

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Aboubakr Belkaid - Tlemcen -  
Faculté TECHNOLOGIE  
Département GEE



## *Mémoire de fin de cycle*

En vue de l'obtention du MASTER

Option :

Automatique et Informatique Industrielle

## Thème

---

**Etude et automatisation du système de frappe  
de la chaudière de l'usine Alzinc**

---

Présenté par :

*M<sup>r</sup> LEBBAD* Medjahed & MOSTEFAI Mohammed

Soutenu le : 04/07/2021

Mr. MECHERNENE Abdelkader	MCA	Univ.Tlemcen	Président
Mr. HADJ ABDELKADER Mohammed Amine	Professeur	Univ.Tlemcen	Directeur de mémoire
Mr. BRIXI NIGASSA Mohammed Amine	MCB	Univ.Tlemcen	Examineur 1

Année universitaire 2020/2021

# Remerciements

Nous tenons à remercier d'abord **Allah** le tout puissant qui nous a donné la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.

En second lieu nous tenons à remercier notre encadreur **Mr.Haj ABDELKADER Amine** Professeur à l' Université de Tlemcen pour ses précieux conseils ainsi que sa disponibilité.

Toute notre gratitude aux professeurs pour l'intérêt qu'ils ont apporté à notre recherche durant toute notre carrière universitaire.

Nous remercions le membre de jurys qui nous ferons d'apprécier ce travail.

En fin nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

***Medjahed & Mohammed***

# Dédicaces

A mes parents qui m'ont élevé entre chaleur et tendresse

A mon petit fils Issam

A ma petite famille

A tous mes chers frères et sœurs

A tous mes amis

Je dédie ce travail

*Medjahed*

# Dédicaces

A mes chers parents qui m'ont élevé entre chaleur et tendresse

A ma chère famille qui m'a encouragé

A mes chers frères ANES, ABDELLAH et ABDENOUR

A tous mes amis

Je dédie ce travail

*Mohammed*

## Résumé

Au niveau de l'usine ALZINC se trouve une ancienne armoire câblée pour la commande d'un système de frappe d'une chaudière. Notre travail est l'étude et la rénovation de cette armoire en utilisant un automate programmable à la place des relais et le sélecteur qui a devenue un appareil obsolète. On apporte des améliorations sur la commande et l'observabilité du système étudié.

**Mot clés :** Alzinc,automatisation,zelio,automate,chaudière, Schneider.

---

### ملخص

على مستوى مصنع ألزنك توجد خزانة كهربائية قديمة للتحكم في نظام طرق الغلاية. عملنا هو دراسة هذه الخزانة وتجديدها باستخدام وحدة تحكم منطقية قابلة للبرمجة بدلاً من المرحلات والمبرمج الكهربوميكانيكي الذي أصبح جهازاً قديماً. سنقوم بإجراء تحسينات للتحكم في النظام المدروس.

**الكلمات المفتاحية :** ألزنك، أتمتة، زيليو، متحكم آلي، غلاية، شنايدر

# Table des matières

Liste des tableaux	ii
Table des figures	iii
Introduction générale	1
<b>1 Présentation de l'usine Alzinc</b>	<b>2</b>
1.1 Introduction . . . . .	2
1.2 Processus de fabrication . . . . .	2
1.2.1 Procédé de vieille montagne . . . . .	2
1.2.2 Réception et manutention des minerais . . . . .	3
1.2.3 Grillage – Acidification . . . . .	4
1.2.4 Lixiviation . . . . .	5
1.2.5 Purification . . . . .	5
1.2.6 Cuivre . . . . .	6
1.2.7 Électrolyse de zinc . . . . .	6
1.2.8 Refonte et alliages . . . . .	7
1.2.9 Capacité de production . . . . .	8
1.3 Conclusion . . . . .	9
<b>2 Étude du système de frappe</b>	<b>10</b>
2.1 Introduction . . . . .	10
2.2 Fonctionnement de la chaudière . . . . .	10
2.3 Fonctionnement du système de frappe . . . . .	12
2.4 Schéma de puissance électrique . . . . .	12
2.5 Schéma de commande et signalisation . . . . .	13
2.6 Étude du programmeur à cames . . . . .	16
2.6.1 Introduction . . . . .	16
2.6.2 Principe de fonctionnement . . . . .	16

---

2.7	Conclusion . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Partie opérative et partie commande</b>	<b>19</b>
3.1	Généralité sur les automates programmables industriels . . . . .	19
3.2	Introduction . . . . .	19
3.3	Structure d'un API . . . . .	20
3.3.1	Aspect extérieur des API . . . . .	20
3.3.2	Structure interne d'un API . . . . .	21
3.4	Présentation de l'automate ZELIO . . . . .	26
3.5	Langage de programmation SOFT 2 . . . . .	28
3.5.1	Langage Ladder . . . . .	28
3.5.2	Langage FBD . . . . .	28
3.6	Conclusion de la partie commande . . . . .	30
3.7	Actionneur et Pré-actionneur . . . . .	30
3.7.1	Pré-actionneur électrique . . . . .	30
3.7.2	Actionneur électrique . . . . .	32
3.8	Conclusion . . . . .	35
<b>4</b>	<b>Programmation de l'automate ZELIO</b>	<b>36</b>
4.1	Introduction . . . . .	36
4.2	Description du cahier de charge . . . . .	36
4.3	Schéma électrique avec automate ZELIO . . . . .	37
4.3.1	Schéma de puissance . . . . .	37
4.3.2	Schéma de commande . . . . .	39
4.3.3	Schéma de signalisation . . . . .	45
4.4	Programmation du programmeur à cames . . . . .	47
4.5	Programmation du circuit de commande des moteurs . . . . .	52
4.6	Programmation du système de signalisation . . . . .	54
4.7	Conclusion . . . . .	55
	<b>Conclusion générale</b>	<b>56</b>

# Liste des tableaux

1.1	Production anelle d'Alzinc. [11]	9
4.1	Liste des entrées logiques de l'automate	41
4.2	Liste des sorties logiques de l'automate	45

# Table des figures

1.1	Schéma du processus de fabrication du Zinc. [11]	3
1.2	Déchargement du concentré de zinc (blende). [11]	4
1.3	Tank de stockage d'acide sulfurique. [11]	5
1.4	cathode en cuivre. [11]	6
1.5	Atelier d'électrolyse de zinc. [11]	7
1.6	Zinc lingot 25Kg. [11]	8
1.7	Bloc de zinc de 2 tonnes. [11]	8
2.1	chaudière de récupération. [15]	11
2.2	un élément de vaporisateur [2]	11
2.3	système de frappe. [14]	12
2.4	Schéma du circuit de puissance	13
2.5	Circuit de commande du moteur M83	14
2.6	Circuit d'alarme	15
2.7	Programmateurs à cames. [12]	16
2.8	Différent types de cames. [12]	17
2.9	diagramme d'un programmeur à cames. [12]	17
3.1	Représentation d'un API avec ses divers périphériques et auxiliaires représentant son environnement. [13]	20
3.2	Structure extérieur d'un API.[13]	21
3.3	Structure interne d'un API.[10]	22
3.4	Alimentation électrique de l'API.[6]	23
3.5	Structure de la CPU d'un API.[5]	24
3.6	Schéma de principe d'une entrée binaire. [13]	24
3.7	Exemple du schéma d'une entrée binaire. [13]	25
3.8	Schéma de principe d'une sortie binaire. [13]	25
3.9	Exemple du schéma d'une sortie binaire. [13]	26

---

3.10	l'automate zelio. [3]	27
3.11	Principe de le langage ladder.[4]	28
3.12	Exemple de le langage FBD.	29
3.13	Visuels de contacteur	31
3.14	Vue des éléments intérieurs d'un contacteur. [8]	32
3.15	moteur asynchrone. [7]	33
3.16	Démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé	34
4.1	Fin de course de type XCKJ105	37
4.2	Schéma unifilaire du circuit de puissance	38
4.3	Schéma des entrées logiques	40
4.4	Schéma des sorties logiques de l'automate	42
4.5	Schéma des sorties logiques de l'automate	44
4.6	Schéma du circuit de signalisation	46
4.7	macro du programmeur à cames	48
4.8	Configuration du programmeur à cames	49
4.9	configuration du Timer	50
4.10	configuration du niveau Haut du Timer	51
4.11	configuration du niveau Bas du Timer	52
4.12	Macro de la commande des moteurs	53
4.13	Programmation de la commande des moteurs	54
4.14	programmation de système de signalisation	55

# Introduction générale

ALZINC est une société publique algérienne située à Ghazaouet (Tlemcen) ; elle est spécialisée en production de zinc et ses alliages (Zamak), de cuivre, et de l'acide sulfurique concentré.

Au niveau de cette entreprise se trouve un atelier de grillage de la blende (sulfure de zinc) où on grille cette matière première ; à la sortie du four, la poussière composée du gaz  $SO_2$  et de l'oxyde de zinc passe par une chaudière qui refroidit le gaz avant de passer au filtre électrostatique.

Pour éviter le bouchage de la chaudière, nous avons un système de battage composé de 6 chariots entraînés par 6 moteurs asynchrones triphasés, la séquence de marche de ces moteurs est commandée par un sélecteur électromécanique au niveau d'une ancienne armoire câblée. Dans le cadre de ce projet, notre travail consiste en l'étude et la rénovation de cette armoire en utilisant un automate programmable à la place des relais et du sélecteur électromécanique, devenu désormais un appareil obsolète.

Cette rénovation permettra d'améliorer le fonctionnement de ce processus en terme de fiabilité par la réduction des pannes issues des dispositifs mécaniques, en terme de maintenance prédictive ou corrective puisque la manipulation de programme d'API est plus rapide et plus facile que le câblage de dispositifs électromécaniques, et en terme de durée de vie, étant donné que les éléments électriques programmables sont moins sensibles que les éléments mécaniques aux aléas du milieu industriel tels que la poussière, les chocs et les températures élevées.

Ce travail sera intégré au chaîne de production de ALZINC et mis en service dès que les éléments le constituant seront disponibles au niveau de l'entreprise.

# Chapitre 1

## Présentation de l'usine Alzinc

### 1.1 Introduction

La Société Algérienne de Zinc, par Abréviation "ALZINC" est une filiale de groupe IMETAL, elle est chargée de la production et de la commercialisation du Zinc, de l'acide Sulfurique et de cuivre cathode. L'unique au monde arabe actuellement, il n'en existe que deux en Afrique.

### 1.2 Processus de fabrication

#### 1.2.1 Procédé de vieille montagne

Pour l'extraction du zinc, il existe plusieurs procédés. Alzinc utilise l'extraction par l'électrolyse, qui donne un produit pur (99,995%). La figure 1.1 résume les étapes de production.

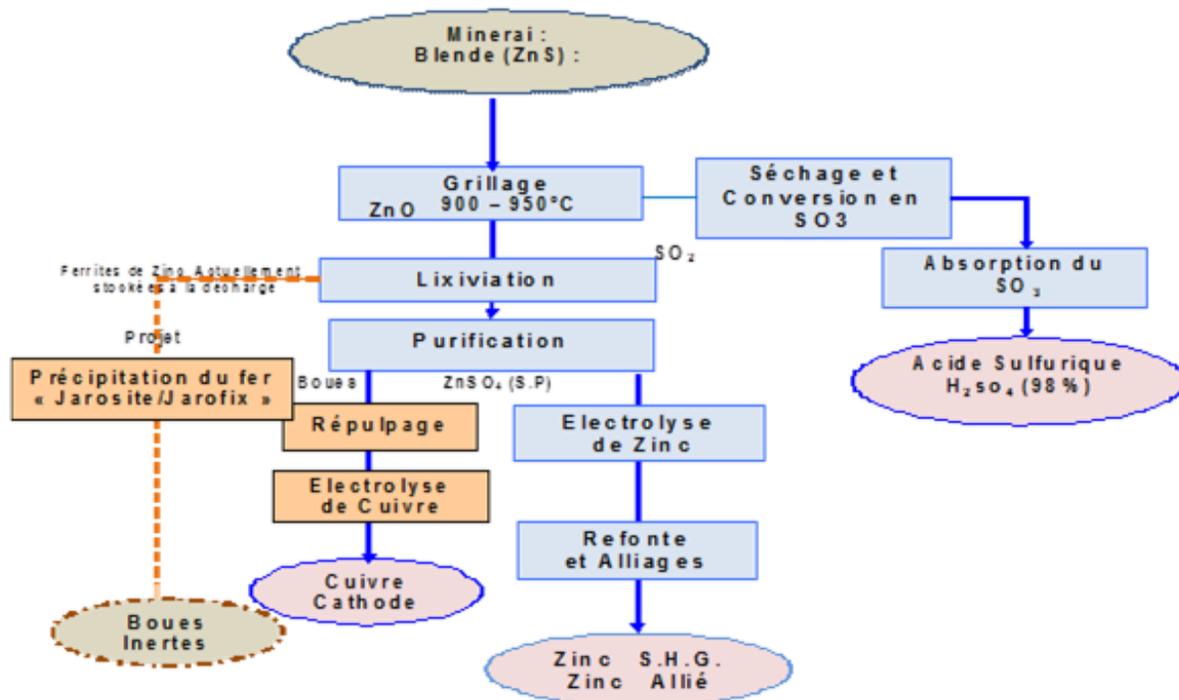


FIGURE 1.1 – Schéma du processus de fabrication du Zinc. [11]

### 1.2.2 Réception et manutention des minerais

Les concentrés de zinc (Fig. 1.2) qui approvisionnent le complexe d'ALZINC sont acheminés par bateau principalement d'Amérique latine [11]. Le complexe reçoit annuellement plus de 70000 tonnes de minerais.



FIGURE 1.2 – Déchargement du concentré de zinc (blende). [11]

### 1.2.3 Grillage – Acidification

Le grillage du minerai s'effectue dans un four à lit fluidisé et à une température de  $950^{\circ}\text{C}$ . L'opération est exothermique<sup>1</sup>. Le grillage transforme le sulfure de zinc en oxyde de zinc qui est soluble dans l'acide sulfurique. Le minerai grillé est appelé *Calcine*. Du grillage sont également issus deux produits dérivés :

- La vapeur, qui fait tourner un turbo-alternateur de  $5\text{MW}$ .
- Le dioxyde de soufre qui, converti en  $\text{SO}_3$ , sera absorbé par contact au niveau de l'atelier acide, sous forme d'acide sulfurique.

Le complexe dispose d'une capacité de stockage de  $20000\text{t}$ , répartie comme suit (Fig.1.3) :

- Trois (03) tanks de six mille ( $6000\text{t}$ ) chacun,
- Quatre (04) tanks de cinq cent ( $500\text{t}$ ) chacun.

---

1. Qui dégage de la chaleur



FIGURE 1.3 – Tank de stockage d'acide sulfurique. [11]

### 1.2.4 Lixiviation

La calcine est mise en solution dans l'acide sulfurique. Cette opération est appelée *Lixiviation*. La réaction donne une solution de sulfate de zinc qui, après purification, alimentera les halles de l'électrolyse. La lixiviation s'opère en deux étapes :

1. la lixiviation neutre consiste à produire une solution de zinc titrant 160g de zinc par litre
2. la lixiviation acide traite les boues issues de la lixiviation neutre et y récupère le zinc. L'insoluble est appelé résidus de lixiviation, et est acheminé vers la décharge contrôlée du complexe.

### 1.2.5 Purification

La solution de sulfate de zinc provenant de la lixiviation est purifiée en deux étapes successives :

- Purification à chaud : Élimination de la plus grande partie des impuretés par cémentation du cuivre et du cobalt principalement,
- Purification à froid : Élimination du cadmium.

La cémentation de ces éléments se fait par l'addition de la poudre de zinc. Elle permet de garantir la pureté de la solution à électrolyser. La solution ainsi obtenue, appelée solution

purifiée est stockée dans six (06) tanks pour décanter avant d'être envoyée à l'électrolyse.

### 1.2.6 Cuivre

Les boues noires provenant de la purification sont lavées puis mises en solution dans un milieu acide. Une fois la solution purifiée, elle est envoyée à l'électrolyse. Après une durée moyenne d'un mois, les cathodes de cuivre sont récupérées et emballées (Fig. 1.4).



FIGURE 1.4 – cathode en cuivre. [11]

### 1.2.7 Électrolyse de zinc

La solution de sulfate de zinc dite solution purifiée est électrolysée pour obtenir le zinc à l'état de métal. Elle est conduite dans des cellules dont les anodes sont en plomb argentifère et les cathodes en aluminium (Fig. 1.5). La solution est parcourue par un courant électrique, ce qui entraîne le dépôt de zinc sur les deux faces des cathodes et le dégagement de l'oxygène à l'anode. L'électrolyse dure quarante huit heures (48H), les feuilles de zinc sont enlevées manuellement. Cette opération de pelage des cathodes est dite «stripping». La densité du courant est de  $350 \text{ Ampère}/m^2$ . Le zinc issu de l'électrolyse affiche une pureté supérieure à 99.995% (Special High Grade ou SHG).



FIGURE 1.5 – Atelier d'électrolyse de zinc. [11]

### 1.2.8 Refonte et alliages

Les plaques de zinc sont fondues dans deux fours de fusion. Liquéfiées à la température de  $500C$ , le zinc peut être alors coulé en forme de lingot, soit directement en zinc SHG soit sous forme alliée, c'est-à-dire associé à des métaux d'addition (Zamak ou autres alliages). Les lingots ont un poids de  $25Kg$ ,  $01tonne$  et  $02tonnes$  (figures 1.6 et 1.7).



