

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la A Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie Electrique

Spécialité : ELECTROTECHNIQUE INDUSTRIELLE

Présenté par
Chahinase TEMMAR
Halim TABBOU

Thème

L'ETUDE, L'AUTOMATISATION ET LA REALISATION D'UNE ARMOIRE ELECTRIQUE POUR UN MONTE-CHARGE

Mémoire soutenu publiquement le 04 juillet 2018 devant le jury composé de :

M Rabah KHALDI

Maitre Assistant classe A, UMMTO, Président

M Nabil BENYAHIA

Maitre de Conférences classe A, UMMTO, Promoteur

M Hakim DENOUN

Maitre de Conférences classe A, UMMTO, Co-promoteur

M Arezki FEKIK

Docteur, UMMTO, Examineur

Remerciements

Avant tout, nous tenons à remercier DIEU qui nous a donné le courage, la santé et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre promoteur Mr BENYAHIA Nabil qui nous a inspiré à aborder le thème de notre projet de fin d'études, nous le remercions pour sa confiance, ses conseils et son aide précieux.

Nous tenons aussi à remercier notre Co-promoteur Mr DENOUN Hakim pour son immense aide, sa patience et ses conseils judicieux.

Nous tenons à remercier notre enseignant Mr FEKIK Arezki pour son immense aide, sa patience, sa disponibilité et ses conseils judicieux pendant la période de la réalisation de ce projet.

Qu'ils trouvent ici le témoignage de notre profonde gratitude.

Nous voudrions également remercier les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques.

A tous nos enseignants qui nous ont aidé durant notre cursus, en signe d'un profond respect et d'une profonde gratitude.

A tous qui nous ont aidés de près ou de loin pour réaliser ce travail.

Merci à vous tous

Merci 

DEDICACES

Nous dédions ce travail à:

Nos mères, sources de tendresse et d'amours pour leurs soutiens tout le long de notre vie scolaire.

Nos pères, qui nous ont toujours soutenus et qui ont fait tout possible pour nous aider.

Nos frères et nos sœurs, que nous aimons beaucoup.

Nos Grands parents.

Nos cher ami (e) s, et enseignants.

Tout qu'on collaboré de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Que dieu leur accorde santé et prospérité

Chahinase & Halim

Résumé

Les besoins de l'être humain l'ont motivé à la créativité et l'innovation. Parmi ses réalisations, on distingue les appareils de levage tels que les monte-charges. Mais ses ambitions ne s'arrêtent pas à ce stade. La facilité de la vie des humains est son grand objectif, donc il cherchait toujours les moyens d'économiser leurs efforts, d'où l'homme a pu conclure que l'automatisation des systèmes devient de plus en plus une nécessité. La contribution qu'apporte ce projet de fin d'études consiste à la mise en œuvre des systèmes automatisés par exemple un monte-charge) pilotés par un automate programmable industriel.

Au départ, on a établi une présentation générale des monte-charges (définition, historique, principe de fonctionnement, domaine d'utilisation...etc.).

En suite, on a effectué le dimensionnement de l'armoire électrique, en calculant les sections des conducteurs. En plus de cela, on a élaboré les moyens de protections pour assurer la sécurité des personnes et du matériel. Puis, on a cité quelques caractéristiques principales de l'automate utilisé (**S7-300**).

Dans une dernière étape, on a étudié et validé pratiquement la réalisation et l'automatisation de l'armoire électrique pour un monte-charge, où nous avons illustré les techniques utilisées dans la programmation, en donnant un aperçu sur l'utilisation du logiciel S7-PLCSIM, qui nous a permis de tester le programme élaboré dans le **STEP7**.

Mots clés: monte-charge, moteur, armoire électrique, API, GRAFCET, système automatisé, logiciel **S7-PLCSIM**.

Abstract

The needs of the human beings motivated them to create and innovate. Among these achievements, there are lifting devices such as freight elevators. But these ambitions do not stop at this stage. The ease of human life is their great objective, so they were always looking for ways to save their efforts, from which man was able to conclude that automation of systems is becoming more and more of a necessity. The contribution of this end-of-studies project is the implementation of automated systems such as a freight elevator driven by an industrial programmable logic controller.

Initially, a general presentation of the freight elevators (definition, history, principle of operation, field of use, etc.) was established.

Subsequently, we have taken the dimensions of the electrical cabinet by calculating the sections of the conductors. In addition to that, we highlighted the protection methods to ensure the safety of people and equipment. Then, some main characteristics of the automaton used (**S7-300**) were mentioned.

In a last step, we practically studied and validated the realization and automation of the electrical cabinet for a freight elevator, where we illustrated the techniques used in programming, giving an overview on the use of the **S7-PLCSIM** software, which allowed us to test the program developed in **STEP7**.

Key words: freight elevator, engine, electrical cabinet, PLC, GRAFCET, automated system, S7-PLCSIM software.

ملخص

إن الضرورة دفعت الإنسان إلى الإبداع و الابتكار حيث توصل للعديد من الإنجازات منها مصاعد البضائع إلا أن طموحاته لم تتوقف عند هذا الحد، و لأن جعل حياة البشر أسهل لطلما كانت غايته الأسمى سعى دائما لإيجاد طرق لتوفير الجهد مما جعله يتوصل إلى أن أتمتة الأنظمة (أي جعلها أوتوماتيكية/ آلية) أصبح أكثر من ضرورة. يسهم مشروع التخرج هذا في تطبيق الأنظمة الأوتوماتيكية/الآلية مثل مصاعد البضائع التي يديرها متحكم صناعي قابل للبرمجة. تم في البداية تقديم عرض عام حول مصاعد البضائع (تعريف، تاريخ، مبدأ العمل، مجال الإستعمال... إلخ).

و من ثم قمنا بأخذ أبعاد الخزانة الكهربائية عن طريق حساب مساحات نواقل الكهرباء. و بالإضافة إلى ذلك تطرقنا إلى طرق الحماية التي تضمن سلامة البشر و التجهيزات. و بعد ذلك تم التعرض إلى بعض خصائص الإنسان الآلي (**S7-300**).

و كآخر خطوة قمنا بدراسة عملية تحققنا فيها من إنجاز و أتمتة الخزانة الكهربائية الخاصة بمصعد البضائع حيث قمنا بشرح التقنيات المستعملة في البرمجة مع تقديم نظرة عامة و شاملة حول إستخدام برنامج **S7-PLCSIM** و الذي سمح لنا بإختبار البرنامج الذي طورناه في **STEP7**.
كلمات مفتاحية: مصعد البضائع، محرك، خزانة كهربائية، PLC، GRAFCET، النظام الآلي/ الأوتوماتيكي، برنامج **S7-PLCSIM**.

Sommaire

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I

Présentation générale d'un monte-charge

I.1- Introduction.....	3
I.2- Définition.....	4
I.3- Historique.....	4
I.4- Les composants d'un monte-charge.....	5
I.4.1- La gaine.....	5
I.4.2- Les portes palières.....	7
I.4.3- La cabine ou benne.....	9
I.4.4- La machinerie.....	10
I.4.5- Les éléments de manœuvre et de signalisation.....	12
I.4.6- Capteurs de positions et de sécurités.....	13
I.5- Principe de fonctionnement d'un monte-charge.....	13
I.6- Domaine d'utilisation.....	15
I.7- Conclusion.....	15

Chapitre II

Dimensionnement et réalisation de l'armoire électrique

II.1- Introduction.....	16
II.2- Les différentes étapes de la réalisation de l'armoire électrique.....	17
II.2.1- Collecte d'informations.....	17
II.2.2- Le choix des organes de commande.....	18
II.2.3- Le choix de l'alimentation stabilisé AC/DC.....	18
II.2.4- Les types de démarrage du moteur.....	19
II.2.5- Dimensionnement des sections des conducteurs et des protections.....	21
II.2.6- Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire.....	46
II.2.7- Choix du coffret du câblage.....	47
II.2.8- Le choix de ventilation.....	49
II.2.9- Matériels de fixation des appareils.....	49
II.2.10- La réalisation du câblage de l'armoire.....	51
II.2.11- Essai.....	52
II.3- Conclusion.....	52

Sommaire

Chapitre III

Les Automates Programmables Industriels « API »

III.1- Introduction.....	53
III.2- Définition.....	53
III.3- Historique.....	54
III.4- Les rôles de l'automate.....	55
III.5- Systèmes automatisés de production.....	55
III.6- Choix d'un automate.....	57
III.7- Architecture des automates.....	57
III.7.1- Structure extérieure.....	57
III.7.2- Structure interne.....	59
III.8- Principe de fonctionnement d'un automate.....	60
III.9- Domaine d'emploi des automates.....	61
III.10- Présentation des langages de programmation d'un API.....	61
III.11- Les avantages et inconvénients d'un automate.....	62
III.11.1- Les avantage.....	62
III.11.2- Les inconvénients.....	62
III.12- Conclusion.....	63

Chapitre IV

La réalisation et l'automatisation de l'armoire électrique pour un monte-charge

IV.1- Introduction.....	64
IV.2- Le matériel utilisé pour la réalisation de l'armoire électrique.....	64
IV.3- Le choix du S7-300.....	64
IV.4- Présentation générale de l'automate S7-300.....	64
IV.5- Caractéristiques de l'automate S7-300.....	65
IV.6- Constitutions de l'automate S7-300.....	66
IV.6.1- Module d'alimentation (PS).....	66
IV.6.2- L'unité centrale.....	67
IV.6.3- Module d'entrées/sorties.....	68
IV.7- Les blocs de l'automate S7-300.....	70
IV.7.1- Blocs OB.....	70
IV.7.2- Blocs DB.....	70
IV.7.3- Blocs FB.....	70

Sommaire

IV.7.4- Fonction FC.....	70
IV.8- Programmation du monte-charge avec logiciel STEP7.....	71
IV.8.1- Présentation du logiciel STEP7.....	71
IV.8.2- Création d'un projet sous STEP7.....	72
IV.8.3- Configuration matérielle.....	75
IV.8.4- Table mnémoniques.....	76
IV.9- Projet sous STEP7.....	76
IV.10- Simulation du programme avec S7-PLCSIM.....	78
IV.10.1- Présentation du logiciel de simulation.....	78
IV.10.2- Simulation du programme élaboré.....	79
IV.10.3- Exemple de simulation du programme.....	81
IV.11- La comparaison entre la logique câblée et la logique programmée.....	90
IV.11.1- La logique câblée.....	89
IV.11.2- Les avantages et inconvénients.....	91
IV.11.3- La logique programmée.....	91
IV.11.4- Les avantages et inconvénients.....	92
IV.12- Conclusion.....	92
Conclusion générale.....	93

Annexe

Bibliographie

L'énergie électrique est l'un des moteurs du développement de la vie quotidienne de l'être humain. La civilisation industrielle s'est bâtie autour de l'exploitation de cette énergie renouvelable avec les différents équipements pour faciliter la vie des humains et rendre l'impossible possible.

Cette révolution a permis l'émergence de la notion dans différents domaines pour atteindre tous les objectifs des humains, elle a permis aussi d'inventer différents appareils de levage. Parmi ces appareils on distingue les monte-charges.

Un monte-charge est un appareil élévateur qui assure le déplacement vertical des charges de plusieurs tonnes, mais il est aussi utilisé pour des faibles applications, tel que les documents pour les bureaux et les administrations.

Les ambitions et l'imagination de l'Homme n'ont jamais cessé à ce stade, mais il cherchait toujours le moyen d'économiser ses efforts. Il pensait à l'outil qui lui permettra de transférer tout ou une partie des tâches de coordination auparavant exécutées par des opérateurs humains, dans un ensemble d'objets techniques. L'arrivée récente des systèmes automatisés permet d'éliminer un bon nombre des travaux pénibles et de réaliser des tâches répétitives et fastidieuses.

Dans ce cadre, et afin de réaliser notre projet de fin d'études, on a fait une étude sur l'automatisation et la réalisation de l'armoire électrique pour un monte-charge.

L'objectif principal de notre travail est:

- L'étude et l'automatisation d'un monte-charge pour faire déplacer un chariot à différents niveaux.
- L'étude et la réalisation de l'armoire électrique, faire le câblage du circuit de puissance et de commande.
- La mise en œuvre d'un automate programmable industriel, en l'appliquant pour un monte-charge.

Pour y répondre, nous avons réparti ce travail en quatre chapitres:

Le premier chapitre porte des généralités sur le monte-charge telle que sa définition ainsi son historique, ses différents compartiments, son principe de fonctionnement, son schéma électrique et son domaine d'utilisation.

Le deuxième chapitre est consacré au choix et le dimensionnement de l'armoire électrique à savoir les conducteurs et les protections des personnes et des équipements, ainsi que les étapes de réalisation de cette dernière.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation des automates programmables industrielles, en donnant leur définition et historique, précisant l'objectif de ces systèmes automatisés, ainsi que le critère du choix de l'automate et son architecture sans oublier son principe de fonctionnement, le domaine et le rôle d'un API. Citons aussi les différents modes et langages pour la programmation de ce dernier, puis ses avantages et inconvénients.

Le quatrième chapitre porte sur la réalisation et l'automatisation d'une armoire électrique pour un monte-charge.

A la fin, nous présenterons la conclusion de cette étude ainsi que les perspectives envisageables pour la suite de ce travail.

I.1- Introduction

Depuis la plus haute antiquité les hommes ont cherché un moyen de favoriser le déplacement vertical des charges. La construction des pyramides, l'architecture romaine et leurs vestiges nous en laissent les preuves.

Jusqu'à la renaissance c'est surtout le transport et le levage des marchandises qui préoccupent les inventeurs, puis au XVIIème et XVIIIème siècles apparaissent de nouveaux besoins en matière de transports des personnes, mais c'est au XIXème siècle que le transport des personnes et des charges prend toute son importance [1].

Plusieurs types d'énergie ont été adaptés aux appareils de levage, dont notamment, la force hydraulique et la vapeur. Une machine à vapeur actionnait le câble par l'intermédiaire de poulies. Enfin, l'Homme n'avait plus qu'à actionner une manette pour soulever les plus lourdes charges.

Ainsi, on a pu élever les usines et les bâtiments, ou descendre plus profond sous terre pour extraire les richesses du sous-sol [2].

En effet, nous aborderons dans ce chapitre quelques généralités sur le monte-charge telle que sa définition ainsi que son historique, ses différents compartiments, son principe de fonctionnement, son schéma électrique, son domaine d'utilisation.

Enfin, on termine ce chapitre avec une conclusion.

I.2- Définition

Un monte-charge est un appareil élévateur installé à demeure, desservant des niveaux définis, comportant une cabine inaccessible aux personnes par ses dimensions et sa constitution, se déplaçant au moins partiellement le long de guides verticaux ou dont l'inclinaison sur la verticale est inférieure à 15 degrés (15°) [1], [2].

I.3- Historique

Bien que l'architecte romain Vitruve attribue la découverte du treuil à Archimède en l'an 236 avant J.C, il semble bien que la construction des pyramides d'Egypte (environ de 3000 avant J.C.), n'ait pu être réalisée sans treuil. Une belle invention, ce treuil, puisqu'il permet, grâce à la poulie, de déporter le sens de l'effort et, grâce à la corde, de multiplier à volonté le nombre d'ouvriers devant soulever un poids. Le recours à un grand nombre d'intervenants n'étant pas toujours pratique, il fallait trouver une solution pour diminuer l'effort de traction. Ce sont sans doute les Romains qui ont résolu ce délicat problème.

Pour assouvir leur passion des jeux, les Romains ont construit des cirques dont la machinerie était très complexe, permettant des jeux de scènes à faire pâlir la majorité de nos théâtres modernes. Les gladiateurs avaient les honneurs de cabines hissées par un système de cabestan, poulies et cordes.

A Rome, des archéologues ont trouvé au Colisée et dans les Palais des Césars, des gaines verticales correspondant, vraisemblablement, à l'installation de monte-charge. Avec ou sans contrepoids, les systèmes de levage vont se multiplier au fil des siècles pour transporter toujours plus lourd, pour construire toujours plus haut. Mais son déplacement est assuré par la traction à bras, ce qui n'était pas vraiment pratique... ni très sûr. Il fallut attendre le XIXème siècle pour, enfin, motoriser ce qui allait devenir l'ascenseur ou le monte-charge moderne.

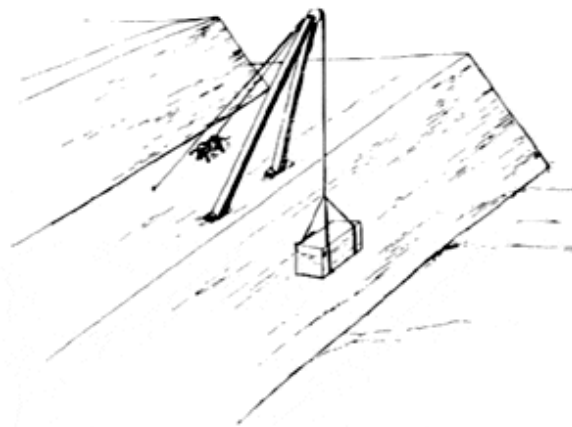


Figure I.1: Le treuil en l'an de 236 avant J.C [2].

En 1853 l'américain *Elisha Graves Otis*, maître mécanicien, met au point le parachute, système de sécurité destiné à retenir les monte-charge en cas de rupture de câble. Il en démontre la pertinence lors d'une exposition dans le hall du Crystal Palace, hall d'exposition à New York. Révolutionnaire, le parachute rend possible le développement du transport vertical des personnes. En mars 1857, l'inventeur installe le premier appareil à usage public dans le magasin de porcelaine *E.U.Haughtwout et Cie*, haut de cinq étages. D'une capacité de quatre cent cinquante kg, et activé par une machine à vapeur, il atteint la vitesse de 0,2 mètre/seconde.

Aujourd'hui les monte-charge meublent notre quotidien professionnel, de quelques kilos à plusieurs tonnes ils transportent en toute sécurité les charges les plus diverses. Soumis à une législation très stricte en matière de sécurité, ils nécessitent un entretien préventif au même titre que les ascenseurs et ce même s'ils ne transportent pas de personnes.

I.4- Les composants d'un monte-charge

Un monte-charge est constitué essentiellement de quatre (04) compartiments principaux :

- La gaine.
- Les portes palières.
- La cabine ou benne.
- La machinerie.
- Eléments de manœuvre et de signalisation.
- Capteurs de position et de sécurité.

I.4.1- La gaine

Un monte-charge est constitué d'une gaine recevant l'ensemble des éléments composant l'installation. La gaine est suivant la taille des monte-charge soit une trémie en béton pour les charges importantes, soit une structure autoporteuse en acier pour les montes plats et monte documents [2].



Figure I.2: La gaine d'un monte-charge [2].

Cette gaine est équipée :

➤ **De rails de guidage de la cabine**

A la partie supérieure et inférieure de la gaine, ces rails reçoivent des butées qui assurent l'arrêt de la benne en cas de non fonctionnement des sécurités électriques [2].



Figure I.3: Les rails de guidage de la cabine [2].

(1): Les rails de guidage.

➤ **De deux (02) portes palières :**

Elles sont montées à l'intérieur de la gaine qui équipe la face de service à chaque niveau [2].



Figure I.4: Les deux portes palières montées à l'intérieur de la gaine [2].

- De capteurs de position et de sécurité répondant aux fonctions élémentaires

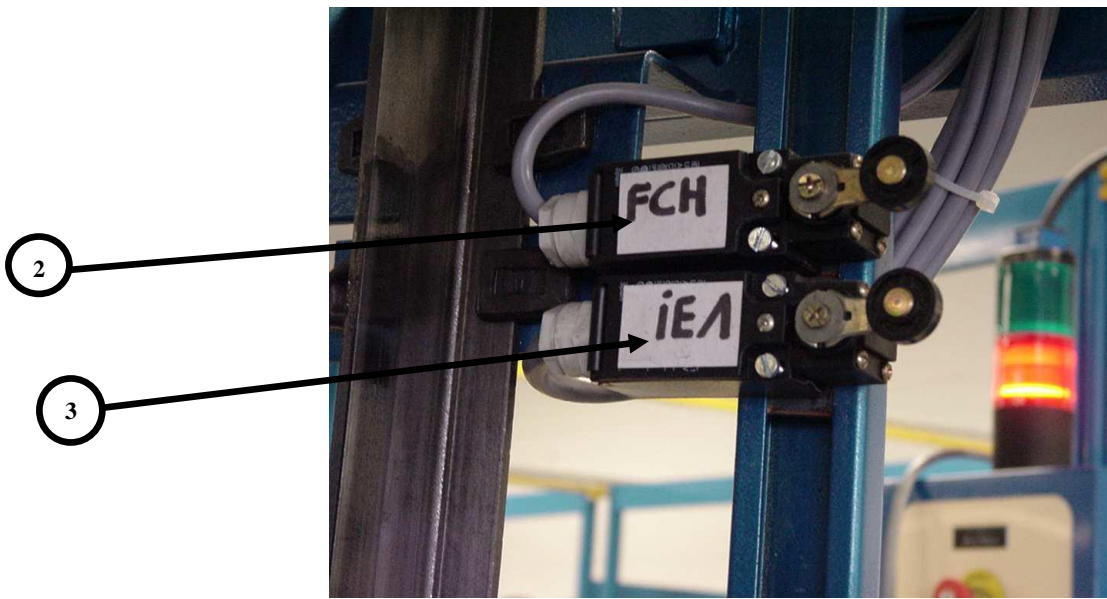


Figure I.5: Les capteurs de position et de sécurité [2].

(2) : Capteur de position

(3) : Capteur de sécurité

I.4.2- Les portes palières: On distinguera deux (02) types de porte :

- Les portes de type "GUILLOTINE": Elles sont constituées de deux vantaux s'ouvrant verticalement.



Figure (I.6): Une porte de type "GUILLOTINE" [2].

- Les portes de type "BATTANTE": La porte s'ouvrira vers l'avant.



Figure (1.7): Une porte de type " BATTANTE" [2].

❖ Remarque

La fermeture des portes est contrôlée par des serrures de sécurité qui en interdisent l'ouverture lorsque la benne n'est pas au niveau. Ces serrures sont équipées de contacts qui interdisent le déplacement de la benne lorsque la porte n'est pas fermée.

La figure (I.8) illustre une serrure de sécurité.

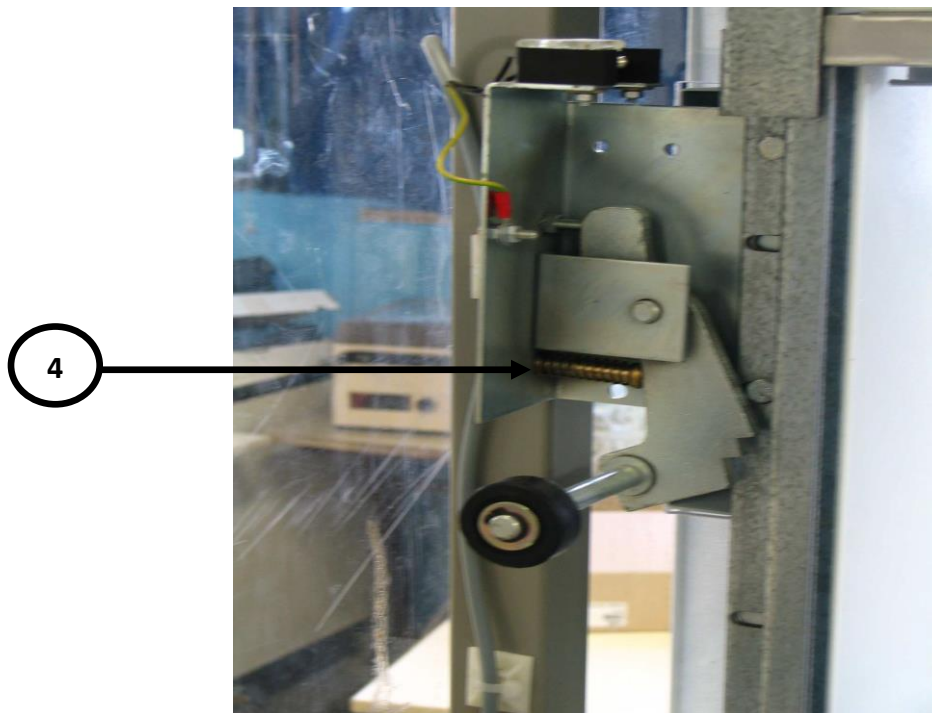


Figure (I.8): Une serrure de sécurité [2].

