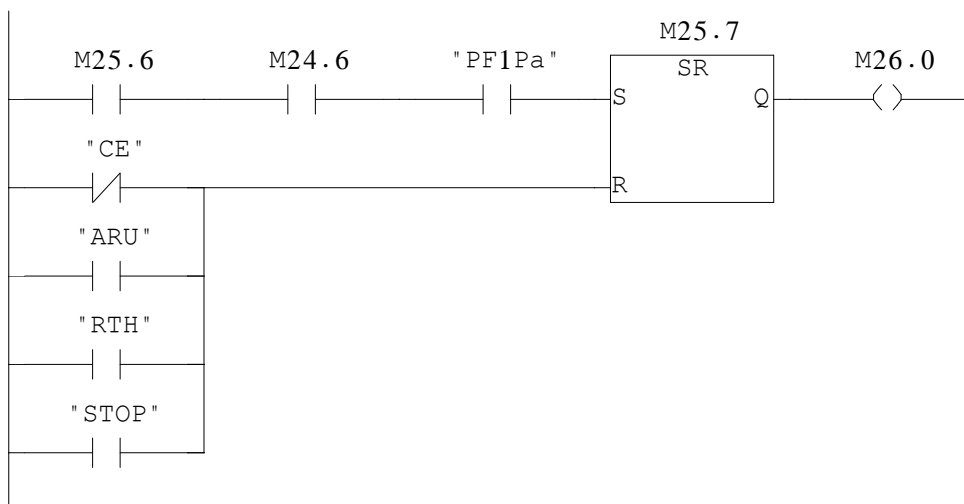
Réseau : 7



Réseau : 8 ETAPE 106

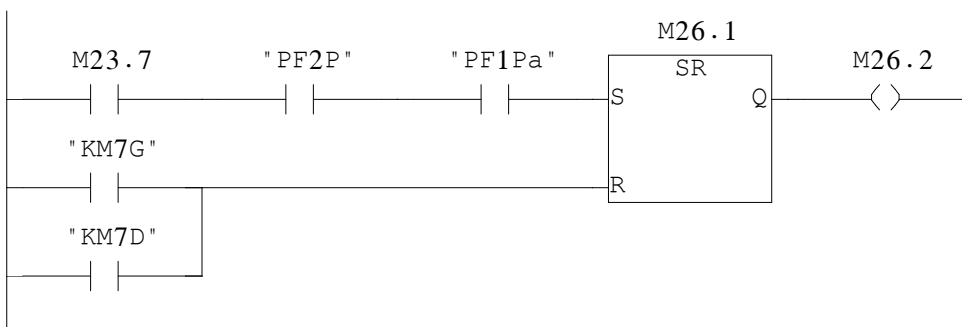


Réseau : 9 ETAPE 107

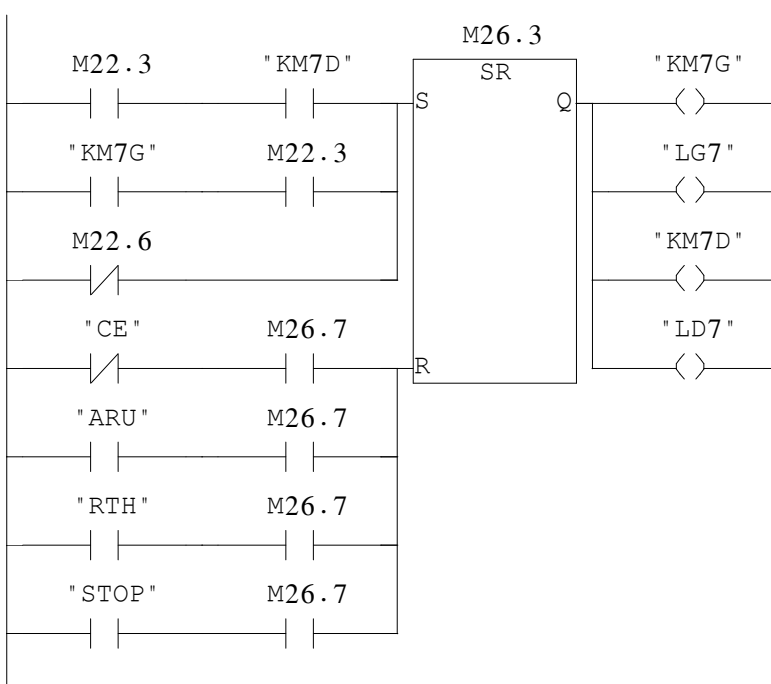


Réseau : 10 ETAPE 108

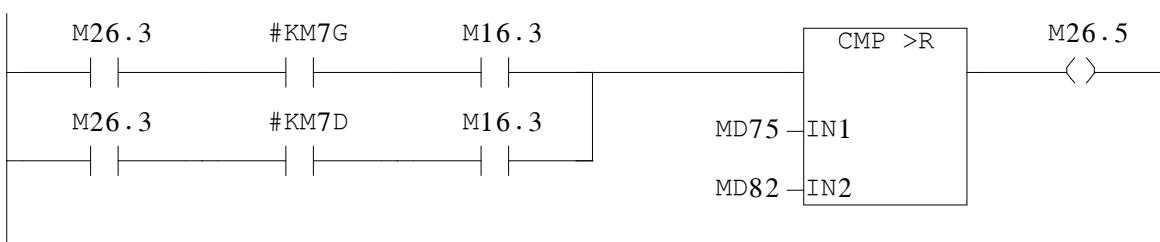
AXE X

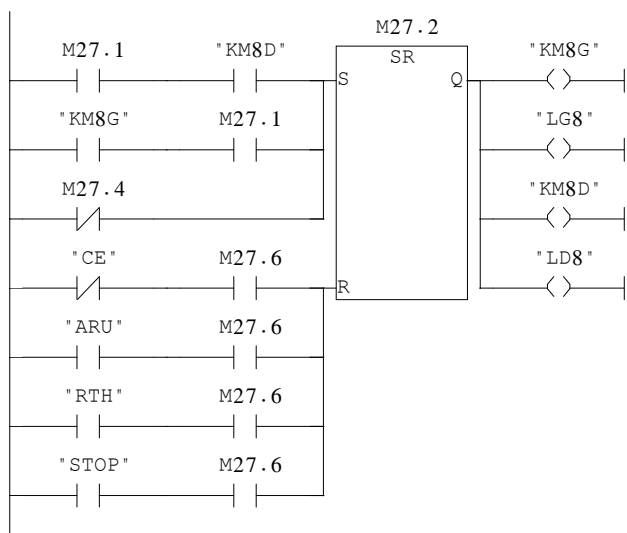
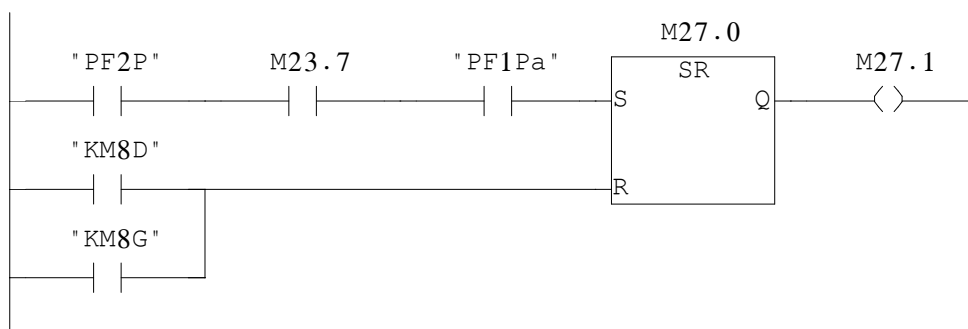
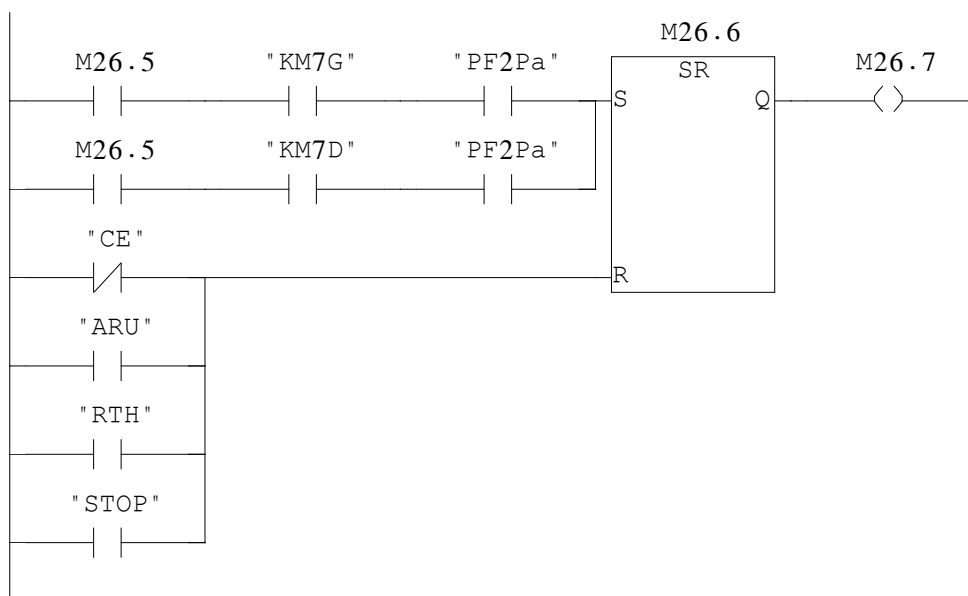