FIGURE 1.6 – Zinc lingot 25Kg. [11]



FIGURE 1.7 – Bloc de zinc de 2 tonnes. [11]

### 1.2.9 Capacité de production

Le tableau 1.1 donne la capacité de la production annuelle de l'usine Alzinc. Malheureusement, ces dernières années, vu de l'état dégradé des différents ateliers de production à cause du vieillissement des équipements, cette capacité de production a connu une chute importante, ce qui a une influence sur l'équilibre financier de l'entreprise.

Produits	Production annuelle
Zinc et alliages de zinc	36 850 T
Acide sulfurique	72 000 T
Cuivre cathodes	150 T

TABLE 1.1 – Production annuelle d’Alzinc. [11]

### 1.3 Conclusion

Nous avons vu dans cette partie les différentes étapes pour extraire du zinc à partir de la matière première en commençant par le grillage de la blende qui nous donne le dioxyde de soufre et l’oxyde de zinc. le dioxyde de soufre sera transformé en acide sulfurique, et l’oxyde de zinc passe par différents traitements pour nous donner du zinc extra pur par électrolyse.

# Chapitre 2

## Étude du système de frappage

### 2.1 Introduction

Le gaz sortant du four avec une température de 900 à 950C sera refroidit au niveau de la chaudière avant de passer au filtrage au niveau de l'électro-filtre sec. Pour éviter les bouchages au niveau de la chaudière, cette dernière est équipée d'un système de frappage, objet d'étude de ce travail.

### 2.2 Fonctionnement de la chaudière

Dans la chaudière de récupération à expansion thermique (Fig. 2.1), survient une récupération de la chaleur dégagée dans le procédé de grillage des gaz qui la traversent.

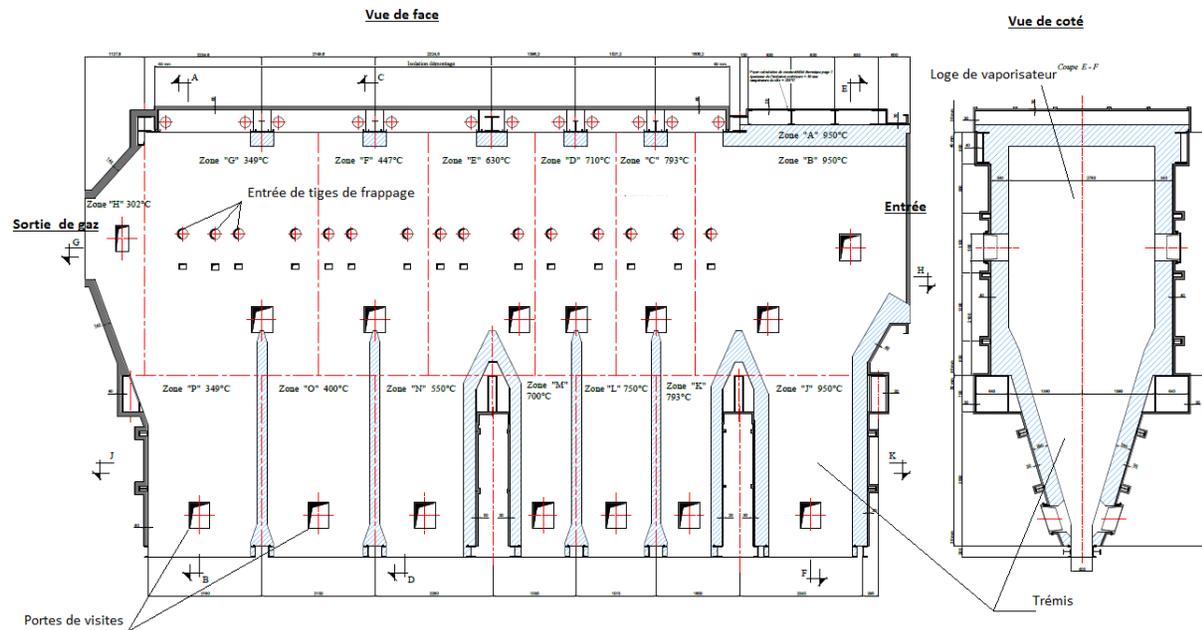


FIGURE 2.1 – chaudière de récupération. [15]

Dans la chaudière les gaz subissent une grande dilatation avec laquelle leur vitesse se voit réduite énormément et ils précipitent une grande quantité de solides suspendus dans le gaz. Étant donné que dans la chaudière sont intercalés des faisceaux récupérateurs de chaleur, sur ceux-ci se dépose une grande quantité de calcine due à des phénomènes inertiels de choc contre les tubes de serpentins. Un mécanisme pour secouer ces faisceaux étant prévu pour récupérer la calcine.



FIGURE 2.2 – un élément de vaporisateur [2]

La température à l'entrée de la chaudière atteint presque  $1000C$ , ce qui donne, à la sortie de la chaudière, un gaz avec une température d'environ  $315C$ .

## 2.3 Fonctionnement du système de frappe

Le système de frappe (Fig. 2.3) est un mécanisme pour secouer les faisceaux des vaporisateurs à l'aide des tiges rondes qui passent entre ces faisceaux, ce qui entraîne des vibrations des éléments des vaporisateurs, ce qui libère de la calcine qui tombera dans les trémies de la chaudière, puis elle sera transportée par les convoyeurs.

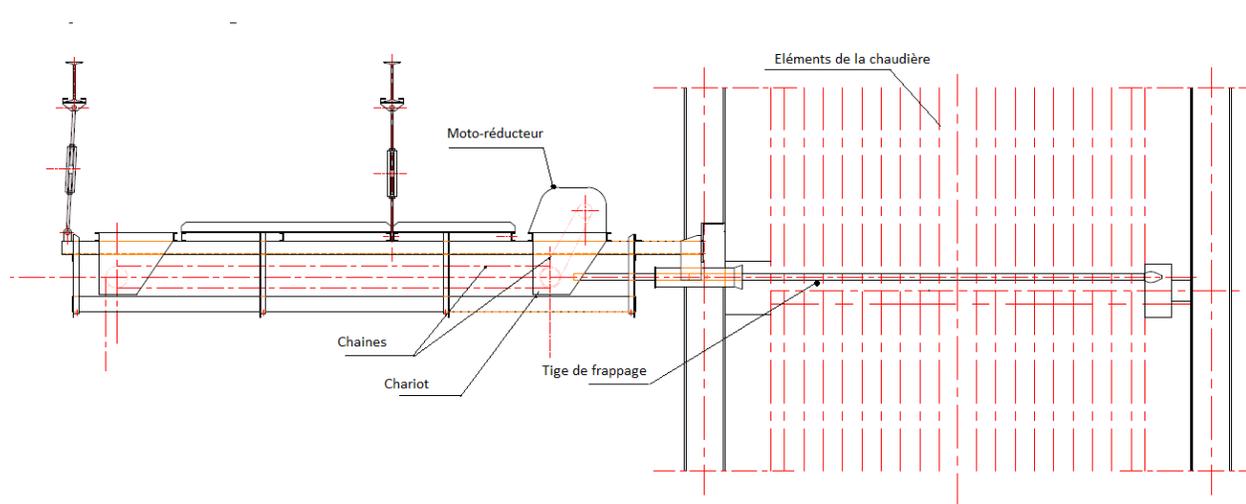


FIGURE 2.3 – système de frappe. [14]

Le système de frappe est constitué de six chariots montés sur des rails, le mouvement en avant puis en arrière est assuré par une chaîne métallique entraînée par des moto-réducteurs. Les tiges sont attachées par leurs extrémités à ces chariots.

## 2.4 Schéma de puissance électrique

L'entraînement des chariots est assuré par six moteurs triphasés asynchrones alimentés par une tension triphasée  $380V$ . Chaque platine d'alimentation contient :

- un sectionneur avec des fusibles à percuteurs pour le sectionnement et la protection contre les court-circuit,
- un contacteur pour alimenter le moteur,
- un relais thermique pour la protection contre les surcharges,

— un interrupteur-inverseur pour inverser le sens de rotation.

Le circuit de puissance est donné par le schéma suivant (Fig. 4.2) :

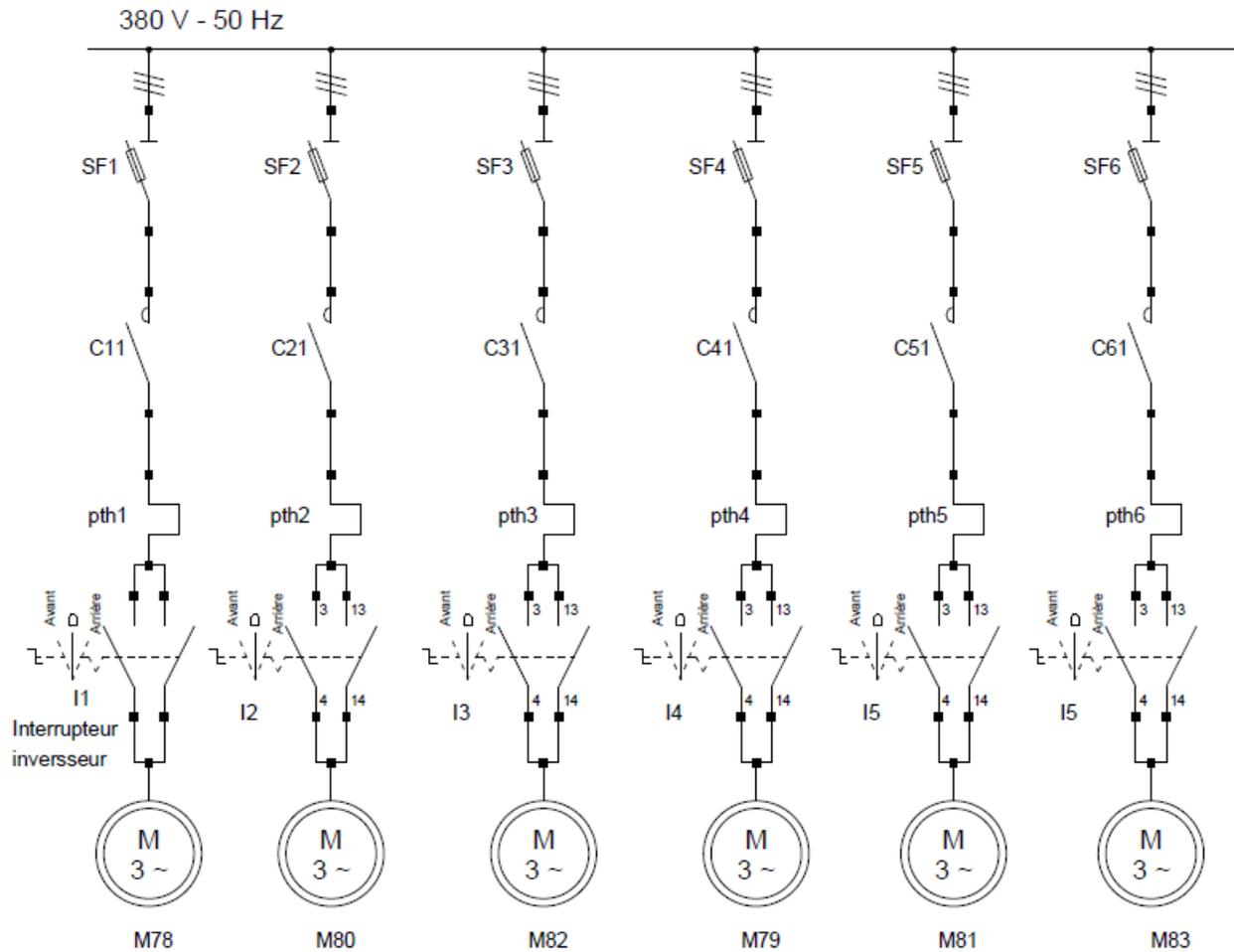


FIGURE 2.4 – Schéma du circuit de puissance

## 2.5 Schéma de commande et signalisation

Les circuits de commande des moteurs sont identiques, la figure 2.5 nous donne le schéma de commande du moteur **M83**. L'alimentation de commande est assurée par une tension alternative de 127V à travers le disjoncteur **d6**. La mise en service est automatique en mettant le commutateur **Ct** sur la position ON (contact fermé) A l'instant où le contact venant du programmeur à cames se ferme :

— le contacteur **C61** et son contact auxiliaire 23 – 24 se ferment et le moteur tourne,

- le chariot entraîné par une chaîne métallique se déplace vers l'avant,
- le fin de course se ferme pour maintenir l'alimentation de la bobine **C61**,
- Le chariot pousse la tige à l'intérieur de la chaudière puis il la tire vers l'extérieur,
- à la fin, le contact de fin de course s'ouvre, ce qui coupe l'alimentation de la bobine **C61**,
- le moteur s'arrête.

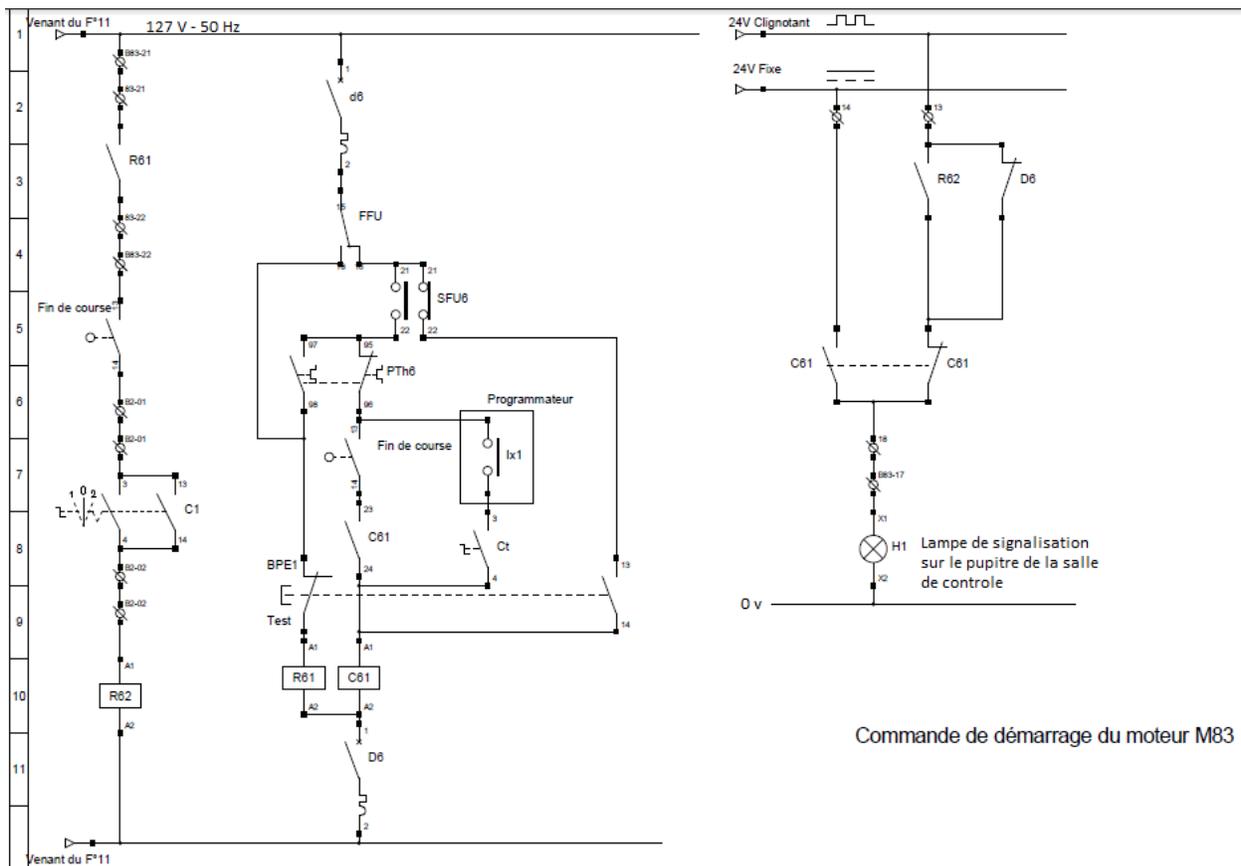


FIGURE 2.5 – Circuit de commande du moteur M83

Au cours de marche du moteur, la lampe de signalisation située sur le pupitre de la salle de contrôle est alimentée par une tension continue fixe de 24V à travers le contact auxiliaire du contacteur **C61**. En cas d'une surcharge le contact NC 95 – 96 du relais thermique s'ouvre se qui coupe l'alimentation du contacteur **C61** et par conséquent le moteur s'arrête; en plus le contact NO 97 – 98 du relais thermique se ferme pour alimenter le relais **R61**, et le contact de ce dernier ferme le relais **R62**, à ce moment la lampe de signalisation sera alimentée en discontinu par 24V pour avertir l'agent de surveillance au niveau de la salle de contrôle. La lampe de signalisation clignote aussi en cas d'un fusible grillé (fermeture du micro switch **FFU**), ou déclenchement du disjoncteur de commande **d6**. En cas d'un défaut

sur la commande d'un moteur, un relais de défaut (par exemple **R62** pour **M83**) se ferme pour alimenter un relais **R46** (Fig. 2.6), le contact de ce dernier déclenche une alarme sonore et lumineuse au niveau de la salle de contrôle.