(4) : Une serrure de sécurité

I.4.3- La cabine ou benne

Fabriquée en tôle d'acier elle supportera les charges à transporter. Elle est constituée d'un corps qui supporte les "coulisseaux" de guidage de la benne sur les rails et la came de commande qui actionnera les contacts de sécurité et d'automatisme placés en gaine.

La figure (I.9) illustre la cabine(ou benne) d'un monte-charge ainsi ses constituants (les coulisseaux de guidage, la came de commande) [2].

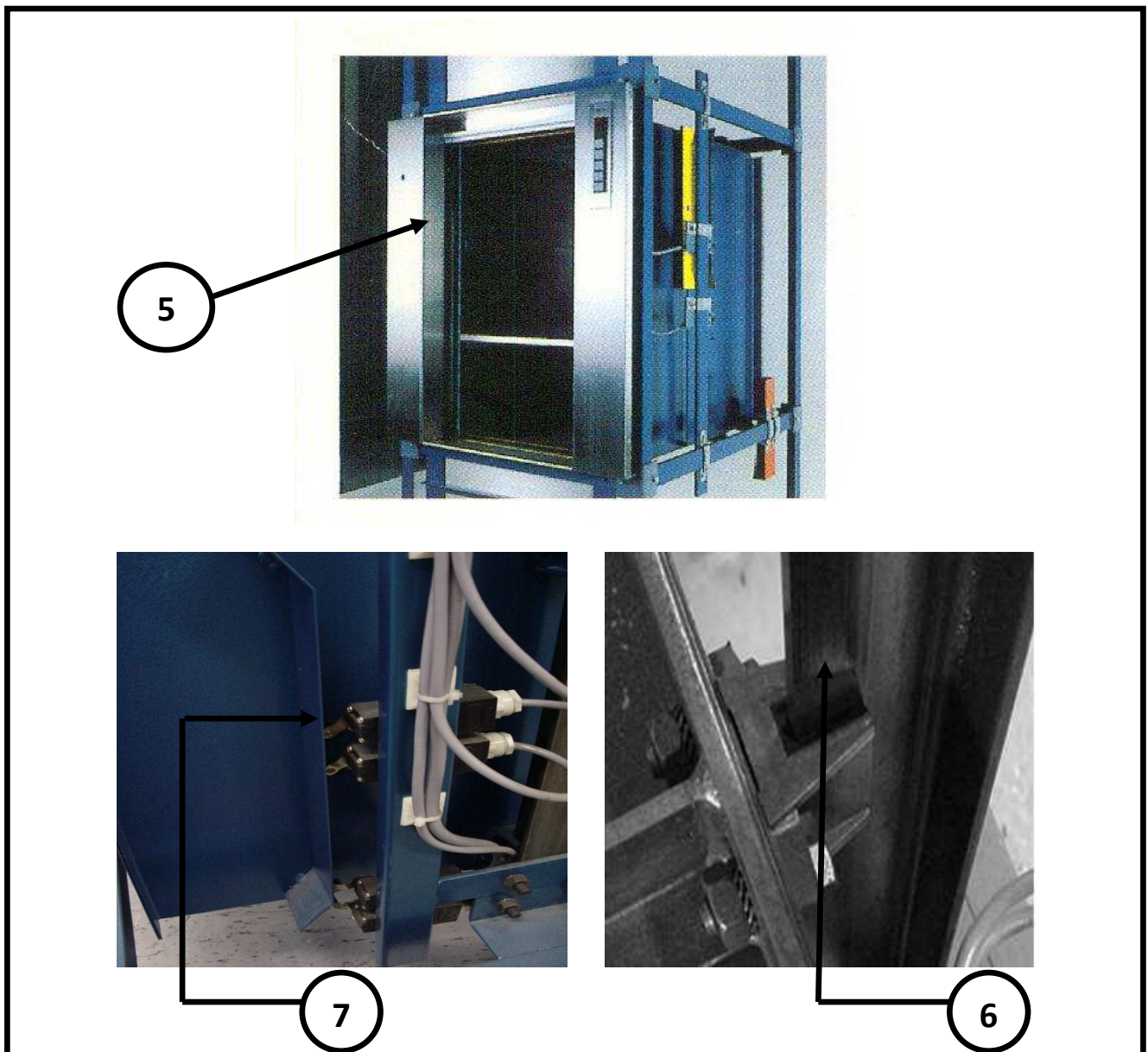


Figure (I.9): La cabine (ou la benne) ainsi que sa constitution [2].

(5) : La cabine (ou benne).

(6) : Les coulisseaux de guidage.

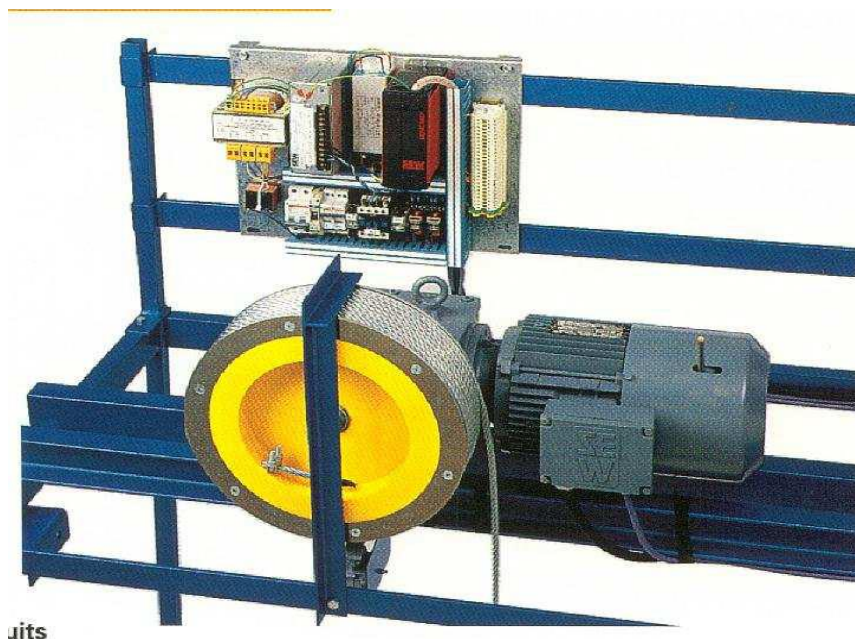
(7) : La came de commande.

I.4.4- La machinerie

En haut de la gaine on trouvera la machinerie du monte-charge. La machinerie intègre le tableau électrique, l'armoire de manœuvre, le treuil et les éventuels éléments de sécurité (limiteur de vitesse) [2].

➤ I.4.4.1- Le treuil

On appelle treuil le motoréducteur-frein équipé d'un volant pour les manœuvres de secours. Le motoréducteur entraîne, sur son arbre lent, un tambour sur lequel viendra s'enrouler le câble de traction de la benne [2].



uits

Figure (I.10): Le treuil (où le motoréducteur-frein) [2].

➤ I.4.4.2- L'armoire de manœuvre

Elle regroupe les éléments de puissance, de sécurité et de gestion de l'automatisme de l'application monte-charge. On trouvera des armoires faisant appel à des technologies à relais ou à Microprocesseur suivant l'âge de l'appareil.

Pour la partie puissance et suivant la charge, on trouvera des solutions très diverses allant de l'inverseur classique à la variation de vitesse sans oublier les monte-charge oléo-dynamiques [2].

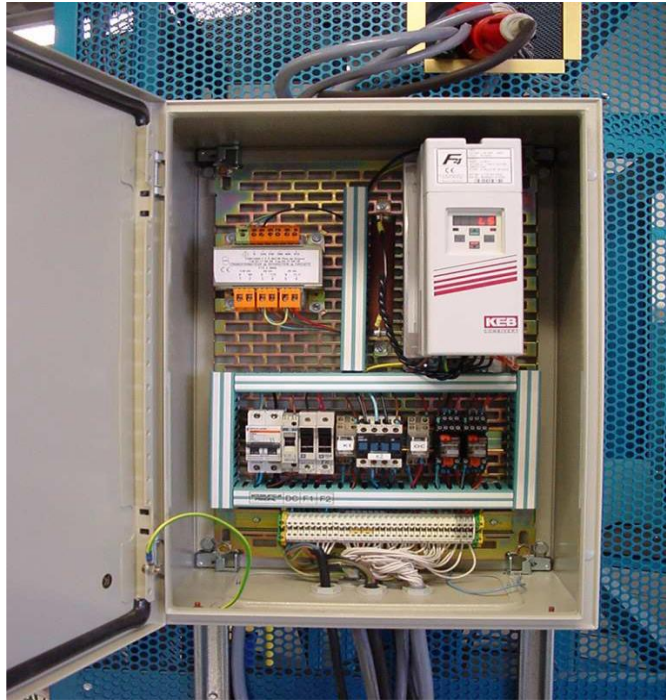


Figure (I.11): L'armoire de manœuvre [2].

➤ 1.4.4.3-Le moto réductrice

Le motoréducteur est un ensemble constitué d'un réducteur déjà équipé d'un moteur électrique et prêt à être monté sur les installations.

L'usage d'un réducteur est rendu nécessaire pour réduire la vitesse des moteurs électriques qui est généralement de 1500tr/min (pour une fréquence d'excitation de 50 Hz).

- **Un moteur électrique** : de type triphasé à cage, équipé d'un électro-frein à freinage pas manque de courant.
- **Un réducteur** : à roue et vis sans fin qui est composé d'un ensemble arbre et vis sans fin guidé par un montage de roulements à billes, il est emmanché sur l'arbre du moteur électrique. Un arbre secondaire sur lequel est claveté un pignon roue [2].



Figure (I.12): Moteur électrique [2].



Figure(I.13): Le réducteur à roue [2].

❖ Remarque

En cas de coupure de courant, une commande manuelle permet de neutraliser l'action du frein. Un levier implanté sur le châssis autorise au moyen du volant, les manœuvres de secours de la benne.

➤ I.4.5 : Les éléments de manœuvre et de signalisation

La manœuvre du monte-charge est de type *Appel / Renvoi*.

Le déplacement de la benne est commandé depuis les boîtes à boutons intégrées aux portes palières. Une signalisation lumineuse et sonore permet d'informer de la position "benne au niveau".

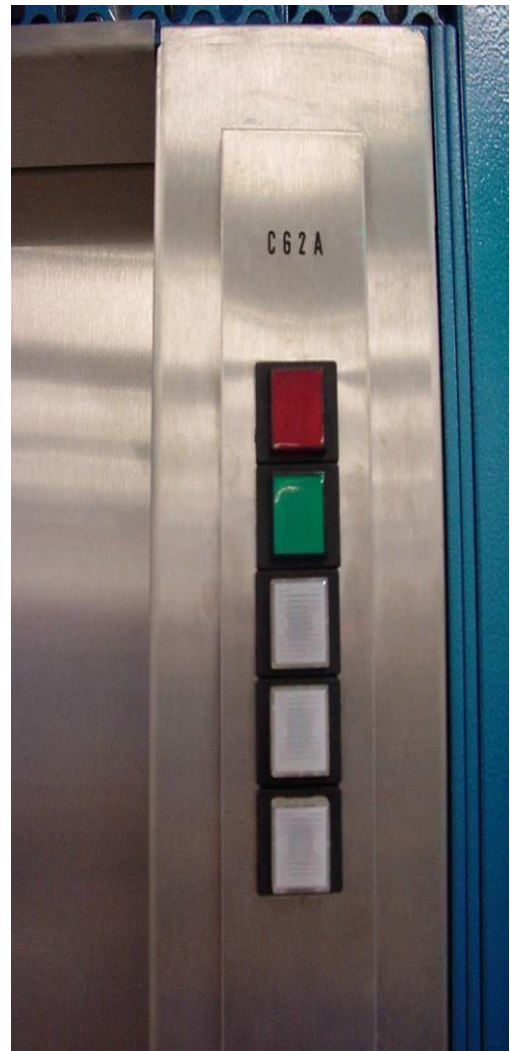


Figure I.14: La boîte à boutons intégrées [2].

➤ **I.4.6 : Capteurs de position et de sécurités**

On va trouver dans la gaine des détecteurs qui actionnés par la came embarquée sur la benne, vont nous donner les informations de position :

- Cabine au niveau.
- Cabine en zone de ralentissement pour un monte charge 2 vitesses ou doté d'une variation de vitesse.

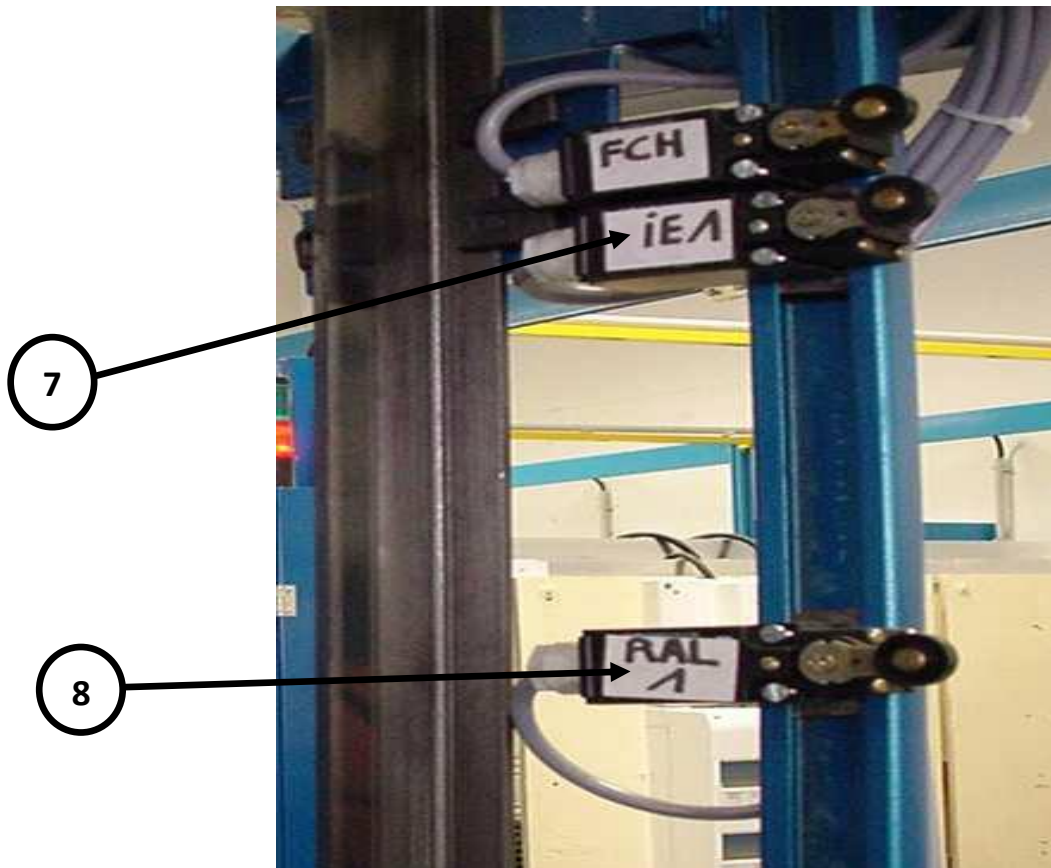


Figure I.15: Les capteurs de position et de sécurité [2].

(7) : Capteur de position

(8) : Capteur de sécurité

I.5 : Principe de fonctionnement d'un monte-charge

La figure (I.16) représente le logigramme qui illustre le principe de fonctionnement du monte-charge.

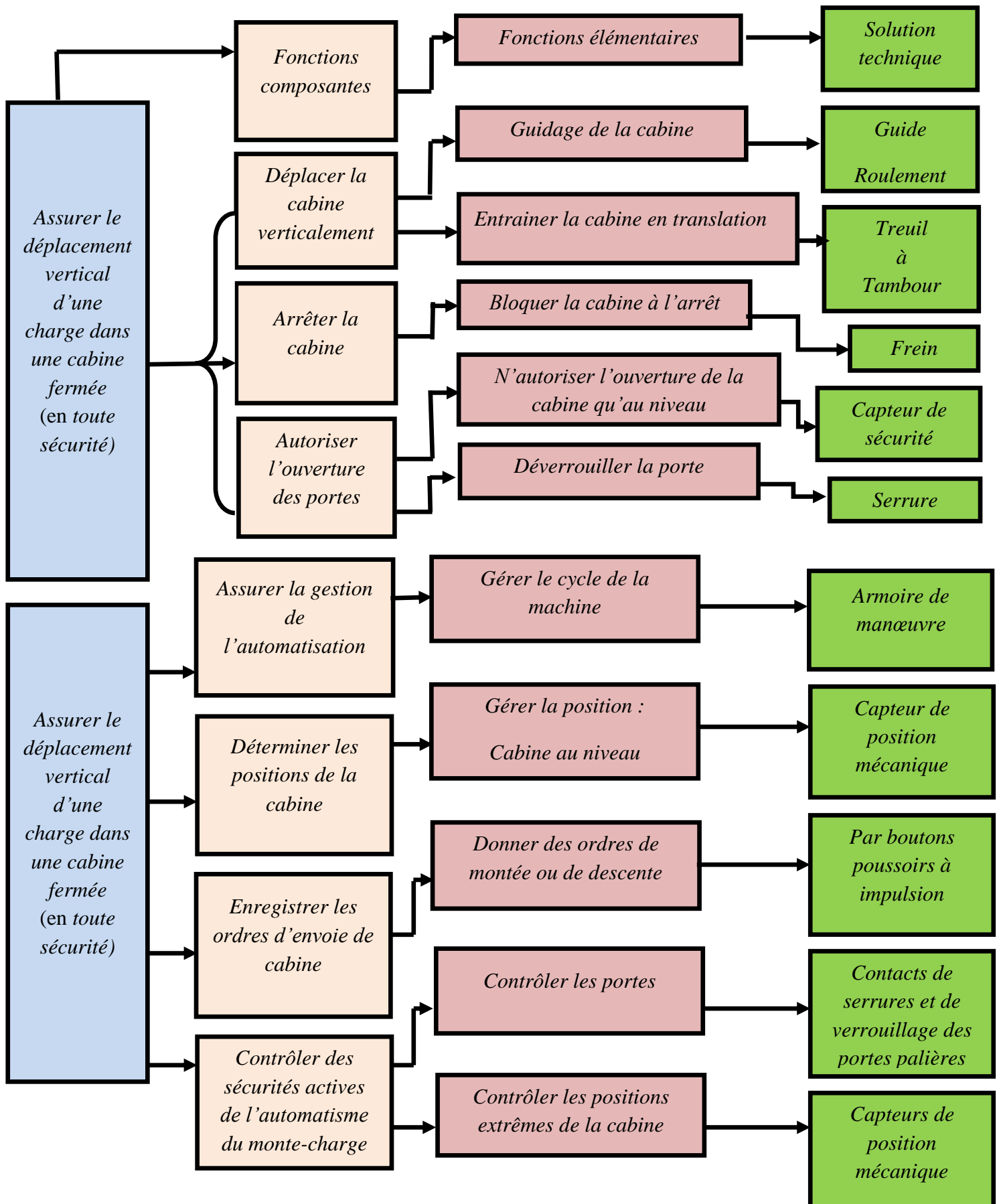


Figure I.16: Principe de fonctionnement du monte-charge [1].

I.6- Domaine d'utilisation

L'utilité principale du monte-charge est de transporter ou déplacer des charges de plusieurs tonnes. Mais il est également très utilisé pour des applications de faible charge tel que :

- Monte plat pour la restauration, les hôtels et autres restaurants de collectivités.
- Monte documents pour les administrations et bureaux.
- Monte-charge pour les laboratoires.

I.7- Conclusion

Après une recherche approfondie et une consultation de toute sorte d'ouvrages disponibles ; nous nous sommes ramenés dans ce chapitre à aborder quelques généralités sur les monte-charges tels que, sa définition et son historique. Ensuite, nous avons défini ses différents compartiments qui le constituent afin d'assurer son fonctionnement. Enfin, nous avons cité l'utilité des monte-charges ainsi que leur domaine d'utilisation.

Dans le prochain chapitre nous allons énumérer les différentes étapes à suivre pour la réalisation d'une armoire électrique.

II.1- Introduction

Toute installation électrique industrielle a besoin d'une armoire électrique pour alimenter ses différents composants électriques (moteurs, capteurs....etc.) en énergie électrique pour assurer leur fonctionnement [3].

L'armoire électrique est le lieu où sont regroupés différents systèmes participant à la distribution d'une installation électrique. Avant de commencer la réalisation de l'armoire, on doit tout d'abord faire une étude électrique, automatique et schématique de l'installation. Cette étude nous permet d'avoir un bon fonctionnement de l'armoire ainsi qu'un bon niveau de sécurité des personnes et des biens [4].

Dans ce chapitre, nous procéderons à la désignation des différents composants principaux nécessaires à la réalisation de cette armoire et le dimensionnement des sections des canalisations électriques ainsi que le dimensionnement des protections pour offrir une bonne protection du matériel et des personnes afin d'assurer la continuité de service.

Pour réaliser une armoire électrique, on doit faire la conception avant de passer à la confection (voir la figure II.1). La conception, c'est la planification de l'armoire et la schématisation du plan électrique (circuit de puissance, circuit de commande et circuit de signalisation). La confection, c'est l'assemblage des composants dans le châssis de l'armoire à partir des plans et schémas [3].

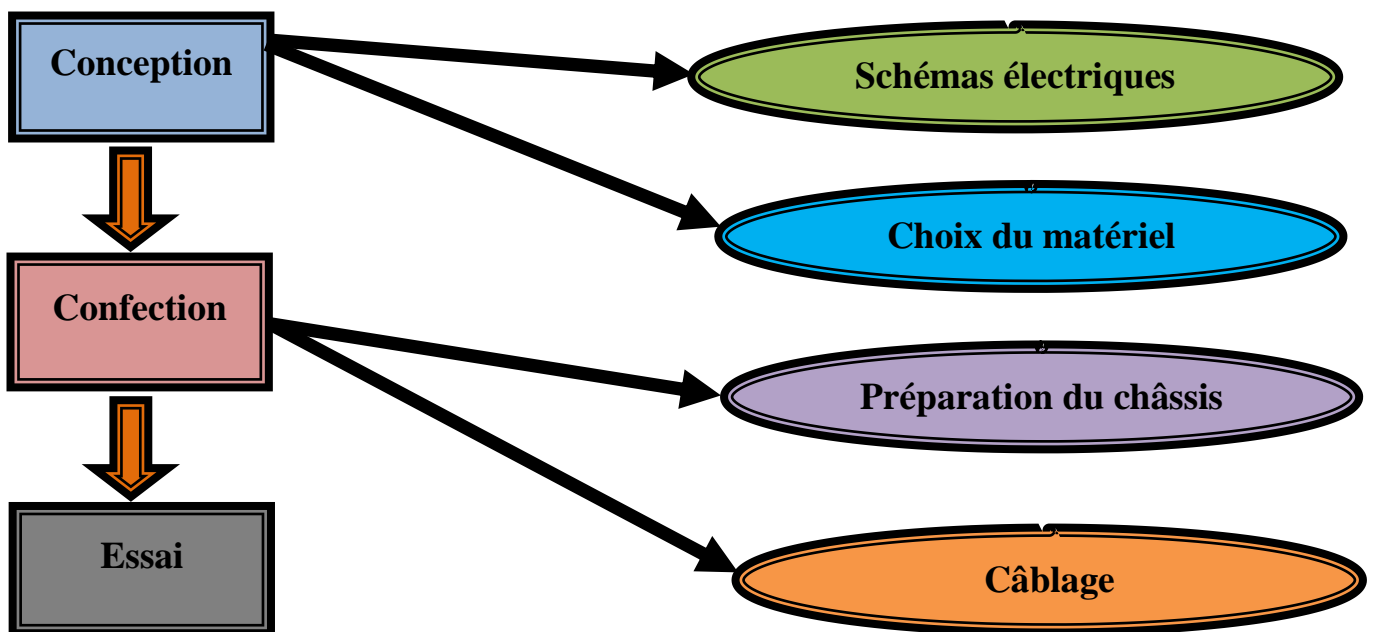


Figure II.1: Les étapes d'élaboration de l'armoire [3].

