

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE M'SILA
FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME
D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE ELECTROTECHNIQUE

OPTION: ELECTROMECHANIQUE

THEME

AUTOMATISATION D'UNE PETITE UNITE DE PRODUCTION
PAR LA RESOLUTION GRAFCET
« GRAPHE DE COMMANDE. ETAPE - TRANSITION »

Présenté par :

ATALLAOUI NOUREDDINE.
FRAHTIA RACHID.

Proposé et dirigé par :

Mr. ABDOU ABDEALHAK.

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2007/2008

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A ma chère mère, pour ses sacrifices depuis qu'elle mis au monde,

A mon père, qui m'a toujours soutenu et aidé à affronter les difficultés,

A mon chère frère et mes sœurs, à toute ma famille

A tous mes amis

Atallahoui Noureddine

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A mes chers parents

Mon frère et mes sœurs

Ainsi qu'à toute la grande famille.

Rachid Frahtia

من لا يشكر الناس لا يشكر الله

Remerciements

Cette dernière période fut enrichissante et pleines d'activité grâce au bon " Dieu " tout puissant, qui nous a donné volonté, patience et santé. Nous avons eu la chance d'évoluer parmi des personnes qui nous ont toujours assuré de leur soutien, nous tenons à remercier très sincèrement :

La première personne est notre promoteur et dirigeant de ce mémoire, Mr. Abdelhak ABDOU, pour nous avoir offert l'opportunité d'effectuer ce travail. Nous avons beaucoup profité de l'extrême rigueur scientifique de M^r. ABDOU, de son sérieux et son esprit physique qui nous a permis de s'investir sereinement et efficacement dans ce travail.

Nous tenons également à adresser nos remerciements aux membres qui nous honorés en acceptant de participer au jury.

Nous sommes aussi redevables à tout les enseignants et personnel administratif du département d'électrotechnique de l'université de Batna, qui ont instauré un environnement d'entraide et de soutien tant au plan scientifique qu'au plan humain.

Nous tenons à remercier chaleureusement monsieur le directeur du département de l'électrotechnique M^r. Bachir BENJAÏMA et tous les enseignants du département, particulièrement messieurs : Salim CHECKROUN, Saïd BARKATI, Yahia LAAMARI, Mohamed BEDBOUDI, Djalal Eddine Khodja, Abdelmadjid CHOUCOU, Abdelhalim KESSAL, Fethi CHOUAF et Salah BELKHIRI.

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude envers tout le personnel de l'USINE PLATRIERE TAOUAB.

Nous ne pouvons terminer ces remerciements sans mentionner, tous nos amis de la promotion d'ingénieur 2007/2008 option électrotechnique et électromécanique.

N. ATALLAOUI & R. FRAHTIA

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

Introduction generale	1
-----------------------------	---

CHAPITRE I : SYSTEME AUTOMATISE

ET AUTOMATE PROGRAMMABLE

Introduction.....	2
I-1 Notion de système automatisé	2
I-1-1 Point de vue historique	2
I-1-2 Point de vue technique.....	2
I-1-3 Point de vue économique et social	2
I-2-Automatisation	3
I-2-1 Objectifs de l'automatisation	3
I-2-2 Conduite et surveillance d'un système automatisé	3
I-2-3 Structure d'un système automatisé	4
I-2-3-1 Partie Opérative.....	4
I-2-3-2 Partie Commande.....	4
I-3 Système automatisé de production	5
I-3-1 Objectifs de l'automatisation des productions.....	7
I-3-2 Acquisition des données	7
I-4 Technologies des automatismes	7
I-5 Dialogue homme –machine.....	9
I-6 protection du système	9
I-7 Champ d'application de l'automatisme	9
I-8 Les automates programmables industriels	10
I-8-1 Historique	10
I-8-2 Définition	11
I-8 -3 Les Objectifs.....	11
I-8-4 Fonctionnement d'un automate programmable	11
I-8-5 Domaines d'emploi des automates	11
I-8-6 Architecture de l'API	12
I-8-6 -1 Structure générale d'un automate programmable.....	12
I-8-6 -2 L'unité centrale.....	13
I-8-6-2-1 Architecteur de l'unité centrale (UC).....	13
I-8-6-2-2 Processeur	13
I-8-6-3 Module d'alimentation	14
I-8-6-4 Modules d'entrées/sorties (E/S).....	14
I-8-7 Langages de la programmation	15
I-8-7-1 Programmation à l'aide du GRAFCET (SFC: Sequential Function Chart)	16
I-8-7-2 Langage à contacts (LD : Ladder Diagram)	16

I-8-7-3 Langage Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram)	17
I-8-7-4 Langage ST	17
I-8-7-5 Le langage IL	18
I-8 L'environnement de l'API.....	18
Conclusion	19

CHAPITRE II : DIAGRAMME FONCTIONNEL : GRAFCET

Introduction.....	20
II-1 Historique.....	20
II-2 Domaine d'application du GRAFCET	20
II-3 Définition du GRAFCET	21
II-4 Éléments de base.....	22
II-4-1 Etape.....	22
II-4-2 Action associée à une étape.....	23
II-4-3 Transition.....	23
II-4-4 Réceptivité associée à la transition	23
II-4-5 Liaisons orientées	25
II-5 Structure de base	25
II-5-1 Séquence unique	25
II-5-2 Séquence simultanée : parallélisme structural	25
II-5-3 Sélection de séquence	26
II-5-3-1 Séquences exclusives	26
II-5-4 Saut d'étape.....	27
II-5-5 Reprise de séquence	27
II-5-6 Réutilisation d'une même séquence	28
II-6 Classification des actions	28
II-6-1 Action continue.....	28
II-6-2 Action retardée.....	28
II-6-3 Action limitée dans le temps.....	28
II-6-4 Action conditionnelle.....	29
II-6-5 Action impulsionnelle.....	29
II-6-6 Action mémorisée	29
II-7 Règles d'évolutions	30
II-7-1 Règle N°1 : initialisation	30
II-7-2 Règle N2:franchissement d'une transition.....	30
II-7-3 Règle N 3: évolution des étapes actives.....	30
II-7-4 Règle N°4: Evolutions simultanées	31
II-7-5 Règle N°5: Activations et désactivations simultanées d'une même étape	31
II-8 Les Macro étapes	31
II -8-1 Définition Les Macro étapes.....	32
II -9 GRAFCET hiérarchisés	32
II -9-1 Définitions	32

II -9-2 Fonctionnement	33
II-10 Séquenceur	35
Conclusion	35

CHAPITERE III : CAHIER DES CHARGES

Introduction.....	36
III-1 Définition d'un cahier de charge fonctionnel	36
III-1-1 La présentation générale du problème	36
III-1-2 L'expression fonctionnelle du besoin	36
III-1-3 Un cadre de réponses.....	36
III-2 Présentation d'une plâtrière taouab « USINE AVT ».....	36
III-2 -1 Désignation du bien-fonds	36
III-2-2 Nature juridique et fondement de la propriété.....	37
III-2-3 Description et composantes du bien fonds	37
III-2-3-1- Bâtiments	37
III-2-3-2 Eau et aménagements.....	37
III-3 Le produit obtenir	38
III-4 inventaire physique des équipements et machines « usine AVT »	38
III-5 Descriptif du fonctionnement.....	38
III-5-1 répartition des taches	38
III-5-2 Descriptif de la structure de commande.....	38
III-5-3 Descriptif de l'écran de visualisation et de son utilisation	40
III-5-4 Comportement général en cas d'anomalie	42
III-5-5 Arrêt pour anomalie à travers l'alarme du disjoncteur.....	42
III-5-6 Arrêt pour anomalie à travers l'alarme du contacteur.....	42
III-5-7 Arrêt pour anomalie à travers une alarme externe.....	43
III-5-8 Interruption ou arrêt pour anomalie du brûleur 10.1.....	43
III-5-9 Couper ou mettre au repos l'installation en cas de coupure de courant	44
III-6 Consignes de sécurité et instruction de maintenance	45
III-6-1 Consignes de sécurité.....	45
III-6-2 Utilisation des installations électriques et de l'outillage.....	46
III-6-3 Maintenance et contrôle des installations électriques et de l'outillage	46
Conclusion	48

CHAPITERE IV: SOLUTIONS PROPOSEES

Introduction.....	49
IV-1- Présentation de l'automate.....	49
IV-1.1 Choix d'automate	49
IV-1-2 Automate S7- 400	49
IV-1-3 Architecture de l'automate S7-400.....	50
IV-1-3-1 Rail profile.....	50

IV-1-3-2 Alimentations (PS).....	50
IV-1-3-3 Unité centrale (CPU)	51
IV-1-3-4 Module de signaux (SM)	51
IV-1-3-5 Modules de fonction (FM).....	51
IV-1-3-6 Modules de communication (CP)	52
IV-1-3-7 Carte couplage (IM)	52
IV-2 Représentation de logiciel step7	52
IV-2-1 Les langages de programmation nécessaire	52
IV-3 Présentation de console de programmation.....	54
IV-4 Matériel utilisé.....	55
IV-5- Les étapes de programmation.....	55
IV-5-1 Configuration du matériel.....	55
IV-5-2 Mnémoniques	56
IV-5-2-1 Utilisation de mnémoniques globales.....	56
IV-5-2-2 Utilisation de mnémoniques locales :	57
IV-5-3 Adressage absolu et adressage symbolique.....	57
IV-5-3-1 Adresse absolue.....	57
IV-5-3-2 Adressage symbolique	57
IV-6 Programmation	57
IV-6 -1 Bloc d'organisation (OB).....	57
IV-6 -2 La fonction (FC).....	58
IV-7 Solutions GRAFCET	58
IV-7-1 Hiérarchie des GRAFCET	58
IV-7-2 GRAFCET de sécurité.....	58
IV-7-3 GRAFCET de coordination des tâches.....	59
IV-7-4 GRAFCET de Conduite et Initialisation	60
IV-7-5 GRAFCET de Production Normale (GPN).....	61
IV-7-5-1 Tâche de préconcassage	61
IV-7-5-2 Tâche de distribution avant traitement thermique	62
IV-7-5-3 Tâche de traitement thermique	63
IV-7-5-4 Tâche de broyage	64
IV-7-5-5 Tâche de dépoussiérage.....	65
IV-7-5-5 Tâche d'ensachage	66
IV-8 Conversion écriture Grafcet en langage LD	67
IV-8-1 Programme de Grafcet de sécurité.....	67
IV-8-2 Programme de Grafcet de conduite et initialisation.....	67
IV-8-3 Programme de Grafcet de coordination de tache préconcassage.....	68
IV-8-4 Programme de Tache préconcassage	69
Conclusion :	80

CONCLUSION GENERALE

Conclusion generale.....	81
--------------------------	----

TABLE DES FIGURES

CHAPITRE I : SYSTEME AUTOMATISE ET AUTOMATE PROGRAMMABLE

Figure I.1	Structure d'un système automatisé.....	5
Figure I.2	Système automatisé de production.....	6
Tableau (I.1)	Comparaison entre la solution câblée et la solution programmée.....	8
Figure.I.3	Armoire de commande à logique Câblée.....	9
Figure.I.4	Armoire de commande à logique programmable "SIEMEN".....	9
Figure.I.5	Champ d'application de l'automatisme.....	10
Figure I.6	Structure générale d'un automate programmable.....	12
Figure I.7	Structure générale l'unité centrale d'un API.....	13
Figure I.8	Partie opérative et partie commande.....	15
Figure.I.9	Exemple Programme SFC avec divergence et convergence doubles.....	16
Figure.I.10	Exemple Programme LD avec de liaison multiple à droite.....	16
Figure.I.11	Exemple Programme FBD avec de saut et d'étiquette.....	17
Figure.I.12	Exemple Programme ST.....	17
Figure.I.13	Exemple Programme IL.....	18
Figure.I.14	L'environnement de l'API.....	18

CHAPITRE II : DIAGRAMME FONCTIONNEL : GRAFCET

Figure.II.1	Structure système de commande.....	21
Figure.II.2	structure générale d'un GRAFCET.....	22
Figure .II.3	Une Etape.....	22
Figure .II.4	Une Etape Initiale.....	23
Figure .I.5	Une Action.....	23
Figure II.6	Une Transitions.....	23
Figure.II.7	Réceptivité sous forme de proposition logique.....	24
Figure.II.8	Réceptivité sous forme d'activation.....	24
Figure.II. 9	Réceptivité sous forme d'un ET logique.....	24
Figure.II.11	Liaison Orientée.....	25
Figure.II. 12	Séquence unique.....	25
Figure.II.14	Transition en ET convergent.....	26
Figure.II.13	Transition en ET divergent.....	26
Figure.II .15	Transition en OU divergent.....	26
Figure.II .16	Transition en OU convergent.....	26
Figure II .17	Une Séquences exclusives.....	26
Figure.II.18	Saut d'étape.....	27
Figure II .19	Reprise de séquence.....	27
Figure.II. 20	Réutilisation d'une même séquence.....	28
Figure.II.21	Action continue (non mémorisée).....	28
Figure.II.22	Action retardée.....	28

Figure. II.23	Action retardée dans le temps.....	29
Figure.II.24	Action conditionnelle.....	29
Figure.II.25	Action impulsionnelle.....	29
Figure. II.26	Action mémorisée.....	29
Figure .II.27	initialisation d'une étape.....	30
Figure.II.28	Transition non validée.....	30
Figure.II.29	Transition validée.....	31
Figure II.30	Transition non simultanément franchissable.....	31
Figure.II.31	Macro étapes.....	32
Figure II.32	Structure GRAFCET hiérarchisés.....	33
A	- GRAFCET de sécurité (GS).....	33
B	- GRAFCET de conduite (GC).....	34
C	- GRAFCET de production normale (GPN).....	34
D	- GRAFCET DE REMISE EN ETAT INITIAL : GREI.....	34
Figure II.33	GRAFCET HIERACHISES.....	34

CHAPITERE III : CAHIER DES CHARGES

Figure.III.1	Schéma synoptique de l'installation affiché sur l'écran.....	39
---------------------	--	----

CHAPITERE IV : SOLUTIONS PROPOSEES

Figure.IV.1	Automate S7-400.....	50
Figure.IV.2	Architecture de l'automate S7-400.....	50
Figure.IV.3	Présentation de la CPU S7- 400.....	51
Figure.IV.4	Programmation avec langage CONT.....	53
Figure.IV.5	Programmation avec langage LIST.....	53
Figure.IV.6	Programmation avec langage LOG.....	53
Figure.IV.7	Programmation avec langage SFC.....	54
Figure.IV.8	Console de programmation.....	54
Figure.IV.9	Représentation du matériel choisi.....	55
Figure.IV.10	Configuration du matériel.....	56
Figure.IV.11	La hiérarchie des GRAFCET.....	58
Figure.IV.12	GRAFCET de sécurité.....	58
Figure.IV.13	GRAFCET de coordination de tache.....	59
Figure.IV.14	GRAFCET de Conduite et Initialisation.....	60
Figure.IV.15	GRAFCET de la tâche de préconcassage.....	61
Figure.IV.16	GRAFCET de la tâche de remplissage du silo.....	62
Figure.IV.17	GRAFCET de la tâche de traitement thermique.....	63
Figure.IV.18	GRAFCET de la tâche broyage.....	64
Figure.IV.19	GRAFCET de dépoussiérage.....	65
Figure.IV.20	GRAFCET d'ensachage.....	66

Introduction générale

Depuis des temps immémoriaux, l'homme a cherché à réduire ses efforts lors de ses activités de production mais aussi à améliorer et produire en grande quantité. L'automatisation des systèmes de productions est une des principales techniques qui permet de concrétiser ses objectifs.

La réalisation et l'exploitation des automatismes industriels font appel à divers outils, matériels et logiciels, qui doivent être convenablement choisis et utilisés, en vue de remplir certaines fonctions.

Lors de la conception des équipements d'automatismes, plusieurs familles technologiques (relais électriques, séquenceurs pneumatiques, automates programmables industriels, micro et mini-ordinateurs industriels ...etc) peuvent être envisagées et un choix sera fait au moment de la construction du système.

Le développement de ces outils matériels destinés à la réalisation de la partie commande des systèmes automatisés offre des commodités d'emploi et des performances toujours croissantes. L'un de ces outils matériels les plus répandu est l'automate programmable. Ce dernier est un système de commande en pleine évolution.

Les automates programmables, à l'origine réservés à des applications exigeant des volumes de traitement importants, sont maintenant opérationnels pour les automatismes plus petits.

Les objectifs fixés à travers ce travail est de faire, une recherche bibliographique sur les systèmes automatisés, avoir un aperçu global sur le diagramme fonctionnel "GRAFCET", utilisé pour la résolution des systèmes automatisés industriels. Ensuite, à partir d'un cahier des charges d'une entreprise de fabrication du plâtre, proposer des solutions GRAFCET pour les différentes tâches du cycle de production. Et fin, faire une approche de programmation d'automate pour une l'une des tâche toute en faisant intervenir les consignes.

Nôtre mémoire comporte quatre chapitres dont nous présentons brièvement les lignes principales ci-après :

- Un premier chapitre, dont le but est de rappeler brièvement les notions de générales des systèmes automatisé. Nous évoquerons ensuite, les automates programmables avec un aperçu sur leurs architectures principe de fonctionnement et langages de programmations.*
- Le deuxième chapitre sera consacré aux notions de bases du GRAFCET, avec différentes structures et règles et d'évolutions et on terminera par le GRAFCET hiérarchisés*
- Au troisième chapitre, nous donnerons une description globale de l'unité de production du plâtre de TOUAB à travers son cahier des charges avec les consignes de sécurité et de fonctionnement.*
- Quant au quatrième chapitre, il sera consacré aux solutions GRAFCET proposées des différentes tâches du cycle de production ainsi qu'une programmation de la tâche de péconcassage.*

Nous terminerons par une conclusion générale qui englobera l'ensemble des travaux effectués, les problèmes rencontrés et enfin les perspectives envisagées pour la continuité de ce travail.

Introduction

Dans un monde industriel en pleine évolution où la compétitivité est l'objectif essentiel, l'automatisation est nécessaire.

L'automatisation des équipements de production peut améliorer les coûts, la qualité et même la disponibilité des produits et surtout après avoir bénéficié du progrès de la micro-électronique et la micro-informatique.

Cependant cette automatisation doit être maîtrisée par connaissances des notions de bases des systèmes automatisés d'une part, et par le savoir faire des technologies câblés et programmés.

Nous évoquerons dans ce chapitre, en premier lieu des notions générales sur les systèmes automatisés, les systèmes de production et leurs technologies et le champ d'application des systèmes automatisés.

Puis nous passerons à la description détaillée de l'architecture des automates programmables industriels (API); domaines d'applications des API et les différents langages de programmation.

Nous terminerons par une analyse comparative des techniques câblées et programmées utilisées en automatisation des systèmes de production, [7].

I-1 Notion de système automatisé

I-1-1 Point de vue historique

L'évolution des systèmes automatisés s'est faite en trois temps avec deux grandes ruptures. Chaque temps correspond à un type d'époque et à un type de logique de pensée. Ainsi on passe d'une vision imitative (Imitations des vivants au travers d'automates) à une vision mécaniste dans les années 50 (Opérationnalisation des machines, la machine remplace l'homme dans les tâches difficiles et répétitives, Ford) pour terminer vers une vision actuelle systémique (c'est l'ère de l'intelligence artificielle naît de la cybernétique de Wiener, la machine réfléchi, analyse et s'adapte, la spécialisation à fait place à la polyvalence et à la capacité d'adaptation), [1].

I-1-2 Point de vue technique

La fonction globale d'un système automatisé est une modification sur l'environnement pour laquelle de l'énergie est mobilisée. Sa finalité est d'apporter une valeur ajoutée à la matière d'œuvre (énergie, information, matière) qui est mise en jeu.

Les applications sont vastes : industrielles, environnement, domotique (système de régulation et de sécurité), gestion à distance ... [1].

I-1-3 Point de vue économique et social

Les systèmes automatisés ont un impact économique très important dans le monde industriel (gain de temps du à la robotisation, meilleure productivité, rendement optimisé...), mais aussi ils amènent des incidences sociales fortes autant, pour le travailleur (évolution des métiers, responsabilité accentuée,

sécurité renforcée, imagination accrue, adaptabilité par la polyvalence), que pour le citoyen (amélioration des tâches ménagères, communication variées, commande à distance...), [1].

I-2-Automatisation

L'automatisation de la production consiste à transférer tout ou partie des tâches de coordination, auparavant exécutées par des opérateurs humains, dans un ensemble d'objets techniques appelé partie commande.

La Partie Commande mémorise le savoir faire des opérateurs pour obtenir la suite des actions à effectuer sur les matières d'œuvre, afin d'élaborer la valeur ajoutée.

Elle exploite un ensemble d'informations prélevées sur la Partie Opérative pour élaborer la Succession des ordres nécessaires pour obtenir les actions souhaitées, [4].

I-2-1 Objectifs de l'automatisation

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectifs par :

- Accroître la productivité du système c'est-à-dire augmenter la quantité de produits élaborés pendant une durée donnée. Cet accroissement de productivité exprime un gain de valeur ajoutée sous forme :

- . D'une meilleure rentabilité.
- . D'une meilleure compétitivité.

- améliorer la flexibilité de production.

- améliorer la qualité du produit grâce à une meilleure répétitivité de la valeur ajoutée

- s'adapter à des contextes particuliers :

- . Adaptation à des environnements hostiles pour l'homme (milieu salin, spatial, nucléaire...),
- . Adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallélisées...),

- augmenter la sécurité, etc...

D'autres objectifs, à caractères sociaux, financiers... peuvent s'ajouter à ceux-ci, [4].

I-2-2 Conduite et surveillance d'un système automatisé

Il s'avère très difficile en pratique d'intégrer dans une Partie Commande la totalité des savoir-faire humains de sorte que l'automatisation reste souvent partielle : certaines tâches restent confiées à des intervenants humains.

A ces causes techniques viennent s'ajouter des considérations économiques de compétitivité, des considérations financières imposant un fractionnement des investissements, des considérations sociales d'automatisation douce.

Certaines tâches restent donc manuelles et l'automatisation devra donc prendre en compte la spécificité du travail humain, c'est-à-dire en particulier :

- assurer le dialogue entre les intervenants et le système automatisé,
- assurer la sécurité de ces intervenants dans l'exécution de leurs tâches manuelles.

En outre le modèle de fonctionnement de la Partie Commande, choisi par le concepteur du système, ne correspond qu'à un ensemble de situations prévues, c'est-à-dire retenues par le concepteur parmi un ensemble de situations possibles.

Or il est impératif de pouvoir faire face à des situations non prévues (donc non retenues en général pour des raisons économiques compte tenu de leur faible probabilité), voire imprévisibles. Seul un opérateur peut alors intervenir et prendre les décisions requises par cette situation :

Il assure une fonction de conduite et de surveillance du système automatisé. Cette fonction peut être plus ou moins assistée par un ensemble de moyens (pupitres, informatique...).

Le concepteur devra alors :

- fournir à l'intervenant (ou lui permettre de prélever) toutes les informations significatives (ou indices) nécessaires à l'analyse de la situation,
- lui permettre d'agir sur le système, soit directement (dépannage..), soit indirectement (consignes de sécurité, de marches et d'arrêts...), [2].

I-2-3 Structure d'un système automatisé

Chaque système automatisé comporte deux parties (Fig.I.1): [5].

- une Partie Opérative (PO) dont les actionneurs agissent sur le processus automatisé ;
- une Partie Commande (PC) qui coordonne les actions de la Partie Opérative :

I-2-3-1 Partie Opérative

C'est elle qui opère sur la matière l'œuvre et le produit. Elle comporte en général, [5]:

- ❖ des outillages et moyens divers mettant en œuvre le processus d'élaboration, par exemple, moules, poinçons, outils de coupe, pompes, têtes de soudure, de marquage,... ;
- ❖ des actionneurs destinés à mouvoir ou mettre en œuvre ces moyens, par exemple :
 - moteur électrique pour actionner une pompe,
 - vérin hydraulique pour fermer un moule,
 - vérin pneumatique pour mouvoir une tête de marquage.....

I-2-3-2 Partie Commande

C'est elle qui émet des ordres vers la Partie Opérative et en reçoit les signaux en retour, afin de coordonner ses actions. De plus en plus réalisée avec des technologies de traitement programmables, la Partie Commande est plus particulièrement l'objet du présent ouvrage.

Au centre de la partie commande, le « traitement » est la convergence de 3 dialogues qu'il coordonne, [5]:

1) Le dialogue avec la machine

Commande des actionneurs (moteurs, vérins) via les prés actionneurs (contacteurs, distributeurs, variateur...); acquisition des signaux en retour par les capteurs qui rendent compte de l'évolution de la machine), [5].

2) Le dialogue homme-machine

Pour exploiter, régler, dépanner la machine, le personnel émet des consignes et reçoit des informations en retour, [5].

3) Le dialogue avec d'autres machines

Plusieurs machines peuvent coopérer dans une même production. Leur coordination est assurée par le dialogue entre leurs Parties Commandes. L'illustration ci-dessous, schématise l'organisation de la Partie Commande, par rapport à la Partie Opérative), [5].

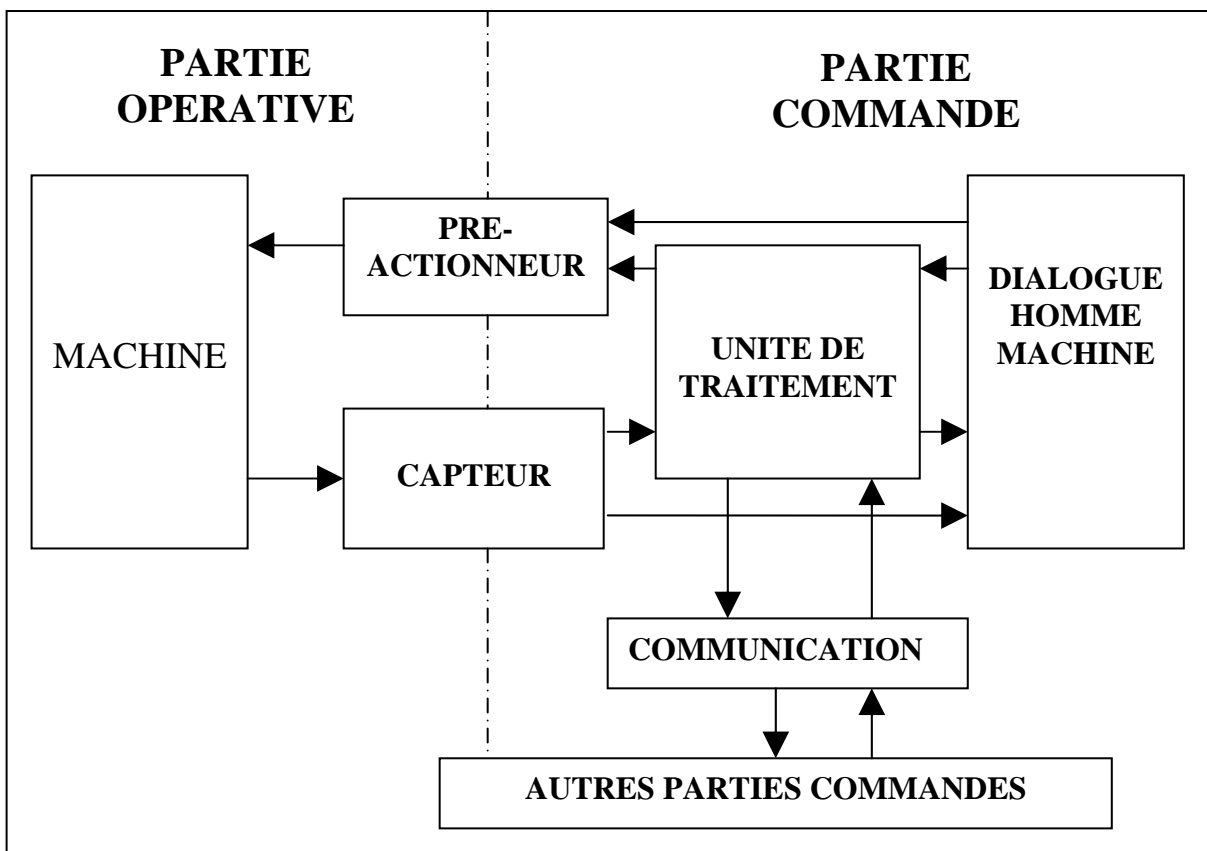


Figure I.1 Structure d'un système automatisé.

I-3 Système automatisé de production

Un système automatisé de production SAP (notion assez large qui inclut des systèmes de contrôle, de conditionnement, d'analyse....) reçoit un flux de matière ou de produits génère un flux de produits plus élaborés (moulés, usinés, assemblés, testés, ..etc.).Il doit aussi gérer l'alimentation en énergie ainsi que des flux auxiliaires tels les consommables. Les déchets, tout en minimisant les stocks initiaux, finaux et intermédiaires. Tout cela, ajouté à des exigences sans cesse accrues de qualité, sécurité, flexibilité

entraîne un accroissement des besoins, en particulier la manipulation d'un grand nombre de variables et la gestion de véritables flux de communication.

Cela explique que les systèmes câbles deviennent trop volumineux et trop rigides pour de telles applications, et que l'on se tourne donc vers des solutions utilisant les techniques de traitement de l'information par processeurs programmables. La solution reposant sur un processeur central unique s'étant vite révélée peu économique du point de vue câbles, complexe et interconnectés s'est aujourd'hui largement imposée.

L'architecture décentralisée qui en résulte facilite la conception et l'installation en permettant de fractionner les études, la mise en place, les tests; elle améliore aussi la maintenance (modification aisée des programmes, de parties du système automatisé) et se traduit par plus de flexibilité et de disponibilité. Elle entraîne toutefois, du fait des multiples sous – ensembles fonctionnels, un fort accroissement des besoins de communication et de gestion.

La figure I.2 : Illustre le fonctionnement d'un SAP, tel que l'on en rencontre notamment, mais pas exclusivement, dans l'industrie manufacturière (chaînes d'usinage, de montage, de conditionnement), [6].

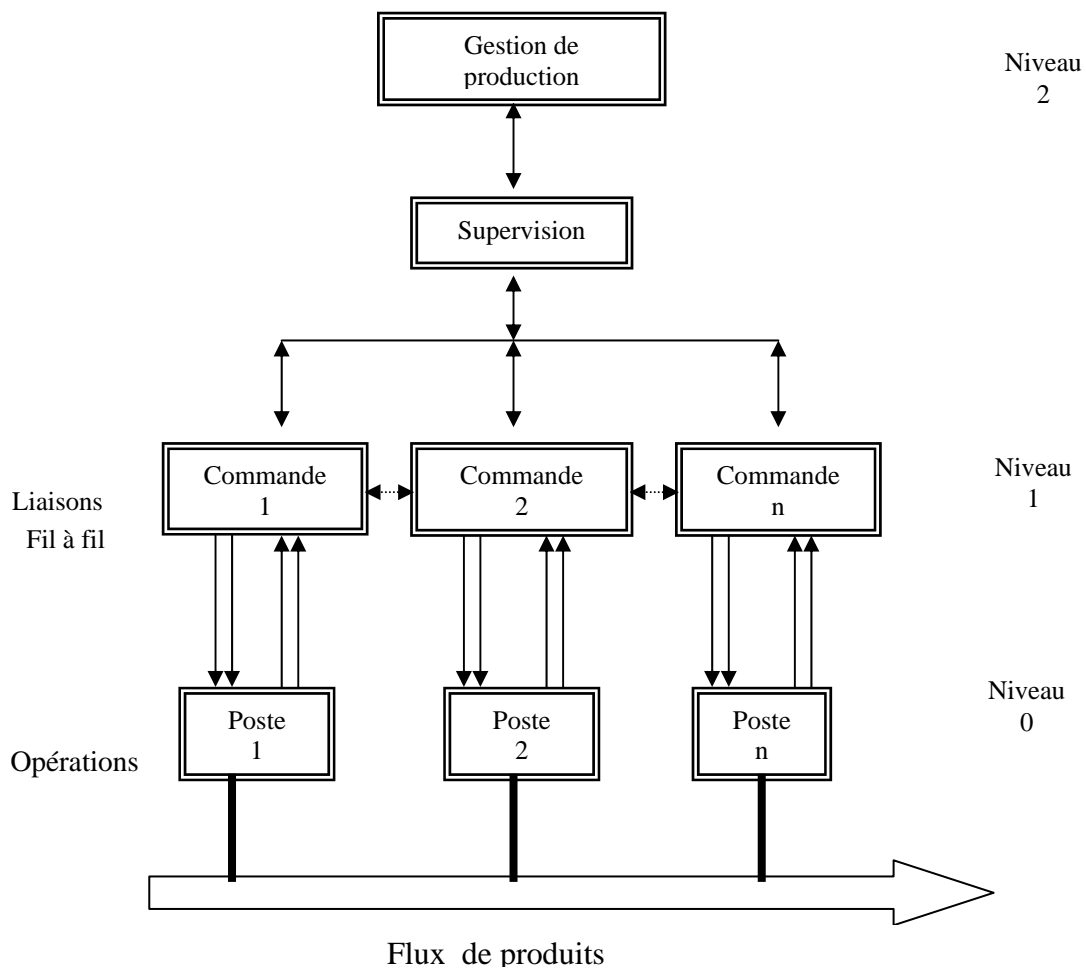


Figure I.2 Système automatisé de production.

I-3-1 Objectifs de l'automatisation des productions

Les productions industrielles sont de plus en plus automatisées. Ces progrès concernent

- l'automatisation d'opérations autrefois entièrement manuelles, par exemple, les assemblages, les contrôles,.... ;
- l'automatisation plus poussée d'opérations déjà partiellement automatisées, par exemple :
 - le passage en automatique de machines semi-automatiques,
 - le remplacement de machines rigides (ne fabriquant qu'un seul type de produit) par des machines flexibles susceptibles d'opérer sur plusieurs variantes de produits.