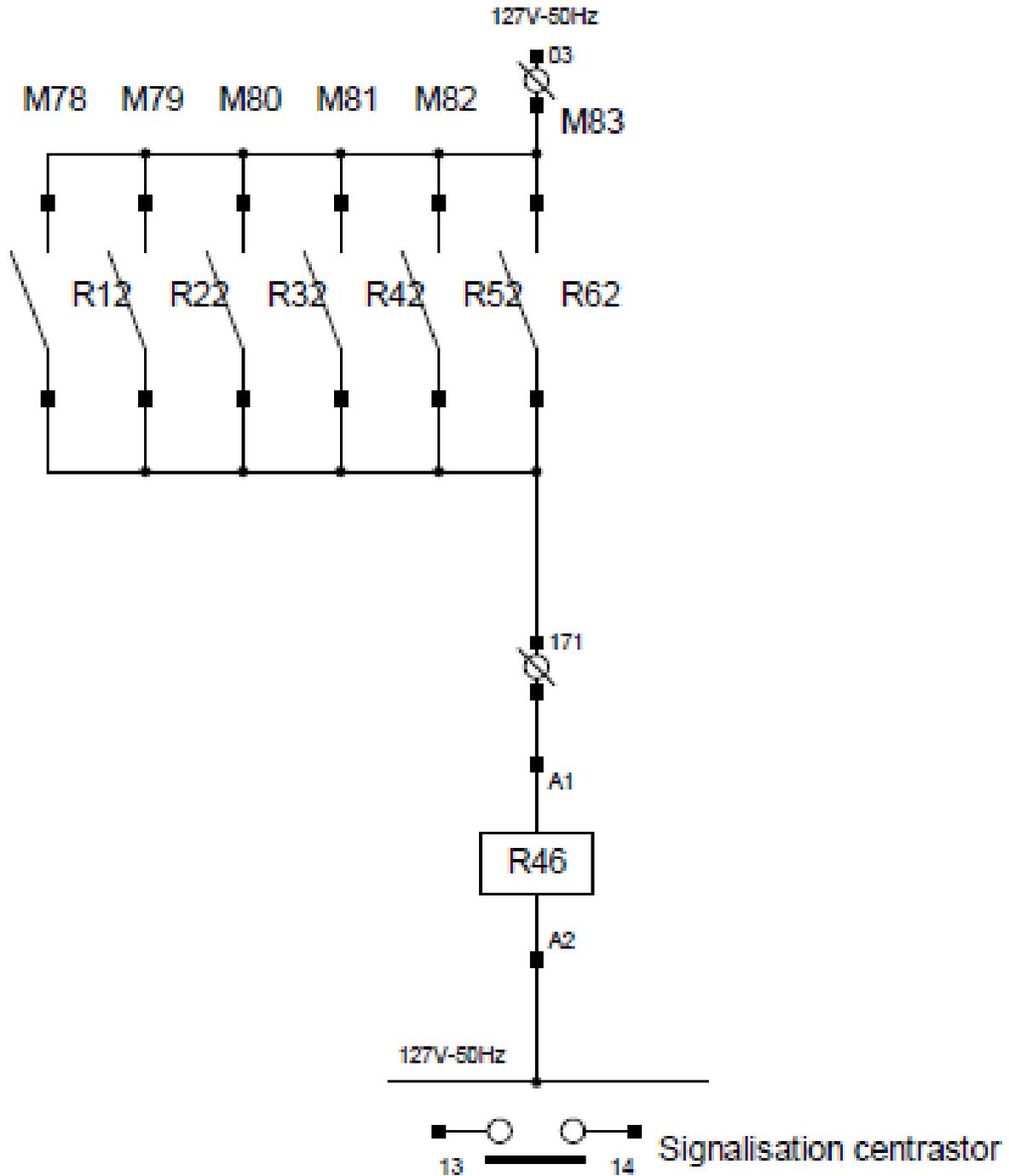


FIGURE 2.6 – Circuit d'alarme

## 2.6 Étude du programmeur à cames

### 2.6.1 Introduction

Les programmeurs à cames sont des appareils d'automatisme destinés à actionner au cours d'un cycle, une série de contacts dans un ordre prédéterminé suivant un programme.

### 2.6.2 Principe de fonctionnement

Les programmeurs à cames (Fig. 2.7) sont constitués de :

- Un dispositif d'entraînement : moto-réducteur,
- Un support d'information : cames réglables,
- des éléments de sortie : mini-rupteur.

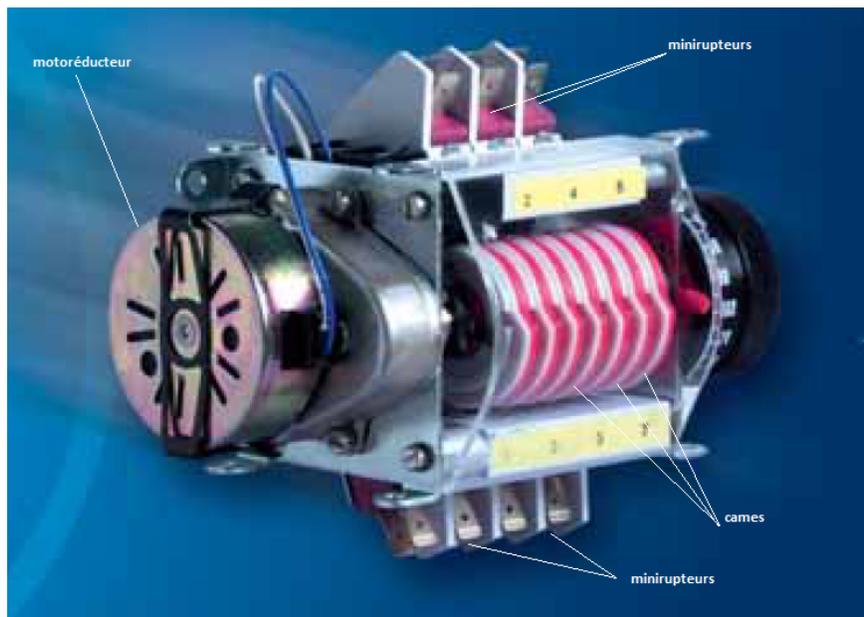


FIGURE 2.7 – Programmeur à cames. [12]

Dans le cas le plus courant, le programmeur décrit des cycles répétés provoquant la fermeture des contacts pendant des temps fixés. Ces programmeurs sont actionnés par des moto-réducteurs synchrones. Ils sont équipés de cames réglables (Fig. 2.8) dont la forme peut être adaptées aux besoins par découpe de leur périphérie. les rampes de cames ouvrent ou ferment les mini-rupteurs sur un parcours angulaire.



---

sance de ce système, ainsi que le programmeur à cames qui commande les séquences de fonctionnement.

# Chapitre 3

## Partie opérative et partie commande

### 3.1 Généralité sur les automates programmables industriels

### 3.2 Introduction

Les automates programmables industriels (API) sont apparus aux États-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués.

Un API se distingue d'un ordinateur par le fait d'être un système électronique programmable spécialement adapté pour les non-informaticiens. Il est en général destiné à être mis entre les mains d'un personnel dont la formation a été surtout orientée vers l'électromécanique. L'API s'est substitué aux armoires à relais en raison de sa souplesse (mise en œuvre, évolution ...), mais aussi parce que dans les automatisations de commande complexe, les coûts de câblage et de mise au point devenaient trop élevés.

Les API offrent de nombreux avantages par rapport aux dispositifs de commande câblés, tel que :

- la fiabilité
- la simplicité de mise en œuvre
- la souplesse d'adaptation
- la maintenance et le dépannage possible par des techniciens de formation électromécanique
- l'intégration dans un système de production. [13]

Les API ont subi des améliorations tous les 4 à 7 ans au fur et à mesure de l'apparition

des composants électroniques tels que les microprocesseurs et les microcontrôleurs. La Fig.3.1 représente l'architecture globale d'un système automatisé avec la structure interne de l'API.

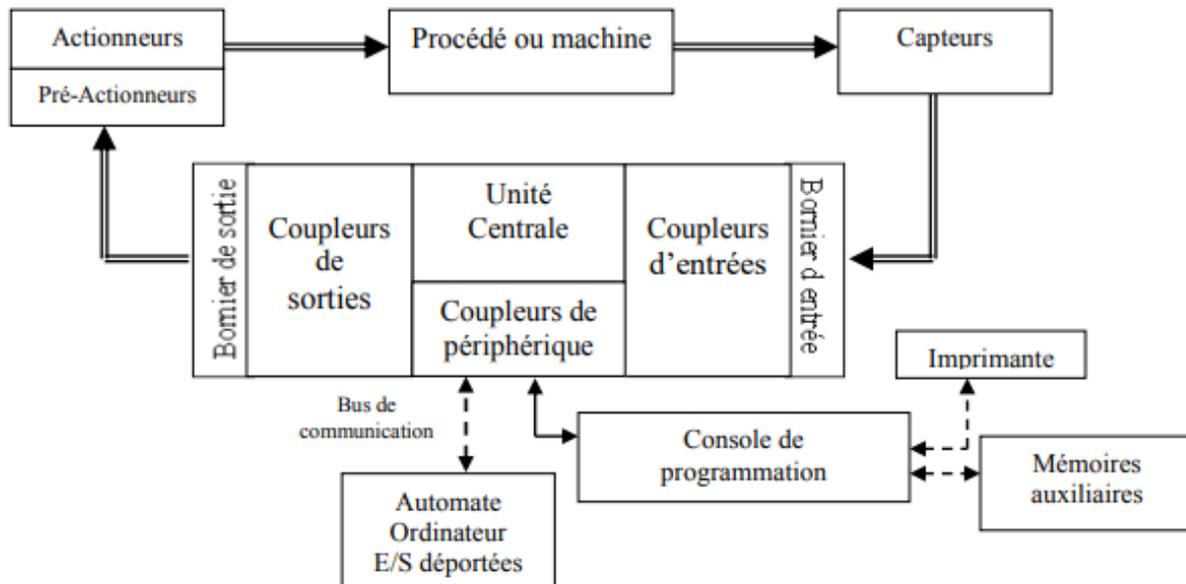


FIGURE 3.1 – Représentation d'un API avec ses divers périphériques et auxiliaires représentant son environnement. [13]

### 3.3 Structure d'un API

#### 3.3.1 Aspect extérieur des API

Les (API) sont disponibles sous architecture modulaire ou compactes (Fig. 3.2), avec différents types de microprocesseurs et de modules d'entrées-sorties, et sous diverses présentations : coffret, châssis ou cartes. Pour les environnements hostiles (température élevée, poussière, risque de projection, etc.) les API utilisés sont en boîtier étanche, supportant une large gamme de température.

Les contraintes de l'environnement industriel se présentent sous trois formes :

- environnement physique et mécanique,
- pollution chimique,
- perturbation électrique.

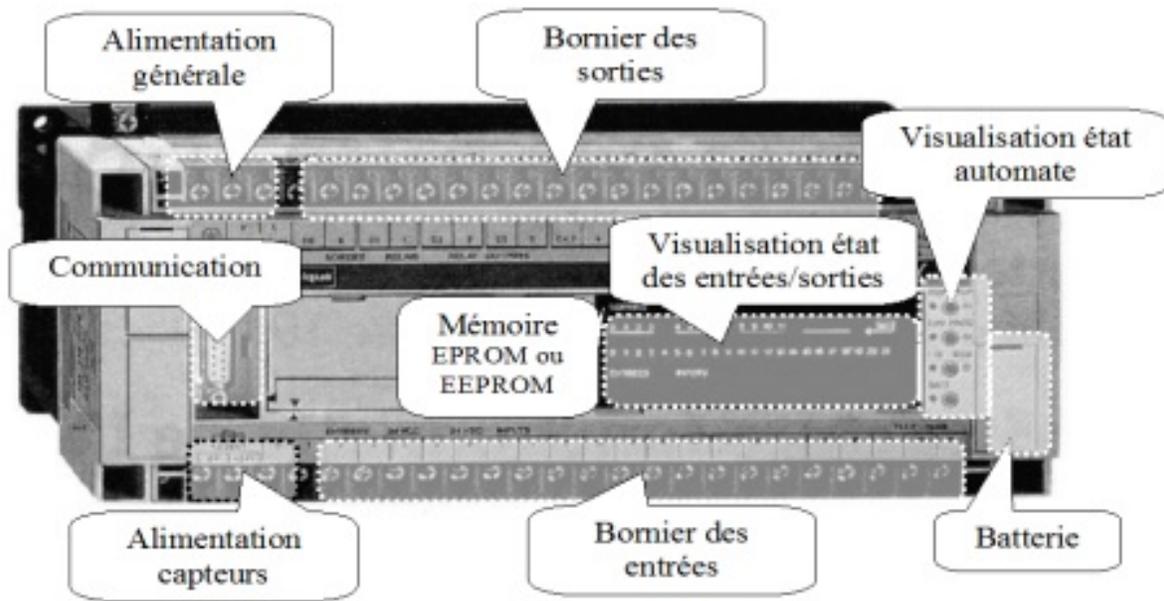


FIGURE 3.2 – Structure extérieure d'un API.[13]

### 3.3.2 Structure interne d'un API

Les API comportent quatre principales parties (Fig.3.3) :

- une mémoire,
- un processeur,
- des cartes d'entrées-sorties,
- des interfaces de programmation,
- une alimentation 230 V, 50/60 Hz (AC) - 24V (DC).

La structure interne des automates programmables industriels (API) est assez voisine de celle d'un système micro-programmé, le compteur de programme est un simple séquenceur, qui met cycliquement en communication, dans un ordre immuable, les mots de mémoire programme avec le processeur.

Dans les machines les plus complexes permettant les sauts dans le programme, ce compteur de programme est un registre intégré au processeur. Le processeur est un opérateur logique mono-bit qui exécute les calculs booléens en fonction des instructions du programme.

La mémoire de données fait partie du système entrées-sorties. Elle fige les valeurs (0 ou 1) présentes sur les lignes d'entrées, à chaque prise en compte cyclique de celle-ci, elle mémorise également les valeurs calculées à placer sur les lignes de sorties. [9]

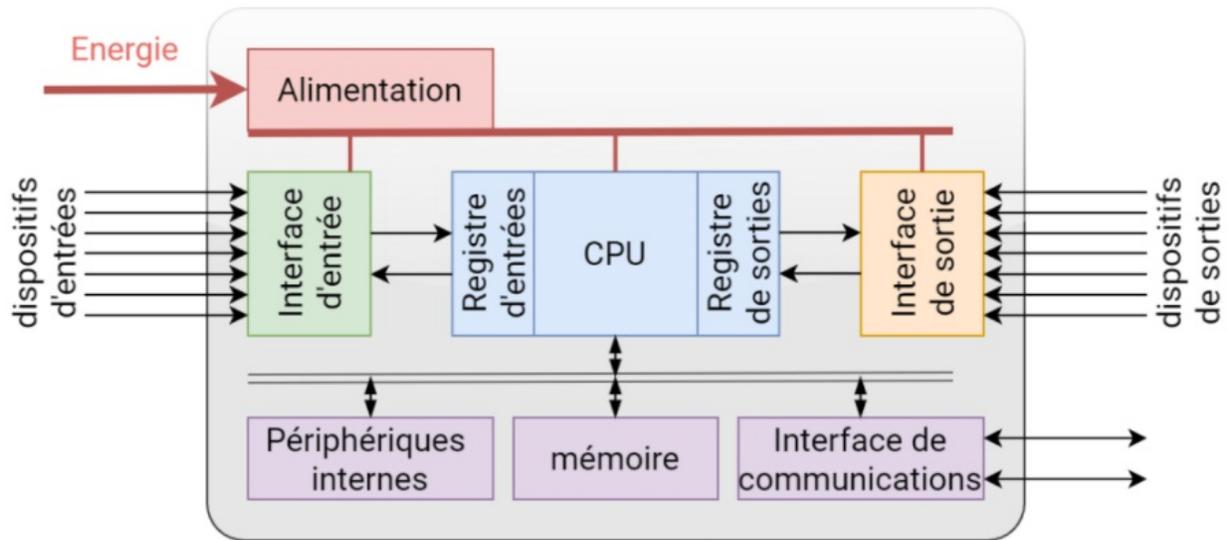


FIGURE 3.3 – Structure interne d'un API.[10]

### Alimentation électrique

Tous les automates actuels sont équipés d'une alimentation  $240V\ 50/60Hz$ ,  $24VDC$  (Fig.3.4). Les entrées sont en  $24VDC$  et une mise à la terre doit également être prévue.