II.2-Les différentes étapes de réalisation de l'armoire électrique

Pour réussir la réalisation de l'armoire électrique, il faut suivre une série d'étapes qu'on peut résumer comme suit :

- ❖ Collection des informations.
- ❖ Le choix de l'alimentation des organes de commande (alimentation stabilisée AC/DC).
- ❖ Choisir les types de démarrage du moteur.
- ❖ Dimensionner les sections des conducteurs ainsi que les protections.
- ❖ Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire.
- ❖ Le choix du coffret de l'armoire.
- ❖ Le choix de ventilation.
- ❖ Matériels de fixation des appareils.
- ❖ Réalisation du câblage de l'armoire [4].
- ❖ **II.2.1- Collecte d'informations**

Avant d'entamer la conception de n'importe quel système, il est nécessaire d'avoir le maximum d'informations sur ce dernier.

Le tableau suivant illustre la plaque signalétique qui représente les différentes caractéristiques du moteur asynchrone triphasé.

<i>Moteur asynchrone triphasé</i>	
<i>Type du moteur</i>	KEK
<i>La tension nominale</i>	$U_n = 220 \text{ V}$
<i>Le courant nominal</i>	$I_n = 1.7 \text{ A}$
<i>La puissance nominale</i>	$P_n = 0.22 \text{ kW}$
<i>La vitesse nominale</i>	$N_n = 1430 \text{ tr} / \text{min}$
<i>Le facteur de puissance</i>	$\cos \varphi = 0.84$
<i>La fréquence</i>	$f = 50 \text{ Hz}$

Tableau II.1: La plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé.

❖ II.2.2- Le choix des organes de commande

C'est un ensemble de composants (contacteur, API...etc.) qui effectue le traitement d'information, il est destiné à coordonner la succession des actions sur la partie opérative et surveiller son bon fonctionnement, ils permettent aussi de gérer le dialogue avec les intervenants ainsi que les autres systèmes.

Dans notre armoire, on aura besoin de :

- Contacteurs pour la commande du moteur.
- Des boutons poussoirs, des sélecteurs de mode de marche, un commutateur à clef (le verrouillage des paramètres) et des voyants.
- Un disjoncteur magnétothermique.
- Des fins de courses.
- Des borniers.
- Des lampes.
- Un API (S7-300).

❖ II.2.3- Le choix de l'alimentation stabilisé AC/DC

Cette alimentation est utilisée pour alimenter les capteurs ainsi que les différents organes de commande, le choix de cette alimentation est basé sur :

- la nature de la tension d'entrée.
- la puissance délivrée à sa sortie.
- le courant et la tension de sortie.

Le courant total consommé par les différents organes de commande est :

$$I_{total} = 1.7 \text{ A}$$

Le courant que doit fournir l'alimentation stabilisée est :

$$I_{source} = I_{total} \times K_e$$

Avec : K_e : facteur d'extension ($K_e=1.2$)

$$\text{D'où : } I_{source} = 1.7 \times 1.2 = 2.04 \text{ A}$$

A partir de ce calcul le choix s'est porté sur une alimentation stabilisée (220VAC/24V DC).

II.2.4- Les types de démarrage du moteur

Le moteur asynchrone est le plus utilisé dans le contexte industriel vu à sa simplicité de mise en œuvre. Il peut être en marche par un simple commutateur manuel à deux (2) positions (marche/arrêt). (Voir la figure II.2).

Néanmoins, cette structure ne possède pas un moyen de protection contre les forts courants de démarrage qui provoquent des chutes de tension importantes dans l'installation. Cette structure contient aussi d'autres inconvénients, en mentionnant l'absence d'une coupure automatique en cas de court-circuit, l'absence de la commande à distance du commutateur et le danger présenté sur la sécurité des personnes hors de la mise en marche/arrêt manuel d'un composant alimenté sous une tension triphasée de 400V.

Ces considérations nous obligent à choisir le type de démarrage adéquat pour minimiser les pics de courant de démarrage et assurer la protection du moteur et la sécurité des personnes [4], [5].

De nombreuses structures peuvent être appliquées pour le démarrage des moteurs asynchrone 3 triphasés, on peut citer :

- Démarrage direct.
- Démarrage étoile/triangle.
- Démarrage par rhéostat.
- Démarrage par autotransformateur.
- Démarrage par variateur de vitesse.

Pour le monte-charge, on a opté pour le démarrage direct.

II.2.4.1- Le démarrage direct

C'est la structure de démarrage la plus simple, en plaçant un disjoncteur Q_1 en tête du circuit de puissance, on assure la protection du moteur contre les courants de surcharge. Ce disjoncteur assure la coupure du circuit puissance si un court-circuit se produit en son aval.

La mise en marche/arrêt du moteur sera faite par un contacteur en aval du disjoncteur (Voir la figure II.2).

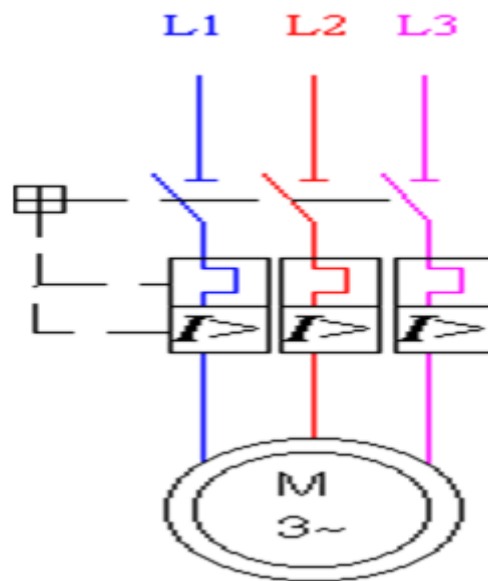


Figure II.2: Schéma de la mise en marche/arrêt d'un moteur triphasé [3].

Avec ce type de démarrage, on peut commander le moteur à distance par le contacteur. Cette structure est simple, mais elle ne règle pas le problème du pic de courant au démarrage qui peut atteindre 6 à 8 fois le courant nominal du moteur (Voir figure II.3).

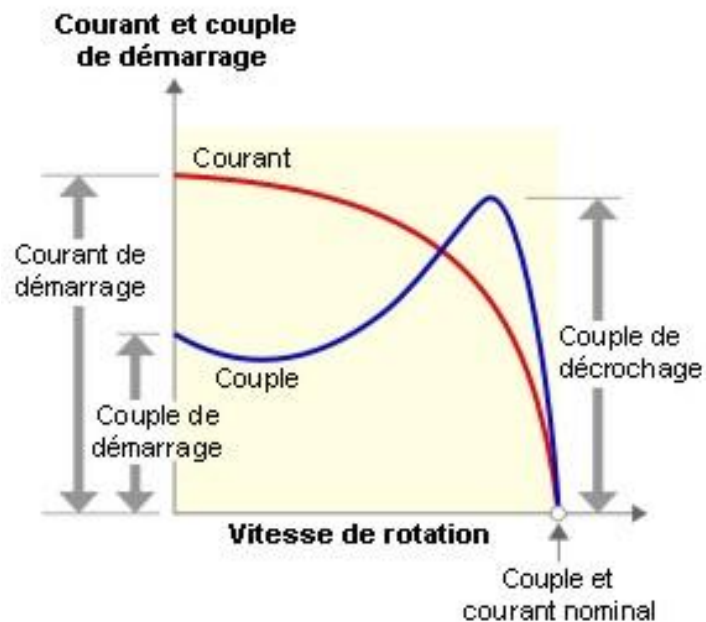


Figure II.3: Caractéristique du courant et du couple d'un moteur asynchrone [4].

Ce démarrage est destiné aux moteurs de faibles puissances devant celle du réseau, ainsi que les machines qui ne nécessitent pas une mise en rotation progressive et aussi le démarrage à couple élevé [4].

Le tableau II.1 résume quelques avantages et inconvénients de ce type de démarrage.

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
<ul style="list-style-type: none"> - La simplicité de l'appareillage. - Couple important. - Temps de démarrage minimal pour un moteur à cage. 	<ul style="list-style-type: none"> - Appel de courant de démarrage très important ($I_d=4$ à 8 fois I_n). - Démarrage brutal.

Tableau II.2: Les avantages et inconvénients du démarrage direct

II.2.5- Dimensionnement des sections des conducteurs et des protections

La réalisation de toute installation électrique, nécessite le bon dimensionnement des sections des conducteurs et des protections après avoir réalisé une analyse préliminaire en puissance. Pour la conception des armoires électriques, le dimensionnement des sections des conducteurs et des protections des installations à l'intérieur et à l'extérieur de l'armoire électrique tel que les moteurs, l'alimentation stabilisée « AC/DC », les entrées, sorties de l'API, le circuit de commande, est d'une importance primordiale du point de vue maintenance économique et productivité de l'entreprise. Par exemple, un câble trop faible va entraîner un échauffement dû à la résistance des câbles et une perte de tension, une section trop importante peut entraîner un problème de poids et de coût. C'est pour cette raison que les organes de protection ont été développés pour répondre à toutes les exigences de l'industrie moderne.

Pour la réalisation de l'armoire, on aura besoin de dimensionner les sections des canalisations et les dispositifs de protection dans le but de protéger le personnel contre les contacts directs et indirects, ainsi que les circuits de puissance (moteurs, prise de courant, ventilateur,...etc.), et circuits de commande contre les courts circuits, les surcharges et les chutes de tension.

En conformité avec les recommandations de la norme NF C15-100, le choix de la section des canalisations (ou conducteurs) et des dispositifs de protection doit satisfaire plusieurs conditions nécessaires à la sécurité de l'installation.

➤ **La canalisation doit**

-Véhiculer le courant maximal d'emploi et ses pointes transitoires normales.

-Ne pas générer des chutes de tension supérieures aux valeurs admissibles [4].

➤ **Le dispositif de protection doit**

-Protéger la canalisation contre toutes les surintensités jusqu'au courant de court-circuit.

- Assurer la protection des personnes contre les contacts directs [4], [5].

Pour assurer et simplifier l'application de la norme NF C15-100, une méthode de calcul a été mis en œuvre dans le but d'éviter le surdimensionnement et de garantir la fiabilité et l'optimisation des différentes protections.

Le logigramme de la figure suivante résume le principe de la méthode de dimensionnement des sections des conducteurs et des dispositifs de protection.

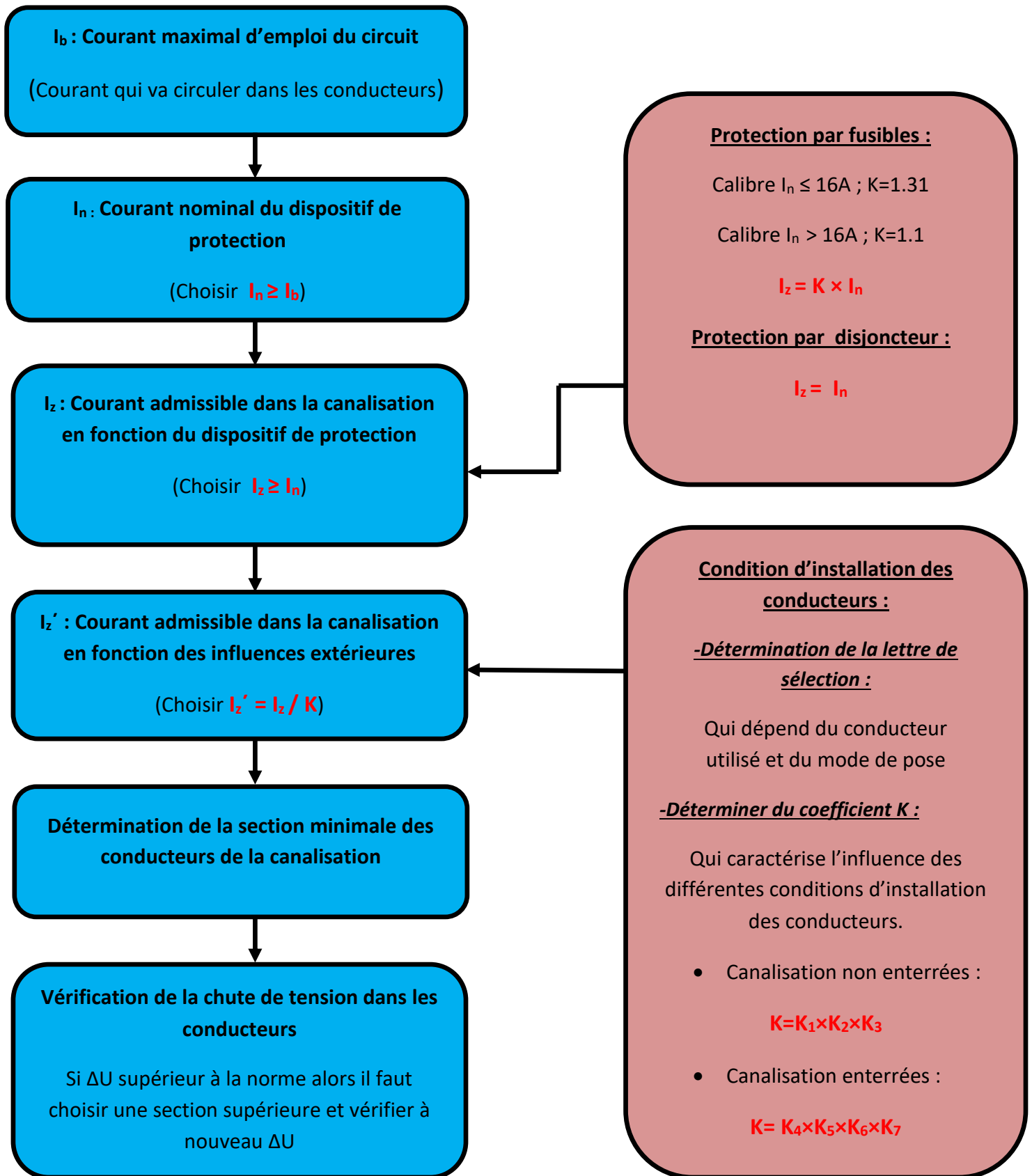


Figure II.4: Logigramme du choix de la section des conducteurs et du dispositif de protection

[5].

❖ Détermination des sections des conducteurs

En se basant sur le logigramme du choix de la section des conducteurs et du dispositif de protection de la figure précédente, on procédera à la détermination des sections des conducteurs des canalisations à base des puissances d'utilisation ou des courants maximaux absorbés.

On détermine le courant maximal d'emploi I_b et on déduit le courant assigné I_r du dispositif de protection, auquel on appliquera des corrections selon des facteurs soit du type de protection ou de mode de pose et d'influence extérieure. On obtiendra un courant admissible dans les différentes canalisations I_z' , auquel on associe le type d'isolation et la nature de la matière du conducteur pour déterminer les sections des conducteurs.

1- Calcul du courant d'emploi I_b

Le courant I_b est le courant qui est réellement transporté par les conducteurs actifs, il correspond à la plus grande puissance transportée par le circuit en service normal.

Ce courant est déterminé à partir du courant absorbé. Pour une alimentation individuelle d'un appareil, le courant I_b est égal au courant assigné de l'appareil alimenté. Par contre, pour l'alimentation de plusieurs appareils, le courant I_b sera égal à la somme des courants absorbés.

Par ailleurs dans un circuit, les appareils ne sont pas utilisés en permanence ou à régime nominal, il faut tenir compte des appels de courant de démarrage de certains récepteurs (ex : moteurs) qui affectent les câbles et les relais thermiques. C'est pour cette raison qu'il faut appliquer divers facteurs [4], [6].

Le courant d'emploi I_b est calculé par la formule pratique suivante :

$$I_b = P_u \times a \times K_u \times K_s \times K_e \times K_c \tag{II.1}$$

Avec :

P_u : Puissance utile en (KW) qu'on peut calculer par la formule suivante :

$$P_u = \eta \times P_n \tag{II.2}$$

P_n : Puissance nominale en (kW) ; η : Le rendement.

a : Facteur tenant compte du facteur de puissance et du rendement.

K_u : Facteur d'utilisation des appareils.

K_s : Facteur de simultanéité.

K_e : Facteur d'extension.

K_c : Facteur de conversion de la puissance en intensité.

Premièrement, on commence par la détermination des différents facteurs de correction.

➤ **Facteur tenant compte du facteur de puissance et du rendement (a)**

Ce facteur est calculé à base du rendement et du facteur de puissance du circuit considéré [4], [7]. Ce facteur est donné par l'expression :

$$a = \frac{1}{\eta \times \cos \varphi} \quad (\text{II.3})$$

Avec :

η : Le rendement.

cos φ : Le facteur de puissance.

➤ **Facteur d'utilisation des appareils (K_u)**

Ce facteur concerne les installations industrielles et plus particulièrement les moteurs fonctionnant en régime variables. On suppose que les récepteurs ne seront jamais utilisés en pleine puissance. On introduit alors un facteur d'utilisation qui varie entre 0.3 et 1.

En absence d'indications plus précises, on adopte :

K_u = 0.75 : pour les moteurs.

K_u = 1 : pour les appareils d'éclairage et de chauffage [4], [6].

➤ **Facteur de simultanéité (K_s)**

Ce facteur est lié aux conditions d'exploitation. Dans une installation industrielle, les récepteurs alimentés par une même canalisation ne fonctionnent pas au même temps dans tous les cas. Pour tenir compte de ce phénomène on applique le facteur **K_s** à la somme des puissances des récepteurs [4], [7].

Dans le cas où on n'a pas d'indications précises résultant d'exploitation d'installation type, les tableaux ci-dessus peuvent être utilisés pour déterminer ce facteur :

<i>Utilisation</i>	<i>Facteur de simultanéité (K_s)</i>
Eclairage	1
Chauffage et conditionnement d'air	1
Prises de courant	0.1 à 0.2 (pour un nombre > 20)

Tableau II.3: Facteur de simultanéité pour bâtiments administratifs [4], [7].

<i>Nombre de circuits de courant nominaux voisins</i>	<i>Facteur de simultanéité (K_s)</i>
2 et 3	0.9
4 et 5	0.8
5 à 9	0.7
10 et plus	50.6

Tableau II.4: Facteur de simultanéité pour armoires de distribution industrielles [4], [7].

➤ **Facteur d'extension (K_e)**

La valeur du facteur d'extension (K_e) doit être estimée suivant les conditions prévisibles d'évolution de l'installation ; il est au moins égal à 1.

A défaut de précision, la valeur 1.2 est souvent utilisée [4], [7].

➤ **Facteur conversion de la puissance en intensité (K_c)**

Le facteur de conversion de la puissance en intensité est le courant absorbé par un récepteur. Il est en fonction de la tension et du type de réseau [4], [6].

Ces valeurs seront calculées par les relations suivantes :

Pour un récepteur de **P = 1 kW** et de **cos φ = 1** :

$$Kc = \frac{P}{U} ; \quad \text{En monophasé et } Kc = \frac{P}{\sqrt{3} \times U} ; \quad \text{En triphasé}$$

Pour les différents réseaux d'alimentation on a les valeurs suivantes :

Réseau	Tension d'alimentation	Facteur conversion de la puissance en intensité (K_c)
Monophasé	127 V	8
	230 V	4.35
Triphasé	230 V	2.5
	400V	1.44

Tableau II.5: Valeur du facteur de conversion de puissance en intensité [4], [6].

Par exemple :

Un récepteur de $P = 1 \text{ kW}$ est de $\cos \varphi = 1$; alimenté en 230 V triphasé :

$$K_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 230 \times 1} = 2.51$$

$$K_c = 2.51 \text{ A}$$

2- Détermination du courant assigné ou nominal du dispositif de protection (I_r)

Le courant assigné d'emploi (I_r) ou (I_n) est la valeur maximale du courant ininterrompu que peut supporter un disjoncteur à une température ambiante précise en respectant les limites d'échauffement prescrites. Nous l'assimilons souvent au courant thermique noté I_{th} [3], [9].

Les disjoncteurs industriels sont équipés de déclencheurs amovibles généralement réglables pour l'adaptation aux caractéristiques du circuit et éviter le surdimensionnement des câbles, le courant de réglage (I_r) est le courant maximal que peut supporter le disjoncteur sans déclenchement, c'est ce réglage qui permet d'assurer la protection contre les surcharges, son le choix doit satisfaire deux règles [4].

➤ La règle des courants

Il faut que le dispositif de protection ne déclenche pas pour les courants d'intensité normale, mais détecter les courants d'ordre supérieur, il doit donc avoir un courant assigné (calibre ou réglage) tel que :

$$I_b \leq I_r \leq I_z \quad (\text{II.4})$$

➤ La règle du temps de fonctionnement

Les normes des produits de protection imposent aux constructeurs d'indiquer une grandeur I_2 , temps de fonctionnement conventionnel, qui doit respecter la règle suivante :

$$I_2 < I_z \times 1.45 \quad (\text{II.5})$$

Avec : I_z : Le courant admissible dans la canalisation en fonction du dispositif de protection choisit.

Comme le montre le logigramme de la figure (II.4), le courant admissible dans la canalisation (I_z), dépend du type de protection appliqué au circuit considéré, qui peut être soit :

✓ **Par fusible**

La valeur du courant admissible est obtenue par la multiplication du courant de réglage par des coefficients standards, déterminés selon I_r comme suit :

$$I_z = K \times I_r \quad (\text{II.6})$$

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} K = 1.3 \quad ; \quad \text{si } I_r < 10 \text{ A} \\ K = 1.21 \quad ; \quad \text{si } 10 \text{ A} < I_r < 25 \text{ A} \\ K = 1.1 \quad ; \quad \text{si } I_r > 25 \text{ A} \end{array} \right.$$

✓ **Par disjoncteur**

Dans ce cas le coefficient standard est égal à 1

$$I_z = I_r \quad (\text{II.7})$$

3- Détermination du courant admissible en fonction des influences extérieures (I_z')

Ce courant représente le courant admissible dans la canalisation en tenant compte de l'influence des différentes conditions d'installation sur les dispositifs de protection des circuits électriques.

La conception des armoires de commande figure dans les cas des circuits non enterrés et protégés par disjoncteurs. Dans ce cas, on peut définir trois facteurs qui influent sur les conditions d'installation [4], [10]. Ces facteurs sont :

K₁ : Facteur tenant compte du mode de pose.

K₂ : Facteur tenant compte de l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte.

K₃ : Facteur tenant compte de la température ambiante et de la nature de l'isolant.

On définit le coefficient **K** comme étant le produit des facteurs : K_1, K_2, K_3 .

$$K = K_1 \times K_2 \times K_3 \quad (II.8)$$

La procédure de détermination du courant admissible en fonction des influences extérieures à partir du courant admissible (I_z), commence par la détermination de la lettre de sélection qui tient compte du conducteur utilisé et de son mode de pose.

A chaque type de conducteur et mode de pose correspond une méthode de référence désignée par une lettre majuscule : B, C, E, F.

Le tableau suivant énumère les cas les plus rencontré dans le domaine industriel.

<i>Type d'élément conducteur</i>	<i>Mode de pose</i>	<i>Lettre</i>
Conducteurs et câbles multiconducteurs	✓ Sous conduit, profilé ou goulotte, en apparence ou encastré.	B
	✓ Sous vide de construction, faux plafond.	
	✓ Sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles.	C
	✓ En apparent contre mur ou plafond.	
Câbles multiconducteurs	✓ Sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé.	E
	✓ Fixés en apparent, espacés de la paroi.	
	✓ Câbles suspendus.	
Câbles mono conducteurs	✓ Sur échelles, corbeaux, chemin de câbles.	F
	✓ Fixés en apparent, espacés de la paroi.	
	✓ Câbles suspendus.	

Tableau II.6: Lettres de sélection des conducteurs [3], [7].

Les conducteurs de l'armoire électrique de commande correspondent au type : « Conducteur et câbles multiconducteurs », on choisit donc le mode de pose : « Sous conduit, profilé ou goulotte, en apparence ou encastré » qui correspond à la lettre : « B » [3], [7].

Après avoir choisi la lettre de sélection on passe à la sélection des facteurs : K_1, K_2, K_3 .

❖ Le facteur qui prend en compte le mode de pose (K_1)

Selon le mode de pose des conducteurs et leurs isolations on déterminera le facteur K_1 mais à défaut de précision on peut prendre K_1 égal à 1 ce qui est notre cas [21], [22].

Lettre de sélection	Cas d'installation	K_1
B	✓ Câbles dans les produits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants.	0.70
	✓ Conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants.	0.77
	✓ Câbles multiconducteurs.	0.90
	✓ Vides de construction et caniveaux	0.95
C	✓ Pose sous plafond.	0.95
B, C, E, F	✓ Autres cas.	1.00

Tableau II.7: Les valeurs du facteur K_1 [4], [21].