Réseau : 11 ETAPE 109

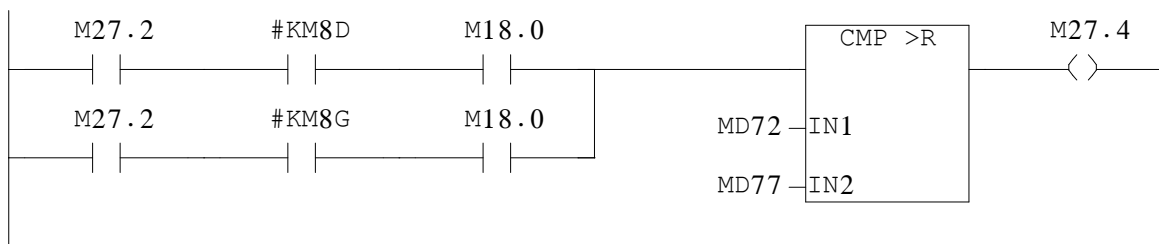


Réseau : 12

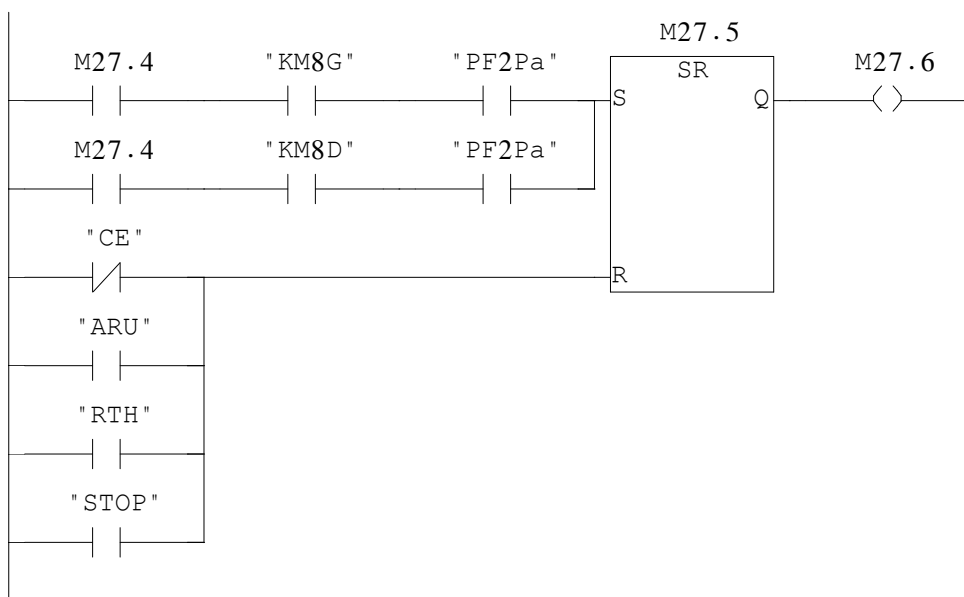




Réseau : 16



Réseau : 17 ETAPE 113



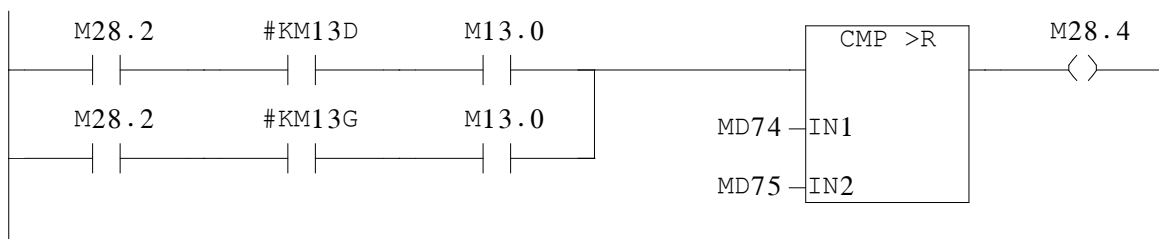
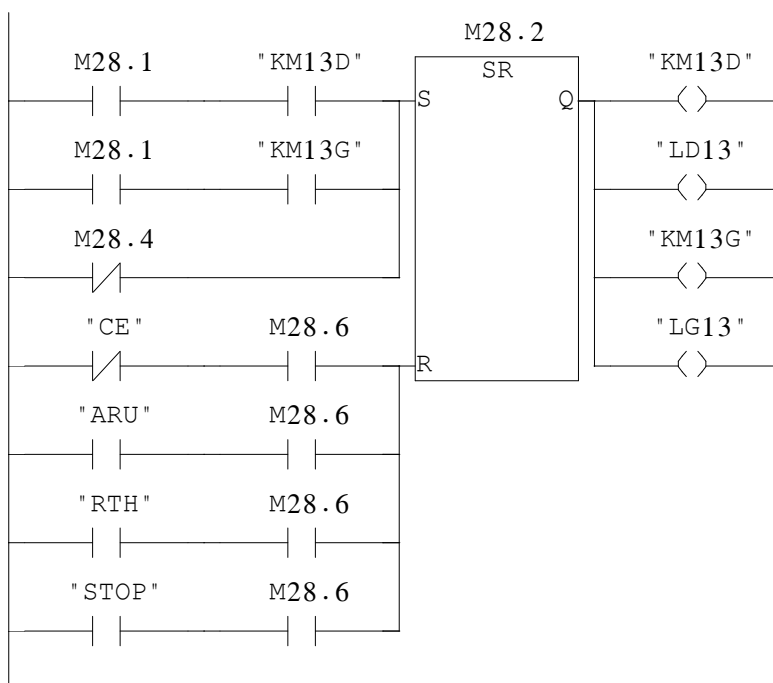
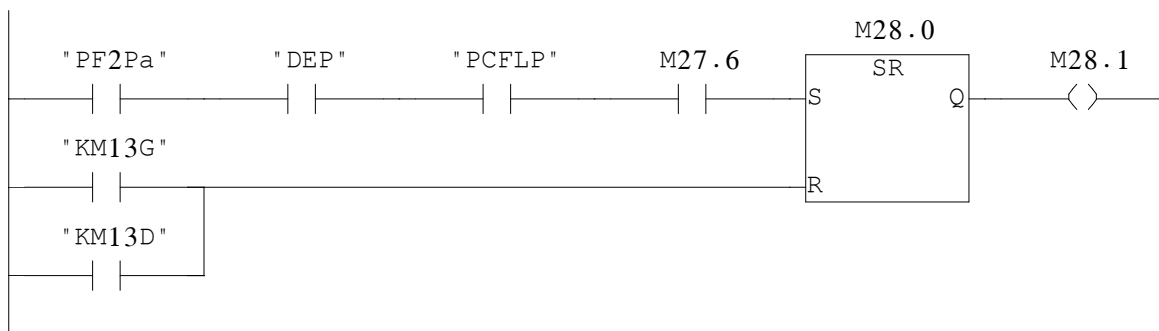
FC9 - <offline>

"CALIBRAGE FAIBLE"

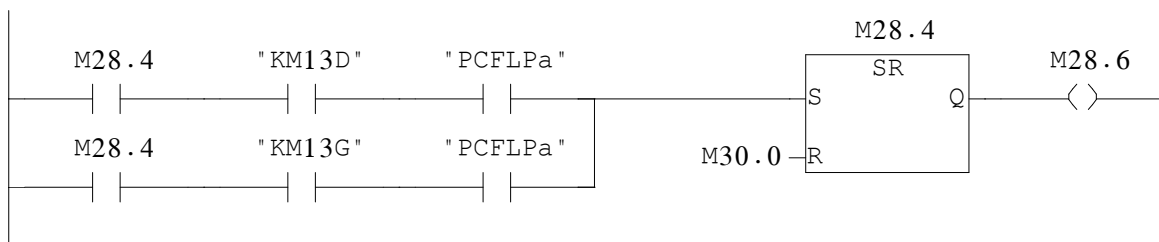
Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 02/10/2009 07:14:51
Interface : 30/09/2009 15:42:49
Longueur (bloc/code /données locales) : 00800 00618 00000

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
PF2Pa	Bool	0.0	
DEP	Bool	0.1	
PCFLP	Bool	0.2	
ARU	Bool	0.3	
RTH	Bool	0.4	
STOP	Bool	0.5	
PCFLPa	Bool	0.6	
CE	Bool	0.7	
OUT		0.0	
KM13D	Bool	2.0	
LD13	Bool	2.1	
KM13G	Bool	2.2	
LG13	Bool	2.3	
KM12D	Bool	2.4	
LD12	Bool	2.5	
KM12G	Bool	2.6	
LG12	Bool	2.7	
KM7D	Bool	3.0	
LD7	Bool	3.1	
KM7G	Bool	3.2	
LG7	Bool	3.3	
KM8D	Bool	3.4	
LD8	Bool	3.5	
KM8G	Bool	3.6	
LG8	Bool	3.7	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC9 CALIBRAGE FAIBLE