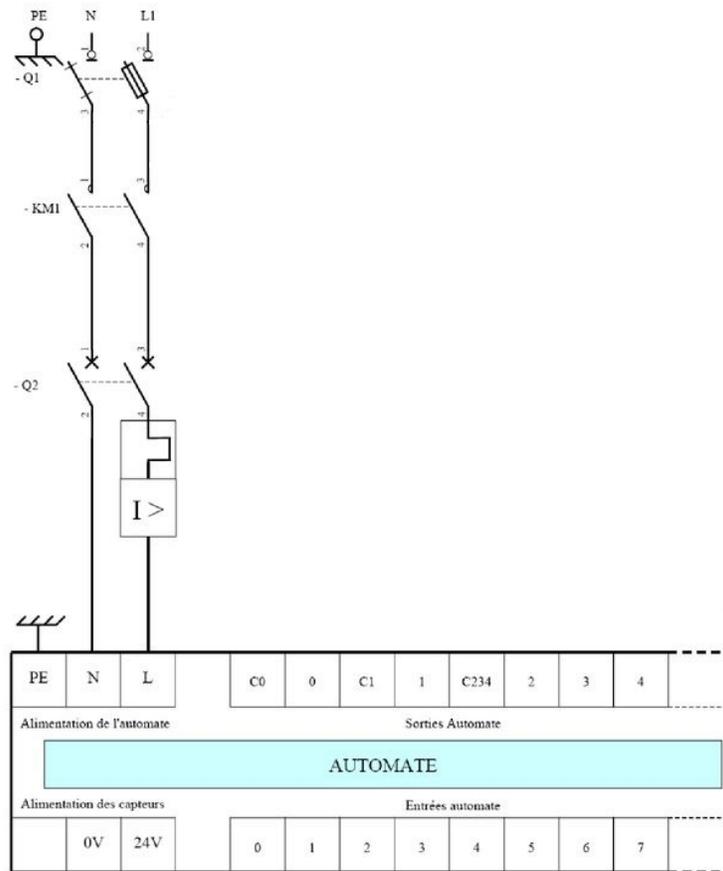


FIGURE 3.4 – Alimentation électrique de l'API.[6]

### Unité centrale

La partie intelligente de l'API réside dans l'unité centrale de traitement (CPU) (Fig.3.5), elle est composée de plusieurs éléments :

- Le microprocesseur : il est utilisé essentiellement pour le traitement des informations, il réalise les fonctions logiques telles que l'addition binaire, le comptage, le décomptage et d'autres fonctions intégrées telles que la temporisation, le calcul, etc.
- Les entrées : elles sont utilisées pour la réception des données externes, plus précisément elles reçoivent les informations à travers des capteurs où des boutons poussoirs du système,
- Les sorties : elles sont utilisées pour l'émission des données vers l'extérieur, plus précisément, ces sorties reçoivent les informations dictées par le microprocesseur et stockées en mémoire, elles sont rafraîchies au fur et à mesure du déroulement du programme,

- Les mémoires RAM et ROM :
  - RAM (Random Acces Memory) : c'est la mémoire vivante dans laquelle on peut lire ou écrire,
  - ROM (Read Only Memory) : c'est la mémoire morte dans laquelle on peut lire seulement.

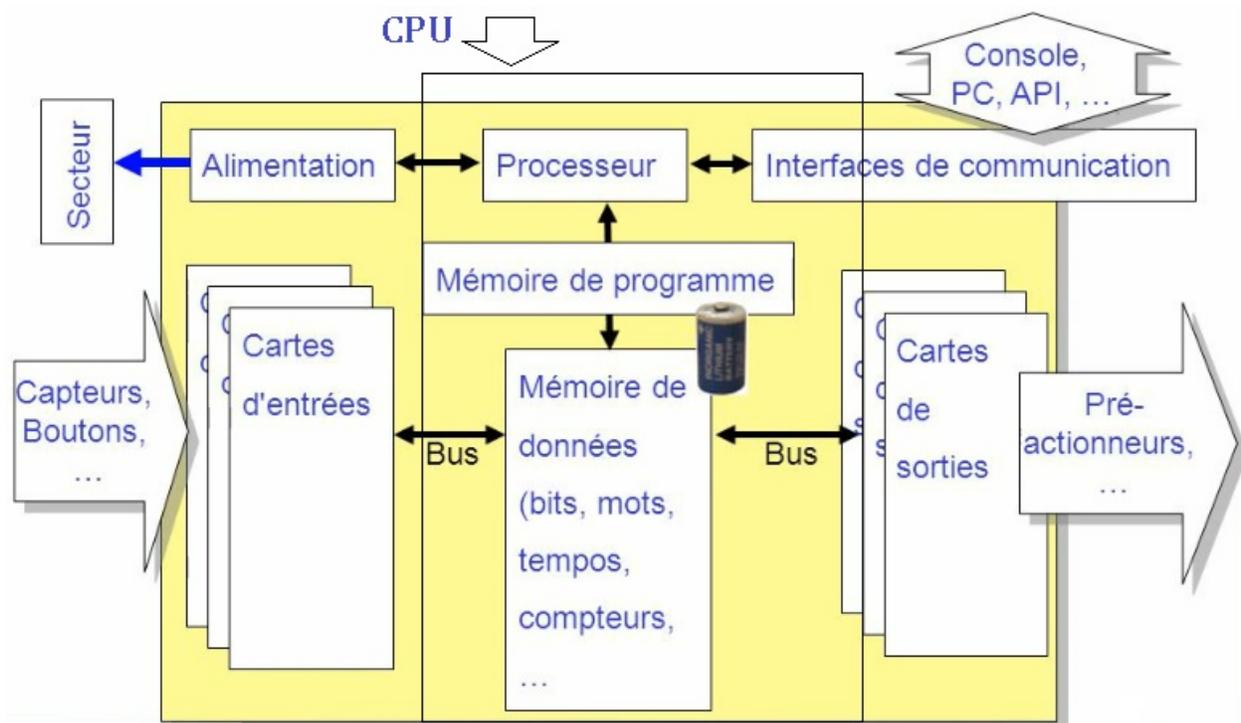


FIGURE 3.5 – Structure de la CPU d'un API.[5]

### Carte d'interfaces d'entrée et de sortie

Ce sont des cartes électroniques qui assurent le lien entre la CPU de l'API et la partie opérative.

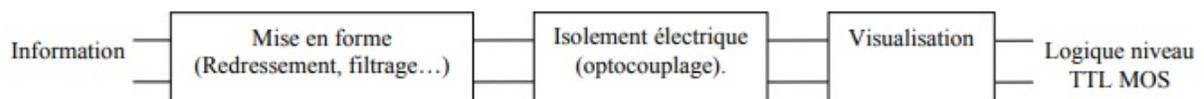


FIGURE 3.6 – Schéma de principe d'une entrée binaire. [13]

**Les interfaces d'entrées binaires** un exemple du schéma d'une entrée binaire est donné par la Fig.3.7.

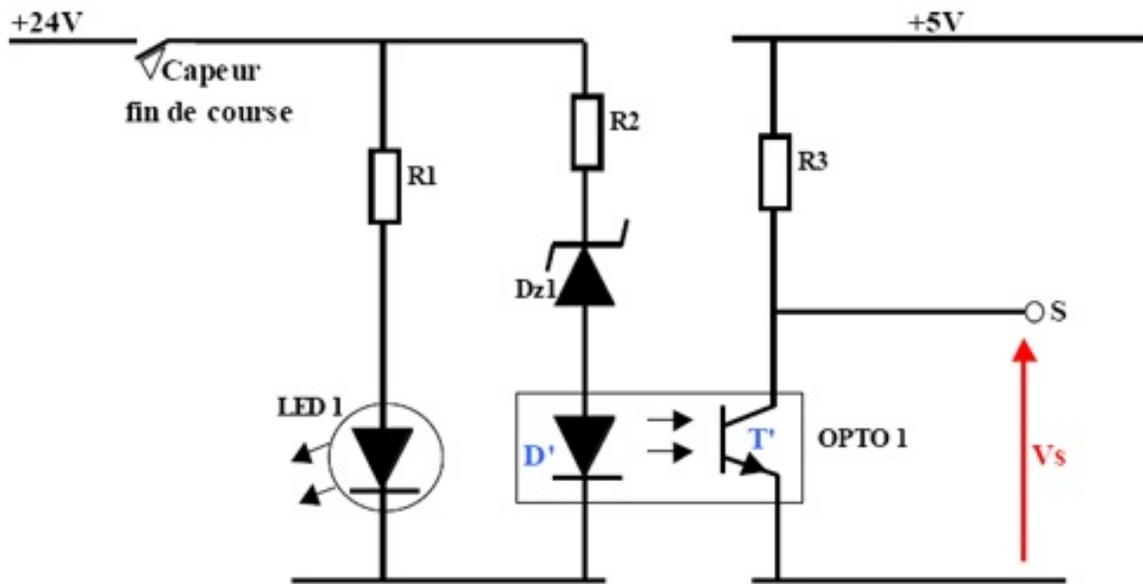


FIGURE 3.7 – Exemple du schéma d'une entrée binaire. [13]

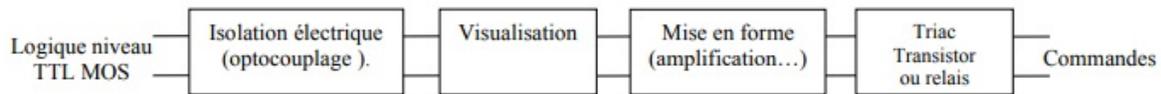


FIGURE 3.8 – Schéma de principe d'une sortie binaire. [13]

**Les interfaces de sorties binaires** Un exemple du schéma d'une sortie binaire à relais est donnée par la Fig.3.9.



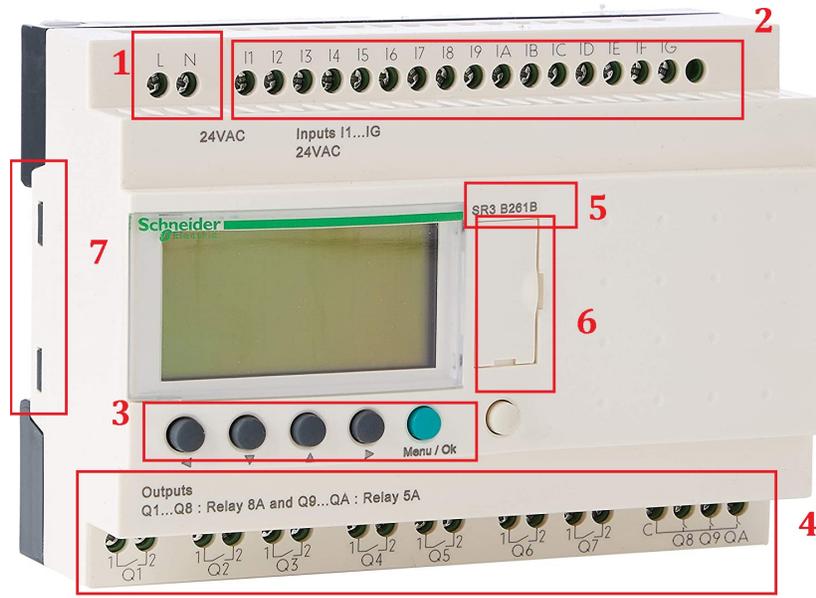


FIGURE 3.10 – l'automate zelio. [3]

Sur la Fig.3.10, l'API Zelio comporte :

1. bornes à vis d'alimentation de l'automate (la tension varie en fonction de la référence de l'appareil),
2. bornes à vis d'entrées du module Zelio (le nombre et la tension supportée dépendent de la référence de l'automate).
3. touches de navigation et de sélection ou de validation,
4. bornes à vis de sorties à relais de l'automate (leurs nombres dépendent de la référence du module Zelio),
5. référence de l'automate Zelio,
6. emplacement mémoire et prise de raccordement pour le câble de programmation à l'ordinateur.
7. montage du module sur rail DIN. [1].

## 3.5 Langage de programmation SOFT 2

### 3.5.1 Langage Ladder

Le LADDER est un langage simple, il contient les bases du schéma à contact. Pour programmer en LADDER, il suffit de transcrire les équations logiques en schéma électrique à l'aide de symboles présentés entre deux barres verticales. Un programme écrit en LADDER, appelé diagramme LADDER (en anglais, Ladder Diagram = LD), se lit de la gauche vers la droite et du haut vers le bas.

Le langage ladder est composé d'une séquence de contacts (interrupteurs qui sont soit fermés, soit ouverts) et de bobines qui permettent de traduire les états logiques d'un système (Fig.3.11).

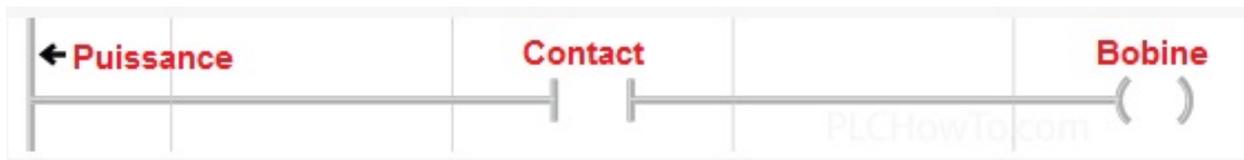


FIGURE 3.11 – Principe de le langage ladder.[4]

### 3.5.2 Langage FBD

FBD (Function Block Diagram) est un langage qui vous permet de créer des équations complexes à partir d'opérateurs standard, de fonctions ou de blocs fonctionnels.

La fonctionnalité complète représentée par le logiciel FBD a été construite à l'aide de blocs de construction standard de la bibliothèque standard, du service ou des blocs fonctionnels. Chaque bloc a un nombre fixe de points de connexion d'entrée et de sortie. Le bloc est représenté par un simple rectangle. Les entrées sont attachées au bord gauche du rectangle. Les sorties sont connectées sur le bord droit. Un bloc élémentaire effectue une seule fonction entre son entrée et sa sortie. Le nom de la fonction exécutée par le bloc est écrit dans son symbole rectangulaire. Chaque entrée ou sortie d'un bloc a un type bien défini (fig.3.12).

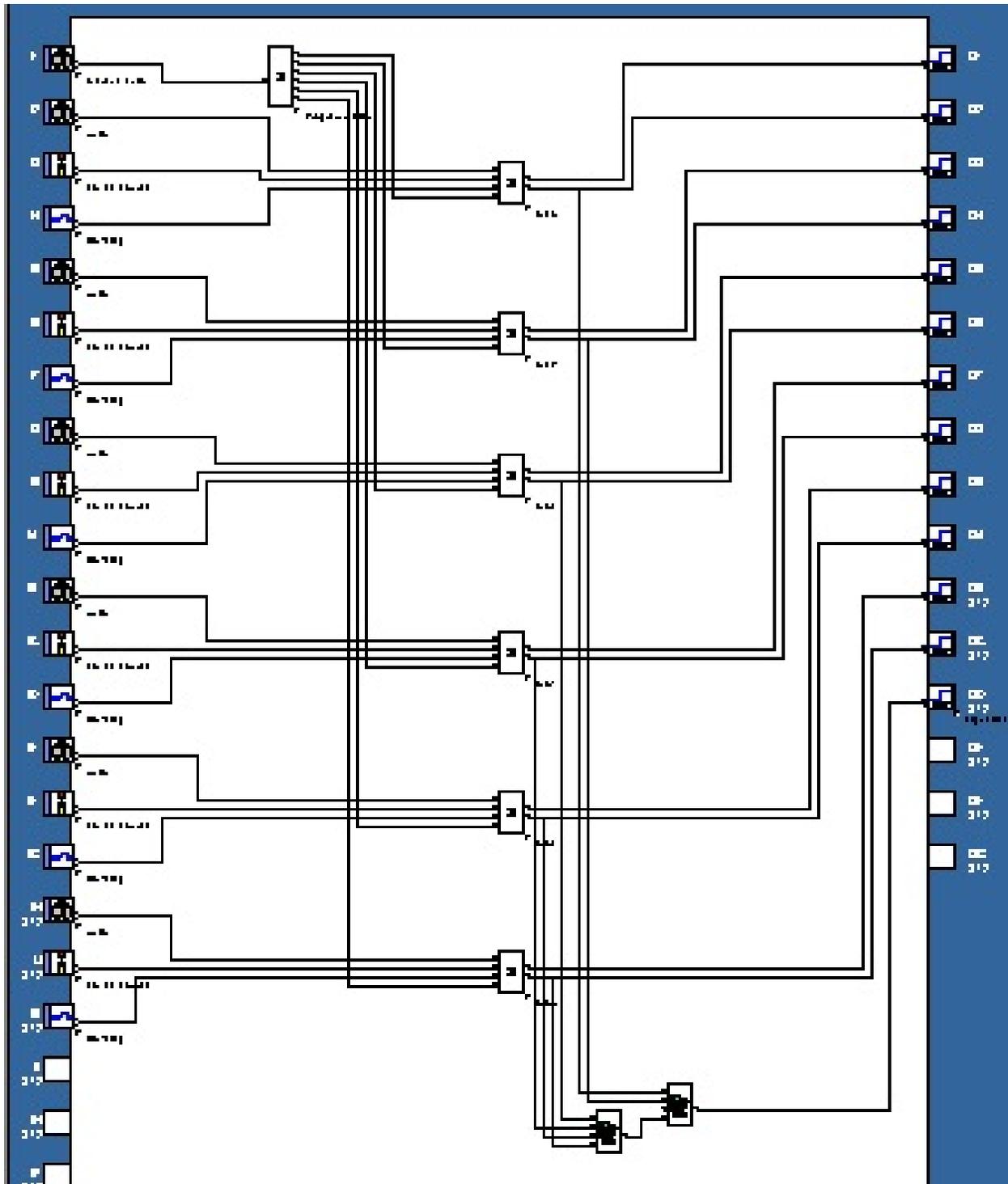


FIGURE 3.12 – Exemple de le langage FBD.

## 3.6 Conclusion de la partie commande

Aujourd'hui, l'API est le composant le plus populaire mécanisme. Il est présent non seulement dans tous les secteurs de l'industrie, mais aussi dans les services (gestion des parkings, accès aux bâtiments) et dans l'agriculture. Il répond besoins d'adaptation et d'endurance de nombreuses activités économiques actuelles.