❖ **Le facteur qui prend en compte l'influence des circuits placés côte à côte (K_2)**

Dans une armoire électrique, de plus que la mise en évidence de ce facteur, on essaie toujours de séparer le câblage des circuits de la commande de ceux de la puissance, afin de limiter l'influence des courants transportés dans les conducteurs les uns contre les autres. Pour tenir compte de cette influence, on définit le facteur K_2 qui peut être déterminé à partir du tableau suivant [21]:

Lettre	Disposition des câbles jointifs	Nombre de circuits ou câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	Encastrés ou noyés dans parois	1	0.8	0.7	0.65	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.45	0.41	0.38
C	Simple couche sur murs ou planchers ou tablettes non perforées	1	0.85	0.79	0.75	0.73	0.72	0.71	0.7	0.7			
	Simple couche au plafond	0.95	0.81	0.72	0.68	0.66	0.64	0.63	0.62	0.61	0.61		
E, F	Simple couche sur tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales.	1	0.88	0.82	0.77	0.75	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72		
	Simple couche sur échelles ou corbeaux	1	0.87	0.82	0.8	0.8	0.79	0.79	0.78	0.78	0.78		

Tableau II.8: Les valeurs du facteur K_2 [21].

Pour notre cas on choisit $K_2 = 0.7$ qui correspond à 3 câbles multiconducteurs et à la lettre B choisit auparavant.

❖ **Le facteur qui prend en compte la température et la nature de l'isolant (K_3)**

Ce facteur tient compte de l'influence de la température ambiante et la nature de l'isolant, on le détermine à partir du tableau suivant [21]:

Température ambiante (°C)	Isolation		
	Elastomère	Polychlorure de vinyle	Polyéthylène réticulé
10	1.29	1.22	1.15
15	1.22	1.17	1.12
20	1.15	1.12	1.08
25	1.07	1.07	1.04
30	1.00	1.00	1.00
35	0.93	0.93	0.96
40	0.82	0.87	0.91
45	0.71	0.79	0.87
50	0.58	0.71	0.82

Tableau II.9: Les valeurs du facteur K₃ [21].

On supposera que la température peut atteindre 50°C

Donc on choisit la valeur **K₃ = 0.71**

Après avoir déterminé les trois facteurs K₁, K₂, K₃ de correction qui tiennent compte des différentes influences sur les conducteurs, on calcule le facteur K par le produit des trois facteurs, on calcule le courant admissible dans la canalisation en fonction des influences extérieures (I_{z'}) par l'expression suivante :

$$I_{z'} = \frac{I_z}{K} \tag{II.9}$$

En tenant compte du courant I_{z'}, la lettre de sélection, la nature de l'isolation, la matière des conducteurs ainsi que le nombre des conducteurs chargés, on détermine la section des conducteurs exacte ou approchée grâce à un tableau standard utilisé dans le domaine industriel qui est le suivant.

		isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)								
		caoutchouc ou PVC			butyle ou PR ou éthylène PR					
lettre de sélection	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
section cuivre (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940	
500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	
section aluminium (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	59	62	67	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337
	150		227	245	261	283	316	324	346	389
	185		259	280	298	323	363	371	397	447
	240		305	330	352	382	430	439	470	530
300		351	381	406	440	497	508	543	613	
400					526	600	663		740	
500					610	694	770		856	
630					711	808	899		996	

Tableau II.10: Sections standards des conducteurs [21].

❖ **Résultats du calcul**

Les résultats de calcul sont résumés dans le tableau suivant:

Moteur	
P_n (kW)	0.220
P_u (kW)	0.169
a	1.546
K_u	0.75
K_s	0.9
K_e	1.2
K_c	2.51
I_b	52.91
I_r	53
Type de protection	Disjoncteur
I_z	53
I_2	< 76.85
Lettre de sélection	B
K_1	1
K_2	0.7
K_3	0.71
K	0.497
I_z'	106.63
S_{min}	35

Tableau II.11: Résultats de calcul de la section des conducteurs.

❖ Choix et dimensionnement des protections

Toutes machines ou installations électriques en cours son fonctionnement sont exposées à avoir des dysfonctionnements à tout instant. Ces défauts se présentent comme étant une augmentation une diminution anormale des grandeurs nominales dans un circuit électrique contenant une perturbation. Ce sont le plus souvent les variations anormales de la tension, de l'intensité et de la fréquence qui sont à l'origine de ces perturbations.

Les incidents les plus courants :

- **Les surcharges** : augmentation de l'intensité entraînant des échauffements lent et progressif des parties actives, des masses métalliques et des isolants.
- **Les courts circuits** : élévation brutale de l'intensité du courant qui peut atteindre des niveaux destructeurs pour le récepteur.
- **Les surtensions** : augmentation soudaine et importante de la tension qui peut induire au calquage des isolants avec pour conséquence des courts circuits éventuels.

Les conséquences de ces incidents sont assez graves et couteuses, il faut prendre en compte le danger présenté sur la sécurité des personnes en contact direct ou indirect avec les récepteurs, ainsi les risques de détérioration du matériel qui va influencer sur la production et la continuité de service.

Pour s'affranchir de ces incidents ou du moins éviter leurs conséquences, il faut faire le bon choix et le bon dimensionnement des protections afin d'assurer la coupure en cas de détection de grandeurs anormales circulant dans l'installation.

Le choix et le dimensionnement des dispositifs de protection de l'armoire électrique sont faits d'une manière à assurer au maximum possible la sécurité des personnes et la protection des matériels internes et externes de l'armoire.

1- La protection des personnes

Le corps humain est très sensible au courant électrique, beaucoup d'études sur les effets du courant électrique sur le corps humain sont effectuées depuis de nombreuses années. Les dangers présentés sur les personnes traversées par un courant électrique dépendent de l'intensité du courant et du temps de contact. Le courant dépend de la tension de contact (U_c) qui s'applique sur la personne ainsi que de l'impédance rencontrée lors de son passage à travers le corps humain. Cette impédance dépend du trajet à travers le corps, de la fréquence du courant et de la tension de contact, des caractéristiques physiologiques de l'être humain concerné et aussi de l'environnement (milieu humide ou sec...etc.) [4], [11].

Une personne soumise à une tension électrique est électrisée. Selon l'importance de l'électrisation, cette personne peut subir différents effets physiopathologiques :

- Une sensation désagréable.
- Des contractures musculaires.
- Une paralysie respiratoire.
- Des brûlures.
- Arrêt cardiaque.

La figure (II.5) résume les conséquences physiopathologiques qu'une personne peut subir lors du passage d'un courant alternatif (entre 15 Hz et 100 Hz) [19].

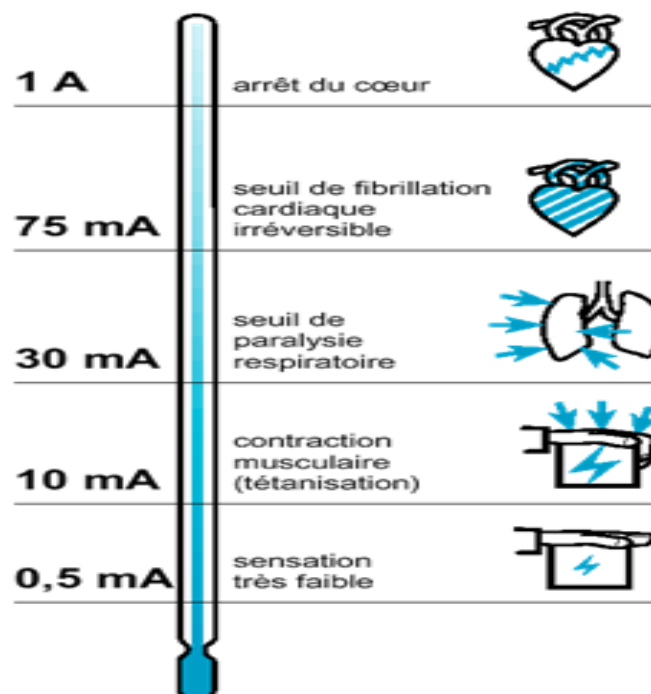
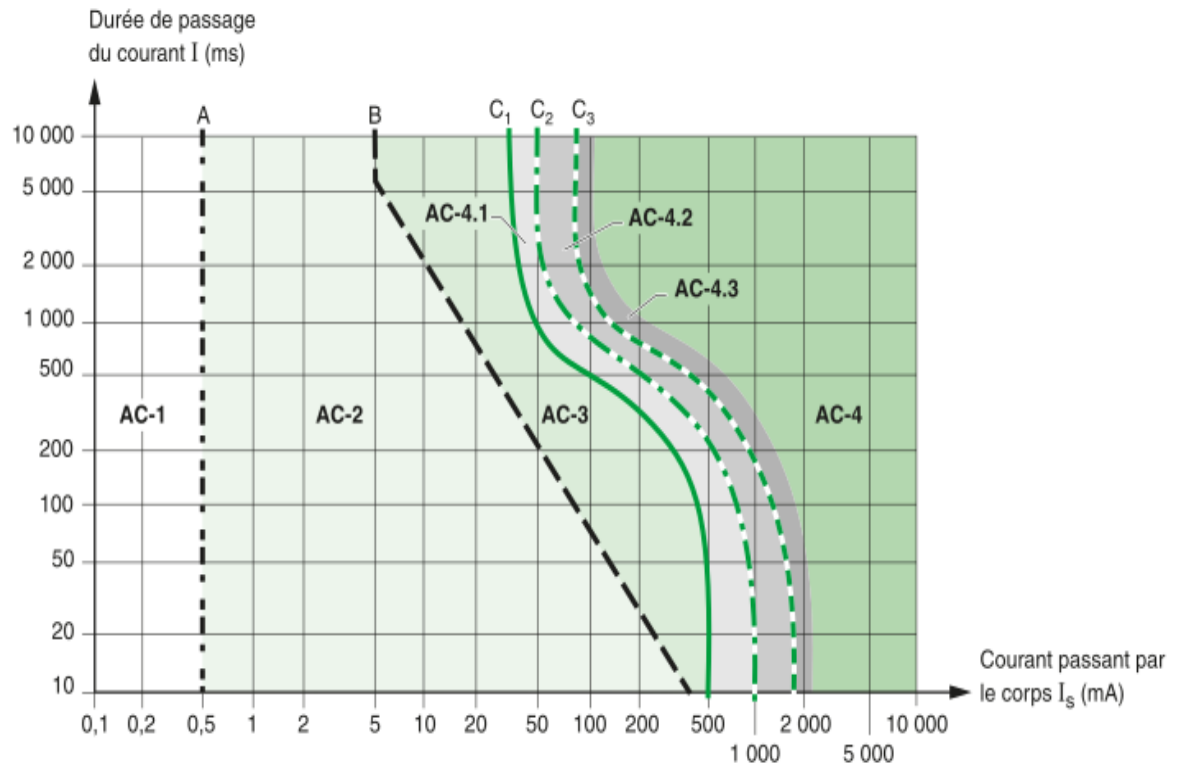


Figure II.5: Effets physiopathologiques du passage du courant à travers le corps humain [19].

Une personne peut subir un choc électrique dans les circonstances suivantes :

- **Contact direct:** la norme NF C 15-100 définit le contact direct comme suit :
" Contact de personne ou d'animaux domestiques ou d'élevage avec des parties actives", c'est le cas d'une personne qui touche un conducteur nu sous tension comme le montre la figure suivante : [9], [11].



- ❖ **Zone AC-1** : Perception
- ❖ **Zone AC-2** : Contractions musculaires involontaires
- ❖ **Zone AC-3** : Difficultés de respiration
- ❖ **Zone AC-4** : Effets pathophysiologiques graves
 - **AC-4.1** : Risque de fibrillation ventriculaire jusqu'à 5 %
 - **AC-4.2** : Risque de fibrillation ventriculaire jusqu'à 50 %
 - **AC-4.3** : Risque de fibrillation ventriculaire supérieur à 50 %

Figure II.8: Zones temps/courant des effets des courants alternatifs (15 Hz à 100 Hz) sur l'homme selon la norme CEI 60449-1 [11].

La CEI a défini la « tension limite conventionnelle de contact » appelé U_L , c'est la valeur maximale de la tension de contact pouvant être maintenu indéfiniment dans des conditions d'environnement spécifié, elle est fixée à $U_L = 50V$ pour les milieux secs, $U_L = 25V$ pour les milieux mouillés. Si la tension de contact (U_c) dépasse la tension limites, la durée de contact doit être limitée par l'intervention du dispositif de protection comme le montre le tableau suivant [12]:

▪ Locaux ou emplacement secs ou humides : $U_L \leq 50V$											
U_c Prémunie (V)		< 50	50	75	90	120	150	220	280	350	500
<i>Temps de coupure maximal du dispositif de protection (s)</i>	CA	5	5	0.60	0.45	0.34	0.27	0.17	0.12	0.08	0.04
	CC	5	5	5	5	5	1	0.40	0.30	0.20	0.10
▪ Locaux ou emplacement mouillés : $U_L \leq 25V$											
U_c Prémunie (V)		25	50	75	90	110	150	220	280		
<i>Temps de coupure maximal du dispositif de protection (s)</i>	CA	5	0.48	0.30	0.25	0.18	0.10	0.05	0.02		
	CC	5	5	2	0.80	0.50	0.25	0.06	0.02		

Tableau II.12: Durée maximale de maintien de la tension de contact [12].

Pour assurer la protection des personnes, on utilise les disjoncteurs différentiels (DDR) qui ont la possibilité de détecter les faibles courants de fuite, susceptibles de traverser le corps d'une personne. La protection différentielle doit satisfaire la relation suivante :

$$I_{Dn} \leq U_L / R_m \tag{II.10}$$

Avec : I_{Dn} : Sensibilité du DDR.

U_L : Tension limite de sécurité imposée par la norme

R_m : Résistance de prise de terre des masses.

2- La protection contre les courts circuits

Tout fonctionnement d'une installation électrique peut être le sujet de l'apparition de défauts se manifestant par des courants élevés de court circuit, avec de lourdes conséquences qu'il faut savoir gérer au mieux.

Le court circuit est une élévation brutale de l'intensité de courant dans un circuit suite à la mise en contact de deux conducteurs portés à des potentiels différents.

Les origines des courts circuits dans une installation sont souvent des perturbations accidentelles : liaison indésirable entre conducteurs, claquage diélectrique d'isolation par surtension.

La protection contre les courts circuits est assurée par un disjoncteur ou un fusible.

➤ **Protection par fusible**

Un fusible est un appareil qui possède la fonction d'ouvrir le circuit dont lequel il est inséré en coupant un courant qui dépasse une valeur donnée pendant un temps suffisant. La coupure s'effectue par la fusion de l'un ou plusieurs éléments du fusible, ces éléments sont conçus et calibrés pour la fusion [4].

- **Pouvoir de coupure du fusible**

Le pouvoir de coupure d'un fusible est le courant maximal que peut couper le fusible sans provoquer l'apparition d'un arc.

Pour assurer la protection contre les courants de court circuit le pouvoir de coupure du fusible doit être supérieur ou égal au courant de court circuit maximal qui peut se produire au-dessous du point où il est installé [4], [13].

$$I_{dc \text{ fusible}} \geq I_{cc \text{ max}} \quad (\text{II.11})$$

Avec : $I_{dc \text{ fusible}}$: Le pouvoir de coupure du fusible.

$I_{cc \text{ max}}$: Le courant circuit maximal.

- **Le courant de fusion pour 5 secondes**

C'est le courant qui provoque la fusion de la cartouche au bout de 5 secondes. La fusion doit se produire pour la valeur minimale du courant de court circuit. Si un défaut provient, le fusible doit se fondre dans un temps inférieur à 5 secondes [14].

$$I_{f 5s} < I_{cc \text{ min}} \quad (\text{II.12})$$

Avec : $I_{f 5s}$: Le courant qui provoque la fusion de la cartouche au bout de 5 secondes.

$I_{cc \text{ min}}$: La valeur minimale du courant de court circuit.

- **Le courant assigné du fusible**

C'est la valeur du courant que le fusible peut supporter en permanence sans échauffement.

- La courbe de fonctionnement

Elle permet de déterminer la durée de fonctionnement du fusible en fonction du courant qui le traverse [4], [15].

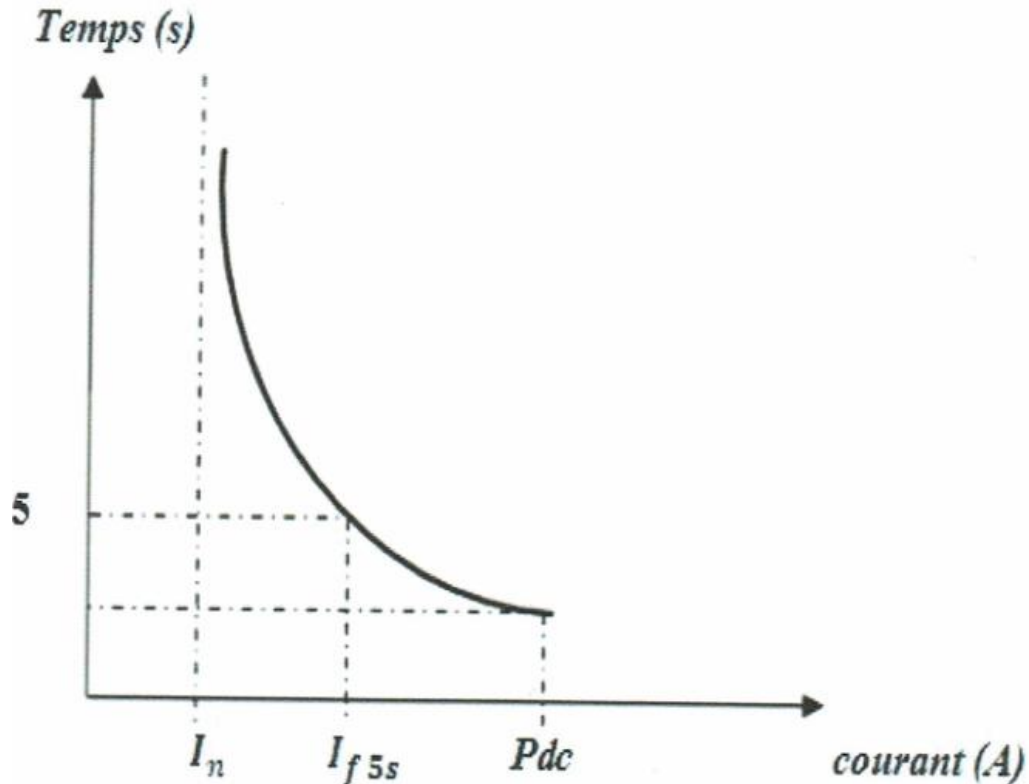


Figure II.9 : Caractéristique de fonctionnement d'un fusible [4].

➤ Protection par disjoncteur

Un disjoncteur est un appareil de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans un circuit électrique.

Le disjoncteur assure deux (02) fonctions :

- Protection contre les surcharges (détection thermique).
- Protection contre les courts circuits (détection magnétique).

- Le pouvoir de coupure

C'est la plus grande valeur du courant de court circuit que peut interrompre un disjoncteur dans les conditions déterminées par les normes sans dégradation de ses performances. Le P_{dc} d'un disjoncteur doit être supérieur ou égal au courant de court circuit maximal qui peut se produire au dessous de lui [13].

$$P_{dc \text{ disj}} \geq I_{cc \text{ max}} \quad (\text{II.13})$$

- Le courant de réglage magnétique

C'est la valeur du courant qui provoque le déclenchement du disjoncteur. Le disjoncteur doit déclencher pour une valeur minimale du courant de court circuit [14].

$$I_m < I_{cc \min} \quad (\text{II.14})$$

- Le courant assigné du disjoncteur

C'est la valeur maximale du courant que le disjoncteur peut conduire pour des conditions de fonctionnement spécifiées sans avoir un échauffement excessif.

- La courbe de fonctionnement

Cette courbe définit la zone de déclenchement thermique et la zone magnétique [16].

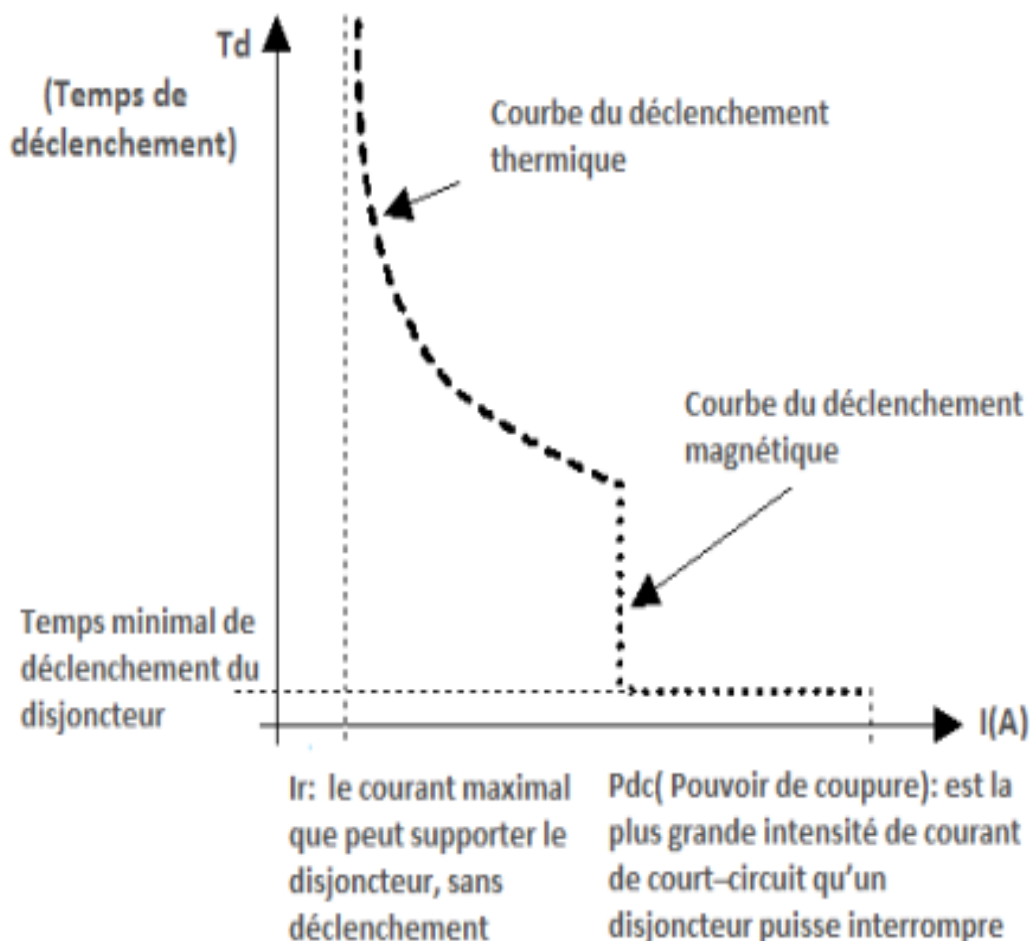


Figure II.10: Caractéristique de déclenchement d'un disjoncteur [16].

❖ Détermination du courant de court circuit en un point quelconque de l'installation

Le dimensionnement d'une installation électrique et du matériel à mettre en œuvre ainsi que la détermination des protections des personnes et des biens, nécessite le calcul des courants de court circuit maximaux qui peuvent se produire dans l'installation. On procédera par le calcul du courant de court circuit maximal qui peut se produire dans l'installation [17].

Le courant de court circuit maximal permet de :

- Détermination du Pdc des disjoncteurs.
- Détermination du pouvoir de fermeture des appareils.
- La tenue électrodynamique des canalisations et de l'appareillage.

Le courant de court circuit maximal en tous points se calcule par la méthode suivante :

$$I_{cc \max} = \frac{m \cdot c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_t^2 + X_t^2}} \quad (\text{II.15})$$

Avec :

$I_{cc \max}$: Courant de court circuit maximal en (KA).

m : Facteur de charge à vide ; $m = 1.05$.

c : Facteur de tension ; $c = 1.05$.

U_n : Tension du réseau utilisée.

R_t : La somme des résistances en amont du point de court circuit en (mΩ).

X_t : La somme des réactances en amont du point de court circuit en (mΩ).

❖ Détermination des résistances et des réactances en point de l'installation

L'application de la formule de calcul du court circuit maximal précédente nécessite de connaître les résistances et les réactances en tout point de l'installation, en utilisant la méthode des impédances. On peut déterminer les différentes résistances et réactances de l'installation, le tableau suivant énumère les formules utilisées par cette méthode [18].