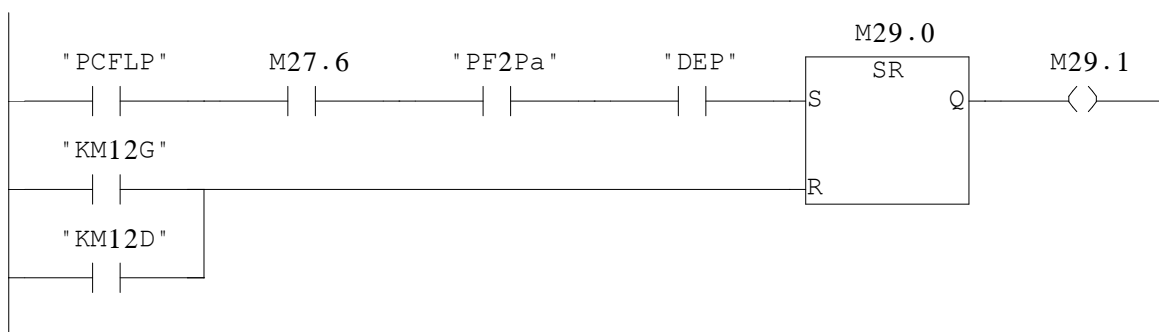


Réseau : 4 ETAPE 116

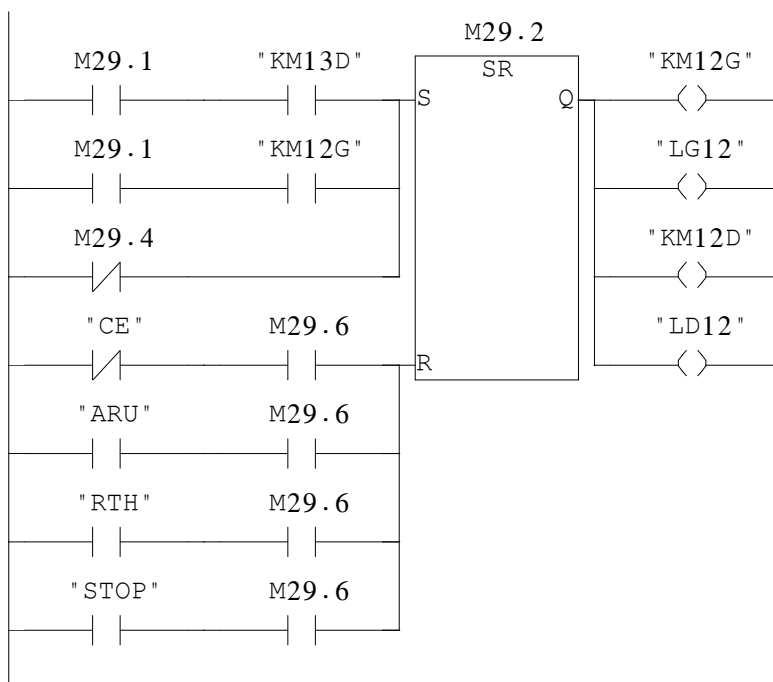


Réseau : 5 ETAPE 118

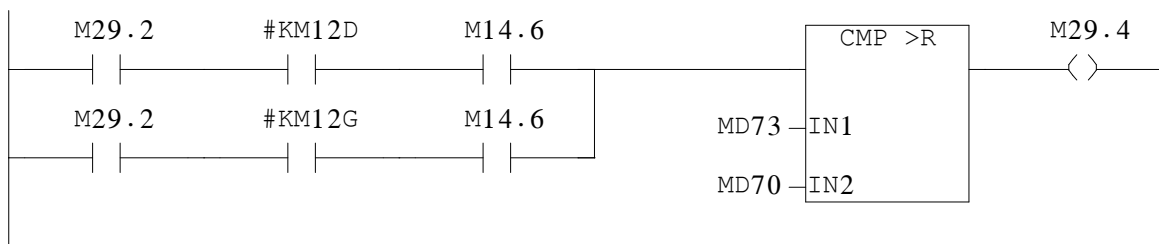
AXE U



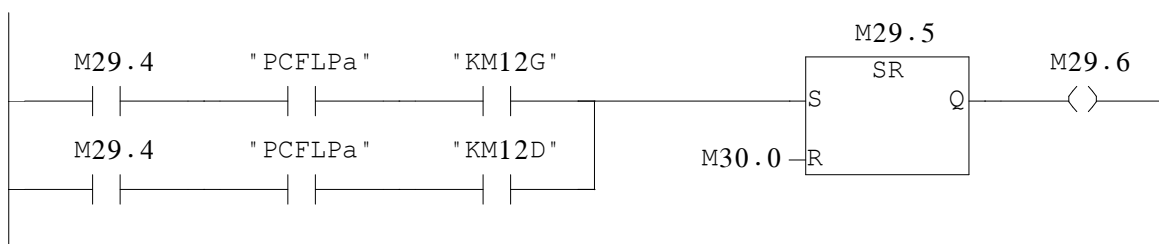
Réseau : 6 ETAPE 119



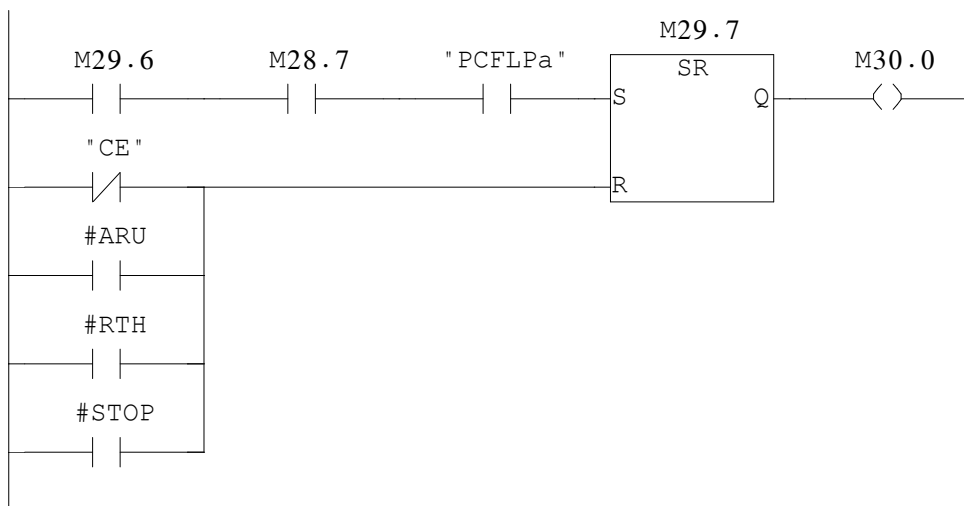
Réseau : 7



Réseau : 8 ETAPE 120

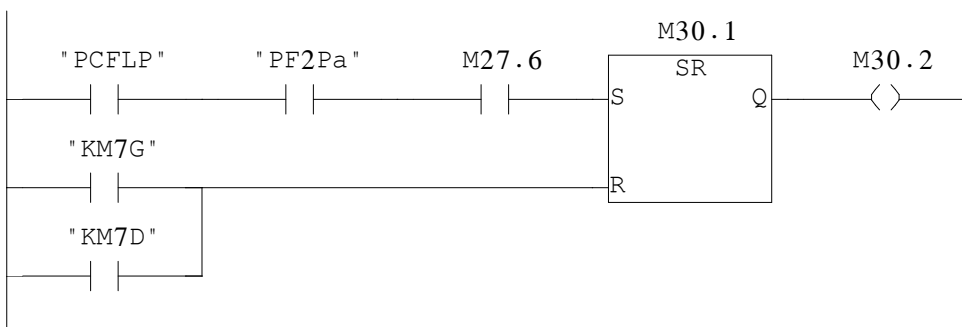


Réseau : 9 ETAPE 121

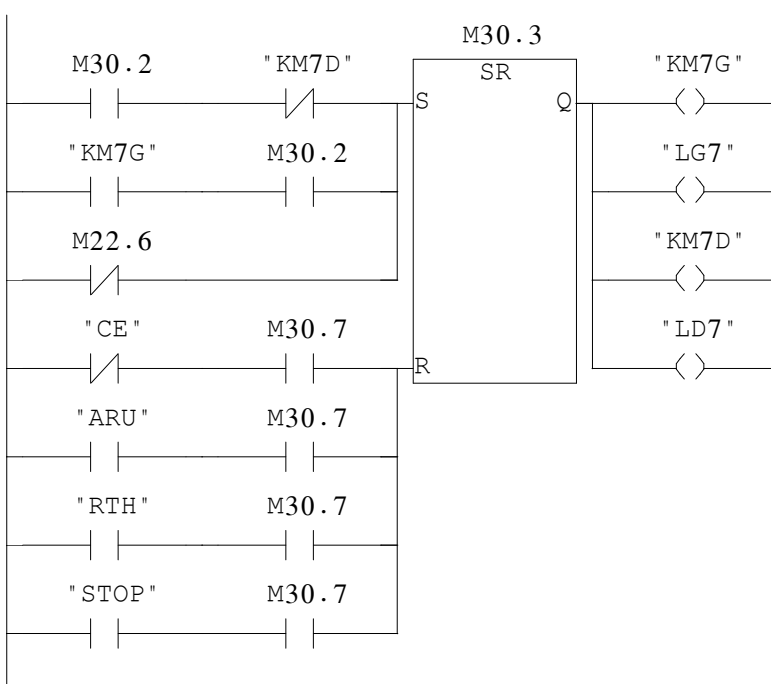


Réseau : 10 ETAPE 122

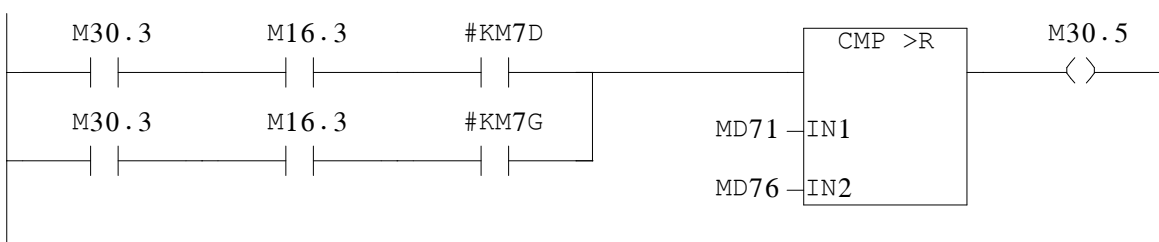
AXE X

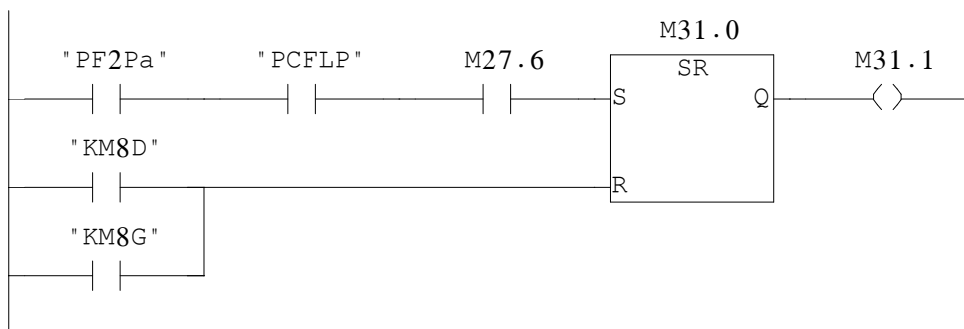
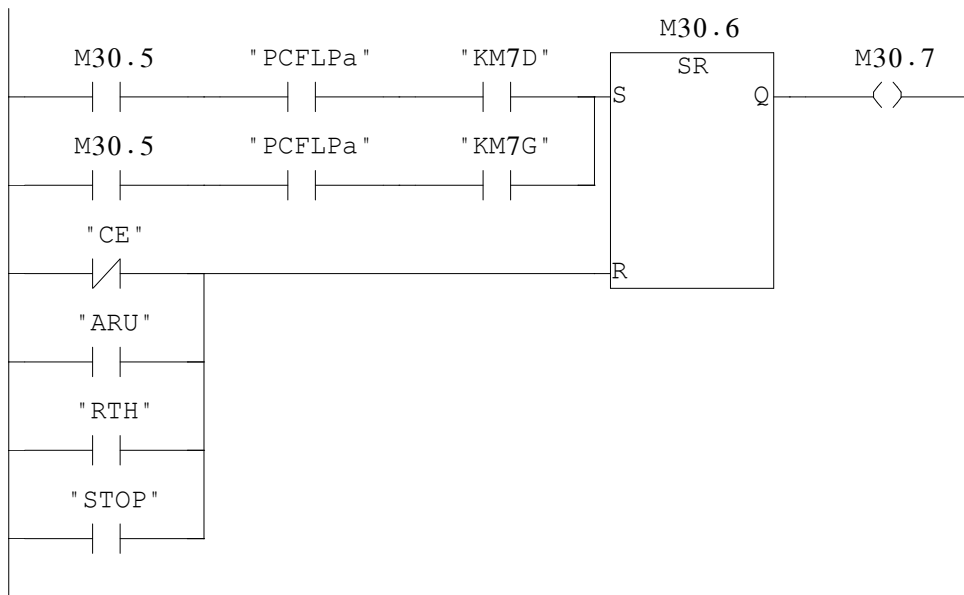