## 3.7 Actionneur et Pré-actionneur

### 3.7.1 Pré-actionneur électrique

Les pré-actionneurs sont des composants qui agencent la partie de commande, qui assurent la distribution de la puissance aux actionneurs. Dans les circuits électriques, ils sont généralement des relais ou des contacteurs. Dans notre travail nous avons utilisé le contacteur électromagnétique.

#### Le Contacteur

Le contacteur est un relais électromagnétique spécial, capable de commuter des forces élevées (Fig.3.13). Son contrôle pourrait être en continu ou en alternatif. Un contacteur est composé de deux parties :

- une partie fixe appelée "armature fixe",
- une partie mobile appelée "armature mobile".

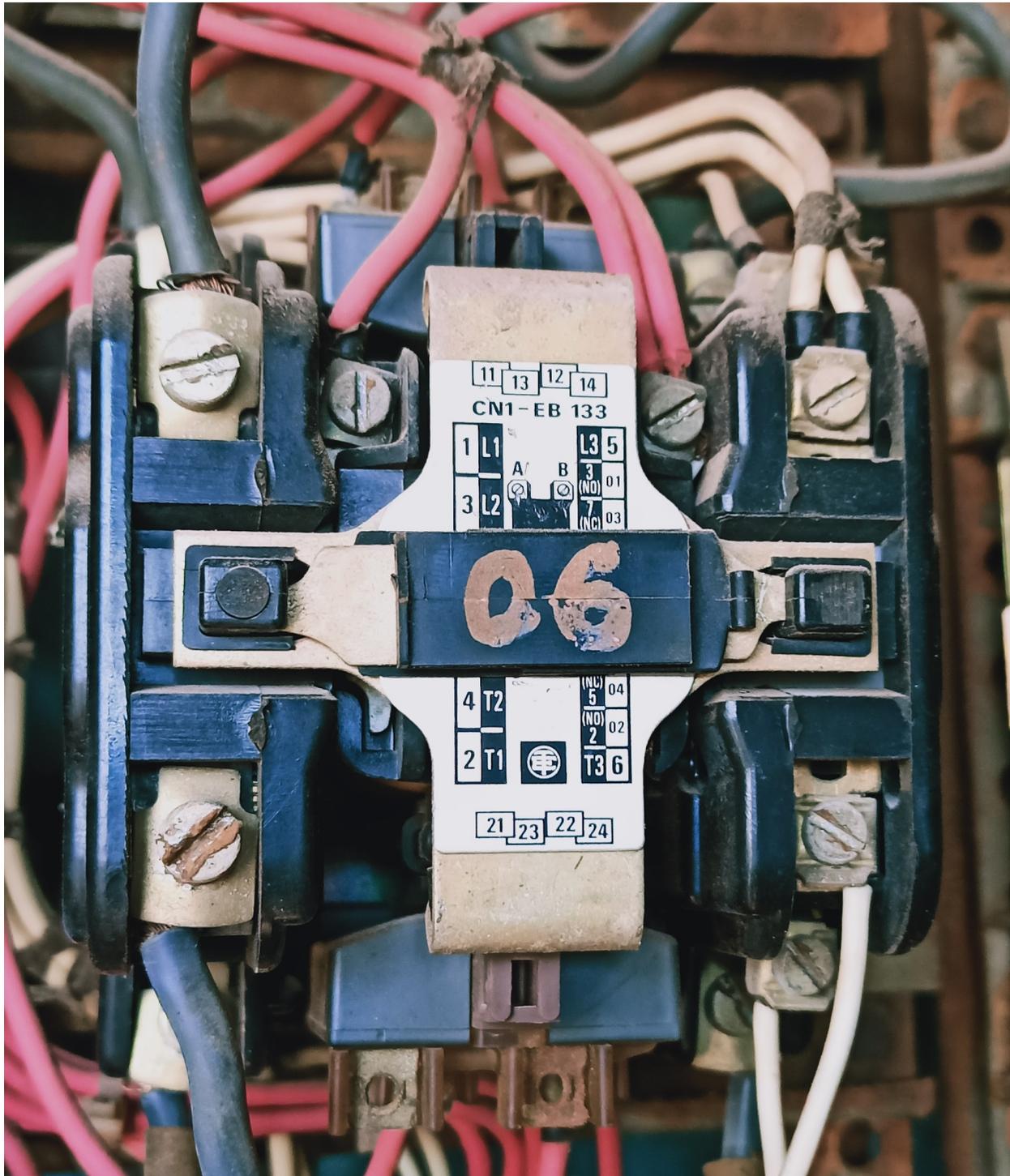


FIGURE 3.13 – Visuels de contacteur

Sa constitution est donnée dans la figure suivante (Fig.3.14) :

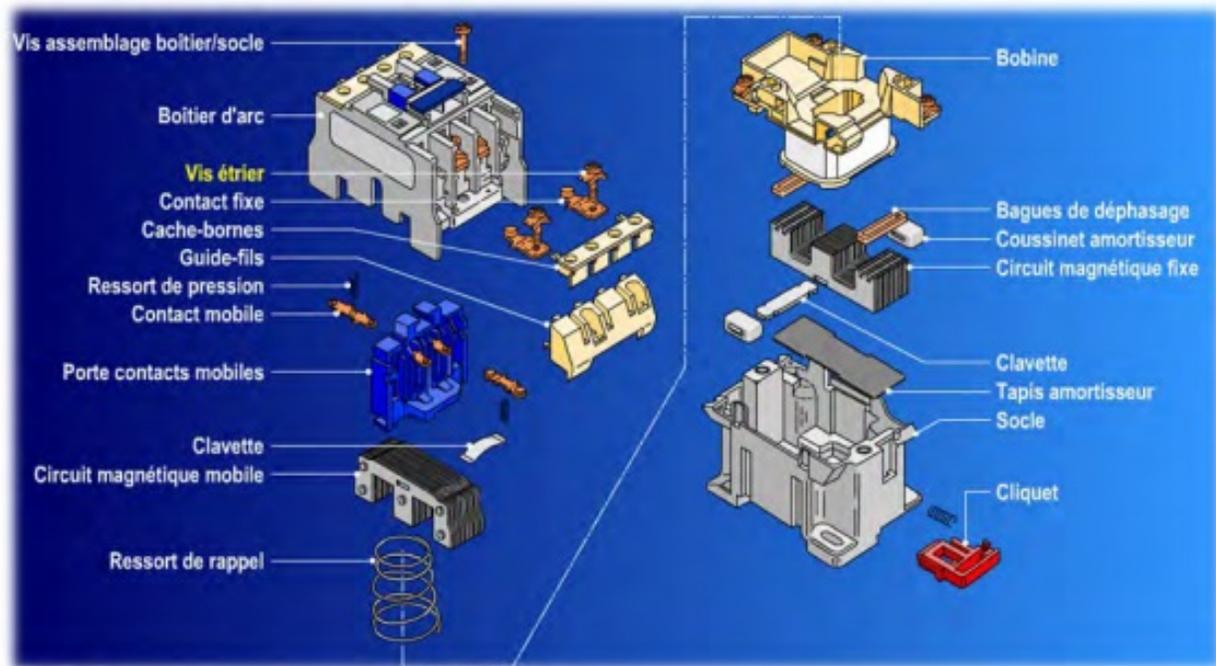


FIGURE 3.14 – Vue des éléments intérieurs d'un contacteur. [8]

### 3.7.2 Actionneur électrique

Un actionneur est un objet qui convertit la forme d'énergie qui lui est fournie en travail physique. Il modifie le comportement ou l'état du système. Dans notre travail nous allons utiliser le moteur asynchrone triphasé.

#### Moteur asynchrone

Le moteur asynchrone est un moteur électrique à courant alternatif qui est le plus utilisé dans l'industrie. C'est pas cher, Il est robuste et a un entretien limité. Il est sûr : son fonctionnement ne génère pas d'étincelles à la différence d'un moteur à courant continu. Ce type de moteur équipe la quasi-totalité des machines-outils classiques (Fig.3.15).

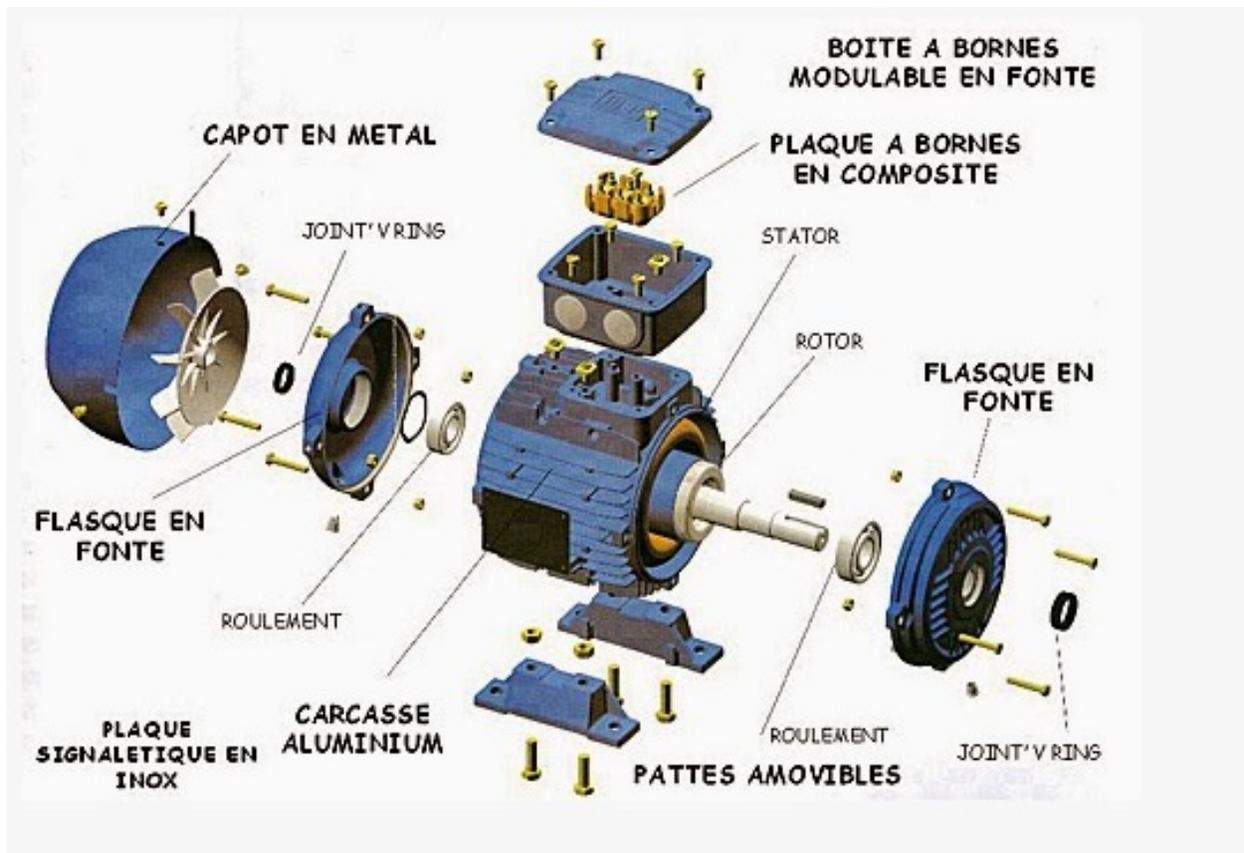


FIGURE 3.15 – moteur asynchrone. [7]

La Fig.3.16 présente un exemple de mise en œuvre d'un moteur asynchrone : le démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé en deux sens de marche.

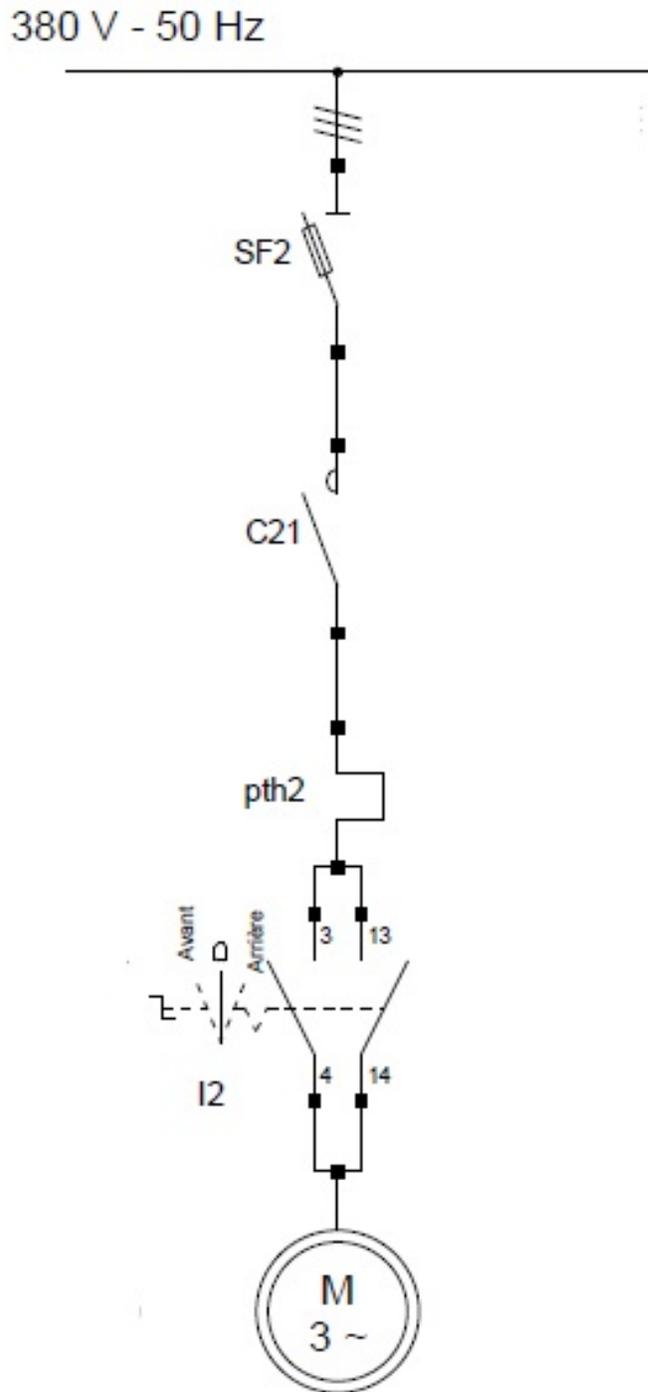


FIGURE 3.16 – Démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé

## 3.8 Conclusion

Les actionneurs et les pré-actionneurs sont très nécessaires au fonctionnement d'un système automatisé, ils représentent la partie opérative et traduisent les informations de contrôle en travail selon les besoins du cahier de charge.

# Chapitre 4

## Programmation de l'automate ZELIO

### 4.1 Introduction

Nous essayons dans ce chapitre d'automatiser le système de frappe en utilisant un automate ZELIO **SR3B261B** avec un module d'extension **SR3XT141B** au lieu du programmeur à cames. Nous avons ajouté ce dernier car le nombre des entrées logiques du module principal nécessaire pour notre projet est insuffisant.

### 4.2 Description du cahier de charge

#### Séquence de fonctionnement

- Les six moteurs asynchrones sont alimentés à travers 12 contacteurs, deux contacteurs pour chaque moteur pour inverser le sens de rotation en cas d'un blocage (au lieu des commutateurs mécaniques).
- Les moteurs sont protégés contre les court-circuits et les surcharges par des disjoncteurs magnéto-thermiques (au lieu des sectionneurs et relais thermiques).
- Après 3 secondes de démarrage du moteur, un fin de course (fig. 4.1) est actionné pour garantir le maintien du contacteur jusqu'à la fin du cycle, où le contact NC de fin de course s'ouvre pour arrêter le moteur (reprise de cycle).
- La tension de la commande des contacteurs est de  $127V AC$ .
- La tension d'alimentation de l'automate ZELIO est de  $24V AC$ .
- l'automate doit générer les mêmes impulsions de démarrage des moteurs que l'ancien système, avec une période de deux minutes.



FIGURE 4.1 – Fin de course de type XCKJ105

## 4.3 Schéma électrique avec automate ZELIO

### 4.3.1 Schéma de puissance

Le circuit de puissance est composé d'un disjoncteur et deux contacteurs avec verrouillage mécanique et électrique (fig. 4.2).

