

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'Automatique

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'Etat en Automatique

Thème

**Mise en place d'un automate programmable industriel
sur une chaine de production de pièces moyennes
au niveau de la SNVI (UFR, Rouiba).**

Proposé par : M^r BENHABRIA .A

Présenté par :

Dirigé par : M^{me} BOUDJEMAA

M^r MEDJAHES.S
M^r SAIBI.O

Soutenu le : / /2010

Promotion 2010

Ce travail a été préparé à : La SNVI, Unité de fonderie, Rouiba.

Remerciements

Nous tenons à rendre grâce à DIEU qui nous soutient en toute circonstance ☺

Nous tenons, aussi, à remercier vivement :

- ▼ Notre promotrice M^{me} BOUDJEMAA pour son aide et ses conseils précieux.
- ▼ Notre encadreur M^r BENHABRIA.A pour toutes ses orientations et conseils ☺
- ▼ L'ingénieur M^r ZERROUKI.F pour son aide et tout le temps qui nous a consacré.
- ▼ M^r RATNI pour toute l'attention qui nous a accordé tout au long de notre stage à l'aide ☺ ☺
SNVI.
- ▼ M^r AGRANE.Y grâce à qui ce travail a pu se faire.
- ▼ L'ensemble du personnel du Bureau « service méthode » de l'unité fonderie, Rouiba.
- ▼ Tous les enseignants qui ont contribué à notre formation depuis le début. ☺
- ▼ Toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. ☺
- ▼ Les membres du jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail.

Introduction générale	1
Chapitre I: Présentation de la SNVI et de ses différentes unités, chaîne de moulage PM3 et principe de moulage en sable siliceux.	
I.1. Introduction	5
I.2. Mission de l'entreprise	5
I.3. Historique	5
I.4.1. Activité étude et recherche	6
I.4. Activité de l'entreprise	6
I.4.2. Activité production	6
I.4.3. Activité de distribution et de maintenance	7
I.5.1. Présentation des différents ateliers du bâtiment de la fonte GS	8
I.5. Présentation générale de l'unité fonderie Rouiba	8
I.6. Principe de fonctionnement de la ligne de moulage PM3	12
I. 7. Le moulage.....	15
I.7.1. Généralités	15
I.7.2. Fonderie de fonte et moulage en sable siliceux	16
I.8. Problématique	18
I.9. Conclusion	18
Chapitre II : Etude technologique de la machine à mouler PM3.	
II.1. Introduction	20
II.2. Aspect mécanique de la machine à mouler PM3	20
II.3. Séquences de fonctionnement de la machine à mouler PM3	21
II.4. Etude technologique de la machine à mouler PM3	21
II.4.1. Aspect pneumatique de la machine	21
a. Les Actionneurs.....	21
a.1. Les vérins	21
b. Les préactionneurs	26
b.1. Les distributeurs pneumatiques	26
b.2. Les vannes	29
c. Accessoires pneumatiques	29

Sommaire.

II.4.2. Aspect électrique de la machine à mouler PM3	30
a. Les actionneurs	30
a.1. Le moteur asynchrone	30
a.2. Electro-frein	31
b. Les préactionneurs	31
b.1. Les préactionneurs de commande	31
b.2. Les préactionneurs de sécurité	34
c. Les capteurs	36
c.1. Détecteur de proximité (inductif)	36
c.2. Les fins de course	37
c.3. Les capteurs de niveau capacitifs (sonde capacitive)	37
II.5. Conclusion	37

Chapitre III : Modélisation du fonctionnement de la machine à mouler PM3, études et choix de l'automate.

III.1. Introduction.....	40
III.2. Le GRAFCET	40
III.2.1. Définition	40
III.2.2. Notions fondamentales	40
III.2.3. Règles d'évolution	41
III.3. Modélisation de la machine à mouler PM3	43
III.3.1. GRAFCET niveau 1	43
III.3.2. GRAFCET niveau 2	47
III.4. Etude des automates programmables industriels	53
III.4.1. les systèmes automatisés de production (SAP.)	53
a. Structure d'un système automatisé	53
III.4.2. Architecture des automates	55
a. Définition.....	55
b. Aspect extérieur.....	55
c. Structure interne d'un API.....	56

Sommaire.

III.4.3.Traitement du programme par automate.....	56
III.5. Choix de l'automate programmable.....	57
III.5.1. L'automate programmable S7 300.....	58
a. Les modules du système.....	59
b. Présentation des modules de l'automate S7 300.....	59
c. Caractéristiques et avantages de l'automate S7-300.....	60
d. Présentation de la CPU S7-300.....	61
d.1. Les composantes de la CPU.....	61
d.2. Caractéristique technique de la CPU 315-2DP.....	62
III.5. Conclusion.....	63

Chapitre IV : Programmation de la solution de commande de la machine à mouler PM3.

IV.1. Introduction	66
IV.2. Présentation et étude du logiciel de programmation STEP 7	66
IV.3. Implantation du programme sur l'automate S7-300	68
IV.3.1 Lancement du logiciel SIMATIC STEP7 Manager.....	68
a. Création du projet	68
b. Configuration matérielle.....	70
IV.4. Procédure de programmation de la solution d'automatisation	72
IV.5. Procédure de création de la table des mnémoniques	74
IV.6. Forme finale du programme d'automatisation de la machine à mouler PM3.....	77
IV.7. Simulation du programme	78
IV.8. Conclusion	80

Chapitre V : Supervision de la machine à mouler PM3.

V.1. Introduction	83
V.2.Présentation du logiciel WinCC flexible 2008	83
a. La fenêtre principale dans WinCC flexible 2008	83
b. La fenêtre de projet dans WinCC flexible 2008	84
c. Fenêtre des outils dans WinCC flexible 2008	85
V.3. Développement de la solution de supervision de la machine à mouler PM3	86

Sommaire.

V.3.1. Insertion d'une station SIMATIC HMI et choix de l'écran de supervision	86	?	?		
V.3.2. Configuration de la station SIMATIC HMI et création de liaison avec l'API	87	?	?	?	?
V.4. Description des vues de la solution de supervision de la machine à mouler PPS	88	?	?		
a. Vue d'accueil	89				
b. Vue de sélection.....	90	?			
c. Vue de sélection du mode de fonctionnement	91	?	?		
d. Vue des moteurs	92				
e. Vue du chariot agrafe et du chariot de transfert	93				
f. Vue de la tête de pression et de la table élévatrice	94				
g. Vue d'accès à Internet	95				
h. Vue des alarmes	96				
V.5. Conclusion	97				
Conclusion générale :	100				

Annexes.

Bibliographie.

INTRODUCTION GENERALE

La modernisation des chaînes de production s'impose d'elle-même dans tous les secteurs de l'industrie, suite aux importantes avancées technologiques enregistrées pendant ces dernières décennies et suite au boom économique qu'a connu le monde entier en terme de quantité produite et de sa qualité ; chose due à l'émergence de nouvelles puissances économiques.

C'est pour quoi les industriels cherchent à adapter leurs chaînes de productions qui sont déjà en place aux nouvelles technologies, afin d'éviter de les remplacer par de nouvelles chaînes, qui seraient très coûteuses et ce pour atteindre les objectifs suivants :

- ü Plus de sécurité dans le travail.
- ü Diminuer les frais de maintenance des équipements.
- ü Plus de productivité en termes de quantité et de qualité.
- ü Un prix de revient de production le plus bas possible.

Tout cela dans un but ultime qui est d'être plus compétitifs afin de garantir leurs places dans le marché de commercialisation relatif à leurs activités.

La SNVI (société nationale de véhicules industriels) en Algérie fait partie de ces industriels qui cherchent à moderniser leurs systèmes de production pour les raisons qu'on a citées dans le paragraphe précédent et c'est en son sein que se fera notre travail.

En parlant de nouvelles technologies, on sous-entend des technologies basées sur des programmes informatiques gérés et exécutés par des systèmes intelligents appelés automates programmables industriels (API) qui effectuent le contrôle et l'ordonnancement des différentes tâches que doit accomplir une machine ou une chaîne de machines.

Justement notre travail consistera à adapter un API sur une chaîne de moulage de pièces moyennes, particulièrement sur la machine à mouler <PM3> du constructeur OSBORN au niveau de l'UFR (unité fonderie Rouïba) affiliée à la SNVI.

Pour ce faire nous organiserons notre travail de la manière suivante :

- ü **Le premier chapitre** sera consacré à la présentation de la **SNVI** et de ses différentes unités ainsi qu'à la présentation de la chaîne de moulage des pièces moyennes et nous y donnerons un aperçu sur le procédé de moulage en sable siliceux.
- ü **Le deuxième chapitre** quant à lui comportera la présentation de la machine à mouler PM3 et son étude technologique sous différents aspects.
- ü **Le troisième chapitre** sera dédié à la modélisation de la machine tout en y présentant une étude relative à l'outil de modélisation utilisé (GRAFCET), à l'étude des automates

programmables industriels et le choix d'un automate pour la réalisation de la solution de commande de la machine à mouler PM3.

ü **Le quatrième chapitre** est un espace dont lequel sera exposée la procédure de concrétisation de la solution de commande.

ü **Le cinquième chapitre** sera consacré à la supervision de la machine à mouler PM3.

Chapitre I.

I.1. Introduction

Dans ce premier chapitre, nous présenterons d'une manière générale la société d'accueil où s'est fait notre stage à savoir la société nationale des véhicules industriels (SNVI), au cours de cette présentation nous mettrons l'accent sur l'unité industrielle de Rouba (UR) car c'est en son sein que nous avons eu à résoudre une problématique d'automatisation que nous exposerons à la fin de ce chapitre.

I.2. Historique

L'entreprise Nationale des Véhicules Industriels (SNVI) est née par décret 81-342 du 12/12/1981. Elle a hérité des structures, moyens, biens, activités matérielles à l'importation et le personnel détenus ou gérés par la Société Nationale de Construction Mécanique (SONACOME) par décret n° 81-345 du 12/12/1981.

La Société Nationale de Construction Mécanique (SONACOME) a été créée par ordonnance n° 67-150 du 09/08/1967 ayant pour vocation d'exploiter et de gérer les usines de construction mécanique du secteur public. Son organisation regroupe dix divisions dont la future SNVI.

Le 09/05/1995, est survenue la transformation de la SNVI en Société Par Action au capital social de 2,2 milliards de dinars. [1]

I.3. Mission de l'entreprise

L'Entreprise Nationale des Véhicules Industriels (SNVI) issue de la restructuration de la SONACOME est chargée dans le cadre du plan national du développement économique et social :

- La recherche.
- Le développement.
- L'importation.
- La distribution.

Elle se spécialise dans le secteur des véhicules industriels et leurs composants dont :

- Les camions.
- Les autocars, autobus, minicars, minibus.
- Les camions spéciaux.
- Le matériel tracté (remorques, semi-remorques, et autres.....).
- Les pièces brutes de fonderie.

D'une manière générale, tous véhicules destinés au transport routier de personnes et marchandises d'une charge utile supérieure à 15 tonnes.

D'autres parts, la SNVI est chargée d'assurer et de promouvoir les activités d'après-vente des véhicules industriels par la mise en place de leurs moyens de maintenance.

I.4. Activité de l'entreprise

La SNVI a pour activités principales :

- ü La recherche.
- ü La production.
- ü La distribution et la maintenance.

I.4.1. Activité étude et recherche

Cette activité est assurée par l'Unité d'Etude et Recherche « UER ». Elle a pour missions :

- ü l'innovation et le lancement de nouveaux produits.
- ü L'amélioration de la qualité et la fiabilité.
- ü L'acquisition et la maîtrise de nouvelles technologies.
- ü La diversification des sources d'approvisionnement.

I.4.2. Activité production

Cette activité est assurée par (04) quatre unités opérationnelles qui sont :

- ü Division Véhicules Industriels (D.V.I).
- ü Unité Carrosserie Rouiba (U.C.R).
- ü Unité Fonderie Rouiba (U.F.R).
- ü Unité Carrosserie Tiaret (U.C.T).

Division Véhicules Industriels (D.V.I)

Cette unité ayant pour activité d'origine le montage de camions et d'autobus, leurs ventes ainsi que la distribution de pièces de rechange.

La D.V.I fabrique actuellement (07) sept types de produits de base ; camions, autobus, autocars. Le taux d'intégration global moyen en usage est de l'ordre de 58% ce qui nécessite la mise en œuvre d'une technologie variée et complexe au sein des différents centres de fabrication dont les plus importants sont :

- ü La forge.
- ü L'emboutissage.
- ü L'usinage et traitement thermique.
- ü Le montage.

Unité Carrosserie de Rouiba (U.C.R)

Mise en production en Septembre 1979, cette unité intégrée initialement au C.V.I/ Rouiba, est autonome depuis 1987. Sa fonction est de fabriquer toutes une variété de produits de carrosserie portées ou tractées.

Chapitre I.

Elle dispose pour cela des ateliers principaux suivants

- ü Atelier de débitage.
- ü Atelier de mécanique.
- ü Atelier d'assemblage.
- ü Atelier de montage.
- ü Atelier de peinture.

Unité Fonderie Rouiba (U.F.R)

Mise en production en 1984, cette unité est intégrée à l'origine au C.V.I / ROUIBA est autonome depuis le 01/01/1987. Elle est d'une capacité contractuelle de 10.000 tonnes/an de pièces brutes de fonderie.

Unité de Carrosserie de Tiaret (U.C.T)

Mise en production en 1982, est d'une capacité contractuelle de 9000 carrosserie/an. La carrosserie de Tiaret fabrique essentiellement le matériel tracté et les équipements destinés à faire monter sur des châssis cabine SNVI.

I.4.3. Activité de distribution et de maintenance

Cette activité est assurée sous les directives de deux (02) directions importantes :

Direction Marketing et Ventes (DM)

Pour améliorer son potentiel de distribution, la SNVI a mis en place une unité de gestion de produit Implantée à Rouiba sur le site du complexe, cette unité a pour missions principales :

- ü Réception et contrôle de véhicules.
- ü Mise en carrosserie des véhicules.
- ü La préparation de ces véhicules.
- ü Livraison vers les unités commerciales.
- ü Gestion des stocks.

Direction Centrale Après Vente (DCAV)

L'importante activité de la DCAV, est assurée par onze (11) unités commerciales réparties à travers le territoire national.

La DCAV est chargée d'assurer :

- ü La vente des véhicules neufs.
- ü La vente de pièces de rechange.
- ü Le service Après Vente.
- ü La réparation et la rénovation des parcs régionaux de ces produits.

I.5. Présentation générale de l'unité fonderie Rouiba

En 1980 l'intégration de la fonderie GS de Rouiba au complexe véhicules industriels est réalisée par RVI France et SNC Canada elle a été réceptionnée et mise en production au début de 1985. Elle est autonome dans la gestion depuis 1987 et elle est rattachée à l'administration de la SNV.

Elle a une capacité nominale de 10 millions de tonnes de pièces en fonte à graphite sphéroïdal par an et de 330 tonnes de pièces en alliage d'aluminium pour un effectif initial de 1200 employés dont la plupart ont été formés en France chez le constructeur RVI.

Les principales pièces fabriquées pour la DVI sont :

- Carters de pont.
- Support différentiel.
- Moyeux, Ferrures.

Suite à la crise économique qui a baissé les demandes de la DVI, la DFR a intégré la production de la fonte lamellaire pour les tambours de frein, les blocs moteurs, trempettes et volants moteurs et cela depuis 1995 à ce jour.

I.5.1. Présentation des différents ateliers du bâtiment de la fonte GS

Le bâtiment fonte GS est réalisé en étage. Cette architecture facilite l'alimentation des machines et permet :

- La récupération du sable
- La récupération des pièces.
- La récupération des déchets.
- L'entretien des équipements électriques durant les fours.
- Stockage de l'air comprimé.
- L'accès sous les machines.

Le bâtiment GS est composé de quatre ateliers :

- Atelier noyautage.
- Atelier sablerie/ moulage.
- Atelier fusion.
- Atelier parachèvement (finition).

Atelier noyautage

Cet atelier comprend :

- 08 machines à noyaux (H 12 V).
- 06 machines de marque (Schalco).
- 01 ratoureuse.
- 01 centrale de traitement sable.
- 01 équipement de traitement de noyaux de marque (Croming).

Chapitre I.

ü 02 malaxeurs.

Atelier moulage/sablerie

Cet atelier est composé de deux parties :

a. Partie sablerie

La sablerie est un ensemble de convoyeurs à bandes, de malaxeurs, de trémies de stockage, de convoyeurs oscillants, d'un système de refroidissement appelé (refroidisseur) et d'extracteurs ainsi que du dispositif d'alimentation des machines à mouler.

b. Partie moulage

Cette partie est composée de 02 lignes de moulage :

Ø (PP1, PP2) : lignes pour petites pièces et chaque ligne comprend :

- ü 01 Machine à mouler.
- ü 01 Tunnel de refroidissement.
- ü 01 Cabine défonçage.
- ü 01 Convoyeur à plateaux.

Capacité de travail nominale : 120 moules/h.

Ø (PM3) : cette ligne est destinée à fabriquer des pièces moyennes, elle est composée de :

- ü 01 Système de la plaque modèle inférieure et supérieure.
- ü 01 La machine à mouler PM3 du constructeur OSBORN.
- ü 01 Un tunnel de refroidissement.
- ü 01 Une cabine de défonçage.
- ü 01 Un convoyeur à plateaux.

Capacité de travail nominale : 54 moules/h.

Ø (GP4) : cette ligne est destinée à la fabrication des grosses pièces telles que les ports.

Elle comprend :

- ü 01 Machine inférieure.
- ü 01 Machine supérieure.
- ü Des chariots de transfert.
- ü Des chariots portes moules.

Atelier fusion

L'atelier comprend :

- ü 02 fours à arcs pour la fusion de métal.
- ü 03 fours à induction pour maintenir la température de métal liquide.
- ü 04 ponts roulants : 20 tonnes et 6 tonnes.
- ü 03 palans : 5 Tonnes.

Chapitre I.

ü 03 poches de 10Tonnes et trois poches de 2 Tonnes.

Atelier parachèvement :

C'est dans cet atelier que le produit est achevé.

Comme notre travail se fait au niveau de l'UFR nous présentons ci-après son schéma organisationnel .

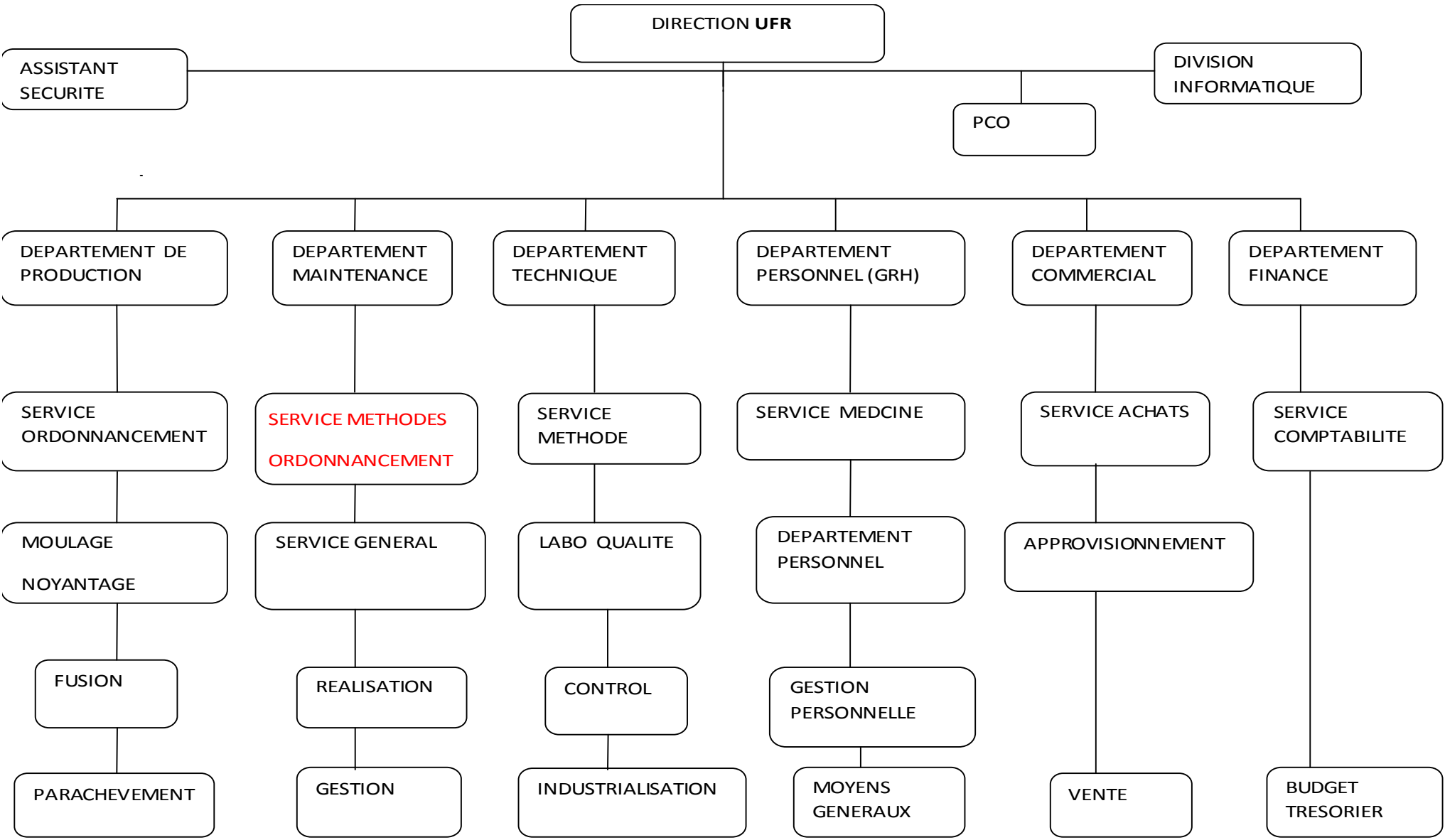


Figure I-1 : schéma organisationnel de l'UFR.

I.6. Principe de fonctionnement de la ligne de moulage MB

La production sur cette chaîne se fait en circuit fermé. Le cycle commence à la sortie de la cabine de défonçage ou se fait la récupération puis l'envoi des châssis vides par un ouvrier sur un système muni de galets vers l'entrée de la machine à mouler PM3.

Celle-ci assure le moulage de deux parties supérieures et inférieures de la pièce désirée à l'aide d'un système de transfert de plaques modèles sur lesquelles sont disposées les formes que l'on veut obtenir.

A la sortie de la machine à mouler MB, des ouvriers assurent l'assemblage et le crampage des deux parties du moule tout en retournant à l'intérieur des noyaux puis les châssis ainsi assemblés sont disposés sur le convoyeur qui assure leur transfert vers le poste de coulée où s'effectue le versement de la fonte liquide (fondue à 1400°C et maintenue en cet état à une température de 800°C).

Ensuite les châssis assemblés passent dans le tunnel de refroidissement pour baisser leur température à l'aide d'un système d'extracteurs d'air et finalement, ils sont convoyés vers la cabine de défonçage où se fait l'extraction des pièces ainsi obtenues et la récupération du sable.

Les figures (I.2) et (I.3) montrent les différentes représentations de cette chaîne.

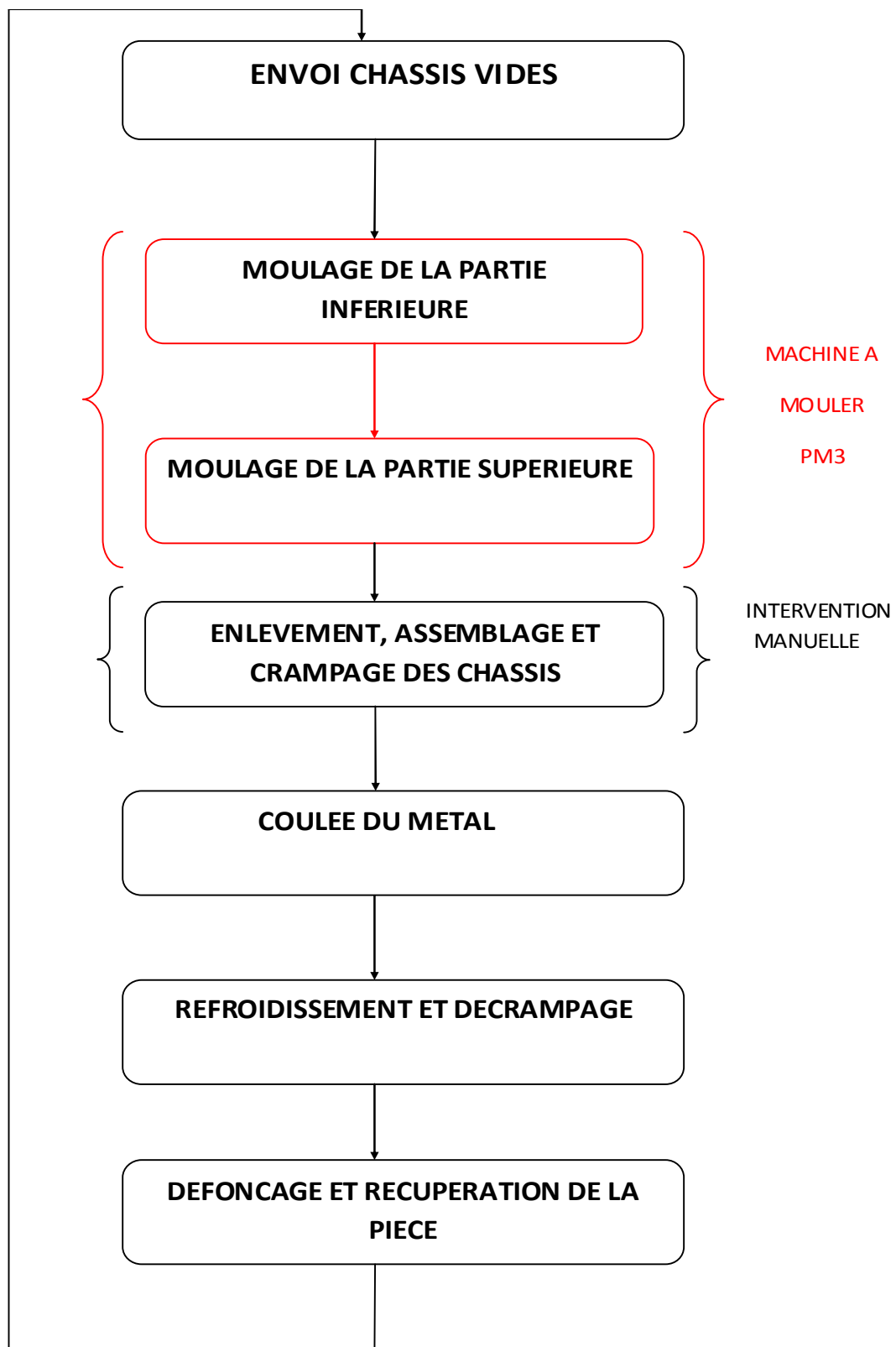
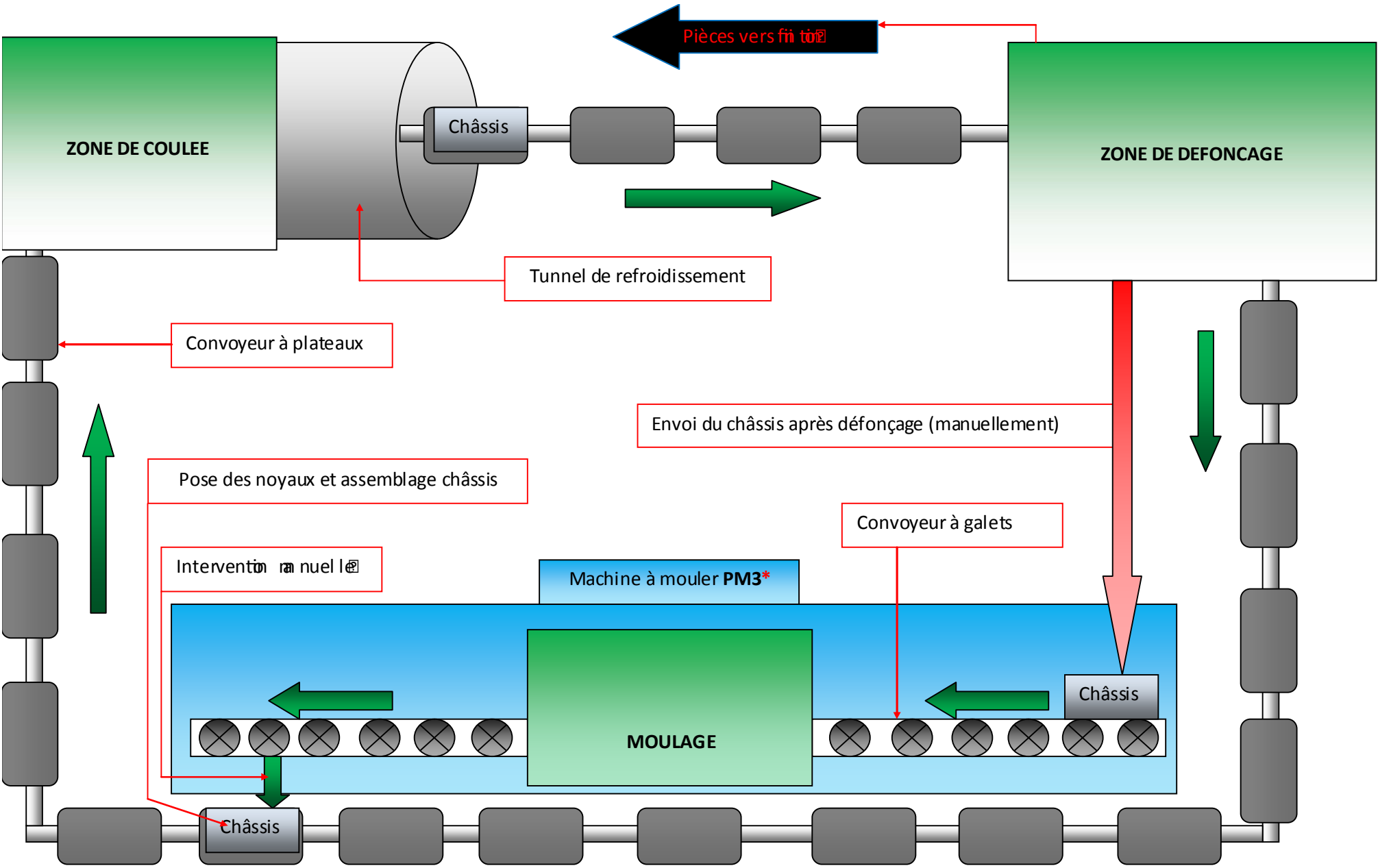


Figure I.2 : schéma synoptique de fonctionnement de la machine



* voir chapitre II.

Figure I.3 : Chaine de moulage PM3.

I. 7. Le moulage

La chaîne de moulage de pièces moyennes PM3 utilise le procédé de moulage en sable siliceux. Nous présentons ci-après un aperçu décrivant ce procédé.

I.7.1. Généralités

Les organes et pièces constituant les machines et appareils proviennent de sources diverses de fabrication telles que le forgeage, l'estampage et la fonderie (moulage), etc. la technique de fonderie (moulage) est souvent la plus utilisée car elle est non seulement économique, mais aussi elle permet :

- ü De produire des pièces de formes complexes (difficiles à réaliser par usinage ou par autres procédés).
- ü D'avoir une série des pièces identique.
- ü D'obtenir des pièces massives telles que les bâtis, les volants, les châssis, les blocs moteurs...

Le moulage ou fonderie est un ensemble de procédés qui permet de réaliser des pièces métalliques brutes. Le moulage proprement dit, consiste à réaliser des pièces brutes par coulée du métal en fusion dans un moule en sable ou en métal (représentant l'empreinte de la pièce à obtenir). Le métal en se solidifiant, reproduit les contours et dimensions de l'empreinte du moule.

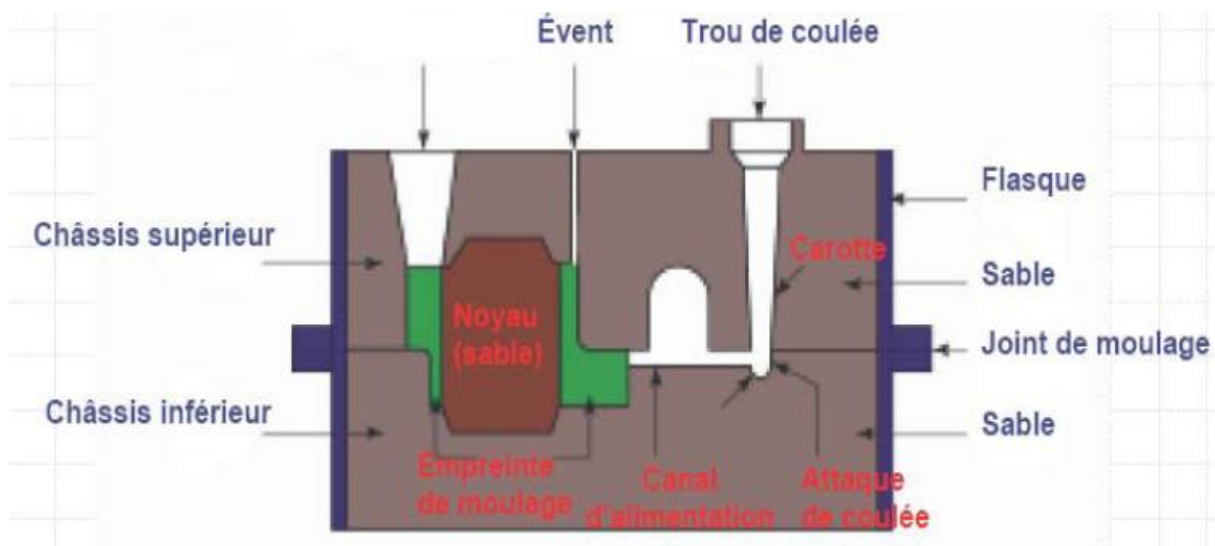


Figure I.4 : Constitution d'un moule

Dans la spécialisation de fonderie selon la nature des métaux et alliages utilisés, on distingue pratiquement les fonderies suivantes :

- ü Fonderie de fonte
- ü Fonderie d'acier.
- ü Fonderie d'aluminium et ses alliages.
- ü Fonderie de cuivre. Bronze, etc.