Les objectifs poursuivis par une automatisation peuvent être assez variés. Que cette liste soit limitative :

- la recherche de coûts plus bas pour le produit, par réduction des frais de main-d'œuvre, d'économie de matière, d'économie d'énergie,.... ;
- la suppression des travaux dangereux ou pénibles, et l'amélioration des conditions de travail par l'ennoblissement des tâches,..... ;
- la recherche d'une meilleure qualité du produit, en limitant le facteur humain, et en multipliant les contrôles automatisés,..... ;
- la réalisation d'opérations impossibles à contrôler manuellement ou intellectuellement, par exemple des assemblages miniatures, des opérations très rapides, des coordinations complexes, [4].

I-3-2 Acquisition des données

L'automatisation d'une machine ou d'une installation nécessite la prise en compte permanente des informations de commande, de position, de température, et de vitesse.

Ces informations sont transmises à la partie commande de la machine sous forme de messages codés peuvent être de nature:

* Binaire: L'information est transmise en tout ou – rien (TOR), il est utilisé dans les automatisations simples.

* Numérique: L'information est transmise sous la forme d'un code binaire par un mot de plusieurs bits.

* Analogique: L'information est transmise sous forme de tension ou courant proportionnelle à la grandeur mesurée et évolue entre deux valeurs limites, [5].

I-4 Technologies des automatismes

Nous disposons de nombreux outils technologiques pour réaliser l'organe de commande de notre système que l'on regroupe habituellement en deux catégories fondamentales :

Les solutions câblées (fig.I.3) et les solutions programmées (fig.I.4). Le tableau (I.1) illustre une comparaison entre ces deux solutions, [11]:

Logique Câblée	Logique Programmable
Toutes les fonctions technologiques (électromagnétiques, électroniques, pneumatiques....), sont câblées entre elles à partir d'un diagramme à caractère booléen.	Le programme est établi à partir d'un langage compris puis rangé suivant un ordre dans les mémoires. Ce programme est divisé en une succession d'ordre. Les fonctions logiques ne sont pas dépendantes du câblage mais sont reliée entre elles par un câblage binaire.
Faible capacité	Grâce à l'API, l'adaptation à une nouvelle fabrication est rapide.
Gros frais de reconversion des installations.	Moins coûteuse.
Un automatisme à base d'une logique câblée est prévu pour des productions industrielles de mode répétitif.	L'automate étant ; modifiable à volonté, il est programmable.
L'encombrement, le poids et le volume des composants sont des contraintes majeurs lorsqu'il s'agit de maîtriser des applications plus au moins complexes.	La flexibilité, la souplesse vis-à-vis de la mise au point de commande et de l'évolution de celles-ci et la performance font de la logique programmée, une solution préférable.
Connexion figée, valable pour une seule application	Toutes les connexions sont en soft (logique).
Longueur de câble utilisée très importante	Gain en longueur de câble électrique.
Mise au point difficile.	Diagnostic rapide : (recherche d'éventuelles pannes).
Prix de revient (installation) coûteux	Gain important en temps : (amélioration du taux de marche).

Tableau (I.1) Comparaison entre la solution câblée et la solution programmée.

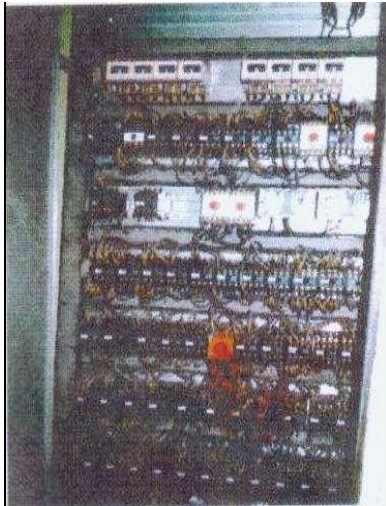


Figure.I.3 Armoire de commande à logique Câblée.

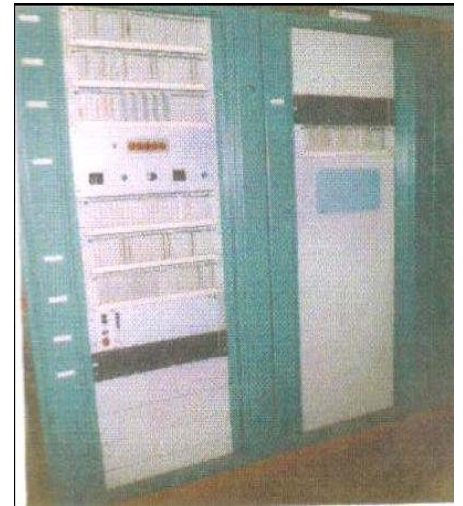


Figure.I.4 Armoire de commande à logique programmable "SIEMEN".

I-5 Dialogue homme –machine

Le dialogue homme machine est le complément indispensable de tout l'automatisme, il permet à l'opérateur d'intervenir au moment de démarrage ou en cour de cycle, de procéder à un arrêt d'urgence et par l'intermédiaire du système de signalisation, de contrôle en permanence le déroulement des opération .Cette fonction de dialogue est assure par tous les auxiliaires de commende à intervenir humaine (boutons , boites à boutons , commutateurs) ainsi que par des voyants de signalisation et pour les installation plus complexes , par des pupitres de commende, des tableaux synoptiques, des boutons, [4].

I-6 protection du système

Les appareils de protection assurent le bon fonctionnement d'une installation ou d'une machine et la sécurité des personnes contre tout dysfonctionnement d'origine, [4]:

- * Électrique : surintensité (surcharge et court-circuit), surtension.
- * pneumatique : surpression.
- * Hydraulique pneumatique : surpression.

I-7 Champ d'application de l'automatisme

L'automatisme consiste en l'étude de la commande de système industriel, la première amélioration de travail à été de remplacer l'énergie humain fournie par l'ouvrier par une machine (partie opérative).

L'opérateur commande la machine, et servile le résultat obtenu, il adapte ses commandes en fonction du déroulement du processus. L'automate d'étude lorsque l'on intercale entre l'opérateur et la partie opérative.

Une partie commande, qui prend des décisions (gestion automatique des cas les plus simple et les plus courants).

La partie commande se base sur les informations reçues par les capteurs à fin de piloter les actionneurs.

Le but est de prendre en compte tout ce qui est simple, complexe et répétitive, en laissant à l'opérateur les tâches nobles de réflexion.

Exemple : la partie commande doit nécessairement avoir toute information. Où devrait passer par elle.

Il reste néanmoins phénomènes difficiles à mesurer, ou dont la mesure coûte trop cher par rapport à la probabilité qu'ils se produisent, ou non prévus pour cela, l'opérateur contrôler reste nécessaire (fig.I.5) [5].

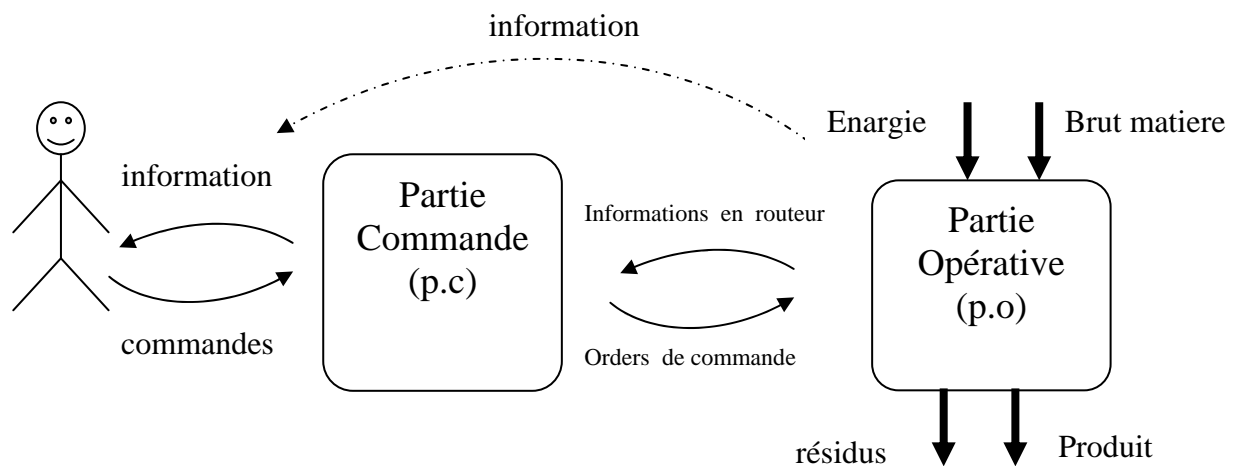


Figure.I.5 Champ d'application de l'automatisme.

I-8 Les automates programmables industriels

I-8-1 Historique

Les automates programmables industriels sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine, qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande.

Les coûts de l'électronique permettant alors de remplacer avantageusement les technologies actuelles.

Avant : utilisation de relais électromagnétiques et de systèmes pneumatiques pour la réalisation des Parties commandes \implies Logique câblée

Après : utilisation de systèmes à base de microprocesseurs permettant une modification aisée des Systèmes automatisés \implies Logique programmée

Les ordinateurs de l'époque étant chers et non adaptés aux contraintes du monde industriel, les automates devaient permettre de répondre aux attentes de l'industrie, [1].

I-8-2 Définition

Un automate est une machine que l'on programme comme on veut et qui limite les décisions systématiques d'un homme. Un Automate Programmable Industriel (API) est une commande conçue autour d'un microprocesseur. Sa conception et son langage de programmation sont spécialement adaptés aux contrôles des processus industriels.

Les caractéristiques d'un automate programmable fixent les limites de ses Performances et sont, [7] :

- La capacité d'entrées / sorties;
- La capacité de programme;
- La capacité de mémorisation de données;
- La capacité de mémorisation de textes;
- Le temps de cycle et le temps de réaction;
- Les possibilités du jeu d'instructions;
- Les possibilités de communication.

I-8 -3 Les Objectifs

Les Objectifs d'automate programmable sont :

- * Simplifier le travail de l'homme qui, libéré de la machine, peut se consacrer à des activités plus qualifiantes;
- * Améliorer la productivité des installations en augmentant leur autonomie de fonctionnement ;
- * Renforcer la qualité par une surveillance permanente des productions et augmente la sécurité des installations;
- * Réaliser, notamment grâce au développement des techniques programmables, de l'installation plus souple, plus flexible d'emploi et susceptible de former des productions différentes par simple changement de programme.

En effet, l'automatisme peut intervenir à tous les stades d'opérations industrielles, dans des domaines aussi divers que les industries de transformations, de fabrication ou de transport, dans les machines-outils ainsi que dans la vie quotidienne (systèmes d'alarmes, automatisation de parking...), [6].

I-8-4 Fonctionnement d'un automate programmable

Lorsque le programme est introduit dans la mémoire de l'automate en utilisant soit une console de programmation, soit un PC, la phase d'exécution est alors possible. Elle est généralement obtenue après la mise en RUN de l'automate (cette commande peut être logicielle ou matérielle), [6].

I-8-5 Domaines d'emploi des automates

L'évolution des techniques s'est traduite pour l'automatisation par :

- un développement massif ;
- une approche de plus en plus globale des problèmes ;
- une intégration dès la conception de l'installation.

On est ainsi passé du stade de la machine automatisée à celui du système automatisé de production, et on utilise les API dans tous les secteurs industriels pour la commande des machines (convoyage, emballage...) ou des chaînes de production (automobile, agroalimentaire...) ou il peut également assurer des fonctions de régulation de processus (métallurgie, chimie...).

Il est de plus en plus utilisé dans le domaine du bâtiment (tertiaire et industriel) pour le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité ou des alarmes, [6].

I-8-6 Architecture de l'API

I-8-6 -1 Structure générale d'un automate programmable

Les éléments principaux que l'on rencontre toujours dans un API sont l'alimentation, l'unité centrale CPU (central processing unit), la mémoire, les modules d'entrées / sorties et la console de programmation (fig.I.6), [6].

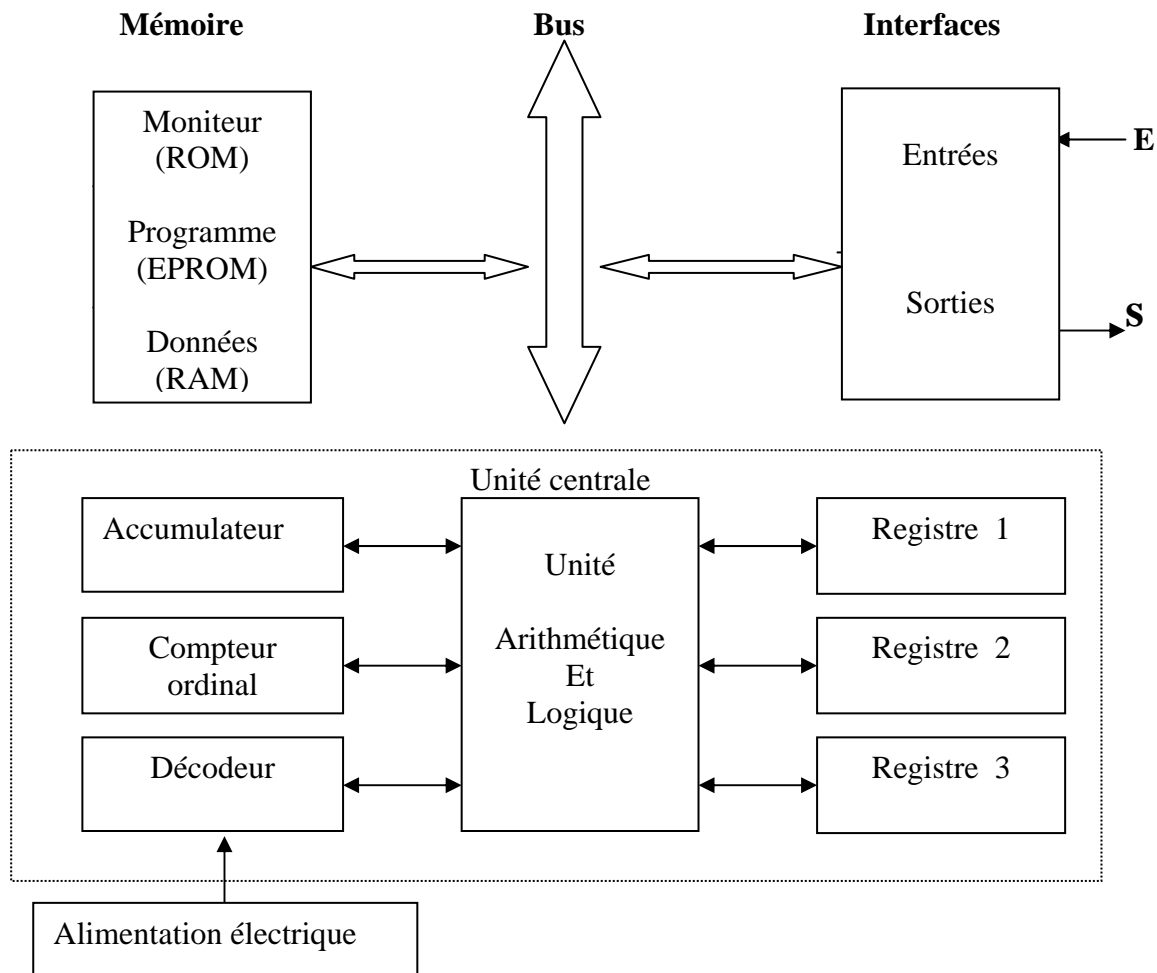


Figure I.6 Structure générale d'un automate programmable.

Un API se compose de trois parties : l'unité centrale, les interfaces et l'alimentation

I-8-6 -2 L'unité centrale

C'est l'ensemble des dispositifs nécessaire en fonctionnement logique interne de l'API, c'est le coeur l'automate, [11].

I-8-6-2-1 Architecteur de l'unité centrale (UC)

L'unité centrale comporte la zone mémoire et le processeur (fig.I.7), [11].

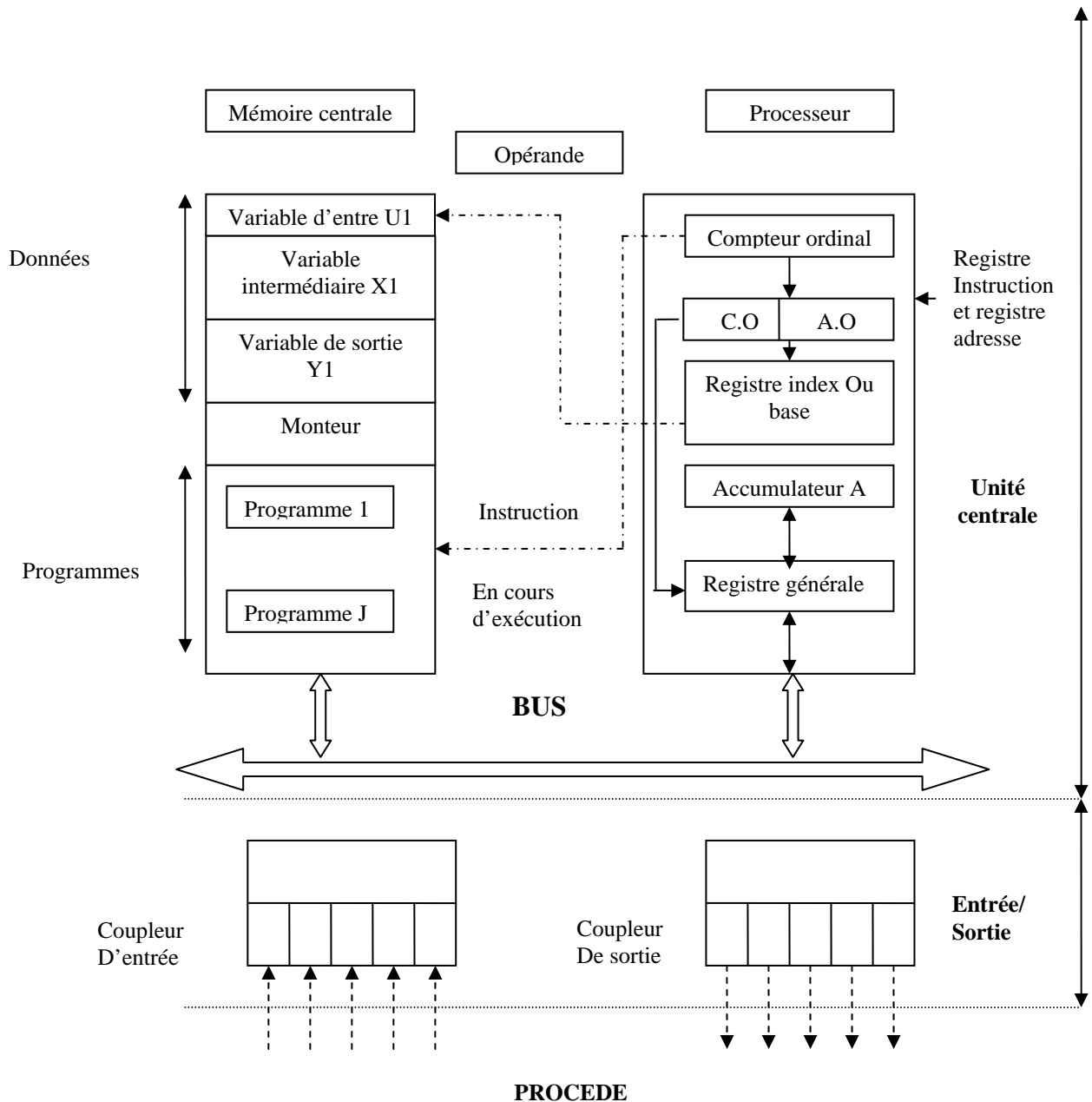


Figure I.7 Structure générale l'unité centrale d'un API.

I-8-6-2-2 Processeur

Cœur de l'appareil, dans l'unité central, ce n'est sans doute pas, paradoxalement, le point le plus caractéristique, mais il conditionne tout de même largement les performances.

Les premières API étaient équipées de processeurs spécifiques, à cycle de scrutation unique : on exécutait en permanence un programme gérant essentiellement des variables binaires. On est passé ensuite à des processeurs plus performants, issus du monde de l'informatique. Cette évolution a permis de baisser les coûts, d'accroître les possibilités opérationnelles. Les processeurs <généralistes> étant toutefois ponctuellement moins efficaces que les spécialisés, on peut penser que c'est aussi une des raisons pour laquelle les progrès (en temps de calcul par exemple) sur un ensemble d'opérations de base ont été moins spectaculaires qu'en informatique générale, avec une conséquence heureuse pour les utilisateurs : une longévité supérieure du matériel. Des progrès importants ont été accomplis sur d'autres points, sur lesquels nous reviendrons.

L'unité central UC est une carte électronique bâtie autour de la (ou des) « puce(s) » processeur(s), qui assure au moins les fonctions suivante : [7].

- opérations logique sur bits (le bit, contraction de « binary digit », étant l'information élémentaire à deux états) ou sur mots (ensemble de bits, le plus souvent 16 pour les API) ;
- temporisation et comptage.

Il existe trois technologies de réalisation :

- la technologie câblée, la plus rapide mais aussi la plus coûteuse, réservée à des usages particuliers;
- la technologie à microprocesseur, la plus économique dès lors que l'on utilise un microprocesseur standard produit en grand série ;
- la technologie mixte, certaine opération étant réalisée en câble pour en accroître la rapidité.

I-8-6-3 Module d'alimentation

Il assure la distribution d'énergie aux différents modules.

* **Le bus interne** : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions, [7].

* **Mémoires** : Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM). Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. On peut, en règle générale, augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires type PCMCIA

A l'intérieur de l'automate il y a un bloc d'alimentation fournissant les différentes tensions nécessaires aussi bien à la logique de commande (5 V à ± 15 V) qu'aux entrées sorties (24 V à 220 V). La tension normalisée la plus courante est de 24 V (alternatif ou continu).

Généralement l'alimentation des capteurs est fournie par l'API (en 24 V) alors que celle des prés actionneurs est fournie par une alimentation externe. En courant continu, la tension des signaux de sortie de l'API sont de l'ordre de 24, 48 ou 110 V, alors que l'intensité du courant varie entre 0.5 et 2A. En Alternatif 50HZ, elles peuvent aller jusqu'à 220 V et 5A respectivement, [7].

I-8-6-4 Modules d'entrées/sorties (E/S)

Ils assurent le rôle d'interface de la partie commande (PC) dans le schéma classique de la figure 3, qui distingue une partie opérative, où les actionneurs agissent physiquement sur le processus, et une partie

commande récupérant les informations sur l'état de ce processus et coordonnant en conséquence les actions pour atteindre les objectifs prescrits (matérialisés par des consignes). Pour ce faire, ils doivent :

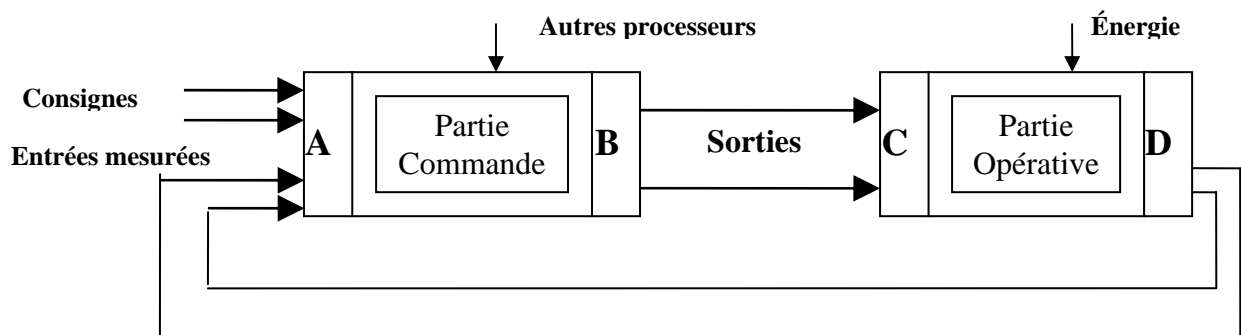
- regrouper des variables de même nature, pour diminuer complexité et coût ;
- assurer le dialogue avec l'U C ;
- « traduire » les signaux industriels en informations API et réciproquement, avec un protection de l'UC et un traitement adéquats. Beaucoup d'automates assurent cet interfaçage par des modules Amovibles comportant un nombre fixé de voies d'un certain type Figure (I.6), [7].

- Alimentation électrique.

Exemple : on pourra trouver un module « 16 entrées TOR 220 V alternatif ».

- **Interface d'entrée** : elle permet de recevoir les informations du S.A.P. ou du pupitre et de mettre en forme (filtrage,...) ce signal tout en l'isolant électriquement (opto couplage), [7].

- **Interfaces de sortie** : elle permet de commander les divers préactionneurs et éléments de signalisation du S.A.P. tout en assurant l'isolement électrique (fig.I.8), [7].



A Interface d'entrée

B Interface de sortie

C Actionneurs

D Capteurs et détecteurs

Figure I.8 Partie opérative et partie commande.

I-8-7 Langages de la programmation

Il y a cinq langages de programmation principaux : [2].

- sequential function chart (SFC) ou GRAFCET pour les opérations de haut niveau ;
- function block diagram (FBD) ou logigramme pour les opérations cycliques complexes ;
- ladder diagram (LD) ou schéma à contacts pour les opérations cycliques booléennes ;
- structured text (ST) pour les opérations cycliques ;
- instruction list (IL) pour les opérations de bas niveau.

I-8-7-1 Programmation à l'aide du GRAFCET (SFC: Sequential Function Chart)

Le langage SFC (sequential function chart), ou GRAFCET, est un langage graphique utilisé pour décrire les opérations séquentielles. Le procédé est représenté comme une suite connue d'étapes (états stables), reliées entre elles par des transitions. Une condition booléenne est attachée à chaque transition. Les actions dans les étapes sont décrites avec les langages ST, IL, LD ou FBD (figI.9), [2].

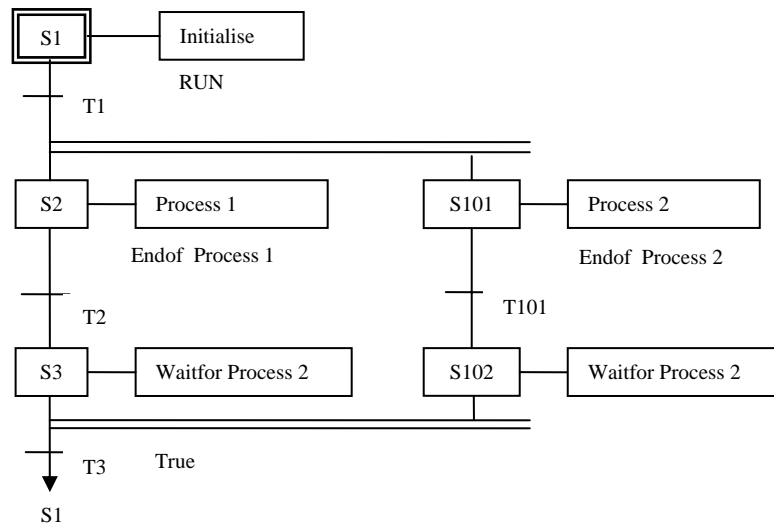


Figure.I.9 Exemple Programme SFC avec divergence et convergence doubles.

On peut également traduire un Grafcet en langage en contacts et l'implanter sur tout type d'automate. Il existe d'autres langages de programmation des automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 61131-3.

I-8-7-2 Langage à contacts (LD : Ladder Diagram)

Le langage LD (ladder diagram) est une représentation graphique d'équations booléennes combinant des contacts (en entrée) et des relais (en sortie). Il permet la manipulation de données booléennes, à l'aide de symboles graphiques organisés dans un diagramme comme les éléments d'un schéma électrique à contacts. Les diagrammes LD sont limités à gauche et à droite par des barres d'alimentation. Il est développé pour les électriciens. Il utilise les symboles tels que : contacts, relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels). C'est le plus utilisé (figI.10), [2].

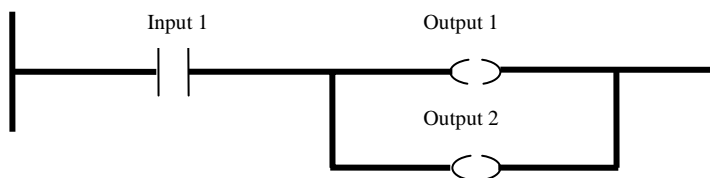


Figure.I.10 Exemple Programme LD avec de liaison multiple à droite.

I-8-7-3 Langage Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram)

Le langage FBD (function block diagram) est un Langage graphique où des fonctions sont représentées par des rectangles avec les entrées à gauche et les sorties à droite. Les blocs sont programmés (bibliothèque) ou programmables. Utilisé par les automaticiens (figI.11), [2].

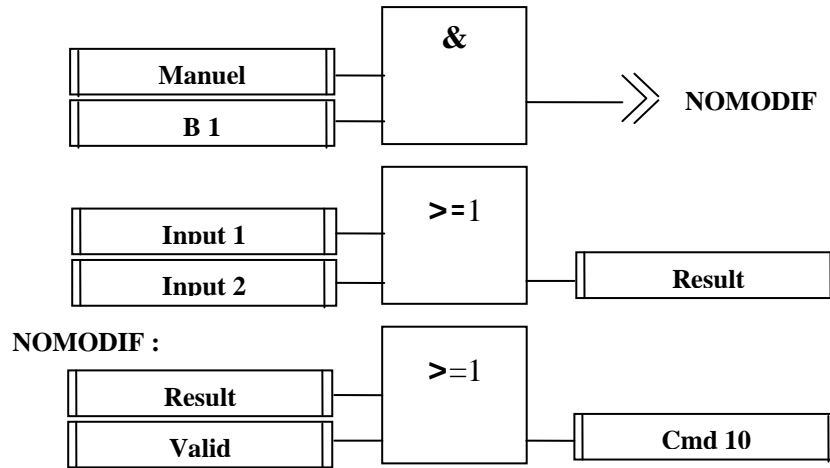


Figure.I.11 Exemple Programme FBD avec de saut et d’étiquette.

I-8-7-4 Langage ST

Le langage ST (structured text) est un langage textuel de haut niveau dédié aux applications d’automatisation. Ce langage est principalement utilisé pour décrire les procédures complexes, difficilement modélisables avec les langages graphiques. C’est le langage par défaut pour la programmation des actions dans les étapes et des conditions associées aux transitions du langage SFC. (Fig. I12), [2].

```

Q: =false;
CV: =0
RETURN ;(*fin du programme*)
End_if;
If RESET then
    CV: =0;
Else
    If (CV<PV) then
        CV: = CV+1;
    End_if;
End_if;
Q: = (CV>=PV);
    
```

Figure.I.12 Exemple Programme ST.

I-8-7-5 Le langage IL

Le langage IL (instruction list), est un langage textuel de bas niveau. Il est particulièrement adapté aux applications de petite taille. Les instructions opèrent toujours sur un résultat courant (ou registre IL). L'opérateur indique le type d'opération à effectuer entre le résultat courant et l'opérande. Le résultat de l'opération est stocké à son tour dans le résultat courant (fig. I 13), [2].

Etiquette	Opérateur	Opérande	Commentaire
Début :	LD	IX 1	(*bouton poussoir*)
	ANDN	MX 5	(*Commande valide*)
	ST	QX 2	(*lance moteur*)

Figure.I.13 Exemple Programme IL.

I-9 L'environnement de l'API

Pour conduire sa mission vis-à-vis d'un procédé, un API doit disposer des liaisons connectée Temporairement ou non, directement ou non, à l'API. Ces dispositifs peuvent être, par exemple, les périphériques et les auxiliaires des API (l'imprimante, les mémoires de masse...), les consoles d'exploitation, etc.... (fig.I.14), [6].

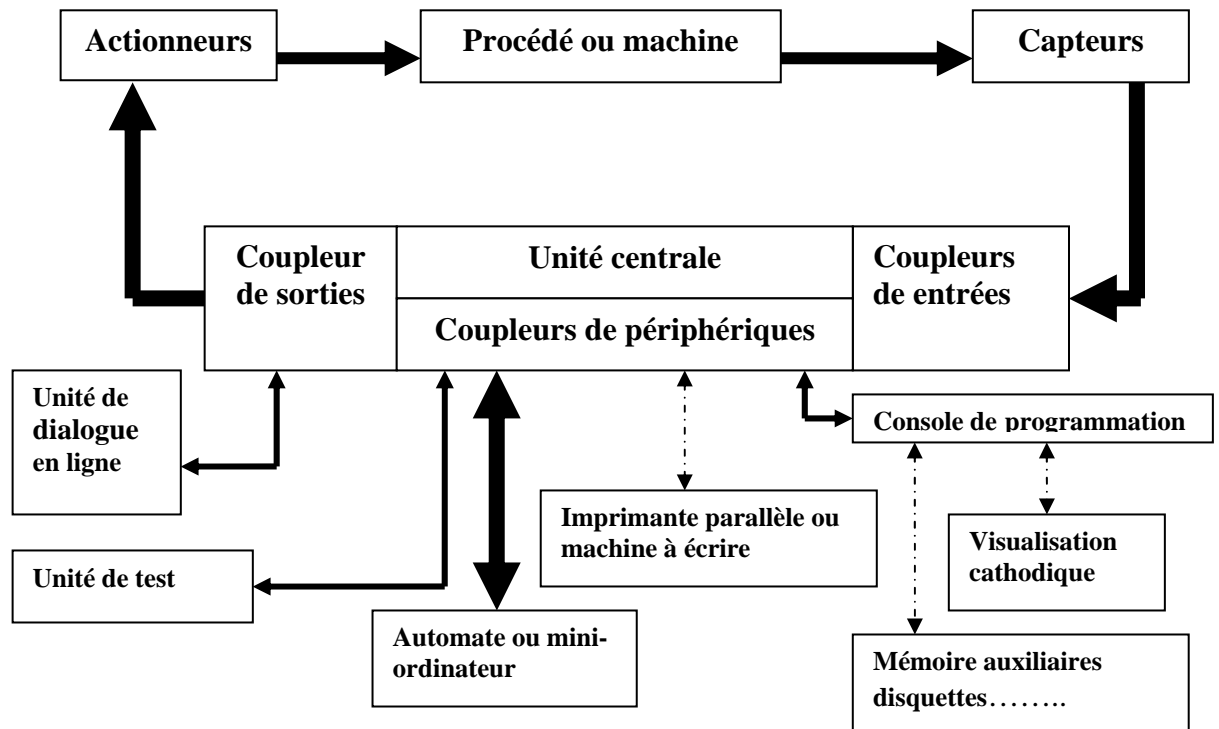


Figure.I.14 L'environnement de l'API.