Partie de l'installation	Résistance en (mΩ)	Réactance en (mΩ)
Réseau amont	$R_A = 0.1 \times Z_{cc}$	$X_A = 0.995 \times Z_{cc}$ Avec : $Z_{cc} = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{cc}}$
Transformateur	$R_t = \frac{W_c \times U^2}{S_n^2} 10^{-3}$	$X_T = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2}$ Avec : $Z_t = \frac{U_{cc}}{100} \times \frac{U^2}{S_n}$
Liaison		
Câbles	$R_{câbles} = \frac{\rho l}{S}$	$X_{câbles} = 0.09l$ (Câbles uni jointifs). $X_{câbles} = 0.13l$ (Câbles uni espacés).
Jeux de barre	$R_{JDB} = \frac{\rho l}{S}$	$X_{JDB} = 0.15 l$
Disjoncteur		
Rapide	Négligeable	Négligeable
Sélectif	Négligeable	Négligeable

Tableau II.13: Détermination des résistances et des réactances d'une installation [4], [18].

Avec :

Z_{cc} : Impédance de court circuit du réseau amont.

S_{cc} : Puissance de court circuit du réseau HT en (kVA).

U_{cc} : Tension du court circuit du transformateur en (%).

W_c : Pertes en cuivre en (W).

S_n : Puissance apparente du transformateur en (kVA).

ρ : Résistivité : $\rho = 18.51$ (Cuivre) ; $\rho = 29.41$ (Aluminium).

l : Longueur du câbles / JDB en (m).

S : Section du câbles / JDB en (mm²).

❖ La sélectivité des protections

L'objectif de la sélectivité des protections est de mettre hors tension le récepteur ou le départ en défaut seulement et maintenir sous tension la plus grande partie possible de l'installation, ainsi assurer la continuité de service et faciliter la localisation de défauts. Dans une distribution radiale, si un défaut se produit en un point quelconque de l'installation, l'appareil de protection placé en amont de ce défaut se déclenche en éliminant le défaut par lui seul [16].

Il ya deux types de sélectivité :

- **Sélectivité totale**

La sélectivité est totale lorsqu'elle est assurée jusqu'au pouvoir de court circuit de l'installation. Dans une distribution radiale, pour toutes les valeurs de défaut, depuis la surcharge jusqu'au court circuit franc, la sélectivité est totale si D_2 s'ouvre et D_1 reste fermé.

- **Sélectivité partielle**

La sélectivité est partielle lorsqu'elle est assurée jusqu'à une valeur du courant de court circuit inférieur au pouvoir de coupure de l'installation. Cette valeur est appelée limite de sélectivité. Pour un défaut qui dépasse cette valeur les disjoncteurs D_1 et D_2 s'ouvrent.

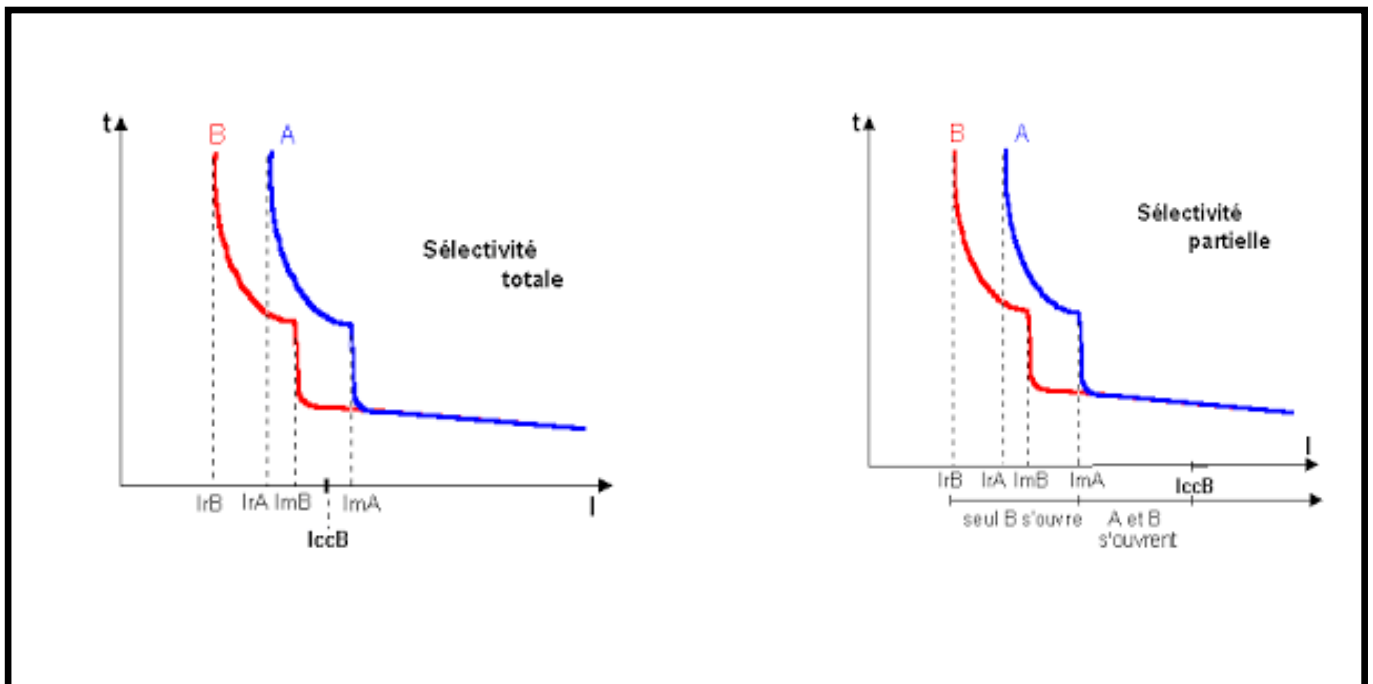


Figure II.11: Les deux types de sélectivité : totale et partielle [16].

❖ La courbe de fonctionnement

La norme des protections exige le choix de la courbe de fonctionnement des disjoncteurs (A, B, C, D), à base de type de récepteur et de la ligne à protéger.

Nous avons choisi des disjoncteurs de courbe (C) pour la protection des moteurs, car ils couvrent la majorité des besoins des récepteurs, leurs déclenchements magnétiques sont relativement bas entre (5 à $10I_n$), et des disjoncteurs de courbe (B) pour d'autre circuit car leurs déclenchements magnétiques sont entre (3 à $5I_n$), ils permettent d'éliminer les courts circuits de faibles valeurs [19], [20].

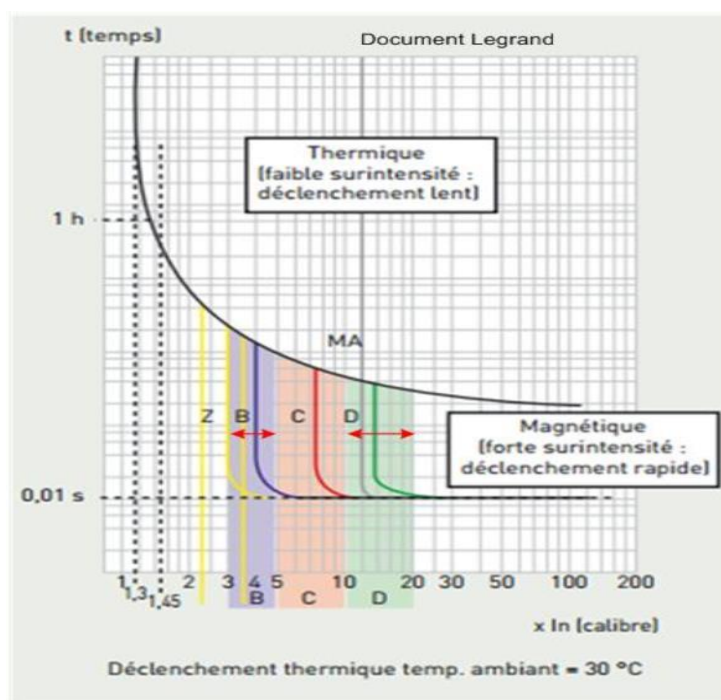


Figure II.12: Les courbes de fonctionnement du disjoncteur (B et C) [20].

❖ Protection des moteurs électriques

La protection des moteurs électriques s'effectue à travers le choix du départ moteur qui peut être constitué d'un ou plusieurs appareils différents en concordance assurant une ou plusieurs fonctions à savoir :

- La fonction de sectionnement.
- La fonction de protection contre les courts circuits.
- La fonction de protection contre les surcharges.
- La fonction de commande.

Afin de satisfaire les recommandations de protection, nous avons choisi des départs moteurs composés de :

➤ Disjoncteur magnétothermique

Dans ces disjoncteurs, les dispositifs magnétiques (protection contre les courts circuits) ont un seuil de déclenchement non réglable en général environ 10 fois le courant de réglage maximal des déclencheurs thermiques. Leurs éléments thermiques (protection contre les surcharges) sont compensés contre les variations de la température ambiante. Le seuil de protection thermique est quant à lui réglable en face avant du disjoncteur, sa valeur doit correspondre au courant nominal du moteur à protéger.

➤ Contacteur de puissance

Pour la commande marche et arrêt du moteur, c'est un appareil de connexion ayant une position de travail et une position de repos, il est capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit ainsi que les conditions de surcharge.

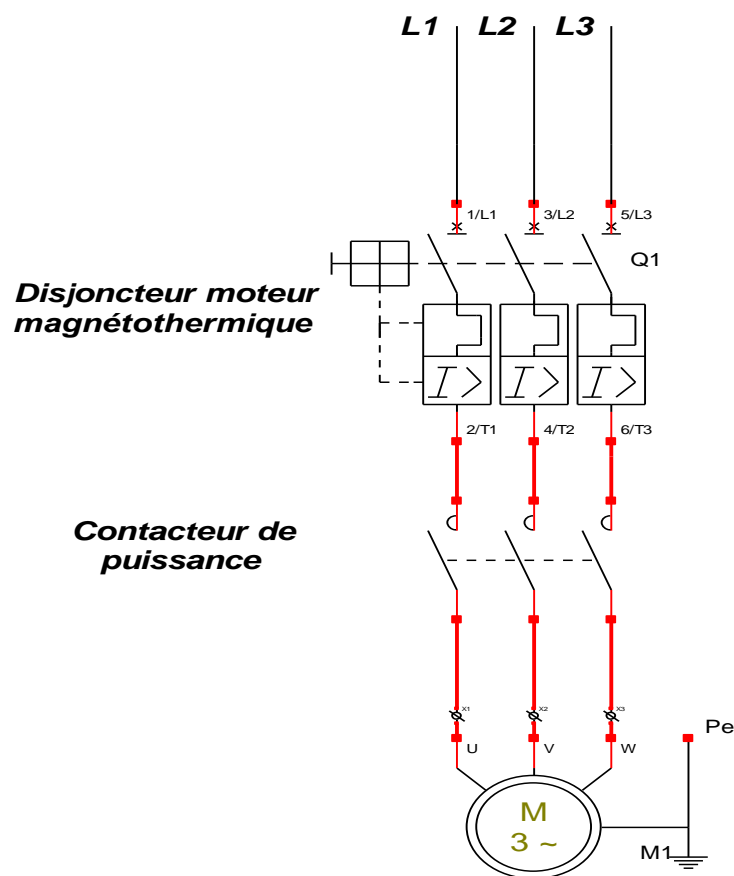


Figure II.13: Schéma de puissance d'un moteur asynchrone [réaliser sur X-Relais].

❖ II.2.6- Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire

Lorsque l'étude des dimensionnements soit des conducteurs, protections ou d'autres éléments qui peuvent faire de l'armoire est terminée, on passe à la réalisation du schéma de cette dernière en respectant les normes internationales de traçage par ordinateur à l'aide du logiciel graphique « X Relais » qui peut tracer les différents circuits tel que :

- Circuit de puissance.
- Circuit de commande.

Il ya trois grandes règles à respecter au niveau de la réalisation d'une armoire :

- Respecter la couleur des fils et leurs section afin de recompter la nature de la tension qui circule (alternatif, continu, 24V, 230V, 400V,...etc.).
- Respecter le repérage des fils et des appareils électriques afin de mieux se situer sur le schéma électrique.
- Respecter l'implantation des appareils électriques dans l'armoire (partie commande à droite séparée de la partie puissance à gauche).

Le respect de ces trois règles permet de faciliter la maintenance de l'armoire en cas de problème et permet une meilleure compréhension de l'installation.

Le schéma du câblage électrique de l'armoire est illustré dans les derniers pages (annexe).

❖ Remarque

X-Relais est un logiciel propriétaire de saisie de schéma électrotechnique. Il permet de réaliser des schémas de types unifilaires, multifilaires, architecturaux et développés, pour le bâtiment et l'industrie. Il est possible de dessiner également des schémas pneumatiques et hydrauliques.

❖ II.2.7- Choix du coffret du câblage

Les coffrets du câblage sont disponibles en différentes tailles et configurations. L'essentiel est d'opter pour un coffret qui soit suffisamment spacieux pour l'installation. La taille du coffret doit dépendre du nombre de rangées. Chaque rangée est composée de modules, plus l'installation est grande plus on aura besoin de modules. Le coffret de l'armoire doit disposer d'un espace de réserve, pour assurer si nécessaire l'ajout de nouveaux équipements. Le choix de la taille de l'armoire commence par l'analyse complète du schéma

électrique, afin de déterminer le nombre exact d'appareils électriques à installer dans l'armoire et leurs encombrements, afin de procéder à une bonne disposition de ces derniers. Le choix de l'armoire se fait en fonction de « Hauteur, Longueur, Largeur et aussi le volume du vide au moins 30% ». Les armoires les plus utilisées sont dimensionnées comme suit :

- 500*400*250
- 700*500*250
- 800*700*300
- 900*300*700
- 1200*800*300
- 1600*800*300
- 2000*1200*600



Figure II.14: Les différentes tailles des coffrets de câblage [42].

II.2.8- Le choix de ventilation

L'appareillage électrique monté dans les coffrets de l'armoire diffuse des pertes calorifiques dans l'air ambiant. Si cette perte calorifique est très élevée, elle provoque une augmentation de la température dans le coffret qui peut dépasser la température maximale admissible des composants électriques et électroniques en particulier. Ce qui induit d'éventuels dysfonctionnements. Pour éviter ces conséquences, on utilise des ventilateurs pour le refroidissement.

Le choix de la ventilation revient à calculer le débit d'air nécessaire pour l'évacuation de la chaleur vers l'extérieur [4].

Ce débit se calcule par la formule suivante :

$$D = 3.1 \left(\frac{P}{\Delta t} - K \times S \right) \quad (\text{II.16})$$

Avec : **D** : débit d'air nécessaire en (m³/h).

P : puissance dissipée dans l'enveloppe en (W).

Δt : différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de l'armoire en (°C).

S : surface extérieure de l'armoire en (m²).

K : coefficient de tôle (K=5.5 w /m²/°C).

❖ II.2.9- Matériels de fixation des appareils

➤ Les platines

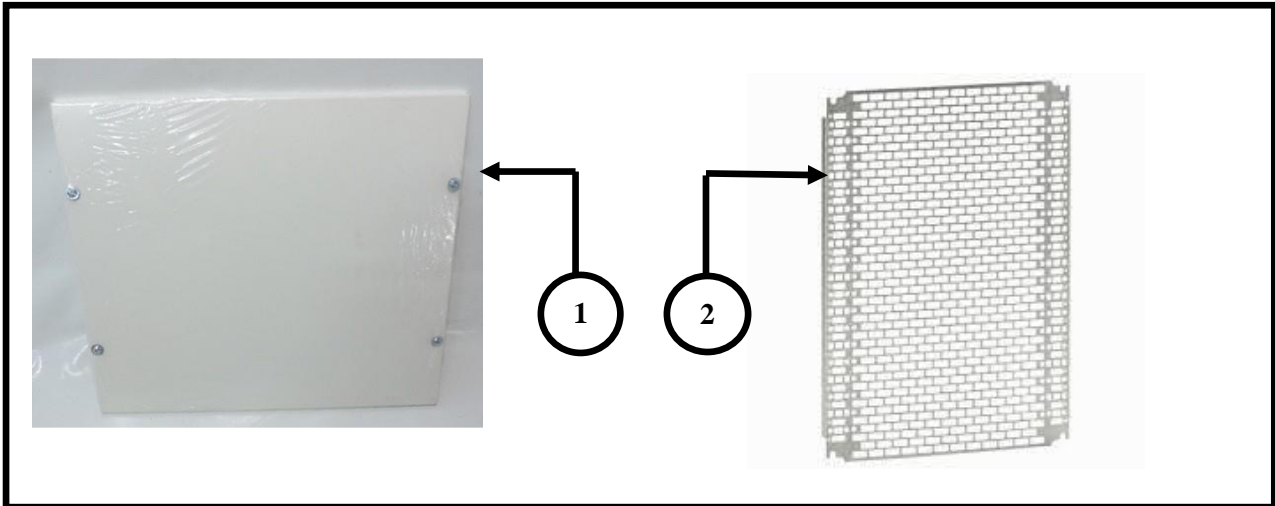
Les platines permettent le montage de tout appareil ainsi que la fixation des goulottes de câblages. Les platines sont utilisés en coffrets et armoire. Il existe deux types de platines {22} :

- Platines plaines

D'épaisseur de 2 à 3 mm dans lesquels il faut percer des trous pour la fixation des matériels.

- Platine perforées

Ne nécessite pas de percer des trous, les appareils sont fixés pas des écrous-clips.



(1) : Platine pleine

(2) : Platine perforée

Figure II.15: Types de platines [42]

➤ Les profilés

Ce sont les rails où les matériels sont encliquetés ou vissés. Il existe trois types de profilés [22] :

- Les profilés chapeaux : fixation par encliquetage.
- Les profilés asymétriques : fixation par vissage.
- Les profilés combinés : fixation par encliquetage et par vissage.



Figure II.16: Différents types de profilés [42].

➤ Les goulottes

Elles sont utilisées pour organiser les passages des fils à l'intérieur de l'armoire, ils sont choisis en fonction du nombre et de types de conducteurs utilisés. Les goulottes peuvent être fixées avec deux méthodes [22]:



Figure II.17: Les goulottes de câblage [42].

❖ II.2.10- La réalisation du câblage de l'armoire

Tout d'abord, on commence par la détermination de nombre exact des appareils électriques sur platine soit par une colle ou bien par des vis. L'espace entre les goulottes et l'appareillage doit être suffisant pour permettre la bonne lecture et des repères. Il faut laisser 25 à 30mm [23].

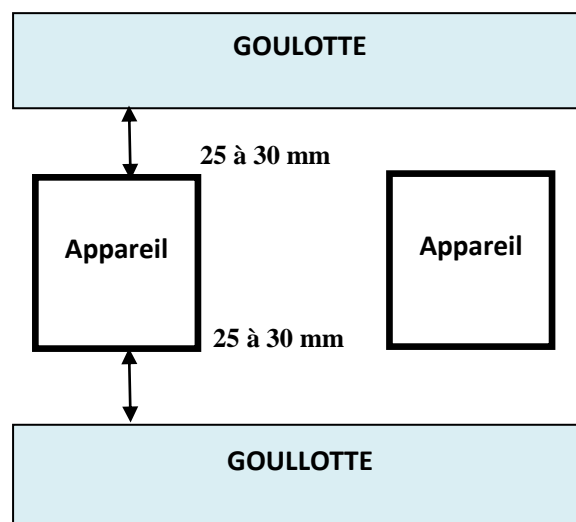


Figure II.18: Espace entre les goulottes et l'appareillage [23].

Puis on procède à la fixation de rail sur la platine en suivant le schéma de l'armoire. Ensuite on doit mettre en place tous les appareils de l'armoire. Après la mise en place de tous les composants et des appareils, on passe au câblage des composants en respectant les règles de câblage citées auparavant (couleur et section de fils, respect de l'implantation des appareils). Une fois le câblage est terminé, on passe à la finition de l'armoire qui inclue la pose des couvercles des goulottes, la pose des tresses de masse, de la ventilation de la partie de puissance, la signalisation par colonne lumineuse et par voyant sur l'armoire.

❖ **II.2.11- Essai**

Dans cette phase, nous procédons au test de fonctionnement de l'armoire. D'abord on se base sur la réponse des voyants de signalisation et si elle indique un défaut ou ne s'allument pas convenablement, on teste les équipements et les composants avec le multimètre. On commence par le branchement de l'alimentation de l'armoire et on observe les voyants de la présence tension et attend qu'ils signalisent sinon on examine les fusibles et le disjoncteur général. Puis, on fait la vérification de la partie puissance et la partie commande en passant par tous les équipements, il faut déclencher le disjoncteur. On teste les voyants marches manuellement à partir des contacteurs.

II.3- Conclusion

Au cours de ce chapitre nous nous sommes intéressés au dimensionnement des différents conducteurs afin d'éviter les échauffements excessifs que peut causer le courant qui circule dans les canalisations et assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi que pour éviter le surdimensionnement qui entraîne des problèmes d'économie et de surpoids.

Nous avons fait ensuite le choix et le dimensionnement des protections pour assurer la continuité de service ainsi que la sécurité des personnes et des biens. Nous avons calculé le courant de court-circuit maximal qui peut survenir en différents points de l'installation, ce qui permet de choisir le Pdc des appareils de protection.

Enfin nous avons expliqué la façon de réaliser le câblage de l'armoire, en procédant par le choix et l'implantation des appareils et des accessoires, ainsi que les règles à respecter pour la réussite de l'installation du point de vue fonctionnement, protection et facilité de maintenance.

III.1- Introduction

L'Automatisation se définit comme étant l'art d'utiliser les machines afin de réduire la charge de travail de l'ouvrier tout en gardant la productivité et la qualité. Permettant des économies de coût et une haute qualité de production, elle est devenue la tendance incontournable. Lors de la révolution industrielle, l'humanité fit un grand pas en avant vers l'automatisation. De nombreux ouvriers furent alors remplacés par des machines, adoptées massivement dans le but d'améliorer le rendement grâce à un nombre réduit d'erreurs, et à une diminution du coût de main d'œuvre. Ces machines permirent également d'offrir aux employés des conditions de travail moins difficiles en les libérant de leurs tâches répétitives les plus avilissantes. Elles firent leur apparition dans des secteurs de plus en plus variés et désireux d'augmenter la sécurité et le confort. Elle fait appel à des systèmes électroniques composés de capteurs de mesure et d'automates [24].

III.2- Définition

Un automate programmable industriel (En Anglais, Programming Logical Controller: PLC) est un système de traitement logique de fonctionnement. Ce dernier aura des instructions en fonction du principe de fonctionnement du système à automatiser. Ce matériel utilise un microprocesseur ayant une unité centrale, une mémoire de stockage des programmes et des modules d'entrées et de sorties comme le montre la figure suivante :

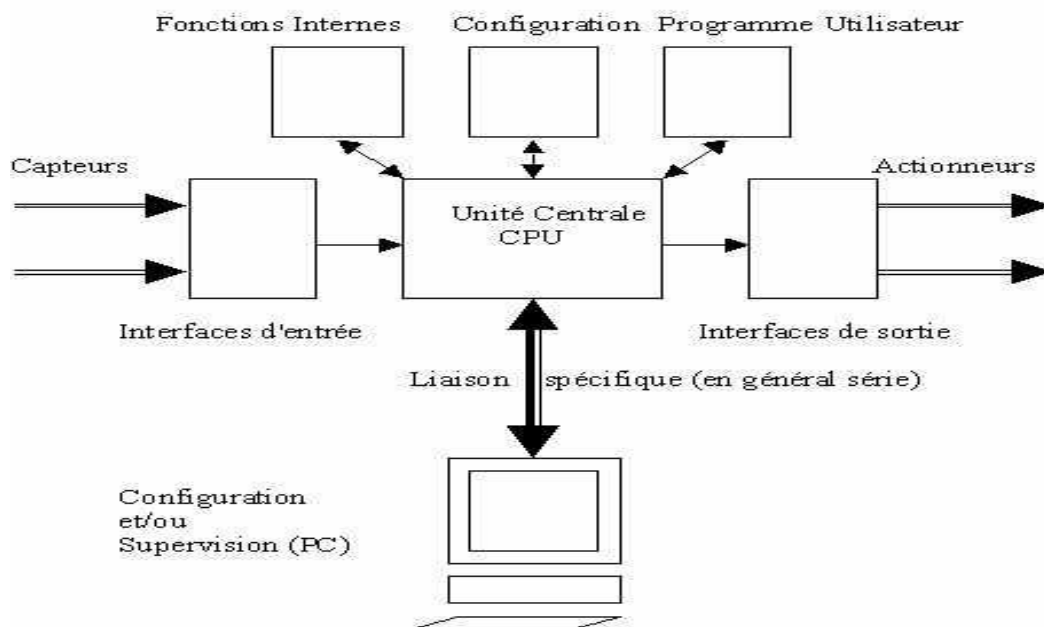


Figure III.1: La structure d'un Automate Programmable Industriel [42].