On mentionne encore une fois que la chaîne de moulage PM3 utilise comme alliage la fonte sphéroïdale donc elle fait partie de la première catégorie susmentionnée.

I.7.2. Fonderie de fonte et moulage en sable siliceux

Dans la chaîne PM3 on utilise un type de moules d'empilage parce qu'il peut servir à un grand nombre de coulées de métal. Il est réalisé en deux parties (châssis inférieur et supérieur) pour faciliter l'extraction de la pièce. Il est utilisé surtout lorsque la quantité de pièces à mouler est importante (pour la PM3 : 54 moules /heure). Voir figures (I-5) et (I-6).

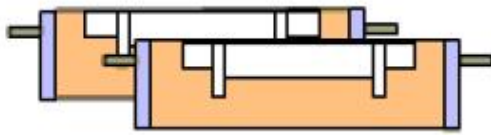


Figure I.5 : Châssis supérieur et inférieur

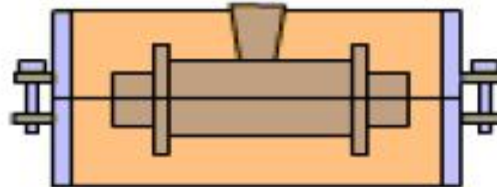


Figure I.6: Moule obtenu après assemblage

Caractéristiques du sable de moulage

Les sables utilisés en fonderie doivent répondre à un certain nombre d'exigences :

- Reproduire fidèlement la pièce moulée
- Avoir une surface aussi fine que possible
- Ne pas se désagréger lors de l'extraction du moulage
- Résister à la température de coulée élevée du métal.
- Résister à l'érosion par le métal liquide, lors de la coulée.
- Être suffisamment perméable pour permettre le passage des gaz produits pendant la coulée.
- Permettre un décochage à sec.

Composition des sables de fonderie

Ils sont généralement composés de :

- 70 à 80% de silice (support)
- 5 à 15% d'argile (agglutinant)
- 7 à 10% d'eau
- 3 à 5% d'impuretés (oxyde de fer, matières organiques, etc.)

Caractéristique de la fonte de coulée

La température de fusion se situe dans une plage de 1100°C à 1400°C selon la teneur en carbone qui est un élément qui permet de modifier les caractéristiques de la fonte pour permettre son utilisation dans différentes pièces selon les conditions de travail (température, pression, secousse, etc.)

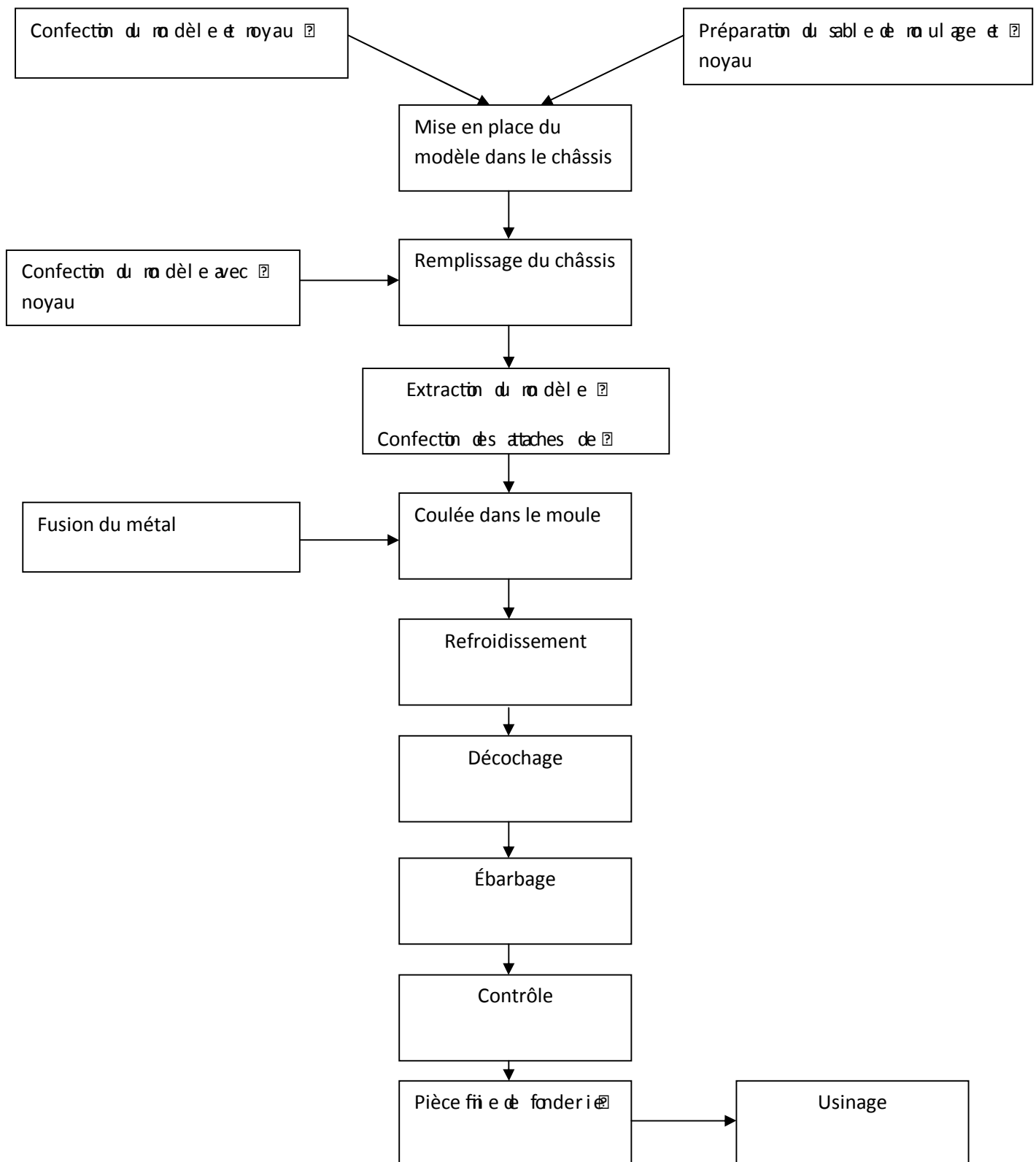


Figure I.7 : Récapitulatif du procédé de moulage.

I.8. Problématique

Au niveau de l'atelier de moulage de l'unité fonderie de Rouiba (UFR), la ligne de moulage des pièces moyennes comprend une machine qui effectue les opérations proprement dites de moulage en sable siliceux. Il s'agit de la machine à mouler PM3. Cette machine fonctionne actuellement d'une manière automatique basée sur la technologie dite logique câblée. Cette technologie ne permet pas à la machine d'atteindre son rendement optimal chose due au vieillissement de l'équipement qui cause des pannes fréquentes qui obligent le personnel à arrêter le fonctionnement afin de remplacer les composants défectueux. C'est ce problème qu'on est appelé à résoudre en proposant une autre solution d'automatisation basée sur une technologie plus fiable à savoir, un automate programmable industriel qui assurera un fonctionnement avec un taux de défaillance minimal.

I.9. Conclusion

Après avoir présenté la SNVI, on voit qu'elle est composée d'un nombre important d'unités qui assurent différentes tâches, ce qui rend l'adaptation de leurs différentes machines aux nouvelles technologies indispensable pour accomplir le travail désiré. Pour se faire, une étude technologique détaillée de la machine est nécessaire. Justement, le chapitre suivant sera consacré à l'étude technologique de la machine à mouler PM3 sous différents aspects.

Chapitre II

II.1. Introduction

Dans ce chapitre nous présenterons la machine à mouler PM3 puis nous effectuerons son étude technologique sous différents aspects en vue de la modéliser par le GRAFCET pour pouvoir élaborer une solution pour son automatisations dans les chapitres à venir.

La machine à mouler PM3 est la pièce maitresse de la chaîne de moulage des pièces moyennes, elle est du constructeur français OSBORN, elle a été mise en service en 1984.

II.2. Aspect mécanique de la machine à mouler PM3

Elle est constituée essentiellement de vérins dont la majorité fonctionne selon trois axes dans un repère orthonormé OXYZ, de moteurs électriques, d'une trémie à sable et d'un système de rails munie de galets qui assurent le glissement et le transfert des châssis. Ainsi que d'un ensemble de capteurs de trois types (fin de courses, inductifs et capteurs de niveau) à cela s'ajoute un ensemble de distributeurs, vannes pneumatiques et électrovannes.

Le schéma synoptique de cette machine est donné dans la figure (II.1).

Tableau II.1 : Les différents composants de la machine à mouler PM3.

N°	Nom du composant	N°	Nom du composant
01	Goulette	15	Réservoir
02	Absorbeur de choc	16	Palier de vérin
03	Trémie	17	Vérin pneumatique de chariot de transfert
04	Vérin pneumatique	18	Ensemble tête de pression
05	Palette de liaison	19	Ensemble vérin d'égalisation
06	Vis spécial	20	Châssis
07	Volet	21	Racleur
08	Doigt d'entraînement	22	Galet
09	Moteur aérateur	23	Moteur G2
10	Barre à galet	24	Vérin pneumatique de chariot agrafes
11	Moteur G1	25	Chariot agrafes
12	Moteur G4	26	Vérin pneumatique de cliquet
13	Vérin pneumatique	27	Bâti
14	Recentreur	28	Moteur G3

II.3. Séquences de fonctionnement de la machine à mouler PM3

?

Le fonctionnement de la machine se résume dans les actions suivantes : ? ?

- ü Recentrage châssis.
- ü Sortie des diges. ?
- ü Libération du châssis par retour de la butée et du recentreur ?
- ü Avance du chariot de transfert.
- ü Sélection de la plaque modèle ?
- ü Montée de la table et sortie de la butée. ?
- ü Ouverture des volets et remplissage en sable plus la mise en marche du moteur aérateur G5 (voir annexes) pendant un certain temps.
- ü Fermeture des volets et arrêt aérateur.
- ü Retour chariot de transfert.
- ü Décente des vérins d'égalisation (tête de pression, voir figure II.1) pour serrage du sable ? ? pendant un certain temps.
- ü Crampage de la table.
- ü Montée de la tête de pression et décente lente puis rapide de la table.
- ü A la fin de la décente de la table et la détection d'un autre châssis, la machine refait les ? ? mêmes opérations, jusqu'à ce que le premier soit poussé par le deuxième pour le positionner ? ? sur le chariot agrafe qui l'entraîne vers les galets commandés après machine.
- ü Selon la nature du châssis, il s'arrête au premier poste d'enlèvement après machine s'il est parti inférieure ou bien il est transféré vers le deuxième poste d'enlèvement grâce aux ? moteurs G2 et G3. (voir annexes).

II.4. Etude technologique de la machine à mouler PM3

L'étude de la machine peut se faire sous deux aspects à savoir l'aspect pneumatique et ? l'aspect électrique. ?

II.4.1. Aspect pneumatique de la machine ?

a. Les Actionneurs ?

a.1. Les vérins

Ce sont des actionneurs qui réalisent un mouvement linéaire ou un mouvement rotatif à ? ? l'endroit même où l'on a besoin d'une force ou d'un mouvement circulaire et ce en convertissant ? l'énergie de l'air comprimé en énergie mécanique. Les figures ci-après résument et montrent les ? principaux types de vérins.

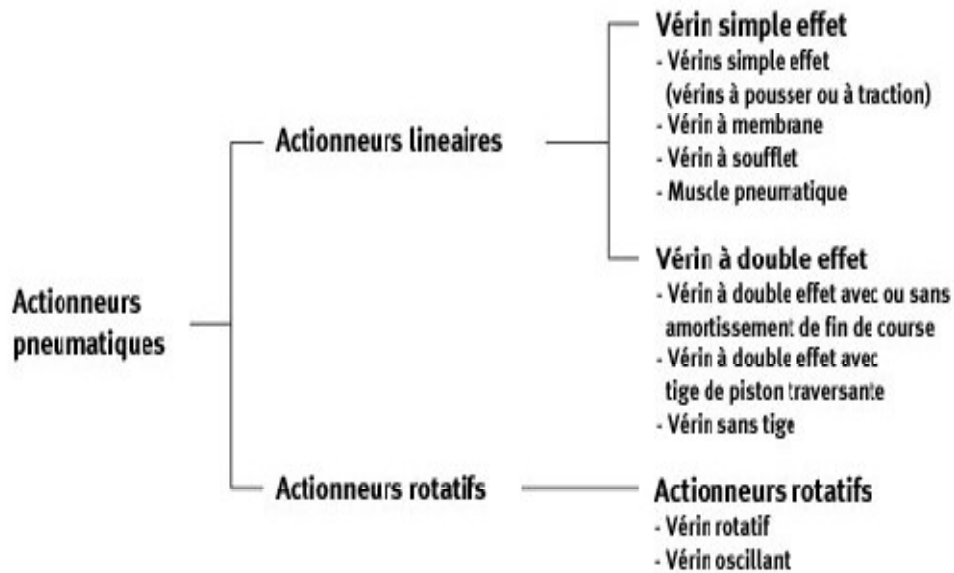


Figure II.2 : Types de vérins.

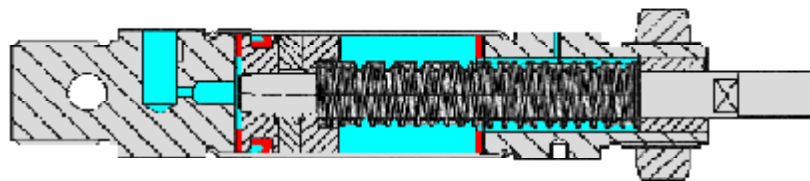


Figure II.3: Vérin simple effet .

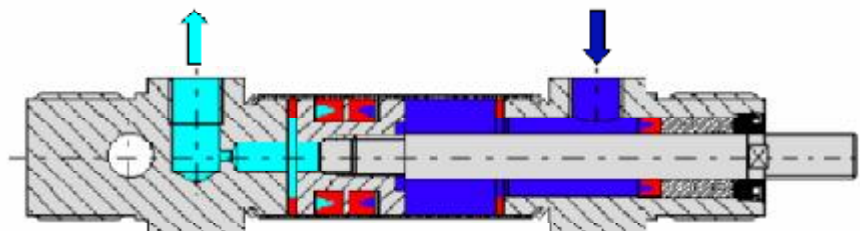


Figure II.4: Vérin double effet .

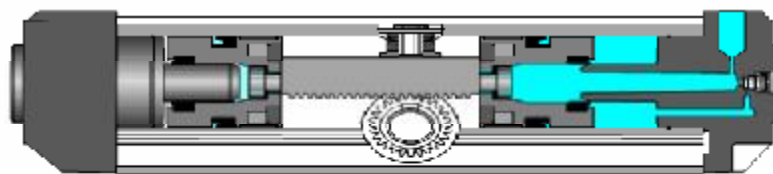


Figure II.5: Vérin rotatif .

Comme la machine à mouler PM3 ne comporte que des vérins doubles effet nous présentons ci-après les constituants des vérins pneumatiques double effet (figure II.6).

Constituants d'un vérin pneumatique double effet

Le vérin se compose d'un tube, d'une culasse arrière et avant d'un piston avec joints, d'une tige de vérin, d'un coussinet et d'un joint racleur. A cela s'ajoutent des éléments de liaison et des joints statiques. **Le corps du vérin (1)** est constitué d'un tube en acier étiré sans soudure. Pour augmenter la longévité du joint du piston, la surface intérieure du tube est minutieusement finie. Le corps de vérin peut également être fabriqué en aluminium, en laiton ou en acier avec des surfaces de glissement chromées. **Les culasses avant (3) et arrière (2)** sont d'ordinaire en matériau de fonderie (alliages légers coulés par injection). Leur fixation sur le cylindre se fait au moyen de tirants, de flanges ou de brides. **La tige de vérin (4)** est pratiquement toujours en acier inoxydable. **Le coussinet (5)**, en bronze fritté ou en matériau synthétique, assure le guidage de la tige du vérin. Devant le coussinet se trouve un joint racleur avec **joint à lèvres intégré (6)**. Le joint racleur empêche la poussière et la saleté de s'infiltrer, le joint à lèvres assure l'étanchéité entre la tige du piston et la culasse avant. **Le piston (9)** est également équipé d'un **double joint à lèvres (7)**, qui assure l'étanchéité entre les deux chambres du vérin, et **une bague de guidage (8)**. [2]

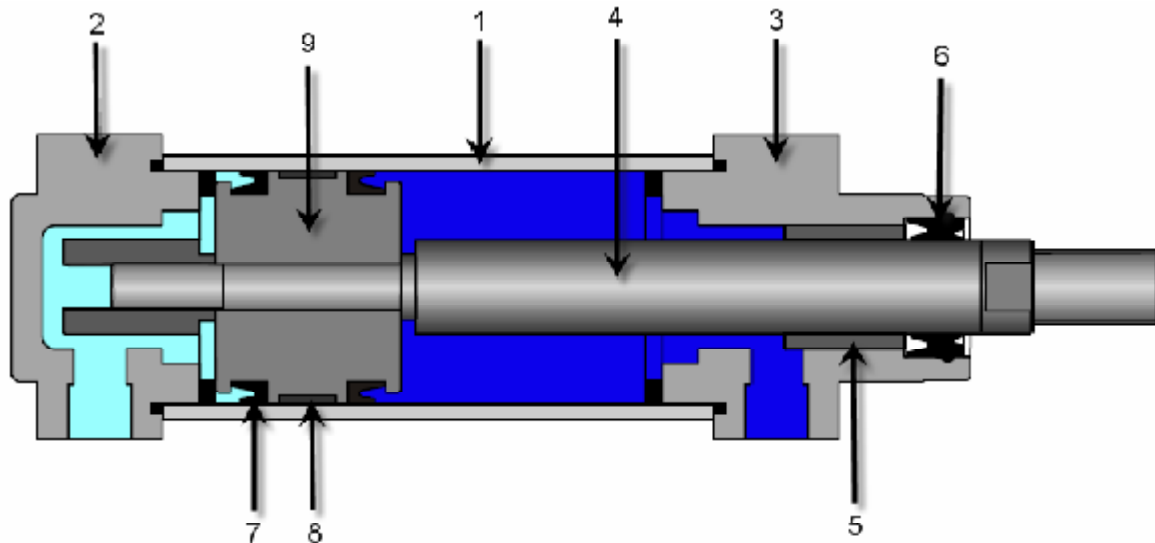


Figure II.6 : Les constituants d'un vérin double effet.

Caractéristiques d'un vérin pneumatique double effet

ü schéma pneumatique

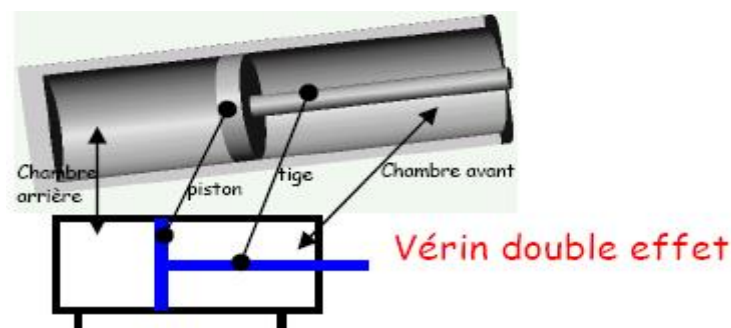


Figure II.7: Schéma pneumatique d'un vérin double effet.

ü Effort développé par un vérin :

$$F = p \cdot S$$

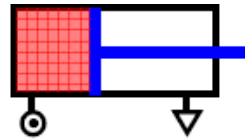
Force (daN)
ou (N)

Pression
d'alimentation (bar)
ou (Pa)

Surface sous pression
(cm²) ou (m²)

ü Effort théorique de poussée :

$$F_{pth} = p \cdot S = p \cdot \pi (R_{piston})^2$$

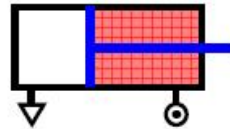


$$S = \pi (R_{piston})^2$$

D_{piston}

ü Effort théorique de la rentrée de la tige :

$$F_{rth} = p \cdot S = p \cdot \pi (R_{piston}^2 - r_{tige}^2)$$



$$S = \pi (R_{piston}^2 - r_{tige}^2)$$

d_{tige}

Toutes ces caractéristiques sont des outils plus que nécessaires qui permettent de faire des choix judicieux par rapport aux types et dimensionnements des vérins à mettre dans une installation afin d'assurer les tâches désirées.

L'ensemble des vérins que comporte la machine à mouler PM3 proviennent des fournisseurs MARTONNAIR et OSBORN, le tableau (II.2) fournit les détails qui les concernent. Voir figure (II.8).

Figure II-8 : Implantation des vérins de la machine à PM3.

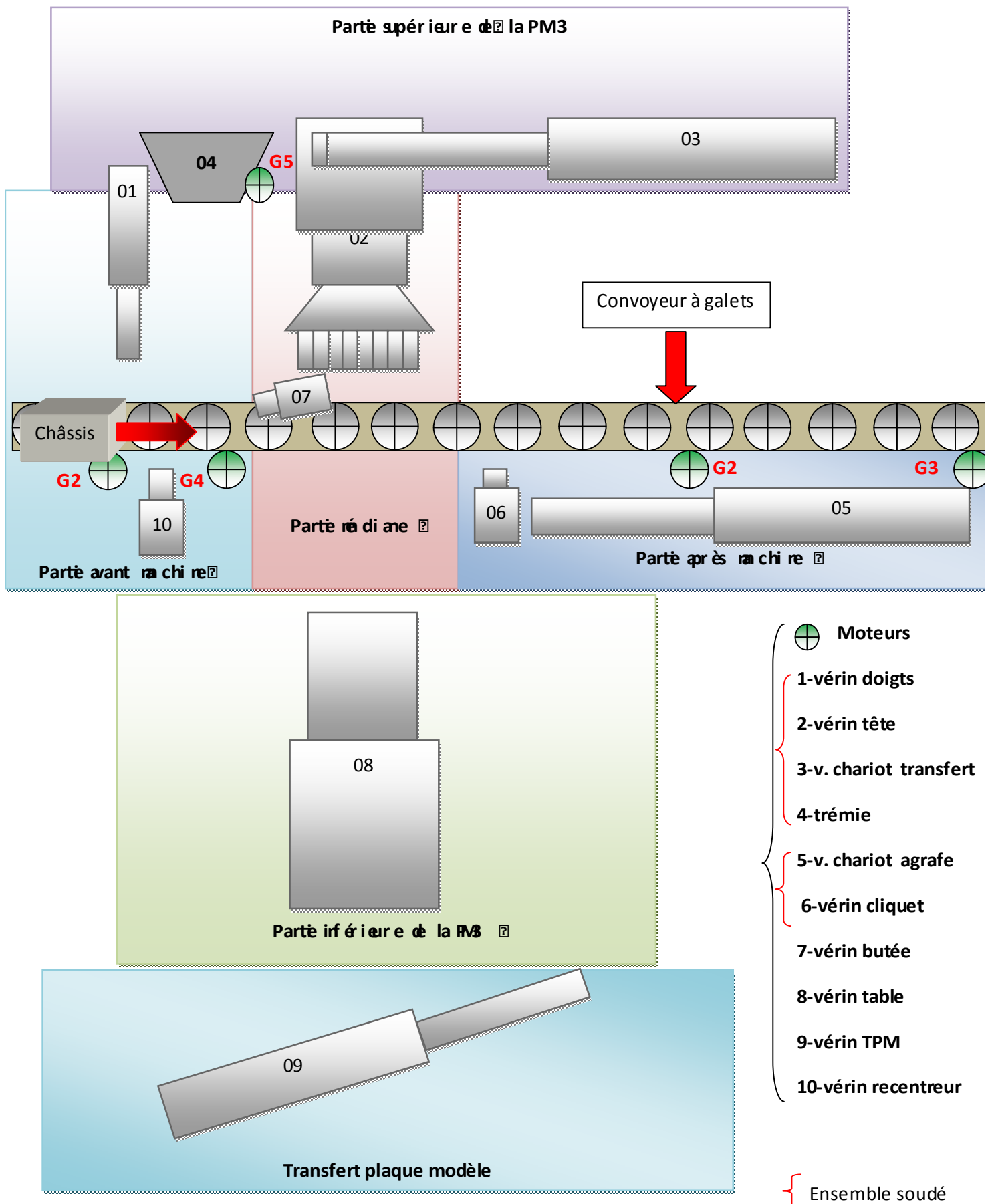


Tableau II.2 : Les différents vérins de la machine à rouler MB .

Désignation	nbre	type	Φ al (en pouce)	La course(en mm)
Vérin chariot de transfert	02	Pneumatique double effet	6	1370
Vérin doigt d'entraînement	01	Pneumatique double effet	3	180
Vérin recentreur	01	Pneumatique double effet	4	140
Ensemble vérin table	01	Oléopneumatique double effet	9 et 3/4	590
Vérin butée	01	Pneumatique double effet	3	85
Vérin chariot agrafe	01	Pneumatique double effet	8	1800
Vérin cliquet	01	Pneumatique double effet	3	100
Ensemble vérin tête de pression	01	Pneumatique double effet	33	300
Vérin volets	02	Pneumatique double effet	6	320
Vérin changement de pièces modèle	01	Pneumatique double effet	5	1700

Φ al : diamètre d'alésage.

b. Les pré-actionneurs

En pneumatique il existe différents types de pré-actionneurs. On citera essentiellement Les distributeurs et les vannes.

b.1. Les distributeurs pneumatiques

D'une manière générale, un distributeur est composé principalement d'un corps, d'un tiroir, des orifices d'entrée et de sortie du fluide 1, 2 et 3 et d'une ou deux commandes de pilotage A et R.

La figure II.9 montre ces différents composants.

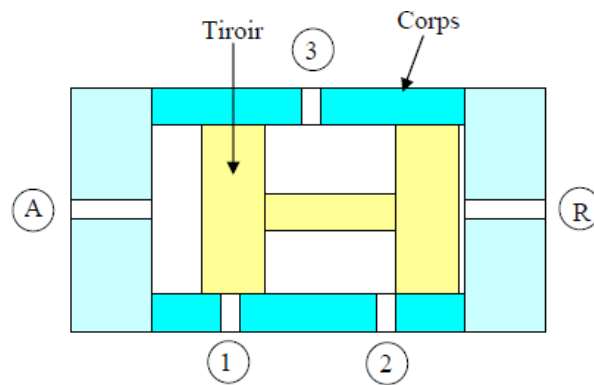


Figure II.9 : Distributeur pneumatique.

Les distributeurs peuvent être classés selon leur nombre d'orifices (N) et leur nombre de positions de passage d'air (M). Voir Tableau (II.3). Et selon le type de pilotage qui leur est adapté. Voir tableau (II.4).

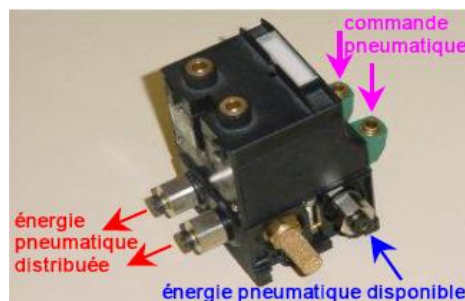
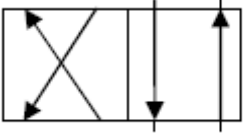
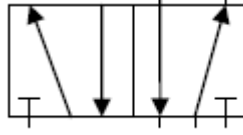


Figure II.10 : Image réelle d'un distributeur 4/2.

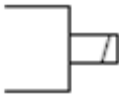
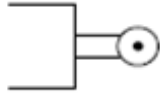
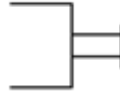
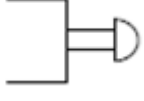
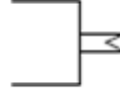
Tableau II.3: Les principaux types de distributeurs.

N/M	symbole	orifices	positions
2/2	Normalement fermé	2	2
3/2		3	2
3/2		3	2

4/2		4	2
5/2		5	2

NB : il existe des distributeurs à trois positions ou plus donc à six orifices ou plus ? ?

Tableau II. 4 : Les différents types de pilotage. ?

Pilotage électrique	Pilotage mécanique	Pilotage manuel	Pilotage pneumatique ?
 enroulement	 poussoir  Ressort  Galet	 Général  Bouton poussoir  Pédale	 Pneumatique ?
Pilotage hybride : Combinaison des différents types sus cités. ?			

Pour plus d'illustration la figure (II.11) montre le schéma normalisé d'un distributeur 4/2 avec ? ? emplacement d'un système de pilotage.

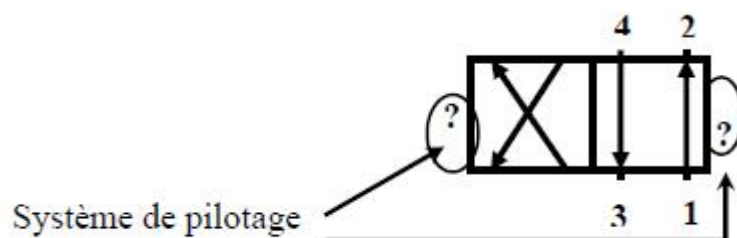


Figure II.11: Schéma d'un distributeur 4/2.

b.2. Les vannes

D'une manière générale, une vanne est, elle aussi, une forme de distributeur, du coup elle garde toutes les caractéristiques exposées précédemment. En outre elle offre l'avantage de supporter des pressions plus importantes qu'un distributeur. Quelque soit le fabricant, le type de vanne ou sa génération, une vanne est toujours décomposable technologiquement en deux parties :

- La vanne (Corps de vanne, siège, clapet).
- L'actuateur (Arcade, servo-moteur).

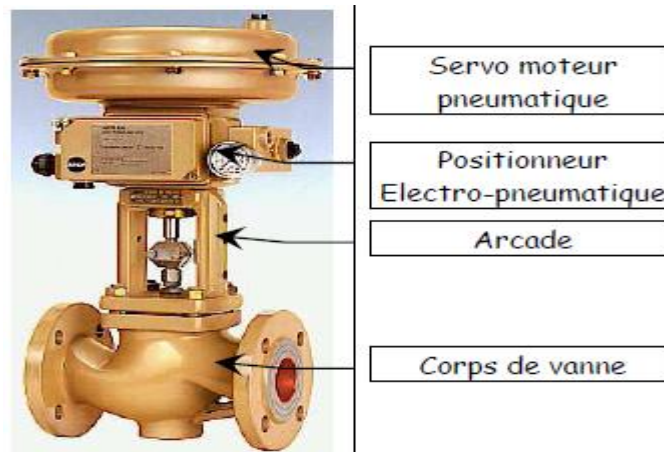


Figure II.12 : Electrovanne.

c. Accessoires pneumatiques

Toute installation pneumatique nécessite forcément un ensemble d'accessoires qui assure son bon fonctionnement. A titre d'exemple nous citerons :

Les silencieux d'échappement : Ils permettent l'assourdissement de l'évacuation de l'air pour assurer un certain confort dans l'utilisation de l'énergie pneumatique.

Les graisseurs d'air : Ils servent à éviter la corrosion et à améliorer les glissements.

Les filtres d'air : Ils servent à assécher l'air et filtrer les poussières.

les vannes d'échappement rapides : Elles sont utilisées pour permettre l'évacuation rapide d'une grande quantité d'air comprimé.

Les régulateurs de débit : Ils permettent de contrôler le débit d'air passant.

Les clapets antiretour : Ils permettent de bloquer l'air passant dans un sens désiré.

NB : Pour plus de détail voir annexe.

II.4.2. Aspect électrique de la machine à mouler PM3

a. Les actionneurs

Ce sont des moteurs électriques qui permettent la conversion de l'énergie électrique en une énergie mécanique exploitable pour différentes tâches tel que le pilotage de pompe, entraînement de tapis roulants, etc. on utilise essentiellement trois types de moteurs électriques dans l'industrie à savoir :

- Le moteur asynchrone.
- Le moteur à courant continu.
- Le moteur synchrone.

Comme l'ensemble des moteurs utilisés sur la machine à mouler PM3 sont des moteurs asynchrones, on s'intéressera particulièrement à ce dernier.

a.1. Le moteur asynchrone

Le moteur asynchrone triphasé (trois enroulements) est largement utilisé dans l'industrie sa simplicité de construction en fait un matériel très fiable et qui demande peu d'entretien. Comme le montre la figure (II.13), il est constitué d'une partie fixe, le **stator (2)** qui comporte le bobinage, d'une partie rotative, le **rotor (01)** qui est bobiné en cage d'écureuil et d'une **plaque à borne (03)** pour l'alimentation et le couplage.