Conclusion

L'automatisation s'est généralisée à l'ensemble des activités de production, tant dans l'industrie, que les activités de services.

Quelque soit son domaine d'application et les technique auxquelles elle fait appel, l'automatisation s'est constamment développé dans l'unique but de réduire la pénibilité du travail humain et d'améliorer la productivité du travail.

Les besoins de l'automatisation se caractérise par :

** Un développement massif;*

** Une approche de plus en plus globale des problèmes;*

** Une intégration dès la conception de l'installation des automates programmables, on est ainsi passé du stade de la machine automatisée à celui du système automatisé de production.*

Étant donné que le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Étapes-Transitions) est l'outil description de base des systèmes automatisé, nous avons jugé outil de lui consacré le deuxième chapitre,[7].

Introduction

La résolution des systèmes automatiques deviennent de plus en plus complexes avec un nombre élevé de variables d'entrées, et la résolution par méthode du tableau de KARNAUGH n'est pas toujours aisée, d'où la nécessité d'un outil souple " GRAFCET " qui propose des solutions adéquates pour ces systèmes.

Le GRAFCET est un outil graphique qui permet de décrire le fonctionnement d'un automatisme séquentiel. Il peut être utilisé pour représenter l'automatisme dans toutes les phases de la conception : de la définition du cahier des charges, à la mise en œuvre (programmation d'un automate programmable industriel, utilisation de séquenceurs ou autres technologies) en passant par l'étude des modes de marches et d'arrêts.

Le GRAFCET repose sur l'utilisation d'instructions précises, l'emploi d'un vocabulaire bien défini, le respect d'une syntaxe rigoureuse, et l'utilisation de règles d'évolutions. Il permet, entre autre, d'adopter une démarche progressive dans l'élaboration de l'automatisme.

C'est dans cet état d'esprit que s'inscrira notre deuxième chapitre. Nous aborderons en premier lieu le domaine d'application et la description d'éléments de bases GRAFCET. On passera ensuite à différentes structures du GRAFCET et les règles d'évolutions et nous termineront par un aperçu des GRAFCET hiérarchisés, [1].

II-1 Historique

Le **GRAFCET** : **GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tapes-**T**ransitions, est né en 1977 des travaux de l'AFCET (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique), en tant que synthèse théorique des différents outils existants à cette époque.

Mis sous sa forme actuelle par l'ADEPA, en 1979, normalisé en France en 1982 (Norme Française NFC 03-190 juin 1982), le Grafcet est aujourd'hui normalisé sur le plan international sous l'appellation diagramme fonctionnel. Depuis sa création le Grafcet est en perpétuelle évolution, suite à différents travaux de recherche Actuellement la norme est cours de révision, [1].

II-2 Domaine d'application du GRAFCET

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition), également appelé Diagramme Fonctionnel en Séquence ou Séquentiel Function Chart, permet "...l'établissement des descriptions de la fonction et du comportement des systèmes de commandes en établissant une représentation graphique indépendant de la réalisation technologique.....", (FigII.1), [1].

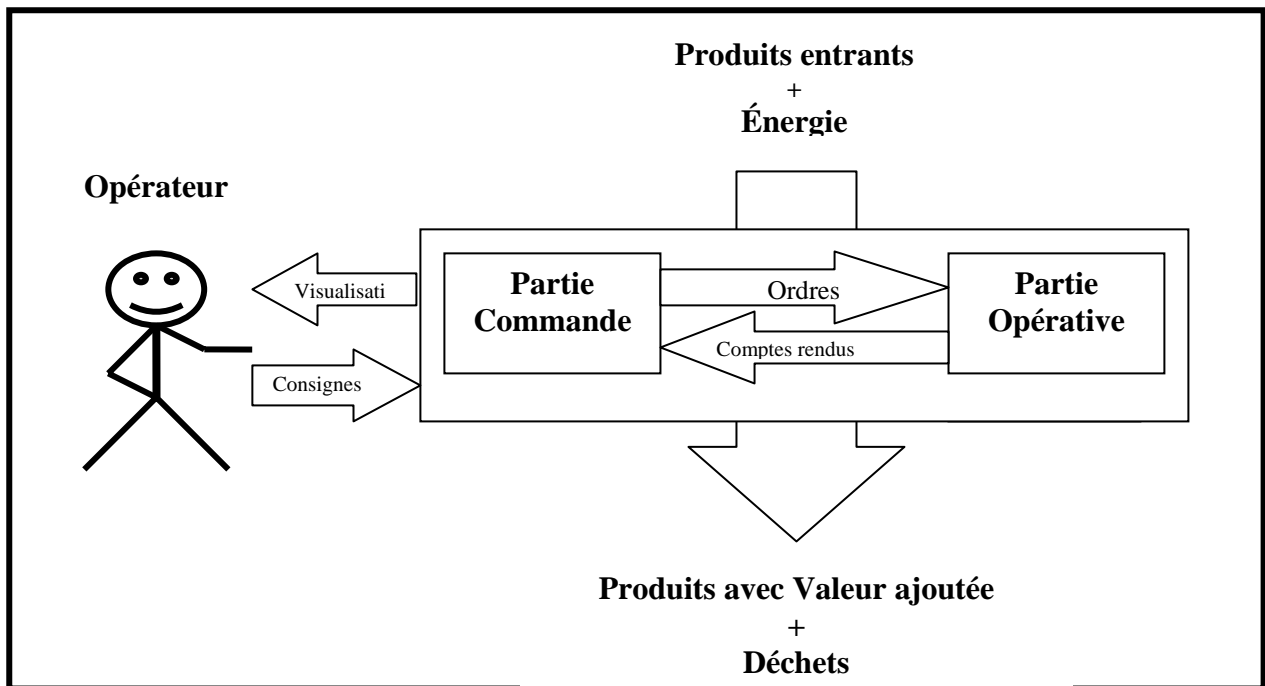


Figure.II.1 Schéma système de commande.

Le GRAFCET est destiné représenter des automatismes logiques séquentiels, c'est à dire des systèmes événementiels dans lesquels les informations sont de type booléennes (tout ou rien) ou peuvent s'y ramener (numériques). Le GRAFCET est utilisé généralement pour spécifier et concevoir le comportement souhaité de la partie commande d'un système de commande mais il peut également être utilisé pour spécifier le comportement attendu de la partie opérative ou bien de tout le système de commande, Destiné à être un moyen de communication entre l'automaticien et son client, le GRAFCET est un outil utilisé pour la rédaction du cahier des charges d'un automatisme.

Cependant un des points forts du GRAFCET est la facilité de passer du modèle l'implantation technologique de celui-ci dans un automate programmable industriel.

Le GRAFCET passe alors du langage de spécification au langage d'implémentation utilisé pour la réalisation de l'automatisme, [4].

II-3 Définition du GRAFCET

Lorsque le mot GRAFCET (en lettre capitale) est utilisé, il fait référence à l'outil de modélisation. Lorsque le mot grafcet est écrit en minuscule, il fait alors référence à un modèle obtenu à l'aide des règles du GRAFCET.

Le GRAFCET permet de construire des modèles ayant une structure graphique (Représentation statique) à laquelle on associe une interprétation (Elle correspond à l'aspect fonctionnel du grafcet). De plus, ce modèle possède un comportement dicté par des règles d'évolution (représentation dynamique), complétées pour l'implémentation par des algorithmes d'application de ces règles.

Où le *GRAFCET* c'est un diagramme de description du comportement déterministe de la partie commande d'un système automatisé, (Fig.II.2), [4].

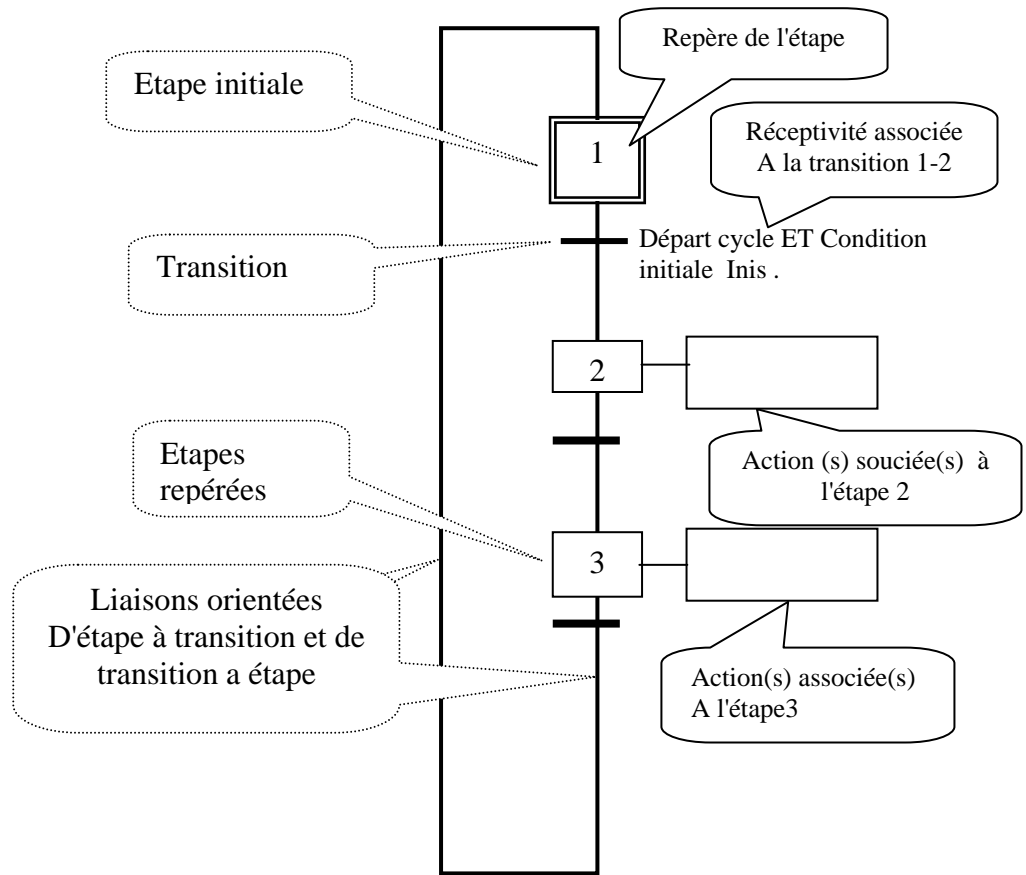


Figure.II.2 structure générale d'un GRAFCET.

II-4 Éléments de base

Le GRAFCET se compose des éléments suivants, [1] :

- * étapes auxquelles sont associées des actions;
- * transition auxquelles sont associées des réceptivités;
- * liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

II-4-1 Etape

Une étape est symbolisée par un carré repéré numériquement, (fig.II.3), [1].

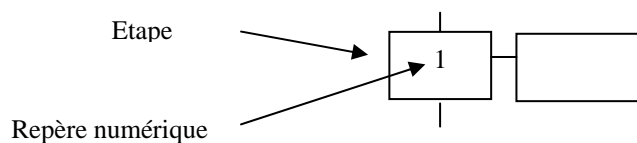


Figure .II.3 Une Etape.

L'étape initiale est représentée par un double carré, (fig.II.4).

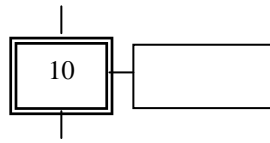


Figure .II.4 Une Etape Initiale.

II-4-2 Action associée à une étape

Une action est symbolisée par un rectangle relié au symbole de l'étape associé, (figII.5), [1].

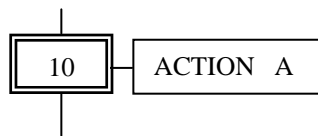


Figure .I.5 Une Action.

II-4-3 Transition

Une transition est représentée par une barre perpendiculaire à la liaison orientée. Une transition indique la possibilité d'évolution entre deux étapes successives, (fig.I6), [1].

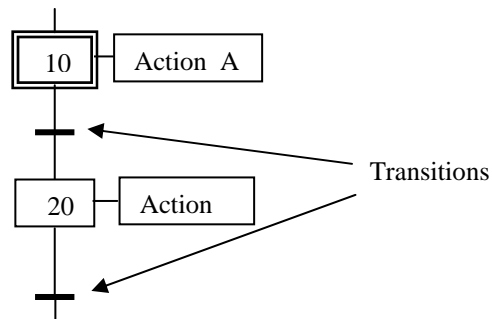


Figure II.6 Une Transitions.

Une transition est soit validée soit non validée. Elle est dite validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives.

II-4-4 Réceptivité associée à la transition

A chaque transition est associée une proposition logique appelée réceptivité qui peut être soit vraie soit fausse. La réceptivité peut s'écrire sous plusieurs formes : [1].

* Réceptivités sous forme de proposition logique ou sous forme d'une fonction combinatoire, (fig.II.7).

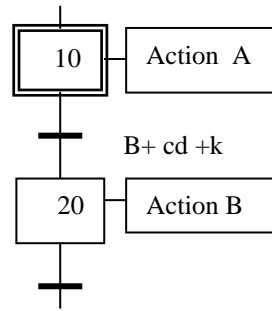


Figure.II.7 Réceptivité sous forme de proposition logique.

* Réceptivité sous forme d'activation ou de désactivation d'une variable d'entrée du système, (fig.II.8).

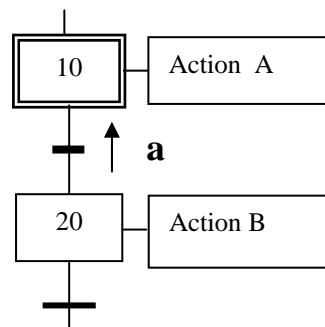


Figure.II.8 Réceptivité sous forme d'activation.

Où $\uparrow a$ est le forme montant de la variable a.

* Réceptivité sous forme de condition ET logique entre une variable logique et un événement, (Fig.II.9).

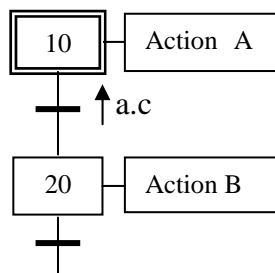


Figure.II. 9 Réceptivité sous forme d'un ET logique.

II-4-5 Liaisons orientées

Les liaisons orientées relie une étape à une transition ou inversement, (fig.II.11), [1].

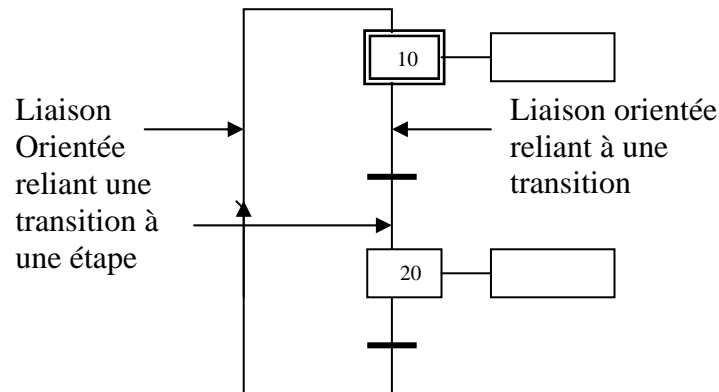


Figure.II.11 Liaison Orientée.

II-5 Structure de base

Les structures de base les plus utilisées sont décrites ci – après.

II-5-1 Séquence unique

Une séquence unique est composée d'une suite d'étapes pouvant être activées les une après les autres. Chaque étape n'est suivie que par une seule transition et chaque transition n'est validée que par une seule étape, (fig.II.12), [3].

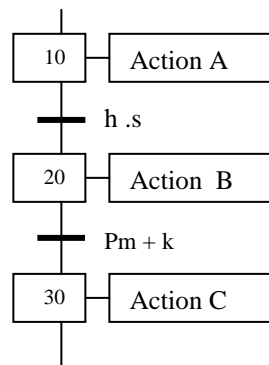


Figure.II. 12 Séquence unique.

II-5-2 Séquence simultanée : parallélisme structural

Une transition peut supporter plusieurs étapes en amont et plusieurs étapes en aval : la notion de transitions en ET divergent, ET convergent est introduite. Le ET convergent permettent de décrire deux ou plusieurs séquences parallèles. Le franchissement d'une transition conduit à activer plusieurs séquences en même temps, ces séquences sont dites séquences simultanées.

Après l'activation simultanée de ces séquences, les évolutions des étapes actives dans chacune des séquences deviennent alors indépendantes. Pour assurer la synchronisation de la désactivation

de plusieurs séquences en même temps, des étapes d'attente réciproques sont généralement prévues, (fig.II.13) et (fig.II.14), [3].

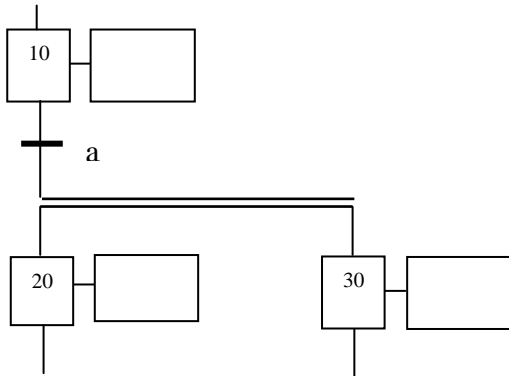


Figure.II.14 Transition en ET convergent.

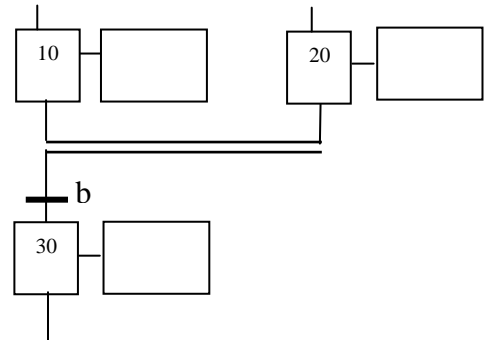


Figure.II.13 Transition en ET divergent.

II-5-3 Sélection de séquence

Une étape peut être reliée à plusieurs transitions en amont ou en aval : La notion de transition en OU convergent OU divergent est introduite. Le OU divergent permet de prendre en compte un choix, un (aiguillage) entre deux fonction. Une sélection ou un choix d'évolution entre plusieurs étapes ou séquences se présente, à partir d'une ou plusieurs étapes. Autant de transitions validées qu'il y a d'évolutions possibles (figII.15) (figII.16), [3].

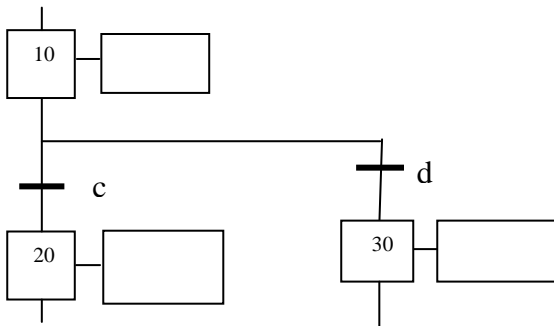


Figure.II .15 Transition en OU divergent.

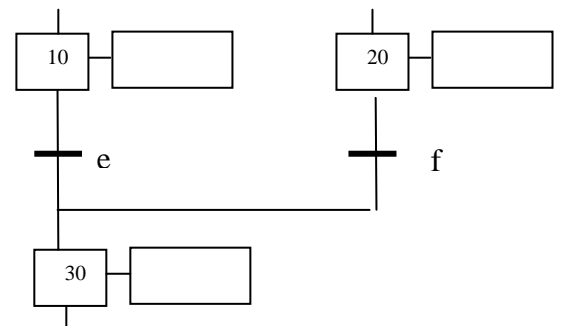


Figure.II .16 Transition en OU convergent.

II-5-3-1 Séquences exclusives

Pour obtenir une sélection exclusive entre plusieurs évolutions possibles à partir d'une même étape, il est nécessaire de s'assurer que toutes les réceptivités associées aux transitions sont exclusives, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent pas être vraies simultanément, (fig.II.17), [3].

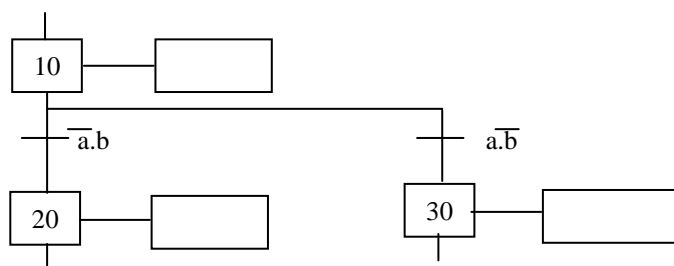


Figure II .17 Une Séquences exclusives

II-5-4 Saut d'étape

Saut d'étapes : permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions à effectuer dans ces étapes deviennent inutiles ou sans objet, (fig.II.18), [3].

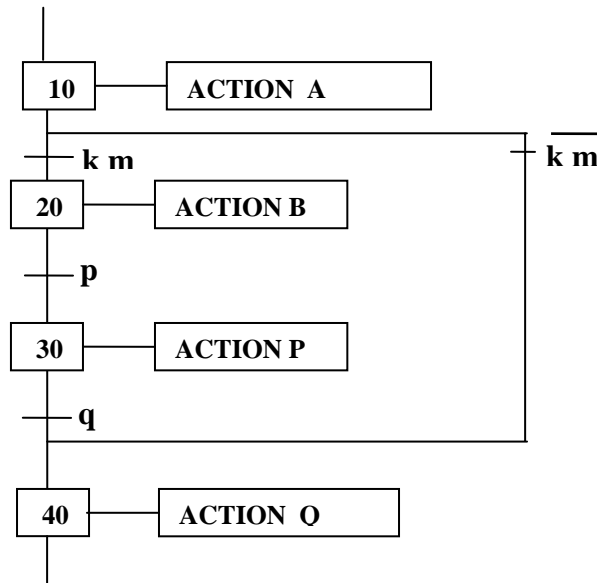


Figure.II.18 Saut d'étape.

II-5-5 Reprise de séquence

Reprise de séquence : permet de recommencer plusieurs fois la même séquence tant que la condition fixée n'est pas obtenue.

L'activation de l'étape 30 permet la reprise de la séquence 20-30 par la réceptivité Kc' tant que la réceptivité Kc n'est pas vraie, (fig.II.19), [3].

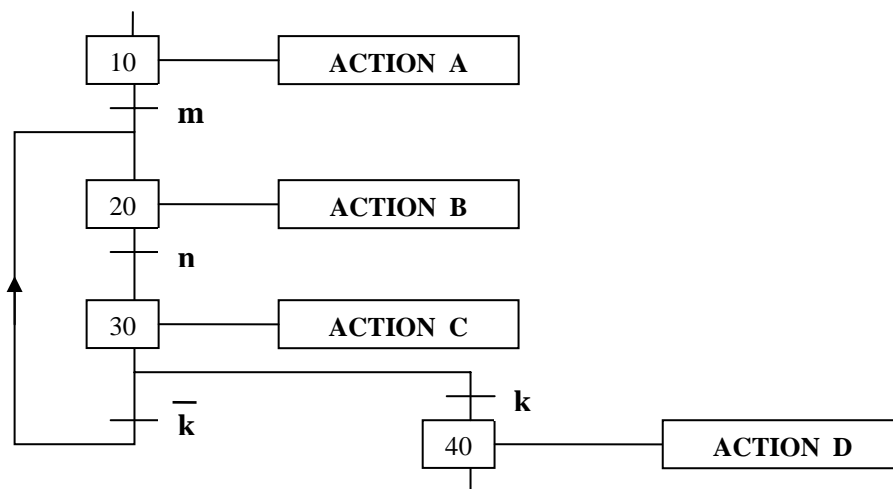


Figure II .19 Reprise de séquence.

II-5-6 Réutilisation d'une même séquence

Réutilisation d'une même séquence: une même séquence répétée plusieurs fois peut être traitée comme un sous programme, (fig.II.20), [3].

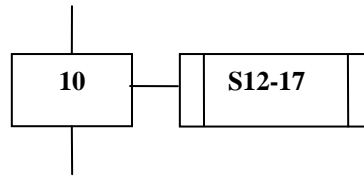


Figure.II. 20 Réutilisation d'une même séquence.

A l'étape 10 est associé le sous programme S12-17 qui comprend les étapes de 12 à 17. Ce sous programme doit faire l'objet d'un diagramme séparé.

II-6 Classification des actions

Les actions associées à une étape traduisent ce qui doit être exécuté à un instant donné lorsque cette étape est active. Les différents types d'actions sont les suivants, [3] :

II-6-1 Action continue

Action continue ou action non mémorisée : l'exécution de l'action se poursuit tant que l'étape à laquelle elle est associée reste active, (figII.21), [3].

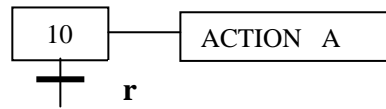


Figure.II.21 Action continue (non mémorisée).

L'exécution de l'action A se continue tant que l'étape X10 à laquelle elle est associée reste active.

II-6-2 Action retardée

Action retardée : c'est une action continue qui est exécutée après un délai donné, compté à partir de l'activation de l'étape à laquelle l'action est associée, tant que l'étape reste active,(fig.II.22), [3] .

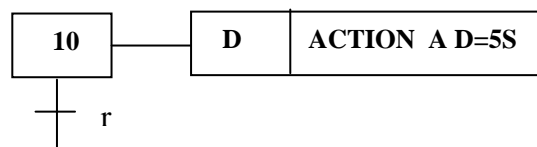


Figure.II.22 Action retardée.

II-6-3 Action limitée dans le temps

Action limitée dans le temps : c'est une action continue qui est exécutée dès que l'étape à laquelle elle est associée est activée, elle cesse lorsque le délai donné, compté à partir de l'activation de l'étape, est écoulé, (fig.II.23), [3] .

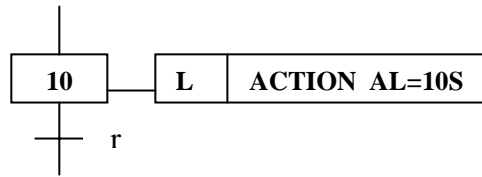


Figure. II.23 Action retardée dans le temps.

II-6-4 Action conditionnelle

Action conditionnelle : c'est une action continue dont l'exécution est soumise à une condition logique, (fig.II.24), [1].

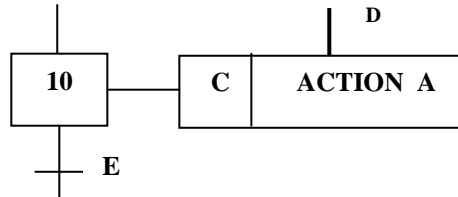


Figure.II.24 Action conditionnelle.

L'action A est exécutée tant que l'étape 10 est active et la condition D qui lui est associée est valide.

II-6-5 Action impulsionnelle

Action impulsionnelle : c'est une action de durée très petite dont la valeur est sans importance mais suffisante a priori pour obtenir l'effet souhaité, (fig.II.25), [3].

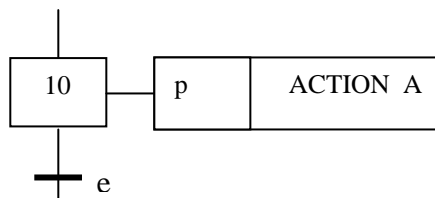


Figure.II.25 Action impulsionnelle.

La description spécifiée par le GRAFCET précise que l'action a sera impulsionnelle lors de l'activation de l'étape 10.

II-6-6 Action mémorisée

Action mémorisée: elle est associée à deux étapes, une étape de déclenchement, une étape d'arrêt. L'action mémorisée est exécutée dès que l'étape de déclenchement est activée, elle cesse dès que l'étape d'arrêt est activée, (fig.II .26), [3].

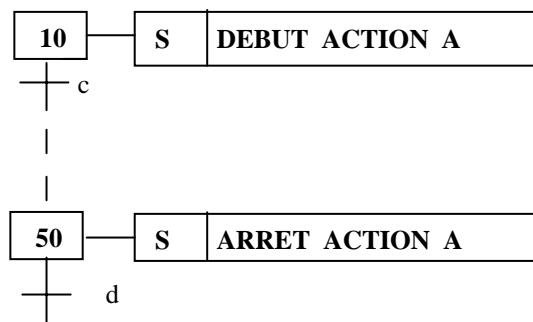


Figure. II.26 Action mémorisée.

Le GRAFCET spécifie que l'action A doit commencer dès l'activation de l'étape 10 et doit cesser dès l'activation de l'étape 50.

II-7 Règles d'évolutions

Les règles d'évolution qui définissent les conditions dans lesquelles les étapes peuvent être actives ou inactives sont les suivantes : [1].

II-7-1 Règle N°1 : initialisation

La situation initiale du GRAFCET caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative et correspond aux étapes actives au début du fonctionnement, (fig.II.27), [1].

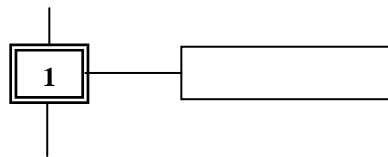


Figure .II.27 initialisation d'une étape.

II-7-2 Règle N2:franchissement d'une transition

Le franchissement d'une transition ne peut se produire que lorsque:

- * la transition est validée;
- * la réceptivité associée à cette transition est vraie.

Une fois ces deux conditions sont réunies, la transition devient franchissable et est obligatoirement franchie, [1].

II-7-3 Règle N 3: évolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition entrain simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes, (fig.II .28), [1].

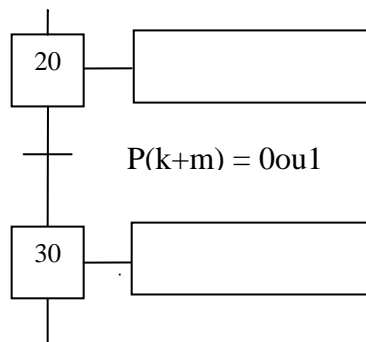


Figure.II.28 Transition non validée.

Transition non validée : la transition 20-30 est non validée, l'étape 20 est inactive, (fig.II .29).

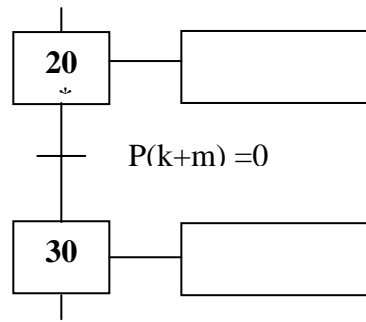


Figure.II.29 Transition validée.

Transition validée : L'étape 20 étant active, la transition 20-30 est validée mais ne peut être franchie car la réceptivité n'est pas vraie : $p(k+m) = 0$

II-7-4 Règle N°4: Evolutions simultanées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies, (fig.II 30).

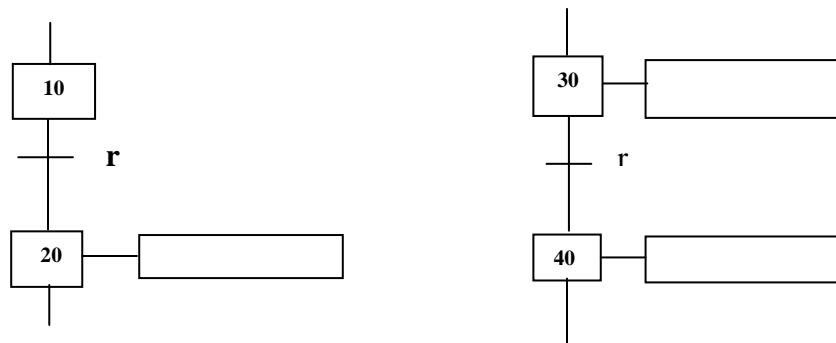


Figure II.30 Transition non simultanément franchissable.

Deux GRAFCET séparés dont le franchissement de la transition r de l'un n'implique pas le franchissement de la transition r de l'autre, [1].

II-7-5 Règle N°5: Activations et désactivations simultanées d'une même étape

Si, au cours du fonctionnement de l'automatisme, une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste active, [1].

II-8 Les Macro étapes

Le concept de macro-étape permet des descriptions par niveau de détail successif. Ainsi Plusieurs niveaux de représentation peuvent être mis en oeuvre. Le premier niveau exprimant globalement la fonction à remplir sans se soucier de tous les détails superflus qui seront décrit dans les niveaux suivants, correspondant à une analyse plus fine. Finalement le dernier niveau pourra être celui correspondant à l'implémentation de la partie commande dont on spécifie le comportement, [4].

II -8-1 Définition Les Macro étapes

Une macro-étape est l'unique représentation d'un ensemble unique d'étapes et de transitions nommé Macro-expansion .L'expansion de la macro-étape commence par une seule étape d'entrée et se termine par une seule étape de sortie.

On représente une macro-étape à l'aide de double barre dans le symbole d'étape. On repère une macro-étape à l'aide d'un identificateur commençant par la lettre M.

Lors de l'interprétation d'un grafcet (programmation), on remplace les macro-étapes par leur Macro-expansion afin de pouvoir appliquer les règles d'évolution du GRAFCET. Une macro-étape sera dite "active" si au moins une étape de l'expansion est active.

Il n'y a pas d'action associée à une macro-étape cependant on peut faire figurer un commentaire donnant une indication de la fonction réalisée par la macro-étape, (fig.II .31), [4].