L'automate reçoit les signaux venant des capteurs qui eux même sont reliés aux cartes d'entrée de l'automate. Les données sont traitées et interprétées par l'unité centrale (CPU : Central Processing Unit) qui comprend le microprocesseur, la mémoire et les entrées/sorties du système et ensuite effectue les actions de commande selon des programmes écrits et compilés par des utilisateurs via un matériel externe grâce à des langages adaptés. Les résultats de traitement forment les sorties qui donnent les ordres aux actionneurs (contacteurs, vannes, moteurs...etc.) [25].

L'automate peut traiter aussi :

- Des fonctions de calcul arithmétique, temporisation, comptage, comparaison.
- Des liaisons avec d'autres appareils (imprimante, calculateur...etc.)

III.3- Historique

Les Automates Programmables Industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrications automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués. Un API se distingue d'un calculateur par le fait qu'il s'agit d'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,...etc.), mais aussi parce que dans les automatisations de commande complexe, les coûts de câblage et de mise au point devenaient trop élevés. Ces marchés donnaient naissance aux produits de deux de plus grandes entreprises : Modicon (AEG) et Allen-Bradley.

En Europe, les premiers API sont apparus sur le marché vers 1971 de Merlin-Gérin et Alspa. Aujourd'hui d'autres marques sont présentes sur le marché telle que FESTO, TELEMECANIQUE, OMRON, SIEMENS, GE-Fanuc, HITACHI, ...etc

Depuis le début des années 80, l'intégration des automates programmables pour le contrôle des différents processus industriels, est plus qu'indispensable. A l'origine, l'API était considéré comme une machine séquentielle, capable de remplacer des automatismes réalisés en logique traditionnelle, en apportant toutefois de profonds bouleversements dans la manière de concevoir et d'organiser le contrôle d'un processus. L'intégration de l'automate renforce le

degré de fiabilité de l'équipement, et offre une très grande adaptabilité face aux évolutions de l'environnement [28].

III.4- Les rôles de l'automate

Parmi les rôles que l'automate peut accomplir on distingue :

- ❖ **Un rôle de commande:** Où il est un composant d'automatisme, élaborant des actions, suivant un algorithme approprié, à partir des informations que lui fournissent des détecteurs (Tout ou Rien 'TOR') ou des capteurs (analogiques ou numériques).
- ❖ **Un rôle de communication:** Dans le cadre de la production.
 - Avec des opérateurs humains : c'est le dialogue d'exploitation.
 - Avec d'autres processeurs, hiérarchiquement supérieurs (calculateur de gestion de production), égaux (autres automates intervenant dans la même chaîne) ou inférieurs (instrumentation intelligente).

III.5- Systèmes automatisés de production

Un système automatisé (SA) est un ensemble des machines qui réalise des actions de manière autonome. Le rôle principal de cet ensemble d'éléments en interaction, organisé dans un but précis, est d'assurer l'acquisition des informations fournies par les capteurs et d'en faire le traitement par un programme pour élaborer la commande des actionneurs et effectuer un ensemble d'opérations sans l'intervention d'une personne ou intervention limitée [29].

L'objectif de l'automatisation des systèmes est de produire en ayant recours le moins possible à l'homme, des produits de qualité et ça pour un coût le plus faible possible. Un système automatisé est un ensemble d'éléments en interaction, organisés dans un but précis : agir sur une manière d'œuvre afin de lui donner une valeur ajoutée. Il est soumis à des contraintes : énergétiques, de configuration, de réglage et d'exploitation qui interviennent dans tous les modes de marche et l'arrêt du système [3].

❖ III.5.1- Composants d'un système automatisé

Le schéma ci-dessous illustre les composants d'un système automatisé

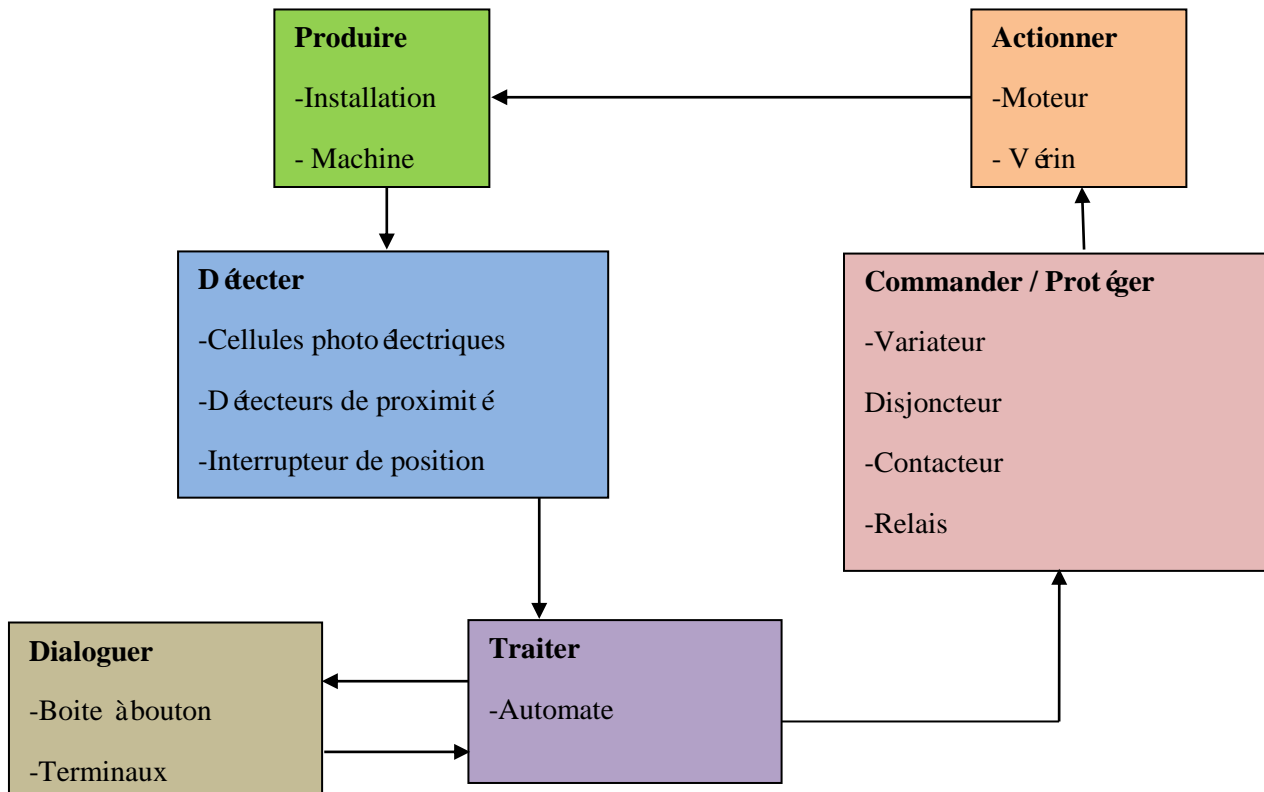


Figure III.2 : Composants d'un système automatisé [3].

L'ensemble d'un système automatisé comprend généralement une partie opérative, une partie commande et une autre partie relation.

- **Partie opérative (PO)**

C'est elle qui opère ou agit sur la matière d'œuvre ou le produit. Elle comporte en général des actionneurs et outillage mécanique permettant leur élaboration. Elle agit selon les ordres donnés par la partie commande, les exécute et émet des informations à celle-ci.

- **Partie commande (PC)**

C'est elle qui émet des ordres vers la partie opérative et en reçoit des informations en retour afin de coordonner ses actions.

- **Partie relation (PR)**

La partie relation est composée de différents pupitres et terminaux, qui assurent la communication entre l'utilisateur et les organes à commander et permet de visualiser et de contrôler le système automatisé

III.6- Choix d'un automate

Après avoir établi le cahier des charges, l'utilisateur doit choisir l'automate le mieux adapté aux besoins du système à automatiser en tenant compte des critères suivants :

- Le nombre et la nature des entrées et de sorties.
- Le type du processeur selon sa taille mémoire, sa vitesse de traitement et ses fonctions spéciales.
- Le langage de programmation.
- La communication avec d'autres systèmes de commande.
- La fiabilité et la robustesse [26], [27].

III.7- Architecture des automates

III.7.1-Structure extérieure: Les automates peuvent être de type **compact** ou **modulaire**.

- *De type compact*

On distinguera les *modules de programmation* (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider, MILLENIUM de Crouzet...etc) des *micro-automates*. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité. Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.

- *De 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.

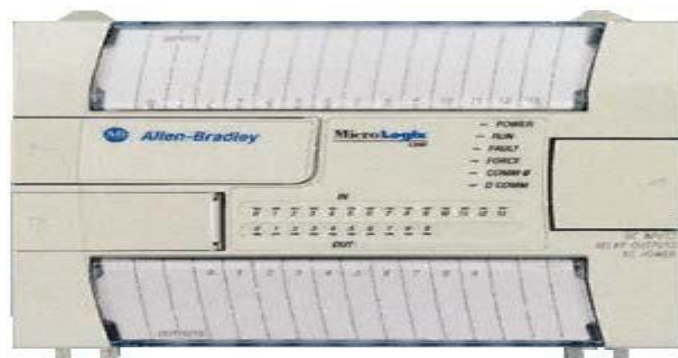


Figure III.3: Automate compact (Allen-bradley) [26].



Figure II.4: Automate modulaire (Modicon) [26].

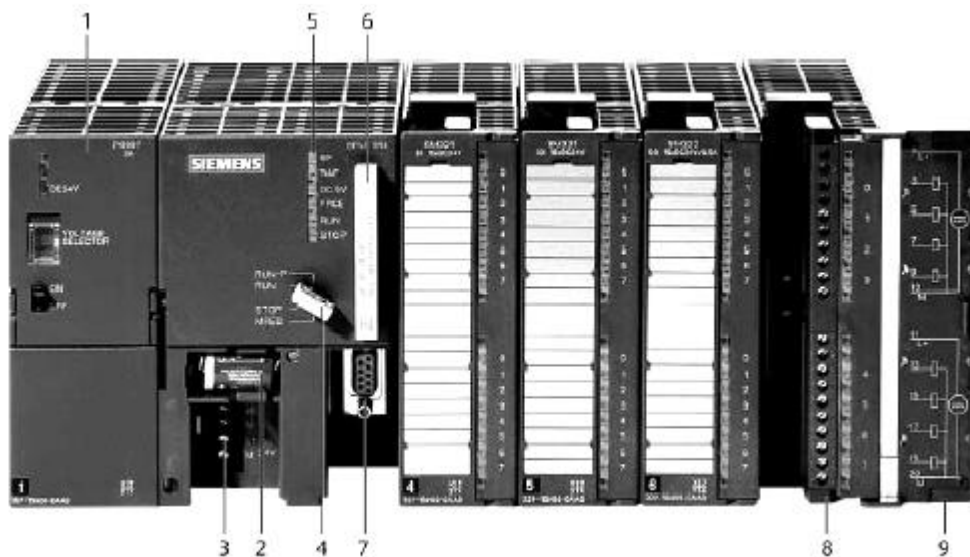


Figure III.5: Automate modulaire (Siemens) [26].

Avec :

- 1- Module d'alimentation.
- 2- Pile de sauvegarde.
- 3- Connexion au 24Vcc.
- 4- Commutateur de mode (à clé).
- 5- LED de signalisation d'état et de défauts.
- 7- Interface multipoint (MPI).
- 8- Connecteur frontal.
- 9- Volet en face avant.

III.7.2-Structure interne

- **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 mémoires type PCMCIA.
- **Interfaces d'entrées / sorties** :
 - **Interface d'entrée** : elle permet de recevoir les informations du S.A.P. ou du pupitre et de mettre en forme (filtrage, ...) ce signal tout en l'isolant électriquement (optocouplage).
 - **Interface de sortie** : elle permet de commander les divers actionneurs et éléments de signalisation du S.A.P. tout en assurant l'isolement électrique.

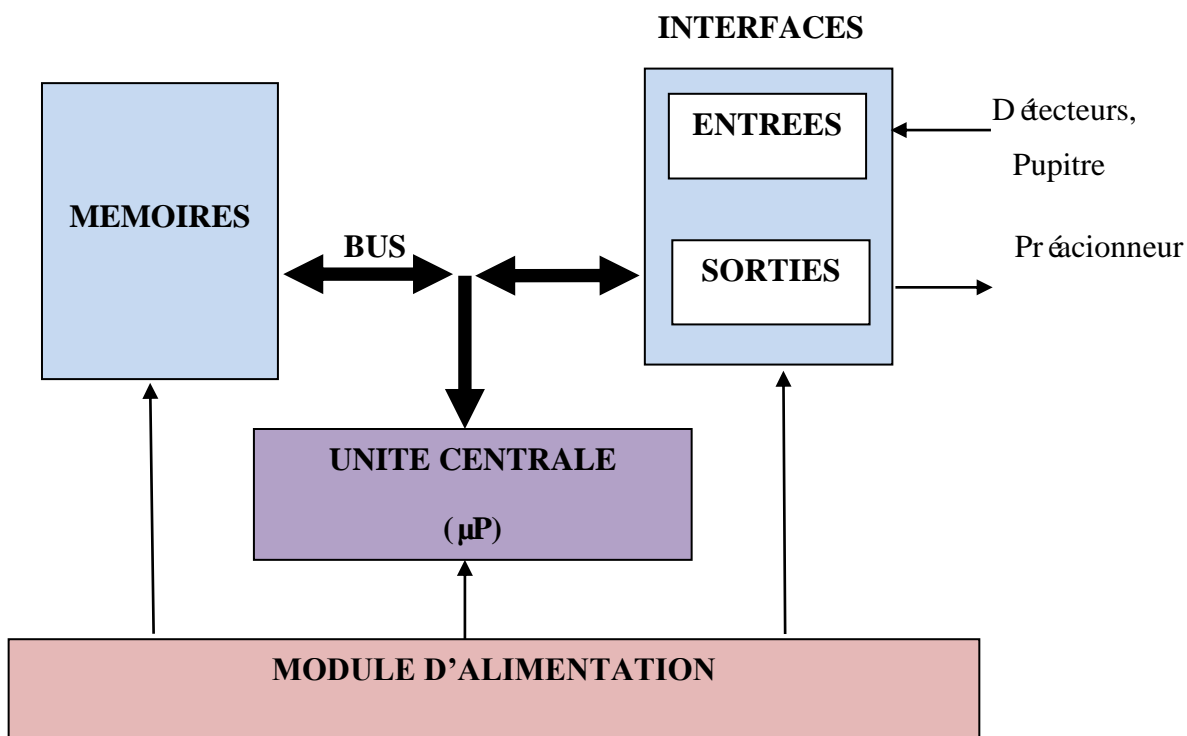


Figure III.6: Structure interne d'un API [3].

III.8- Principe g é n é r a l de fonctionnement d'un automate

Tous les automates fonctionnent selon le m ê m e mode op é r a t o i r e comme le montre la figure suivante :

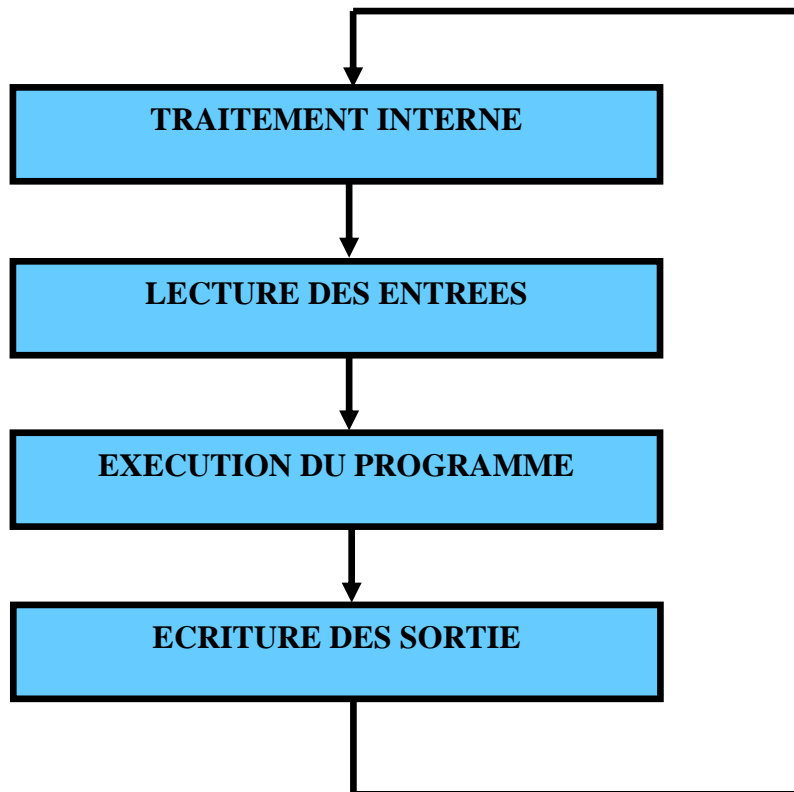


Figure III.7: Fonctionnement cyclique d'un automate [30].

✓ **Traitement interne**

L'automate effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres du système (détection des passages en RUN / STOP, mises à jour des variables ...etc.).

✓ **Lecture des entrées**

L'automate lit les entrées (de façon synchrone) et les recopie dans la mémoire image des entrées.

✓ **Exécution du programme**

L'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.

✓ **Ecriture des sorties:**

L'automate bascule les différentes sorties (de façon synchrone) aux positions définies dans la mémoire image des sorties [30].

III.9- Domaines d'emploi des automates

On utilise les API dans tous les secteurs industriels pour la *commande des machines* (convoyage, emballage ...etc.) ou des *chaînes de production* (automobile, agroalimentaire ...etc.) où il peut également assurer des fonctions de *régulation de processus* (métallurgie, chimie ...etc.). Il est de plus en plus utilisé dans le domaine du *bâtiment* (tertiaire et industriel) pour le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité ou des alarmes, aussi on les trouve dans les systèmes de transport [30].

III.10- Présentation des langages de programmation d'un API

Il existe 4 langages de programmation des automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 61131-3. Chaque automate se programme via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

- Le schéma logique (LOG).
- Le schéma contact (CONT).
- Liste d'instruction (LIST).
- Le GRAFCET.

Le mode de programmation CONTACT (CONT) est le plus utilisé il est basé sur les opérations combinatoires sur bits utilise deux chiffres «1» et «0» appelés chiffres binaires ou bits. Pour les contacts et les bobines, «1» signifie activé ou excité et «0» signifie désactivé ou déexcité. Les opérations de combinaisons sur bits évaluent les états de signal 1 et 0 et les combinaisons selon la logique booléenne. Le résultat de ces combinaisons est égal 1 ou 0. Il s'agit du résultat logique (RLG).

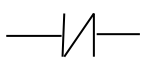
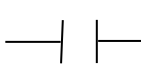
<i>Abréviation</i>	<i>Catalogue des éléments de programme</i>	<i>Description</i>
	Combinaison sur bits	Contact à fermeture
	Combinaison sur bits	Contact à ouverture
.....()	Combinaison sur bits	Bobine de sortie
.....(SE)	Temporisation	Démarrer la temporisation sous de retard à la montée

Tableau III.1: Présentation de quelques opérations du mode CONT [30].

III.11- Les avantages et les inconvénients d'un automate**❖ III.11.1- Avantages**

L'utilisation de l'automate programmable dans le domaine industriel présente plusieurs avantages, dans la suite on va illustrer les plus importantes.

- Améliorer les conditions de travail (effectuer des tâches pénibles, dangereuses et répétitives).
- Sécurité
- Précision.
- Réduire les coûts de fabrications (produits plus compétitifs).
- Augmenter la productivité (réduire le temps de travail nécessaire à la production, donc augmenter les cadences de travail).
- Flexibilité (une machine peut s'adapter à plusieurs productions).
- Confidentialité (une machine ne peut pas parler).
- Un S.A. peut travailler 24h sur 24h [31].

❖ III.11.2- Inconvénients

Les systèmes automatisés ont beaucoup d'avantages, mais ils ont aussi leurs aspects négatifs tel que :

- Incidence sur l'emploi (licenciement – chômage : la mise en place d'une machine se substituant à 10 salariés n'aboutit pas à la création de 10 emplois).
- Investissement pour l'achat de machines (le coût élevé du matériel).
- Coût de maintenance.
- Pannes.
- Consommation d'énergie.
- Formation d'un personnel plus qualifié (technicien de maintenance, de contrôle...) [31].

III.12- Conclusion

L'automate programmable industriel est un ordinateur, mais il utilise un langage proche de l'automaticien, il est robuste c'est-à-dire, résiste mieux aux chocs (mécanique et électrique), aux parasites, il dispose déjà des interfaces d'entrées/sorties d'informations adaptées aux normes industrielles.

Dans ce chapitre nous avons présenté quelques généralités sur les API tels que sa définition et historique, aussi nous avons précisé l'objectif des systèmes automatisés. Puis nous sommes intéressés aux critères du choix d'un automate, son architecture (extérieure et interne) sans oublier son principe de fonctionnement ainsi que le domaine et le rôle d'un API. Ensuite, on a cité les différents modes et langages utilisés pour la programmation d'un automate. En fin, nous avons énuméré quelques avantages et inconvénients des API.

La réalisation et l'automatisation d'une armoire électrique pour un monte-charge sera l'objectif du chapitre suivant.

IV.1- Introduction

L'automate programmable (PLC) est une unité qui peut remplacer les différentes opérations séquentielles effectuées par les relais, les temporisateurs...etc, dans le domaine de la logique câblée pour commander des applications industrielles qui peuvent être parfois très complexes. Le PLC travaille en scrutant les entrées et en fonctions de leurs états (fermé ou ouvert), il donne les ordres à partir des sorties pour réaliser les opérations requises.

Après avoir fait le dimensionnement de notre armoire, le choix de tous les composants nécessaires ainsi que la réalisation du schéma électrique à l'aide du logiciel «**X-Relais**», nous procéderons à la réalisation du câblage de l'armoire puis nous nous intéresserons à l'automatisation de cette dernière autrement dit la commande de cette armoire à l'aide d'un automate programmable.

IV.2- Le matériel utilisé pour la réalisation de l'armoire électrique

- Un disjoncteur magnétothermique pour la protection de l'installation.
- Trois porte-fusibles munis de fusibles de type aM de 12A.
- Deux contacteurs triphasé (KM1 et KM2) de bobine 220 VAC.
- Deux relais affiches.
- Des boutons poussoirs on/off (NO/NC).
- Deux relais auxiliaires 24 VDC.
- Des fils électriques pour connecter les différents éléments de l'armoire électrique.

IV.3- Le choix du S7-300

Après avoir établi le cahier des charges de notre installation dans les chapitres précédents, et vu le nombre d'entrées (tous ce qui est capteurs, interrupteurs, boutons poussoir...etc.) et le nombre de sorties (tous ce qui est actionneurs tel que : les moteurs, ainsi que leurs natures (numériques, analogiques, logiques...etc.) le choix d'un API performant intégrant plus de module d'entrées/sorties s'impose. Aussi on a opté pour l'API S7-300 qui répond parfaitement à cette flexibilité en plus de sa disponibilité dans notre laboratoire LATAGE (d'Electrotechnique).

IV.4- Présentation générale de l'automate S7-300

Le S7-300 est un automate modulaire d'une gamme excellente des produits SIMENS, il est synonyme de la nouvelle technologie des automates programmables. Le S7-300 est utilisé dans presque toutes les branches de l'industrie où les applications les plus variées. Sa modularité permet de réaliser des fonctions d'automatisations les plus diverses à partir des différents modules [30], [34].

Les automates programmables SIEMENS sont des appareils fabriqués en série. Tous les éléments logiques, fonctions de mémoire, temporisations, compteurs,...etc nécessaires à l'automatisation sont prévus par le fabricant et sont intégrés à l'automate. Ils se distinguent principalement par les nombres des :

- Entrées et sorties.
- Compteur.
- Temporisation.
- Mémentos.
- La vitesse de travail [32].