Réseau : 11 ETAPE 123

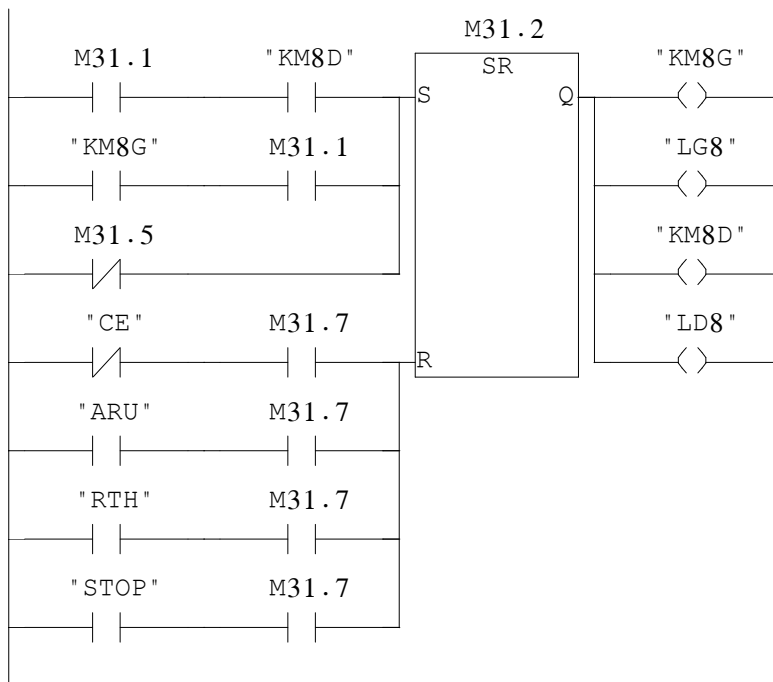


Réseau : 12

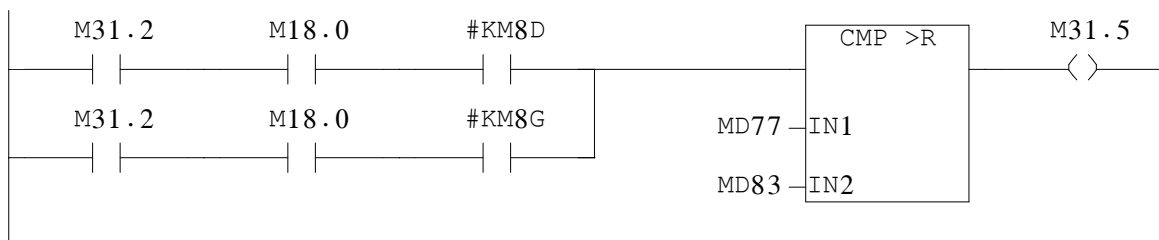




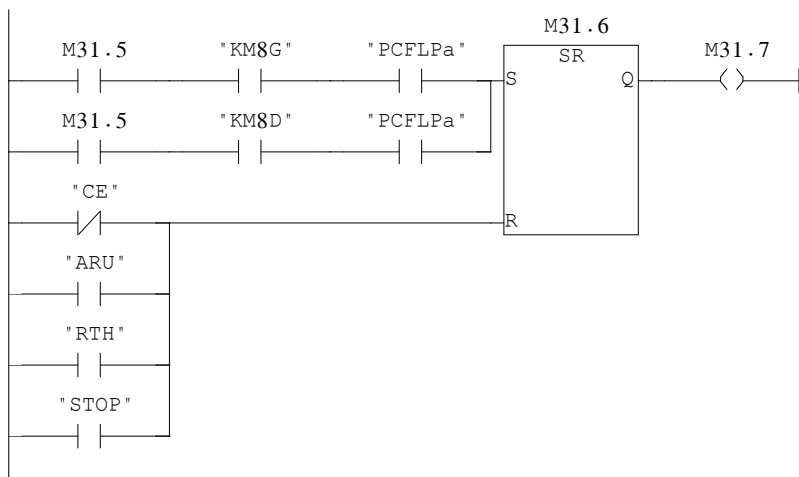
Réseau : 15 ETAPE 126



Réseau : 16



Réseau : 17 ETAPE 127



FC10 - <offline>

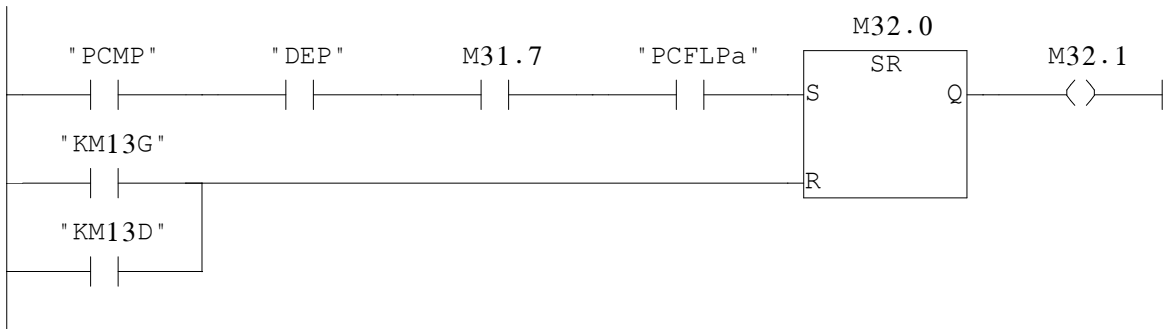
"CALIBRAGE MOYEN"

Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 02/10/2009 07:32:57
Interface : 30/09/2009 15:46:49
Longueur (bloc/code /données locales) : 00792 00612 00000

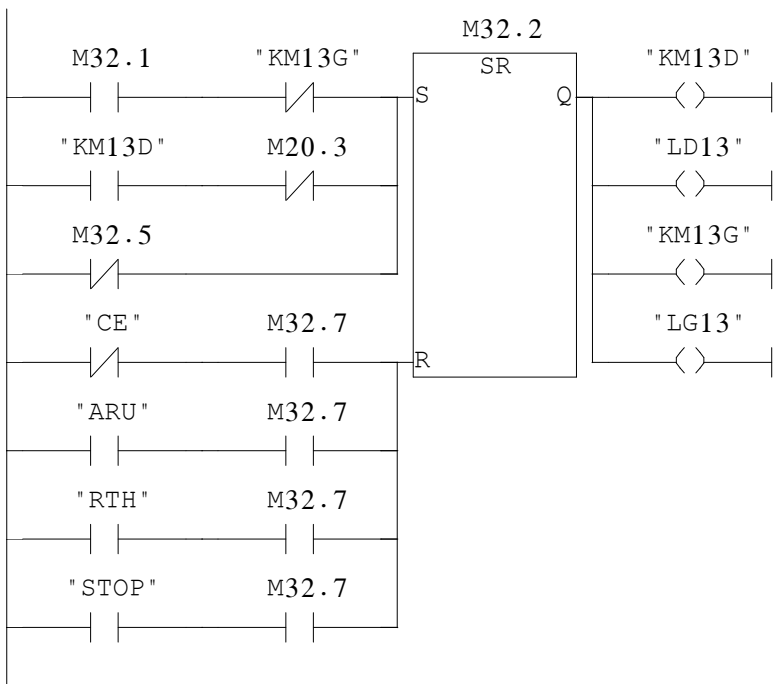
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
PCMP	Bool	0.0	
DEP	Bool	0.1	
PCFLPa	Bool	0.2	
PCMPa	Bool	0.3	
CE	Bool	0.4	
ARU	Bool	0.5	
RTH	Bool	0.6	
STOP	Bool	0.7	
OUT		0.0	
KM13D	Bool	2.0	
LD13	Bool	2.1	
KM13G	Bool	2.2	
LG13	Bool	2.3	
KM12D	Bool	2.4	
LD12	Bool	2.5	
KM12G	Bool	2.6	
LG12	Bool	2.7	
KM7D	Bool	3.0	
LD7	Bool	3.1	
KM7G	Bool	3.2	
LG7	Bool	3.3	
KM8D	Bool	3.4	
LD8	Bool	3.5	
KM8G	Bool	3.6	
LG8	Bool	3.7	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC10 CALIBRAGE MOYEN