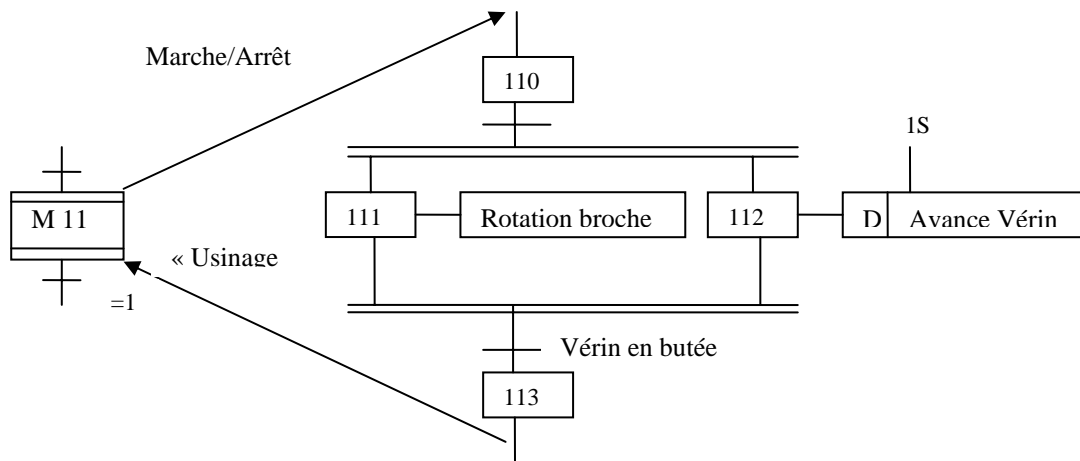


Figure.II.31 Macro étapes.

II -9 GRAFCET hiérarchisés

II -9-1 Définitions

Les GRAFCET hiérarchisés forment une structure de type maître esclave (père fils) dans laquelle le GRAFCET maître donne des ordres à un ou plusieurs GRAFCET esclaves (on parle alors de GRAFCET de tâche ou de sous programme GRAFCET) et les GRAFCET esclaves renvoient un accusé d'exécution en fin de tâche. A la différence d'une macro-étape le GRAFCET de tâche peuvent être appelés de différents endroits du GRAFCET maître .Cependant ils exécuteront une nouvelle tâche seulement lorsqu'ils auront terminé celle en cours, (fig.II.32), [4].

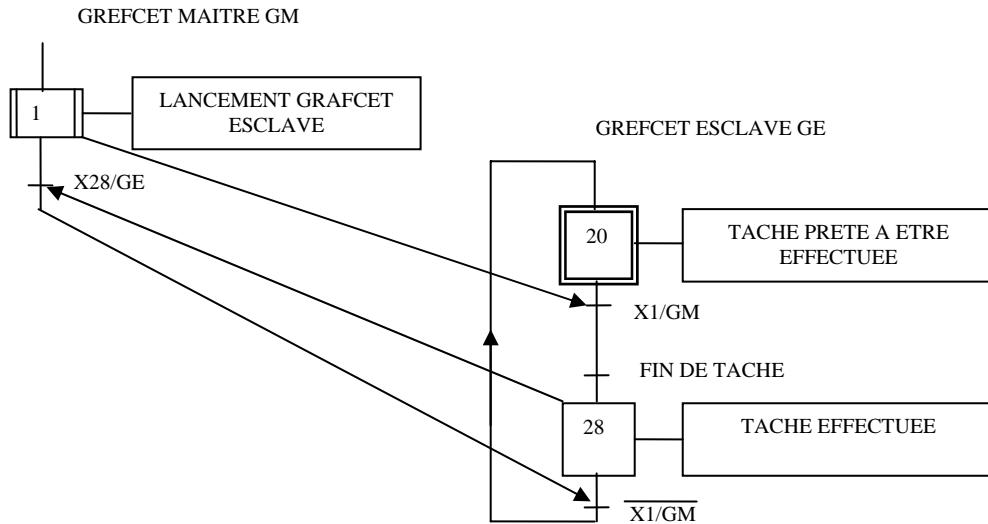
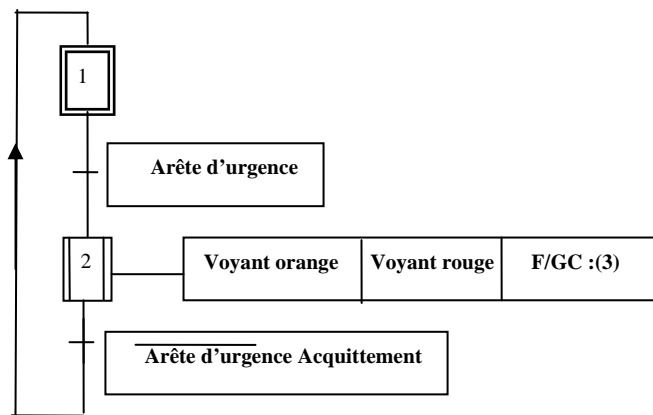


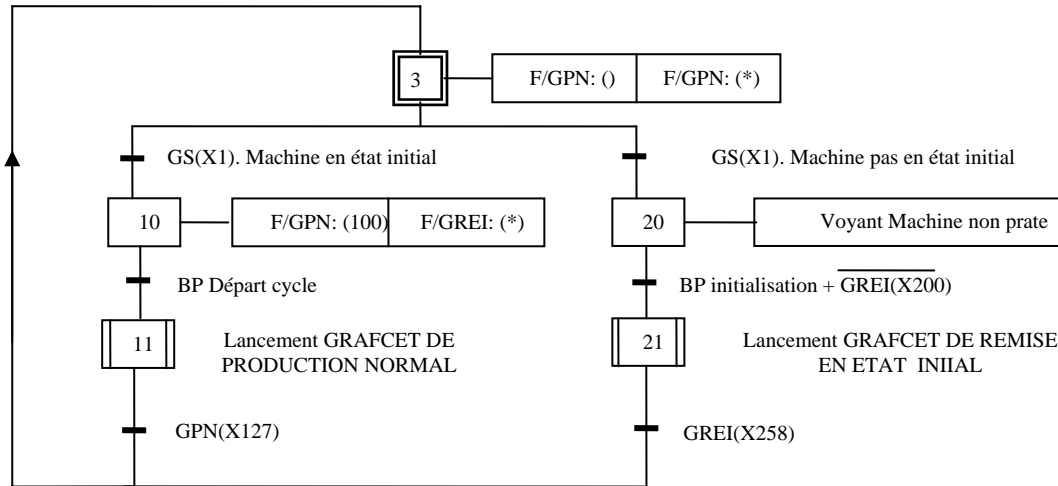
Figure II.32 Structure GRAFCET hiérarchisés.

II -9-2 Fonctionnement

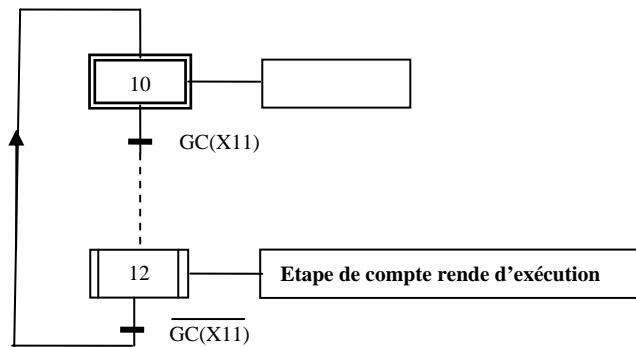
La double barre verticale indique qu'un ordre est donné à un GRAFCET esclave d'exécuter sa tâche. Cela se traduit par la présence de la réceptivité X1/GM (Appel) en transition de départ du GRAFCET de tâche. Lorsque le GRAFCET de tâche est terminé il renvoi un accusé d'exécution. Cela se traduit par la présence de la réceptivité X28/GE en transition de tâche effectuée. Le GRAFCET maître vient ensuite repositionner la tâche à l'étape 20 afin qu'elle puisse à nouveau être lancée, (fig.II.33), [4].



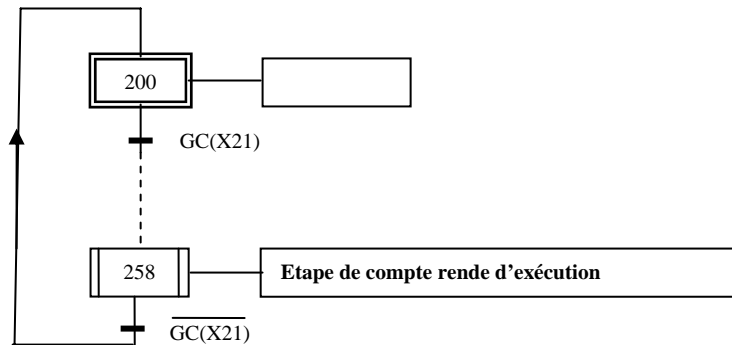
A - GRAFCET de sécurité (GS).



B - GRAFCET de conduite (GC).



C - GRAFCET de production normale (GPN).



D - GRAFCET DE REMISE EN ETAT INITIAL : GREI

Figure II.33 GRAFCET HIERACHISES

On peut noter sur cet exemple un forçage du GRAFCET de conduite à son étape initiale F/GC : (3) en cas d'arrêt d'urgence. Ce la entraîne l'extinction du GRAFCET de production normale F/GPN : () Et le figeage du GRAFCET de remise en état initial F/GREI : (*). Le GRAFCET de production normale est réinitialisé à l'étape 10 du GRAFCET de conduite F/GPN : (100) tandis que le GRAFCET de remise en état initial est maintenu figé. En cas d'arrêt d'urgence pendant une procédure de remise en état initial celle-ci se trouve stoppée mais sa situation est mémorisée. Son état mémorisé est restitué lorsque le

bouton d'arrêt d'urgence est relâché et que l'on appui sur l'acquiescement d'arrêt d'urgence. La procédure de remise en état initial reprendra alors la ou elle avait été stoppée (voir réceptivité entre 200 et 201), [4].

II-10 Séquenceur

Un séquenceur est un ensemble technologique qui commande et contrôle l'exécution des actions d'un cycle conformément à la chronologie des étapes du diagramme fonctionnel GRAFCET.

C'est l'organe de la partie commande qui dialogue pas à pas avec la partie opérative de la machine ou de l'installation. Il est constitué par l'association des modules d'étape du cycle à automatiser.

Aux étapes du GRAFCET correspond des modules d'étapes (relais bistable ou mémoire électronique ou pneumatique) interconnectés par un câblage représentatif du fonctionnement de la machine.

Les séquenceurs sont conçus en technologie:

- électrique,
- pneumatique,
- électronique.

Ces différentes technologies forment les équipements de base en logique câblés, mais avec l'émergence de la technologie programmée, les systèmes automatisés font appel progressivement aux automates (relier les entrées et sorties aux automates) pour remplacer les dispositifs câblés déjà existants.

Conclusion

LE GRAFCET est un outil de description graphique du fonctionnement des systèmes automatisés. Il permet de décrire les comportements attendus de l'automatisme en imposant une démarche rigoureuse, éventuellement hiérarchisée, évitant ainsi les incohérences, les blocages ou les conflits dans le fonctionnement.

C'est Langage universel, indépendant (dans un premier temps) de la réalisation pratique (peut se "câbler" par séquenceurs, être programmé sur automate voire sur ordinateur).

LE GRAFCET un langage clair, strict mais sans ambiguïté, permettant par exemple au réalisateur de montrer au donneur d'ordre comment il a compris le cahier des charges.

Ce dernier est le point de départ de l'étude du système automatisé, il fera l'objet du troisième chapitre, [1].

Introduction	20
II-1 Historique	20
II-2 Domaine d'application du GRAFCET	20
II-3 Définition du GRAFCET	21
II-4 Éléments de base	22
II-4-1 Etape	22
II-4-2 Action associée à une étape	23
II-4-3 Transition	23
II-4-4 Réceptivité associée à la transition	23
II-4-5 Liaisons orientées	25
II-5 Structure de base	25
II-5-1 Séquence unique	25
II-5-2 Séquence simultanée : parallélisme structural	25
II-5-3 Sélection de séquence	26
II-5-3-1 Séquences exclusives	26
II-5-4 Saut d'étape	27
II-5-5 Reprise de séquence	27
II-5-6 Réutilisation d'une même séquence	28
II-6 Classification des actions	28
II-6-1 Action continue	28
II-6-2 Action retardée	28
II-6-3 Action limitée dans le temps	28
II-6-4 Action conditionnelle	29
II-6-5 Action impulsionnelle	29
II-6-6 Action mémorisée	29
II-7 Règles d'évolutions	30
II-7-1 Règle N°1 : initialisation	30
II-7-2 Règle N2:franchissement d'une transition	30
II-7-3 Règle N 3: évolution des étapes actives	30
II-7-4 Règle N°4: Evolutions simultanées	31
II-7-5 Règle N°5: Activations et désactivations simultanées d'une même étape	31
II-8 Les Macro étapes	31
II -8-1 Définition Les Macro étapes	32
II -9 GRAFCET hiérarchisés	32
II -9-1 Définitions	32
II -9-2 Fonctionnement	33
II-10 Séquenceur	35
Conclusion	35

Introduction

Un système automatisé est un ensemble complexe qui fait intervenir des dispositifs mécaniques, des actionneurs électriques et pneumatiques, des automates programmables liés les uns autres par de nombreuses relations. Pour concevoir, fabriquer exploiter et dépanner ces systèmes, il est nécessaire d'en avoir une description détaillée, c'est le but du CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL.

Un cahier des charges fonctionnel (CdFC) est un document dans lequel est exprimé le besoin d'un demandeur en termes de fonctions et de contraintes.

En principe le cahier des charges fonctionnel précède la réalisation du système automatisé, mais pour notre cas l'unité de production choisie, SARL TAOUAB de production du plâtre, est déjà fonctionnelle, c'est pour cela qu'on se propose d'en donner une description globale ainsi que les contraintes et les exigences de fonctionnement.

Dans ce chapitre, nous décrirons l'entreprise d'une façon globale, puis nous présenterons avec plus de détails l'inventaire des différents actionneurs et machines qui la compose. Nous consacrerons la dernière partie au principe de fonctionnement, comportement général en cas d'anomalie et aux consignes de sécurité et instruction de maintenance.

III-1 Définition d'un cahier de charge fonctionnel

Le cahier des charges fonctionnel tel qu'il est décrit dans la norme X50.150 « Guide pour l'élaboration d'un cahier des charges fonctionnel », est un document qui exprime un besoin en termes de fonctions à réaliser et de contraintes à respecter. Il est de portée générale et s'applique aussi bien à la définition des produits les plus simples qu'à celles des installations les plus complexes. Des critères sont définis pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte est satisfaite. Le cahier des charges fonctionnel est constitué essentiellement de : [9]

III-1-1 La présentation générale du problème, en évoquant le produit dans son marché et dans son environnement ;

III-1-2 L'expression fonctionnelle du besoin, ou définition des fonctions à réaliser et des contraintes externes ;

III-1-3 Un cadre de réponses, pour évaluer toutes les propositions et les comparer.

III-2 Présentation d'une plâtrière Taouab « USINE AVT »

III-2 –1 Désignation du bien-fonds :

Le bien fonds dont s'agit appartient à La SARL TAOUAB sis à EL Hamel, route de M'diedel (Wilaya de M'sila), consistant en une unité de production de plâtre, édifée sur un terrain situé dans la zone d'Eldjebès commune d'EL Hamel (Daïra de Boussaâda, Wilaya de M'sila), [9].

- ❖ **Situation** : zone D'Eldjebès, route de M'djedel (Wilaya de M'sila) ;
- ❖ **Superficie totale** : 17950 m² ;
- ❖ **Forme géométrique** : uniforme.

III-2-2 Nature juridique et fondement de la propriété

L'unité dont s'agit appartient à La S.A.R.L TAOUAB propriétaire sis à El Hamel Bou-Saada (Wilaya de M'sila) de la façon suivante :

- ❖ Le terrain appartient au groupe communal N°04 selon le plan du conseil des notables du douar El Hamel, de surface dix sept mille neuf cent cinquante mètres carrée (17950 m²).
- ❖ Le terrain est devenu propriété de l'unité SARL TOUAB par achat auprès de la direction des biens de l'état de la wilaya de M'sila par acte administratif de désistement, rédigé par la direction des biens de l'état de la wilaya de M'sila en date du vingt huit janvier deux mille trois(28/01/2003) sous le N°03, enregistré et publié à la conservation des hypothèques de Boussaâda sous le dépôt N°06-192 en date du 08/06/2003, volume 44 Folio N°30,[9].

III-2-3 Description et composantes du bien fonds

L'unité objet de cette évaluation est située à El Hamel sur la route de M'djedel (Wilaya de M'sila), occupent une superficie totale de dix sept mille neuf cent cinquante mètres carrée (17950m²) et possède les infrastructures suivantes,[9] :

III-2-3-1- Bâtiments

- ❖ **Bloc administratif** : construit en dur sur R.D.C. Superficie couverte : 305,53m².
- ❖ **Bloc restaurant + vestiaire + sanitaire** : Construit en dur sur R.D.C. Surface bâtie : 224.31m².
- ❖ **Hangar en charpente métallique (atelier de réparation du matériel)** : Surface couverte : 249.60m² Hauteur sous plafond : 5.50m.
- ❖ **poste de police** : construit en dur sur (R.D.C+1) Surface bâtie : 39.81m².
- ❖ **Unité de production de Gypse** : composée de trois grandes parties, [9].

- **Unité de préparation de gypse** : composée deux zones :

- **Zone (1) de concassage** : occupe une superficie de 55m², réalisée en dur (la couverture en charpente métallique).
- **Zone (2)** : occupe une surface de 173.75m², réalisée en dur. Abrite les tapis roulants, les vibreurs, l'élévateur à godet et le silo de stockage de la matière première brute.

- **Unité Salle de commande des machines** : Occupe une superficie de 36m², réalisée en dur.

- **Unité de production et d'ensachage** : abrite tous le matériel nécessaire pour la calcination et l'ensachage du plâtre. Surface bâtie : 291m² et Hauteur sous plafond : 14m, Réalisée en dur, la couverture en charpente métallique.

- ❖ **Nouveau hangar construit en charpente métallique** : Superficie couverte : 1600m² Hauteur sous plafond : 6.20 m

III-2-3-2 Eau et aménagements

- ❖ **Ressources en eau** :

- Un forage de puits : profondeur 120 m

- Bassin de stockage des eaux (ouvert) : contenant une citerne métallique de capacité 60.000 litres.

❖ **les Murs**

Mur de clôture en maçonnerie de 20cm d'épaisseur, et de 575m de longueur Hauteur moyenne de 3.00m, [9].

III-3 Le produit obtenir

Le produit obtenu est plâtre, Le plâtre est une matière de construction triée utilisable, il est obtenue à partir de roche plâtre, il utilise la plate interne de mur et au plafond, [9].

III-4 inventaire physique des équipements et machines « usine AVT »

La liste nominative des équipements est introduit car les références de ces derniers sont utilisées dans la solution Grafcet et programmation, voir l'annexe, [9].

III-5 Descriptif du fonctionnement

III-5-1 répartition des tâches

L'installation est composée d'une unité de préconcassage, d'un four rotatif grâce auquel les matériaux bruts introduits à travers une bascule et bandeuse sont calcinés avant d'être réduits en pièces par un broyeur et emballés dans des sacs.

En cas de coupure de courant, un générateur devrait reprendre automatiquement l'alimentation de la commande auxiliaire du four rotatif. Ce dispositif doit être à la disposition par le client. Le foyer créant la chaleur nécessaire au four rotatif est alimenté au gaz naturel.

L'air comprimé et l'air de réglage des pièces de l'installation seront apportés par une installation à l'air comprimé sur le site, [9].

III-5-2 Descriptif de la structure de commande

La commande des pièces de l'installation est répartie entre :

- Armoire DG10 Pièces de commande de l'unité de broyage et de calcination
- De armoire DG2 à DG7 Pièces de puissance de l'unité de broyage et de calcination

La commande de l'ensemble de l'installation est effectuée grâce au système de visualisation PROCOM-WIN à partir d'un ordinateur/station de commande d'un poste de contrôle centralisé.

Le raccordement des appareils de terrain et des éléments de puissance au système de commande est effectué à travers un SINEC L2-DP Profibus (Process Field Bus), [9].

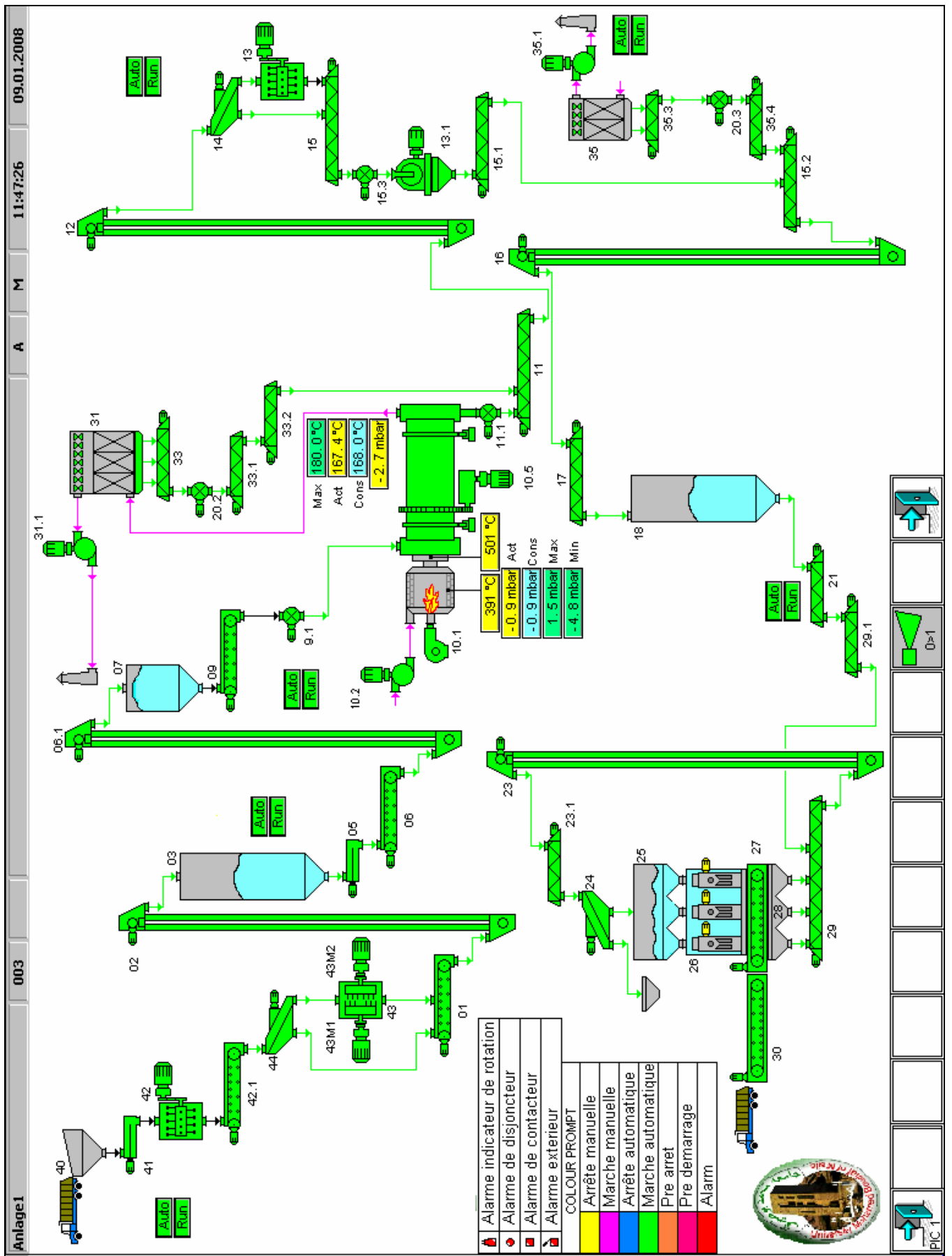


Figure.III.1 Schéma synoptique de l'installation affiché sur l'écran.

III-5-3 Descriptif de l'écran de visualisation et de son utilisation

Stuart PIC 1

Après avoir allumé l'ordinateur et lancé le logiciel de visualisation PROCON WIN, l'écran d'accueil Stuart PIC 1 apparaît, il est de là possible de passer aux différents écrans du processus.

Sur cet écran se trouvent aussi les boutons pour LOG IN, LOG OUT, la modification du mot de passe et l'appel du journal. Il est possible à travers le journal de retracer toutes les actions effectuées à travers l'écran de visualisation au cours des derniers 180 jours.

L'utilisateur s'enregistre dans le système grâce au bouton LOG IN. Un mot de passe est demandé lors de l'enregistrement. Après avoir entré le bon mot de passe, l'utilisateur est inscrit à son niveau d'autorisation de l'utilisateur a déjà été déterminé auparavant par l'administrateur (plus grand niveau d'autorisation > 3).






Les niveaux suivants d'autorisation possibles :

- Niveau d'autorisation 0 Il est seulement possible de changer les écrans ;
- Niveau d'autorisation ½ Il est possible d'allumer et d'éteindre en mode automatique ;
- Niveau d'autorisation Il est possible d'allumer et d'éteindre en mode automatique ou manuel, possibilité de modifier les valeurs du processus ;
- Niveau d'autorisation 4/ >4 Utilisation possible sans restrictions, [9].



Installation 1PIC 2

L'installation à four rotatif est en principe composée des unités suivantes :


- l'unité de préconcassage, pos. 41 à 03 ;
- l'unité de distribution avant traitement thermique (le remplissage du silo), pos 05 à 07 ;
- l'unité de traitement thermique (l'alimentation du four rotatif), pos 9 et 9.1, le four rotatif avec le brûleur, pos 10, 10.1, 10.5 et 10.6, le filtre, pos. 31 et 31.3 et les ventilateurs pos. 10.2 et 31 ;
- l'unité de broyage, pos 11 à 18, le filtre à gaz de combustion pos. 33 à 33.2 et le silo d'urgence, pos. 12.2 et 12.4 ;
- l'unité de dépoussiérage, pos. 35 à 35.4 ;
- l'unité d'ensachage (conditionnement) pos. 21 à 30.

Chacune des unités citées peut être passée en mode automatique à travers le bouton « AUTO» . Les symboles de la machine appartenant à cette unité deviennent bleus, . Il est ensuite possible d'allumer l'unité concernée à travers le bouton « RUN»  . Apparaissant les symboles de la machine sur écran de visualisation passent en vert, .

Lors de l'allumage de l'unité en mode automatique, tous les verrous de démarrage sont actifs. Un signal de démarrage retentit aussi avant la mise en route.

Dans le cas où le bouton « AUTO» n'a pas été activé , l'unité se trouve en arrêt. Les symboles de la machine sur l'écran de visualisation deviennent jaunes .

Le signal de démarrage devait être actionné manuellement avant chaque allumage l'unité. Le bouton correspondant pour l'activation de l'avertisseur se trouve dans la barre des tâches en bordure inférieure de l'écran de visualisation. Là bas se trouvent aussi le bouton pour les acquiescer les messages d'anomalie existants.

En cas d'anomalie, le symbole machine sur l'écran de visualisation passe au rouge  et un autre symbole clignotant apparaît, lequel affiche la cause de l'anomalie.

- Anomalie alarme disjoncteur du moteur
- Anomalie alarme de contacteur
- Anomalie alarme indicateur de rotation
- Anomalie externe (fusible, câble d'arrêt d'urgence, inducteur de surcharge)

En complément des champs d'entrée et de sortie valeurs du processus se trouve à l'écran du moniteur :



Champ d'entrée des paramètres de température ;



Champ d'entrée de la pression ;



Champ de sortie des tonnes par heure ;



Champ de sortie de la pression .

Dans le cas de certain paramètre, il est nécessaire d'entrer des valeurs extrêmes. Ces valeurs extrêmes sont entrées dans les champs de saisi des valeurs extrêmes.



Champ des valeurs extrêmes de la température ;



Champ des valeurs extrêmes de la pression ;

Les fonctions suivant sont en particulier effectuées :

- Lors du dépassement des valeurs extrêmes de la température de sortie du four, le four est éteint et ne se laisse se rallumer que lorsque la température de sortie du four se trouve à 10°C au dessous de la valeur extrême entrée,[9].
- Lors du dépassement des valeurs minimales ou maximales de la pression de la chambre de combustion, le four est éteint et ne se laisse se remettre en service que lorsque la pression au sein de la chambre de combustion se retrouve dans la zone entre la pression minimale et la pression maximale, [9].

La mise en service des unités individuelles de l'installation est effectuée en :

- Actionnant le bouton AUTO de l'unité concernée ;
- Actionnant le bouton RUN y apparaissant ;

Les machines tournent ensuite dans l'ordre respectif. Pour arrêter la machine, actionnez simplement une nouvelle fois le bouton « RUN ». De cette manière, l'unité sera stoppée après une période de marche en inertie correspondante. Les périodes de marche en inertie sont différents pour chaque unité et peuvent durer plusieurs heures comme dans le cas des ventilateurs 31.1 et 10.2, [9].

III-5-4 Comportement général en cas d'anomalie

Dans le cas où une anomalie intervient sur une machine lors du fonctionnement automatique, toutes les machines précédentes s'arrêtent automatiquement. Les machines suivantes continuent à marcher. Une fois que l'anomalie est éliminée et que l'acquiescement a été fait à l'écran de visualisation, toutes les machines se remettent en marche sans aucun autre avertissement. C'est pourquoi, il faut absolument veiller que lors de tout travail d'ordre mécanique ou électrique, le disjoncteur de protection du moteur ou tout autre coupe-circuit soit coupé et verrouillé contre toute remise en marche. Dans ce cas, les machines ne se remettent pas en marche même après l'acquiescement de l'anomalie à l'écran de visualisation. Une fois qu'il est assuré que tous les travaux soient terminés et que tous les dispositifs de protection soient remis en place le disjoncteur du moteur ou les coupe-circuits peuvent être remis en place et l'anomalie peut être acquiescée à l'écran de visualisation. Toutes les réglementations nationales et internationales de sécurité concernant les machines et des installations sont à respecter. Il est cependant absolument recommandé d'effectuer un avertissement de démarrage avant l'acquiescement de l'anomalie, [9].

III-5-5 Arrêt pour anomalie à travers l'alarme du disjoncteur

Dans le cas où une anomalie intervient en raison d'un manque de réponse du disjoncteur de protection du moteur, la marche suivante est à suivre, [9]:

- Contrôlez si la transmission de la machine est bloquée de manière mécanique ;
- Si la transmission n'est pas bloquée et laisse se tourner à la main (au niveau des ailettes de ventilation du moteur) rallumer une nouvelle fois la machine est contrôlé le courant pendant la marche de la machine ;
- Si le courant du moteur est trop élevé, mesurer la résistance du moteur. Si nécessaire, remplacer le moteur ;
- Si le courant du moteur est correct, dans ce cas contrôler le réglage du disjoncteur de protection du moteur ;
- Si nécessaire remplacer le disjoncteur de protection du moteur ;
- Si aucune anomalie ne peut être déterminée, contrôlez le raccordement du câble du disjoncteur de protection du moteur au programmeur ;
- Contrôlez l'alimentation électrique en 24V DC du programmeur ;
- Si nécessaire, remplacer la carte d'entrée du programmeur.

III-5-6 Arrêt pour anomalie à travers l'alarme du contacteur

Dans le cas où une anomalie intervient en raison du manque de réponse du contacteur, la marche suivante est à suivre, [9]:

- Contrôlez si le contacteur est tiré lors de la mise en route de la transmission ;
- Si le contacteur est tiré, contrôlez le contact de réponse au contacteur ;
- Si le contact est fermé, contrôlez le raccordement du câble pour la réponse au programmeur ;
- Si le raccordement du câble est OK, contrôlez l'alimentation en 24V DC du programmeur ;
- Si nécessaire remplacer la carte d'entrée du programmeur ;
- Si le contacteur ne tire pas, contrôlez que le raccordement du câble de la carte d'entrée au contacteur ;

- Si le raccordement de câbles est O.K, contrôlez l'alimentation en 24V DC du programmeur ;
- Si nécessaire, remplacer la carte d'entrée du programmeur.

III-5-7 Arrêt pour anomalie à travers une alarme externe

Une alarme externe peut avoir de différentes causes, [9].

- ❖ Lors de transmissions câble de protection :
 - Problème de fusibles ;
 - Alarme externe comme une ligne de coupure d'urgence, un interrupteur de mauvais fonctionnement ou un contrôleur de surcharge ;
- ❖ Lors de transmissions disposant d'un démarreur au ralenti :
 - Problème de fusibles

Dans le 1^{er} Cas :

- ❖ Contrôlez les fusibles et les remplacer si nécessaire ;
- ❖ Répondre à l'anomalie externe comme celui de la ligne d'arrêt d'urgence, de l'interrupteur de mauvais fonctionnement ou de l'indicateur de surcharge ;
- ❖ Si les fusibles sont O.K., contrôlez le raccordement des câbles pour la réponse au programmeur ;
- ❖ Si le raccordement de câbles est OK, contrôlez l'alimentation électrique du programmeur ;
- ❖ Si nécessaire remplacer la carte d'entrée du programmeur ;
- ❖ Si les causes externes ont été éliminées, contrôler le raccordement des câbles pour la réponse au programmeur ;
- ❖ Si le raccordement de câbles est OK, contrôlez l'alimentation électrique du programmeur ;
- ❖ Si nécessaire, remplacer la carte d'entrée de la programmation.

III-5-8 Interruption ou arrêt pour anomalie du brûleur 10.1

Le brûleur est étroitement surveillé par un propre système de commande, le gestionnaire de chauffage

Seul un signal d'anomalie général sera envoyé à l'écran de visualisation, Les messages d'anomalie plus détaillés sont affichés sur l'écran local de la commande du brûleur.

En cas de panne du brûleur, les messages sont à analyser et la conduite est à suivre selon les recommandations du constructeur (la documentation est disponible en allemand et en français).

Un message sera simplement issu par un signal externe.

Dans le cas où l'écran du gestionnaire de chauffage afficherait « arrêt pour anomalie à travers une coupure de la chaîne de sécurité » les points suivants sont à contrôler.

Est-ce que le ventilateur d'air secondaire est allumé et est-ce le contrôleur du courant d'air affiche un courant d'air suffisant (la fréquence du ventilateur d'air secondaire 10.2 doit au moins représenter 30%, dans le cas contrôleur de courant d'air met le brûleur en position d'anomalie).

Est-ce que le contrôleur externe de température a réagi pour la protection des tuyaux de filtrage. Dans ce cas les deux DEL du contrôleur de température dans l'armoire de commande brillent et doivent être manuellement acquittées au niveau de l'appareil.