Figure IV.1: L'automate S7-300 SIEMENS [4].

IV.5- Caractéristiques de l'automate S7-300

L'automate S7-300 offre les caractéristiques suivantes :

- Gamme diversifiée de CPU.
- Gamme complète de modules.
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- Bus de fond de panier, intégré au module.
- Possibilité de mise en réseau avec MPI PROFIBUS ou INDUSTRIAL ETHERNET.
- Raccordement central de la console de programmation (PG) avec accès à tous les modules.

- Liberté de montage aux différents emplacements. Configuration paramétrage à l'aide de l'outil configuration matérielle [33].

IV.6- Constitutions de l'automate S7-300

L'automate S7-300 est un système d'automatisation modulaire offrant la gamme des modules suivants :

- Module d'alimentation (PS) 2A, 5A, 10A.
- Unité centrale (CPU315).
- Module de signaux (SM) pour entrées TOR et analogiques.
- Module d'extension (IM) pour la configuration multi rangée du S7-300.
- Module de fonction (FM) pour les fonctions spéciales (par exemple activation d'un moteur asynchrone).
- Processus de communication (CP) pour la connexion au réseau.

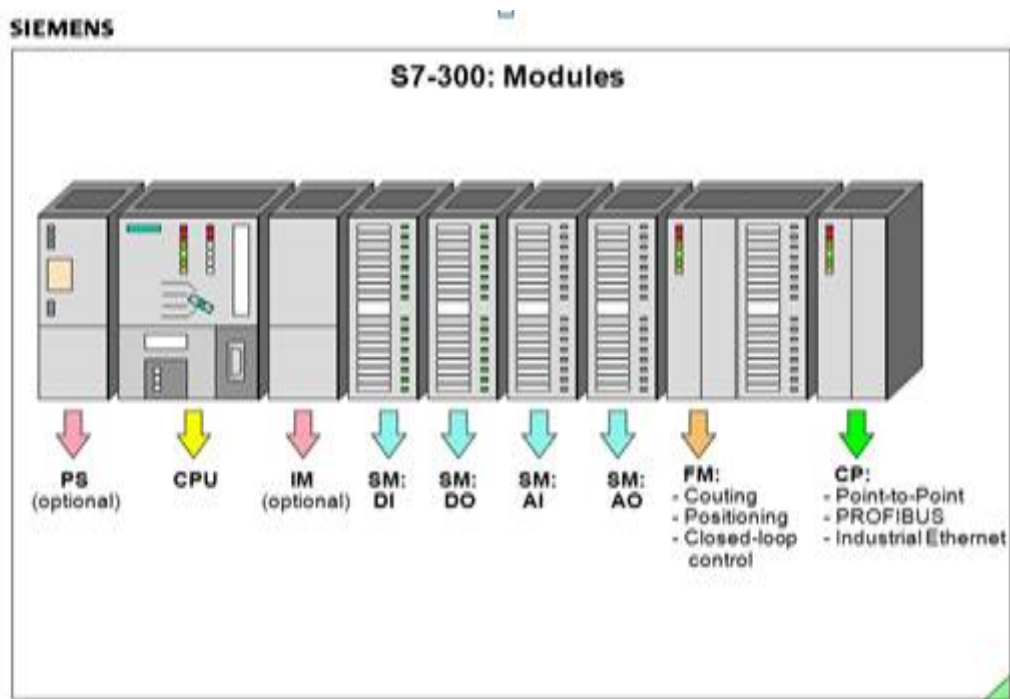


Figure IV.2 : Présentation de l'automate S7-300 [42].

IV.6.1- Module d'alimentation (PS)

Ce module assure l'alimentation de l'automate sous une tension 24V DC ainsi que l'alimentation externe des circuits de charge de 24V DC. Cette alimentation effectue la conversion de la tension du réseau 230V AC en 24V DC [35].

Ce module possède une LED indique le bon fonctionnement et un témoin clignotant en cas de surcharge. Il existe divers modules d'alimentation de courant de sortie de 2A, 5A et 10A pour l'alimentation du S7-300, des capteurs et des actionneurs de 24V DC.

IV.6.2- L'unité centrale

La CPU est le cerveau de l'automate, elle exécute le programme utilisateur en lisant les entrées ainsi elle commande les sorties. Elle communique avec l'autre partenaire d'un réseau MPI via l'interface MPI. Elle peut être aussi maître ou esclave DP sous un réseau PROFIBUS. Il existe une variété de CPU de l'automate S7-300 de différentes caractéristiques et de performances étagées selon le besoin de l'utilisateur.

La CPU de l'automate S7-300 se présente dans un boîtier compact avec les éléments suivants :

- Des indicateurs d'état et des erreurs (LEDs).
 - Logement de microcarte mémoire SIMATIC avec éjecteur.
 - Raccordement de la tension d'alimentation.
 - Une interface MPI.
 - Une deuxième interface MPI (pour CPU315-2DP).
 - Un commutateur indiquant le mode de fonctionnement (STOP/RUN/RUN-P) [36].
- ✓ **RUN** : exécution de programme, accès en lecture seule avec la PG.
- ✓ **STOP** : le programme n'est pas exécuté, toutes les fonctions avec la PG sont autorisées
- ✓ **RUN-P** : exécution de programme, accès en écriture et en lecture avec la PG.

Pour le monte-charge, on a utilisé la CPU314-2DP qui possède les caractéristiques suivantes :

- Microcarte mémoire **MMC SIMATIC** (indispensable pour le fonctionnement, la MMC sert de mémoire de chargement. Tout programme est sauvegardé dans cette mémoire (morte) et sera ensuite exécuté dans la RAM de l'automate).
- 1 Interface MPI 9 points (prise série pour dialogue avec le PC)
- 1 Interface DP 9 points (prise pour réseau PROFIBUS)
- 24 Entrées TOR
- 16 Sorties TOR
- 4+1 Entrées analogiques
- 2 Sorties analogiques
- Fonctions technologiques : 4 compteurs, Positionnement 1 voie, régulation [41].

IV.6.3- Module d'entrées/sorties

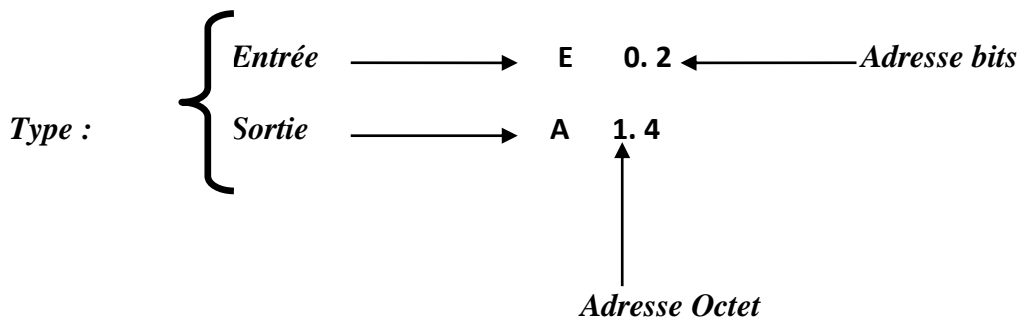
Les modules d'entrées/sorties sont des interfaces de communication entre l'unité centrale et les différents capteurs et actionneurs. Ils assurent le filtrage et l'adaptation des signaux électriques.

- ❖ **Les modules d'entrées :** ils permettent à l'automate de recevoir des informations provenant soit de la part des capteurs (entrées logiques, analogiques ou numériques) ou bien pupitre de commande.
- ❖ **Les modules de sorties :** Les modules de sorties permettent de raccorder l'automate avec différents prés-actionneurs et actionneurs.
 - Les prés-actionneurs sont : les contacteurs, distributeurs, relais...etc.
 - Les actionneurs sont : les moteurs, éléments de signalisation...etc.
 - Les sorties peuvent être logiques, analogiques ou bien numériques.

a. Module d'entrées/sorties logiques

Les modules entrées/sorties TOR sont l'interface destinée pour les signaux tout ou rien, ils seront raccordés aux capteurs (entrée TOR) e aux pré-actionneurs (sortie TOR). Les entrées et les sorties TOR de l'automate sont regroupées en groupes de 8 entrées et 8 sorties. Un groupe de 8 entrées/sorties est appelé octet. Chaque octet est divisé en 8 bits [37].

L'adressage sera de cette forme :



b. Module entrées/sorties analogiques

C'est l'interface de l'automate destinée pour les signaux analogiques, ils seront raccordés aux capteurs et aux actionneurs analogiques. Un signal analogique évolue dans le temps, parmi ces grandeurs on peut citer la pression, le niveau, la température, le débit, la vitesse...etc.

Ce signal analogique sera converti en un signal numérique afin qu'il soit exploitable par la CPU. L'opération sera réalisée à l'aide des circuits spéciaux selon la précision et la capacité du système.

Un signal analogique sera subdivisé en intervalles de temps (Pas d'échantillonnage), puis un code sera affecté à chaque échantillon selon leur niveau. Comme le montre la figure suivante [14] :

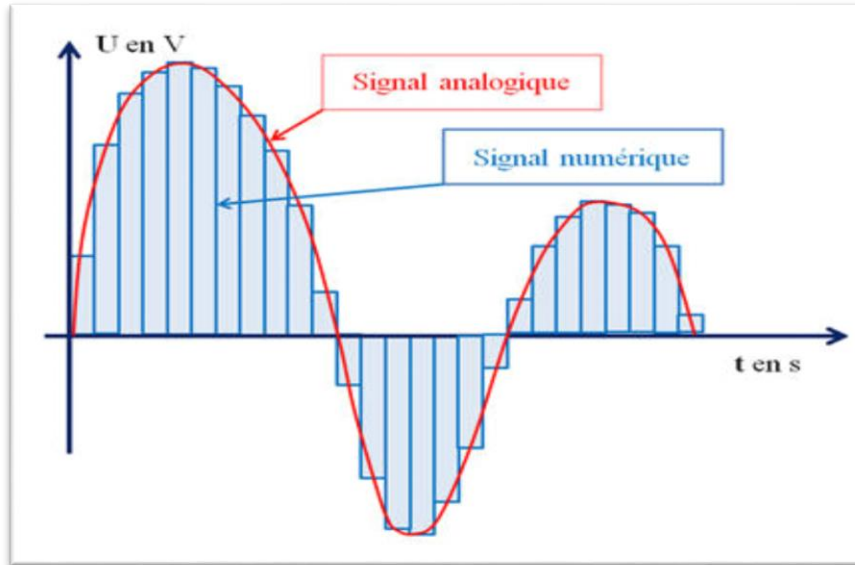


Figure IV.3: Principe de conversion analogique/numérique [42]

c. Module de fonction (FM)

Il a pour rôle l'exécution des tâches du traitement des signaux du processus à temps critique et nécessitant une importante capacité mémoire comme le comptage, le positionnement et la régulation [32].

d. Module de communication (CP)

Par des exigences très fortes en vitesse de transmission rapide et de gros volumes de données, les modules de communication jouent un rôle clé dans le cadre de la communication industrielle. Ils permettent d'établir des liaisons homme-machine ou machine-homme. Ces liaisons sont effectuées à l'aide des interfaces de communication tel que :

- Point à point.
- PROFIBUS.
- Industriel Ethernet [32].

e. Châssis d'extension (UR) (rack)

Est constitué d'un profilé support en aluminium et bus de fond de panier avec connecteur. Il permet le montage et le raccordement électrique de divers modules de l'automate [32].

f. Console de programmation

Il existe deux types de consoles (PG ou PC), l'un permet le paramétrage et les relevés d'informations (modification des valeurs), l'autre permet en plus de la programmation, le réglage et l'exploitation [32].

g. Module de simulation

Ce sont les modules spéciaux qui offrent à l'utilisateur la possibilité de tester le programme lors de la mise en service et au cours du fonctionnement [4].

IV.7- Les blocs de l'automate S7-300 :**IV.7.1- Blocs OB**

C'est la structure la plus importante, les blocs OB constituent l'interface entre le système d'exploitation de la CPU et le programme utilisateur, ces programmes permettent de déclencher l'exécution d'une partie du programme. Les blocs d'organisation sont traités selon la priorité qui leur est affectée [38].

IV.7.2- Blocs DB

Ce bloc stocke les données globales de l'utilisateur auquel tous les blocs d'un programme peuvent accéder [38].

IV.7.3- Bloc FB

Un bloc fonctionnel contient une partie d'un programme et dispose d'une zone mémoire qui lui est affectée. Ce bloc fonctionnel nécessite de lui affecter un DB d'instance, soit par en le créant soit en le générant [38].

IV.7.4- Fonction FC

Pour ce bloc, aucune zone de mémoire individuelle n'est affectée. Ce bloc n'a pas besoin de lui affecter un DB d'instance [38].

IV.8- Programmation du monte-charge avec le logiciel STEP7**IV.8.1- Présentation du logiciel STEP7**

Le logiciel STEP7 est un logiciel orienté objet. Sous Windows, il offre la possibilité de programmer et de simuler nos programmes réalisés sur interface de travail, il est constitué :

D'un espace de travail dédié à la programmation, qui pourrait être effectuée avec trois modes (CONT, LOG, et LIST). Une barre d'outils contenant les différentes fonctions associées à la réalisation de nos programmes, ainsi que les options de visualisations de simulation.

Option de programmation avec laquelle nous pouvons accéder aux différentes fonctions du mode de programmation à savoir les mémentos, les temporisations, les compteurs...etc.

STEP7 est un logiciel de base qu'on a utilisé pour la programmation et la configuration de notre automate S7-300. Il est formé d'un ensemble d'applications avec lesquelles nous avons aisément réalisé les tâches suivantes :

- La programmation et le paramétrage du matériel.
- La création et le test du programme de commande de système.

Le gestionnaire de projets SIMATIC, encore appelé SIMATIC manager, nous a servi d'interface graphique à toutes ces applications. C'est lui qui organise la mise en commun dans un projet de toutes les données et de tous les paramètres requis pour réaliser une tâche d'automatisation. Les données y sont structurées thématiquement et représentées sous forme d'objet [32], [39].

La partie principale de notre travail est la configuration, la programmation de l'automate S7-300 et du programme élaboré pour la commande du système. Afin de bien mener notre tâche d'automatisation, nous avons suivi l'ordre des opérations élaborées dans le plan suivant :

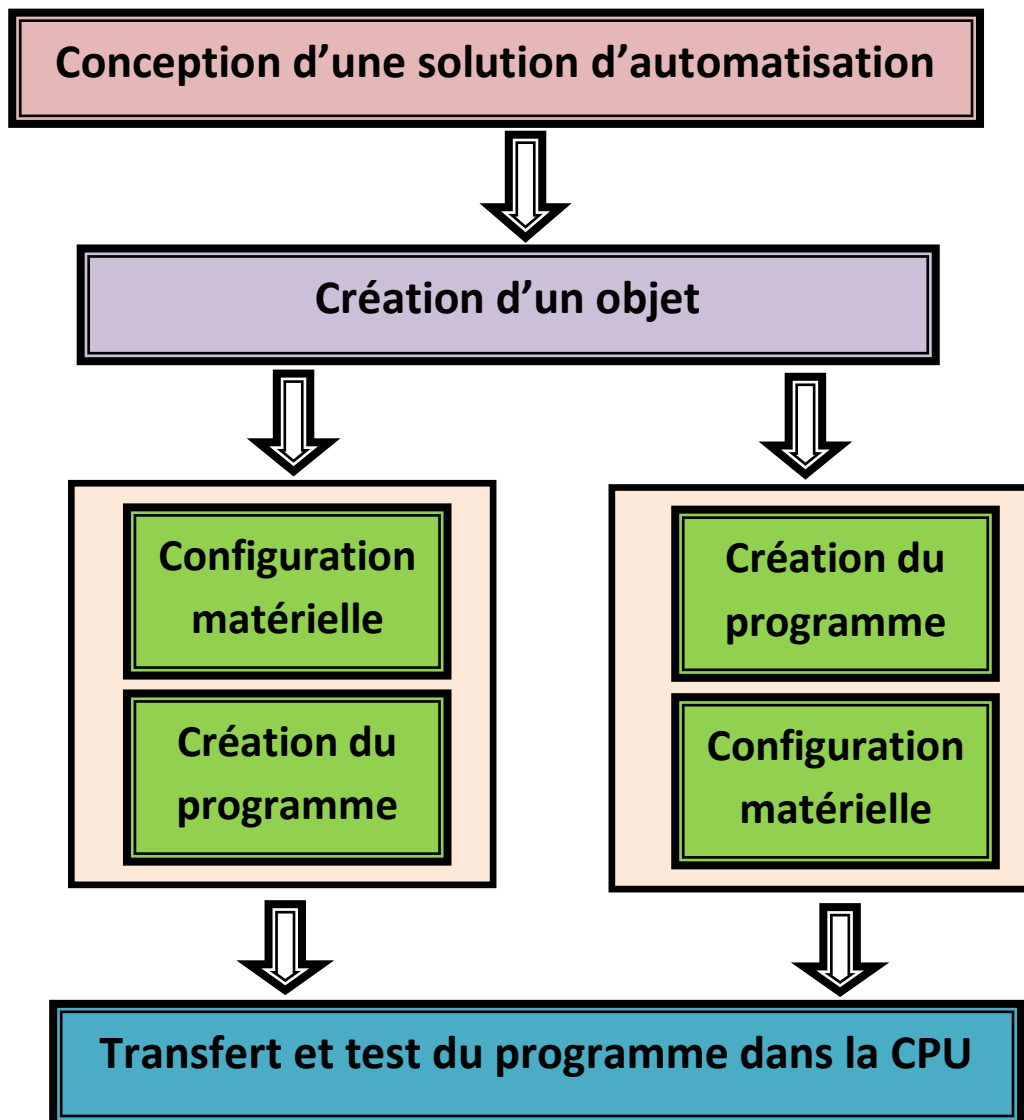


Figure IV.4: Logigramme pour la création de projet sous STEP7 [32].

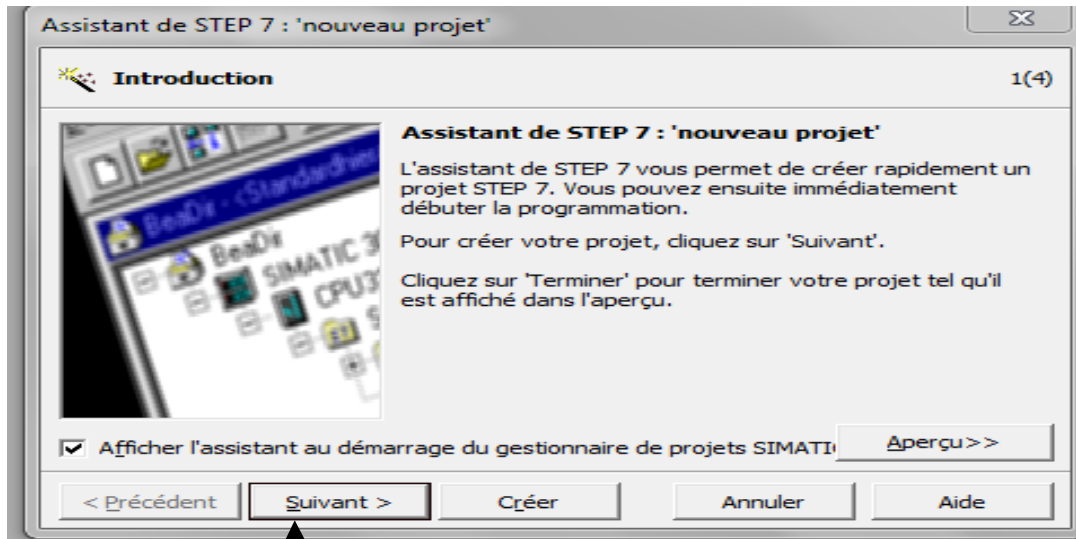
IV.8.2- Création d'un projet sous STEP7

La création d'un projet est la première étape pour réaliser une tâche de programmation. Dans ce projet on doit structurer les données et les programmes d'utilisateur.

1. Lancer SIMATIC Manager par double clic sur son icône.



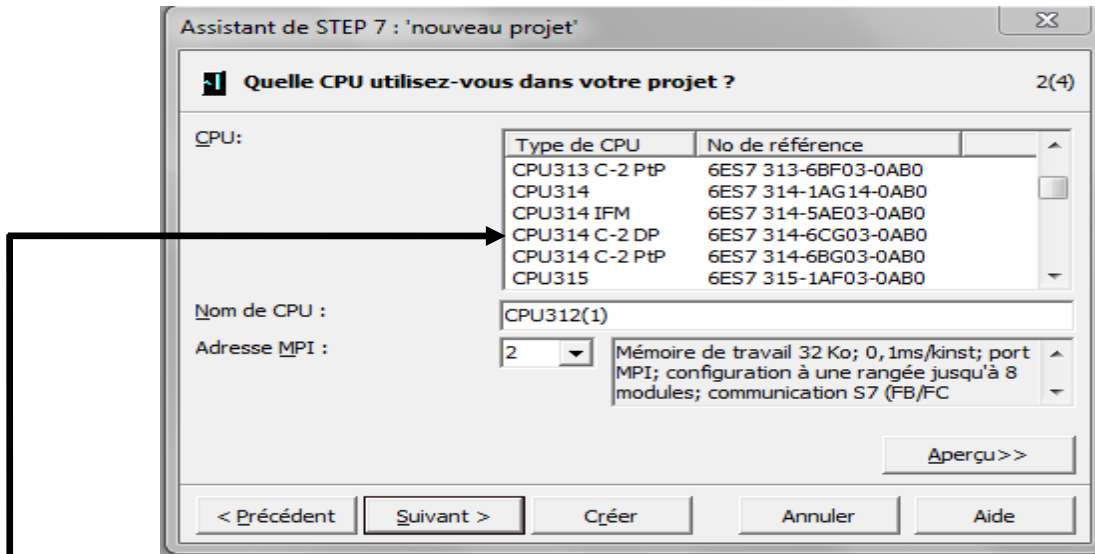
➤ Une fenêtre « assistant de STEP7 » apparaît :



On clique sur « Suivant »

Figure IV.5: Assistant de Step7.

2. Sélection de la CPU : « 314C-2DP »



Le choix de la CPU « CPU314C-2DP »

Figure IV.6: Choix de la CPU.

3. Choisir le langage de programmation «CONT» ainsi le cycle d'exécution «OB1» :

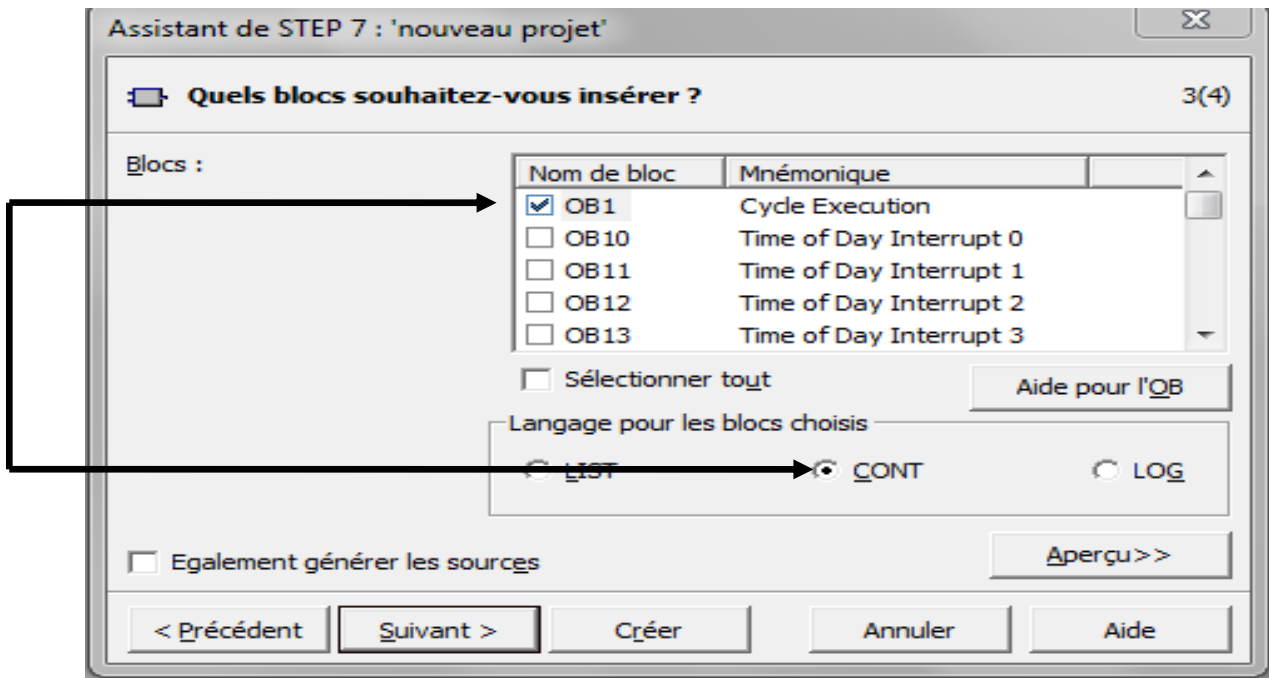


Figure IV.7: Choix du bloc à insérer et le langage de programmation.