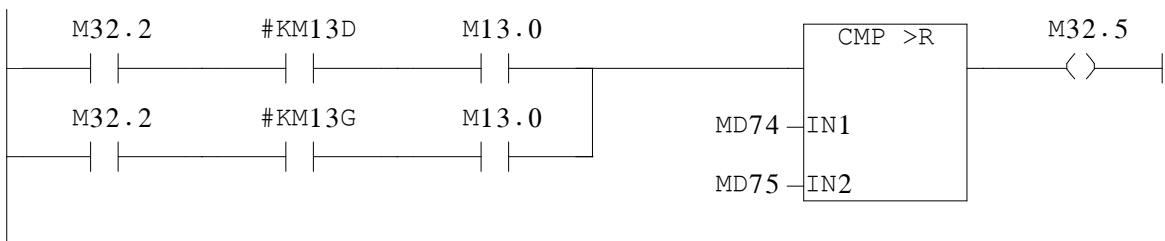
Réseau : 1	ETAPE 128
AXE V	



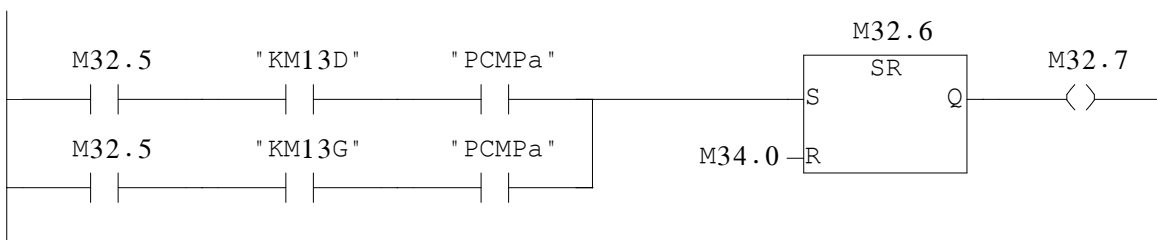
Réseau : 2	ETAPE 129



Réseau : 3

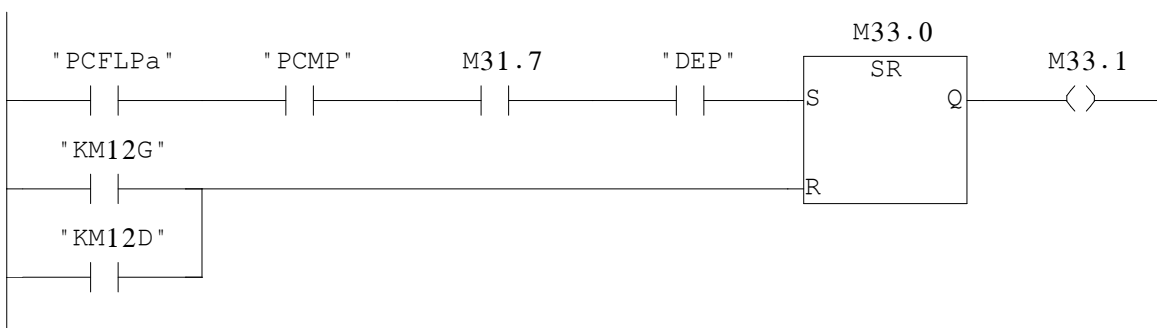


Réseau : 4 ETAPE 130

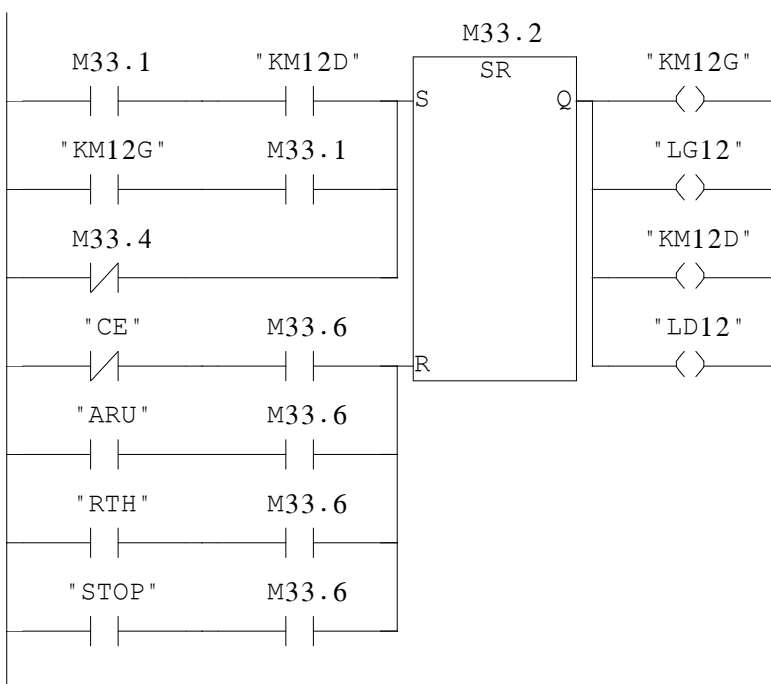


Réseau : 5 ETAPE 131

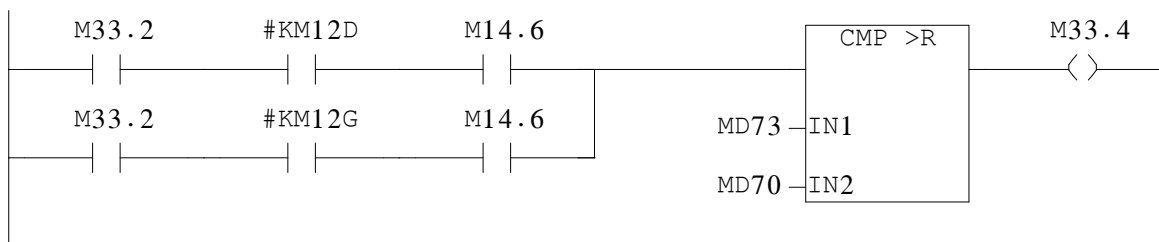
AXE U



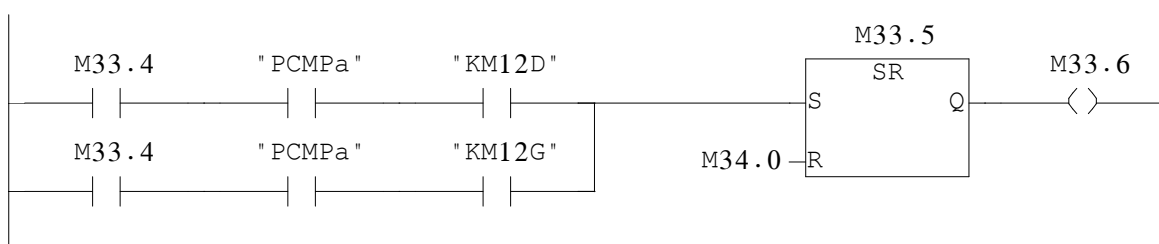
Réseau : 6 ETAPE 132



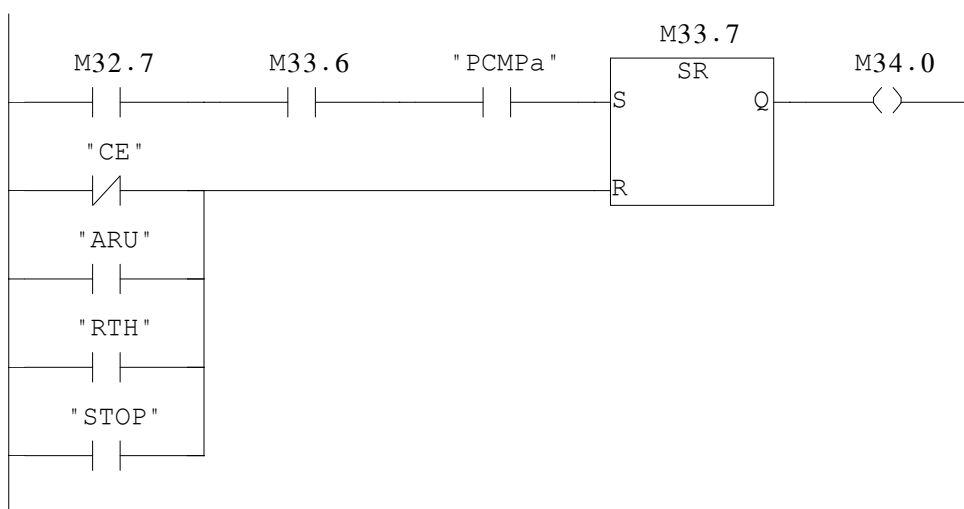
Réseau : 7



Réseau : 8 ETAPE 133

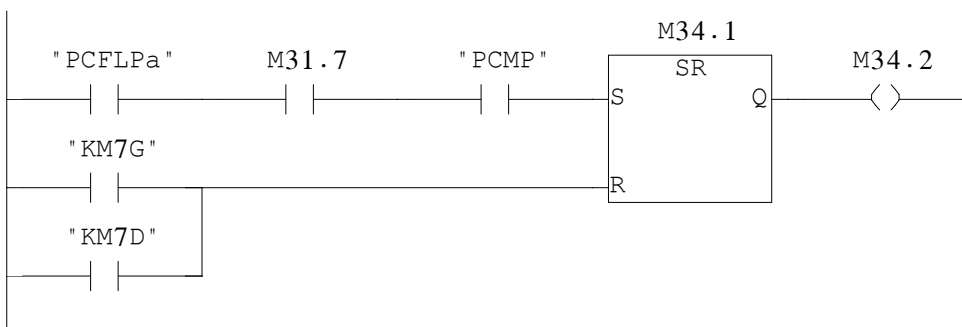


Réseau : 9 ETAPE 134

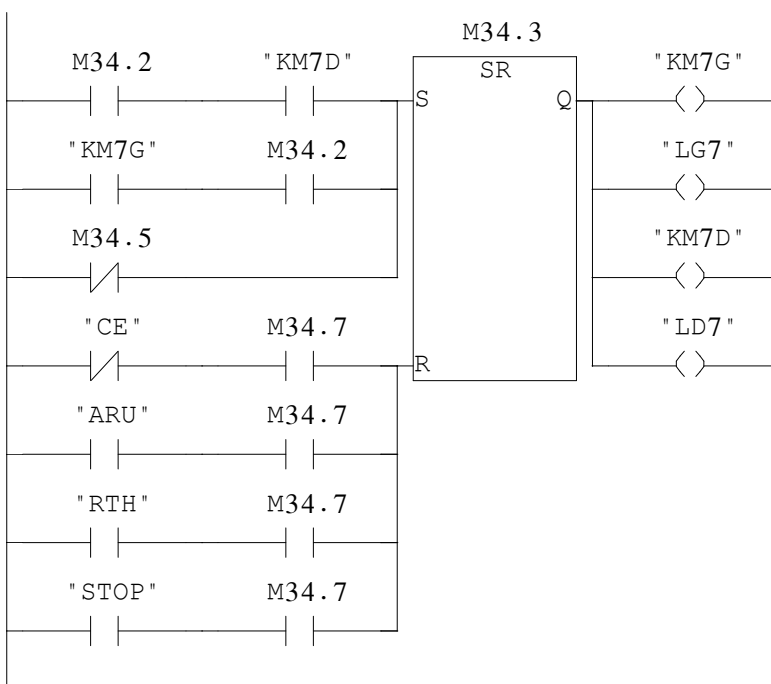


Réseau : 10 ETAPE 135

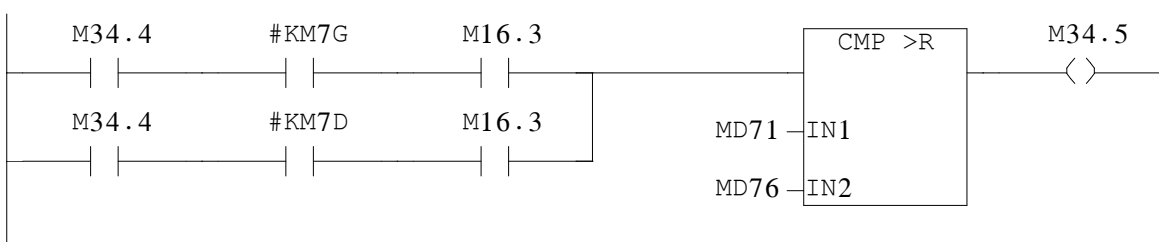
AXE X

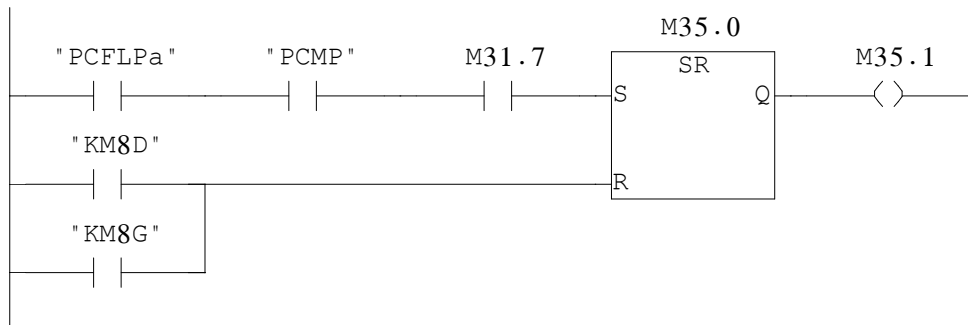
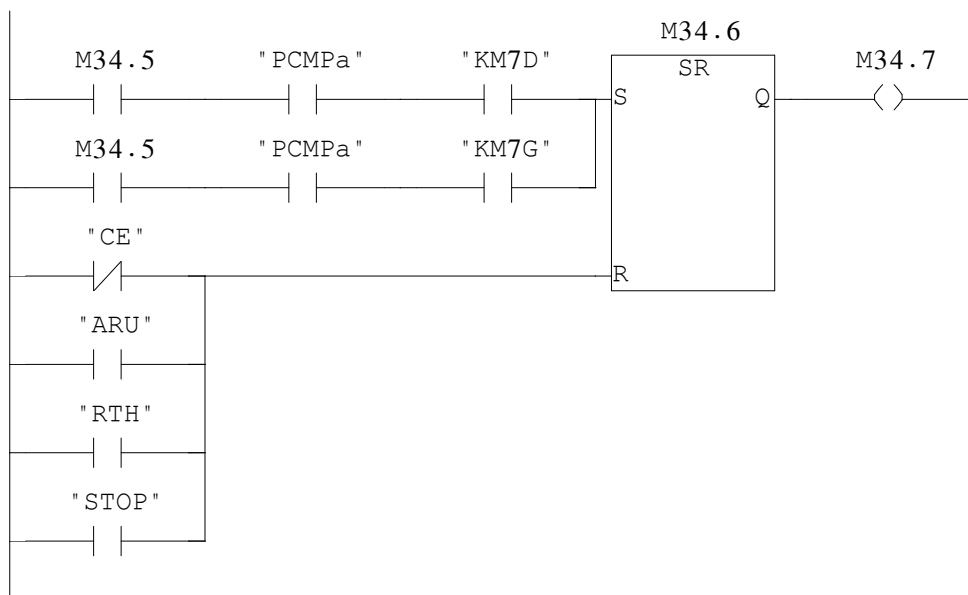