Une autre possibilité pour laquelle le brûleur est arrêté est que les températures de sortie du four dépassent les températures maximales définies à l'écran de visualisation. Ce message disparaît automatiquement lorsque la température de sortie repasse à 10°C en dessous de la valeur maximale programmée. Ensuite, il est possible de redémarrer le brûleur.

De même, le brûleur est arrêté lorsque la dépression dans la chambre de combustion dépasse les valeurs minimales ou maximales réglées. Si la valeur de dépression de la chambre de combustion se trouve de nouveau dans le domaine prédéfini, le brûleur se laisse de nouveau se rallumer. Ces deux cas conduits simplement à un arrêt du brûleur mais non à un message d'anomalie, [9].

III-5-9 Couper ou mettre au repos l'installation en cas de coupure de courant

Deux types de coupure de courant peuvent apparaître. D'un côté, le coupure de l'alimentation en courant peut être de courte durée et d'un autre côté l'alimentation en courant peut être interrompue pour un plus longue période. Dans les deux cas, il faut réagir différemment.

En principe, lors d'une coupure de courant, tous les boutons RUN toutes comme les périodes de fonctionnement en inertie (à part les périodes de fonctionnement en inertie des ventilateurs 10.2 et 31.1) sont si automatiquement réinitialisés. Il est ainsi de cette manière évité un rallumage incontrôlé de la machine.

De même, la trappe 31.4 sera automatiquement ouverte.

Les boutons AUTO des régulateurs PID du brûleur 10.2 et du ventilateur 31.1 sont aussi réinitialisées en cas de coupure de courant.

Dans le cas d'une courte coupure de courant (<30 secondes) il est possible de réactiver la tension d'entrée en actionnant la touche «MARCHE» du DG 10

ATTENTION : lors de la remise en marche de la tension d'entrée et de l'acquiescement du message d'anomalie à l'écran de visualisation, le four rotatif avec sa commande auxiliaire (si la température de sortie du four >80°C) et les ventilateurs 10.2 et 31.1 se remettront automatiquement en marche. Les deux ventilateurs tournent de nouveau aux valeurs prescrites. Il est ainsi assuré que le four n'est soumis à aucun façonnage à chaud est que l'air chaud soit extrait du four.

Ceci est effectué sans aucun nouvel avertissement de démarrage. La trappe 31.4 est refermée. Toutes les autres machines doivent être rallumées en activant le bouton RUN. Il est conseillé de vider auparavant le broyeur en pos. 42 et le broyeur à cylindres en pos. 43.

Une fois que les anomalies de l'armoire du commande du brûleur apparues à travers la coupure de courant ont été acquittées, le brûleur peut être relancé et l'installation peut être mise en route.

Dans le cas d'une coupure de courant de longue durée le générateur doit être mise en route sans perdre de temps et la commande auxiliaire du four rotatif et à actionner manuellement. L'ordinateur peut

être éteint et ensuite l'alimentation contenue en courant de l'ordinateur et du programmeur doit être coupée. Après le retour de la tension redémarrer normalement l'installation, [9].

III-6 Consignes de sécurité et instruction de maintenance

III-6-1 Consignes de sécurité

Utilisation conforme à son application

Les installations électriques et l'outillage ont été construits de manière sûre selon le niveau de la technique et prennent en compte les réglementations concernées (DIN-VDE, VBG4, UV). Cependant, si vous ne l'utilisez pas de manière adéquate ou conformément à son application, il peut en découler des risques. Le constructeur ne porte aucune responsabilité en cas de dommages issus d'une utilisation inappropriée ou non conforme à son application. Des modifications ou des réparations sur les installations électriques ou sur l'outillage ne doivent être effectuées que lorsque la notice d'utilisation le permet expressément.

Les installations électriques ou les outillages endommagés pouvant porter un danger ne doivent pas être mis en service et sont à signaler comme étant défectueux. Lors du fonctionnement d'installations électriques et d'outillages, certaines pièces sont soumises obligatoirement à une tension dangereuse. Un maniement incorrect, le fait de retirer ou d'ouvrir les capots et les portes nécessaires, une mauvaise installation et un mauvais emploi des installations électriques et de l'outillage peuvent ainsi conduire à la mort ou à de graves dommages corporels tout comme à de très importants dommages matériels,[9].

▪ Montage est mise en service

Le transport , le montage , le raccordement électrique , la mise en service, des modifications ou la maintenance des installations électriques et de l'outillage ne doivent être effectués que par un personnel spécialisé et instruit autorisé à cela par l'exploitant et selon les réglementations DIN-VDE , VBG4 et UW ainsi que des règles de sécurité correspondantes. Le personnel spécialisé doit avoir lu et avoir compris cette description tout comme les descriptions et/ou les notices d'emploi de l'appareil et suivre ces consignes. Il doit être particulièrement assuré lors du service que les pièces conductrices pouvant être touchées lors de travaux de montage ou de maintenance et n'étant pas mis à l'abri d'un tel contact soit mises hors tensions. Le contact avec des pièces sous tension, même après la coupure du réseau, peut conduire à de sévères blessures ou même mortelles. C'est pourquoi il est nécessaire d'attendre pendant une période d'au moins quatre minutes après la coupure du réseau avant de toucher à de telles pièces.

Les installations électriques et l'outillage contiennent des composants à danger électrostatique, lesquels peuvent être facilement endommagés par un maniement incorrect.

De manière à assurer la fiabilité, seules des pièces de rechange d'origine doivent être utilisées. Les instructions de montage et de démontage dans la description de l'installation, les descriptions et/ou les notices d'emploi de l'outillage ou tout autre documentation livrée sont à respecter, à mettre à jour en cas de modification et à garder à portée de main pour de travaux ultérieurs de maintenance, de modification ou d'aménagements, [9].

III-6-2 Utilisation des installations électriques et de l’outillage

Les installations électriques et l’outillage ne doivent être utilisés que par un personnel autorisé et instruit par l’exploitant de l’installation. Les consignes de cette description et dans les descriptions individuelles et /ou dans la notice d’emploi de l’appareil sont à respecter, [9].

III-6-3 Maintenance et contrôle des installations électriques et de l’outillage

L’exploitant doit s’assurer que l’état correct des installations électriques et l’outillage soient contrôlés.

- ❖ par un électricien ou sous la conduite et la surveillance d’un électricien avant la première mise en service et , après une modification ou un acte de maintenance, avant la remise en service ;
- ❖ à des intervalles réguliers.

Les délais sont à calculer de telle manière que l’apparition de défaillances sur lesquelles il doit être compté puisse être décelée à temps.

Lors de contrôles les règles électrotechniques s’y rapportant sont à respecter.

Installations /Outillage	Délai de contrôle	Type de contrôle	Contrôleur
	Avant la première mise en service	État correct si aucune attestation du constructeur n’est disponible	Électricien ou sous la surveillance et la supervision d’un électricien
	Après une modification ou un acte de maintenance	État correct si aucune attestation du constructeur n’est disponible	
Installations électriques et outillage électrique fixe.	au moins tous les 4 ans	État correct	électricien
Outillage électrique mobile, câbles de prolongation ou de raccordement de l’appareil ainsi que leurs attaches	Au moins tous les 6 mois (si utilisé)	État correct	Électricien, aussi personne instruite en électricité en cas d’utilisation d’appareils de contrôle appropriés
Mesures de sécurité avec dispositifs de protection contre les courts-circuits dans le cas d’installations mobiles	Au moins une fois par mois	Pour leur efficacité	
Dispositifs de protection contre les courts-circuits et les tensions de défaut dans le cas d’installations fixes et mobiles	Au moins tous les 6 mois en journées de travail	A un fonctionnement sans problème grâce au déclenchement du dispositif de contrôle	utilisateur

Vêtements protecteurs isolants	Au moins tous les 6 mois (si utilisé)	fonctionnement sans problème du point de vue de la sécurité	électricien
	Avant chaque utilisation	En cas de dommages visibles à l'œil	utilisateur
Détecteur de tension, outillage isolant, dispositif de protection isolante et barres de commande et de mise à la terre	Avant chaque utilisation	En cas de dommages visibles à l'œil et pour un fonctionnement sans problèmes	utilisateur
Détecteur de tension pour tensions nominaux supérieurs à 1 KV	Au moins tous les 6 ans	Au respect des valeurs limites définies dans les réglementations électrotechniques	électricien
Appareils de mesure	Selon l'appareil (voir les instructions de maintenance du constructeur)	Calibrage, nettoyage de la sonde, contrôle visuel	utilisateur
Systèmes d'alarme TeleNot	Au moins tous les 6 mois	Déclenchement d'un signal d'alarme ; contrôle de la batterie	utilisateur
Alimentation contenue en courant (USV)	Une fois par an	Simulation d'une coupure de réseau, contrôle de la batterie	utilisateur
Appareil d'automation	Au moins tous les 2 ans	Contrôle de la batterie	utilisateur
Détecteur de gaz	Au moins une fois par an (selon UW Gaze)	Contrôle selon UW Gaze, § 56a	expert
Contrôle de l'isolation	Au moins une fois par mois	Déclenchement en actionnement la touche de contrôle	utilisateur
Interrupteur préférentiel du groupe de commande	A chaque inspection de la machine	Activer pour un changement de la tension de base	utilisateur
Dispositif de compensation	Une fois 4 semaines après la en service, ensuite chaque année	Raccords mécaniques et électriques ; état et fonctionnement des protections ; contrôle du dispositif de déchargement	électricien

Tableau de sécurité et instruction de maintenance

Conclusion

La commande des processus industriels d'entreprise montée avec système automatisé complexes a généré plusieurs difficultés de mise en service ou arrêt à cause de contenant quelques solutions manuel pour cela l'entreprise se trouve obligé de s'orienter vers des solutions plus automatisé qui offrent beaucoup plus de facilité de mise en service ou arrêt, et nécessitent moins d'intervention humaine.

Pour ces raisons, nous consacrerons le chapitre suivant aux différentes solutions envisageables qui répendent au cahier des charges fonctionnel.

INTRODUCTION	36
III-1 DEFINITION D'UN CAHIER DE CHARGE FONCTIONNEL.....	36
III-1-1 LA PRESENTATION GENERALE DU PROBLEME, EN EVOQUANT LE PRODUIT DANS SON MARCHE ET DANS SON ENVIRONNEMENT.....	36
III-1-2 L'EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN, OU DEFINITION DES FONCTIONS A REALISER ET DES CONTRAINTES EXTERNES ;.....	36
III-1-3 UN CADRE DE REPOSES, POUR EVALUER TOUTES LES PROPOSITIONS ET LES COMPARER.	36
III-2 PRESENTATION D'UNE PLATRIERE TAOUAB « USINE AVT ».....	36
III-2-1 DESIGNATION DU BIEN-FONDS :	36
III-2-2 NATURE JURIDIQUE ET FONDEMENT DE LA PROPRIETE.....	37
III-2-3 DESCRIPTION ET COMPOSANTES DU BIEN FONDS	37
<i>III-2-3-1- Bâtiments</i>	<i>37</i>
<i>III-2-3-2 Eau et aménagements.....</i>	<i>37</i>
III-3 LE PRODUIT OBTENIR	38
III-4 INVENTAIRE PHYSIQUE DES EQUIPEMENTS ET MACHINES « USINE AVT »	38
III-5 DESCRIPTIF DU FONCTIONNEMENT.....	38
III-5-1 REPARTITION DES TACHES	38
III-5-2 DESCRIPTIF DE LA STRUCTURE DE COMMANDE	38
III-5-3 DESCRIPTIF DE L'ECRAN DE VISUALISATION ET DE SON UTILISATION	40
III-5-4 COMPORTEMENT GENERAL EN CAS D'ANOMALIE	42
III-5-5 ARRET POUR ANOMALIE A TRAVERS L'ALARME DU DISJONCTEUR	42
III-5-6 ARRET POUR ANOMALIE A TRAVERS L'ALARME DU CONTACTEUR	42
III-5-7 ARRET POUR ANOMALIE A TRAVERS UNE ALARME EXTERNE.....	43
III-5-8 INTERRUPTION OU ARRET POUR ANOMALIE DU BRULEUR 10.1	43
III-5-9 COUPER OU METTRE AU REPOS L'INSTALLATION EN CAS DE COUPURE DE COURANT.....	44
III-6 CONSIGNES DE SECURITE ET INSTRUCTION DE MAINTENANCE.....	45
III-6-1 CONSIGNES DE SECURITE.....	45
III-6-2 UTILISATION DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES ET DE L'OUTILLAGE	46
III-6-3 MAINTENANCE ET CONTROLE DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES ET DE L'OUTILLAGE.....	46
CONCLUSION	48

Introduction

Pour concevoir, réaliser et exploiter un automatisme, il est indispensable d'en décrire le comportement. Les outils ou langages qui permettent cette description peuvent, au choix, être littéraux symboliques ou graphiques. Il est important de connaître ces outils qui se complètent pour permettre une expression claire.

Après une étude approfondie du cahier des charges, nous avons optés pour la solution graphique GRAFCET, qui s'applique à tout système logique de commande d'automatisme industriel, quelle qu'en soit la technologie (électrique, électronique, pneumatique), que cette commande soit câblée ou programmée.

C'est dans cet état d'esprit que s'inscrit nôtre quatrième chapitre, à savoir trouver les solutions GRAFCET des différentes tâches qui compose l'unité de production du plâtre.

Dans ce chapitre, nous décrirons l'automate choisi, les différentes parties qui le constitue ainsi qu'une présentation du logiciel qui permet sa configuration et sa programmation, puis nous présenterons avec plus de détails le GRAFCET différentes tâches qui composent la chaîne de production. Nous consacrerons la dernière partie à la programmation de la tâche de préconcassage toute faisant intervenir les ordres de forçages et d'initialisation émanant des Grafcet de sécurité, d'initialisation et de coordination des tâches. Pour répondre à ces exigences on a choisit le matériel Siemens, [11].

IV-1- Présentation de l'automate

La famille Simatic, est une branche issue de la société mère Siemens, qui est parmi les firmes innovatrice dans le domaine de la production et le développement des produits destinés pour l'automatisation industrielle. Elle offre plusieurs gammes. D'automates programmables industriels, parmi lesquelles on cite S7-200, S7-300 et S7-400, [11].

IV-1.1 Choix d'automate

A près une analyse bien détaillée et recensement des Entrées/Sorties de chaque tache de l'usine, on a plus de 320 Entrées et de 140 Sorties. En se référant à ces nombre, au matériel (automate) existant au sein de l'unité et les possibilités d'extensions de cette dernière, nôtre choix partir parmi l'éventail des automates S7-200, S7-300, S7-400. On a choisit l'automate S7-400 car, il répond bien aux spécifications propres de l'usine.

IV-1-2 Automate S7- 400

Le S7-400 est un automate programmable. Pratiquement chaque tâche d'automatisation peut être résolue par un choix approprié des constituants d'un S7-400. il a haute performance pour les applications de moyenne et haute gamme, possibilité d'extension à plus de 300 modules.

Les modules S7-400 se présentent sous forme de boîtiers que l'on adapte sur un châssis. Des châssis d'extension sont à disposition pour faire évoluer le système. La figure (IV.1) présente automate S7-400, [12].

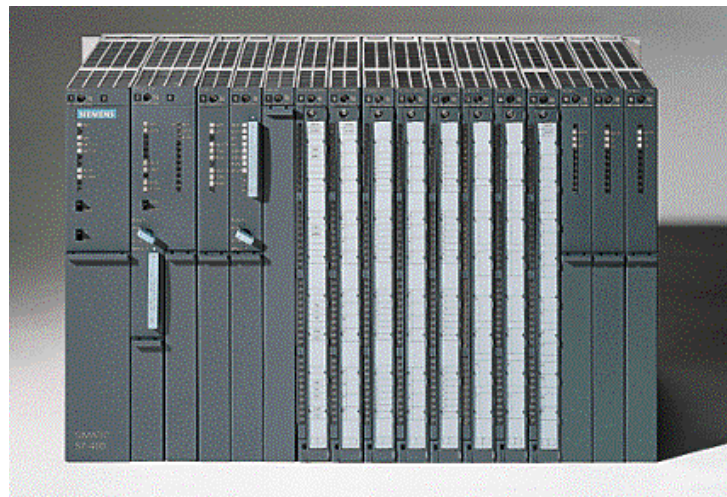


Figure.IV.1 Automate S7-400.

IV-1-3 Architecture de l'automate S7-400

L'automate S7-400 comprend les composants suivants, [12]:

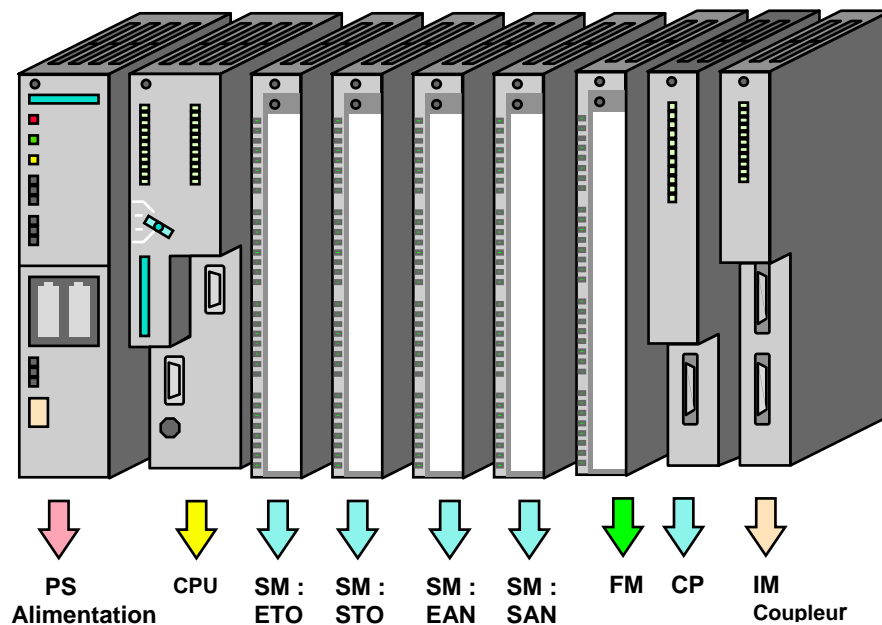


Figure.IV.2 Architecture de l'automate S7-400.

IV-1-3-1 Rail profile

L'alimentation électrique, la CPU, la carte de couplage IM et 8 modules des signaux maximal sont montés sur le rail profile, [12].

IV-1-3-2 Alimentations (PS)

Le module d'alimentation délivre sous une tension 24V un courant de sortie assigne de 2A, 5A et 10A. La tension de sortie, à séparation galvanique, est protégée contre les courts circuits et la marche à vide. Une LED indique le bon fonctionnement de module d'alimentation. Un sélecteur permet de sélectionner la valeur de la tension primaire (120/230V), [12].

IV-1-3-3 Unité centrale (CPU)

La CPU regroupe les éléments suivants en face avant, [12]:

- Signalisation d'état et de défaut;
- Commutateur à clé amovible à 4 positions;
- Raccordement pour tension 24V;
- Interface multipoint MPI pour console de programmation ou couplage à un autre système d'automatisation;
- Compartiment pour pile de sauvegarde ;
- Logement pour carte mémoire.

IV-1-3-3-1 Présentation de la CPU S7- 400

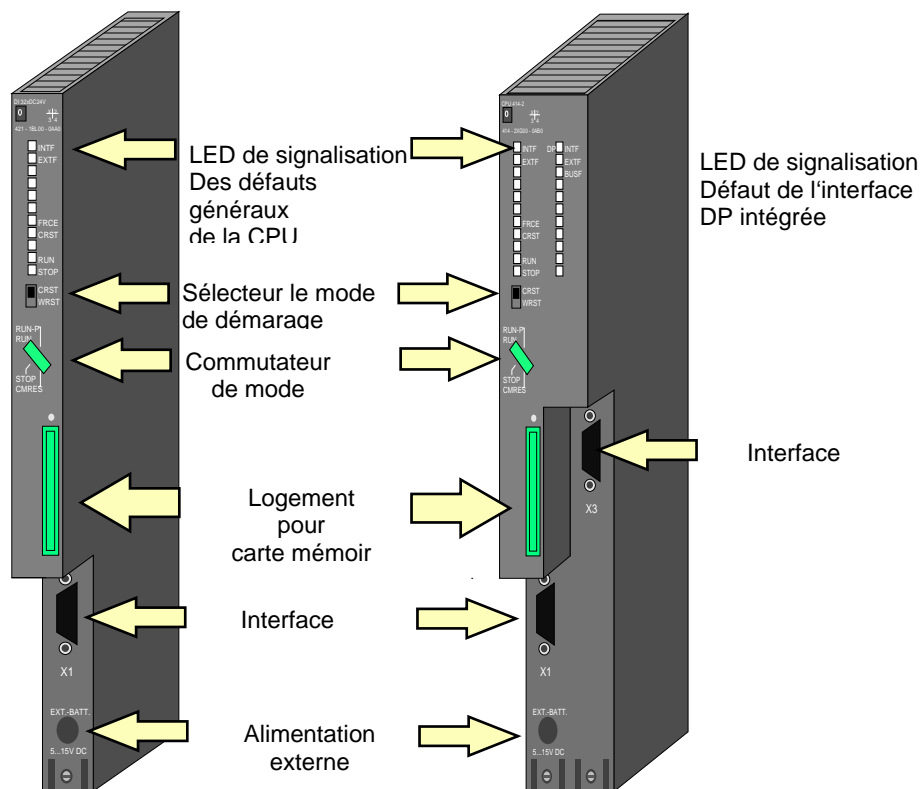


Figure.IV.3 Présentation de la CPU S7- 400.

IV-1-3-4 Module de signaux (SM)

Ces modules sont sélectionnés en fonction de la plage de la tension d'entrée ou de la tension de sortie, [12].

- Module ETOR : 24V=,120/230V ~ ;
- Module STOR : 24V=, relais ;
- Module EANA : tension, courant, résistance, thermocouple...;
- Module SANA : tension, courant.

IV-1-3-5 Modules de fonction (FM)

Les modules de fonction offrent “ des fonctions spéciales “: comptage, positionnement et régulation, [12].

IV-1-3-6 Modules de communication (CP)

Processeur de communication pour le système de bus PROFIBUS, [12].

IV-1-3-7 Carte couplage (IM)

Les coupleurs permettent de disposer d'une configuration à plusieurs châssis, [12].

IV-2 Représentation de logiciel step7

Step7 est le nom du logiciel de programmation pour les systèmes SIMATIC S7/M7 permettant de configurer et de programmer les automates programmables SIMATIC S7-300/400 et les systèmes d'automatisation SIMATIC M7-300/400, ainsi que les systèmes intégrés compact C7.

Step7 est constitué d'un logiciel de base et de logiciels optionnels s'exécutant sous système D'exploitation, [10].

Le logiciel de base step7 nous assiste dans toutes les phases du processus de la création de nos solutions d'automatisation, comme par exemple :

- création et gestion de projets;
- configuration et paramétrage du matériel et de la communication;
- gestion de mnémoniques;
- création de programmes pour systèmes cibles S7;
- chargement de programmes dans des systèmes cibles;
- test de l'installation d'automatisation;
- diagnostic lors de perturbations de l'installation.

La conception de l'interface utilisateur du logiciel step7 répond aux connaissances ergonomiques modernes et son apprentissage est très facile.

L'extension du logiciel de base peut être réalisée à l'aide de logiciels optionnels regroupés dans les trois catégories de logiciels suivant, [10]:

- Applications techniques : Elles comportent des langages de programmation évolués et des logiciels à orientation technologique;
- Logiciels exécutables : ils englobent des logiciels exécutables directement utilisables dans le processus de production;
- Interfaces homme / machine (Humain machine interfaces ; HMI): elles désignent des logiciels spécifiques au contrôle –commande.

IV-2-1 Les langages de programmation nécessaire

Le langage de programmation dispose de plusieurs modes de représentation, selon les goûts et l'état des connaissances. En respectant certaines règles, le programme peut être conçu sous forme de liste d'instructions puis converti en un autre mode de représentation, [8].

Pour créer un programme S7, nous disposons dans STEP 7 quatre langages principaux de programmation CONT, LIST, LOG et SFC.

- **CONT** (Schéma à **CON**Tact) : Pour l'habitué des schémas électriques.

Ce mode de représentation convient particulièrement à tous les familiers de la technologie des contacteurs, (Fig.IV.4) [8].

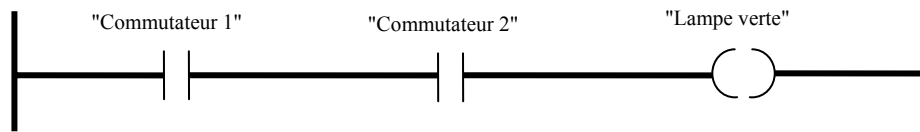


Figure.IV.4 Programmation avec langage CONT.

- **LIST** (**LISTE** d'instructions) : Pour l'informaticien.

Ce mode de représentation est particulièrement destiné aux programmeurs qui maîtrisent déjà d'autres langages de programmation (Fig.IV.5), [8].

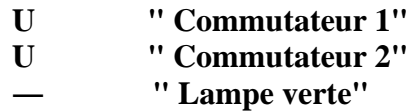


Figure.IV.5 Programmation avec langage LIST.

- **LOG** (**LOG**igramme) : Pour le spécialiste des circuits ou le programmeur préférant les opérations logiques.

Le Logigramme est un langage de programmation graphique qui utilise des boîtes logiques. Le symbole placé dans la boîte définit la fonction à manipuler par exemple & (opération logique ET). Ce mode de représentation permet à des non programmeurs, par exemple des spécialistes des procédés industriels, d'accéder à la programmation, (Fig.IV.6), [8].



Figure.IV.6 Programmation avec langage LOG.

- **SFC** (**S**quential **F**unction **C**hart) Pour Programmation graphique

Le langage SFC (sequential function chart), ou GRAFCET, est un langage graphique utilisé pour décrire les opérations séquentielles, (fig.IV.7), [8].

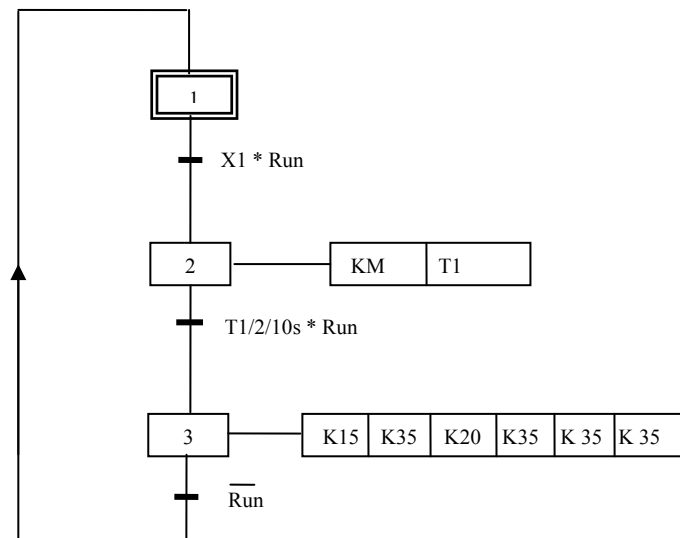


Figure.IV.7 Programmation avec langage SFC.

IV-3 Présentation de console de programmation

La console de programmation est partie de commande assure le dialogue entre l'opérateur et l'automate, enregistrement du programme et transfert dans l'automate .Elle conçu pour s'intégrer aux diverses techniques d'automatisation. Ses caractéristiques, sa conception ergonomique et ses équipements en font une console particulièrement bien adaptée à la maintenance ainsi qu'à la conception/ programmation, au test et à la mise en service des automates programmables. La figure (IV.8) présente Consoles de programmation, [11].

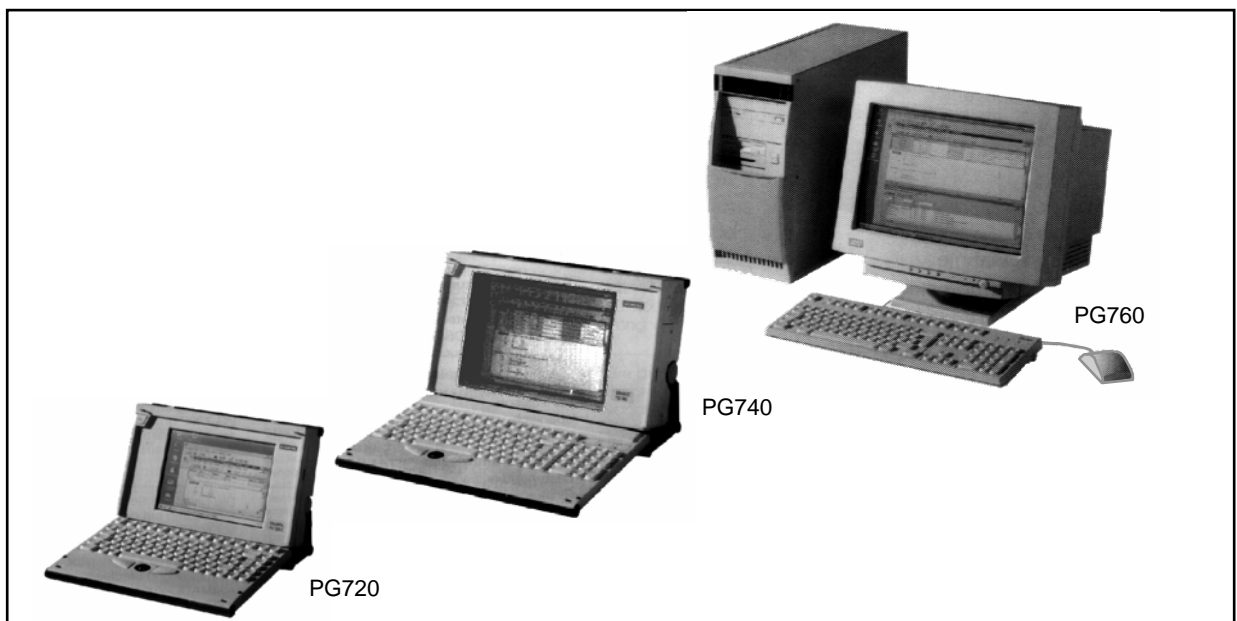


Figure.IV.8 Console de programmation.

IV-4 Matériel utilisé

Les choix du matériel est base d'une part, sur les équipements déjà existant au de l'entreprise, et d'autre part sur le nombre Entrées/Sorties et sur la valeur de la tension d'alimentation au niveau de l'armoire de commande. Les équipements choisis sont :

- 01 alimentation : PS 407 10A ;
- 01 unité de traitement : CPU 414-2 ;
- 04 modules de Entrées digitale : DI 32. DC 24V ;
- 01 modules de Entrées analogique : AI 8.14 Bits ;
- 02 modules de Sorties digitale : DO32.DC.24V/0,5A ;
- 01 module de Sorties analogique : AO 8.13 Bits.

La figure (IV.12) présente le matériel utilisé.

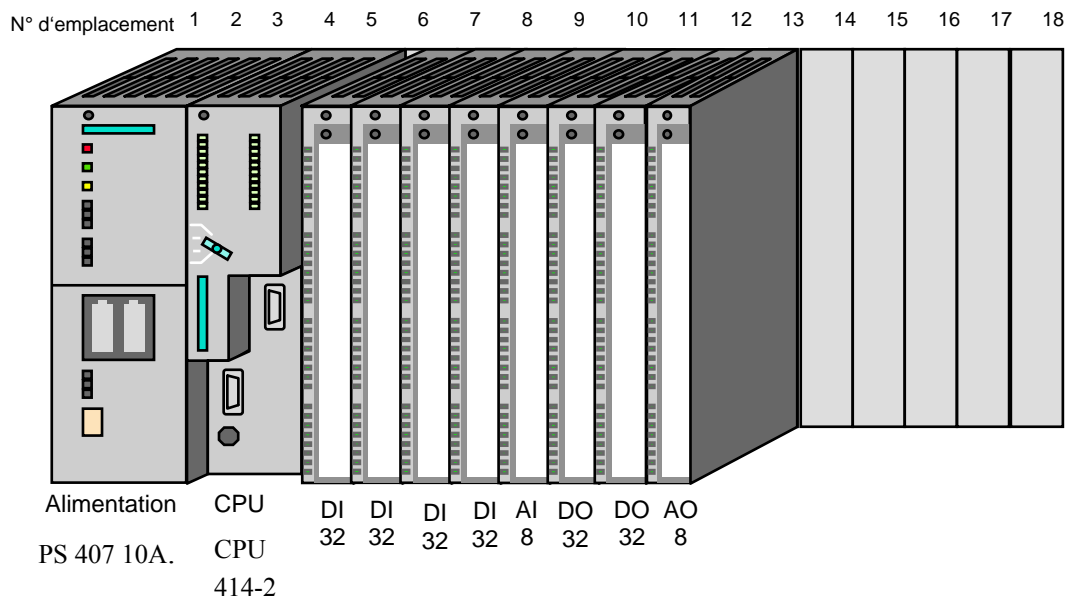


Figure.IV.9 Représentation du matériel choisi.

IV-5- Les étapes de programmation

IV-5-1 Configuration du matériel

Par "configuration", on entend dans ce qui suit la disposition de profilés support ou châssis, de modules, d'appareils de la périphérie décentralisée et de cartouches interface dans une fenêtre de station. Les profilés support ou châssis sont représentés par une table de configuration, dans laquelle l'on peut enficher un nombre défini de modules, tout comme dans les profilés support ou châssis "réels".

STEP 7 affecte automatiquement une adresse à chaque module dans la table de configuration. Vous pouvez modifier les adresses des modules d'une station, à condition que la CPU permette l'adressage libre.

Vous pouvez copier la configuration aussi souvent que vous le désirez dans d'autres projets STEP 7, la modifier si besoin est et la charger dans une ou plusieurs installations existantes. A la mise en route de l'automate programmable, la CPU compare la configuration prévue créée avec STEP7 à la configuration sur site de l'installation. Aussi, les erreurs éventuelles sont-elles immédiatement détectées et signalées, (FigIV.10), [12].