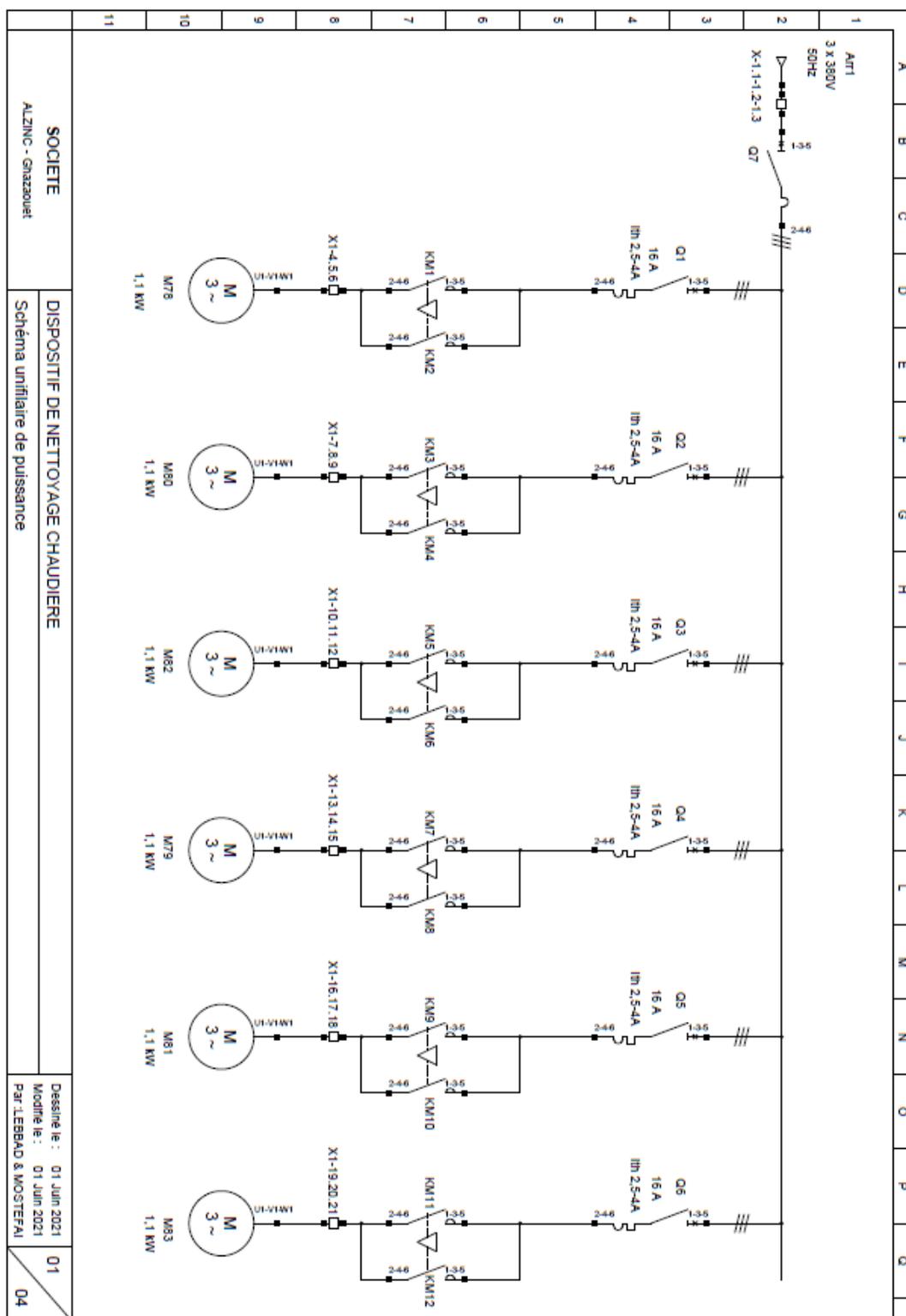


FIGURE 4.2 – Schéma unifilaire du circuit de puissance

Chaque moteur est protégé par un disjoncteur magnéto-thermique au lieu du sectionneur et du relais thermique (comme dans l'ancien schéma). Le disjoncteur contient un réglage  $I_r^1$  pour protéger le moteur contre les surcharges, et un réglage de  $I_m^2$  pour la protection contre les courts circuits. Nous avons modifié également le système d'inversion de sens de rotation en cas d'un blocage par l'utilisation de deux contacteurs avec verrouillage mécanique et électrique au lieu des commutateurs inverseurs, car ces derniers sont sujets à des pannes fréquentes telles que le blocage, les mauvais contacts, le manque d'une phase, etc.

### 4.3.2 Schéma de commande

Le schéma suivant (fig. 4.3) donne le branchement des entrées logiques de l'automate listées dans le tableau 4.1.

- 
1.  $I_r$  : courant thermique
  2.  $I_m$  : courant magnétique

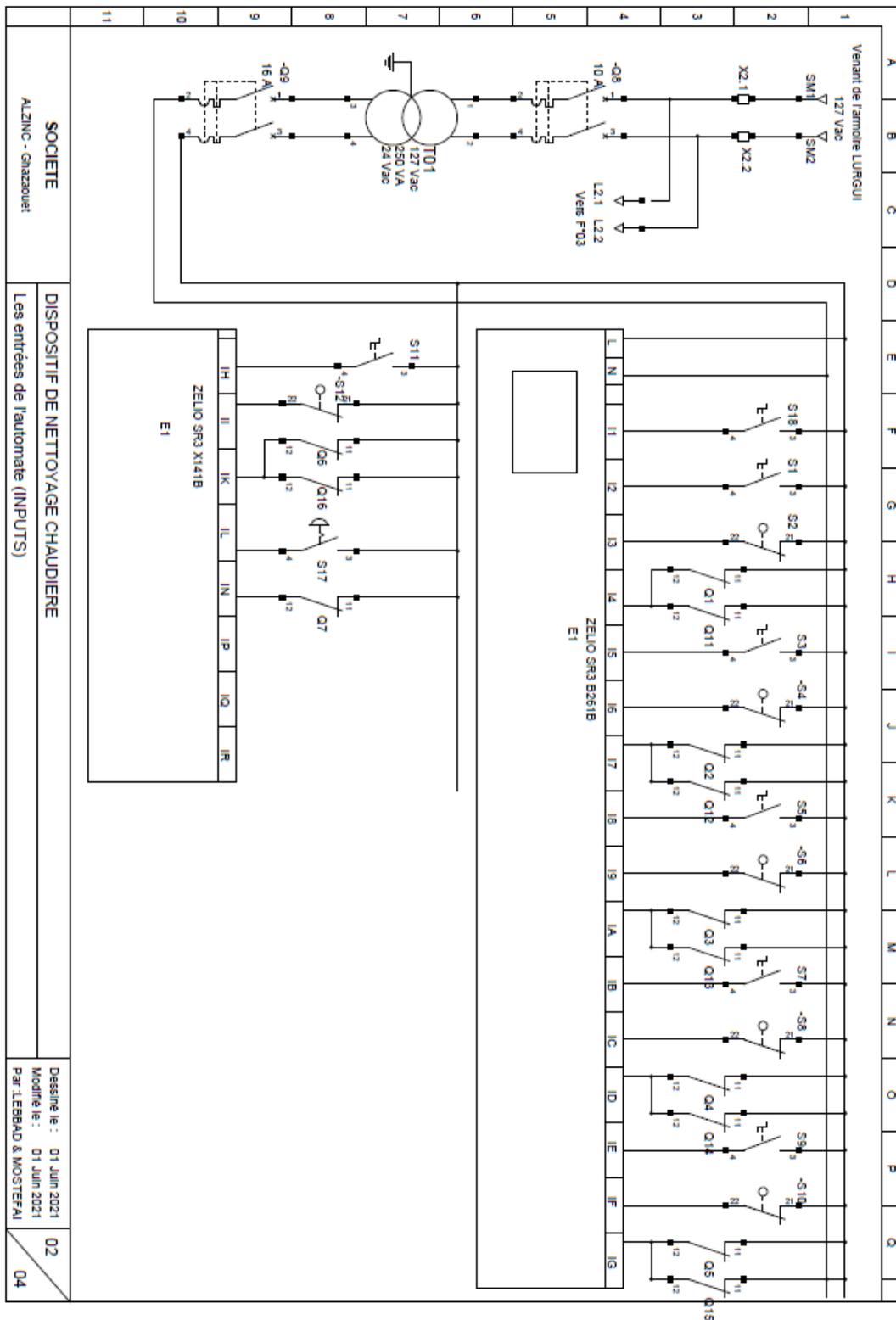


FIGURE 4.3 – Schéma des entrées logiques

Input	Description
I1	commutateur S18 de mise en marche automatique
I2	commutateur S1 de mise en marche du M78
I3	Fin de course S2 du M78
I4	contacts NC des disjoncteurs Q1, Q11 du M78
I5	commutateur S3 de mise en marche du M80
I6	Fin de course S4 du M80
I7	contacts NC des disjoncteurs Q2, Q12 du M80
I8	commutateur S5 de mise en marche du M82
I9	Fin de course S6 du M82
IA	contacts NC des disjoncteurs Q3, Q13 du M82
IB	commutateur S7 de mise en marche du M79
IC	Fin de course S8 du M79
ID	contacts NC des disjoncteurs Q4, Q14 du M79
IE	commutateur S9 de mise en marche du M81
IF	Fin de course S10 du M81
IG	contacts NC des disjoncteurs Q5, Q15 du M81
IH	commutateur S11 de mise en marche du M83
II	Fin de course S12 du M83
IK	contacts NC des disjoncteurs Q6, Q16 du M83
IL	contact de l'arrêt d'urgence S17
IN	contact NC du disjoncteur principal Q7

TABLE 4.1 – Liste des entrées logiques de l'automate

Pour chaque moteur, nous avons utilisé :

- un commutateur pour la mise en/hors service,
- un fin de course pour maintenir la marche du moteur durant la translation, et de l'arrêter à la fin de son retour,
- deux contacts NC montés en parallèle pour détecter le déclenchement du disjoncteur de puissance ou du disjoncteur de protection de la bobine du contacteur.

En plus on a une entrée de l'arrêt d'urgence et une autre du contact auxiliaire du disjoncteur général pour détecter son déclenchement. Les sorties présentées sur le schéma suivant (fig. 4.5), commandent les contacteurs des moteurs.

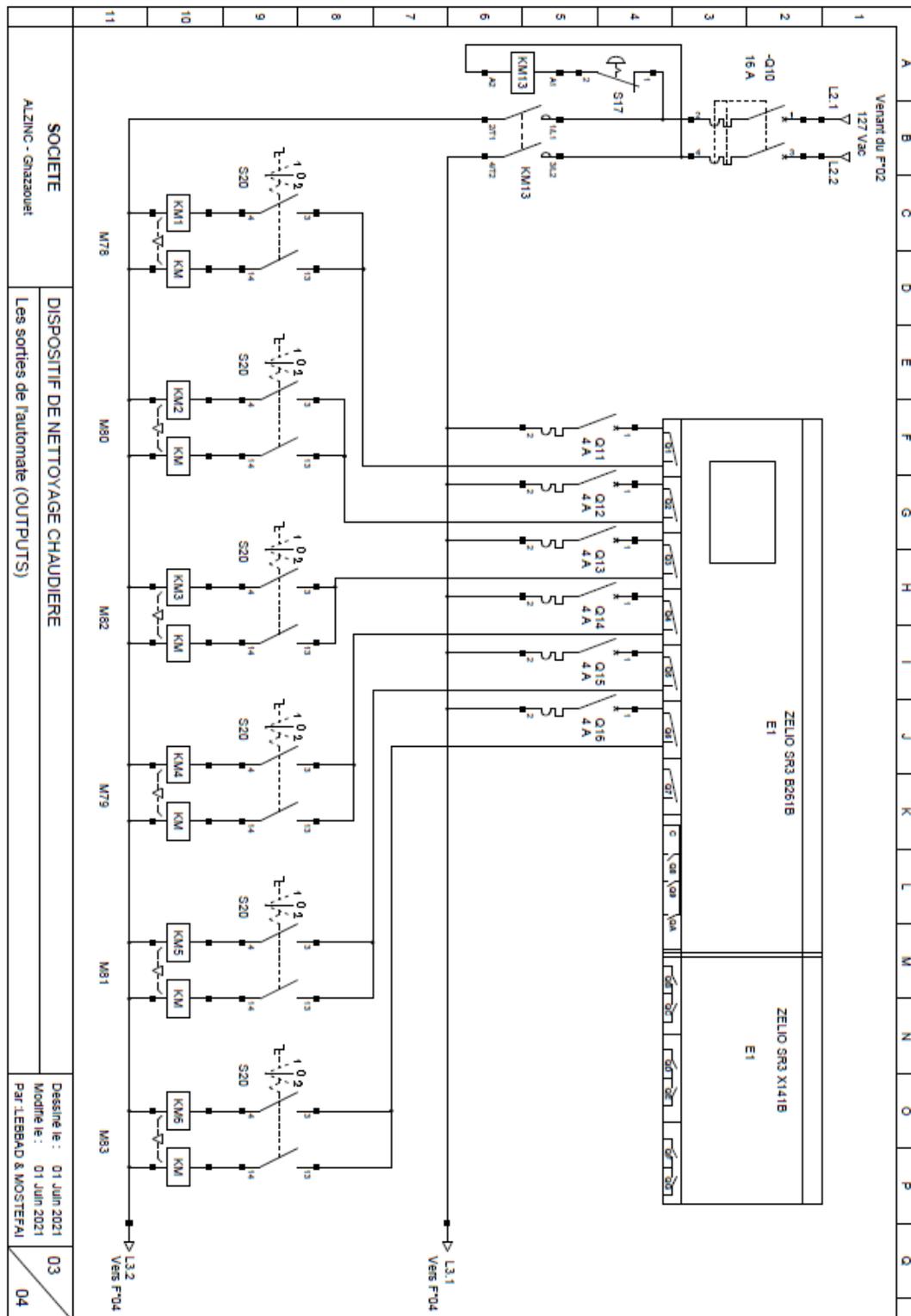


FIGURE 4.4 – Schéma des sorties logiques de l'automate

En plus, nous avons une entrée de l'arrêt d'urgence et une autre du contact auxiliaire du disjoncteur général pour détecter son déclenchement. Les sorties présentées sur le schéma suivante (Fig. 4.5), commandent les contacteurs des moteurs.

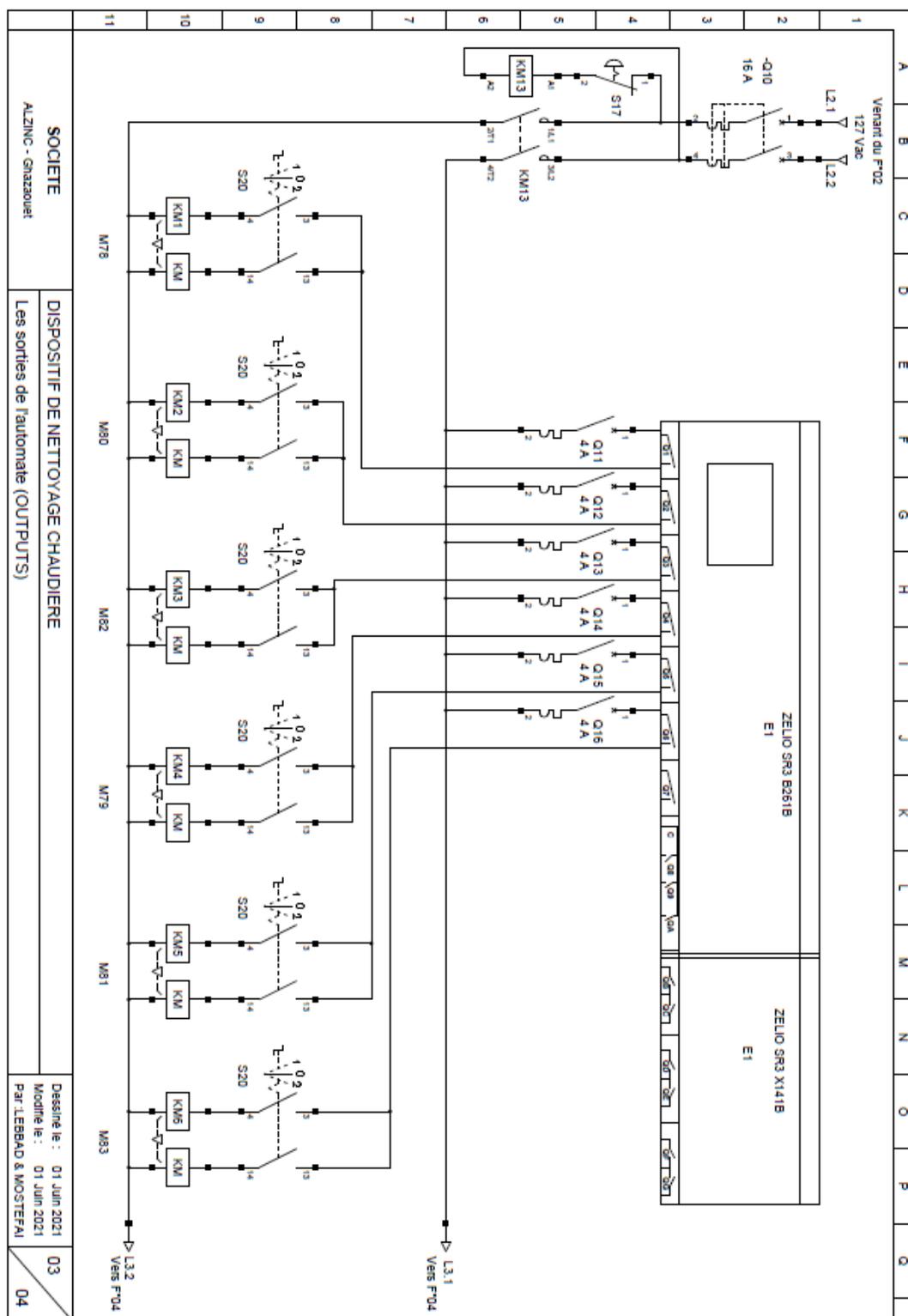


FIGURE 4.5 – Schéma des sorties logiques de l'automate

Ouput	Description
Q1	contacteur KM1 du M78
Q2	contacteur KM2 du M80
Q3	contacteur KM3 du M82
Q4	contacteur KM4 du M79
Q5	contacteur KM5 du M81
Q6	contacteur KM6 du M83
Q7	relais KA1 d'alarme de la salle de contrôle
Q8	Lampe H2 défaut du M78
Q9	Lampe H3 défaut du M80
QA	Lampe H4 défaut du M82
QB	Lampe H5 défaut du M79
QC	Lampe H6 défaut du M81
QD	Lampe H7 défaut du M83
QF	Allumage fixe de lampe de signalisation H1
QG	clignotement de lampe de signalisation H1

TABLE 4.2 – Liste des sorties logiques de l'automate

Nous avons choisi de protéger chaque bobine des contacteurs par un disjoncteur au lieu d'utiliser un disjoncteur commun pour éviter un arrêt complet du système en cas d'un court circuit ou grillage d'une bobine.