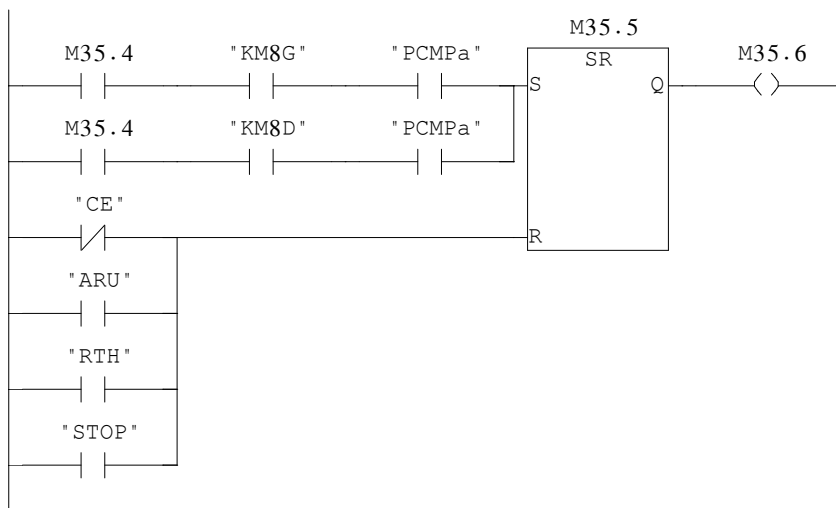
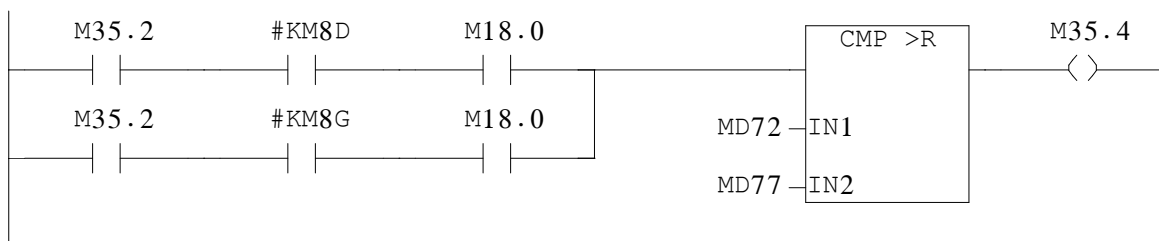
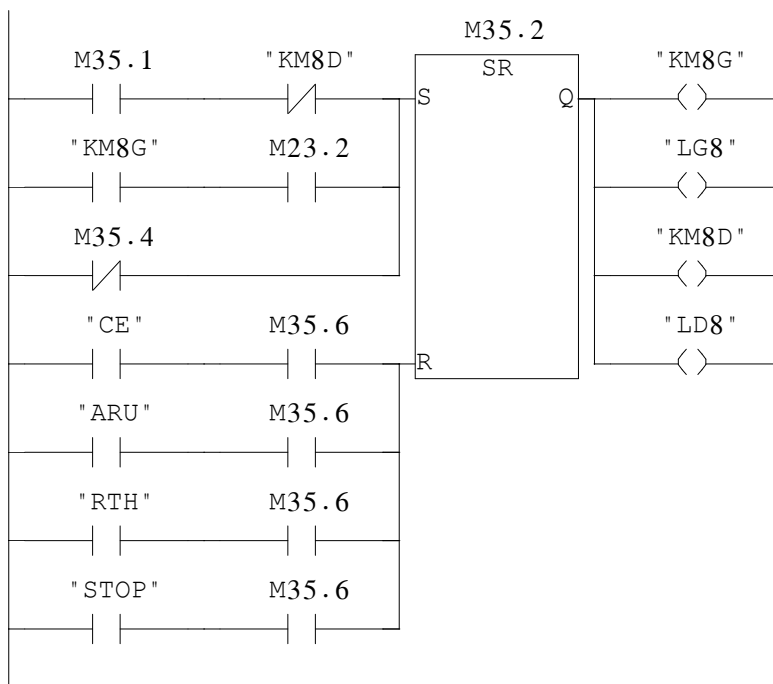
Réseau : 11 ETAPE 136



Réseau : 12







FC11 - <offline>

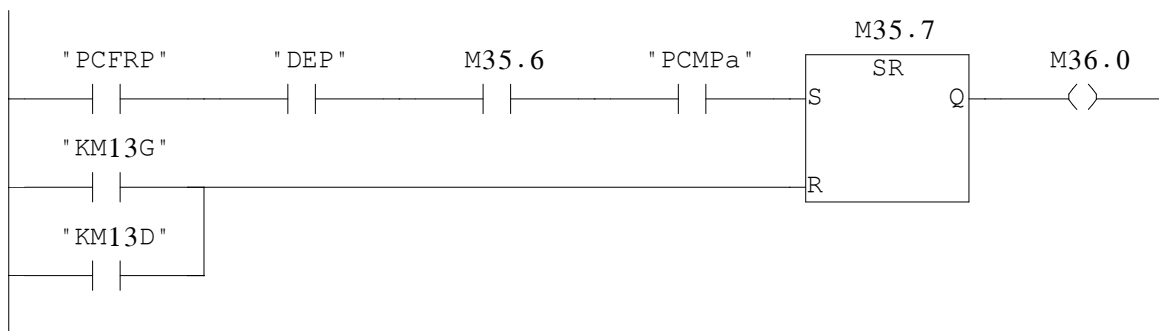
"CALIBRAGE FORT"

Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 02/10/2009 07:50:13
Interface : 30/09/2009 16:56:09
Longueur (bloc/code /données locales) : 00784 00604 00000

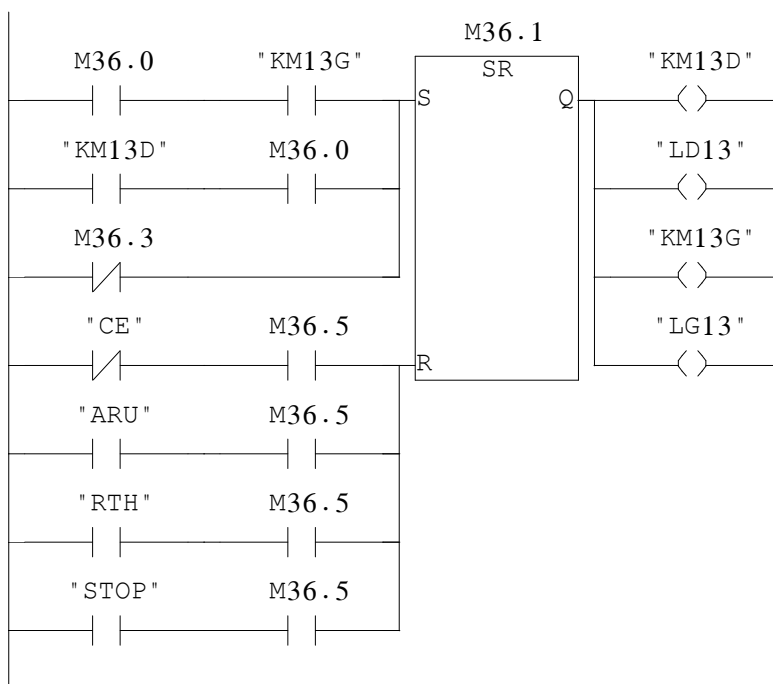
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
PCFRP	Bool	0.0	
PCMPa	Bool	0.1	
DEP	Bool	0.2	
CE	Bool	0.3	
ARU	Bool	0.4	
RTH	Bool	0.5	
STOP	Bool	0.6	
PCFRPa	Bool	0.7	
OUT		0.0	
KM13G	Bool	2.0	
LG13	Bool	2.1	
KM13D	Bool	2.2	
LD13	Bool	2.3	
KM12D	Bool	2.4	
LD12	Bool	2.5	
KM12G	Bool	2.6	
LG12	Bool	2.7	
KM7D	Bool	3.0	
LD7	Bool	3.1	
KM7G	Bool	3.2	
LG7	Bool	3.3	
KM8D	Bool	3.4	
LD8	Bool	3.5	
KM8G	Bool	3.6	
LG8	Bool	3.7	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC11 CALIBRAGE FORT