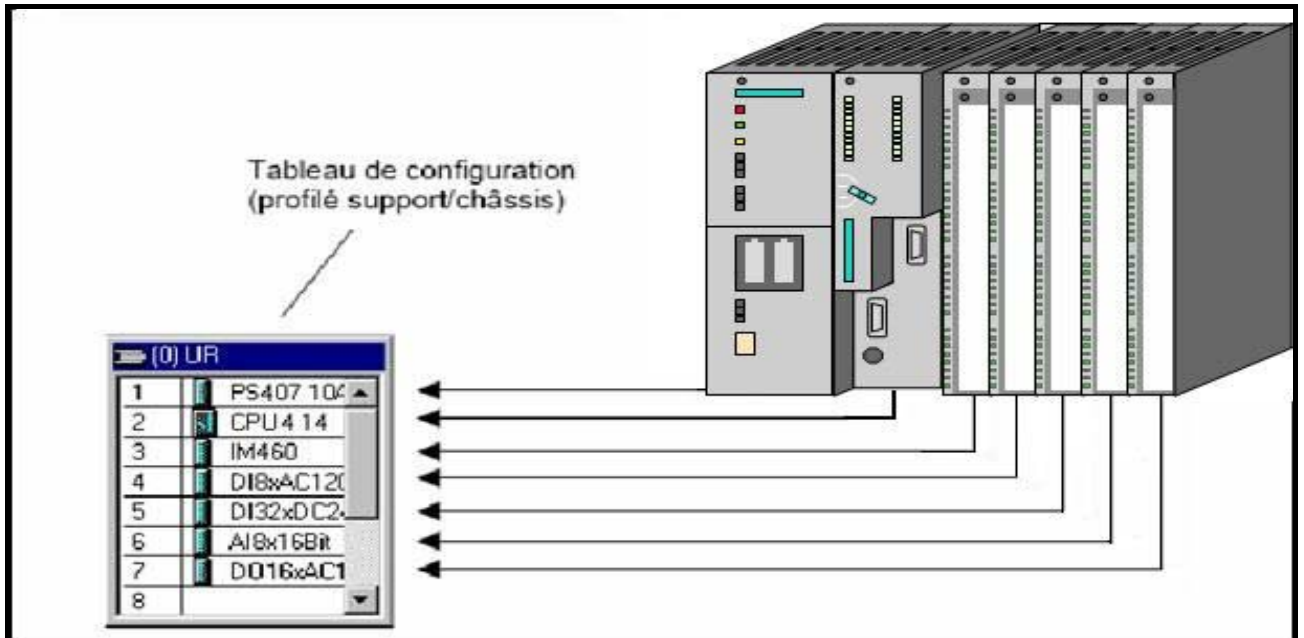


Figure.IV.10 Configuration du matériel.

IV-5-2 Mnémoniques

Un mnémonique (nom symbolique) nous permet d'utiliser des désignations parlantes à la place d'adresse absolues. On distingue les mnémoniques locaux et les mnémoniques globaux, [11].

IV-5-2-1 Utilisation de mnémoniques globales

Nous pouvons définir des mnémoniques globales pour des entrées, sorties, compteurs, mémentos et blocs. Les adresses suivantes sont autorisées, [11] :

- Signaux d'E/S (mémoire image) E, A;
- Entrées, sorties de périphérie PE, PA;
- Mémentos M;
- Temporisation, compteurs T, Z;
- Blocs de code FB, FC, SFB, SFC, OB;
- Bloc de données DB;
- Types de données utilisateurs UDT;
- Table de variable VAT.

Nous définissons les mnémoniques globales dans la table des mnémoniques.

IV-5-2-2 Utilisation de mnémoniques locales :

Nous pouvons utiliser des mnémoniques locaux pour les paramètres de blocs (paramètres d'entrée, de sortie et d'entrée/ sortie) et pour les données temporaires ou statiques d'un bloc. Les mnémoniques locales sont définies lors de la saisie du programme dans les déclarations des variables du bloc, [11].

IV-5-3 Adressage absolu et adressage symbolique

Dans un programme step7, nous utilisons des opérands comme des signaux d'E/S, des mémentos, des compteurs, des temporisations, des blocs de données et des blocs fonctionnels. Nous pouvons accéder à ces opérands par adressage absolu dans notre programme. Toutefois, la lisibilité de nos programmes sera grandement améliorée si nous faisons plutôt appel à des mnémoniques, [12].

IV-5-3-1 Adresse absolue

Une adresse absolue est composée d'un identificateur d'opérande et d'une adresse (par exemple A4.0, E1.1, M 2.0, ..), [12].

IV-5-3-2 Adressage symbolique

Nous pouvons structurer notre programme de manière plus lisible et faciliter ainsi la correction d'erreurs en affectant des noms symboliques (mnémoniques) aux adresses absolues.

Step7 est en mesure de convertir automatiquement les mnémoniques dans les adresses absolues requises. Si nous préférons adresser des ARRAY, STRUCT, bloc de données locales, blocs de code et types de Données utilisateur de manière symbolique, nous devons cependant d'abord affecter un mnémonique aux adresses absolues, avant de pouvoir réaliser l'adressage symbolique.

Nous pouvons par exemple affecter le mnémonique Moteur –Marche à l'opérande A 4.0, puis en utiliser Moteur –Marche comme adresse dans une instruction de programme.

L'adressage symbolique nous permet de déterminer plus aisément dans quelle mesure des éléments de programme correspondent aux composants de notre projet de commande du processus, [12].

IV-6 Programmation

Nous pouvons programmer notre automate très simplement, en créant un programme utilisateur que nous chargeons ensuite dans la CPU de notre S7-400, ce programme utilisateur à créer comprend différents blocs avec lesquelles nous allons pouvoir structurer notre programme, [11].

Dans notre programme, On a utilisé les blocs (OB1) et (FC), [11].

- Un bloc d'organisation (OB1) pour gérer le traitement cyclique du programme ;
- Une fonction (FC) dans laquelle nous entrons le programme proprement dit.

IV-6 -1 Bloc d'organisation (OB)

Un bloc d'organisation (OB) constitue l'interface entre le système d'exploitation de la CPU et le programme utilisateur. L'OB spécifie l'ordre selon lequel sont traités les blocs de programme utilisateur, [11].

IV-6 -2 La fonction (FC)

Une fonction (FC) est un bloc de code qui est sans « mémoire », mais que peut transmettre des Paramètres. L'utilisation de ce bloc est particulièrement intéressante pour programmer des fonctions qui reviennent fréquemment, [11].

IV-7 Solutions GRAFCET

IV-7-1 Hiérarchie des GRAFCET

Répondant au cahier des charges de la P.C., le GRAFCET complet définit le comportement du système réalisé. Il comprend :

- Le GRAFCET de Sûreté (GS) maître par rapport aux deux autres,
- Le GRAFCET de Conduite et Initialisation (GCI),
- Le GRAFCET de Production Normale (GPN).

Les actions d'un GRAFCET sur un autre peuvent être représentées par ordres de forçage. L'émission d'un ordre de forçage vers un autre implique une hiérarchie ces GRAFCET. Cette hiérarchie peut être représentée par des, (fig.IV.11).

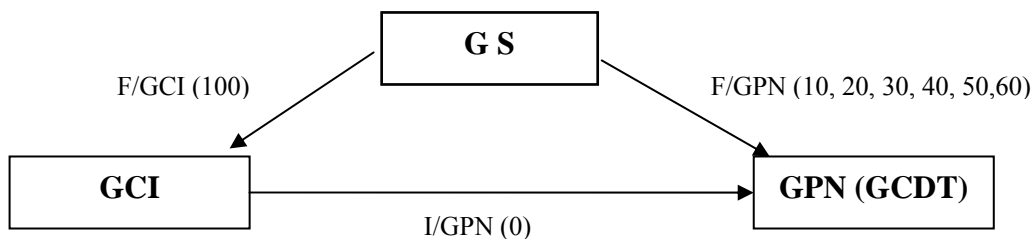


Figure.IV.11 La hiérarchie des GRAFCET.

IV-7-2 GRAFCET de sécurité

La figure IV.12 illustre le GRAFCET de sécurité.

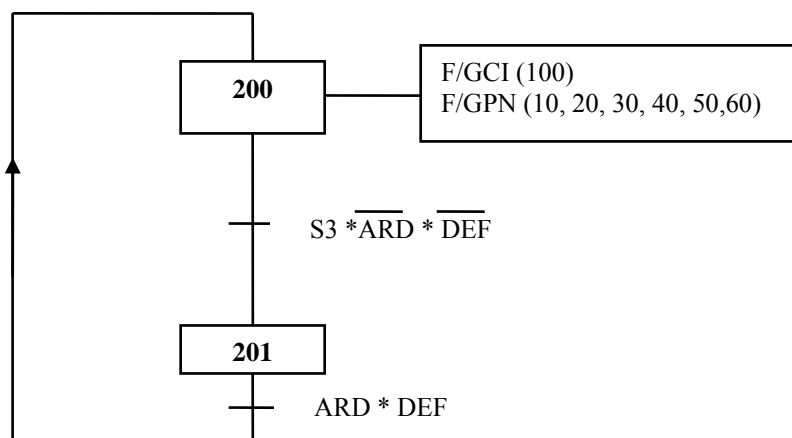


Figure.IV.12 GRAFCET de sécurité.

F/GC (100): Indique que le GRAFCET de sûreté est hiérarchiquement supérieur au grafcet de conduite et initialisation (GCI). Cet ordre provoque l'activation et le maintient actif de l'étape 100 du grafcet de conduite et initialisation et la désactivation de toutes les autres étapes de ce même GRAFCET, et le même ordre de forçage est donné pour le grafcet de production normal F/GPN (10, 20, 30, 40, 50, 60). Ce GRAFCET est réceptif à une consigne d'arrêt de sécurité (arrêt d'urgence: AU) et ce depuis tout les états.

IV-7-3 GRAFCET de coordination des tâches

Nôtre système de production se compose de six tâches:

- tâche de préconcassage ,
- tâche de remplissage du silo,
- tâche de traitement thermique,
- tâche de broyage,
- tâche de dépoussiérage,
- tâche d'ensachage.

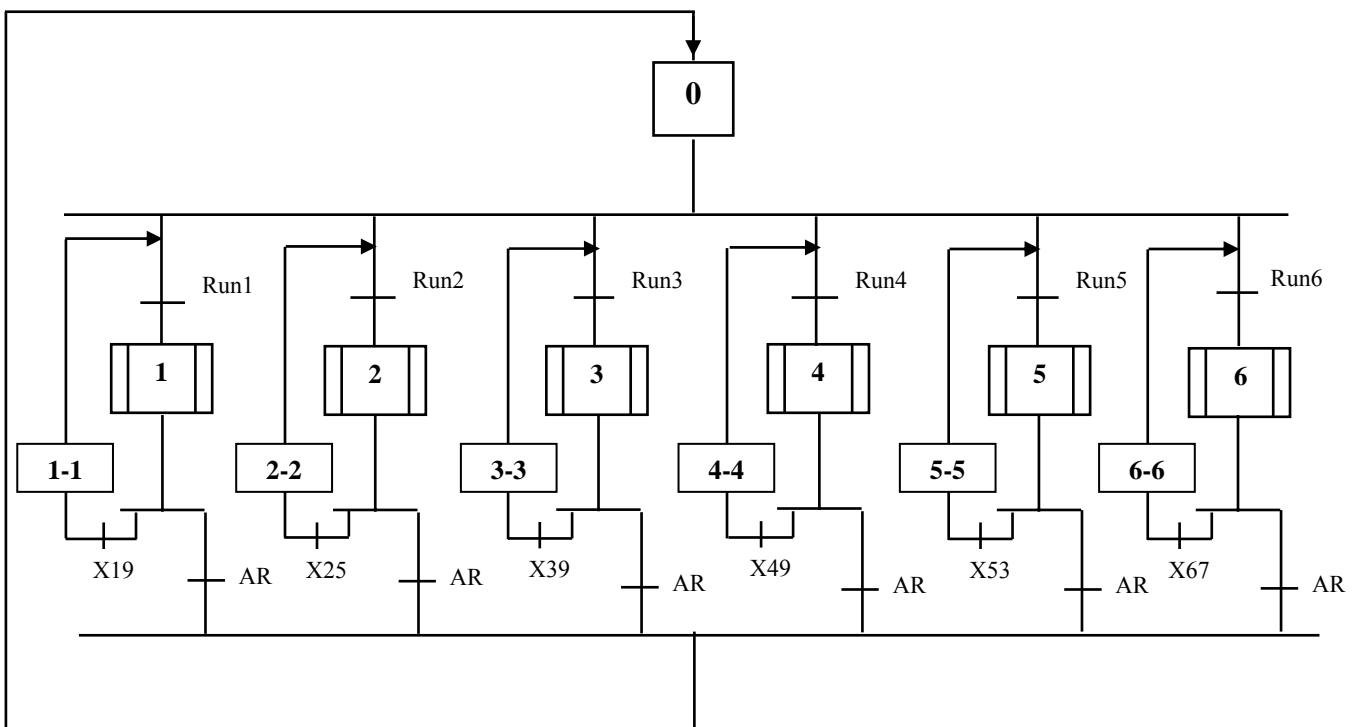


Figure.IV.13 GRAFCET de coordination de tache.

IV-7-4 GRAFCET de Conduite et Initialisation

Il permet d'assurer la bonne marche du système automatisé en intégrant les dispositions précisées par le cahier des charges, fig (IV.14).

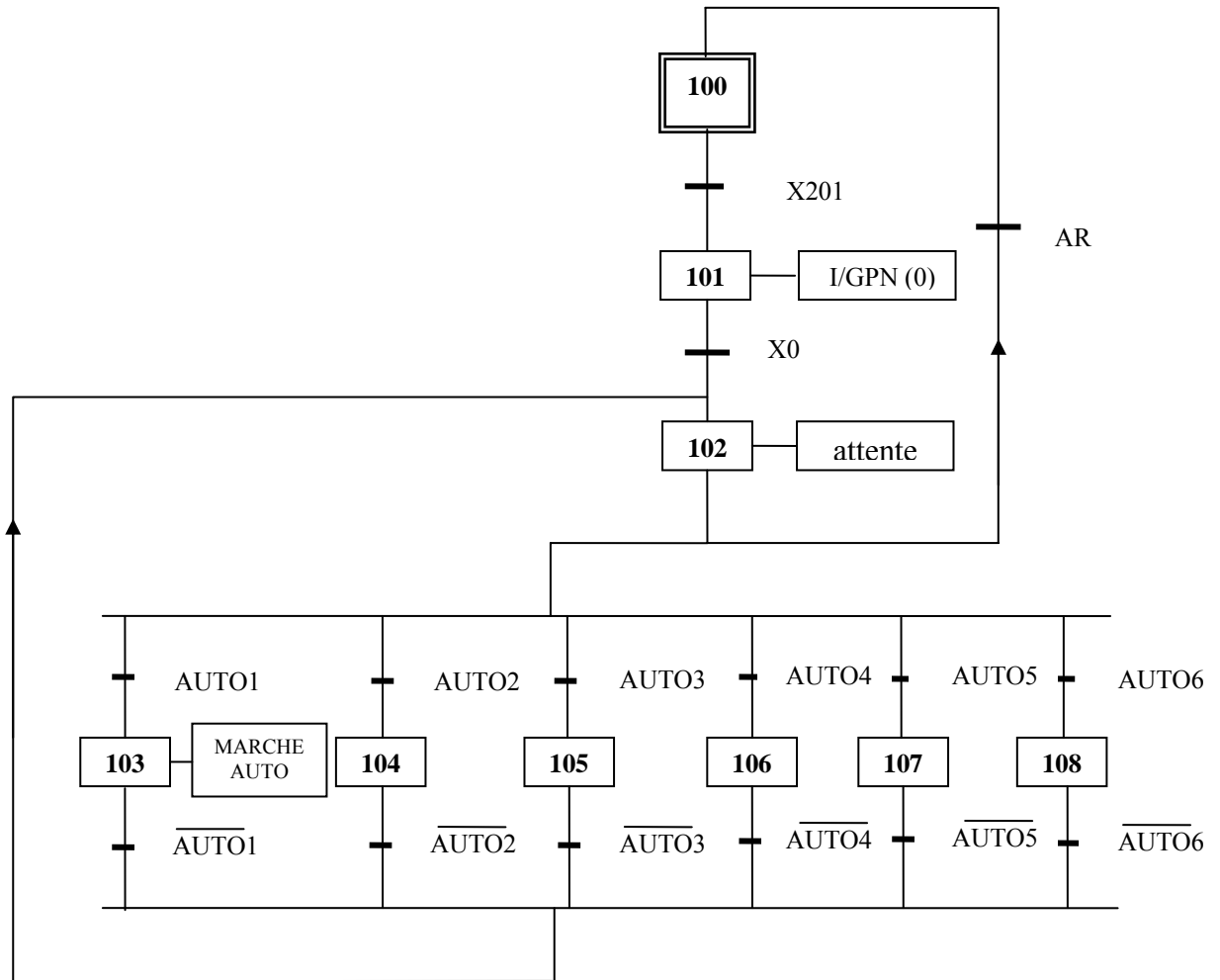


Figure.IV.14 GRAFCET de Conduite et Initialisation.

IV-7-5 GRAFCET de Production Normale (GPN)

Il comprend le GRAFCET des différentes tâches de chaîne de production.

IV-7-5-1 Tâche de préconcassage

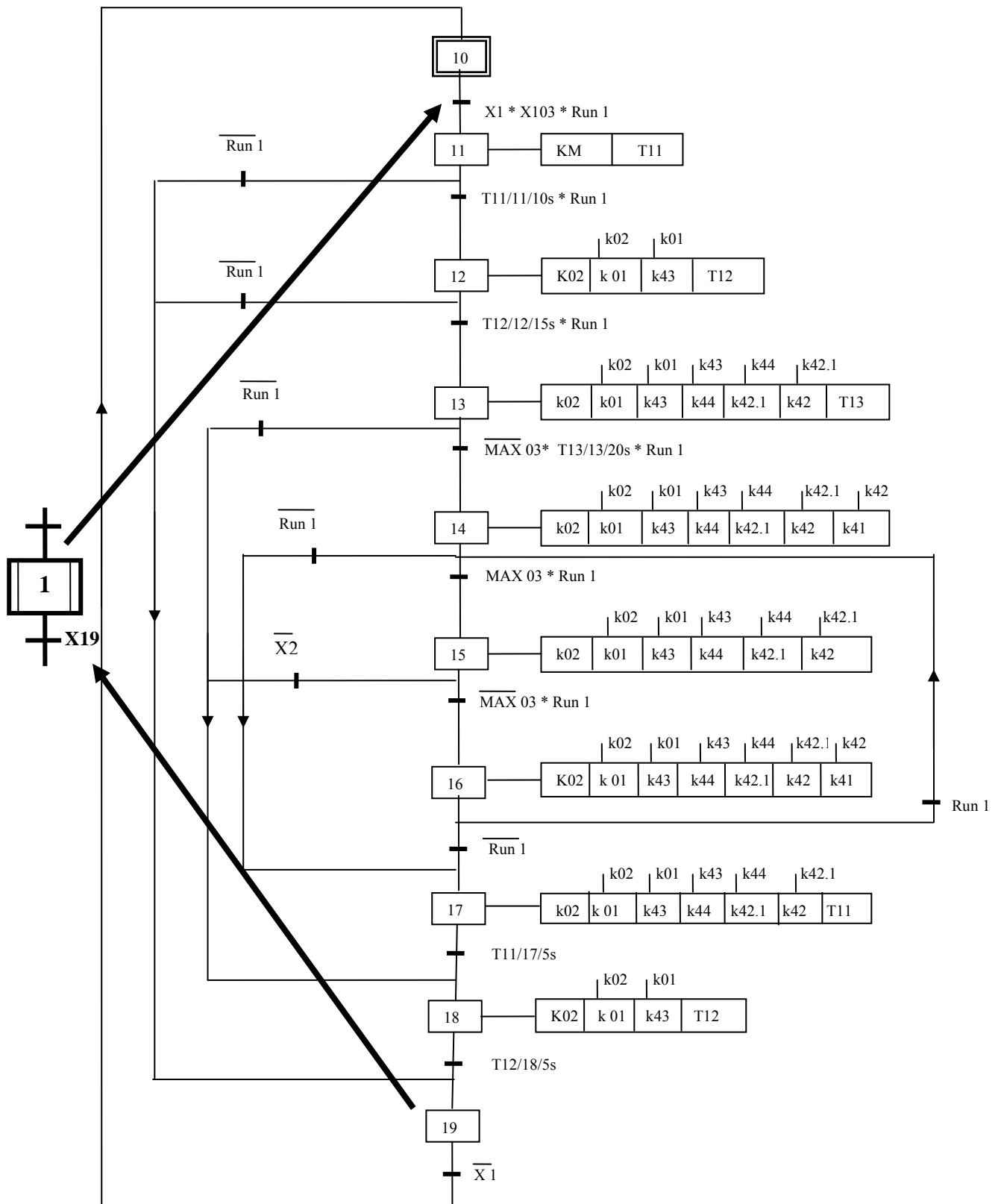


Figure.IV.15 GRAFCET de la tâche de préconcassage.

IV-7-5-2 Tâche de distribution avant traitement thermique

Les étapes de remplissage du silo avant traitement thermique sont données par la tâche 2, fig (IV.16).

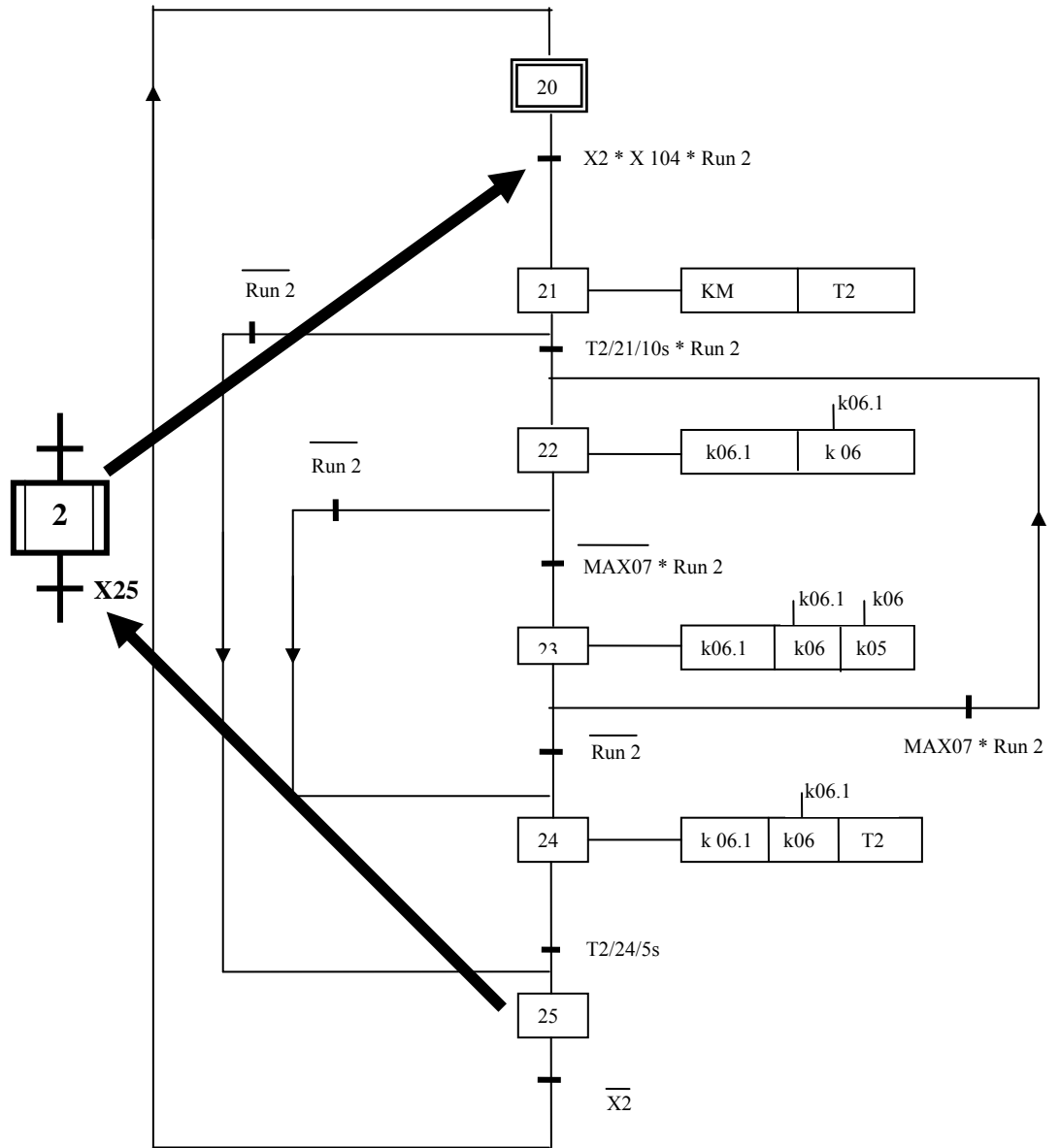


Figure.IV.16 GRAFCET de la tâche de remplissage du silo.

IV-7-5-3 Tâche de traitement thermique

L'illustration de la tâche traitement thermique (alimentation du four rotatif) est donnée par la figure (IV.17).

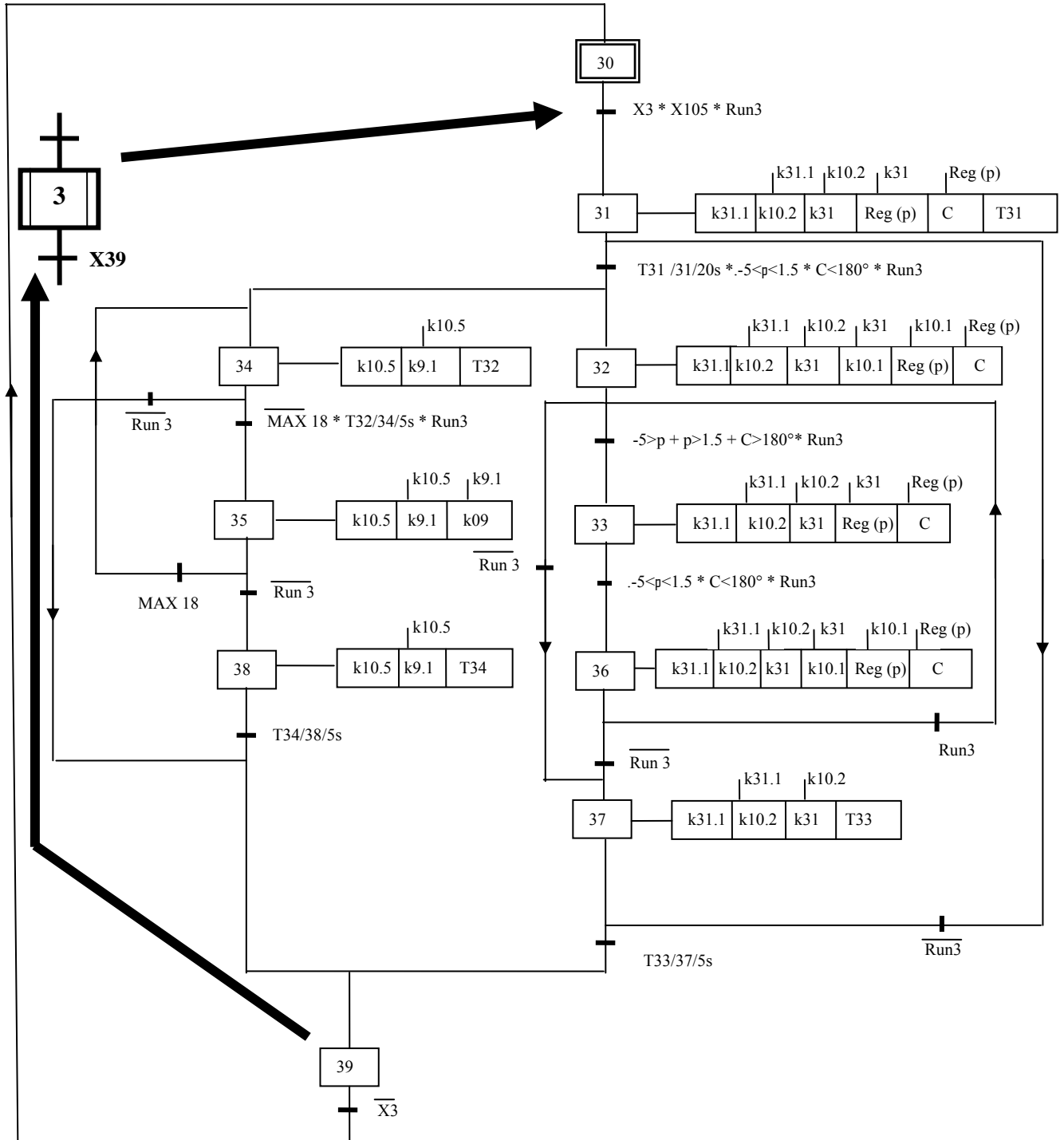


Figure.IV.17 GRAFCET de la tâche de traitement thermique.

IV-7-5-4 Tâche de broyage

La tâche broyage du plâtre traité thermiquement est donnée par la figure (IV.18).

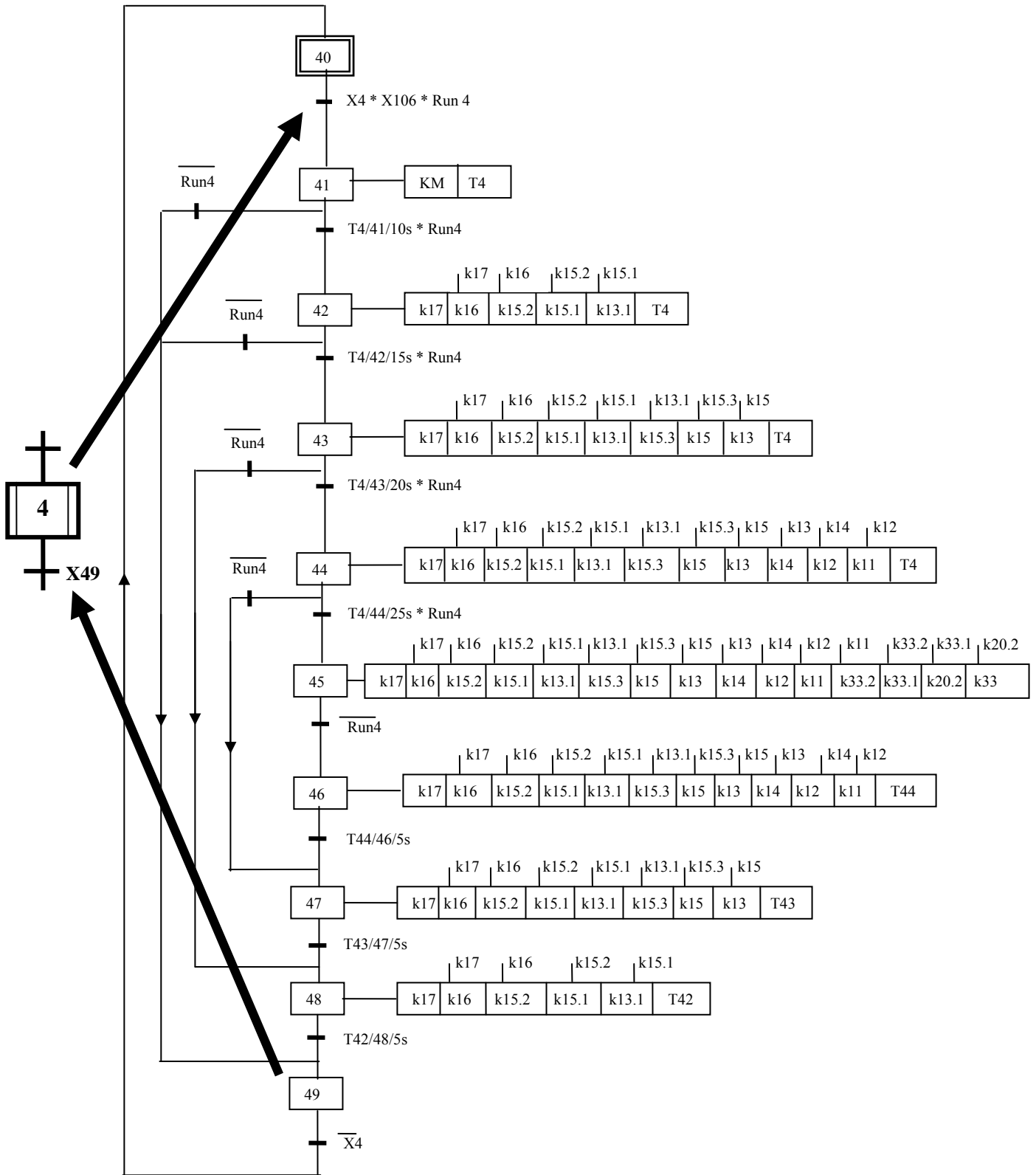


Figure.IV.18 GRAFCET de la tâche broyage.

IV-7-5-5 Tâche de dépoussiérage

Le dépoussiérage est préconisé pour la récupération du plâtre fin, fig (IV.19).