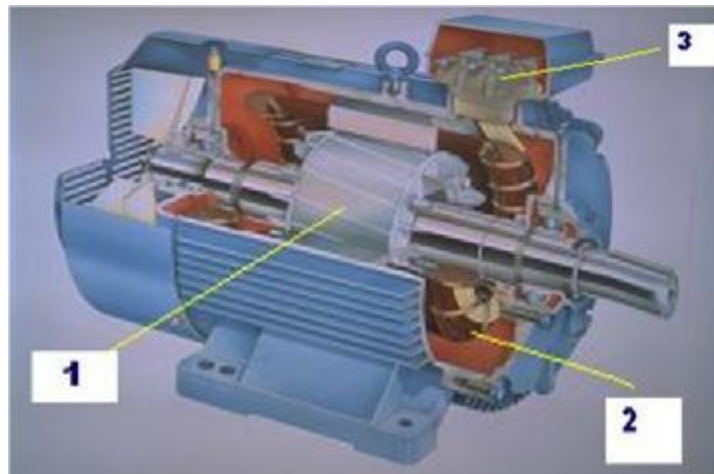


Figure II.13 : Moteur asynchrone.

Principe de fonctionnement

Le principe des moteurs à courants alternatifs réside dans l'utilisation d'un champ magnétique tournant produits par des tensions alternatives. Le branchement est très simple, trois fils relient le courant de la ligne à l'enroulement du stator, le rotor est en court circuit. Dès que le stator est aimanté par des courants triphasés de pulsation ω , il se produit un champ tournant. Si le bobinage statorique comprend $2p$ pôles, le champ tourne à la vitesse A dite vitesse de synchronisme.

Chapitre II

Le champ balaie le conducteur du rotor y induit des forces électromagnétiques. Le rotor étant en court circuit les F.e.m y produisent des courants induits.

Ces courants, placés dans le champ tournant, sont soumis à des forces et ils forment un couple. Le rotor étant libre ce couple le fait tourner.

Le courant étant donné par : $(I = I_0 \sin(\omega t + \Phi))$ avec Φ déphasage par rapport à la tension et la vitesse de synchronisme par ω / p

a.2. Electro-frein

C'est un dispositif électromécanique composé essentiellement d'une bobine, d'un ressort de rappel et d'un disque de freinage. Il sert à freiner les moteurs après leur mise hors tension.

Principe de fonctionnement

L'électro-frein à disque est monté du côté opposé à l'arbre de sortie. En l'absence du courant (ouverture de KM1 ou coupure de réseau), un ressort de rappel permet d'assurer le freinage. C'est élément important de sécurité qui permet aussi d'obtenir de la précision.

La figure suivante montre ce principe de fonctionnement.

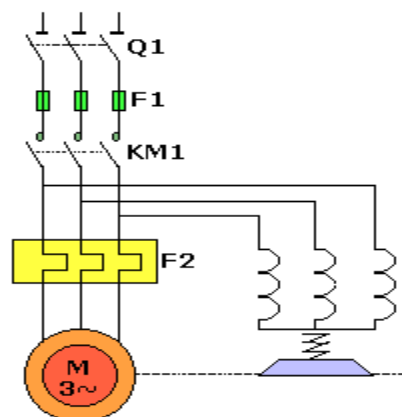


Figure II.14 : Electro-frein.

b. Les préactionneurs

Ce sont des composants qui assurent la séparation entre l'étage de commande et l'étage de puissance dans un circuit électrique ce qui permet d'assurer la sécurité des dispositifs et de l'utilisateur tout en assurant la fonction de la commande des actionneurs. Sur cette base on peut distinguer deux types de préactionneurs :

b.1. Les préactionneurs de commande

Les boutons poussoirs

Ce sont des contacts qui s'actionnent manuellement afin de permettre la mise sous ou hors tension d'un dispositif électrique. Il existe plusieurs variantes.

Tableau II.4: Les principaux type de boutons poussoirs.

Image	Activation ? ?	Désactivation ? ?
	Pression	Ressort
	maintien ?	Clef
	Tournant	tournant

Ci-après est présenté le pupitre de commande de la machine à mouler PM3 et de ses moteurs.

  LEDS	  BOUTONS POUSSOIRS
--	--

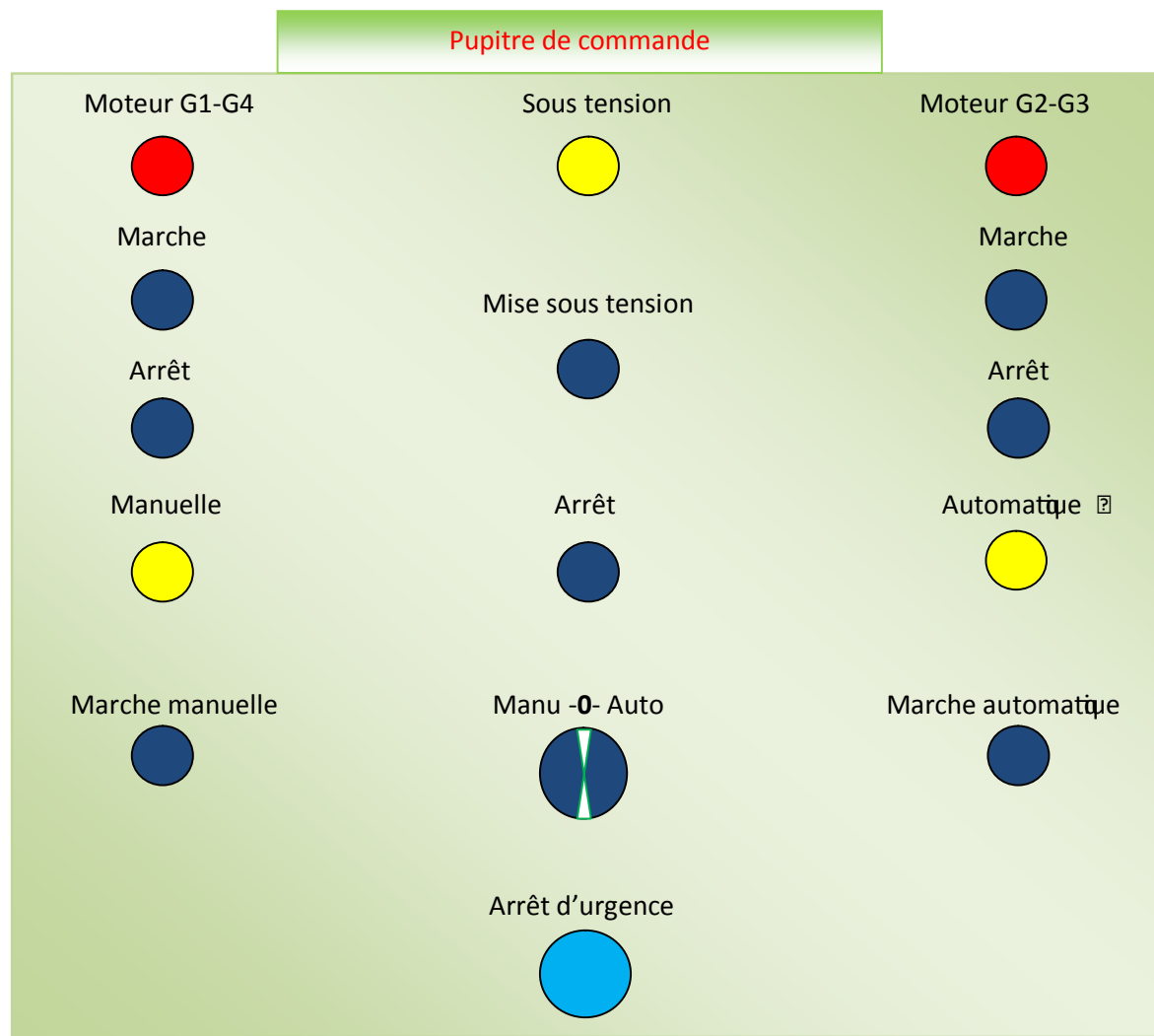


Figure II.15 : Pupitre de commande.

Les relais

Un relais est constitué essentiellement :

- d'un électroaimant (bobine+circuit ferromagnétique)
- d'une palette mobile supportant le contact mobile
- ainsi qu'un contact fixe
- d'un ressort de rappel du contact mobile

En alimentant la bobine, le contact mobile est déplacé fermant ainsi le contact électrique. En l'absence de courant dans la bobine le ressort de rappel maintient le contact ouvert.

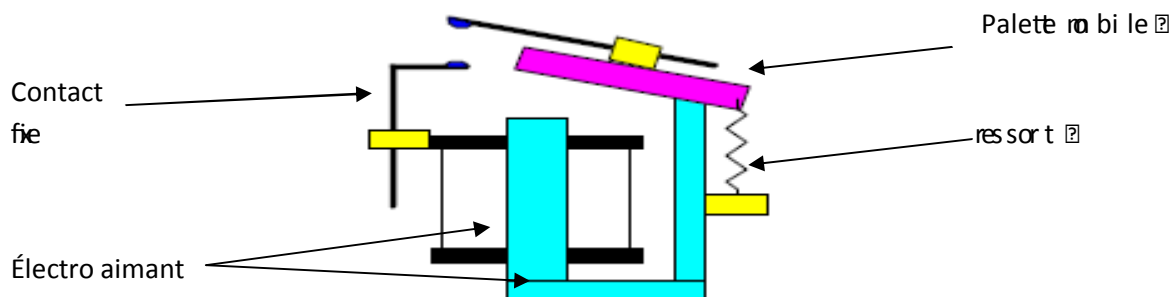


Figure II.16 : Relais.

Les relais temporisés

Un relais temporisé est un relais spécial qui permet à l'issue d'un temps préalablement déterminé, de transmettre une information électrique. On l'appelle aussi relais de tout ou rien à un temps spécifié ou encore minuterie. Il permet une mise en action retardée ou une mise en repos, toujours, retardée d'un actionneur. La figure (II.17) montre un relais temporisé.



Figure II.17 : Relais temporisés.

Les contacteurs

Le contacteur assure la même fonction que le relais mais il possède un pouvoir de coupure encore plus important grâce à des dispositifs d'extinction de l'arc électrique. Le pouvoir de coupure est particulièrement important pour la commande de charges fortement inductives comme les moteurs mais aussi de résistances de puissance (chauffage). Pour ces charges l'apparition d'arcs électriques est régulière et il est nécessaire de les interrompre (risque de destruction et d'incendie). Il est constitué de :

- pôles principaux de puissance.
- un ressort de rappel.
- un circuit magnétique fermé et équilibré.
- une bobine.
- une «spire de frager» ou «bague de déphasage» qui évite les vibrations dues à l'induction en courant alternatif de la bobine du contacteur.
- contacts auxiliaires.
- une armature fixe et une autre mobile [4]



Figure II.18 : Contacteur.

b.2. Les préactionneurs de sécurité

Les relais thermiques

Un relais thermique permet de détecter les surcharges et de couper le circuit de commande du contacteur (protection contre les surcharges). Son principe est basé sur l'utilisation de détecteurs à bilame qui assurent le déclenchement par surcharge triphasée ou en cas de coupure de phase. la figure suivante montre un relais thermique.



Figure II.19 : Relais thermiques.

Les sectionneurs

Le sectionneur est un dispositif d'isolation avec fusibles qui permet de déconnecter la charge du réseau pour des opérations de maintenance par exemple. Il protège également le dispositif en aval contre les courts circuits grâce aux fusibles. Ces derniers sont les éléments principaux du sectionneur car c'est eux qui assurent la protection et l'isolation de la charge grâce à la fusion de l'élément fusible. Les figures suivantes montrent respectivement les constituants d'un fusible et un sectionneur.

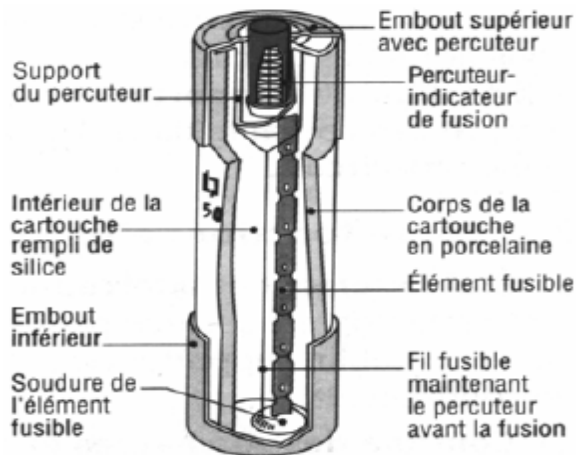


Figure II.20 : Fusible.



Figure II.21 : Sectionneur.

ü Mise en circuit des préactionneurs électriques

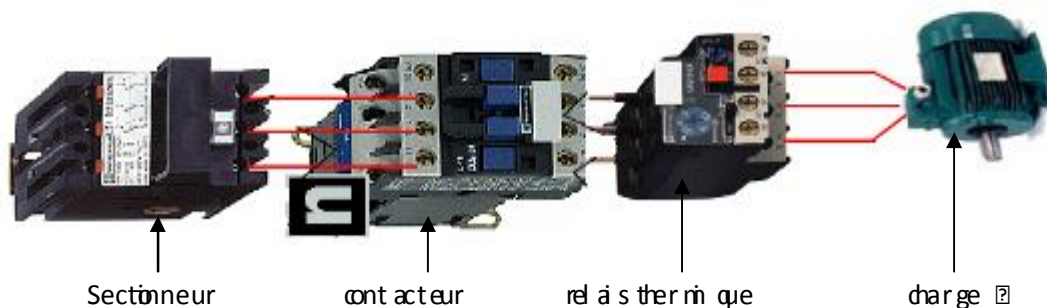


Figure II.22 : Image de mise en circuit des préactionneurs électriques.

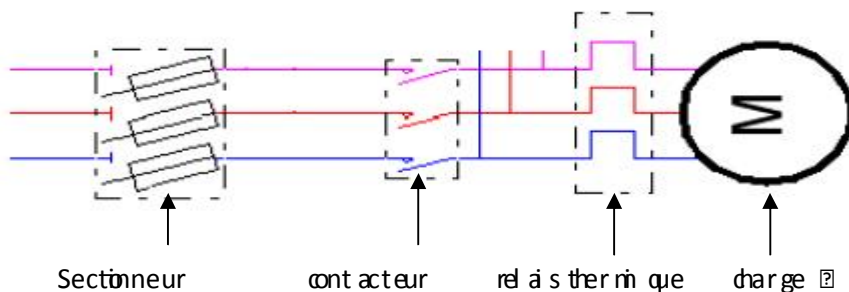


Figure II.23 : Mise en circuit des préactionneurs électriques.

c. Les capteurs

Un capteur ou un détecteur a une fonction simple : transformer une grandeur physique (présence d'un objet, débit d'un liquide, température...) en une information compréhensible par la partie commande d'un système. Cette fonction est assurée par deux parties distinctes au sein du capteur :

- la partie sensible qui est chargée de détecter la grandeur physique.
- L'étage de sortie qui est chargé de l'adaptation de l'information au dialogue avec la partie commande.

On s'intéressera essentiellement à trois types de capteurs installés sur la machine à rouler AMS à savoir :

- Capteur (détecteur) de proximité.
- Capteur de fin de course.
- Capteur (sonde) de niveau.

c.1. Détecteur de proximité (inductif)

Les détecteurs de proximité inductifs produisent à l'extrémité de leur tête de détection un champ magnétique oscillant. Ce champ est généré par une inductance et un condensateur montés en parallèle. Voir figure (II-24).

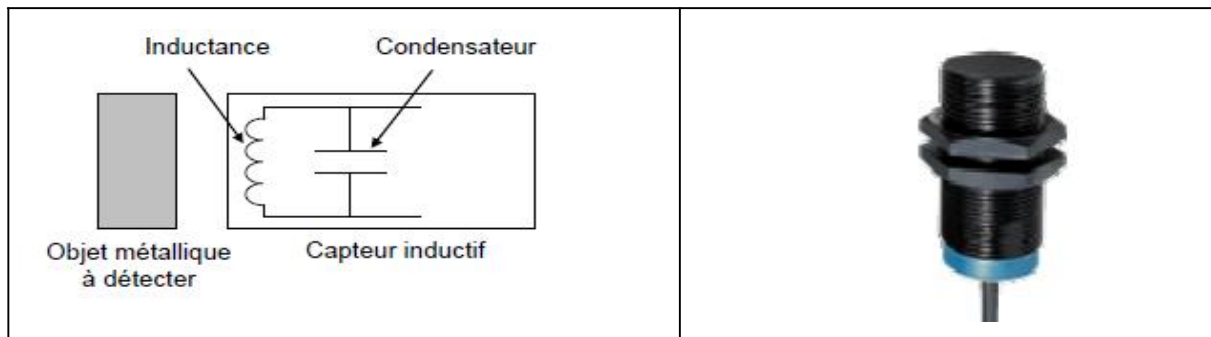


Figure II.24 : Détecteur de proximité (inductif).

Lorsqu'un corps métallique est placé dans son champ, des courants de Foucault prennent naissance dans sa masse de métal, il y a perturbation de ce champ qui entraîne une réduction de l'amplitude des oscillations au fur et à mesure de l'approche de l'objet métallique, jusqu'au blocage complet. Cette variation est exploitée par un amplificateur qui délivre un signal de sortie, le capteur commute. Voir figure (II.25).

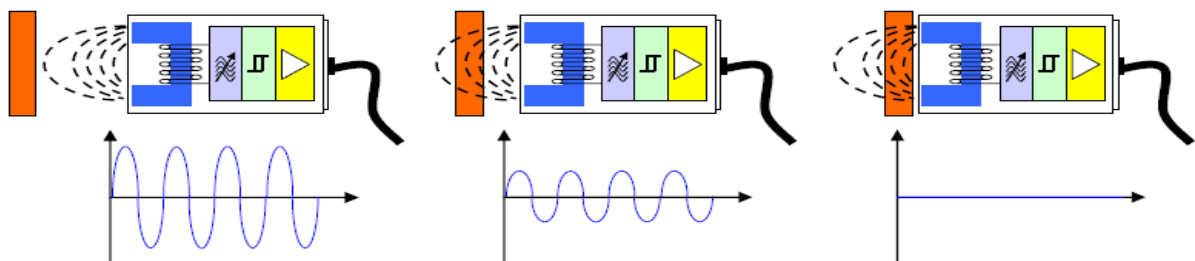


Figure II.25: Principe de fonctionnement du DFI.

c.2. Les fins de course

Le capteur de fin de course électrique est constitué d'un microcontact à commande mécanique. Le microcontact est actionné par pression du levier à galet au moyen de la came d'un vérin par exemple. Les contacts ouvrent et ferment un circuit électrique. Lorsque la came libère le levier à galet, le microcontact revient en position initiale.

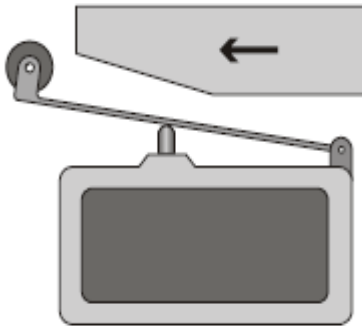


Figure II.26: Fin de course.

c.3. Les capteurs de niveau capacitifs (sonde capacitve)

Ils sont conçus pour la détection du niveau des solides en vrac. La sonde et le réservoir constituent un condensateur dont la capacité varie en fonction du niveau du produit. La préamplification qui est montée dans la tête de la sonde convertit les variations de la capacité en un signal électrique (tension). Le relais de sortie commute lorsque le niveau pré réglé est dépassé ou n'est pas atteint.

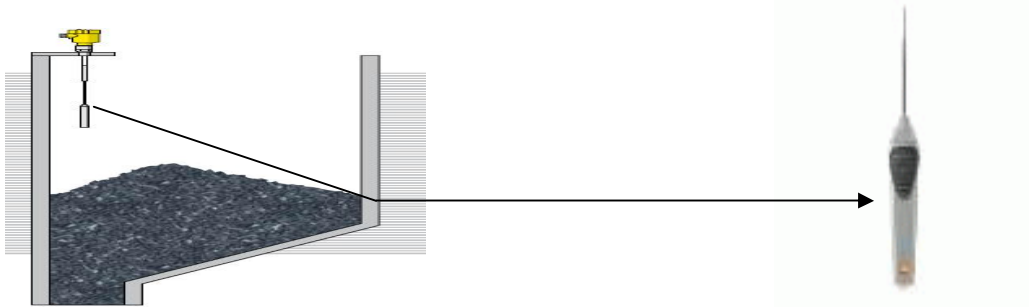


Figure II.27 : Capteurs de niveau capacitifs.

NB : Pour plus de détails concernant les caractéristiques techniques des capteurs et le pilotage des distributeurs, voir annexe.

II.5. Conclusion

Après avoir effectué l'étude technologique de la machine à mouler PMB, on a constaté qu'un choix adéquat de capteurs (capacitifs, inductifs et fin de course) a été fait pour celle-ci car leurs technologies leur permet d'être fiable pendant longtemps malgré l'environnement difficile où ils sont implantés (bruit, poussière, chaleur...). Aussi l'étude de son principe de fonctionnement nous a permis de constater qu'il était complètement séquentiel ce qui fait du GRAFCET un outil très adéquat pour la modélisation de ce fonctionnement.

III.1. Introduction

Après avoir fait l'étude de la machine à mouler PM3 sous différents aspects et après avoir bien compris les différentes séquences de son fonctionnement, on se propose, dans ce chapitre, d'élaborer un GRAFCET qui traduira son principe de fonctionnement et afin de faire un choix adéquat d'un automate programmable industriel pour la concrétisation de notre solution de commande, nous tenons aussi à présenter et à étudier ces derniers d'une manière générale.

III.2. Le GRAFCET

III.2.1. Définition

Les Graphes Fonctionnels de Commande Etapes Transitions (GRAFCET) sont nés du besoin de décrire de façon claire et fiable les processus de plus en plus complexes des automatises industriels. Ils ont donc d'abord été développés dans les grandes entreprises mettant en œuvre des dispositifs très sophistiqués, et ils ont été normalisés en France en 1982, puis en Europe en 1990. Maintenant, le GRAFCET est un outil puissant offrant les meilleures garanties, pour la modélisation et la transmission d'informations entre les différents acteurs d'un projet. Il permet de répondre facilement et vite à des problèmes variés, ce qui le rend même indispensable jusque dans les petites installations.

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition) est une représentation graphique d'une façon structurée du fonctionnement d'un automate séquentiel. Constitué d'un ensemble de symboles graphiques simples dérivants les étapes auxquelles sont associées les actions à effectuer, les transitions auxquelles sont associées des réceptivités ou conditions logiques et les liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

III.2.2. Notions fondamentales

Etape-Action

Une étape correspond à une situation dans laquelle le comportement de tout ou partie du système par rapport à ses entrées et ses sorties est invariant.

A un instant donné, la situation de l'automate est entièrement définie par l'ensemble des étapes actives.

On précise pour chaque étape les actions caractéristiques de la situation du système. Ces actions sont effectuées (ou exécutées) lorsque l'étape est active.

Transition- réceptivité

- Une transition indique la possibilité d'évolution entre étapes. On associe à chaque transition une condition logique dite réceptivité.
- La réceptivité écrite sous forme de proposition logique, est une fonction combinatoire d'information logique.

Liaisons orientées

Chapitre III.

Les liaisons orientées indiquent les voies d'évolution de la situation du GRAFCET. [?] [?]

Divergence et convergence en ET logique

Lorsque plusieurs étapes sont reliées à la même transition, les liaisons orientées [?] correspondant à ces étapes sont regroupées en amont et /ou en aval sur deux traits parallèles horizontaux. Le franchissement simultané (validation) de ces étapes dépend de la survenue d'un seul [?] événement partielier en leur amont puis en leur aval. [?]

Divergence et convergence en OU (structure à sélection) [?]

Lorsque plusieurs étapes ne peuvent être franchies simultanément, on parle de structure à sélection ou d'une divergence en "OU" exclusif à ce moment là les liaisons orientées se trouvant en [?] aval d'une étape franchissable sont munies de transitions qui ne peuvent être vraies simultanément et [?] sont regroupées en amont et en aval par rapport aux étapes à franchir par sélection sur un seul trait [?] horizontal.

III.2.3. Règles d'évolution [?]

Règle 1

L'initialisation précise les étapes activées au début du fonctionnement. [?] [?] [?] [?]

Règle 2

Une transition soit valide soit non valide. Elle est valide lorsque toutes les étapes [?] immédiatement précédentes (dites étapes d'entrée de la transition) sont actives. Elle ne peut être [?] [?] franchie que lorsqu'elle est valide et que la réceptivité associée à la transition est vraie. La transition est [?] [?] [?] alors obligatoirement franchie.

Règle 3

Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes les étapes immédiatement [?] [?] [?] suivantes (dites étapes de sortie de la transition) et l'activation de toutes les étapes [?] [?] [?] [?] immédiatement précédentes (étapes d'entrée de la transition). [?]

Règle 4

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies. [?]

Règle 5

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être désactivée et activée [?] [?] [?] simultanément, elle reste active. [?]

Cas particuliers [?]

Une transition peut n'avoir aucune étape d'entrée (elle est toujours valide) ou aucune étape [?] de sortie. Les règles d'évolution définies ci-dessus s'appliquent de la même façon. [?] [?] [?]

Le schéma suivant résume les définitions sus-expliquées. [?] [?]

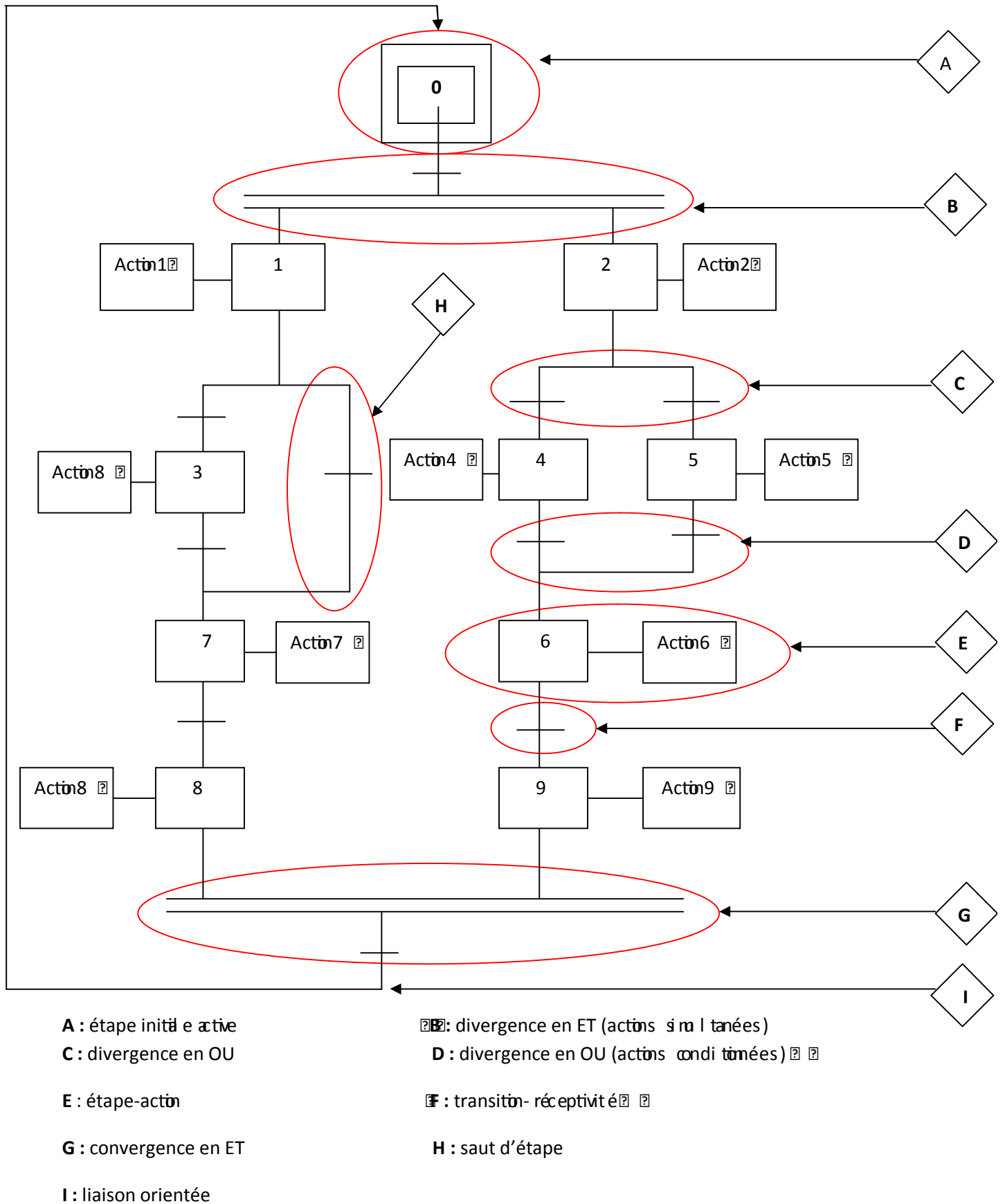


Figure III.1 : Eléments du GRAFCET.

Chapitre III.

La modélisation par GRAFCET passe généralement par deux étapes ; élaboration du GRAFCET niveau1 puis du GRAFCET niveau2.

III.3. Modélisation de la machine à mouler PM3

III.3.1. GRAFCET niveau 1 : Il permet de faire les spécifications fonctionnelles du processus à modéliser et de décrire l'enchaînement et la succession des étapes sans spécifications techniques. Après cette étude de l'outil de modélisation GRAFCET et en se basant sur l'étude technologique de la machine à mouler PM3 effectuée au chapitre précédent nous avons abouti au GRAFCET niveau1 suivant.

III.3.2. GRAFCET niveau 2 : Dans le GRAFCET niveau2 on ajoute les spécifications technologiques propres au processus. Afin d'établir le GRAFCET niveau2 du système et afin d'y apporter les spécifications technologiques qui lui sont propres ; les deux tableaux (III.1) et (III.2) résument l'ensemble des entrées et des sorties complétées sur la chaîne de mouleage PM3.

Tableau III.1 : Tables des entrées

N°	Dénomination	Abréviation
01	Fin de course recentreur en entrée	FDC1
02	Fin de course recentreur en sortie	FDC2
03	Fin de course butée en entrée	FDC3
04	Fin de course butée en sortie	FDC4
05	Fin de course chariot de transfert en entrée	FDC5
06	Fin de course chariot de transfert en sortie	FDC6
07	Fin de course chariot agrafe en entrée	FDC7
08	Fin de course chariot agrafe en sortie	FDC8
09	Fin de course cliquet en entrée	FDC9
10	Fin de course cliquet en sortie	FDC10
11	Fin de course plaque modèle en entrée	FDC11
12	Fin de course plaque modèle en sortie	FDC12
13	Détecteur de proximité doigts en entrée	DP1
14	Détecteur de proximité doigts en sortie	DP2
15	Détecteur de proximité tête haute	DP3
16	Détecteur de proximité table haute	DP4
17	Détecteur de proximité table basse	DP5
18	Détecteur de proximité châssis avant machine	DP6
19	Détecteur de proximité châssis avant butée	DP7
20	Détecteur de proximité sélection plaque modèle	DP8
21	Détecteur de proximité châssis sur chariot agrafe	DP9
22	Détecteur de proximité de la nature de châssis	DP10
23	Capteur de niveau (sonde)	CN1
24	Capteur de niveau (sonde)	CN2
25	Bouton poussoir de mise sous tension de la machinePM3 et des moteurs G1, G2, G3 et G4	BP1
26	Bouton poussoir de mise en marche des moteurs G1 et G4	BP2
27	Bouton poussoir de mise en marche des moteurs G2 et G3	BP3
28	Bouton poussoir de mise en arrêt des moteurs G1 et G4	BP4
29	Bouton poussoir de mise en arrêt des moteurs G2 et G3	BP5
30	Bouton poussoir de mise en marche de la machinePM3	BP6
31	Bouton poussoir d'arrêt de la machine à mouler PM3	BP7
32	Bouton poussoir de sélection du mode de marche	BP8
33	Bouton d'arrêt d'urgence à gauche de la machine PM3	BAUR1
34	Bouton d'arrêt d'urgence à droite de la machine PM3	BAUR2
35	Bouton d'arrêt d'urgence assemblage châssis	BAUR3

Chapitre III.