Le tableau 4.2 nous donne la liste des sorties logiques de l'automate.

On utilise un commutateur pour basculer d'une bobine à l'autre (verrouillée mécaniquement) pour inverser le sens de rotation en cas d'un blocage pour faire sortir le chariot et ce, afin d'éviter la déformation de tiges de frappe par la chaleur interne élevée de la chaudière.

### 4.3.3 Schéma de signalisation

Le schéma suivant (fig. 4.6) donne le circuit de signalisation de l'automate.

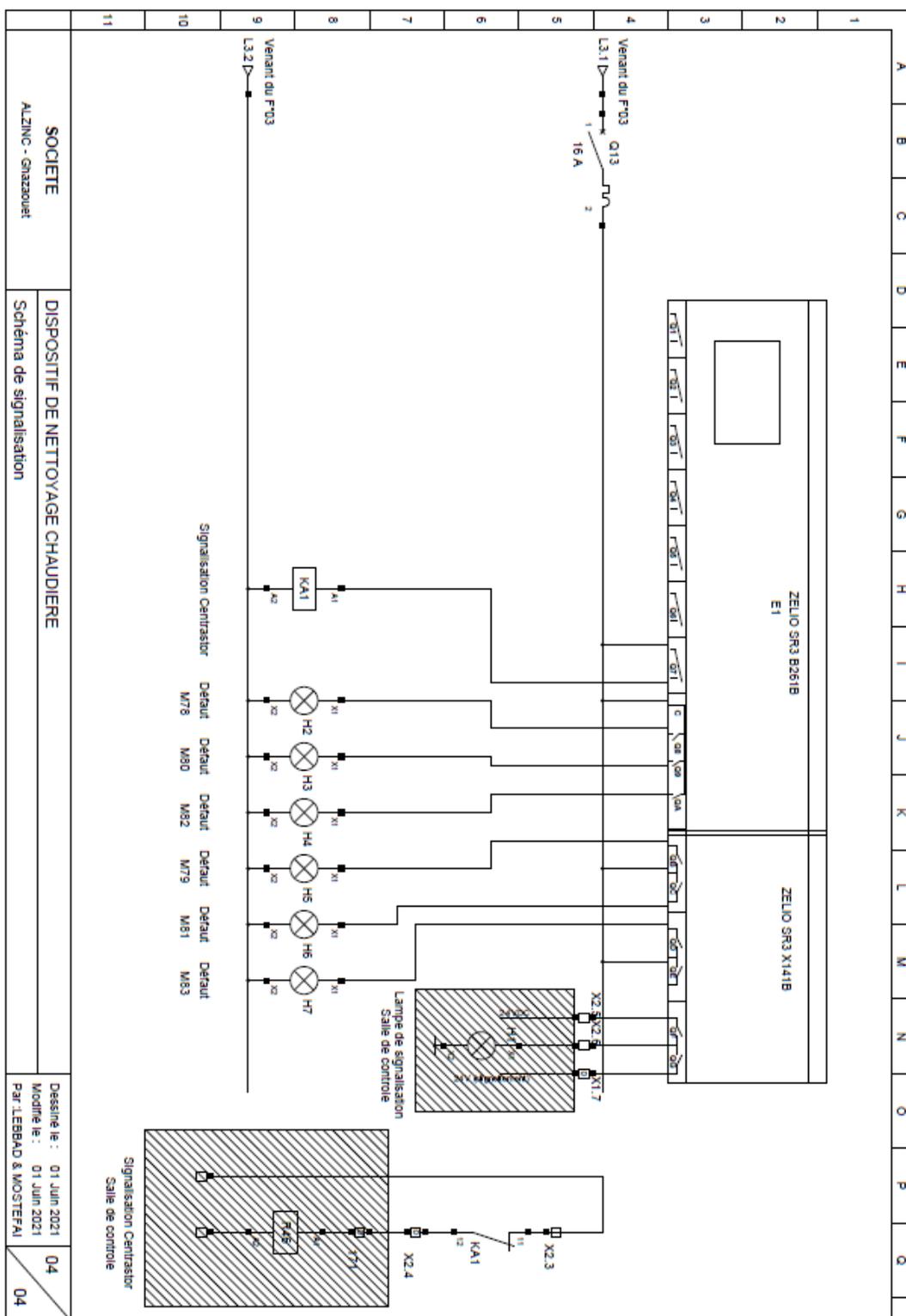


FIGURE 4.6 – Schéma du circuit de signalisation

A l'état normal le relais KA1 est activé, ce qui empêche l'activation du relais R46 (relais d'alarme sonore et lumineuse au niveau de la salle de contrôle).

En cas d'un défaut d'un moteur tel que :

- le déclenchement du disjoncteur de la bobine du contacteur,
- le déclenchement du disjoncteur du circuit de puissance du moteur par une surcharge ou un court circuit,

la lampe correspondante de signalisation de défaut s'allume, en plus le relais KA1 se désalimente, et son contact NC alimente le relais de signalisation R46 pour enclencher une alarme sonore et lumineuse au niveau de la salle de contrôle. L'appui sur le bouton de l'arrêt d'urgence, le déclenchement des disjoncteurs des arrivées 380V et 127V ou une panne de l'automate désactive aussi KA1 pour enclencher une alarme sonore et lumineuse au niveau de la salle de contrôle.

Pour la signalisation au niveau de la salle de contrôle, une lampe s'allume en 24VDC (fixe) à travers la sortie logique QF en cas de marche des moteurs. Mais en cas d'un défaut, cette lampe sera alimentée à travers la sortie logique QG par une tension discontinue 24V, ce clignotement averti les agents de présence d'anomalie au niveau de l'armoire de commande.

## 4.4 Programmation du programmeur à cames

Pour la programmation on choisi d'utiliser FBD, parce qu'il contient un programmeur à came M01B01 (Fig. 4.7).

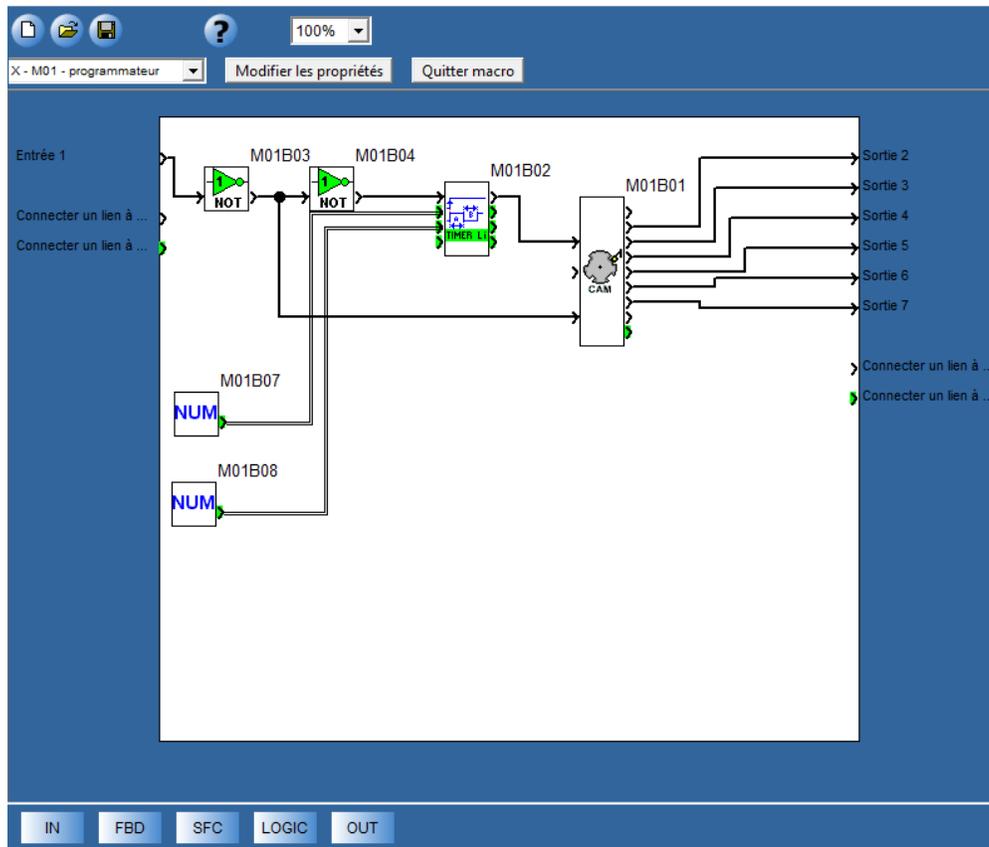


FIGURE 4.7 – macro du programmeur à cames

Ce composant contient huit sorties et 50 positions (ou pas), nous avons utilisé 30 positions. Le tableau de la configuration (Fig. 4.8) donne l'état des sorties à chaque pas, les sorties qui ont une valeur 1 sont actives et les autres avec la valeur 0 sont inactives.

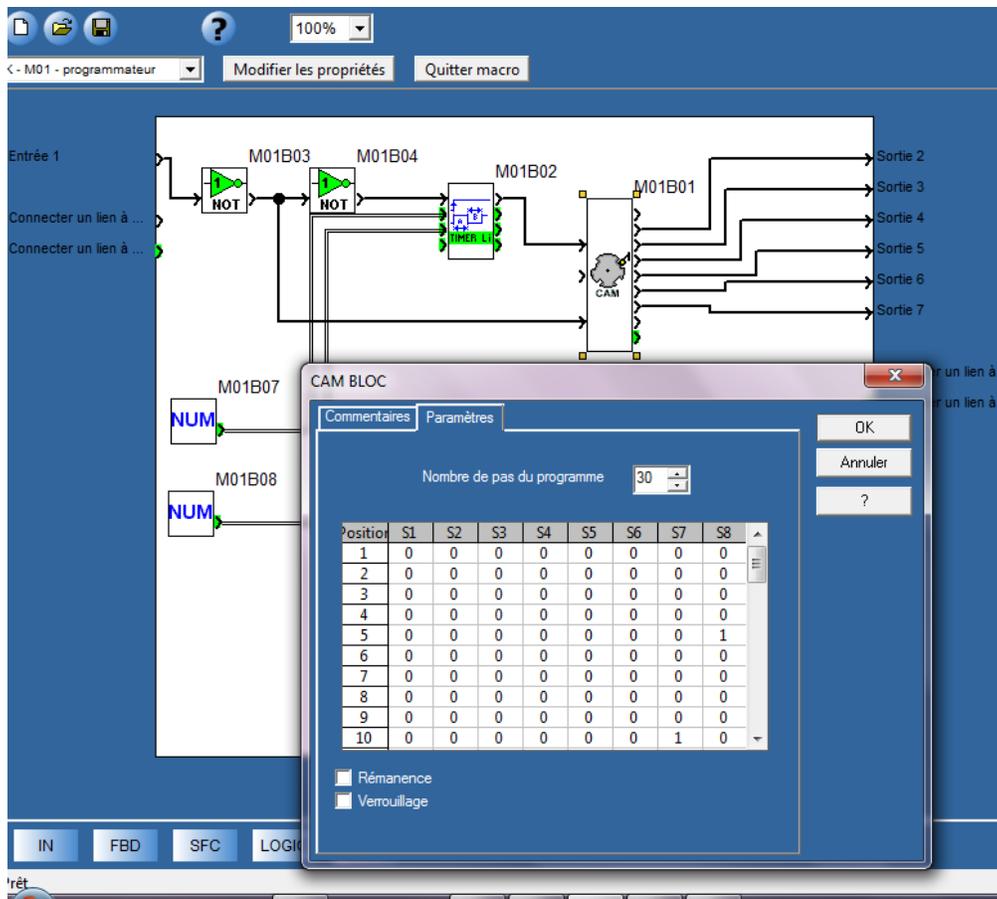


FIGURE 4.8 – Configuration du programmeur à cames

Le transfert d'une position à la suivante se fait à chaque front montant du Timer M01B02 (Fig. 4.9). L'activation du Timer se fait par l'entrée 1 qui est reliée au bouton "mise en marche" (l'entrée I1 de l'automate).

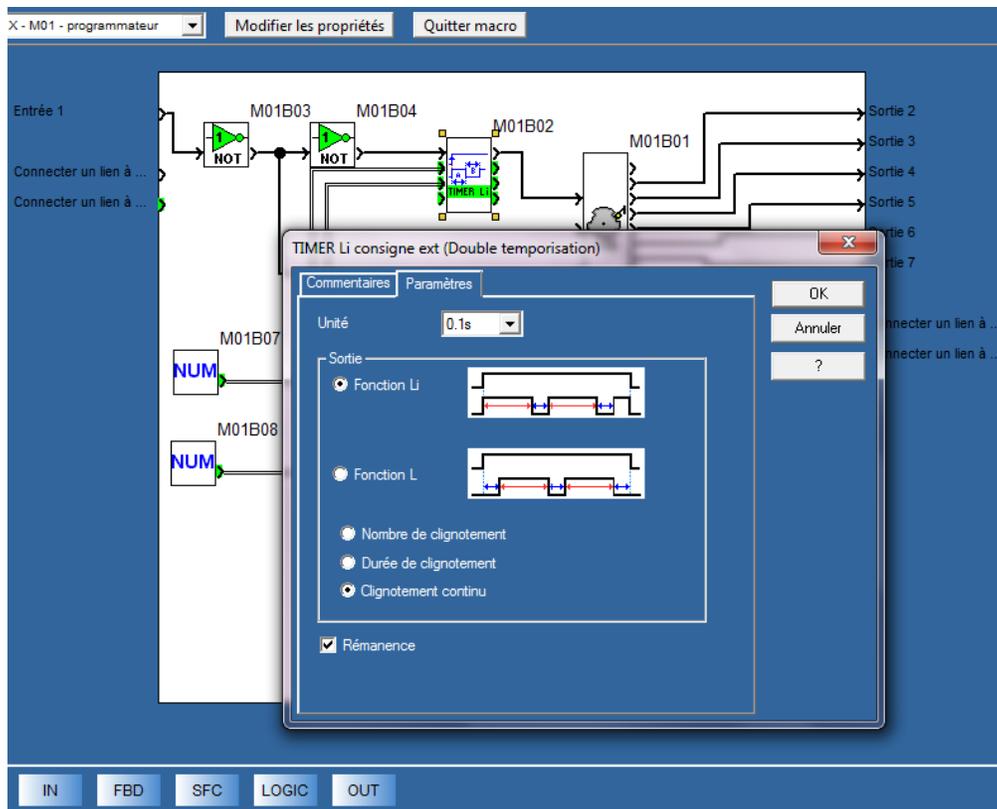


FIGURE 4.9 – configuration du Timer

La durée du niveau haut est donnée par la valeur du M01B07 (Fig. 4.10), et la durée du niveau bas est donnée par la valeur du M01B08 (Fig. 4.11).