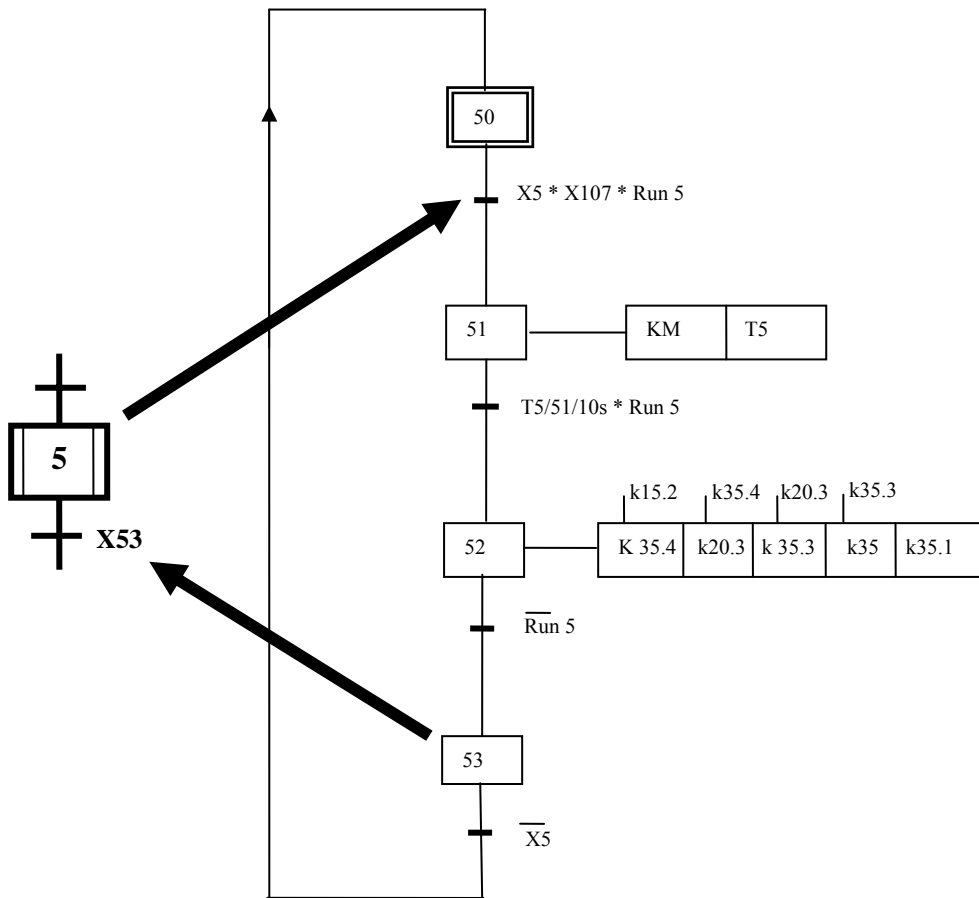


Figure.IV.19 GRAFCET de dépoussiérage.

IV-7-5-5 Tâche d'ensachage

Le produit finis est emballé dans des sachets en fin de cycle de la production, fig (IV.20).

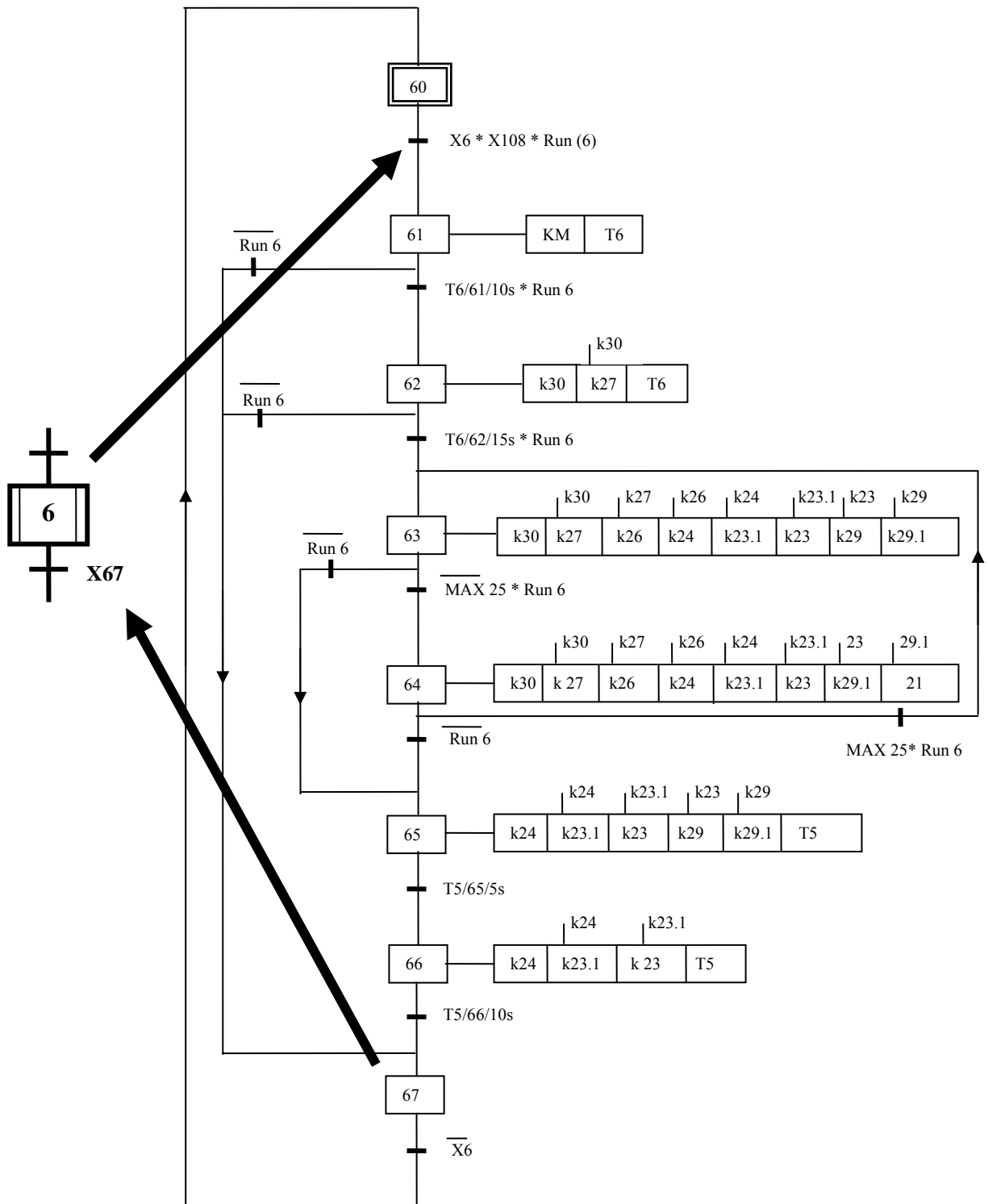


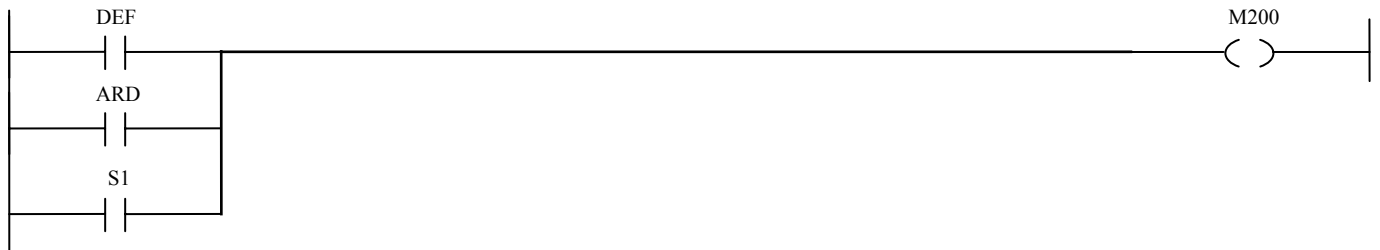
Figure.IV.20 GRAFCET d'ensachage.

IV-8 Conversion écriture Grafcet en langage LD

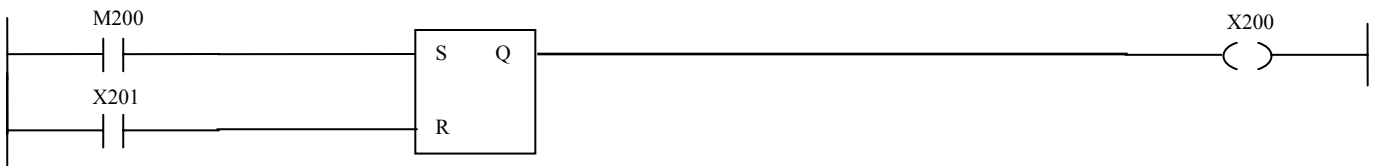
Le langage LD (schéma à relais) peut être utilisé pour décrire une condition associée à une transition. Le schéma est alors composé d'un seul échelon contenant un seul relais dont la valeur représente la valeur de la condition. On a choisi la première tache pour pressant ce langage et voila le programme.

IV-8-1 Programme de Grafcet de sécurité

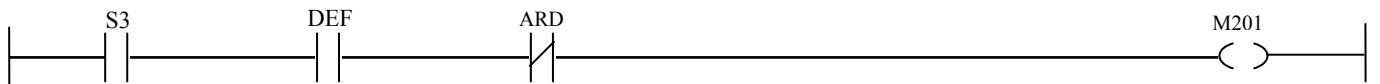
Réseau 1 : transition d'étape 200



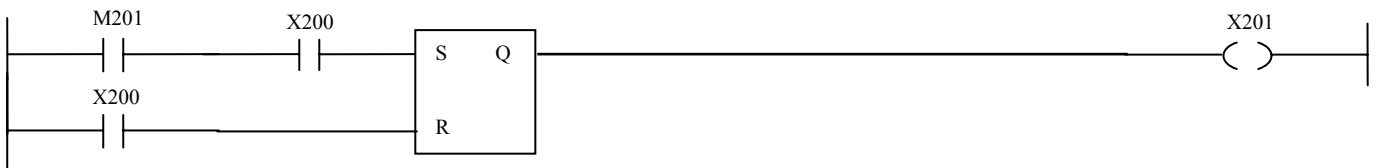
Réseau 2 : l'activation et la désactivation d'étape 200



Réseau 3 : transition d'étape 201

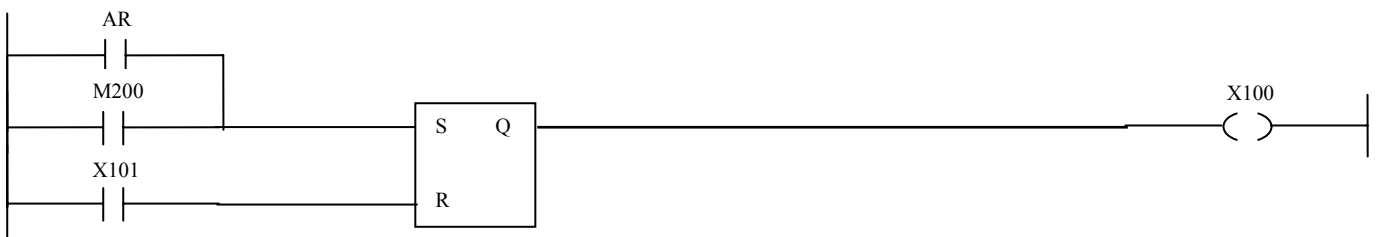


Réseau 4 : l'activation et la désactivation d'étape 201

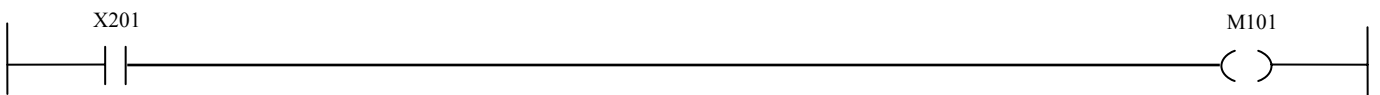


IV-8-2 Programme de Grafcet de conduite et initialisation

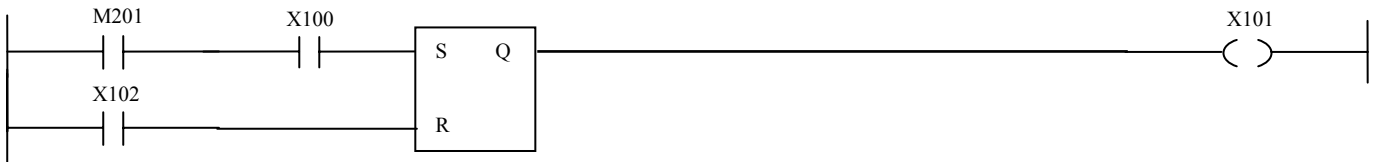
Réseau 1 : l'activation et la désactivation d'étape 100



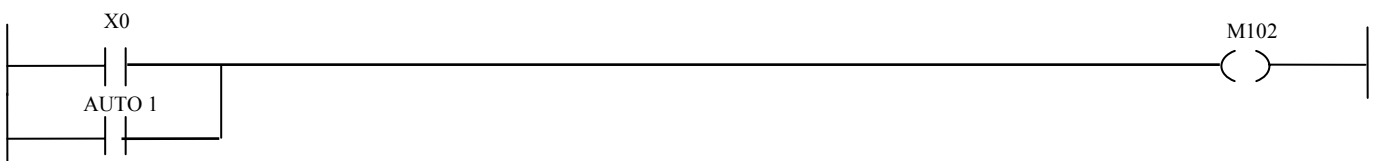
Réseau 2 : transition d'étape 101



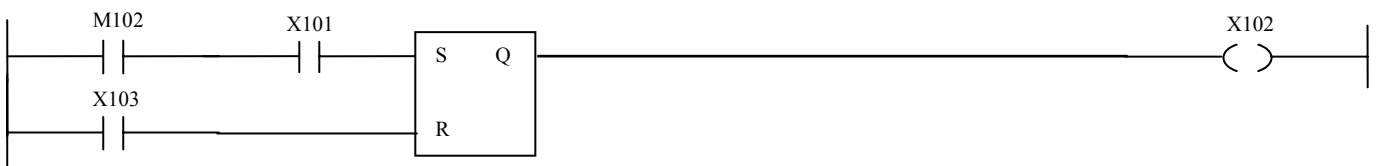
Réseau 3 : l'activation et la désactivation d'étape 101



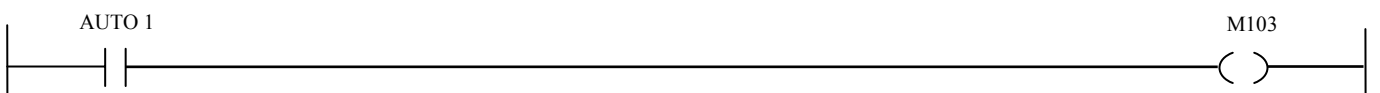
Réseau 4 : transition d'étape 102



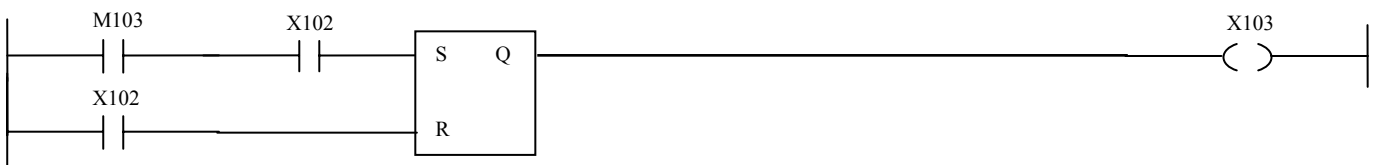
Réseau 5 : l'activation et la désactivation d'étape 102



Réseau 6 : transition d'étape 103 (autorisation de marche automatique)



Réseau 7 : l'activation et la désactivation d'étape 103 (autorisation de marche automatique)

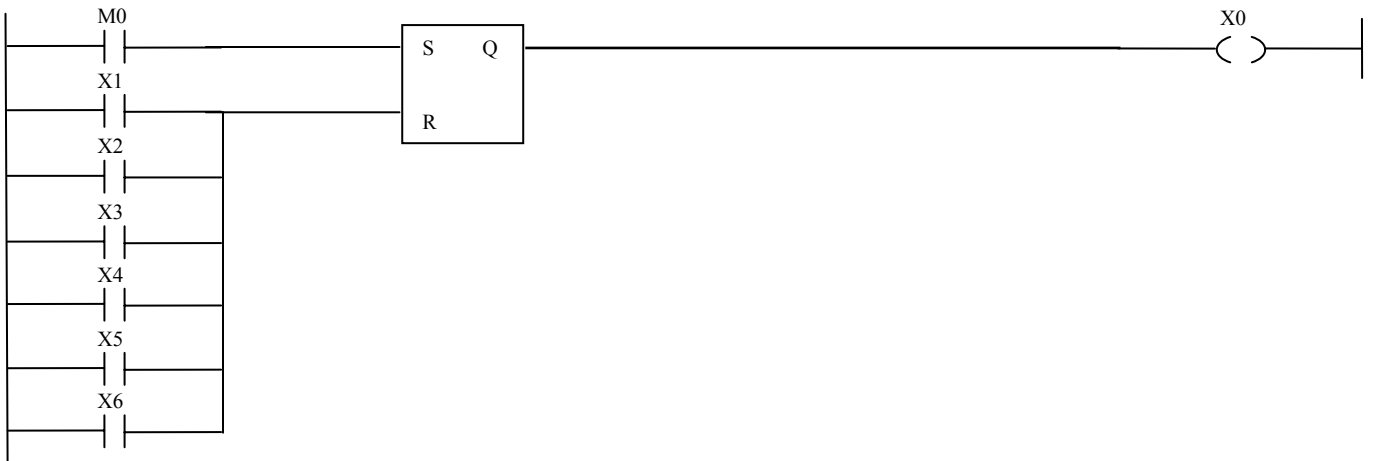


IV-8-3 Programme de Grafcet de coordination de tâche préconcassage

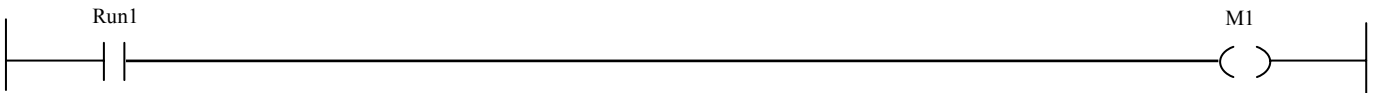
Réseau 1 : transition d'étape 0



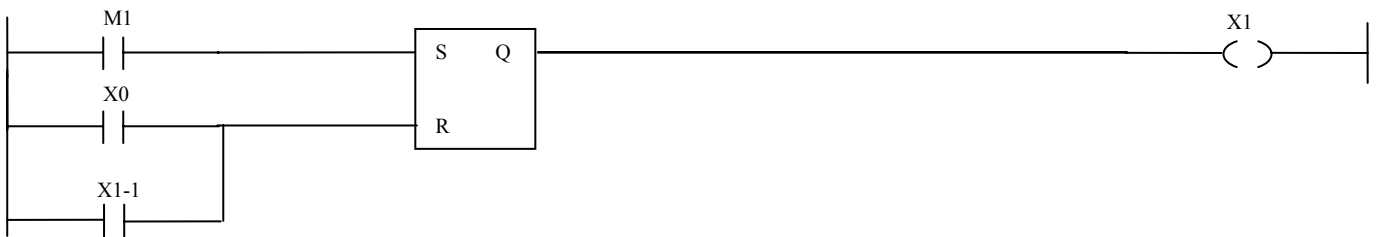
Réseau 2 : l'activation et la désactivation d'étape 0



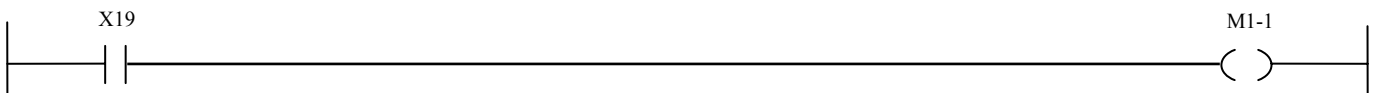
Réseau 3 : transition de tache 1



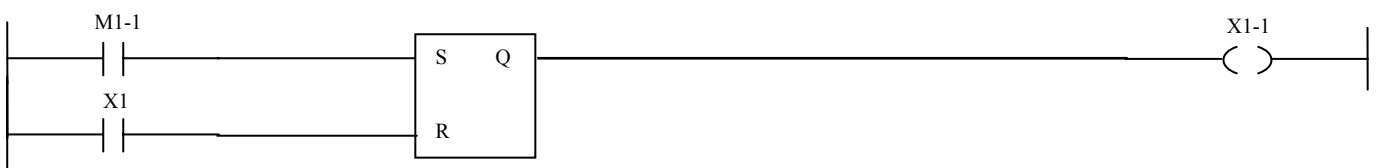
Réseau 4 : l'activation et la désactivation de tache 1



Réseau 5 : transition d'étape 1-1

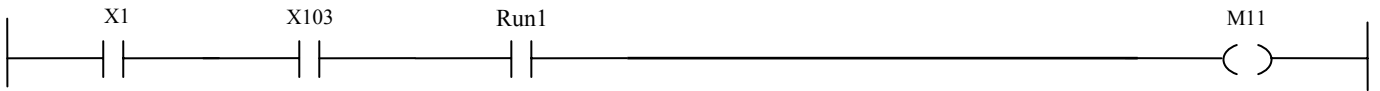


Réseau 6 : l'activation et la désactivation d'étape 1-1

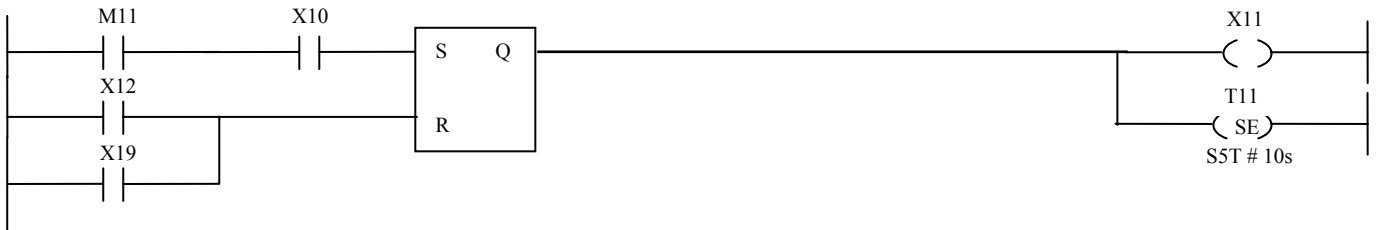


IV-8-4 Programme de Tache préconcassage

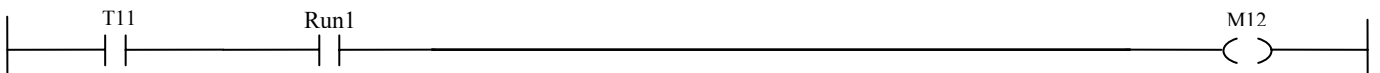
Réseau 1 : transition d'étape 11



Réseau 2 : l'activation et la désactivation d'étape 11



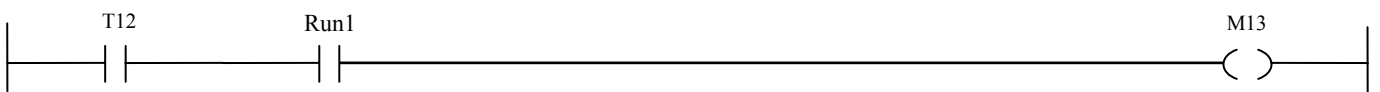
Réseau 3 : transition d'étape 12



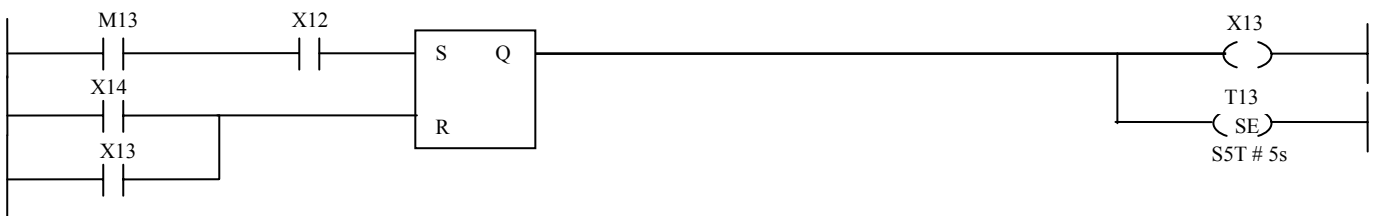
Réseau 4 : l'activation et la désactivation d'étape 12



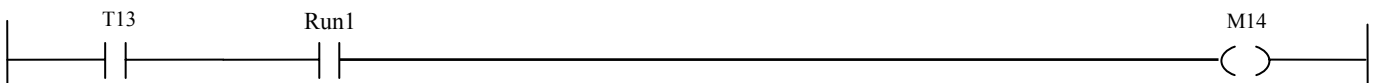
Réseau 5 : transition d'étape 13



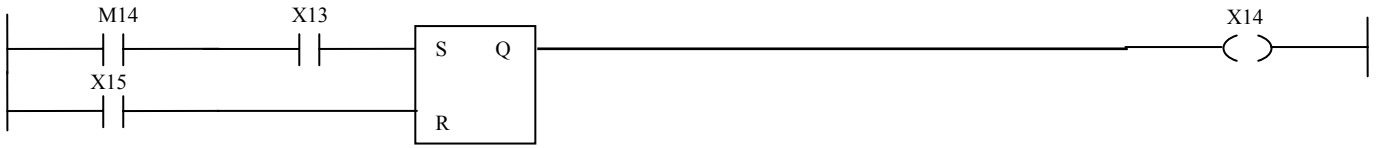
Réseau 6 : l'activation et la désactivation d'étape 13



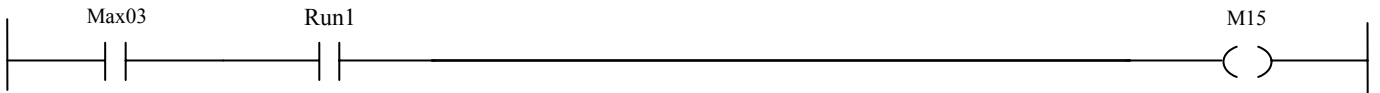
Réseau 7 : transition d'étape 14



Réseau 8 : l'activation et la désactivation d'étape 14



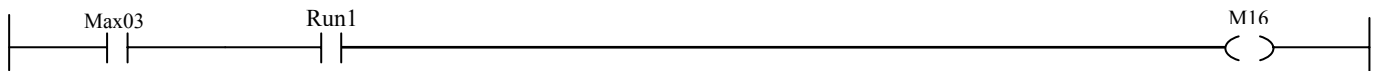
Réseau 9 : transition d'étape 15



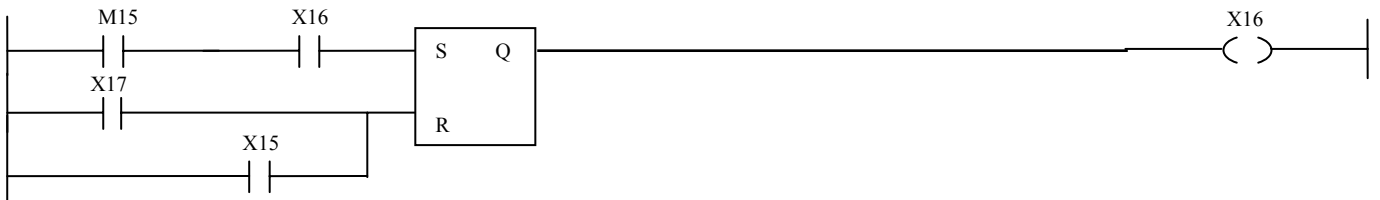
Réseau 10 : l'activation et la désactivation d'étape 15



Réseau 11 : transition d'étape 16



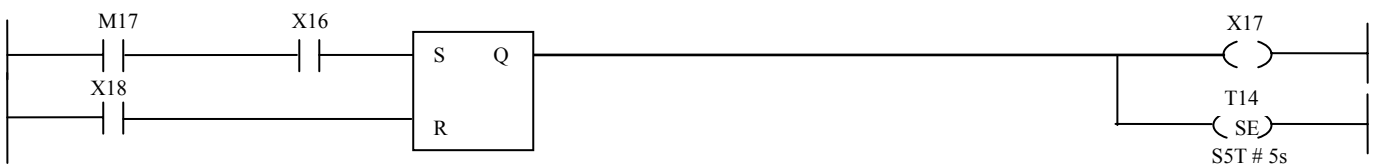
Réseau 12 : l'activation et la désactivation d'étape 16



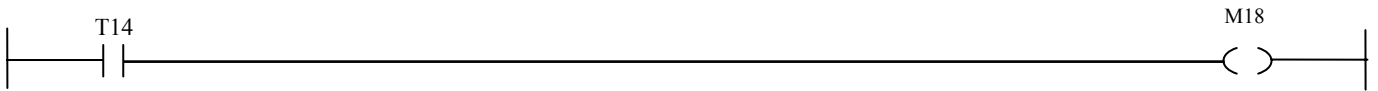
Réseau 13 : transition d'étape 17



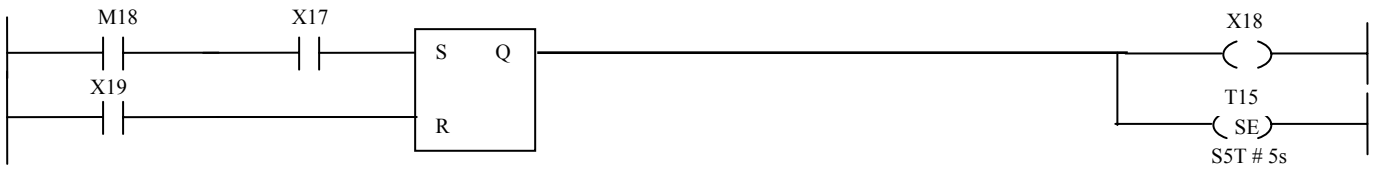
Réseau 14 : l'activation et la désactivation d'étape 17



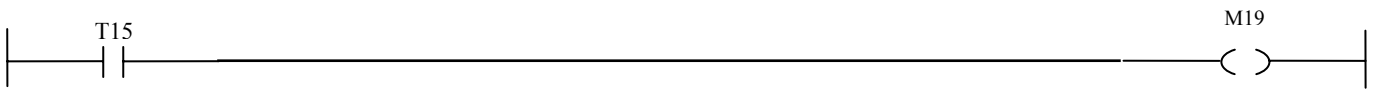
Réseau 15 : transition d'étape 18



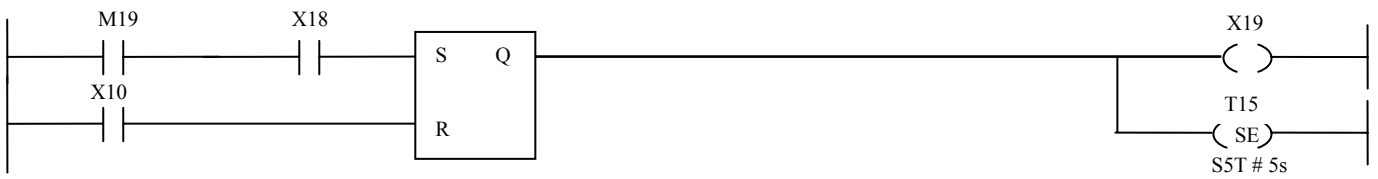
Réseau 16 : l'activation et la désactivation d'étape 18



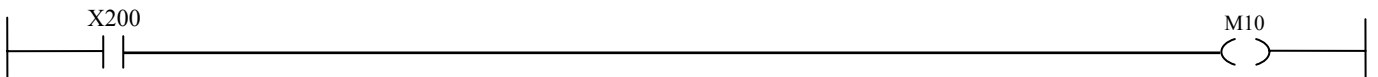
Réseau 17 : transition d'étape 19



Réseau 18 : l'activation et la désactivation d'étape 19



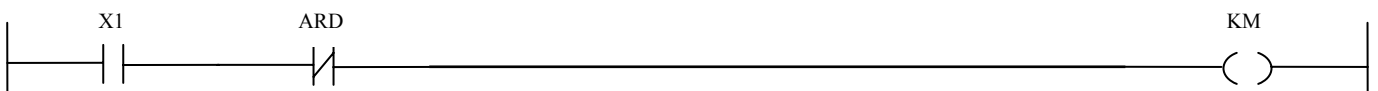
Réseau 19 : transition d'étape 10



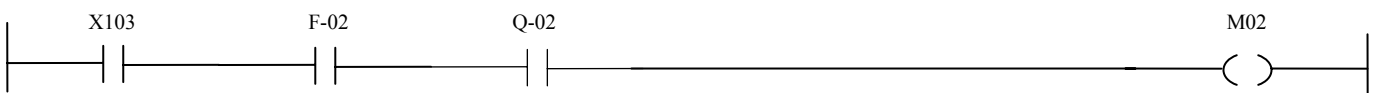
Réseau 20 : l'activation et la désactivation d'étape 10