36	Bouton d'arrêt d'urgence sur armoire	BAUR4
37	Bouton d'arrêt d'urgence zone de coulée	BAUR5
38	Bouton d'arrêt d'urgence zone de défonçage	BAUR6
39	Bouton d'arrêt d'urgence sorte de cabine de défonçage	BAUR7
40	Relais thermiques de protection des moteurs	1RTH5, 5RTH5, 2RTH5, 3RTH5 4RTH5

Tableau III.2 : Table des sorties

N°	Acti o neur /Ac o ti o n	Pré-acti o neur	Abréviati o n
01	Allumage de la lampe témoin de mise sous tension de la machine PM3	Contacteur 1	CR1
02	Allumage de la lampe témoin de mise sous tension des moteurs avant machine G1 et G4	Contacteur 2	CR2
03	Allumage de la lampe témoin de mise sous tension des moteurs Après machine G2 et G3	Contacteur 3	CR3
04	Rotati o n des m o t o urs G1 et G4	Contacteur 1.5	1CRM5
	Sortie du vérin re o cent o neur	Electro-distributeur simple solénoïde 4 / 2	SOL 12 ⁺
06	Sortie d o g o s et re o nt o rée l o ut o ée	Electro-distributeur double solénoïde 4 / 2	SOL 11 ⁺
07	Rentr o ée chariot du transf o rt	Electro-distributeur double solénoïde 4 / 2	SOL 14 ⁻
08	Sortie vérin de sélecti o n plaque m o dèle El	electro-distributeur double solénoïde 4 / 2	SOL 16 ⁺
09	Rentr o ée vérin de sélecti o n plaque m o dèle	Electro-distributeur double solénoïde 4 / 2	SOL 16 ⁻
10	souffl o ge	Electrovanne à deux voies	SOL 18 ⁺
11	pétrolage	Electrovanne à deux voies	SOL 17 ⁺
12	Rentr o ée des doigt o s et sortie l o ut o ée	Electro-distributeur double solénoïde 4 / 2	SOL 11 ⁻
13	Montée du cliquet	Electro-distributeur double solénoïde 4 / 2	SOL30 ⁺
14	Montée de la table	Electrovanne à trois voies et vanne d'opérati o n de m o ntée et d o escent o e tabl o e respecti o er o nt	SOL 21 ⁺ ET SOL 22 ⁺
15	pré secousse ET secousse	Electrovanne à trois voies	SOL 20 ⁺
16	Rotati o n G	Contacteur 3.5	3CRM5
17	Ouvert o ure des volet o s	Electro-distributeur simple solénoïde 4 / 2	SOL 10 ⁺
18	Sortie du chariot de transf o rt	Electro-distributeur double solénoïde 4 / 2	SOL 14 ⁺
19	Remplissag o e de la trémie à sable		REMP ⁺
20	Descente tête	Electro-distributeur simple solénoïde 4 / 2	SOL 15 ⁺
21	Descente lente de la table	vanne d'opérati o n de m o ntée et d o escent o e table	SOL 23 ⁺
22	Crampag o e de la table	Electro-distributeur simple solénoïde 4 / 2	SOL 13 ⁺

Chapitre III.

23	Rentrée du chariot agrafes	Electro-distributeur double solénoïde 4 /2	SOL 31⁻
24	Rentrée du vérin cliquet	Electro-distributeur double solénoïde 4 /2	SOL 30⁻
25	Sortie du vérin chariot agrafes	Electro-distributeur double solénoïde 4 /2	SOL 31⁺
26	Rotation des moteurs G2 et G3	Contacteur 2.5	2CRM5

III.4. Etude des automates programmables industriels

Les automates programmables industriels sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine General Motors (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande qui fonctionnaient à la logique câblée composée essentiellement de relais électromagnétiques et de systèmes pneumatiques pour l'élaboration de la partie commande. Comme cette technologie ancienne présentait des inconvénients majeurs, à savoir le prix élevé, la non flexibilité et l'absence de communication homme-machine, une solution programmable basée sur l'utilisation de systèmes à base de microprocesseurs permettant une modification aisée des systèmes automatisés est apparue pour répondre à ces contraintes.

III.4.1. les systèmes automatisés de production (SAP)

L'objectif de l'automatisation des systèmes est de produire un maximum de produits de qualité avec un coût le plus faible possible, en ayant recours le moins possible à l'homme. Un système automatisé est un ensemble d'éléments en interaction et organisés dans un but précis pour agir sur une matière d'œuvre afin de lui donner une valeur ajoutée. Le système automatisé est soumis à des contraintes : énergétiques, de configuration, de réglage et d'exploitation qui interviennent dans tous les modes de marche et d'arrêt du système.

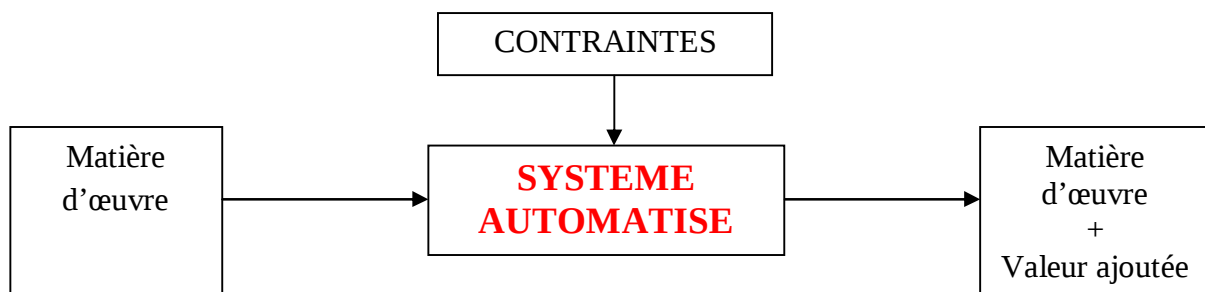


Figure III.2 : Schématisation d'un système automatisé

a. Structure d'un système automatisé

Tout système automatisé peut se décomposer selon le schéma ci-dessous.

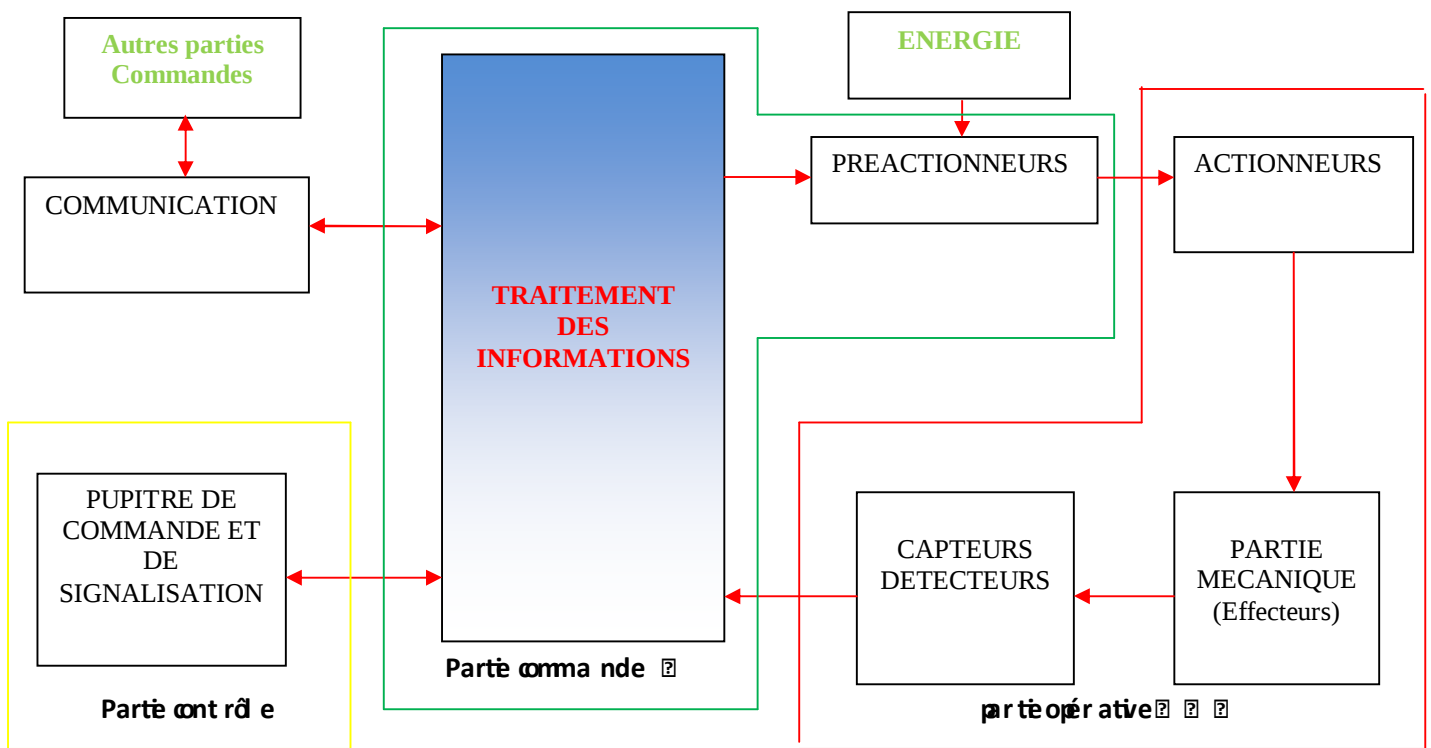


Figure III.3 : Structure d'un système automatisé.

Partie opérative

Elle agit sur la matière d œuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée.

Les actionneurs (moteurs, vérins...) agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d œuvre.

Les capteurs / détecteurs permettent d'acquies les divers états du système.

Partie commande

Elle acquies les informations provenant des capteurs, effectue leur traitement et donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative.

Les pré actionneurs permettent de commander les actionneurs ; ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique ...) et les actionneurs. Exemple : contacteur, distributeur ...

Partie contrôle

Composé des pupitres de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle ...). Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants, de terminal de dialogue ou d'interface homme-machine (IHM). [8]

III.4.2. Architecture des automates programmables industriels

a. Définition

L'Automate Programmable Industriel (API) est un ordinateur adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques analogiques ou numériques.

b. Aspect extérieur :

Les automates peuvent être de type compact ou modulaire.

Type compact

Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité.

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

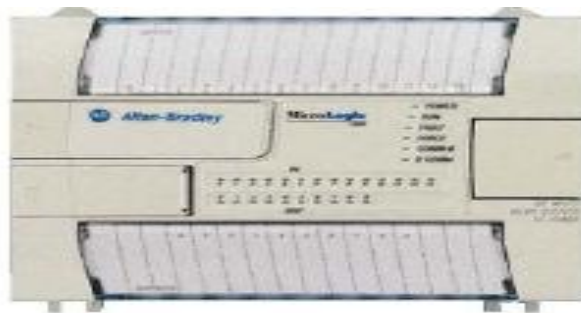


Figure III.4 : Automate compact (ALLEN BRADLEY).

Type modulaire

Le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixés sur un ou plusieurs racks contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs). Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.



Figure III.5 : Automate modulaire (MODICON).

c. Structure interne d'un API

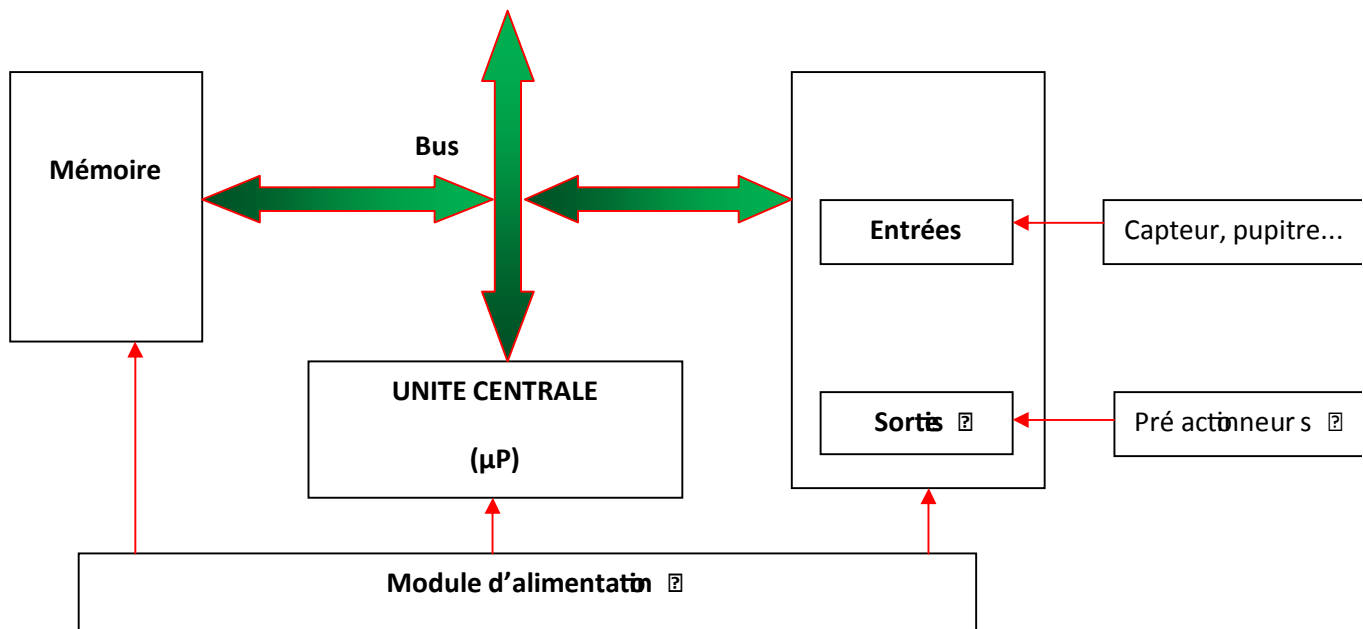


Figure III.6 : Structure interne d'un API.

- **Module d'alimentation** : il assure la distribution d'énergie aux différents modules.
- **Unité centrale** : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation...).
- **Le bus interne** : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.
- **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 mémoire type PCMCIA.
- **Interfaces d'entrées / sorties**

Interface d'entrée : elle permet de recevoir les informations du S.A.P. ou du pupitre et de les traiter en forme (filtrage, lissage...) de signal tout en l'isolant électriquement (optocoupleur).

Interface de sortie : elle permet de commander les divers pré actionneurs et éléments de signalisation du S.A.P. tout en assurant l'isolement électrique.

III.4.3. Traitement du programme par automate

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire :

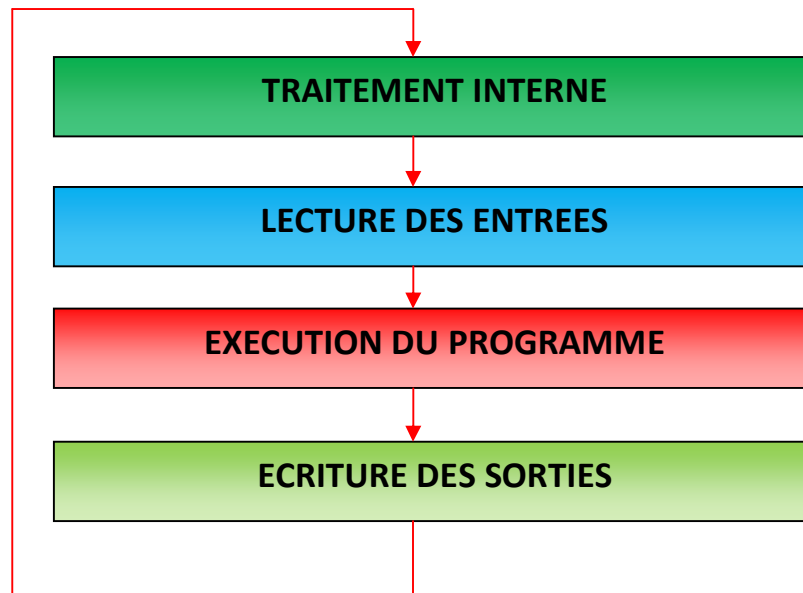


Figure III.7 : Cycle de traitement du programme automate

- ü **Traitement interne** : L'automate effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres systèmes (détection des passages en RUN / STOP, mise à jour des valeurs de l'horodateur, ...).
- ü **Lecture des entrées** : L'automate lit les entrées (de façon synchrone) et les recopie dans la mémoire image des entrées.
- ü **Exécution du programme** : L'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.
- ü **Ecriture des sorties** : L'automate bascule les différentes sorties (de façon synchrone) aux positions définies dans la mémoire image des sorties.

Ces quatre opérations sont effectuées continuellement par l'automate (fonctionnement cyclique).

III.5. Choix de l'automate programmable

Afin de faire un choix d'automate adéquat, il y a lieu de prendre en compte plusieurs critères et conditions à savoir :

Critère fonctionnel et technologique

Il caractérise les performances de l'automate programmable et son adaptation. Quand on parle de performances et d'adaptation, on sous-entend essentiellement le nombre d'entrées et sorties disponibles et pouvant être traitées, la rapidité de traitement de l'information au niveau de la CPU et la nature des signaux traités et délivrés par l'automate.

Chapitre III.

Critère opérationnel

Il caractérise les contraintes d'exploitation des systèmes automatisés après leur mise en marche dans l'entreprise ce qui signifie l'aptitude de l'automate à travailler dans des conditions réelles tout en restant fiable.

Critère économique

Il caractérise les coûts d'investissement nécessaires pour l'acquisition de l'automate et de ses accessoires ainsi que le coût de maintenance après la mise en marche sans oublier la disponibilité de l'automate et de sa documentation sur le marché ainsi que la garantie offerte par le constructeur.

Après comptabilisation des entrées et des sorties de notre machine puis tenant compte des quatre critères cités précédemment et vu le fait que notre formation dans le domaine des automatisés s'est structurée essentiellement autour de l'automate S7 300 de Siemens, nous avons opté pour ce dernier pour la concrétisation de notre solution de commande.

III.5.1. L'automate programmable S7 300

Le S7-300 est un automate programmable de type modulaire, configurable selon les besoins de l'utilisateur. La constitution générale de l'automate est reliée à sa console* de programmation. L'automate lui-même est constitué d'une configuration minimale composée d'un module d'alimentation de la CPU et d'un module de simulation est exposé dans l'figure suivante :

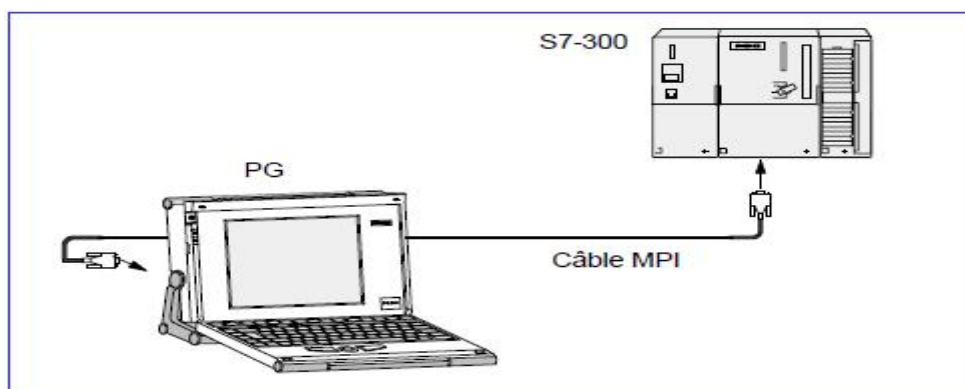


Figure III.8 : S7-300 avec une configuration minimale.

*la console peut être substituée par un ordinateur doté du logiciel SIMATIC Manager.



Figure III.9 : Image réelle du S7-300.

a. Les modules du système

Une caractéristique importante de l'API est sa modularité : ainsi la CPU, les modules d'entrées, ceux de sortie et ceux de simulations sont montés dans des boîtiers individuels. La modularité confère à l'API un avantage important sur les API compacts. Si on soupçonne qu'un module est défectueux, il suffit de le remplacer par un module identique et de redémarrer l'API.

Un autre avantage de l'API, est sa capacité de s'adapter aux besoins de l'utilisateur. Ainsi, il est possible de procéder à une extension en ajoutant de nouveaux modules. Seule la capacité de l'automate limite le nombre maximum de modules (capacité maximale du S7 300 est de 32 modules pris en charge).

Le S7 300 Siemens est un mini automate modulaire, il dispose d'une vaste gamme de modules qui peuvent être combinés à volonté pour constituer un automate particulier adapté à une application donnée.

b. Présentation des modules de l'automate S7 300

Modules de signaux (SM)

- Modules des entrées tout ou rien ETOR : 24V=, capteur, bouton poussoir,...
- Modules des sorties tout ou rien STOR : 24V=, relais, actionneur, distributeur,...
- Modules des entrées analogiques EANA : Tension, courant,...
- Modules des sorties analogique SANA : Tension, courant.

Les modules d'entrées/ sorties TOR constituent les interfaces d'entrées et de sortie pour les signaux tout ou rien de l'automate S7 300. Ces modules permettent de raccorder à l'automate des capteurs et des actionneurs tout ou rien les plus divers, en utilisant si nécessaire des équipements d'adaptation (conditionnement, conversion etc.).

Les modules d'entrées ramènent le niveau des signaux tout ou rien externe, issus des capteurs, au niveau du signal interne du S7 300. Les modules de sorties transposent le niveau du signal interne du S7 300 au niveau du signal requis par les actionneurs ou pré-actionneurs.

Les coupleurs (IM)

Les coupleurs (360/361 ou 361) sont des cartes électroniques qui assurent la communication entre les entrées/sorties et l'unité centrale. Ils permettent de réaliser des configurations à plusieurs châssis.

b-3-Module de réservation

Le module de réservation occupe un emplacement pour un module de signaux non paramétré. Cet emplacement est donc réservé, par exemple pour le montage ultérieur d'un coupleur.

Modules de fonction (FM)

Ces modules de fonction réduisent la charge de traitement de la CPU. En assurant des tâches lourdes de calcul. On peut citer les modules les plus couramment utilisés :

- ü Module de comptage.
- ü Module de positionnement.
- ü Module de régulation (FB41).
- ü Came électronique.

Modules de communication (CP)

Les modules de communication permettent d'établir des liaisons :

- ü Point à Point avec d'autres automates S7-300 ou bien avec autres automates d'un autre constructeur.
- ü PROFIBUS : Transmission d'information en série
- ü Régulation.

Modules de simulation

C'est un module spécial qui offre à l'utilisateur la possibilité de simuler le comportement de son programme lors de la mise en service et en cours de son fonctionnement. Dans le S7-300 il peut prendre la place d'un module d'entrées ou de sortie.

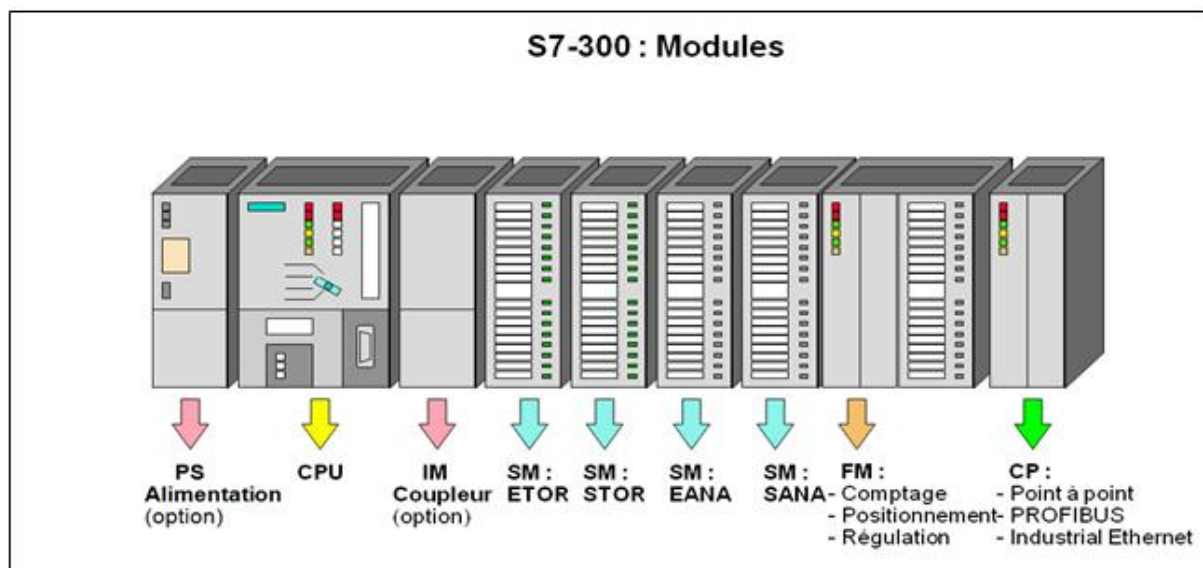


Figure III.10: Les modules de l'automate S7-300.

c. Caractéristiques et avantages de l'automate S7-300

L'automate S7 300 est un mini automate modulaire de milieu de gamme qui offre les avantages suivants :

- ü Une gamme diversifiée de CPU, allant de la CPU 312 à la CPU 319.
- ü Une gamme complète de modules.
- ü Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules soit jusqu'à 1024 entrées /sorties.
- ü Bus de fond de panier en réseau (possibilité de communication avec d'autres automates ou d'autres périphériques) :
 - Interface multipoint (MPI).

- PROFIBUS.
- Industriel Ethernet.

ü Raccordement central de la PG qui offre l'accès à tous les modules.

ü Liberté de montage aux différents emplacement.

d. Présentation de la CPU S7-300

La figure (III.11) montre les organes de commande et de visualisation d'une CPU S7-300 Siemens. Sur certaines CPU, la disposition des organes diffère de celle représentée ici. Les CPU ne disposent pas toujours de tous les organes représentés.

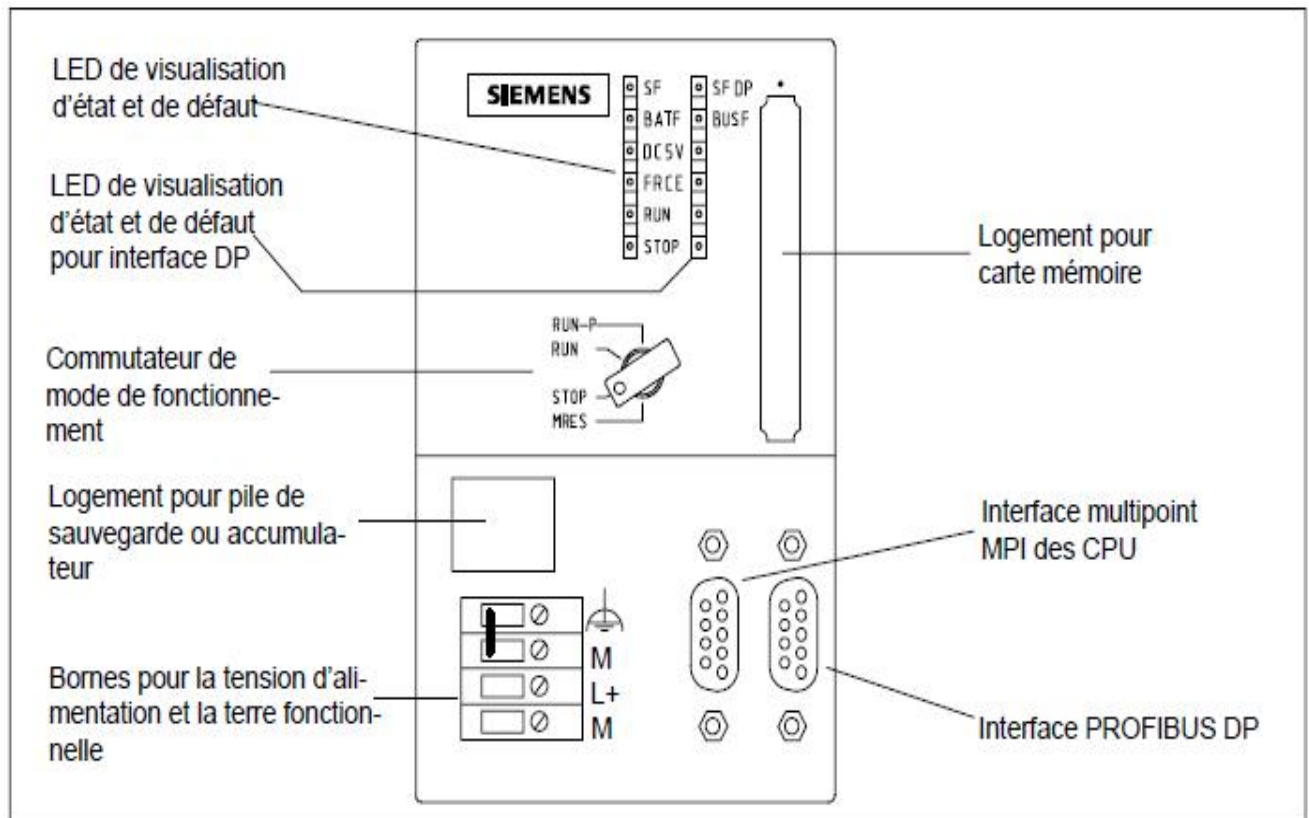


Figure III.11 : La CPU S7-300.

d.1. Les composantes de la CPU

Commutateur de mode

- ü **MRES** : Effacement général (Module Reset).
- ü **STOP** : Arrêt de l'exécution du programme.
- ü **RUN** : Le programme est en exécution, accès en lecture seule avec une PG.
- ü **RUN-P** : Le programme est exécuté, accès en écriture et en lecture avec une PG.

Signalisations d'état

- ü **SF** : Signalisation groupée de défauts ; défauts internes de la CPU ou d'un module avec fonction de diagnostic.
- ü **BATF** : Défaut de pile ; pile déchargée ou absente.

- **DC5V** : Signalisation de la tension d'alimentation interne 5V
 - Allumage fixe : 5V.
 - Clignote : Surcharge du courant.
- **FRCE** : Forçage ; signalisation qu'au moins une entrée ou une sortie est forcée de manière permanente.
- **RUN** : Clignotement à la mise en route de la CPU, allumage continu en mode Run.
- **STOP** : allumage continu en mode Stop :
 - Clignotement lent lorsqu'un événement général est requis.
 - Clignotement rapide lorsqu'un événement général est en cours.

Carte mémoire

Elle conserve le contenu du programme en cas de coupure de courant même en l'absence de la pile.

La pile

C'est une pile au lithium qui permet de sauvegarder le contenu de la mémoire RAM en cas de coupure de courant.

Connexion MPI

Elle sert de liaison pour raccorder la console de programmation ou un autre appareil sur l'interface MPI.

Interface DP

Interface de raccordement d'une périphérie décentralisée directement à la CPU.

d.2. Caractéristique technique de la CPU 315-2DP

- Référence : 6ES7 315-2AF00-0AB0
- Mémoire de travail 48 Ko.
- Langage de programmation : STEP7.
- Temps d'exécution : 0,3ms /kinst.
- Organisation du programme ; linéaire structurée.
- Ports MPI+DP.
- configuration à plusieurs rangées jusqu'à 32 modules.

Afin de donner une idée générale sur l'ensemble d'un automatisation, la figure (III.1) montre la manière dont les différents composants sont reliés entre eux pour construire un automatisation.