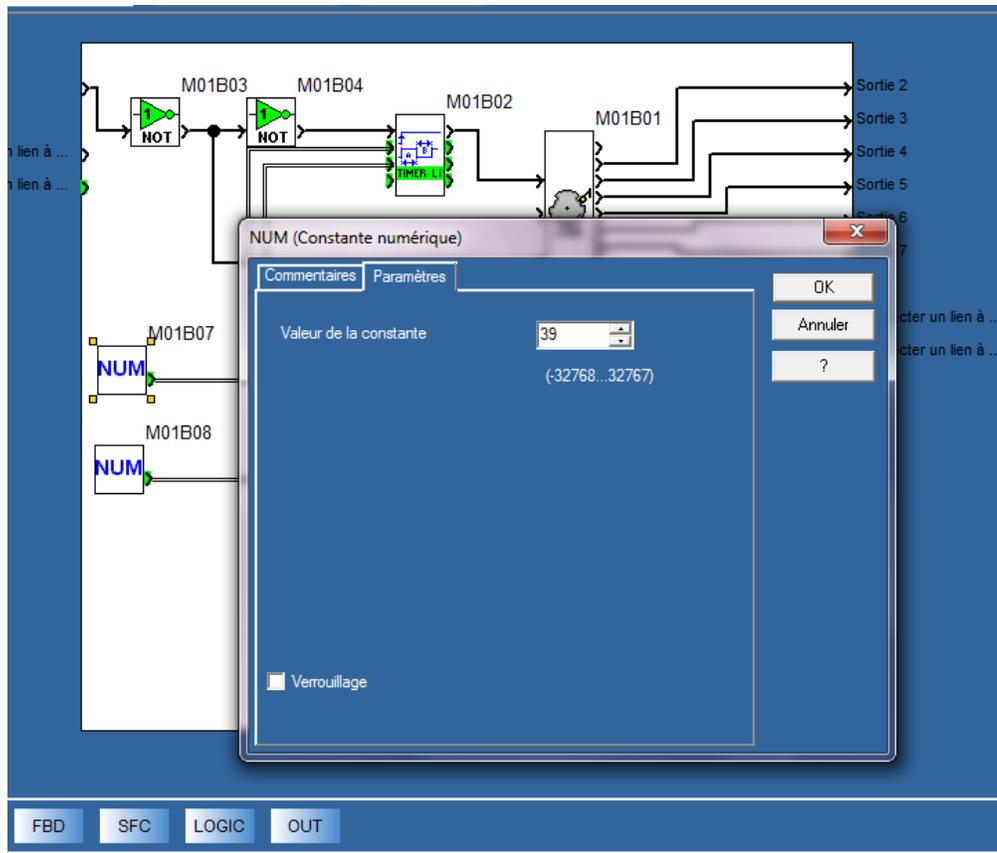


FIGURE 4.10 – configuration du niveau Haut du Timer

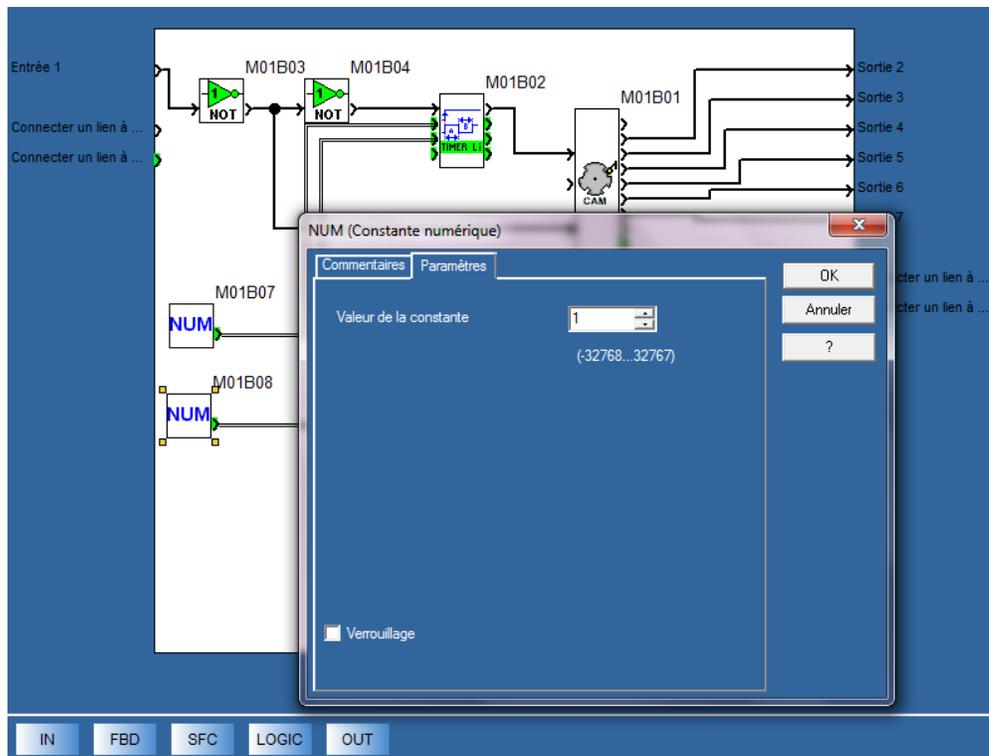


FIGURE 4.11 – configuration du niveau Bas du Timer

A l'arrêt du programmeur (l'entrée 1 est en position OFF), toutes les sorties seront mises à 0 par l'entrée Reset du programmeur à cames à travers la porte NOT (M01B03). Nous avons rempli le tableau de la configuration de sorte de donner le même chronogramme de l'ancien programmeur électromécanique.

## 4.5 Programmation du circuit de commande des moteurs

Dans cette partie, nous avons traduit l'ancien schéma par les portes logiques (Fig. 4.12). Pour les contacts en série, ils sont traduits par des portes logiques AND, et les contacts en parallèle sont traduits par des portes logiques OR.

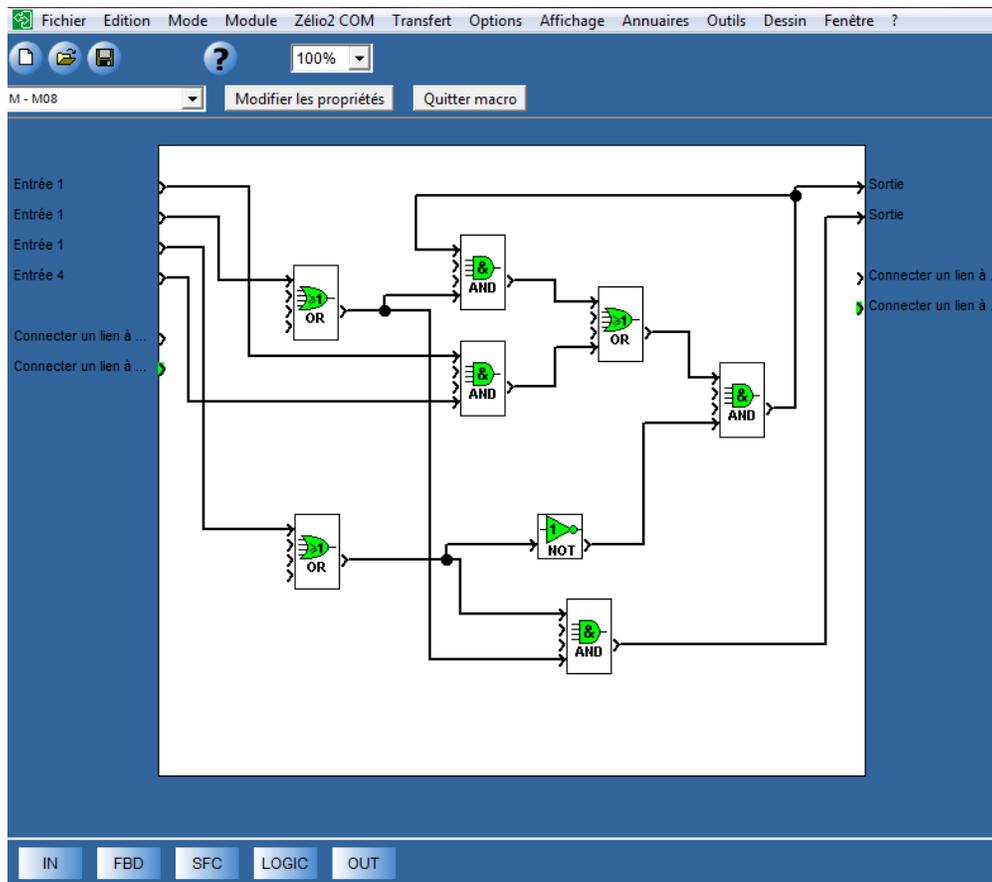


FIGURE 4.12 – Macro de la commande des moteurs

Les entrées de cette macro sont :

- entrée du commutateur ON/OFF,
- entrée de fin de course,
- entrée des contacts de défaut des disjoncteurs magnéto-thermiques.

Les sorties sont :

- une sortie du contacteur du moteur,
- une sortie de signalisation du défaut.

Chaque moteur est commandé par une macro (Fig. 4.13).

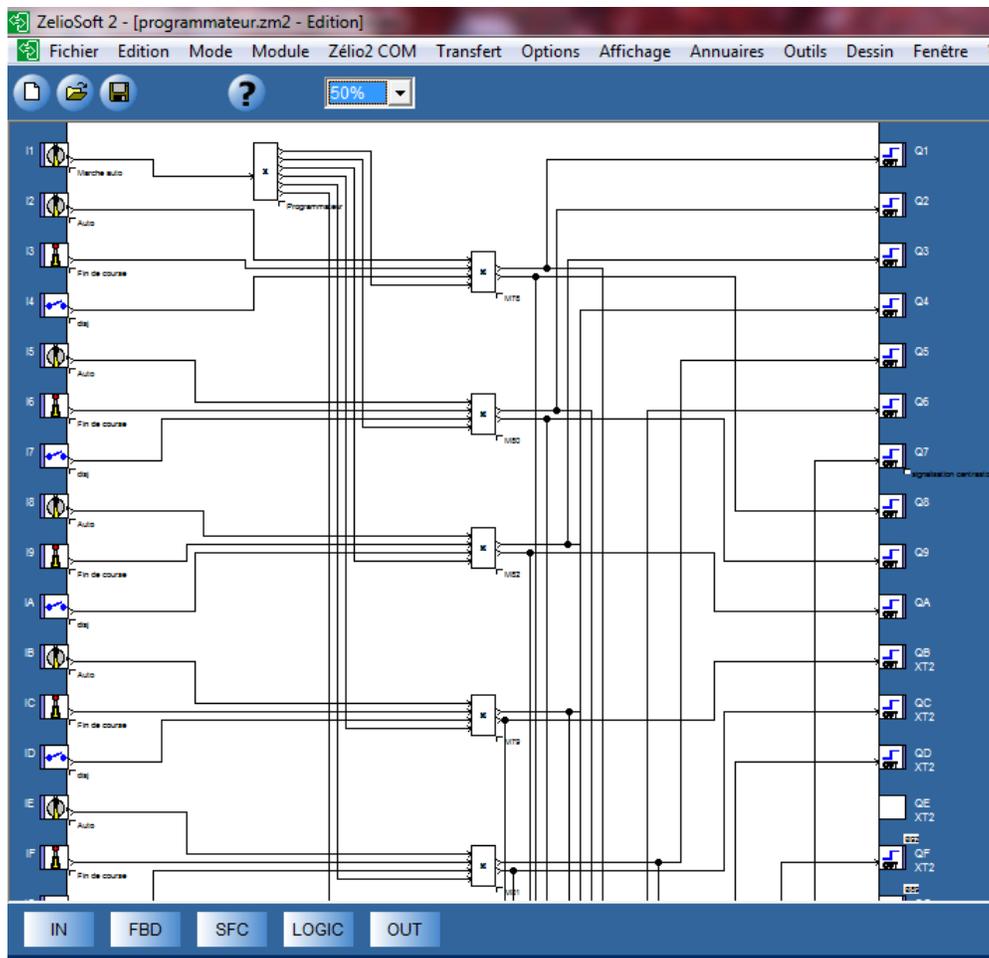


FIGURE 4.13 – Programmation de la commande des moteurs

## 4.6 Programmation du système de signalisation

Les portes logiques OR : B82, B83 et B88 ((Fig. 4.13) donnent la somme logique des sorties de "défaut" au niveau de macros de commande des moteurs, en plus les entrées IK (arrêt d'urgence) et IL (contact NC de disjoncteur Q7), le complément de ce résultat sera transféré à la sortie Q7 de l'automate pour commander le relais KA1 qui commande le relais R46 (relais des alarmes au niveau de la salle de contrôle) par son contact NC.

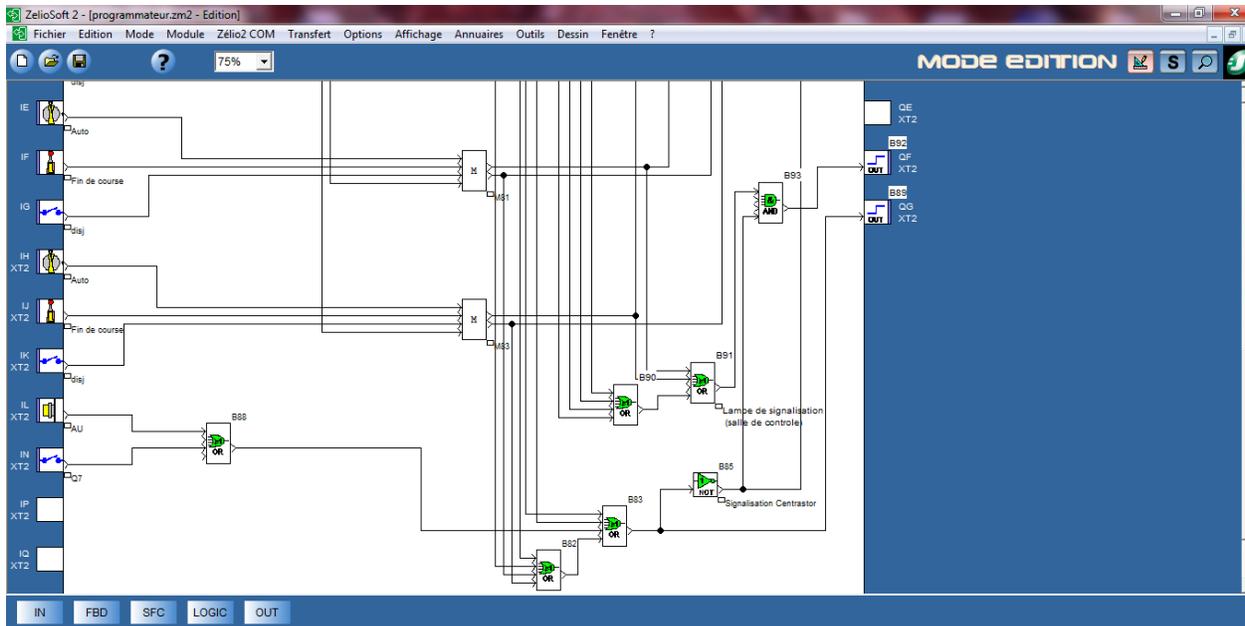


FIGURE 4.14 – programmation de système de signalisation

S'il n'y a aucun défaut, la sortie logique Q7 est activée ; donc le contact NC du relais KA1 est ouvert et R46 est désactivé. En cas de présence d'un défaut la sortie logique Q7 sera désactivée et le relais R46 sera alimenté, on aura dans ce cas une alarme au niveau de la salle de contrôle. En cas de marche d'un moteur, la lampe de signalisation H1 située à la salle de contrôle sera alimentée par une tension  $24VDC$ , mais en cas de présence d'un défaut cette lampe sera alimentée en priori par une tension  $24V$  de signal carré (clignotement).

## 4.7 Conclusion

Nous avons réussi dans cette partie à élaborer un schéma à base de l'automate ZELIO et à le programmer. Pour la protection des moteurs contre les surcharges et les court-circuits, nous avons utilisé des disjoncteurs magnéto-thermiques au lieu des sectionneurs et des relais thermiques, et pour la conversion du sens de rotation nous avons utilisé des contacteurs inverseurs au lieu des commutateurs.

# Conclusion générale

Dans ce projet de fin d'études, nous avons réussi à automatiser l'armoire du système de frappe de la chaudière du four du grillage au niveau de l'usine ALZINC-IMETAL en utilisant un automate programmable industriel, remplaçant ainsi l'ancien programmeur électromécanique devenu technologiquement obsolète et commercialement indisponible.

Ce travail nous a permis d'approfondir et d'enrichir nos connaissances dans le domaine des automates programmables surtout quand nous avons utilisé un automate ZILIO de SCHNEIDER et son logiciel ZILIO SOFT, ce qui totalement différent de ce que nous avons vu durant nos études académiques où nous avons utilisé des automates de SIEMENS et son logiciel TIA PORTAL.

La rénovation de l'armoire du système de frappe ouvrira la porte pour la rénovation des autres armoires à logique câblée en utilisant des automates dédiés, ce qui réduira la durée de la maintenance et facilitera les modifications en changeant seulement le programme au lieu de changer les relais et leur câblage. De plus, les API nous aideront à commander les installations à distance en branchant ces automates à un réseau informatique industriel.

# Bibliographie

- [1] [electrotoile.eu/automate-zelio-logic-2-schneider.php](http://electrotoile.eu/automate-zelio-logic-2-schneider.php).
- [2] <http://alzinc.e-monsite.com/pages/maintenance.html>.
- [3] [www.amazon.fr/schneider-electric-intelligent-modulaire-8-thermique/dp/b003a6aa7y](http://www.amazon.fr/schneider-electric-intelligent-modulaire-8-thermique/dp/b003a6aa7y).
- [4] [www.automation-sense.com/blog/automatisme/le-langage-ladder-pour-les-nuls.html](http://www.automation-sense.com/blog/automatisme/le-langage-ladder-pour-les-nuls.html).
- [5] [www.slideplayer.fr/slide/1779695/](http://www.slideplayer.fr/slide/1779695/).
- [6] [www.cours-et-exercices.com/2014/05/expose-sur-lautomates-programmables.html](http://www.cours-et-exercices.com/2014/05/expose-sur-lautomates-programmables.html). 2014.
- [7] [www.automation-sense.com/blog/automatisme/moteur-asynchrone.html](http://www.automation-sense.com/blog/automatisme/moteur-asynchrone.html). 2015.
- [8] [www.docplayer.fr/44561439-les-contacteurs-hb-pour-melec-juin-2016-v1-0.html](http://www.docplayer.fr/44561439-les-contacteurs-hb-pour-melec-juin-2016-v1-0.html). 2016.
- [9] [www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/les-automates-programmables-industriels-api.htm](http://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/les-automates-programmables-industriels-api.htm). 2017.
- [10] [www.sciotech.fr/architectures-des-automates-programmables-industriels/](http://www.sciotech.fr/architectures-des-automates-programmables-industriels/). 2020.
- [11] BELGASSEM. Présentation d'alzinc. Technical report, ALZINC, 2010.
- [12] CROUZET. Catalogue controle. 2010.
- [13] Mme EL HAMMOUMI. *Cours Automatismes Logiques & Industriels –GE1*.
- [14] MECHIM. Plan n 413 : Mécanisme de ringardage. Technical report, 1970.
- [15] MECHIM. Plan n 7142 : Chaudière de récupération - calorifuge -. Technical report, 1971.