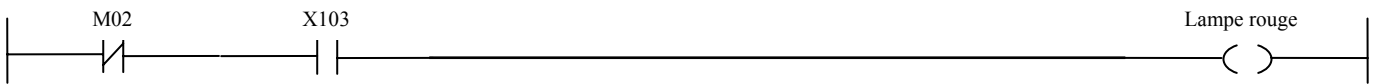
Réseau 21 : Alarme



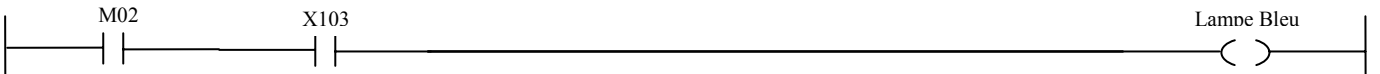
Réseau 22 : Initialisation de M-02



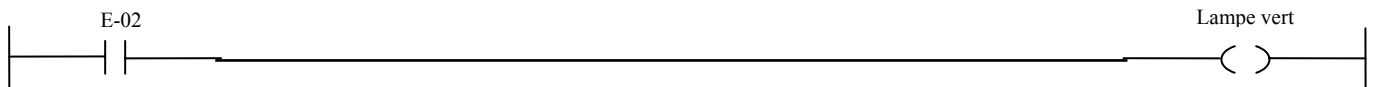
Réseau 23 : lampe rouge de M-02



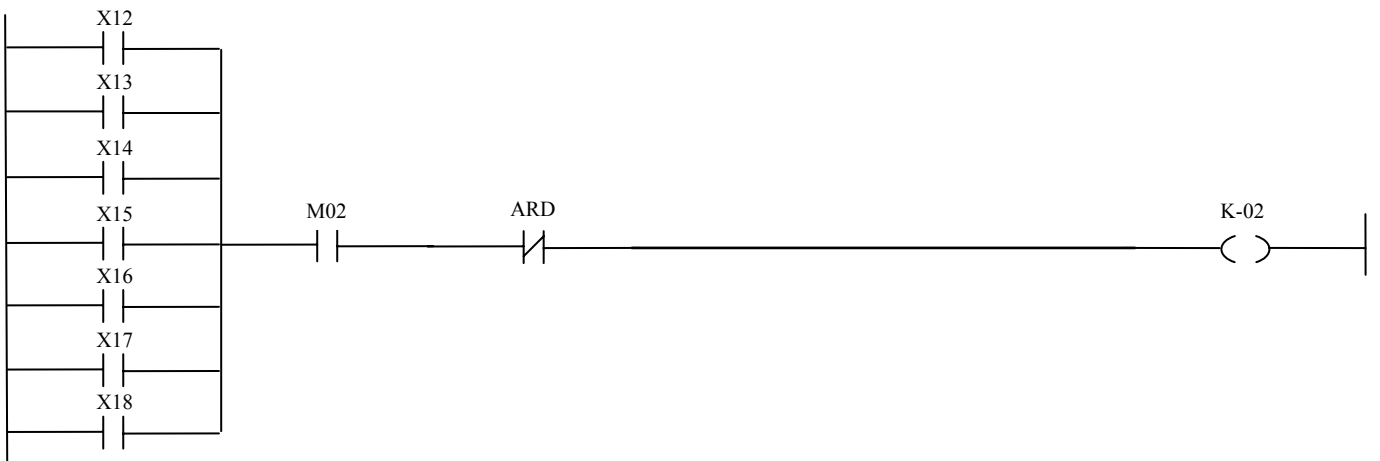
Réseau 24 : lampe bleu de M-02



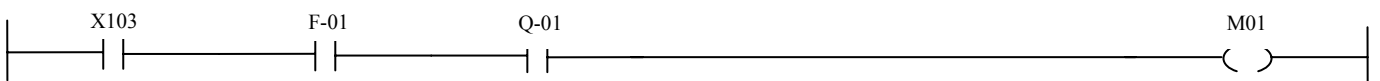
Réseau 25 : lampe vert de M-02



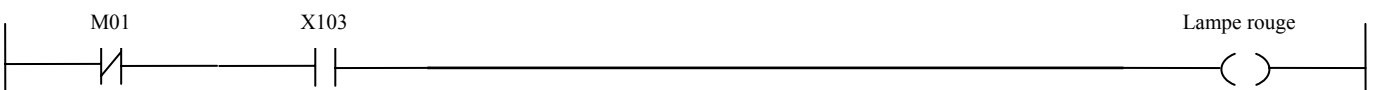
Réseau 26 : Action de M-02



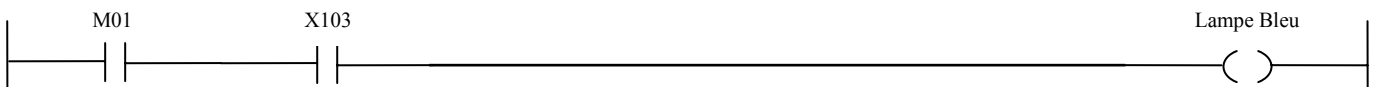
Réseau 27 : Initialisation de M-01



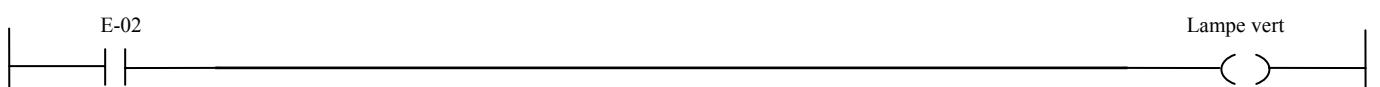
Réseau 28 : lampe rouge de M-01



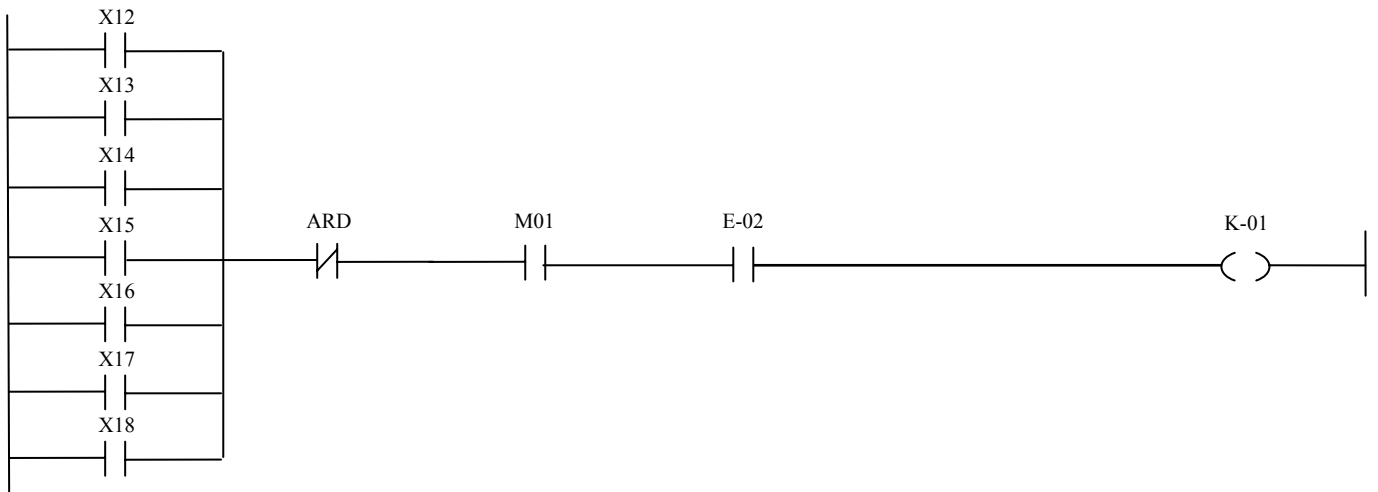
Réseau 29 : lampe bleu de M-01



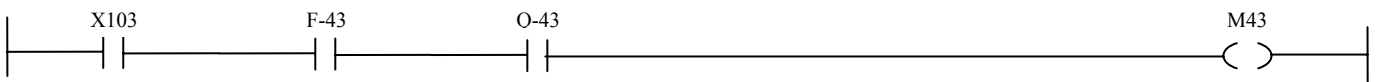
Réseau 30 : lampe vert de M-01



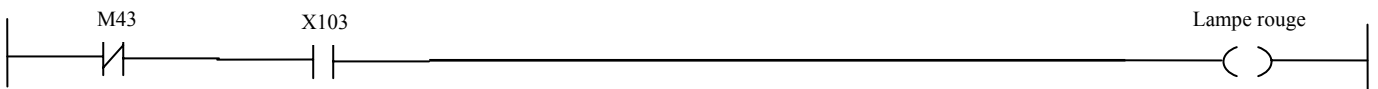
Réseau 31 : Action de M-01



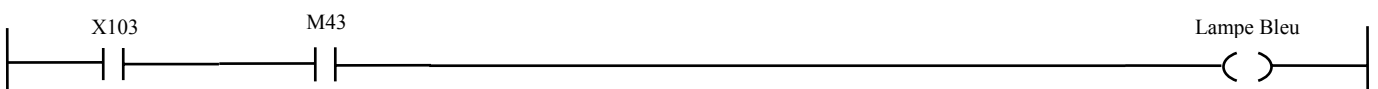
Réseau 32 : Initialisation de M-43



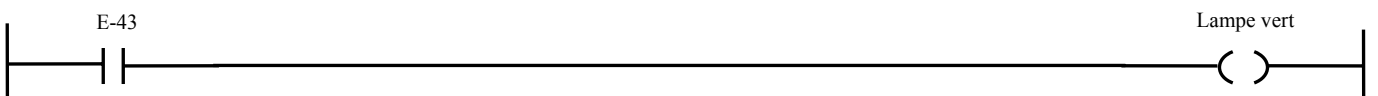
Réseau 33 : lampe rouge de M-43



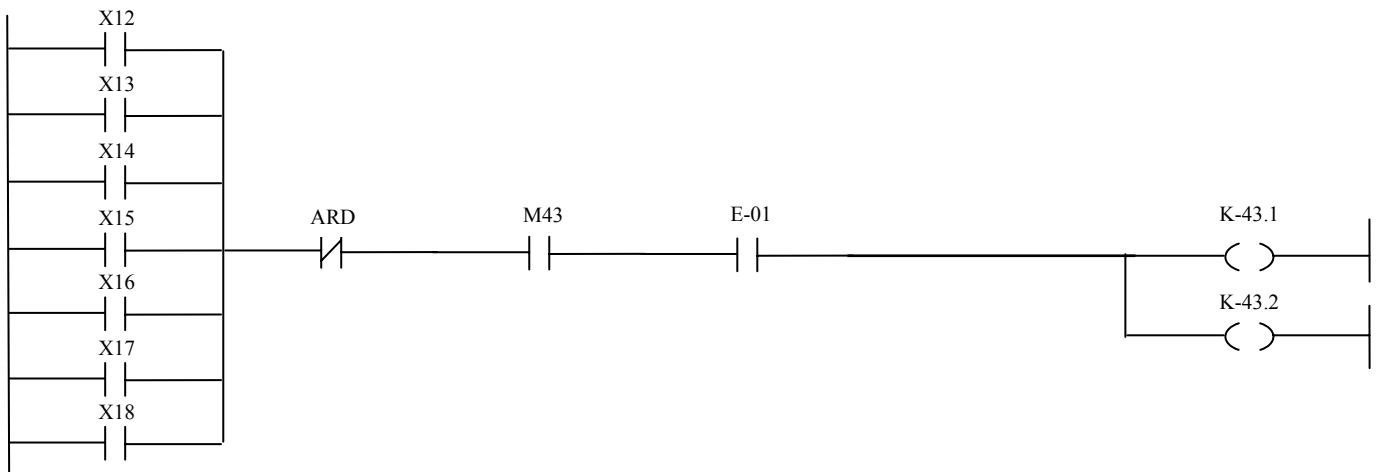
Réseau 34 : lampe bleu de M-43



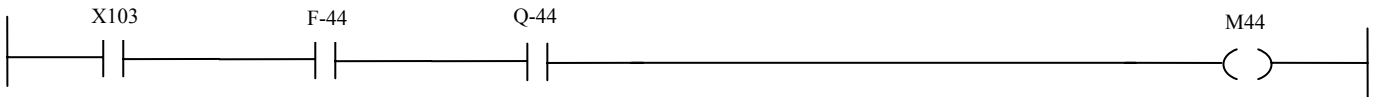
Réseau 35 : lampe vert de M-43



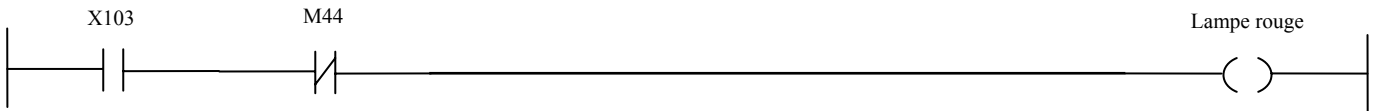
Réseau 36 : Action de M-43



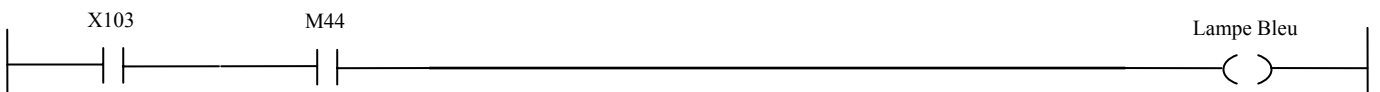
Réseau 37 : Initialisation de M-44



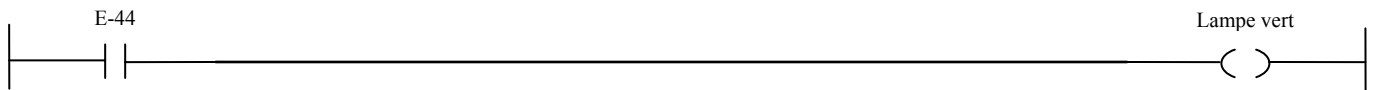
Réseau 38: lampe rouge de M-44



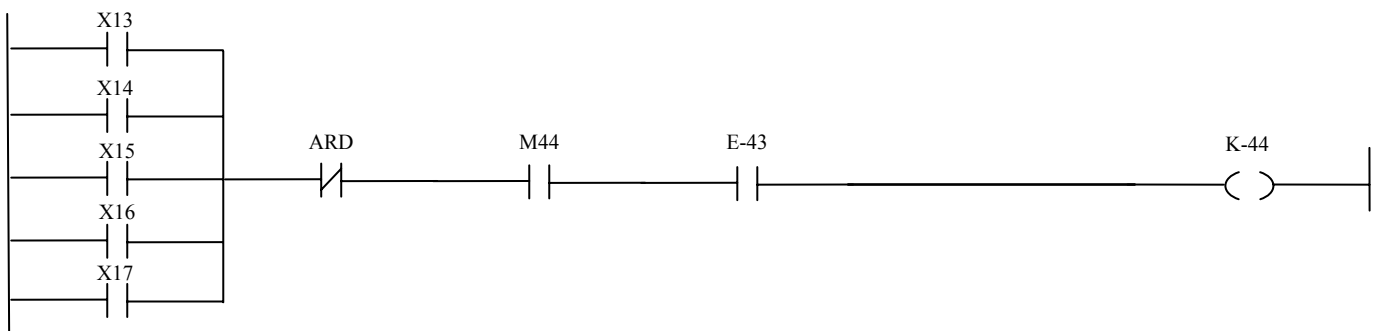
Réseau 39 : lampe bleu de M-44



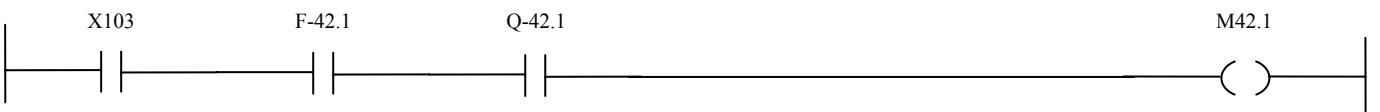
Réseau 40 : lampe vert de M-44



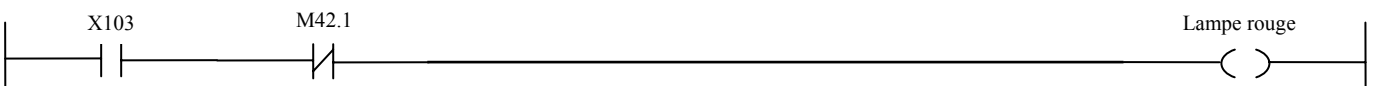
Réseau 41 : Action de M-44



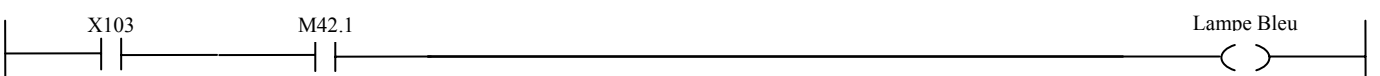
Réseau 42 : Initialisation de M-42.1



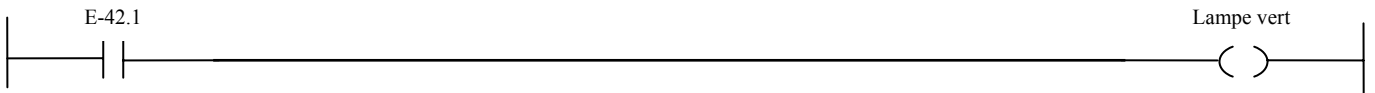
Réseau 43 : lampe rouge de M-42.1



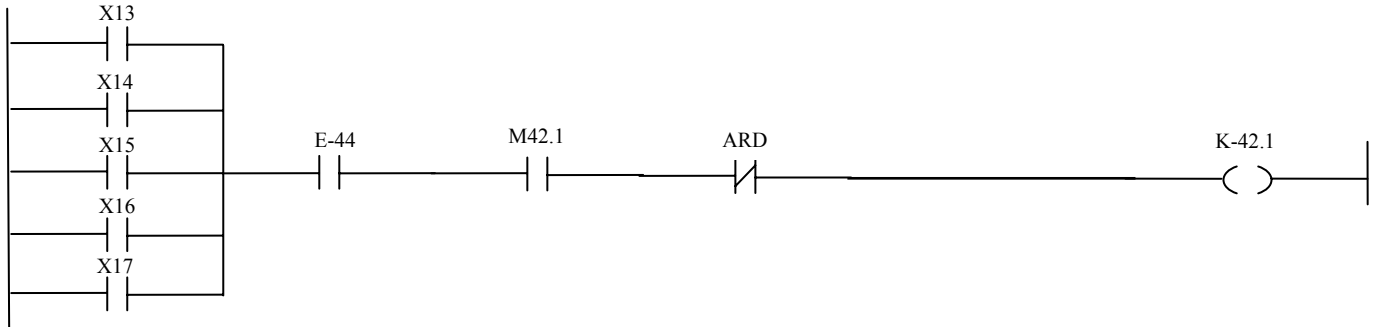
Réseau 44 : lampe bleu de M-42.1



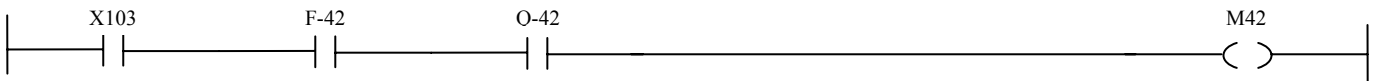
Réseau 45 : lampe vert de M-42.1



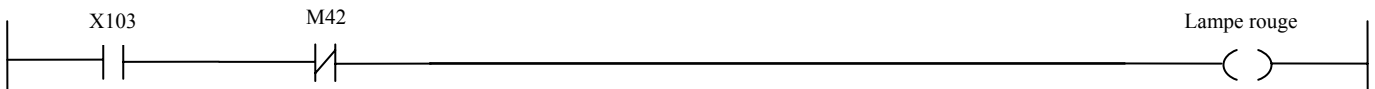
Réseau 46 : Action de M-42.1



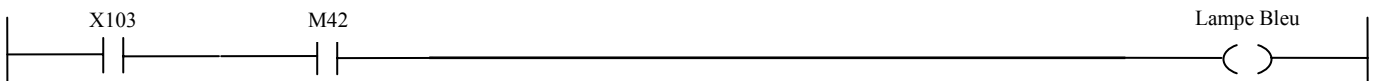
Réseau 47 : Initialisation de M-42



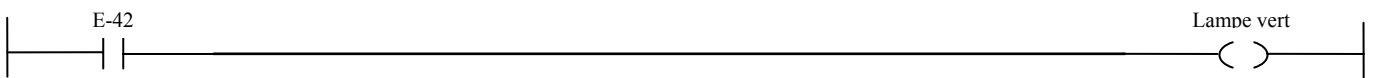
Réseau 48 : lampe rouge de M-42



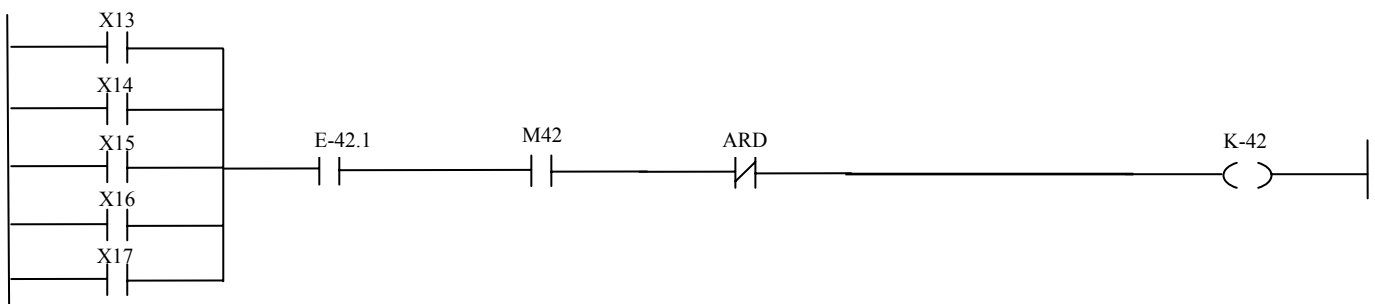
Réseau 49 : lampe bleu de M-42



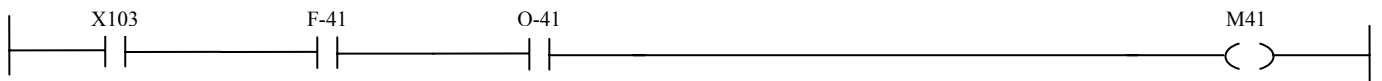
Réseau 50 : lampe vert de M-42



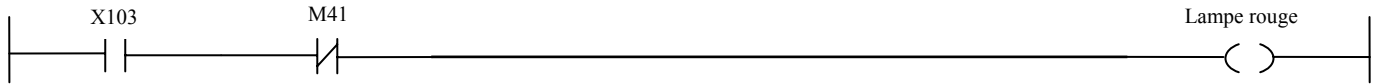
Réseau 51 : Action de M-42



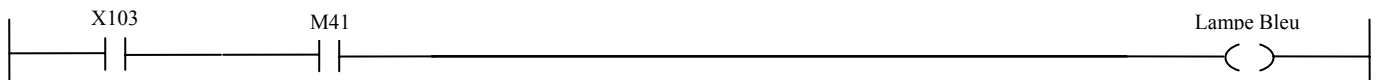
Réseau 52 : Initialisation de M-41



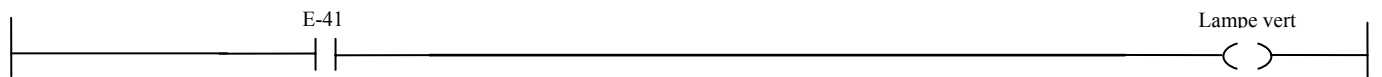
Réseau 53 : lampe rouge de M-41



Réseau 54 : lampe bleu de M-41



Réseau 55 : lampe bleu de M-42



Réseau 56 : Action de M-41



IV-9 Recensement des Entrées et des sorties

Les Entrée:

N°:	Mnémorique	Commentaire
1	MAX 03	Niveau MAX de silo 03
2	DEF	Défaut
3	ARD	Arrêt D'urgence
4	K-01	Moteurs en marche 01
5	K-02	Moteurs en marche 02
6	K-43.1	Moteurs en marche 43.1
7	K-43.2	Moteurs en marche 43.2
8	K-44	Moteurs en marche 44
9	K42.1	Moteurs en marche 42.1
10	K42	Moteurs en marche 42
11	K41	Moteurs en marche 41
12	Auto1	Initialisation de système
13	RUN1	Marche Automatique
14	BPM	Bouton Bossoir Marche
15	BPA	Bouton Bossoir Arrête
16	Q-01	Etat de disjoncteur 01
17	Q-02	Etat de disjoncteur 02
18	Q-43.1	Etat de disjoncteur 43.1
19	Q-43.2	Etat de disjoncteur 43.2
20	Q-44	Etat de disjoncteur 44
21	Q-42.1	Etat de disjoncteur 42.1
22	Q-42	Etat de disjoncteur 42
23	Q-41	Etat de disjoncteur 41
24	F-01	Etat de Sectionneur 01
25	F-02	Etat de Sectionneur 02
26	F-43.1	Etat de Sectionneur 43.1
27	F-43.2	Etat de Sectionneur 43.2
28	F-44	Etat de Sectionneur 44
29	F-42.1	Etat de Sectionneur 42.1
30	F-42	Etat de Sectionneur 42
31	F-41	Etat de Sectionneur 41
32	S3	Quitt.

Les Sorties:

N°:	Mnémonique	Commentaire
1	K-ALM	Démarrage d'alarme
2	MAX 03	Indication de niveau "MAX"
3	K-02	Démarrage de moteur 02
4	K-01	Démarrage de moteur 01
5	K-43.1	Démarrage de moteur 43.1
6	K-43.2	Démarrage de moteur 43.2
7	K-44	Démarrage de moteur 44
8	K-42.1	Démarrage de moteur 42.1
9	K-42	Démarrage de moteur 42
10	K-41	Démarrage de moteur 41
11	LED RUN1 vert	Marche Automatique de système
12	LED Auto1 vert	Initialisation de système
13	LED 02 vert	En service 02
14	LED 02 rouge	Défaut 02
15	LED 02 bleu	Arrêt Automatique 02
16	LED 01 vert	En service 01
17	LED 01 rouge	Défaut 01
18	LED 01 bleu	Arrêt Automatique 01
19	LED 43.1 vert	En service 43.1
20	LED 43.1 rouge	Défaut 43.1
21	LED 43.1 bleu	Arrêt Automatique 43.1
22	LED 43.2 vert	En service 43.2
23	LED 43.2 rouge	Défaut 43.2
24	LED 43.2 bleu	Arrêt Automatique 43.2
25	LED 44 vert	En service 44
26	LED 44 rouge	Défaut 44
27	LED 44 bleu	Arrêt Automatique 44
28	LED 42.1 vert	En service 42.1
29	LED 42.1 rouge	Défaut 42.1
30	LED 42.1 bleu	Arrêt Automatique 42.1
31	LED 42 vert	En service 42
32	LED 42 rouge	Défaut 42
33	LED 42 bleu	Arrêt Automatique 42
34	LED 41 vert	En service 41
35	LED 41 rouge	Défaut 41
36	LED 41 bleu	Arrêt Automatique 41

Conclusion :

L'objectif de notre projet est l'automatisation d'une unité de production plâtre, cette automatisation se fait en six tâches essentielles.

- Étude approfondie et analyse bien détaillée du cahier des charges fonctionnelle ;*
- Établir le GRAFCET ;*
- Recensement des sorties et entrées de système ;*
- chargement de programme dans la mémoire de programme RAM à l'aide de la console de programmation ;*
- transférer le programme dans l'unité centrale de l'automate ;*
- tester à vide : mise au point du programme ;*
- raccorder l'automate à la machine.*

Introduction	49
IV-1- Présentation de l'automate	49
IV-1.1 Choix d'automate	49
IV-1-2 Automate S7- 400	49
IV-1-3 Architecture de l'automate S7-400	50
IV-1-3-1 Rail profile	50
IV-1-3-2 Alimentations (PS)	50
IV-1-3-3 Unité centrale (CPU)	50
IV-1-3-4 Module de signaux (SM)	51
IV-1-3-5 Modules de fonction (FM)	51
IV-1-3-6 Modules de communication (CP)	51
IV-1-3-7 Carte couplage (IM)	52
IV-2 Représentation de logiciel step7	52
IV-2-1 Les langages de programmation nécessaire	52
IV-3 Présentation de console de programmation	54
IV-4 Matériel utilisé	55
IV-5- Les étapes de programmation	55
IV-5-1 Configuration du matériel	55
IV-5-2 Mnémoniques	56
IV-5-2-1 Utilisation de mnémoniques globales	56
IV-5-2-2 Utilisation de mnémoniques locales :	57
IV-5-3 Adressage absolu et adressage symbolique	57
IV-5-3-1 Adresse absolue	57
IV-5-3-2 Adressage symbolique	57
IV-6 Programmation	57
IV-6 -1 Bloc d'organisation (OB)	57
IV-6 -2 La fonction (FC)	58
IV-7 Solutions GRAFCET	58
IV-7-1 Hiérarchie des GRAFCET	58
IV-7-2 GRAFCET de sécurité	58
IV-7-3 GRAFCET de coordination des tâches	59
IV-7-4 GRAFCET de Conduite et Initialisation	60
IV-7-5 GRAFCET de Production Normale (GPN)	61
IV-7-5-1 Tâche de préconcassage	61
IV-7-5-2 Tâche de distribution avant traitement thermique	62
IV-7-5-3 Tâche de traitement thermique	63
IV-7-5-4 Tâche de broyage	64
IV-7-5-5 Tâche de dépoussiérage	65
IV-7-5-5 Tâche d'ensachage	66
IV-8 Conversion écriture Grafcet en langage LD	67
IV-8-1 Programme de Grafcet de sécurité	67
IV-8-2 Programme de Grafcet de conduite et initialisation	67
IV-8-3 Programme de Grafcet de coordination de tache préconcassage	68
IV-8-4 Programme de Tache préconcassage	70
Conclusion :	80

Conclusion Générale

Otre la réalisation de l'objectif principal de ce travail modeste, à savoir trouver des solutions GRAFCET d'un système automatisé de production du plâtre, l'apport personnel, pédagogique e humain de cette expérience est sincèrement positif, il nous a permis de découvrir un secteur qui, jusqu'à un passé proche nous est inconnu, ce secteur est celui du l'automatisation des systèmes industriel.

Compte tenu des objectifs définis au début de ce mémoire, la première partie de notre travail a été consacrée à la recherche bibliographique sur les systèmes automatisés, mais la deuxième partie avait comme objectifs de faire un aperçu sur les automates programmables, leurs architectures, le domaine d'utilisation et les différents langages de programmations.

Partant du fait que le GRAFCET est l'élément de base pour la résolution des systèmes automatisé, la deuxième partie a été utilise pour la mise en évidence des éléments de bases du GRAFCET, les différentes structures, règles d'évolutions et GRAFCET hiérarchisé

Dans la troisième partie, une description globale du cahier des charges de l'unité de production du plâtre de TOUAB, les conditions de fonctionnement, les consignes de sécurité et instructions de maintenance,

Quant à la quatrième partie, elle a été consacrée, aux solutions GRAFCET des différentes taches du cycle de fabrication du plâtre tout en introduisant le principe des GRAFCET hiérarchisé.

Enfin, on a approché la programmation par automate programmable en utilisant le langage contact pour la tache de préconcassage.

Ce mémoire conduit tout naturellement à envisager un certain nombre de prolongements :

- *Passage de la programmation par contacts aux autres langages pour plus de maîtrise de la programmation (automates programmable) ;*
- *Conception de prototype de systèmes automatisé miniatures ;*
- *Amélioration des résultats obtenus par programmation de toutes les taches du cycle de production ;*
- *Amélioration des connaissances théoriques par des stages de coûte et moyenne durée dans les unités de productions commandées par automates programmable.*

Annexes

Liste des symboles

TOR	: Tout ou – rien
SAP	: Système automatisé de production
CPU (Central processing unit)	: Unité centrale
SQ	: séquence d'un Grafset
DG	: Armoire.
PROCOM-WIN	: Système de visualisation.
Profibus (Process Field Bus)	: Processeur de communication
HMI (Humann machine interfaces)	: dialogue homme machine
PS (power supply)	: module d'alimentation
A4.0	: Adresse de sortie
E1.1	: Adresse d'Entrée
M 2.0	: Adresse de Mémentos
PG	: console de programmation
T12	: symbole de temporisation
Reg (p)	: symbole de régulateur de pression
C	: symbole de détecteur de température

Bibliographie

[1] BENYAHIA ISMAHANE. BOUMELIT ASMA

« Application du GRAFCET pour l'automatisation d'une remplisseuse d'un liquide », Mémoire du technicien Supérieur, I.N.S.F.P.BATNA, MARS 2008.

[2] TECHNIQUES DE L'INGENIEUR

« Les systèmes automatisés ».

« Langage de programmation pour API norme IEC 1131-3 ».

[3] PHILIPPE LE BRUN FLORENCE

« Programmation des automates » Lycée Louis ARMAND, 173 Bd de Strasbourg, 94736 NOGENT sur Marne.

[4] D. Dubois, 1999.

« Automate programmable industrielle ».

« Le Grafcet et Les systèmes automatisés ».

[5] LES AUTOMATE PROGRAMABLE

« CEPADUES EDITIONS ».

[6] MICHEL BERTRAND

« Automate programmable industrielle » Docteur-Ingénieur. École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers ENSAM, Centre d'Enseignement et de Recherche de Lille.

[7] BENARIBAMMAR. BELMILOUD ABD ELAZIZ

« Étude de réalisation d'un API à bas d'un microcontrôleur » Mémoire d'ingénieur, université de M'sila 2006.

[8] SIMATIC S7 siemens

« La compétence en automatisation centre de formation industrie ».

[9] DOCUMENTATION D'USINE PLATRIERE TAOUAB

« Consignes de sécurité et instructions de maintenance », ARTURE HERZOG.

« Inventaire physique des équipements et machines ».

[10] SIMATIC « Dr. Mohamed-Faousi Harkat »

« Automate programmable S7-300 Configuration et programmation », Département de Mines Université de tebessa, du 20 au 22 MARS 2008.

[11] KOUIDRI MOHAME. BOUZIDI RIAD

« Automatisation de la commande et supervision de la station de nettoyage (CIP) de la laiterie de Relizane (ALGERIE) », Mémoire d'ingénieur, université de M'sila 2006.

[12] SIMATIC

« Logiciel de base pour SIMATIC S7 et M7 », guide de l'utilisateur STEP7.

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DE DIPÔLME
D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE ELECTROTECHNIQUE**

OPTION : ELECTROMECHANIQUE

PROPOSE ET DIRIGE PAR : Mr. ABDOU ABDEALHAK

PRESENTE PAR : ATALLAOUI NOUREDDINE

FRAHTIA RACHID

THEME :

**AUTOMATISATION D'UNE PETITE UNITE DE PRODUCTION
PAR LA RESOLUTION GRAFCET
« GRAPHE DE COMMANDE. ETAPE- TRANSITION »**

RESUME :

La réalisation et l'exploitation des automatismes industriels font appel à divers outils matériels et logiciels, qui doivent être convenablement choisis et utilisés, en vue de remplir certaines fonctions.

Dans ce mémoire on a présenté d'une manière générale les systèmes automatisés et les automates programmables ainsi que les principes de base du Grafcet. A partir d'un cahier de charge d'une unité de production de plâtre, on est arrivé à la résolution par Grafcet des différentes tâches du cycle de production, ainsi qu'une programmation de la tâche de préconcassage.

MOTS CLES :

- Grafcet
- Grafcet hiérarchisées
- Automate programmable industriel
- logiciel step 7
- Usine plâtrière