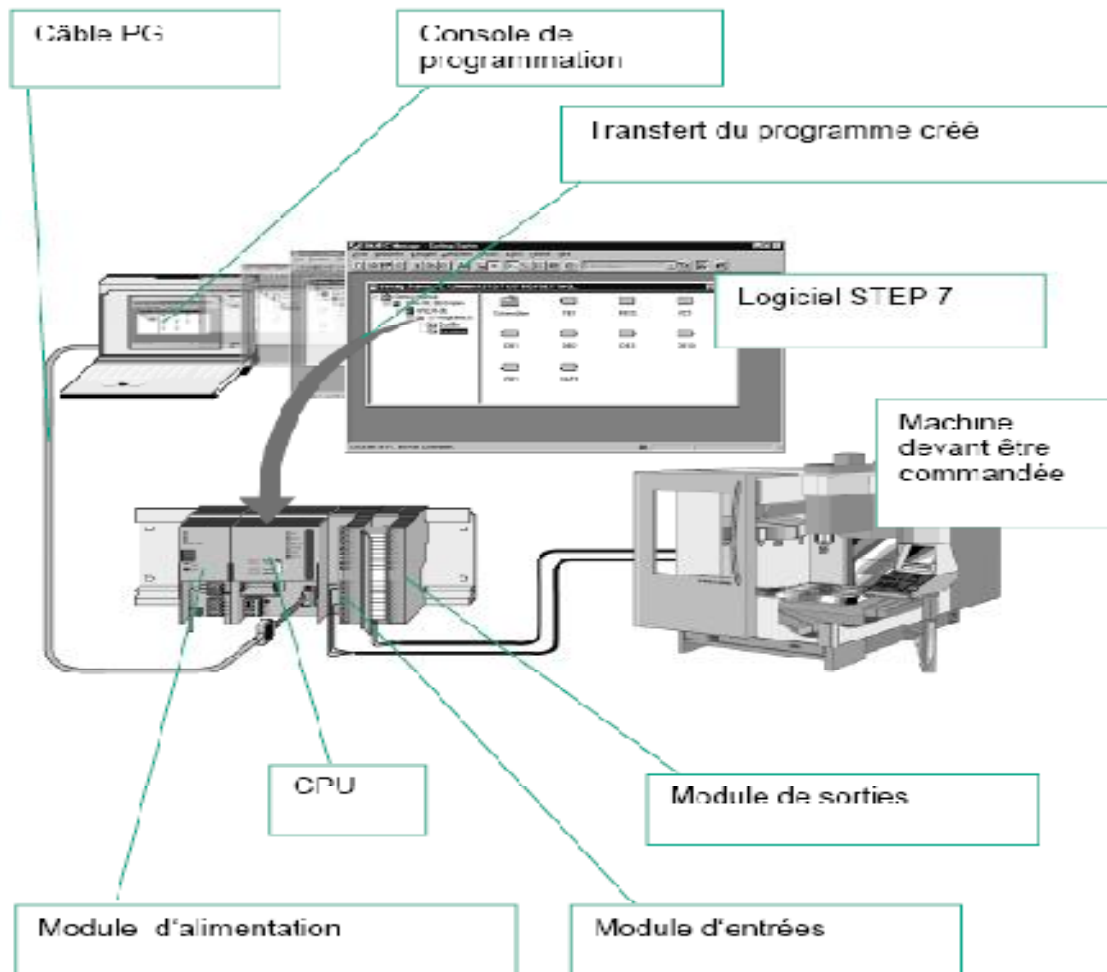
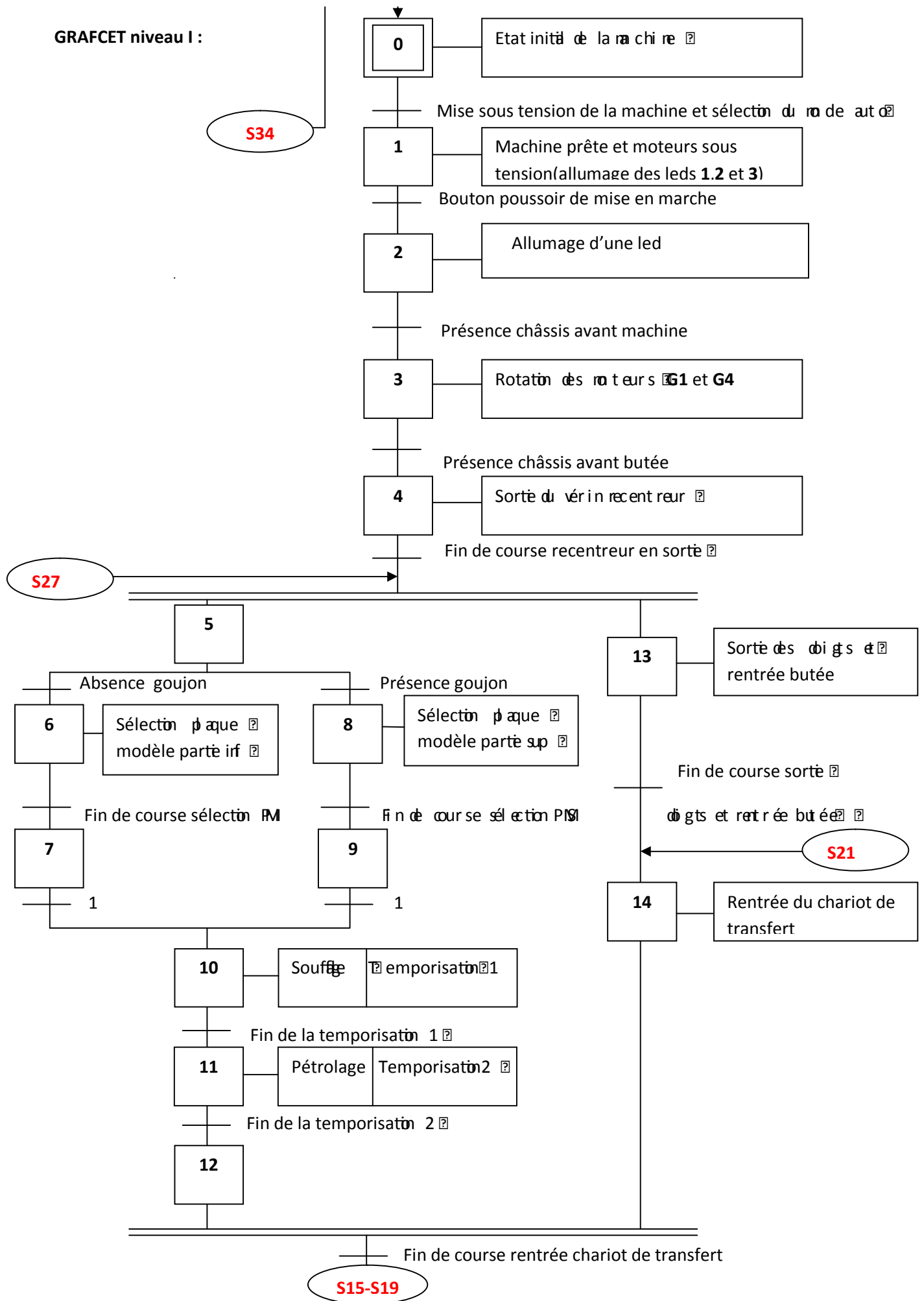


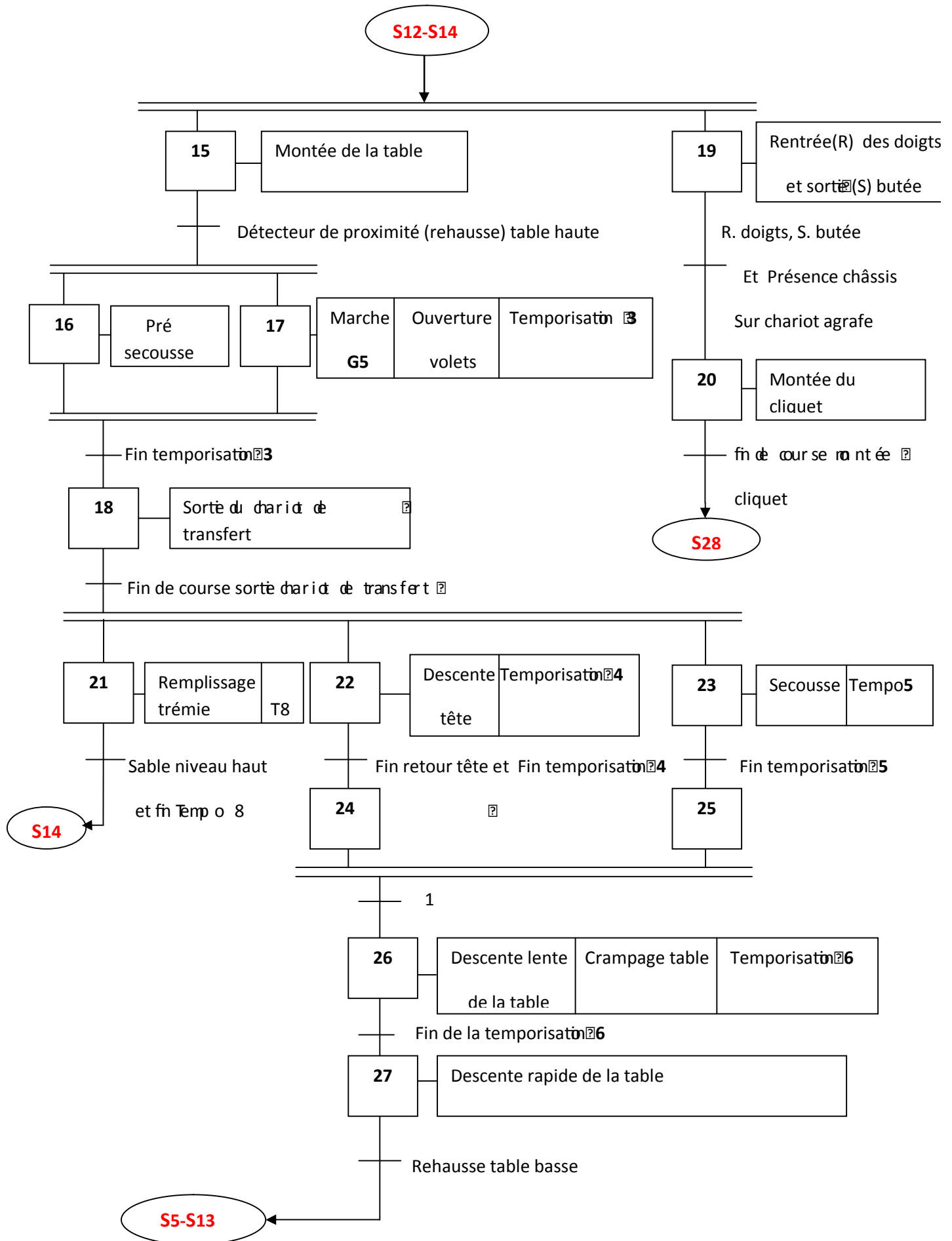
Figure III.12 : Vue d'ensemble de l'automate .

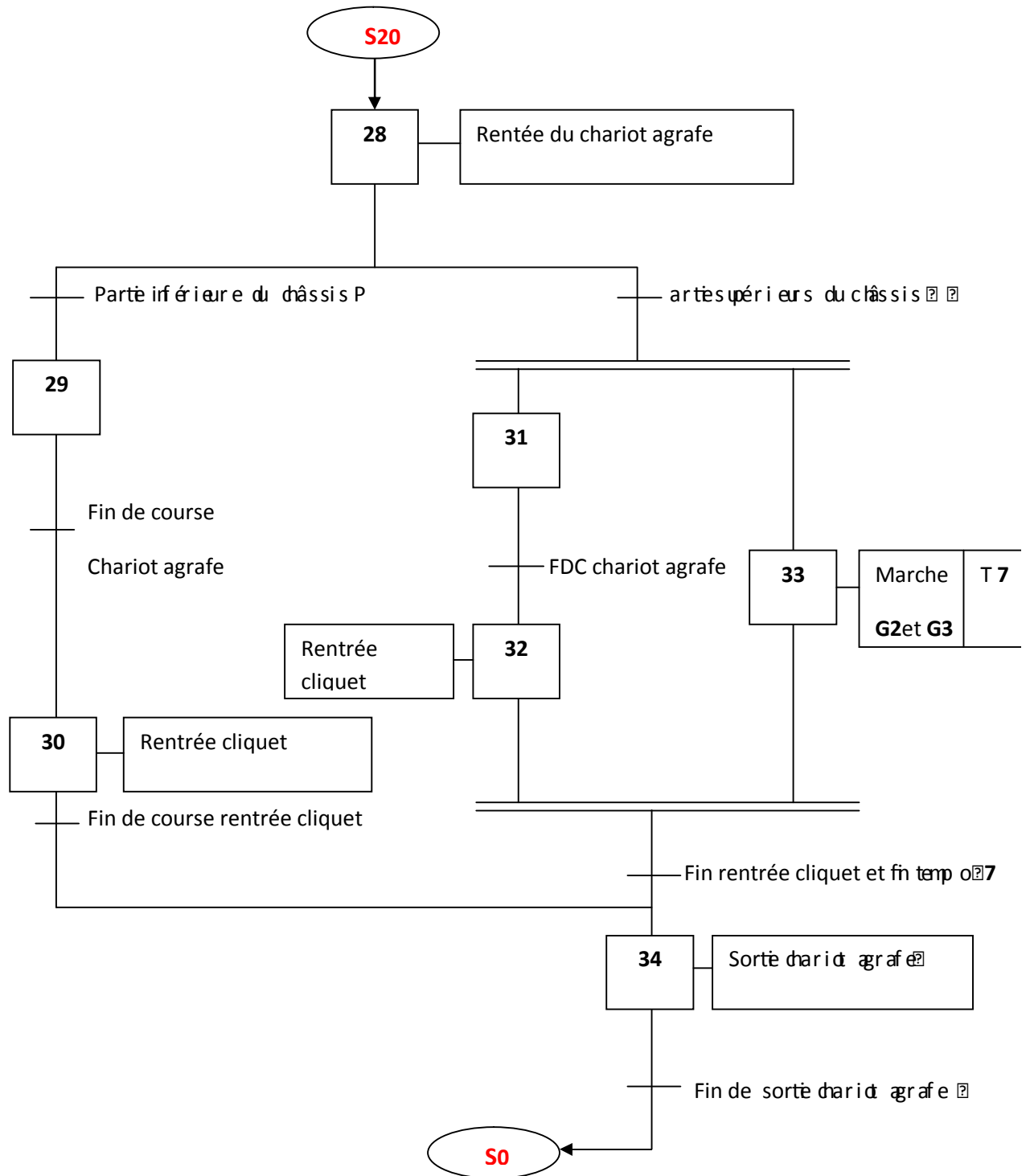
III.5. Conclusion

Dans ce chapitre on a abouti à un modèle de fonctionnement de notre machine qu'on a obtenu grâce à l'outil de modélisation nommé GRAFCET. Ainsi on a pu constater l'apport de cet outil de modélisation qui consiste en sa simplicité et les résultats probants qu'il permet d'avoir, aussi, on a constaté qu'il offre un autre avantage à savoir, la facilité d'implantation de la solution de commande imaginée à partir du modèle de fonctionnement sur un automate programmable industriel (API). Justement c'est dans ce sens qu'on a aussi fait une étude générale sur les automates programmables industriels, ce qui nous a permis d'acquérir des connaissances nécessaires à leur sujet grâce auxquelles on a pu prendre une décision par rapport au choix de l'automate à adopter afin de concrétiser notre solution de commande de la machine à mouler PVC, à savoir le S7-300 de chez Siemens qui en outre de ses performances relatives au traitement rapide des programmes offre une caractéristique importante qui est sa modularité, chose qui permettra de faire des extensions relatives à l'ensemble de la ligne de moulage des pièces moyennes.

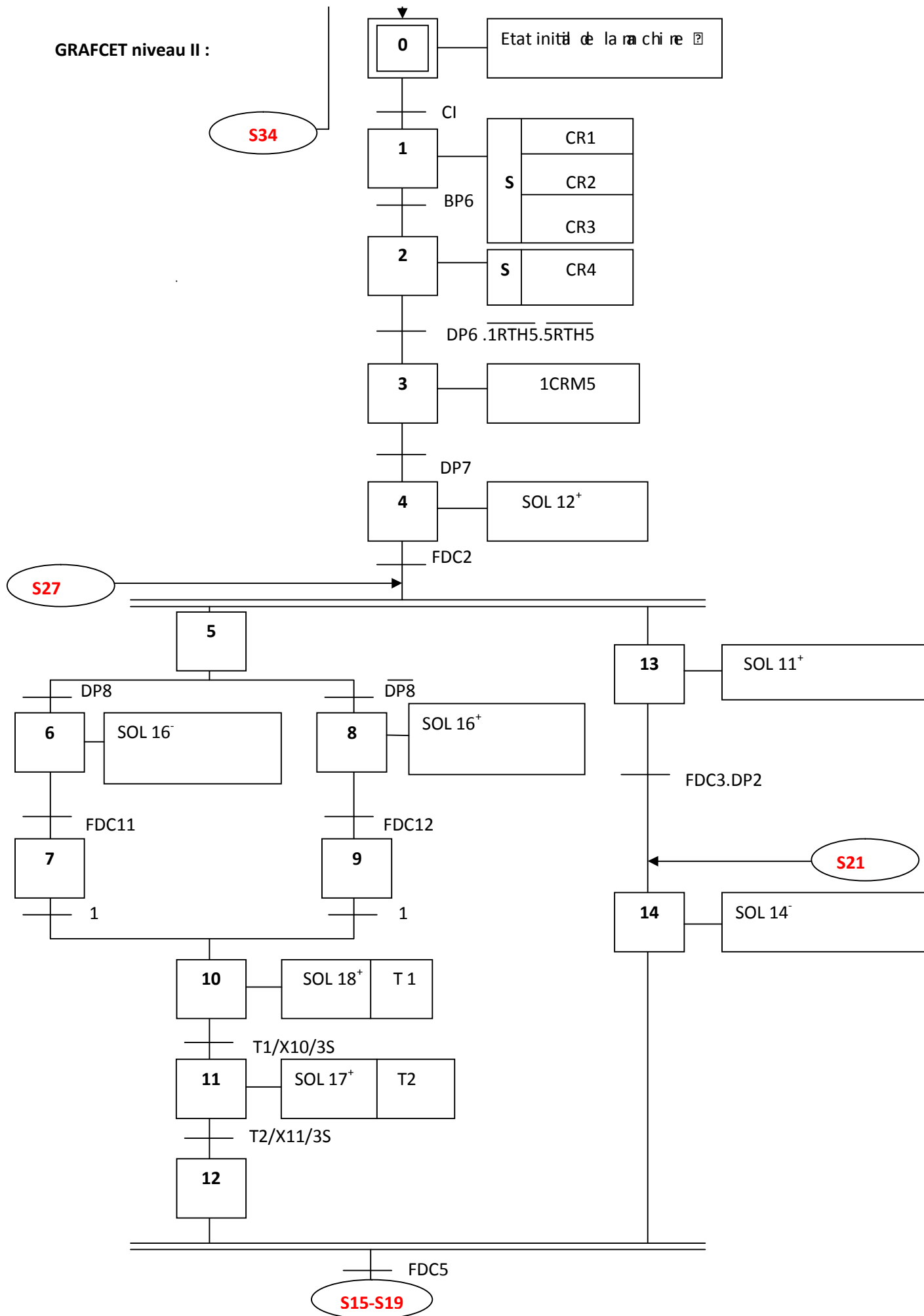
GRAFCET niveau I :

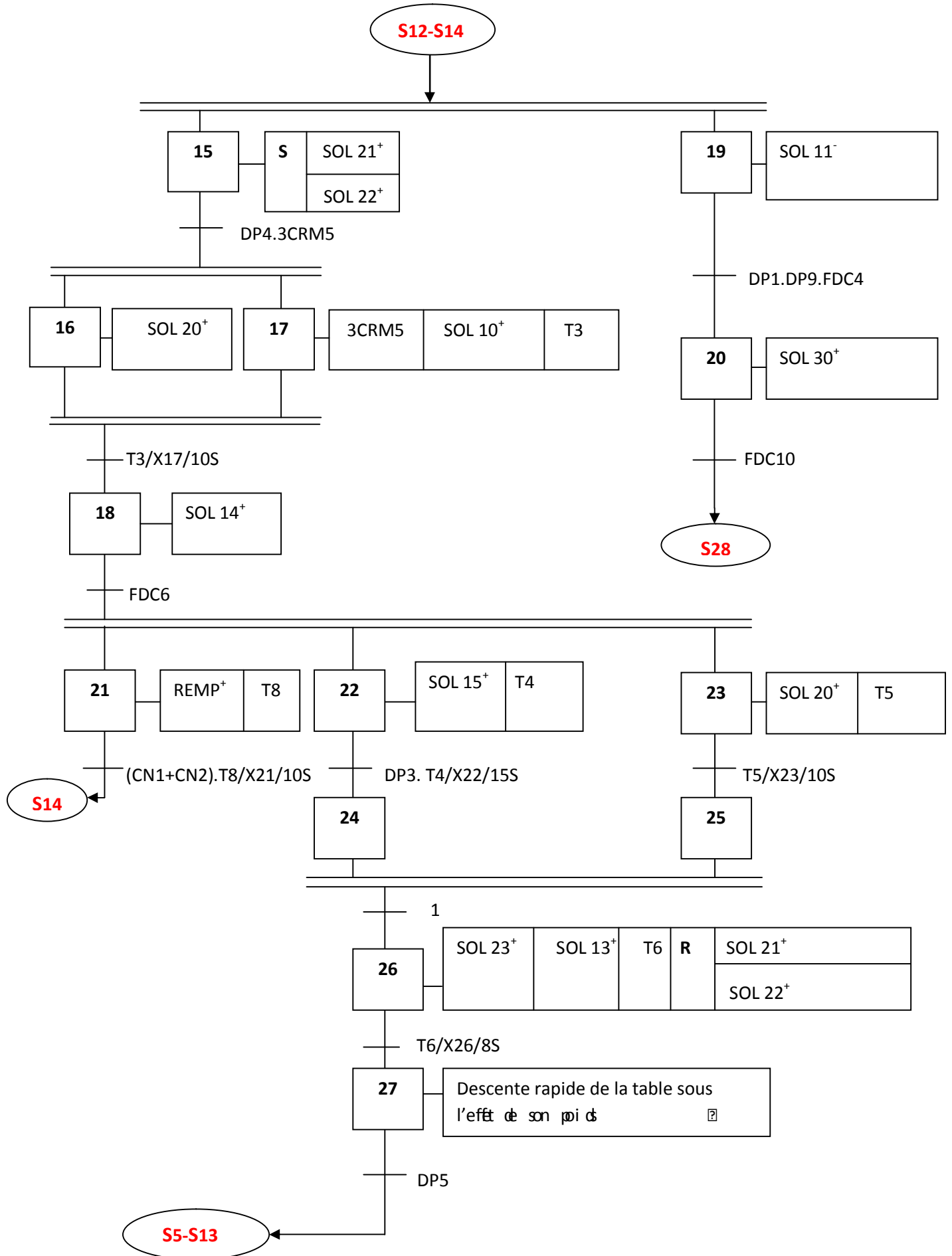


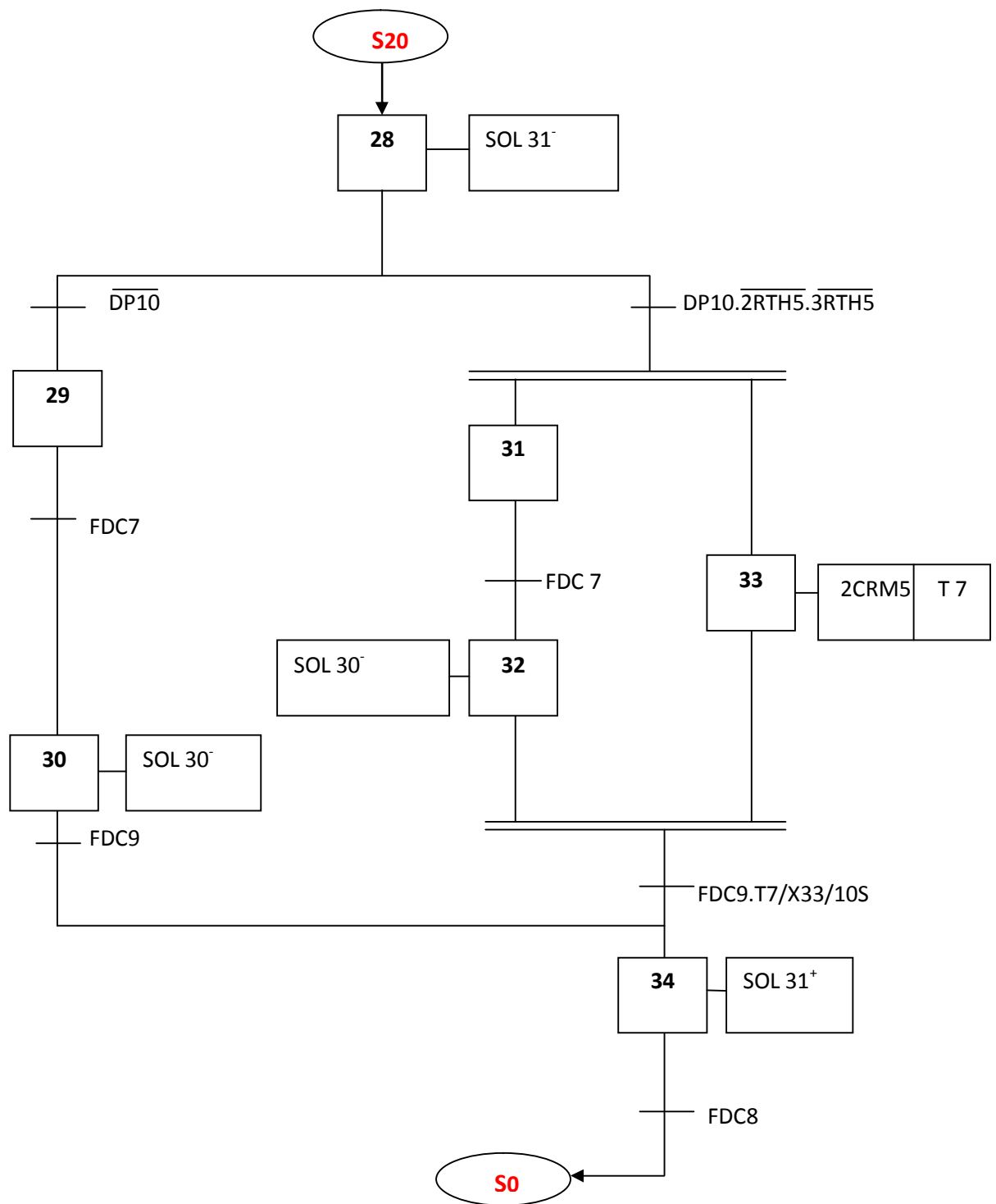




GRAFCET niveau II :







IV.1. Introduction

Programmer un API c'est écrire dans sa mémoire la description du travail qu'il aura à accomplir et ce à l'aide d'une console de programmation propre à l'automate ou bien à l'aide d'une station de micro ordinateur dotée d'un logiciel adéquat.

L'automate S7-300 travaille avec le logiciel de programmation STEP 7. Afin de décrire les étapes à suivre pour implanter notre programme sur automate, nous présenterons d'abord ce logiciel.

IV.2. Présentation et étude du logiciel de programmation STEP 7

Le STEP 7 est un logiciel de programmation et de simulation conçu par la famille SIMATIC spécialement pour les automates industriels S7-300 et S7-400 de Siemens. Il est exécutable sous le système d'exploitation Windows XP (Pack 2 professionnel) ou un autre système d'exploitation spécifié par le constructeur. Ce logiciel offre la possibilité d'assistance dans toutes les phases du processus de création d'une solution d'automatisation, à savoir :

- La création et la gestion du projet.
- La configuration et le paramétrage du matériel et de la communication.
- La gestion des mémoires.
- La création du programme.
- Le chargement du programme dans l'automate.
- Le diagnostic lors de la perturbation de l'installation.

Le STEP 7 met à la disposition de l'utilisateur trois modes de base de programmation :

- Le mode à contact (CONT).
- Le mode logigramme (LOG).
- Le mode liste (LIST).

Faut-il encore mentionner que ces trois modes peuvent être utilisés dans un seul programme.

En plus de ces trois modes de base, le STEP7 offre la possibilité d'implanter le programme sur automate à l'aide d'autres outils tels que le S7-GRAPH.

Le mode à contact (CONT) : C'est un langage de programmation graphique. La syntaxe des instructions fait penser aux schémas de circuits. CONT permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres d'alimentation en passant par les contacts, les éléments complexes et les bobines. La figure (IV.1) montre quelques éléments du langage à contact.

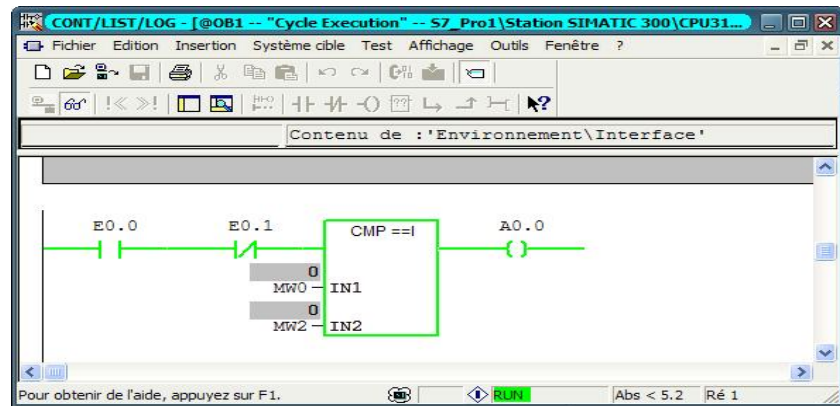


Figure IV.1 : Élément du langage à contact.

Le mode logigramme (LOG) : C'est un langage de programmation graphique qui utilise les bêtes de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques. La figure suivante montre quelques éléments du langage logigramme.

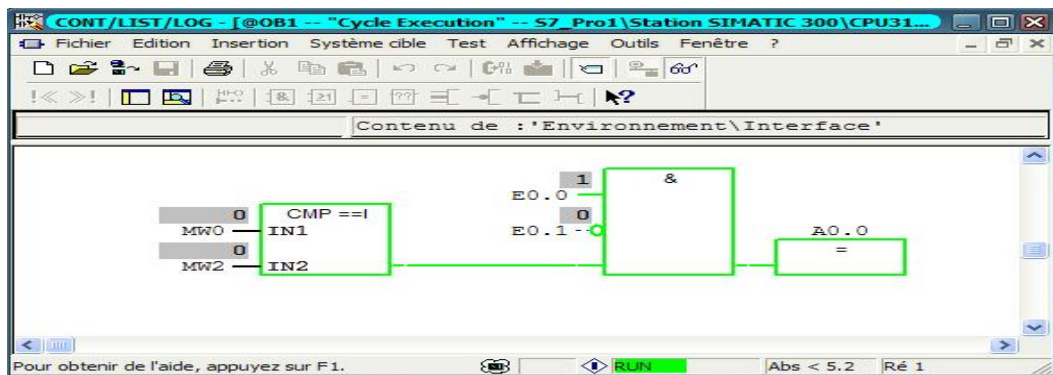


Figure IV.2 : Élément du langage logigramme (LOG).

Le mode liste (LIST) : C'est un langage de programmation textuel proche du langage machine. Dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme. Pour faciliter la programmation, le mode LIST a été complété par quelques structures de langage évoluées. La figure suivante montre quelques éléments du langage LIST.

U	E	0.0	VKE	STA	STANDARD
UN	E	0.1	1	1	0
U(			1	0	0
L	MW	0	1	1	0
L	MW	2	1	1	0
==I			1	1	0
)			1	1	0
=	A	0.0	1	1	0

Figure IV.3 : Élément du langage logigramme LIST.

Le mode de programmation S7-GRAPH Le langage de programmation S7-GRAPH s'ajoute à la panoplie des fonctions de STEP7. Il permet de programmer graphiquement les commandes séquentielles (implantation directe du GRAFCET sur automate) tout en faisant appel à des éléments des langages précédents. Les actions à exécuter sont associées aux étapes, tandis que les transitions régissent l'évolution entre deux étapes successives (condition de franchissement). La figure suivante montre quelques éléments du langage S7-GRAPH.

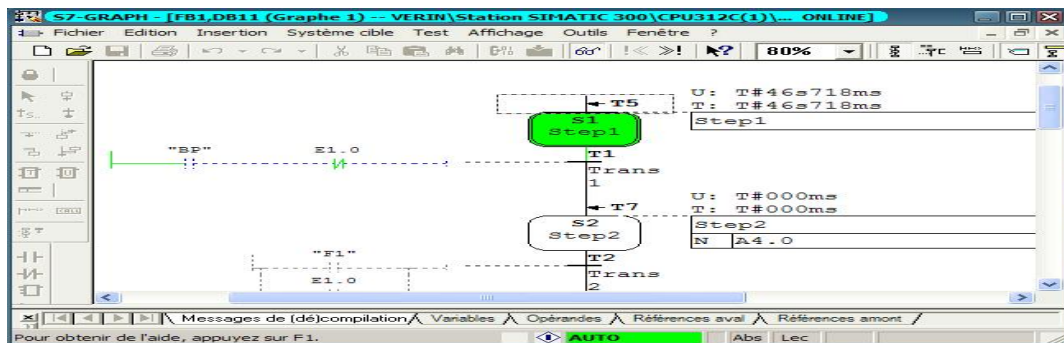


Figure IV.4 : Eléments du langage S7-GRAPH.

Le STEP7 met aussi à la disposition de l'utilisateur d'autres langages de programmation sous forme de logiciels optionnels tels que le STL, le HWGRAPH et le FC.

IV.3. Implantation du programme sur l'automate S7-300

Afin de pouvoir implanter le programme d'automatisation de la machine à rouler PM sur automate, nous avons procédé de la manière suivante :

IV.3.1 Lancement du logiciel SIMATIC STEP7 Manager

Après installation du logiciel SIMATIC Manager sur une station de micro ordinateur respectant les prérequis pour cette installation (un des systèmes d'exploitation Windows spécifiés dans la documentation du STEP 7 et une RAM adéquate), son lancement peut se faire de différentes manières à savoir, à titre d'exemple à partir du menu principal de Démarrage ou bien à partir d'une icône de raccourci se trouvant sur le bureau.

a. Création du projet

Après le lancement du SIMATIC Manager, la fenêtre suivante apparaît sur l'écran.

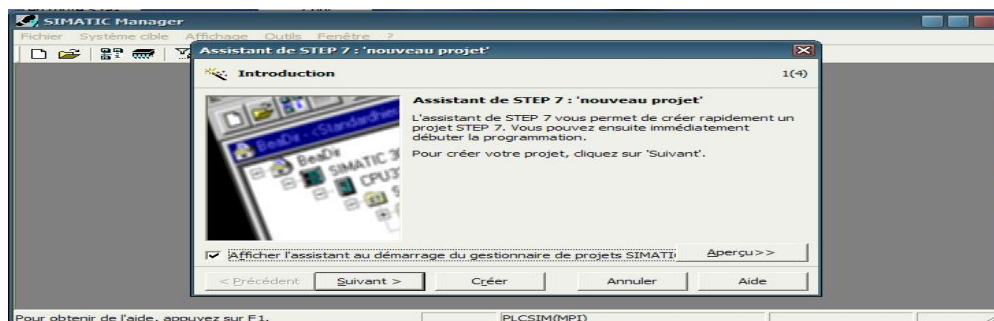


Figure IV.5 : Assistant de création du projet sous STEP7.

Chapitre IV.

L'assistant de projet intégré au logiciel SIMATIC Manager nous assiste tout au long de la création du projet en nous offrant la facilité de suivre les étapes nécessaires pour arriver à l'implantation du programme final, mais cette procédure exécute plusieurs étapes d'une manière automatique ce qui nous ne permet pas d'avoir accès aux détails de la création du projet, c'est pour quoi nous avons préféré présenter une autre procédure qui est plus détaillée.