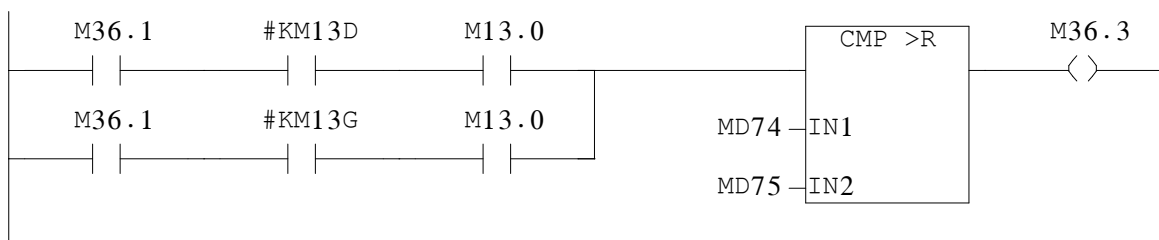
Réseau : 1 ETAPE 141



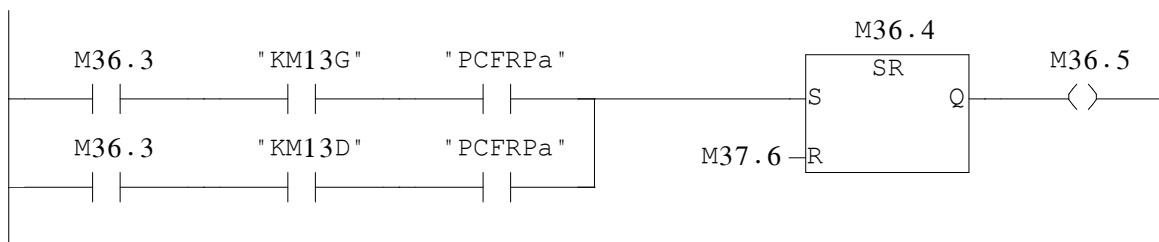
Réseau : 2 ETAPE 142



Réseau : 3

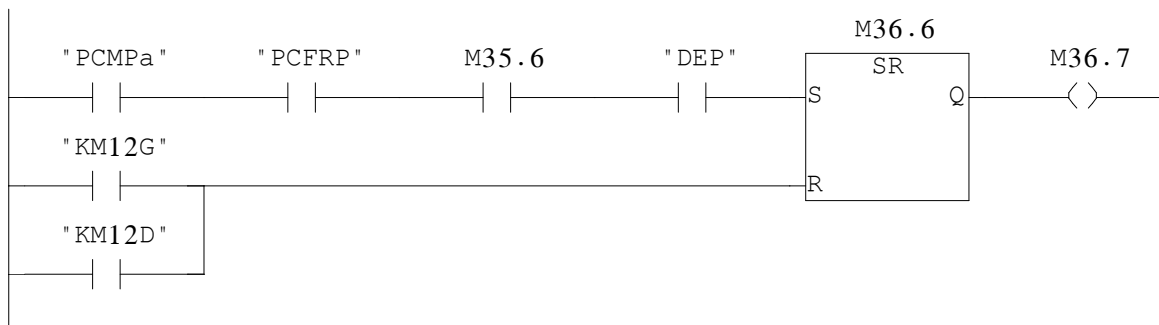


Réseau : 4 ETAPE 143

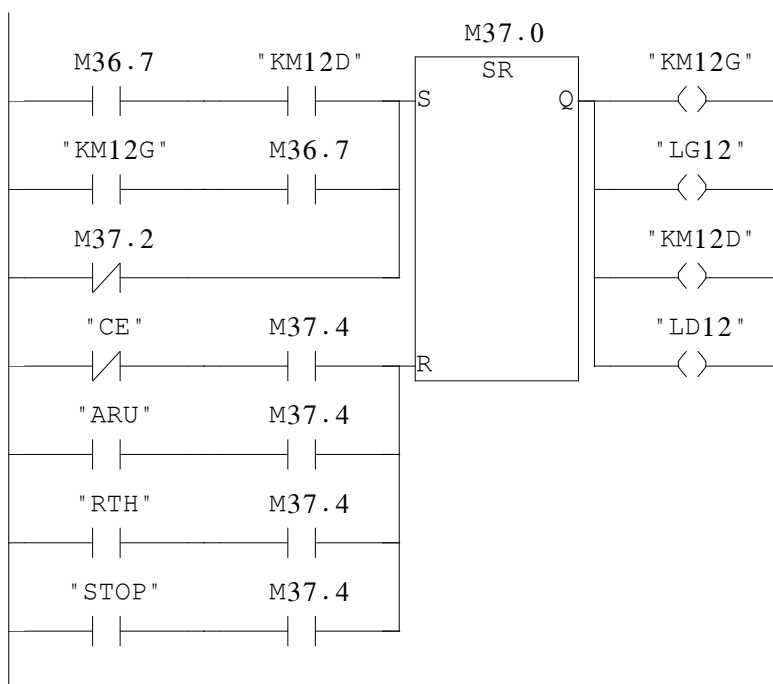


Réseau : 5 ETAPE 144

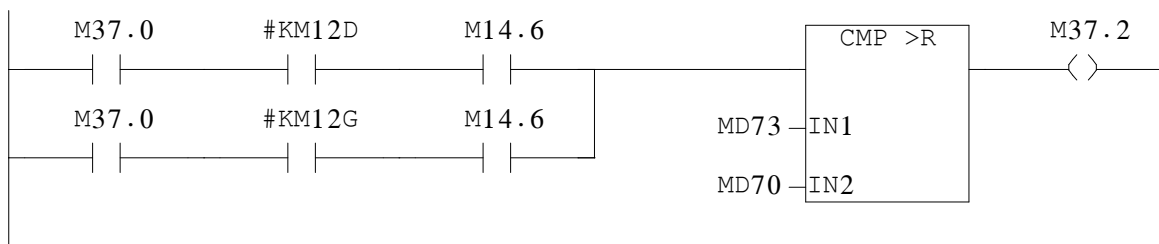
AXE U



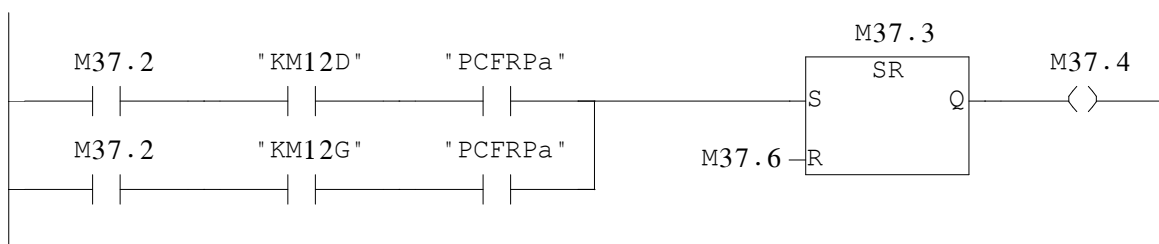
Réseau : 6 ETAPE 145



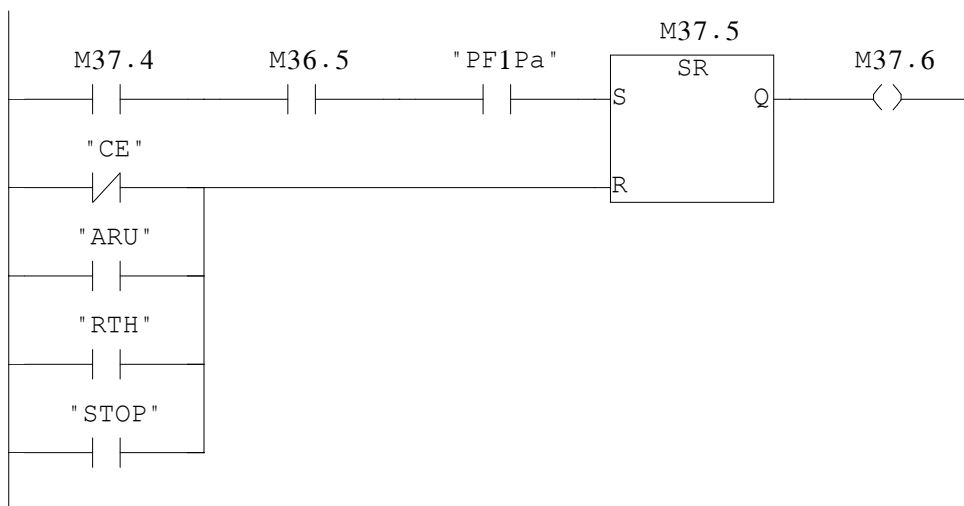
Réseau : 7

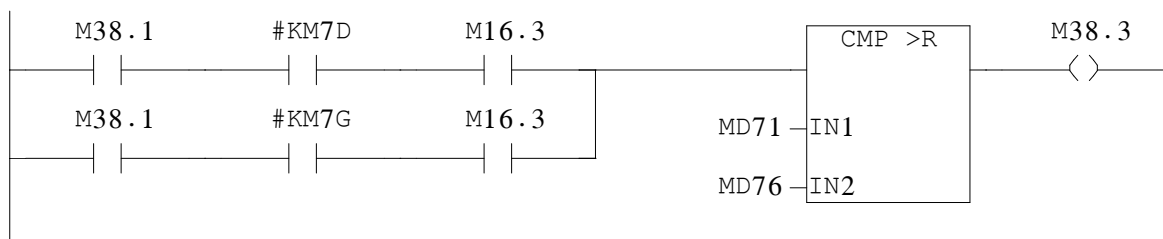
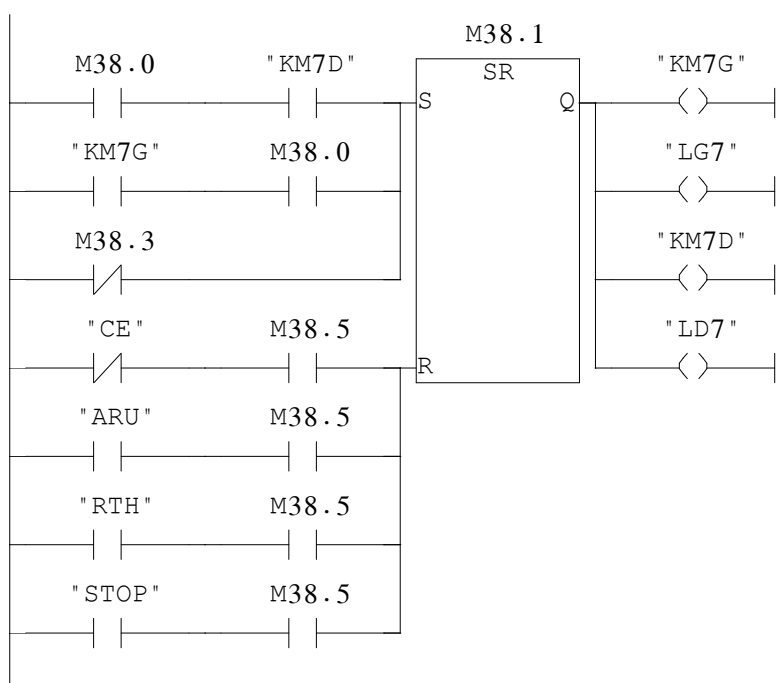
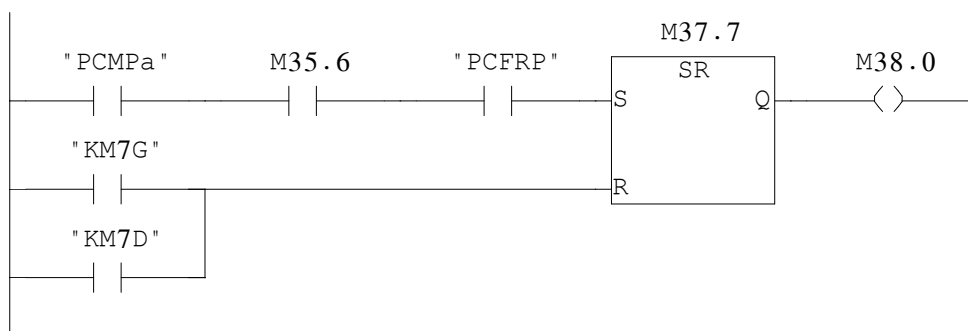