Création d'un projet sous STEP 7 sans assistant

En cliquant sur « annuler » dans la fenêtre précédente, on annule l'action de l'assistant puis à partir du bouton « fichier » on sélectionne « nouveau » afin de créer un nouveau projet. Une fenêtre nous demande de nommer notre projet, comme le montre la figure IV.6.

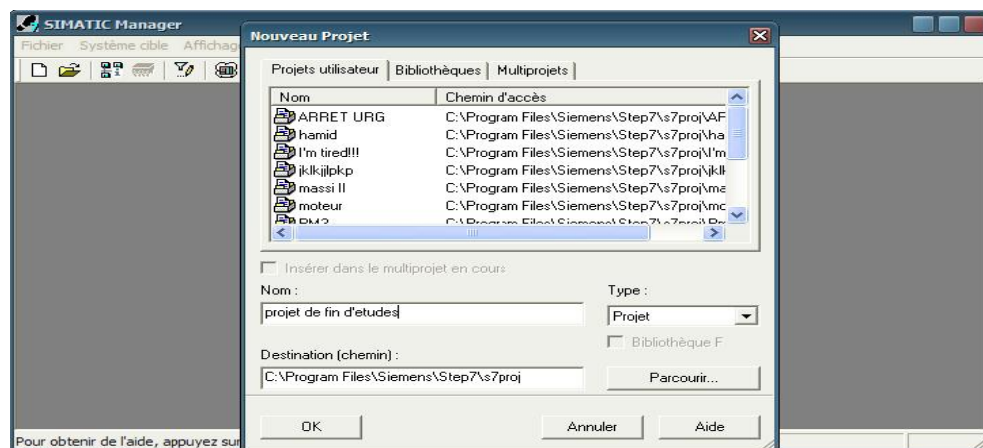


Figure IV.6 : Nomination du projet sous STEP 7

Après attribution du nom en appuyant sur « OK » la fenêtre précédente disparaît et une nouvelle fenêtre, comportant le nom de notre projet apparaît. Une fenêtre à partir de laquelle en appuyant sur le bouton « insertion » nous permet d'insérer une nouvelle station SIMATIC tout en nous offrant la possibilité de choisir un autre type de station (SIMATIC 400, station SIMATIC HMI...)

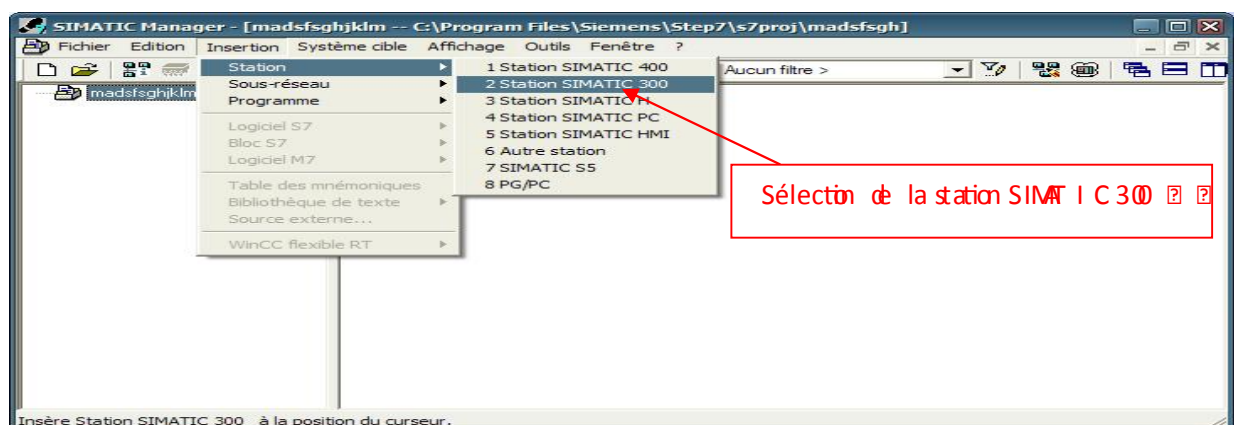


Figure IV.7 : Insertion d'une station SIMATIC 300.

Puis en double cliquant sur le nom de notre projet dans la partie gauche de la fenêtre qui comporte le détail des objets que nous insérons à chaque étape, la nouvelle station SIMATIC 300 insérée précédemment apparaît. Puis, en double cliquant sur celle-ci un nouvel objet sous le nom de

« matériel » apparaît dans le côté droit de la fenêtre. Celui-ci nous permet de configurer et de paramétrer notre automate à notre guise et ce en nous donnant accès au catalogue qui comporte les différents objets constituant une station SIMATIC.

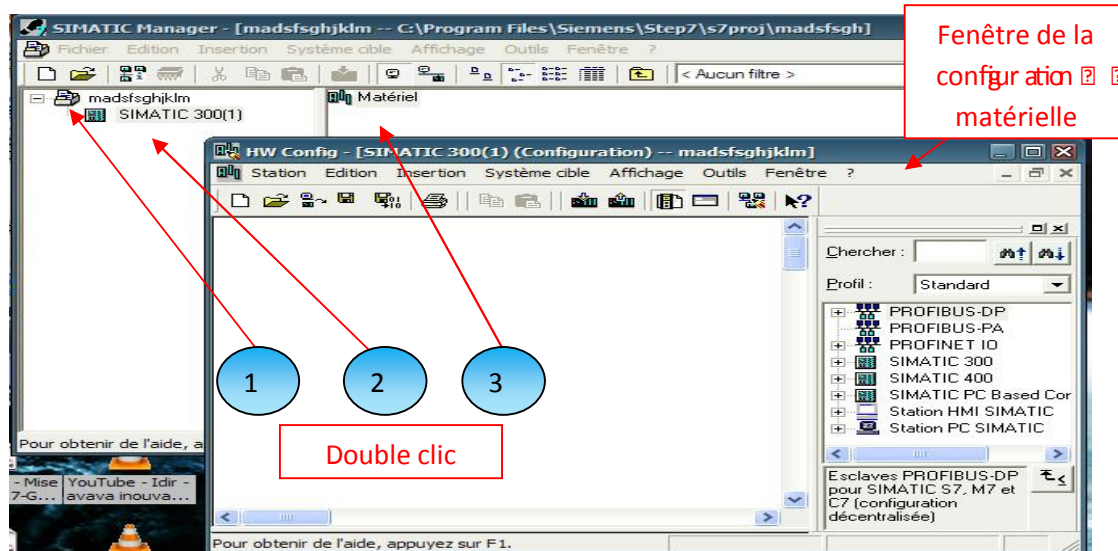


Figure IV.8 : Accès à la configuration matérielle

b. Configuration matérielle

A partir de la dernière fenêtre comportant le catalogue qui est composé des différentes désignations du matériel qui pourrait constituer une station SIMATIC. Nous, nous avons configuré notre automate de la manière suivante afin de pouvoir concrétiser notre système d'automatisation de la machine à mouler PM3.

Choix du RACK : C'est une étape importante car c'est ce rack qui comportera tout les autres modules que nous insérerons tout au long de cette configuration. Il est insérable à partir de la station SIMATIC 300 visible dans le catalogue et ce en cliquant sur celle-ci puis sur « Rack-300 ».

Le SIMATIC Manager, une fois qu'il affiche ce rack, il nous indique automatiquement l'emplacement adéquat de chaque bloc insérer à partir de cette étape, en affichant en vert la ligne correspondante.

Choix du bloc d'alimentation : Il s'obtient toujours à partir de la station SIMATIC 300, en cliquant sur « PS-300 ». Nous, dans notre configuration nous avons opté pour le « PS 307 2A » qui présente les caractéristiques suivantes :

- 6ES7 307-1BA00-0AA0
- Alimentation externe 120/230 Vca : 24 Vcc / 2 A

Choix de la CPU : En suivant le même chemin que précédemment et à partir de « CPU-300 » une gamme diversifiée de CPU apparaît. Nous avons opté pour la CPU 315-2 DP qui présente les caractéristiques suivantes :

- 6ES7 315-2AF00-0AB0
- Mémoire de travail 48 Ko; 0,3ms/kinst; ports MPI+DP; pour configuration à plusieurs rangées jusqu'à 32 modules

Ce choix s'est fait sur la base que ces caractéristiques répondent à nos besoins d'automatisation et de supervision

Choix des modules d'entrées : Toujours à partir de la station SIMATIC 300 en accédant aux modules de signaux « SM-300 » puis en choisissant « DI-300 » (digital input), une gamme de modules d'entrées apparaît et nous avons sélectionné deux modules l'un de type « SM 321 DI 32XDC 24 V » qui est un module à 32 entrées TOR qui présente les caractéristiques suivantes :

- 6ES7 321-1BL80-0AA0
- Module de 32 entrées TOR, 24 V, par groupes de 32, conditions d'installation élargies

Et l'autre de type « SM 321 DI 16XDC 24 V » qui est un module à 16 entrées TOR qui présente les caractéristiques suivantes :

- 6ES7 321-1BH82-0AA0
- Module d'entrées TOR. DI16 24V, par groupes de 16, conditions d'installation élargies

Ce choix s'est fait sur la base que notre automate sera implanté dans des conditions de travail difficiles et sur la base que notre machine ne comporte que quarante d'entrées.

Choix des modules de sorties : Ces modules sont configurables à partir de « SM 300 »/ « DO- 300 ». Notre choix s'est fixé sur un module à 32 sorties TOR car notre machine comporte moins de 30 sorties. Il est de type « SM 320 DO 32X DC 24 V / 0.5A » Il a les caractéristiques suivantes :

- 6ES7 322-1BL00-0AA0
- Module de 32 sorties TOR 24V/0.5A, par groupes de 8 également vendu comme module SIPLUS sous le numéro de référence 6AG1 322-1BL00-2AA0

Notre choix se justifie par le fait que toutes les sorties de la machine à rouler RVB fonctionnent sous une tension de 24V et un courant d'environ 0.5A voir annexe pour plus de détails à propos des caractéristiques techniques des pré actioneurs. la figure (IV 9) donne une idée sur la configuration matérielle

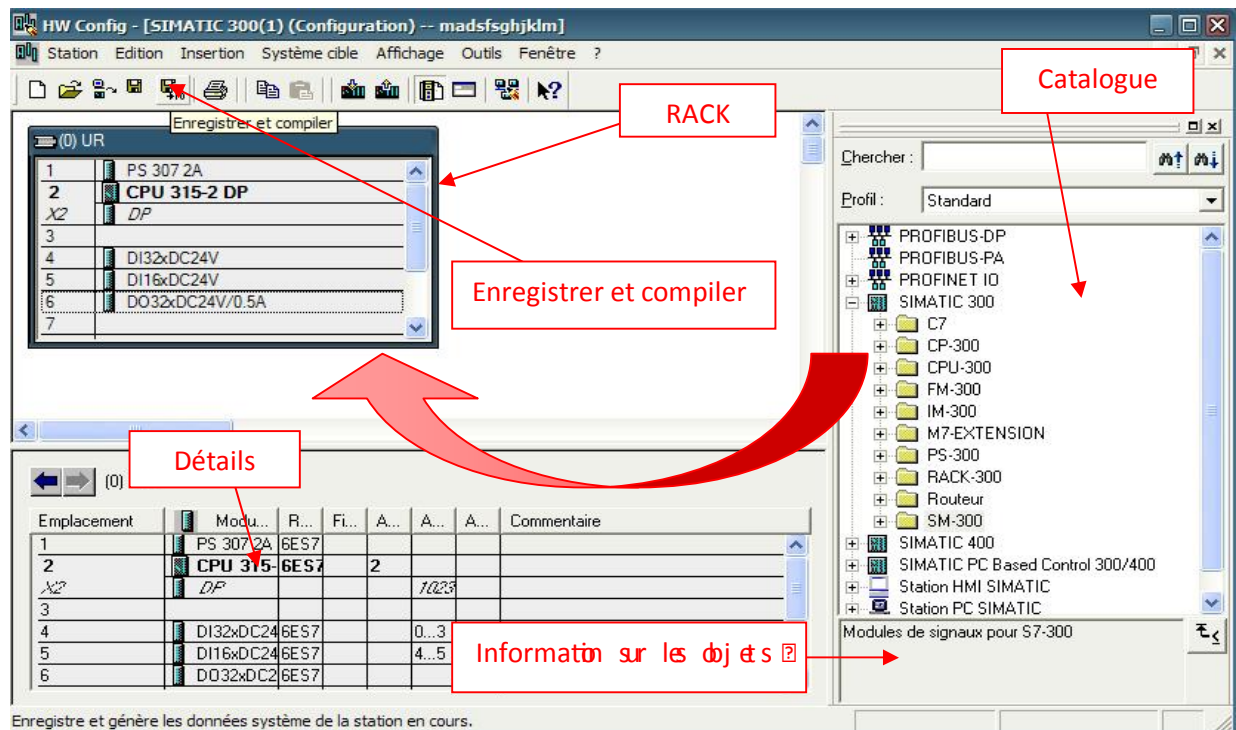


Figure IV.9 : Configuration matérielle de S7 300.

Dans la fenêtre précédente en cliquant sur « enregistrer et compiler » le logiciel prend en considération cette nouvelle configuration.

IV.4. Procédure de programmation de la solution d'automatisation

Une fois la configuration matérielle faite on passe à l'implantation du programme sur l'automate en procédant comme suit :

En retournant sur la page principale ou le projet a été créé, on se rend compte que le logiciel a généré de nouveaux objets dans la CPU. A partir de « blocs » on a accès au bloc organisationnel « OB1 » qui offre la possibilité de sélectionner un mode de programmation : CONT, LIST et LOG.

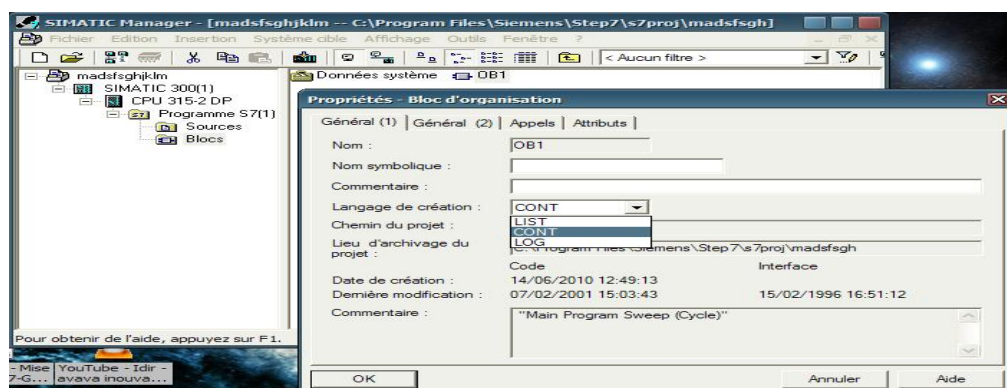


Figure IV.10 : Accès au bloc organisationnel OB1 et choix du mode de programmation.

Comme nous avons choisi de travailler avec le S7 GRAPH, nous exposons ci après la manière de se faire.

Chapitre IV.

Donc, toujours à partir du **BOB1**, on créera un **BO** fonctionnel **FB** auquel on attribuera par défaut le numéro 1 et ce en suivant cette procédure :

Positionner le curseur sur le **BOB1**/ clic sur le bouton **insérer un nouvel objet/ BO** fonctionnel. Voir figure(IV.11).

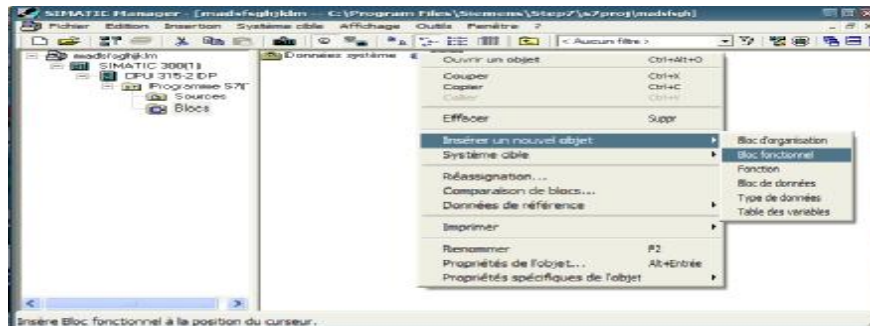


Figure IV.11 : Création d'un **BO** fonctionnel.

A partir de là une nouvelle fenêtre apparaît « propriétés- **BO** fonctionnel » en choisissant le mode de programmation **GRAPH** et en appuyant sur « **OK** » le **BO** « **FB1** » sera créé automatiquement et ajouté au **BO** « **OB1** » qui est déjà généré.

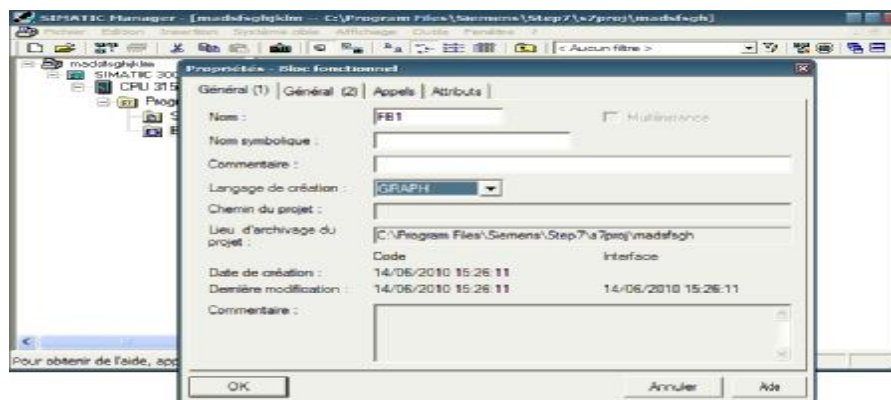


Figure IV.12 : Création du **BO** fonctionnel **FB1**.

En double cliquant sur le bloc fonctionnel « **FB1** » se trouvant dans la page principale du projet apparaît la fenêtre de la figure (IV.13) :

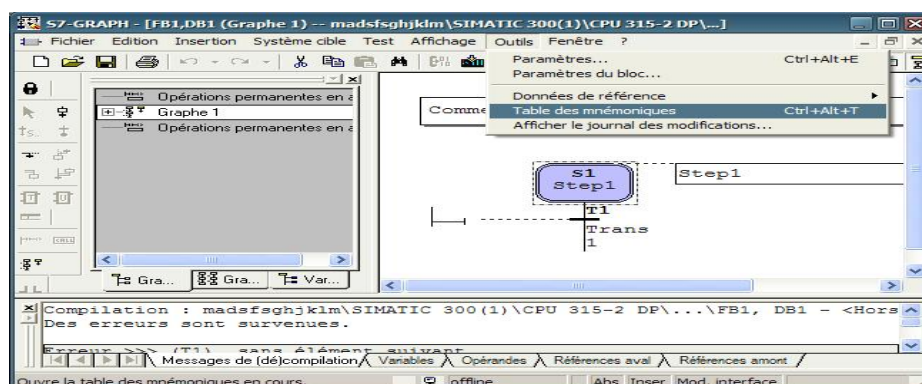


Figure IV.13 : Fenêtre de programmation sous **S7-GRAPH**.

Chapitre IV.

Cette fenêtre nous a permis d'implanter notre programme dans le bloc « FB1 » et de à l'aide des outils offerts par le S7 GRAPH, comme aussi, elle nous donne la possibilité de créer une table des mnémoniques qui permet de donner les détails des adresses mises dans notre programme.

IV.5. Procédure de création de la table des mnémoniques

La table des mnémoniques est créée comme suit : Fenêtre du bloc FB1/outils/table des mnémoniques. Voir figure IV.13.

Dans notre cas, après avoir suivis les étapes sus expliquées, on a pu programmer notre solution d'automatisation de la machine à mouler PM3 et ce en implantant le programme principal dans un bloc fonctionnel « FB » et des sous programmes fait à l'aide du langage à contact dans le bloc organisationnel « OB ».

Le programme principal fait appel à ces sous programmes à chaque fois qu'il en a besoin. Comme aussi on a créé la table des mnémoniques qu'on rapporte sis après et qui comprend l'ensemble des entrées et des sorties et les adresses qui leur sont attribuées dans notre programme.

Table des mnémoniques

Tableau IV.1 : Table des mnémoniques du programme d'automatisation de la machine à mouler PM3 et de la prise en charge automatique des arrêts d'urgence

mnémoniques	opérande	Type de données	Commentaires
Entrées	E	BOOL	XXXXXXXX
BP1	E 0.0	BOOL	Bouton poussoir de mise sous tension
BP2	E 0.1	BOOL	Bouton poussoir de sélection du mode de marche
BP3	E 0.2	BOOL	Bouton poussoir de mise en marche
DP6	E 0.3	BOOL	Présence châssis avant machine
1RTH5	E 0.4	BOOL	Relais thermique de protection
5RTH5	E 0.5	BOOL	Relais Thermique de protection
DP7	E 0.6	BOOL	Présence châssis avant butée
FDC2	E 0.7	BOOL	fin de course sortie centreur
FDC3	E 1.0	BOOL	Fin de course rentrée butée
DP2	E 1.1	BOOL	Fin de course sortie doigts
DP8	E 1.2	BOOL	Détecteur de goujon
FDC12	E 1.3	BOOL	Fin de course sélection MS
FDC11	E 1.4	BOOL	Fin de course sélection M
FDC5	E 1.5	BOOL	Fin de course rentrée chariot de transfert
DP1	E 1.6	BOOL	Doigts en entrée
DP9	E 1.7	BOOL	Présence châssis sur chariot agrafe
FDC4	E 2.0	BOOL	butée en sortie
FDC10	E 2.1	BOOL	Fin de course montée cliquet
DP10	E 2.2	BOOL	Partie sup du châssis
2RTH5	E 2.3	BOOL	Relais thermique du moteur G2
3RTH5	E 2.4	BOOL	Relais thermique du moteur G3

FDC7	E	2.5	BOOL	FDC chariot agrafe
FDC9	E	2.6	BOOL	FDC rentrée du cliquet en entrée
FDC8	E	2.7	BOOL	FDC chariot agrafe en sortie ?
DP4	E	3.0	BOOL	DP table haute
4RTH5	E	3.1	BOOL	Relais thermique du moteur G5
FDC6	E	3.2	BOOL	FDC sortie chariot de transfert ?
CN1	E	3.3	BOOL	Sable niveau haut
CN2	E	3.4	BOOL	Sable niveau haut
DP3	E	3.5	BOOL	FDC tête haute
DP5	E	3.6	BOOL	Rehausse table basse
Arrêt	E	3.7	BOOL	Arrêt
BAUR1	E	4.0	BOOL	arrêt d'urgence avant machine
BAUR2	E	4.1	BOOL	arrêt d'urgence après machine
BAUR3	E	4.2	BOOL	arrêt d'urgence assemblage châssis
BAUR4	E	4.3		arrêt d'urgence sur armoire
BAUR5	E	4.4		arrêt d'urgence zone de coulée
BAUR6	E	4.5		arrêt d'urgence zone de défonçage
BAUR7	E	4.6		arrêt d'urgence sortie de cabine de défonçage ?
Initialisation ? ?	E	4.7		initialisation de bloc de données D10 ? ?
Sorties ?	A		BOOL	XXXXXXXX
CR1	A	0.0	BOOL	allumage de la led 1
CR2	A	0.1	BOOL	allumage de la led 2
CR3	A	0.2	BOOL	allumage de la led 3
CR4	A	0.3	BOOL	allumage de la led 4
1CRM5	A	0.4	BOOL	rotation des moteurs G et G ?
SOL12+	A	0.5	BOOL	sortie du vérin recteur ?
SOL11+	A	0.6	BOOL	sortie doigts et rentrée butée ?
SOL14-	A	0.7	BOOL	rentrée du chariot de transfert
SOL16+	A	1.0	BOOL	sélection MS ?
SOL16-	A	1.1	BOOL	sélection M ?
SOL18+	A	1.2	BOOL	soufflage ? ?
SOL17+	A	1.3	BOOL	pétrolage
SOL11-	A	1.4	BOOL	rentrée des doigts et sortie butée ?
SOL30+	A	1.5	BOOL	montée cliquet
SOL31-	A	1.6	BOOL	rentrée chariot agrafe
2CRM5	A	1.7	BOOL	rotation G et G ?
SOL30-	A	2.0	BOOL	rentrée du cliquet
SOL31+	A	2.1	BOOL	sortie du chariot agrafe ?
SOL21+	A	2.2	BOOL	montée de la table (pneumatique) ?
SOL22+	A	2.3	BOOL	montée de la table (hydraulique)
3CRM5	A	2.4	BOOL	marche G5
SOL10+	A	2.5	BOOL	ouverture volets
SOL20+	A	2.6	BOOL	pré secousse
SOL14+	A	2.7	BOOL	sortie chariot de transfert ?

Chapitre IV.

REMP+	A	3.0	BOOL	remplissage trémie
SOL15+	A	3.1	BOOL	descente tête
SOL23+	A	3.2	BOOL	descente lente de la table
SO13+	A	3.3	BOOL	crampage
11CRM5	A	7.0	BOOL	COMMANDE MANUELLE DE G1 ET G4
SOL15++	A	7.1	BOOL	OMDT
SOL23++	A	7.2	BOOL	DTE
SOL21++	A	7.3	BOOL	MTE
SOL31--	A	7.4	BOOL	RCA
SOL31++	A	7.5	BOOL	SCA
SOL14--	A	7.6	BOOL	RCT
33CRM5	A	7.7	BOOL	COMMANDE MANUELLE DE G5
22CRM5	A	8.0	BOOL	COMMANDE MANUELLE DE G2 ET G3
SOL14++	A	8.1	BOOL	SCT
CR11	A	8.2		CR1 Wincc
CR22	A	8.3		CR2Wincc
CR33	A	8.4		CR3Wincc
Mémentos	M		BOOL	XXXXXXXX
souf	M	1.0	BOOL	soufflage
petr	M	1.1	BOOL	pétrilage
G2.G3	M	1.2	BOOL	rotation des moteurs G2 et G3
G5.SEC	M	1.3	BOOL	rotation G5 et secousse
trem	M	1.4	BOOL	remplissage trémie
sec	M	1.5	BOOL	secousse
tête	M	1.6	BOOL	descente tête
dl	M	1.7	BOOL	descente lente de la table
1	M	2.3	BOOL	mise à 1
urgence	M	3.0	BOOL	arrêt d'urgence
Cls	M	3.1	BOOL	conditions initiales (suite)
Cl	M	3.2	BOOL	conditions initiales
Alarme1	M	5.0	BOOL	tête de pression coincée
Alarme 2	M	5.1	BOOL	Problème au niveau du dispositif de soufflage
Alarme 3	M	5.2	BOOL	Problème au niveau du dispositif de pétrilage
Alarme 4	M	5.3	BOOL	Dysfonctionnement au niveau des moteurs après machine
Alarme 5	M	5.4	BOOL	Problème au niveau de l'aérateur ou volets encore ouverts
Alarme 6	M	5.5	BOOL	Dysfonctionnement au niveau du dispositif de secousse
Alarme 7	M	5.6	BOOL	Table coincée
Alarme 8	M	5.7	BOOL	Table coincée au cours de sa descente rapide
Alarme 9	M	6.0	BOOL	Trémie ouverte ou sondes de niveau défaillantes
BP1 Wincc	M	8.0	BOOL	bouton poussoir de mise sous tension (Wincc)
BP2 Wincc	M	8.1	BOOL	bouton poussoir de sélection de mode de marche (Wincc)
BP3 Wincc	M	8.2	BOOL	bouton poussoir de mise en marche (Wincc)
PROBLEME SUR PM3	M	10.0	BOOL	ATTENTION VEUILLEZ CONSULTER LA FENETRE DES ALARMES
BPMAM	M	15.0	BOOL	commande moteurs avant machine (mode manuel)
BPMAPM	M	15.1	BOOL	commande moteurs après machine (mode manuel)

BPMMAE	M	15.2	BOOL	commande moteur aérateur (mode manuel)
BPRCT	M	15.3	BOOL	Commande de la rentrée du chariot de transfert
BPSCT	M	15.4	BOOL	Commande de la sortie du chariot de transfert
mainten	M	15.5	BOOL	mainten
mainten1	M	15.6	BOOL	mainten 1
BPMSCA	M	15.7	BOOL	Commande de la sortie du chariot agrafe
BPRCA	M	16.0	BOOL	Commande de la rentrée du chariot agrafe
BPMTE	M	16.1	BOOL	Commande de la montée de la table
BPDTE	M	16.2	BOOL	Commande de la descente de la table
mainten2	M	16.3	BOOL	mainten 2
BPODMT	M	16.4	BOOL	Commande de la descente et de la montée de la tête
mainten A	M	16.5	BOOL	mainten de la sortie du chariot agrafe
mainten C	M	16.6	BOOL	mainten de la sortie du chariot de transfert
Autres mnémoniques	XX	XX	XXXXXXXXXX	
commande manuelle	FC	1	FC 1	pilotage manuelle de la PM3
ALARME	MW	5	WORD	Alarmes

On mentionne que le logiciel génère un certain nombre de blocs automatiquement à savoir :

- **Le FC72** : La fonction standard FC72 contient le logiciel valorisé à l'exécution d'un graphe séquentiel S7-GRAPH. Il est utilisé automatiquement par le logiciel optionné S7-GRAPH V5.0. Si vous avez coché l'option de compilation "FC standard requis". Le logiciel l'acquerra de lui-même dans le projet utilisateur si vous avez spécifié 72 comme numéro de bloc et qu'il n'y a pas encore de FC72 dans le projet cible. Si vous préférez utiliser un autre numéro pour le bloc standard, il faudra effectuer la copie vous-même en changeant le numéro.
- **DB** : ce sont des blocs de données qui comporter des données systèmes, ils ont la caractéristique suivante : La vue des données affiche les valeurs en cours de toutes les variables du bloc de données. Vous ne pouvez modifier ces valeurs que dans cette vue. La représentation sous forme de tableau est identique pour tous les blocs de données globaux. Elle contient une colonne "Déclaration" supplémentaire pour les blocs de données d'instance.
- **SFC64** : La fonction SFC64 "TIME_TCK" (time tick) sert à lire le temps système de la CPU. Le temps système est un "compteur chronométrique" qui compte de 0 à 2 147 483 647 ms au plus. En cas de débordement, il recommence à compter à partir de 0. La base de temps et donc la précision sont de 1 ms pour les CPU S7-400 et pour la CPU 318, de 10 ms pour toutes les autres CPU S7-300. Le temps système n'est influencé que par les états de fonctionnement de la CPU.

IV.6. Forme finale du programme d'automatisation de la machine à rouler PM

Après avoir fourni cet ensemble de détails, nous présentons ci après la forme finale de notre programme.

IV.7. Simulation du programme

Le SIMATIC Manager est doté d'un logiciel qui donne à l'utilisateur la possibilité de mettre en œuvre son programme d'une manière virtuelle (simulation) avant la mise en service réelle sur le terrain. Il est nommé S7-PLCSIM. (Nous, on a travaillé sur la version 5.3). ce dernier fait office d'un automate virtuel.

ü Lancement du simulateur S7-PLCSIM et simulation du programme

Après avoir programmé et enregistré le programme, sa simulation nécessite le lancement du logiciel S7-PLCSIM et ce à partir de la fenêtre principale du projet dans SIMATIC Manager en cliquant sur l'icône montrée sur la figure suivante.

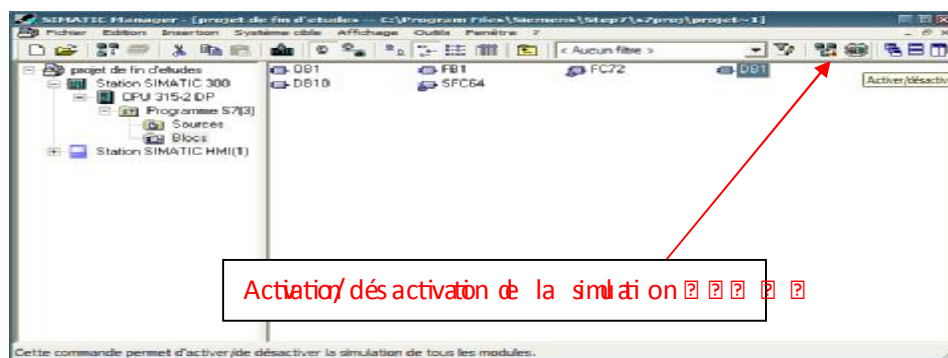


Figure IV.14 : Lancement du simulateur S7-PLCSIM.

Après le lancement, la figure (IV 15) apparaît et en suivant les étapes qui viennent on parvient à simuler notre programme :

Création d'une nouvelle CPU dans la fenêtre de S7-PLCSIM en appuyant sur « fichier » puis « nouvelle CPU/ Dans la fenêtre principale du projet cliquer sur « ctrl+A » pour sélectionner tous les blocs puis sur « ctrl+L » pour les charger dans la CPU/dans le programme principal qui se trouve dans le bloc « FB1 » appuyer sur l'icône « charger », le logiciel demande automatiquement de sélectionner le DB d'instance avec lequel se fera la simulation (ce DB d'instance doit correspondre au DB généré et nommé dans le bloc organisationnel « OB1 »).

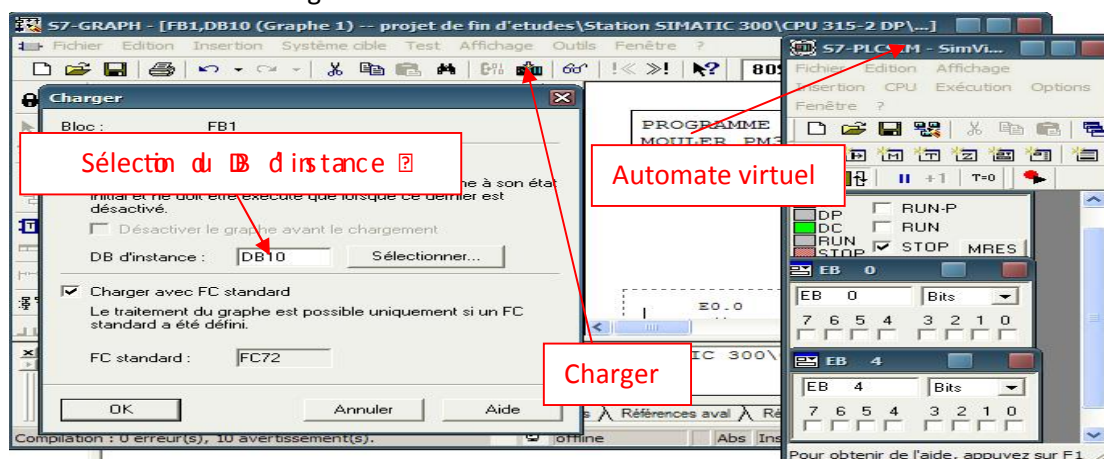


Figure IV.15: Chargement du bloc FB1.

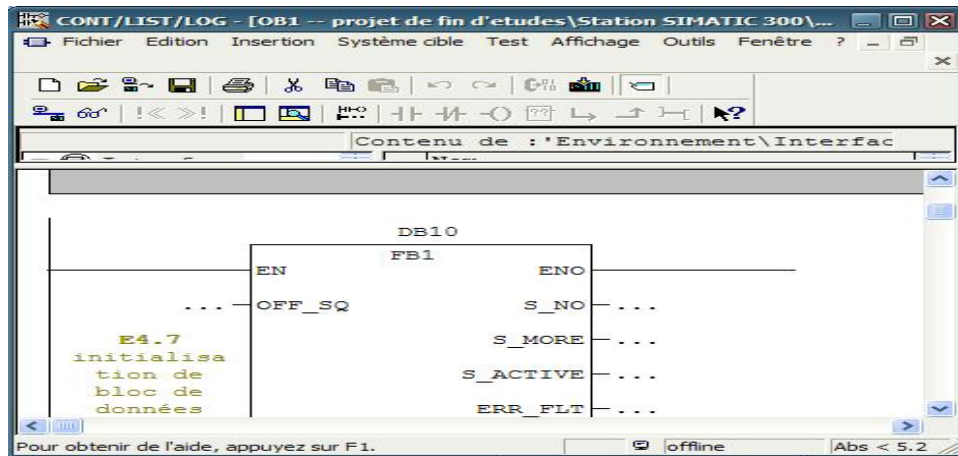


Figure IV16 : DB d'instance à sélectionner dans le FB1.

Après avoir effectué ces étapes, en appuyant sur l'icône « visualisation », ou bien sur « ctrl+F7 » à partir du clavier, l'automate virtuel offre la possibilité de visualiser l'évolution des programmes ou des sous programmes en sélectionnant les fenêtres correspondantes. Le S7-PLCSIM permet de suivre l'évolution du courant dans les programmes faits en mode CONT ou bien le franchissement des étapes pour les programmes faits en S7 GRAPH. Faut il noter que l'automate virtuel dispose de boutons de mise en marche (RUN), mise en arrêt (STOP) et d'effacement général de la CPU (MRES).

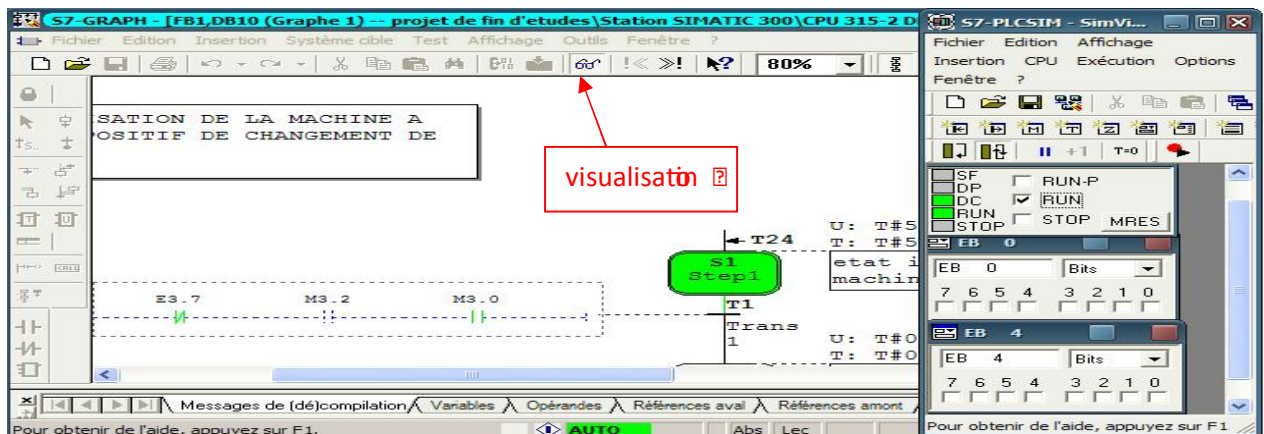


Figure IV17 : Simulation du programme principal se trouvant dans le FB1.

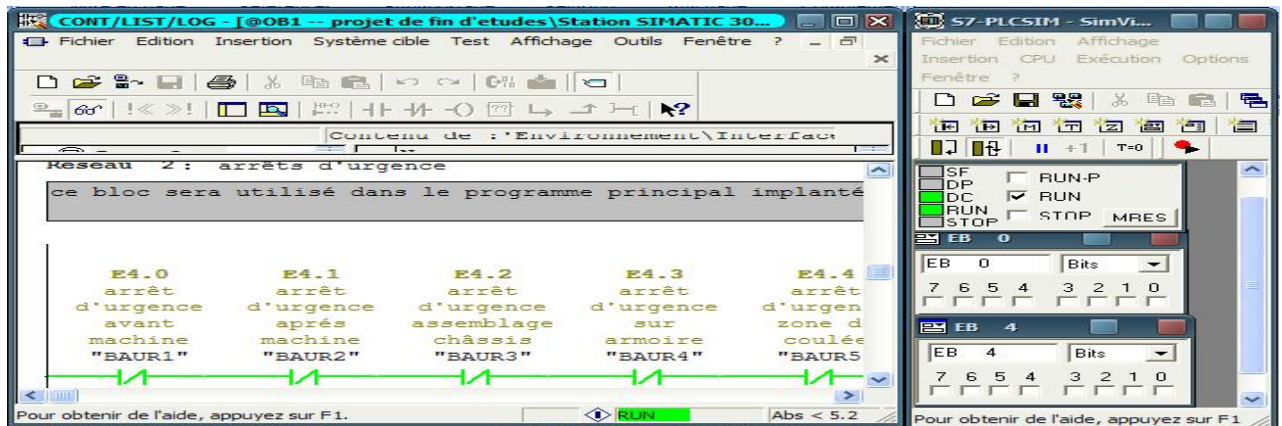


Figure IV.18 : Simulation des sous programme dans le OB1.

IV.8. Conclusion

Après avoir effectué l'étude et la présentation du STEP7 et après avoir travaillé sur ce dernier en créant notre programme d'automatisation de la machine à mouler PVC. On a constaté que ce logiciel est très vaste et qu'il mérite à ce qu'on lui consacre beaucoup de temps afin de maîtriser tous les détails qu'il comporte, puis on a constaté qu'il est fait d'une manière à ce qu'il soit proche de l'utilisateur (programmeur) et ce à travers les langages de programmation qu'il met à disposition qui sont diversifiés et qui sont faits d'une manière à ce que l'utilisateur quel que soit sa formation d'origine puisse se retrouver. Donc, on dira tout simplement que ce logiciel est un outil puissant et indispensable pour qui veut travailler sur les automatisations industrielles.

Chapitre V.

V.1. Introduction

Les avancées technologiques réalisées au cours de ces dernières décennies et les pas géants faits dans le domaine de la programmation informatique ont beaucoup profité pour les différents secteurs de l'industrie en proposant à chaque fois des outils ingénieux et des logiciels qui sont de plus en plus performants en terme de possibilité de programmer des tâches ou en terme d'acquisition et de traitement de données ce qui permet aux industriels de produire plus, avec une excellente qualité et d'améliorer les conditions de travail des ouvriers en leur offrant des milieux de travail qui, certes, exigent plus de performances et des mises à niveau continues mais qui sont sécurisés. Justement, la supervision des processus est une branche qui a beaucoup profité de toutes ces innovations car là où, quelques dizaines d'années en arrière, il fallait des milliers de fils et de voyants pour représenter l'état d'un processus (avec tout les inconvénients qui vont avec ce genre d'installations), aujourd'hui, un écran (à touches ou tactile) et un logiciel feraient merveille en l'affaire avec un maximum de performances et de fiabilité en donnant la possibilité d'intervenir sur le processus tout en suivant son évolution en temps réel.

Le logiciel **WinCC** (Windows Control Center) développé par Siemens, avec ses différentes versions, est un exemple très illustratif de ce qu'on vient d'avancer dans cette introduction.

V.2. Présentation du logiciel WinCC flexible 2008

On a choisi de présenter, particulièrement, cette version car c'est en se basant sur elle qu'on a pu imaginer et développer une solution de supervision pour la machine à mouler RM.

Donc comme son nom l'indique le WinCC flexible 2008 présente une qualité intéressante et importante à la fois, à savoir, sa flexibilité qui lui donne la possibilité de travailler, sur tout, avec les automates de chez Siemens mais aussi avec des automates d'autres constructeurs tels que : Omron, Mitsubishi et Allen Bradley ...

C'est un logiciel qui permet la réalisation d'interfaces homme / machine (IHM) ou tout bonnement des écrans de supervision de processus. Il joue le rôle de moteur dans les systèmes de supervision car il permet :

- La programmation de tâches et leur exécution
- L'acquisition de données et leur traitement.
- L'accès à des variables et des vues dans des systèmes de supervision à distance grâce à des fonctions préprogrammées telles que Sm@rtClient et Sm@rtServer et ce via le Web ce qui ouvre la porte à ce qu'on appelle la télémaintenance.
- En outre il permet la simulation des programmes avant leur mise en œuvre et ce grâce au logiciel WinCC flexible Runtime qui lui est intégré.

Il est composé essentiellement de trois fenêtres qui permettent la programmation de l'IHM à savoir : la fenêtre principale, la fenêtre du projet et la fenêtre représentant la boîte des outils.

a. La fenêtre principale dans WinCC flexible 2008

C'est la fenêtre qui permet l'insertion de nouvelles vues et l'insertion d'objets préconfigurés provenant des autres fenêtres et c'est au niveau de cette fenêtre que se font toutes les opérations de programmation (attribution de propriétés à des objets, assignation de valeurs à des variables ...).



1. *Journal of Management Studies*, 1997, 34, 1, 1-14.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

- 9

Chapitre V.

Ce sont là les principales opérations accessibles à partir de la fenêtre de projet qui offre encore un ensemble large de fonctions pour des utilisateurs plus expérimentés.

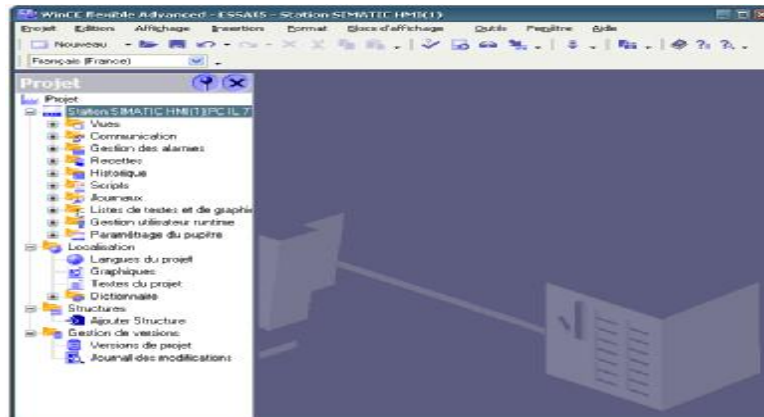


Figure V.2 : Fenêtre de projet dans WinCC flexible 2008.

c. Fenêtre des outils dans WinCC flexible 2008

Dans la fenêtre principale de WinCC flexible 2008 à partir de « Affichage » puis en cliquant sur « Afficher la boîte des outils » ou bien, en effectuant la combinaison suivante à partir du clavier « Ctrl+Shift+T » la fenêtre représentant la boîte des outils apparaît sur le côté droit de la fenêtre principale comme le montre la figure (V.3).

C'est une fenêtre qui comprend cinq (05) rubriques à savoir :

Objets simples : Sous cette rubrique se cache une multitude d'objets tels que : ligne, ellipse, rectangle... et des fonctions préprogrammées telles que des champs d'entrée / sortie, champ de date/heure servant tous à faire des représentations lors du développement de l'IHM.

Objets complexes : dans cette rubrique se cachent essentiellement des objets auxquels sont assignés des fonctions préprogrammées telles que : navigateur HTML, horloge, vue des alarmes... Ils servent tous à assurer des fonctions selon le besoin lors du développement de l'IHM. Par exemple : « vue des alarmes » sert à afficher les alarmes que l'utilisateur aura programmées lors du développement de la solution de supervision.

Mes contrôles : La rubrique donne la possibilité à l'utilisateur de définir et de créer des contrôles selon ses besoins pour les utiliser dans sa solution de supervision.

graphiques : La rubrique contient des représentations d'objets servant essentiellement à la reproduction d'objets réels rencontrés en industrie pour des fins de clarification des graphismes mis sur les vues créées pour la représentation des stations ou des machines à superviser.

bibliothèque : Quant à cette rubrique, elle permet l'ouverture de bibliothèques créées par l'utilisateur et contenant des objets qu'il aura insérés dans celles-ci.

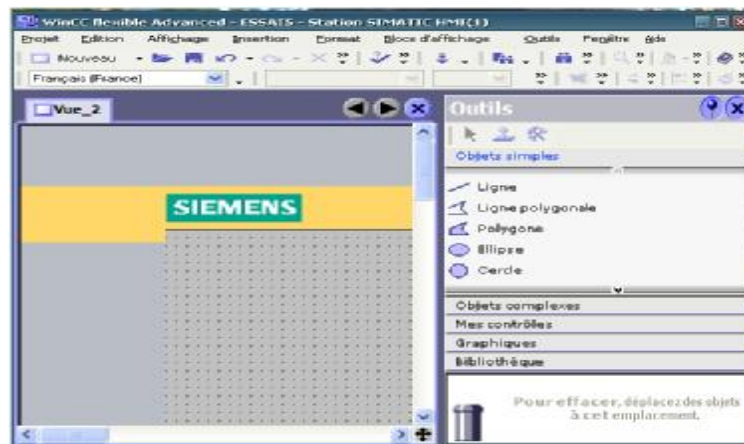


Figure V.3 : Fenêtre des outils dans WinCC flexible 2008.

Après avoir présenté d'une manière générale le logiciel qui nous a servi de support pour la création de l'IHM qui servira à la supervision de la machine à mouler PM3, on se penchera dans ce qui suit sur la procédure suivie pour le développement de cette solution de supervision.

V.3. Développement de la solution de supervision de la machine à mouler PM3

Pour que notre solution de supervision soit opérationnelle il aura bien fallu édicter, créer une liaison entre l'interface homme/machine (écran de supervision) contenant le programme développé sous WinCC flexible 2008 et l'API mis en place dans le chapitre précédent (S7 300). Cette liaison permettra l'utilisation des variables définies sous SIMATIC step7 par WinCC flexible 2008. Pour se faire on a procédé comme suit (cette liaison peut être créée en suivant d'autres procédures).

V.3.1. Insertion d'une station SIMATIC HMI et choix de l'écran de supervision

Sous SIMATIC Step7 manager et dans la fenêtre principale du projet d'automatisation de la machine à mouler PM3, en cliquant sur « insertion » puis sur « station SIMATIC HMI » une fenêtre s'ouvre et permet le choix de l'écran à utiliser dans le développement de la solution de supervision. Nous, nous avons opté pour le « PC IL 77 19" Touch » qui est un écran de supervision de 19 pouces à touches tactiles largement répandu en industrie car il est facilement manipulable et permet d'avoir des vues larges et bien claires du système que l'on veut superviser. Les deux figures suivantes montrent cette procédure d'insertion ainsi que le choix de l'écran de supervision.

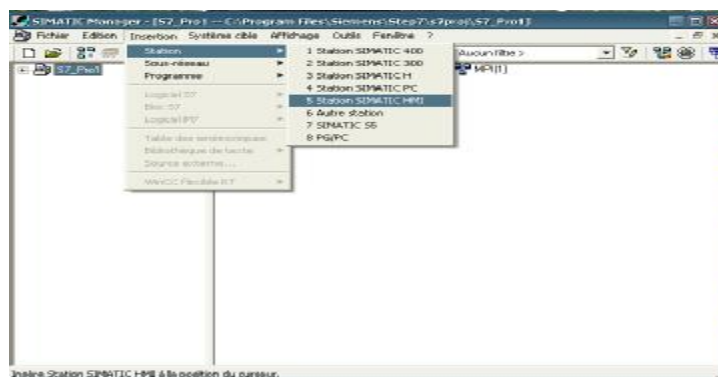


Figure V.4 : insertion de l'IHM dans un programme sous STEP 7

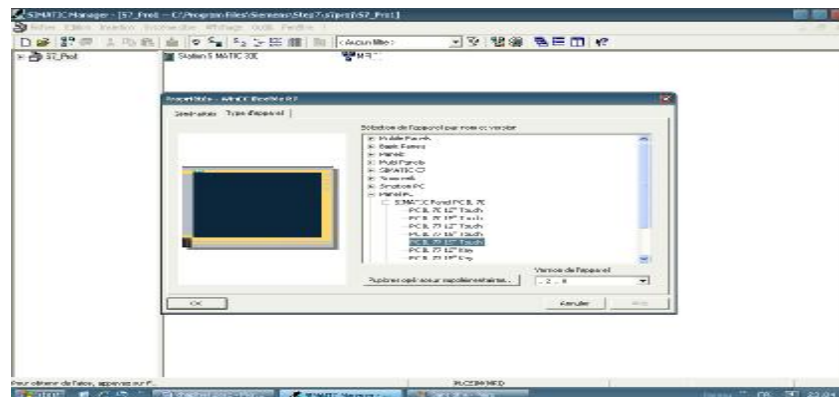


Figure V.5 : choix de l'écran de supervision.

Après cela une station SIMATIC HMI est automatiquement générée dans notre programme qui nous donne la possibilité de la configurer selon les besoins.

V.3.2. Configuration de la station SIMATIC HMI et création de la liaison avec l'API

En cliquant sur « configuration » après que l'élément de génération de la station HMI a été créé, une fenêtre contenant un catalogue d'outils s'ouvre. C'est à partir de celui-ci que l'on peut ajouter un contrôleur pour notre écran de supervision. Ce contrôleur permettra la création d'une liaison entre l'écran et l'API. Nous, nous avons opté pour « IF1B MPI/DP » qui appartient à la catégorie des esclaves PROFIBUS-DP pour SIMATIC S7. La figure suivante montre cette procédure de configuration.

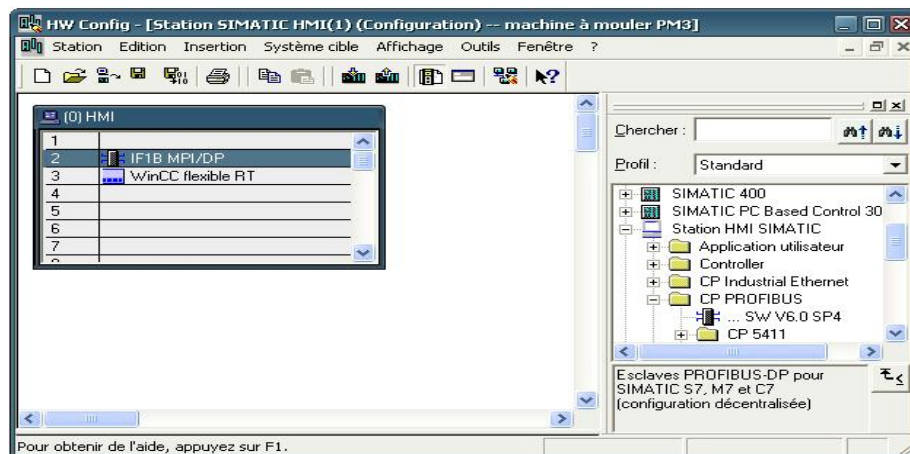


Figure V.6 : configuration de l'HMI

Puis dans la fenêtre principale du projet en cliquant sur « PROFIBUS(1) » on aura la possibilité de créer la liaison entre l'API S7 300 et l'HMI comme le montre la figure suivante.

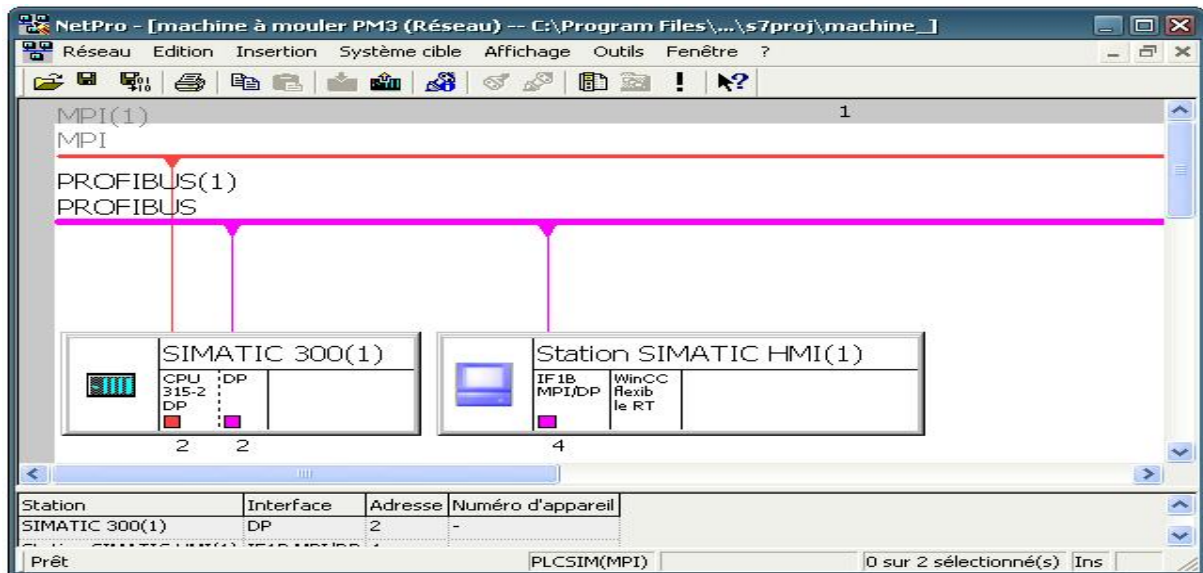


Figure V.7 : liaison entre l'API S7 300 et l'IHM.

A partir de là le SIMATIC Manager effectue automatiquement une liaison avec le SIMATIC WinCC flexible 2008.

Après avoir exposé la procédure de la création de l'IHM et la manière d'établir une liaison entre celle-ci et l'API, nous procéderons dans ce qui suivra à des explications relatives à l'asduction de supervision proprement dite de la machine à mouler PM3.

V.4. Description des vues de la solution de supervision de la machine à mouler PM3

La solution est structurée autour de huit (8) vues à savoir :

- ü Une vue d'accueil.
- ü Une vue de sélection.
- ü Une vue de sélection du mode de marche.
- ü Une vue des moteurs.
- ü Une vue du chariot de transfert et du chariot agrafe.
- ü Une vue de la tête de pression et de la table élévatrice.
- ü Une vue d'accès à internet.
- ü Une vue des alarmes.

a. Vue d'accueil

Elle donne accès à la vue de sélection en cliquant sur le bouton « Enter ». Il faut noter que ce bouton ne donne accès à la vue de sélection et du coup à tout le programme qu'à un groupe d'utilisateur prédéfini sous WinCC et ce grâce à un mot de passe spécifique défini par chaque utilisateur (cette opération est réalisable en modifiant les paramètres de sécurité du bouton).



Figure V.8 : vue d'accueil.

b. Vue de sélection

Cette vue permet la navigation entre les différentes vues déployées dans cette solution de supervision et ce grâce à un ensemble de boutons configurés sur l'écran indiquant sur chaque bouton on a accès à la vue correspondante.

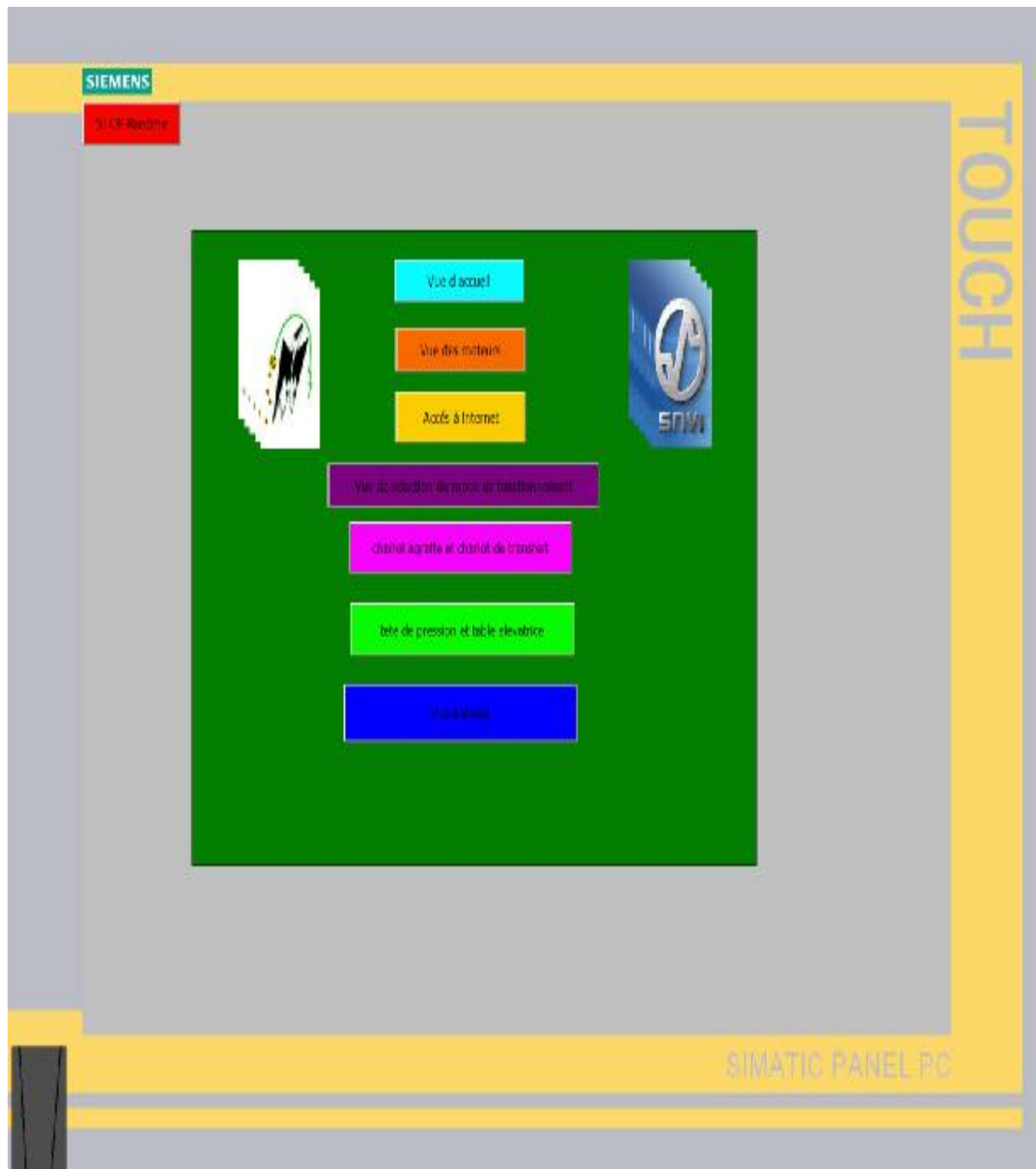


Figure V.9 : vue de sélection.

c. Vue de sélection du mode de fonctionnement [?] [?]

Cette vue est accessible à partir de la vue de sélection précédente. Elle permet à l'opérateur [?] [?] [?] de sélectionner un mode de fonctionnement pour la machine (manuel ou automatique), de la [?] [?] [?] mettre sous ou hors tension et lui permet de visualiser cette dernière action [?] [?] [?]

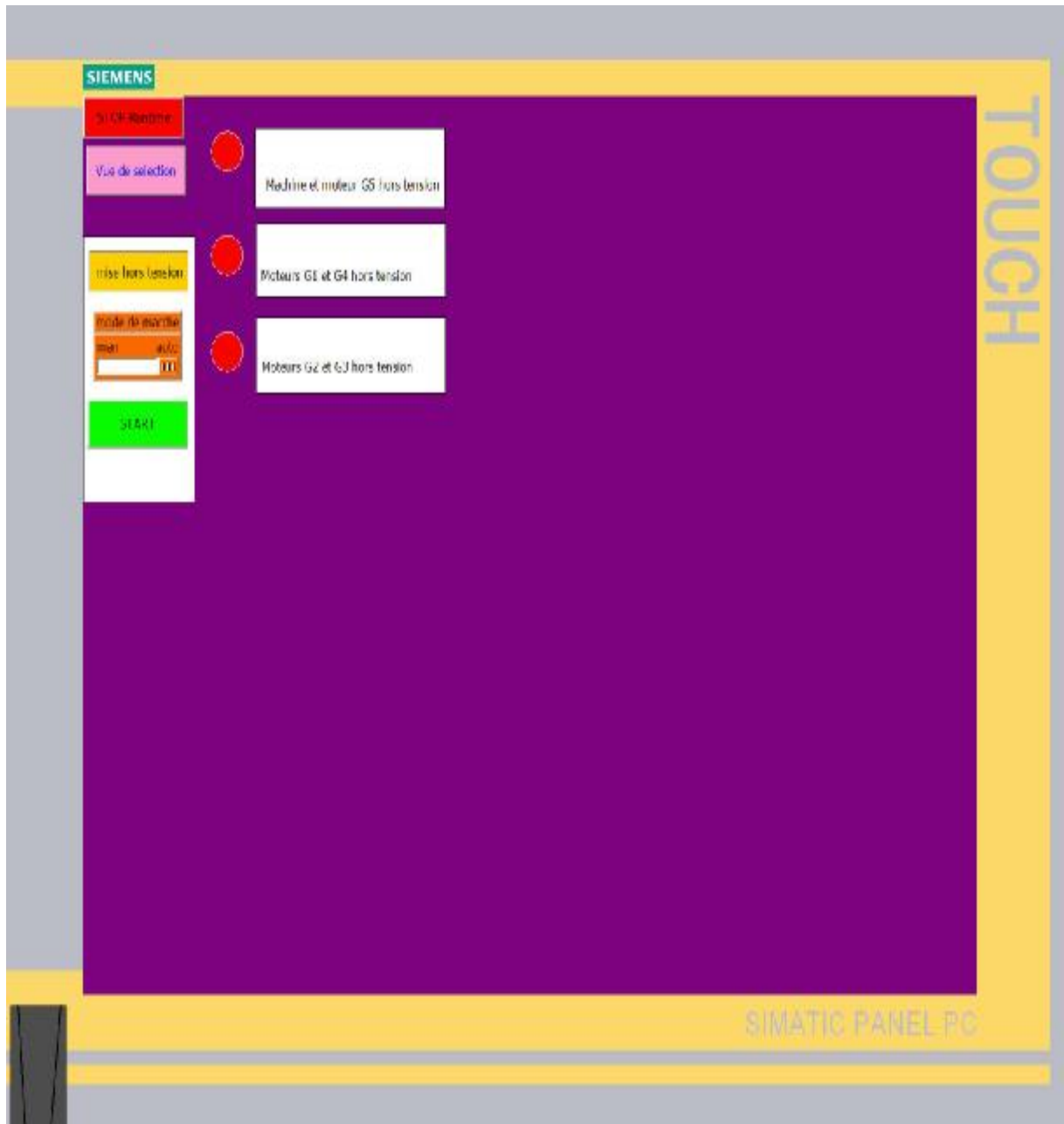


Figure V.10 : vue de sélection du mode de fonctionnement. [?] [?]

d. Vue des moteurs

Comme toutes les autres vues, cette vue aussi est accessible à partir de la vue de sélection. Elle donne la possibilité d'accéder à l'état des moteurs (sous/hors tension, rotation/arrêt) et de modifier leur fonctionnement automatique. En mode manuel, en plus de la possibilité de visualiser l'état des moteurs, elle permet à l'opérateur de piloter les moteurs selon son besoin grâce à un clavier programmé à cet effet.