Réseau : 8 ETAPE 146

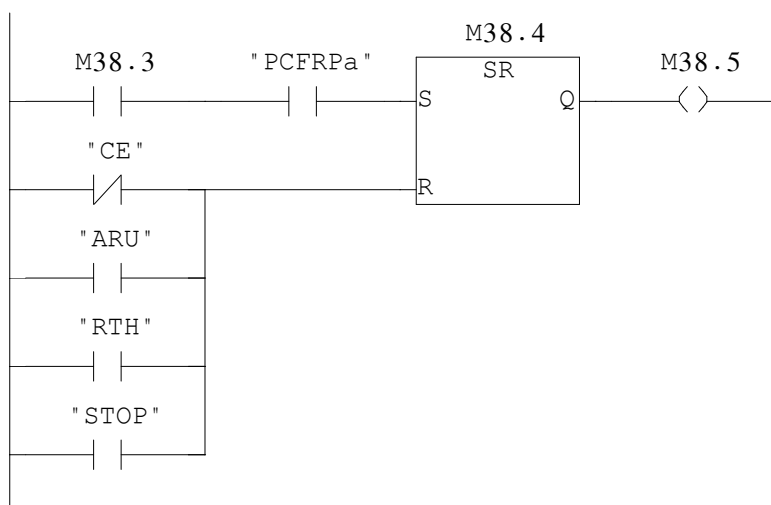


Réseau : 9 ETAPE 147

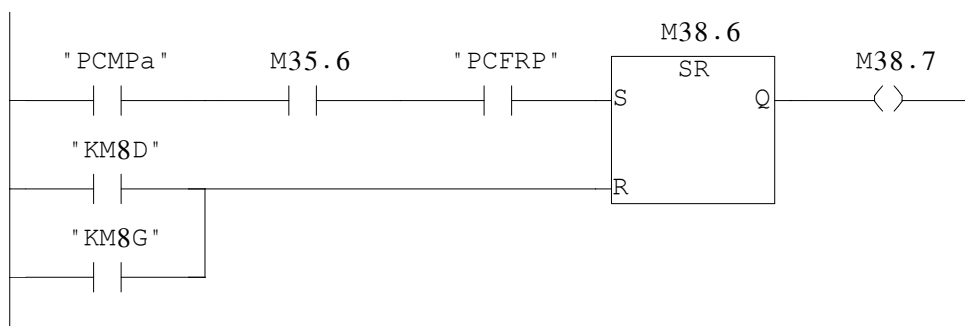




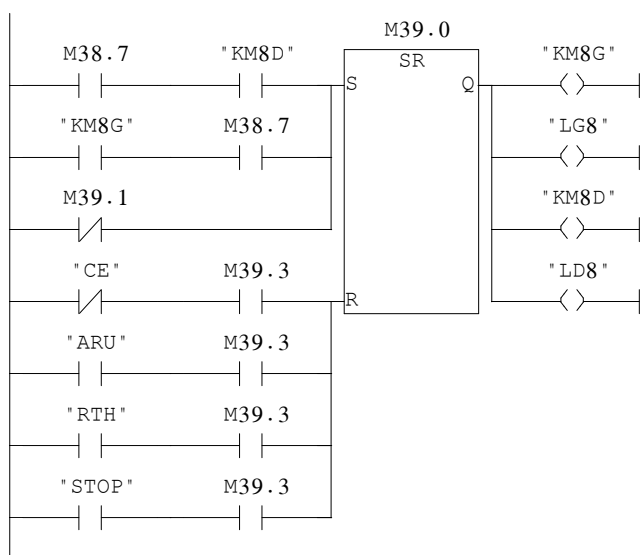
Réseau : 13 ETAPE 150



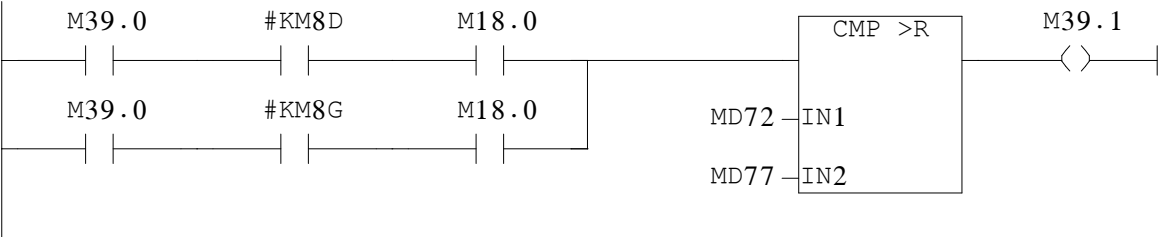
Réseau : 14 ETAPE 151



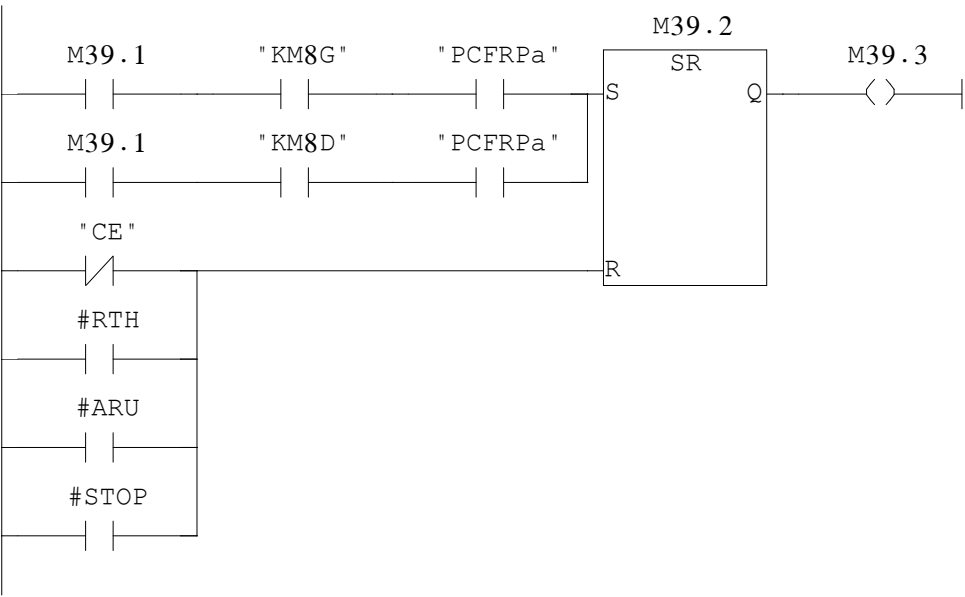
Réseau : 15 ETAPE 152



Réseau : 16



Réseau : 17 ETAPE 153



FC12 - <offline>

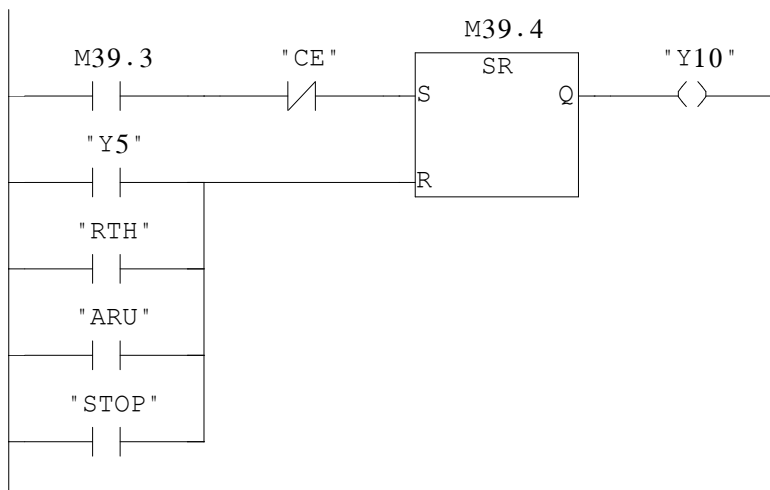
"FIN D'USINAGE"

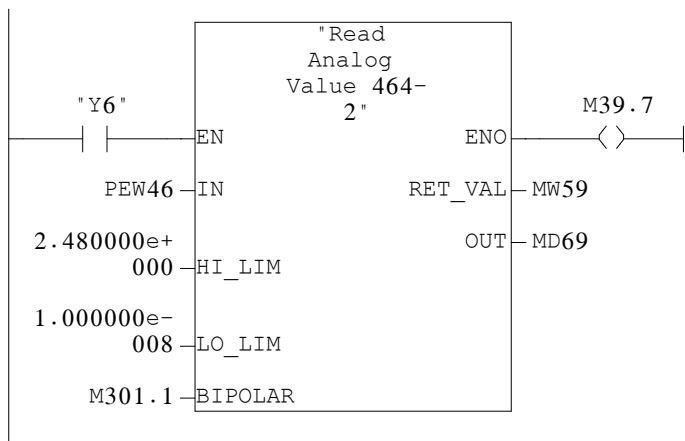
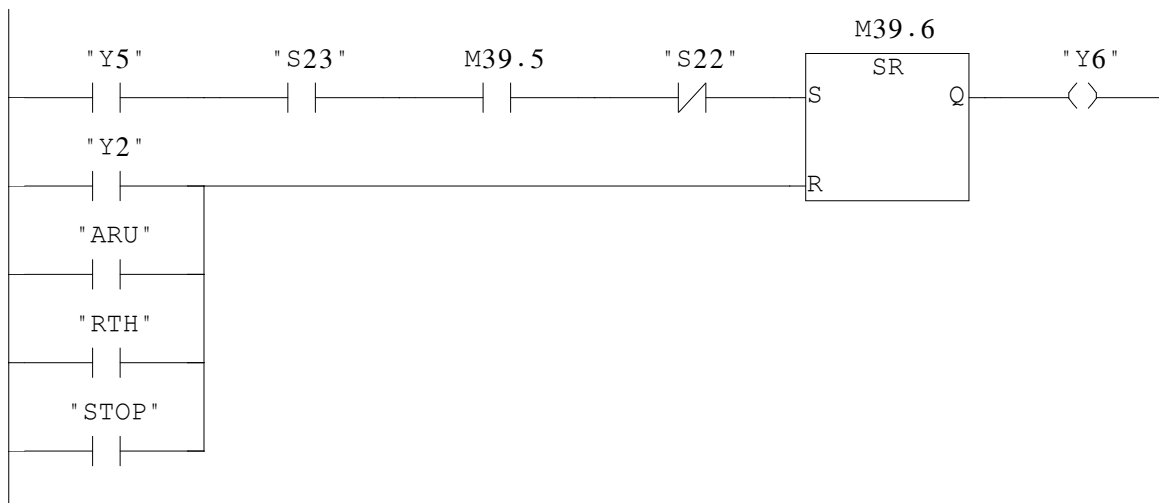
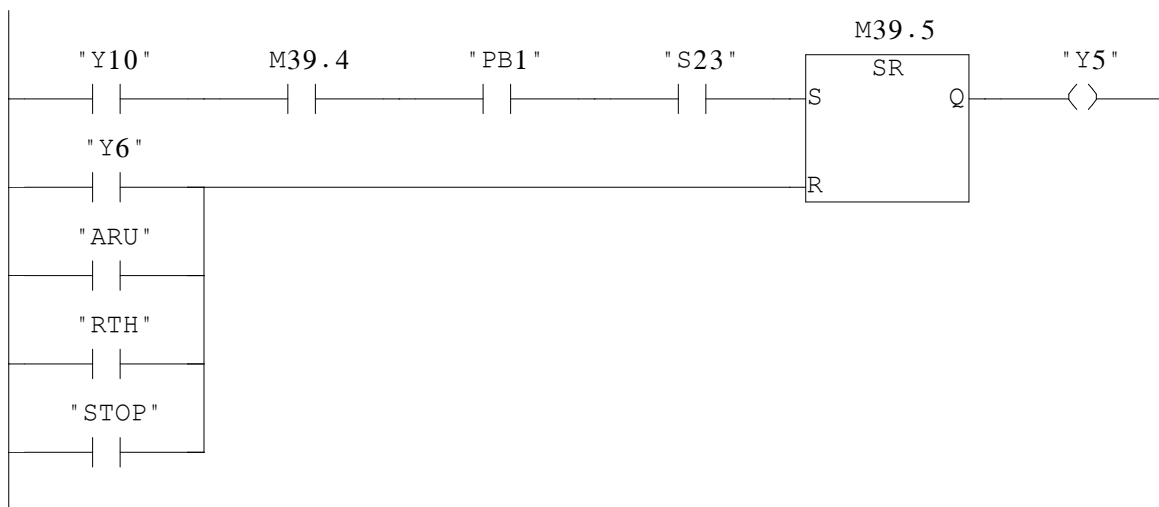
Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 01/10/2009 06:06:45
Interface : 30/09/2009 15:53:23
Longueur (bloc/code /données locales) : 00370 00238 00010

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
CE	Bool	0.0	
PB1	Bool	0.1	
S22	Bool	0.2	
S23	Bool	0.3	
ARU	Bool	0.4	
RTH	Bool	0.5	
STOP	Bool	0.6	
OUT		0.0	
Y10	Bool	2.0	
Y5	Bool	2.1	
Y6	Bool	2.2	
Y2	Bool	2.3	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

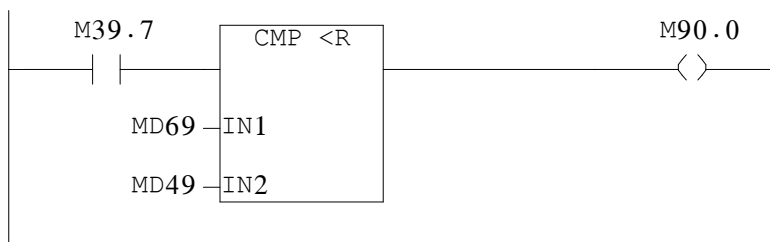
Bloc : FC12 fin d'usinage

Réseau : 1 ETAPE 154

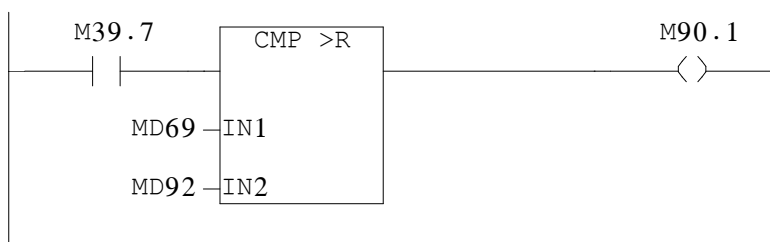




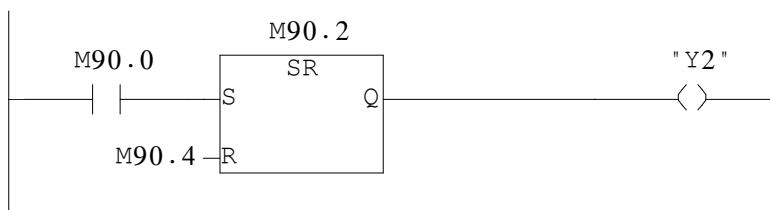
Réseau : 5



Réseau : 6



Réseau : 7 ETAPE 157



Réseau : 8 ETAPE 158