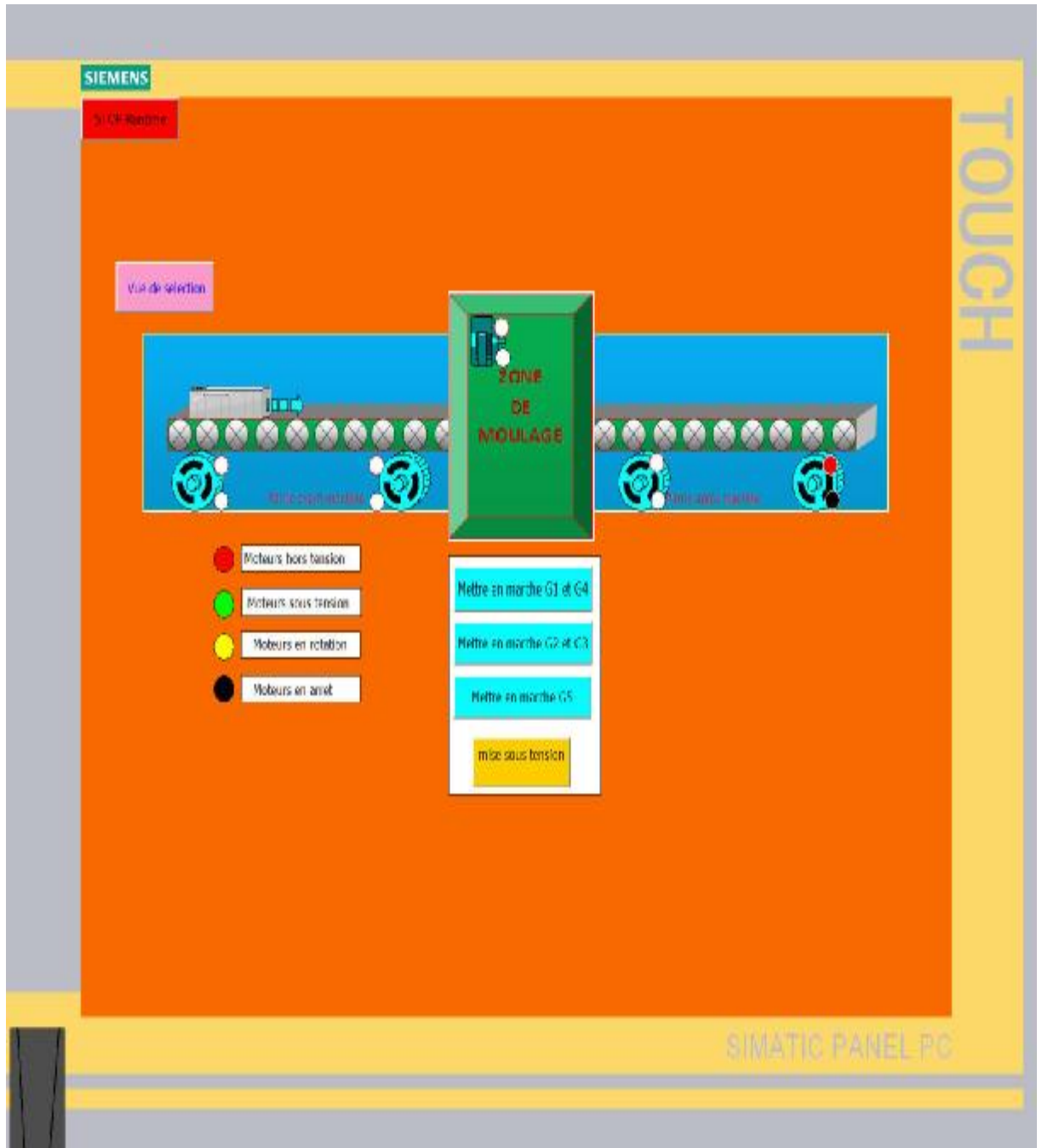


Figure V.11 : vue des moteurs.

e. Vue du chariot agrafe et du chariot de transfert

Tout comme la vue des moteurs elle donne des informations sur l'état des actionneurs (vérins du chariot de transfert et vérin du chariot agrafe) et des pré actionneurs (vannes de commande). Elle permet aussi leur pilotage, toujours, grâce à un clavier programmé à cet effet.

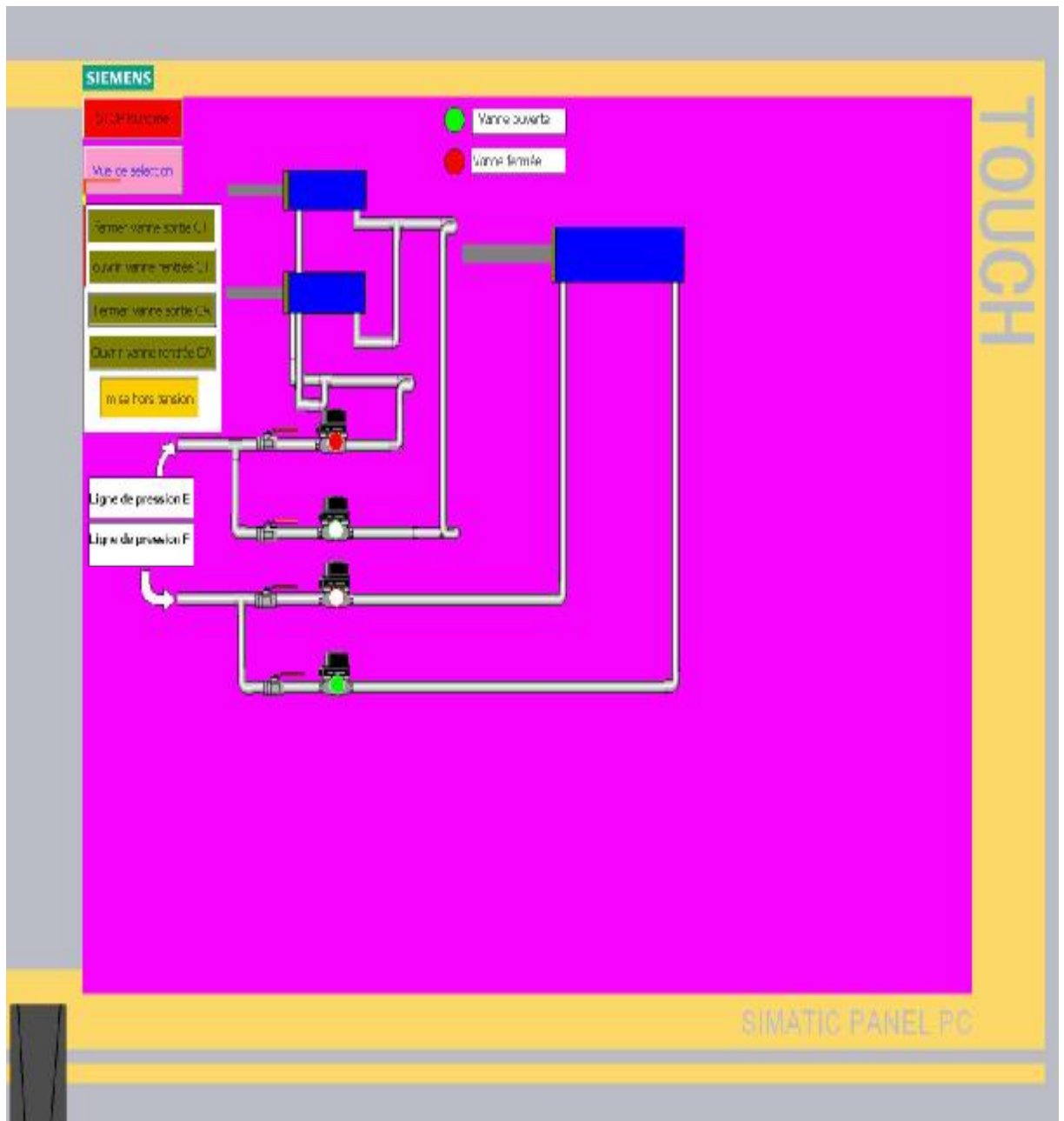


Figure V.12 : Vue du chariot agrafe et du chariot de transfert.

f. Vue de la tête de pression et de la table élévatrice

Elle joue exactement le même rôle que la vue précédente mais cette fois-ci pour les vérins de la table et tête de pression.

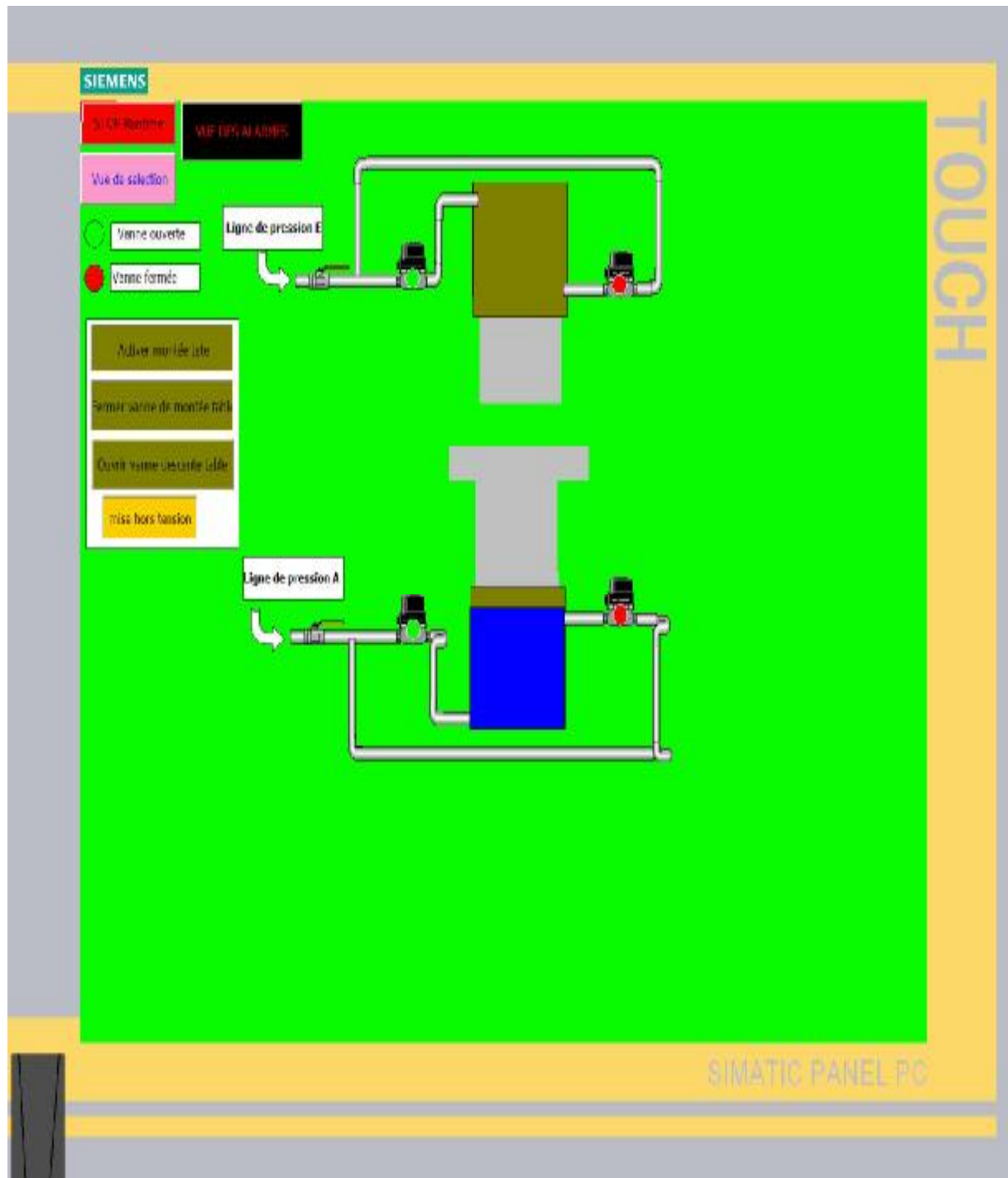


Figure V.13 : Vue de la tête de pression et de la table élévatrice.

g. Vue d'accès à Internet

Cette vue est configurée dans le but de permettre à l'opérateur d'accéder au web pour des fins de messagerie électronique, de traduction, de recherche d'information et tout autre application qui pourrait lui être utile lors de ses opérations sur pupitre ou sur l'ordinateur.

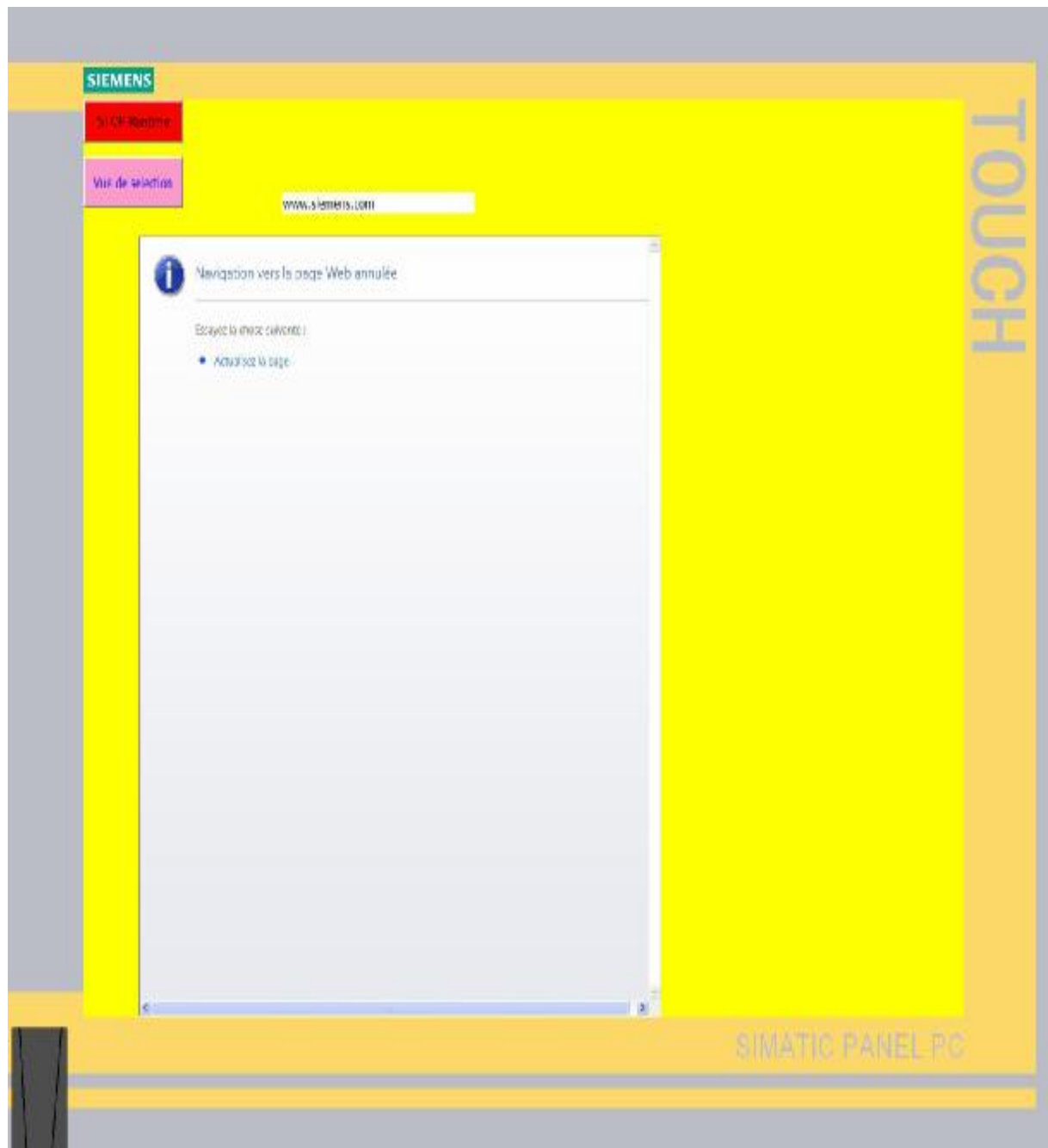


Figure V.14 : Vue d'accès internet.

h. Vue des alarmes

C'est une vue d'une importance capitale car elle sert de plate forme d'avertissement en cas de problèmes sur la machine comme elle sert aussi d'un outil d'aide à la maintenance en spécifiant l'endroit de la machine où réside le problème. Elle permet aussi l'archivage des alarmes dans le but de créer un historique de toutes les pannes survenues sur la PM3.

Nous indiquons que toutes les vues sont dotées d'un bouton caché qui n'apparaît qu'en cas d'activation d'une alarme et qui donne accès directement à la vue des alarmes.

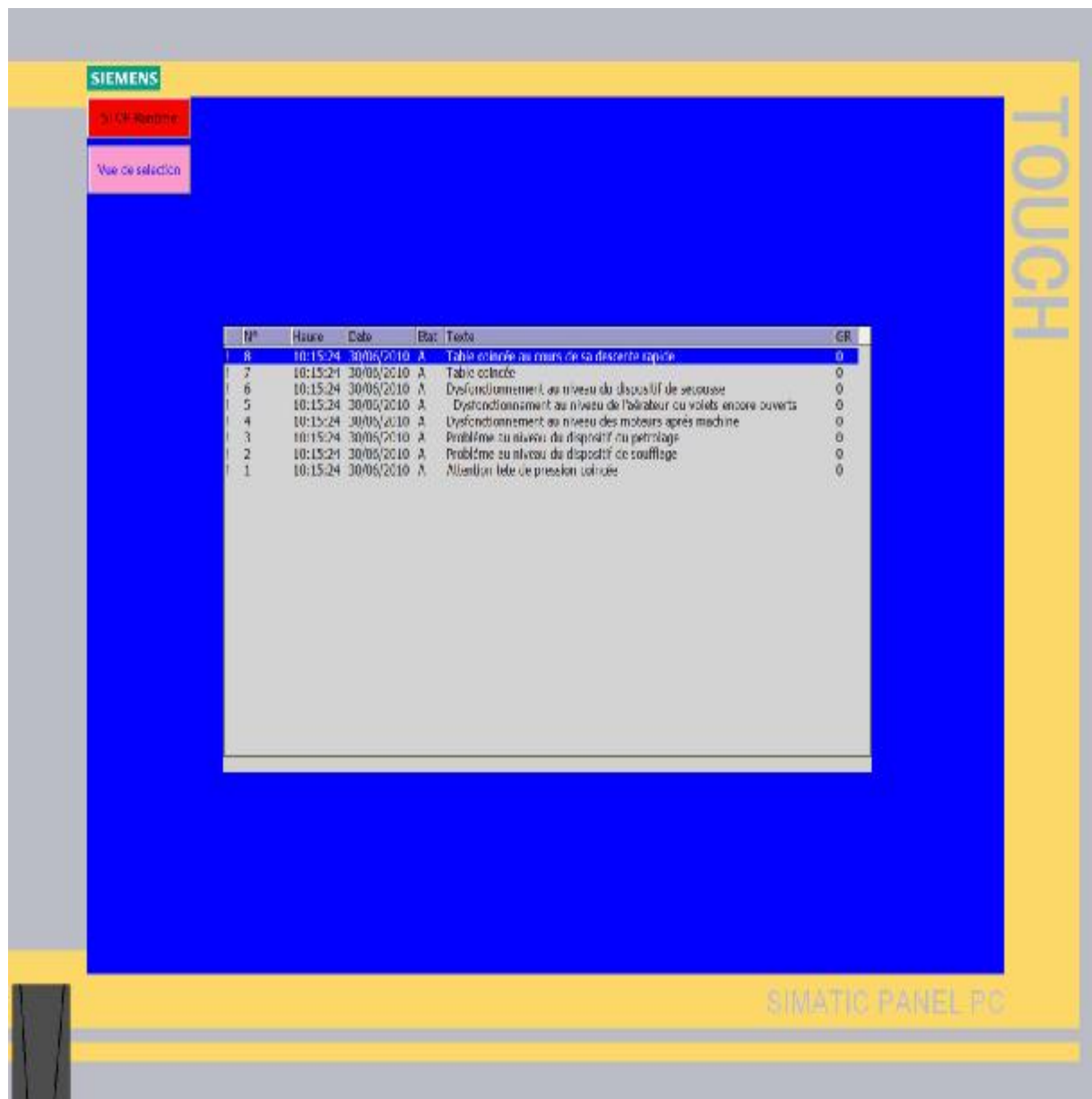


Figure V.15 : Vue des alarmes.

V.5. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la supervision de la machine à mouler PM3. Nous avons élaboré sous WinCC flexible 2008 des vues qui permettent de suivre l'évolution de ses actions en mode automatique, comme aussi, nous avons créé des diagrammes qui permettent le pilotage en mode manuel des organes principaux de la dite machine accordant ainsi une plus grande fluidité de contrôle. Cette solution de supervision, nous avons proposé à ce que son implantation se fasse sur un écran de supervision de 19" qui est très adéquat au milieu de travail où est implantée la PM3 ; il sera connecté à l'automate qu'on a déjà programmé dans le chapitre précédent via un PROFIBUS.

Conclusion générale

Au terme de ce travail , nous concluons par dire que le fait d'avoir été en stage pratique a été pour nous une expérience très enrichissante sur tout les plans car , non seulement , nous avons eu la chance de voir le milieu industriel de près et du coup voir des installations automatisées bien réelles avec leurs différents composants et c'est là une chose très importante qui a permis à notre esprit d'imagination d'avancer d'un pas vers l'avant , mais aussi , cela a constitué pour nous , une opportunité de mettre en application les connaissances que nous avons acquises au cours de notre formation théorique afin de résoudre un problème d'automatisation ce qui nous a permis d'acquérir une méthodologie de travail et de développer une stratégie d'approche pour la résolution de ce type de problèmes.

Cette méthodologie nous a appris à aborder notre problème d'une manière logique selon un certain protocole qui respecte un certain nombre de règles à savoir :

- ü Commencer par une étude globale du système que l'on veut automatiser (commander).
- ü Bien comprendre les différentes étapes qui constituent son fonctionnement en définissant les différentes tâches qu'il accompli.
- ü Modéliser le fonctionnement du système à l'aide d'un outil de modélisation que l'on juge adéquat à cette opération
- ü Sur la base de ce modèle concevoir une solution de commande en optant pour un certain type de technologie tout en respectant un certain nombre de critères (relatifs à l'économie et la fiabilité).
- ü Simuler cette solution de commande ou d'automatisation avant sa mise en œuvre pour avoir une idée sur les résultats qu'elle donnera pratiquement.

Donc tout en suivant cette méthodologie nous avons développé une solution de commande et de supervision pour la machine à mouler PM3.

En développant cette solution on a utilisé un outil de modélisation dit GRACE et nous avons constaté que c'est un outil qui donne de très bons résultats quand il s'agit de modéliser des systèmes à fonctionnement séquentiel car il permet de prendre en charge les différentes actions et tâches accomplies par le système tout en prenant en charge les conditions qui régissent l'accomplissement de ses actions dans un ordre logique. En outre, on s'est rendu compte qu'il facilite le développement de la solution de commande car il est facilement traduisible en équations ou qu'il pouvait être pris en charge tel quel est par des logiciels prévus à cet effet.

L'automate S7 300 du constructeur Siemens qui nous a servi de support pour la concrétisation de notre solution de commande est un exemple parfait de l'innovation apportée par l'introduction de ce genre de technologies dans les milieux industriels car non seulement il assure une fiabilité de haut niveau pour la commande des systèmes automatisés sur la base qu'il est doté d'une architecture interne et externe pouvant fonctionner dans des conditions extrêmes mais il présente aussi plusieurs qualités qui font de lui une solution idéale pour tout type d'installations automatisées telle que la rapidité de traitement de données (lecture des entrées, exécution du programme et écriture des sorties en un temps de l'ordre de la milliseconde.), sa fiabilité et son extensibilité qui lui donnent la possibilité de prendre en charge les systèmes les plus simples jusqu'aux stations les plus complexes.

Conclusion générale.

Nous avons, aussi eu la chance de travailler avec le logiciel SIMATIC Manager (step7) afin d'écrire notre programme qui traduit la solution de commande que nous avons élaboré sur automate et nous avons eu à reconnaître que c'est un logiciel très performant et très évolué et qu'il rend possible de concrétiser toute sorte de solutions d'automatisation que l'on peut imaginer et ce grâce à la panoplie de langages de programmation qu'il offre et de fonctions complexes préprogrammées qui lui sont intégrées.

A la dernière partie de notre travail, nous avons touché à ce qu'on appelle la supervision industrielle. Nous avons constaté que c'est l'outil idéal pour la commande des systèmes en toute sécurité mais aussi c'est un outil indispensable pour faciliter les opérations de diagnostic du système et pour effectuer sa maintenance.

Notre solution de commande et de supervision, nous l'avons testé en simulation car l'entreprise SNVI ne dispose pas actuellement des outils nécessaires pour une concrétisation réelle. Toutefois, nous espérons que cela se fera bientôt car cela apportera des améliorations de rendement à la chaîne de moulage des pièces moyennes PM3.

Aussi notre souhait est grand à ce que ce travail puisse être d'une manière ou d'une autre utile aux techniciens travaillant sur la PM3 et les promotions à venir.

Annexe

Tableau I : Les accessoires pneumatiques.

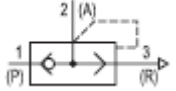
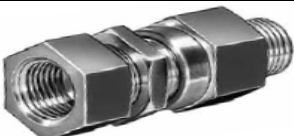
Accessoires	Symbole pneumatique	Image réelle
Silencieux d'échappement		
Vannes d'échappement rapide		
Régulateurs de débit		
Clapets anti-retour		

Tableau II : Caractéristiques techniques des fils de course.

Température de l'air Ambiante (°C)	Stockage	-40÷70
	Fonctionnement	-25÷70
Courant nominal thermique (A)		10
Tension nominale d'isolement (V)		300 DC et AC
Résistance entre les bornes (mΩ)		≤2
Protection contre les courts-circuits		Fusible à cartouche 10A

Tableau III : Caractéristiques techniques des détecteurs de proximité inductif. [2]

Référence	Forme E (15 mm)	Forme C (25 mm)
Domaine de tension	20÷264	20÷264
Courant commuté max (mA)	200	300
Courant résiduel état ouvert	≤1.5	≤105
Fréquence de commutation (Hz) [2]	2000	1000
Raccordement	Câble PVR	
Gamme de température °C	-25÷+70	

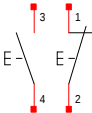
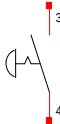
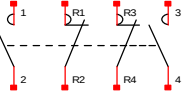
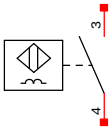
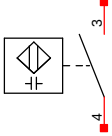
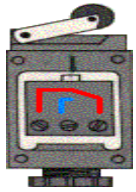
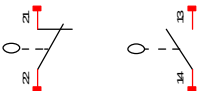
Tableau IV : Caractéristiques techniques des détecteurs de niveau.

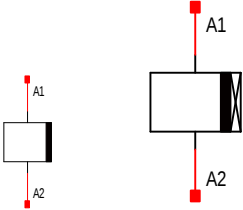
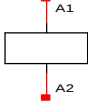
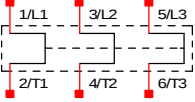
Référence	FTC420
Tension d'alimentation (V) [2]	100÷127
Fréquence (Hz)	50/60
Puissance (VA)	4
Temps de réponse du relais (S)	0.2

Tableau V : Caractéristiques techniques des pré-actionneurs. [2]

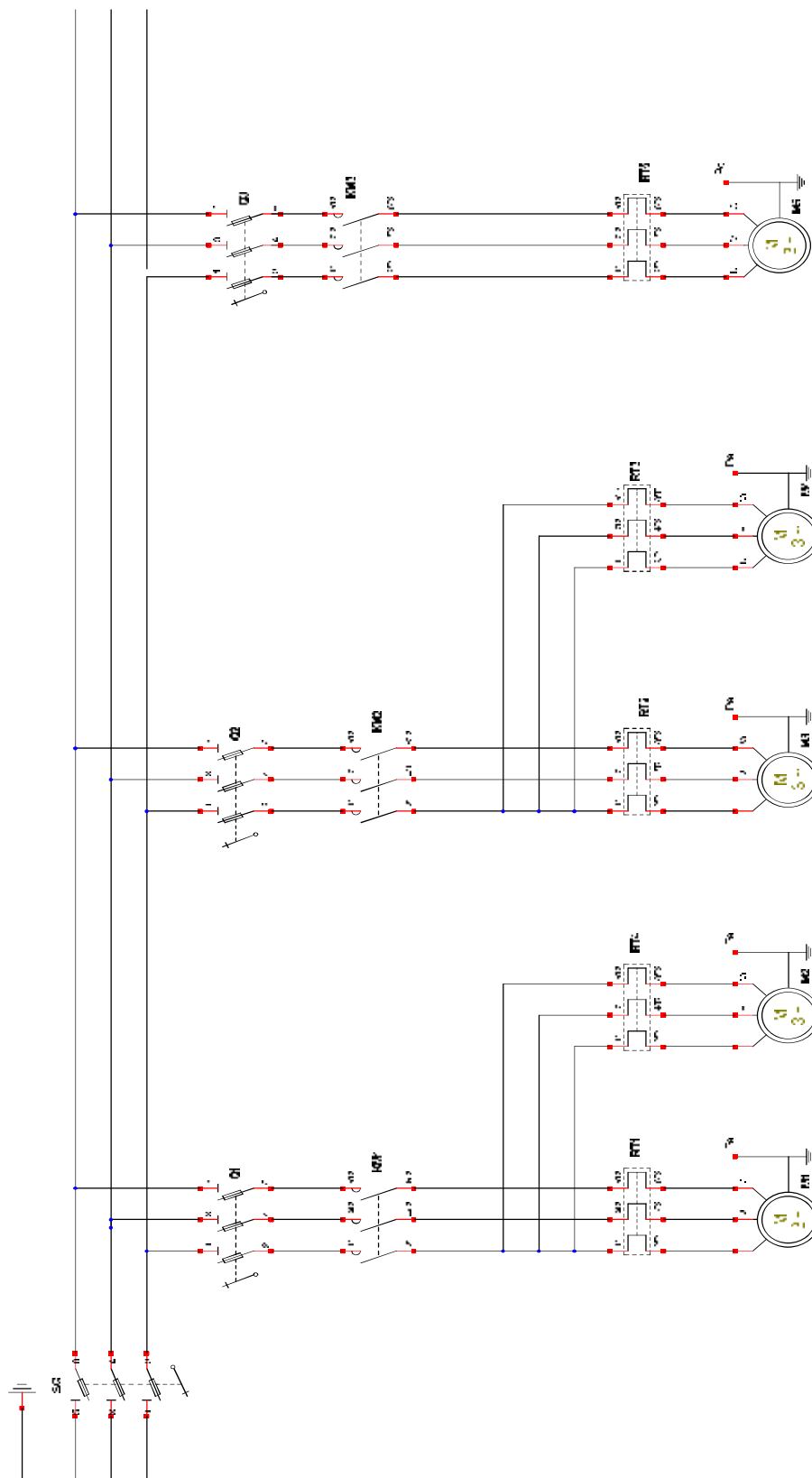
Tension (V)	110
Courant d'appel (A)	0.12
Courant de maintien (A) [2]	0.09
Fréquence (Hz)	50
Cadence maximale (cycle/min)	600
Limite de pression (bar)	1.8-10

Tableau VI : Instrumentation. 2

Repère	Symbole	Désignation 2
		Bouton poussoir
		Bouton d'arrêt d'urgence
		Contacteur
		Fusible
		Détecteur de proximité
		La Sonde (détecteur de niveaux)
		Fin de course

		Relais temporisé
		Bobine
		Relais thermique

circuit de puissance



- Moteur G1**
transfert galets
avant machine
1 CV - 0.75 kw - 1500 tr/min
220/380 V: 50 HZ
IN sous 380 V: 1.82
- Moteur G2**
transfert galets
après machine
1 CV - 0.75 kw - 1500 tr/min
220/380 V: 50 HZ
IN sous 380 V: 1.82
- Moteur G3**
transfert galets
après machine
1 CV - 0.75 kw - 1500 tr/min
220/380 V: 50 HZ
IN sous 380 V: 1.82
- Moteur aérateur
de machine
à mouler**
3 kw - 1000 tr/min

Bibliographie

Sites internet

- [1] www.snvi.dz
- [2] www.festo.com
- [3] www.schneider-electric.be
- [4] [http://www. m l t i a . c o m / e l e t r e c h c i t y](http://www.mltia.com/eletrtechci ty)
- [5] [http://perso. v a n a d o o . f r](http://perso.vadadoo.fr)
- [6] www.vega.fr
- [8] [http://www. c o u r s e l c . f r e e . f r](http://www.courselc.free.fr)
- [9] www.siemens.com

Livres

- [7] Du GRAFCET aux réseaux de pétri (Auteurs : R.DAVID et H.ALLA. Editions : H E R M E S).

Thèses

- ü Conception et développement d'une solution de commande et de supervision à base d'un API S7-300 pour une soudeuse de condenseurs à l'ENIEM. (Promotion 2006-2007, présenté par : M^{elle} RAHEM.H et M^r ZIDANE.M).
- ü Contribution à la conception et automatisation d'une station de stockage et transfert de sucre liquide et de sa sous station C.P. (Promotion 2009, présenté par : M^r SEGGAR.S et M^r ZEROUKI.F)

Logiciels :

- ü SIMATIC Manager (STEP 7/V 5.3).
- ü WinCC flexible 2008.