4. Donner un nom au projet « programme M-CH » :

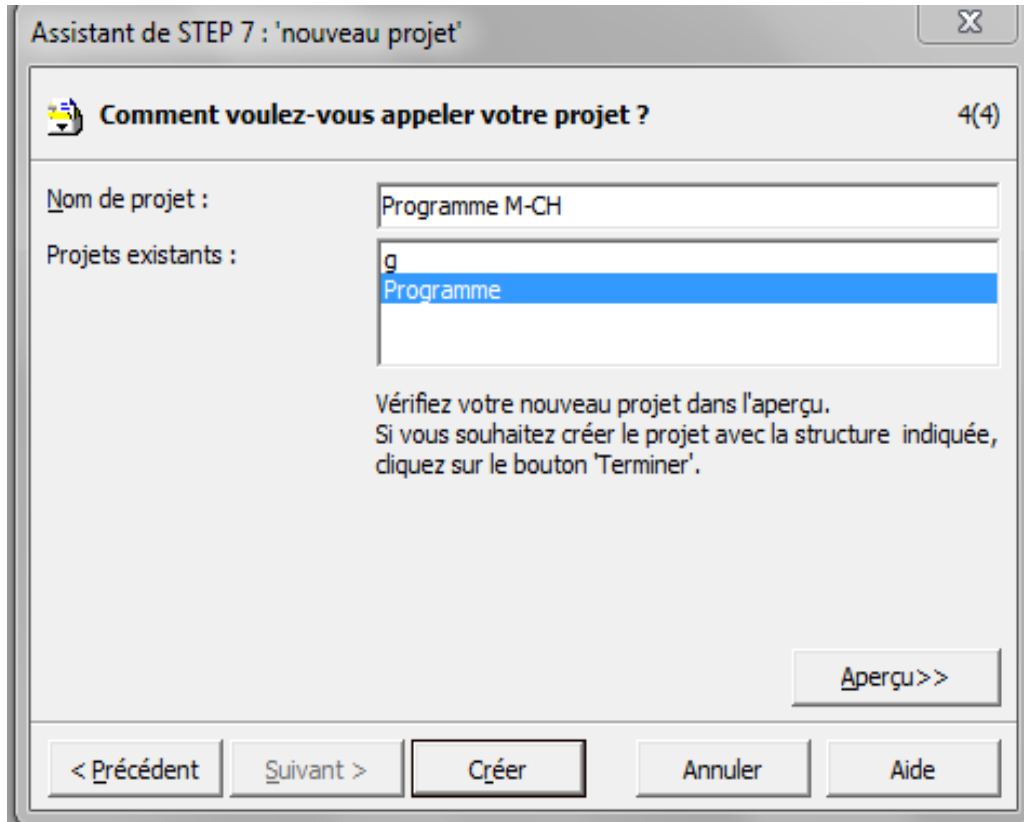


Figure IV.8: Nom du projet.

IV.8.3- Configuration matérielle

Dans la configuration matérielle, l'utilisateur doit sélectionner tous les éléments dont il a besoin pour réaliser son projet. Elle consiste à la disposition des profilés support (Racks), l'alimentation stabilisée, la CPU, les modules d'entrées/sorties logiques et analogiques.

Pour établir la configuration matérielle de l'automate pour le projet du monte-charge, nous avons choisi :

- CPU314C-2DP: 6ES7 314-6CG03-0AB0 V2.6.
- DP: 1023.
- DI24/DO16: de 124 jusqu'à 126
- AI5/AO2: de 752 jusqu'à 761.
- Comptage: de 768 jusqu'à 783.
- Positionnement: de 784 jusqu'à 799.

La configuration matérielle est illustrée dans la figure suivante :

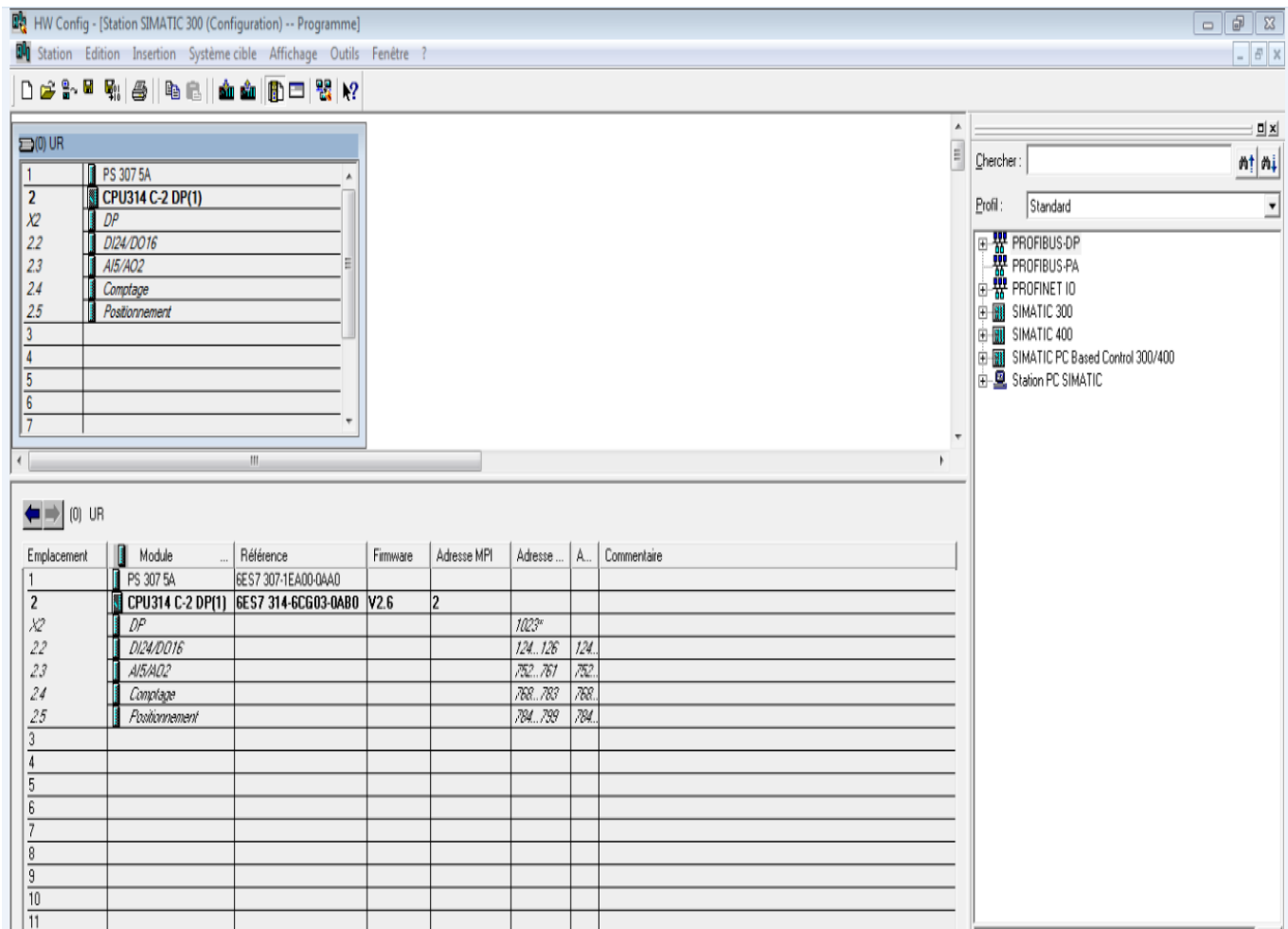


Figure IV.9: Configuration matérielle de l'automate pour le projet du monte-charge.

IV.8.4- Table mnémoniques

Cette table est automatiquement générée lorsque l'utilisateur crée un nouveau programme, cette table rend le programme plus compréhensible et plus facile à gérer lorsque le programme contient un grand nombre de variables [40].

La figure suivante illustre la table des mnémoniques :

	Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de d	Commentaire
1		B.Arret	E 0.0	BOOL	
2		B1.Marche	E 0.1	BOOL	
3		B2.Marche	E 1.1	BOOL	
4		Cycle Execution	OB 1 OB 1		
5		FC1.1	E 0.3	BOOL	
6		FC1.2	E 1.3	BOOL	
7		FC2.1	E 0.4	BOOL	
8		FC2.2	E 1.4	BOOL	
9		KM1	E 1.2	BOOL	
1		KM1(sens1)	A 0.0	BOOL	
1		KM2	E 0.2	BOOL	
1		KM2(sens2)	A 0.2	BOOL	
1		No1(FC1)	E 0.7	BOOL	
1		No1(FC2)	E 1.0	BOOL	
1		No1.1(R AFF)	E 0.5	BOOL	
1		No1.2(R AFF)	E 1.5	BOOL	
1		No2(FC1)	E 1.7	BOOL	
1		No2(FC2)	E 2.0	BOOL	
1		No2.1(R AFF)	E 0.6	BOOL	
2		No2.2(A AFF)	E 1.6	BOOL	
2		SPDT1	A 0.1	BOOL	
2		SPDT2	A 0.3	BOOL	
2					

Figure IV.10: La table des mnémoniques [réaliser sous Step7]

IV.9- Projet sous STEP 7

Un projet permet de regrouper l'ensemble des programmes et des données nécessaires à réaliser une tâche d'automatisation, la structure du projet sert à ordonner les données et programmes créés au cours du projet, comme montré dans la figure suivante :

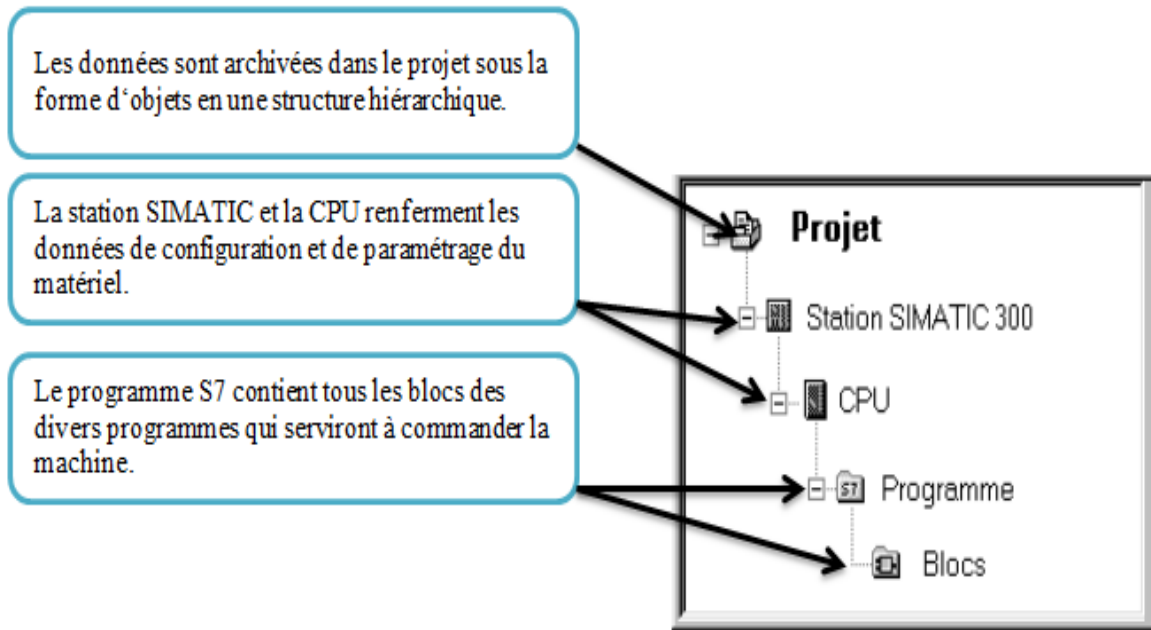


Figure IV.11: Structure d'un programme en STEP 7 [30]

Après avoir réalisé les étapes précédentes, on passe à la création des réseaux et les instructions du programme. La figure suivante illustre la fenêtre de la création de notre programme.

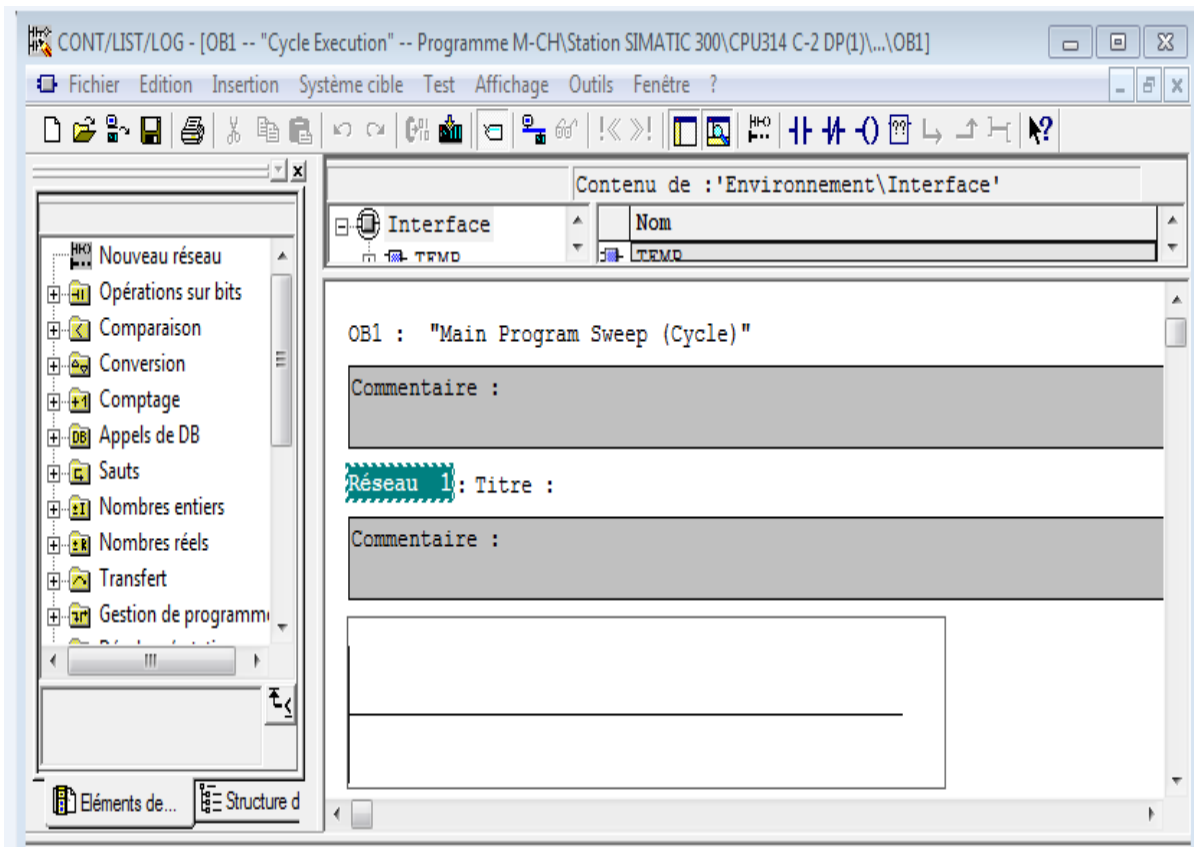


Figure IV.12: Fenêtre de la création du programme.

La figure (IV.13) illustre le programme du monte-charge.

Monte-Charge à deux niveau

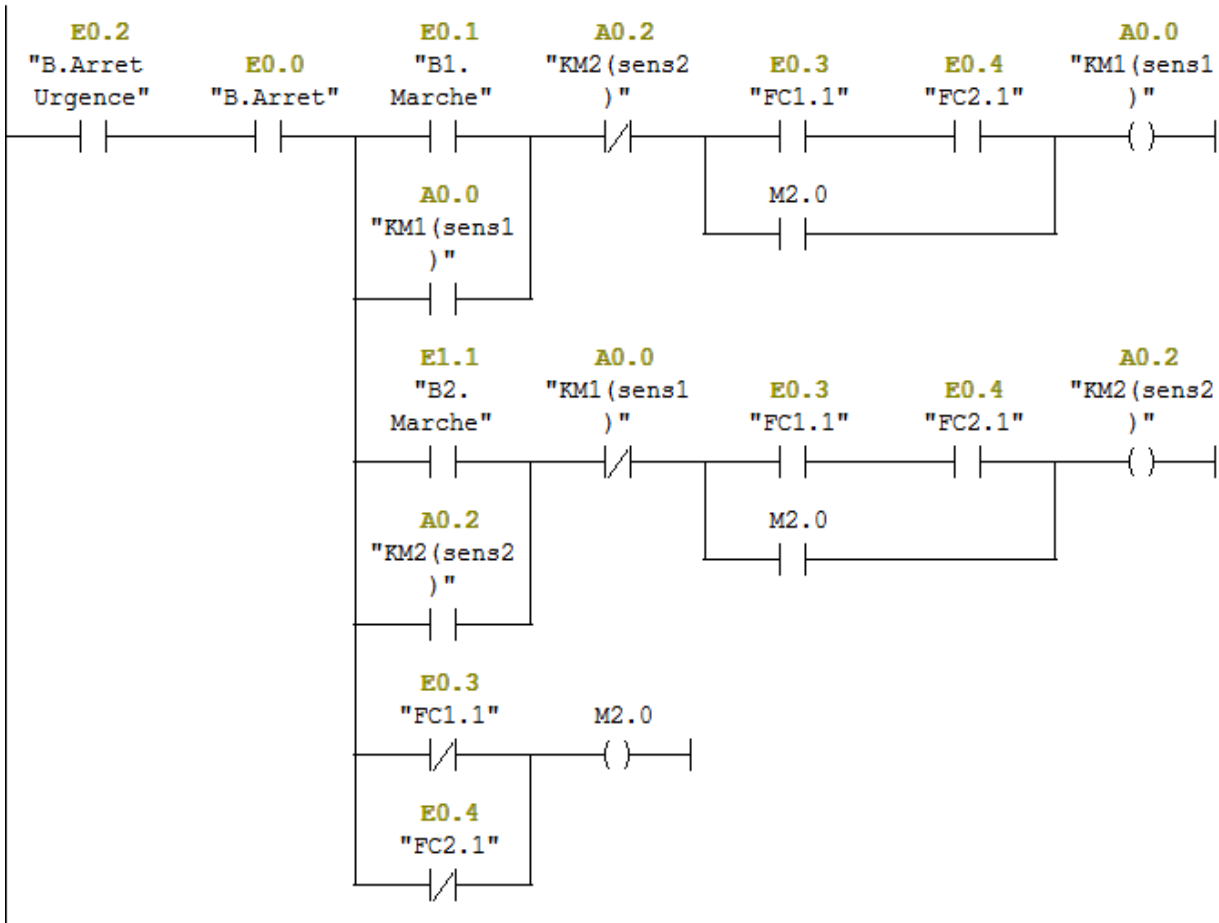


Figure IV.13: Schéma du programme du monte-charge.

IV.10- Simulation du programme avec S7-PLCSIM

IV.10.1- Présentation de logiciel de simulation


S7-PLCSIM est une application qui nous permet d'exécuter et de tester le programme dans un automate programmable (AP) qu'on simule sur un ordinateur ou dans une console de programmation. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP 7.

La CPU S7 simulée permet de tester les programmes destinés, ainsi que de remédier à d'éventuelles erreurs.

S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme activer ou désactiver des entrées) [42].

IV.10.2- Simulation du programme élaboré

a)- Ouverture de l'API S7 PLCSIM

Pour ouvrir le simulateur on doit démarrer le gestionnaire du projet SIMATIC, ensuite on cliquant sur le bouton  qui se trouve dans la barre d'outils de se gestionnaire, comme le montre la figure suivante :

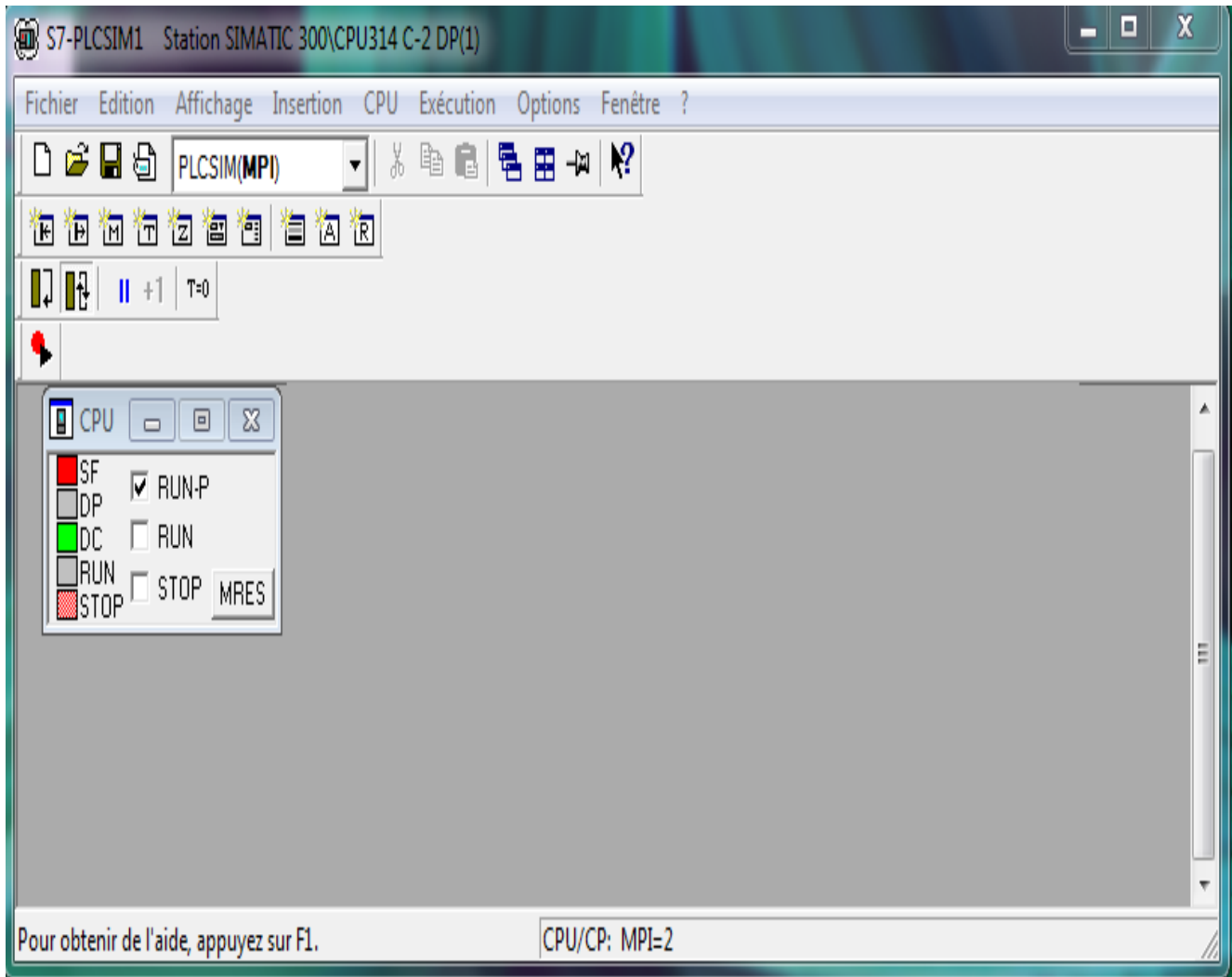


Figure IV.14: Ouverture du simulateur.

b)- Configuration de l'API S7 PLCSIM

Dans notre programme, on a utilisé plusieurs entrées, sorties, mémentos et temporisation. Dans l'API S7 PLCSIM, on peut utiliser des fenêtres pour activer ou désactiver les entrées et visualiser les valeurs des temporisations et l'état des sorties. Les fenêtres utilisées dans le programme sont représentées dans la figure suivante :

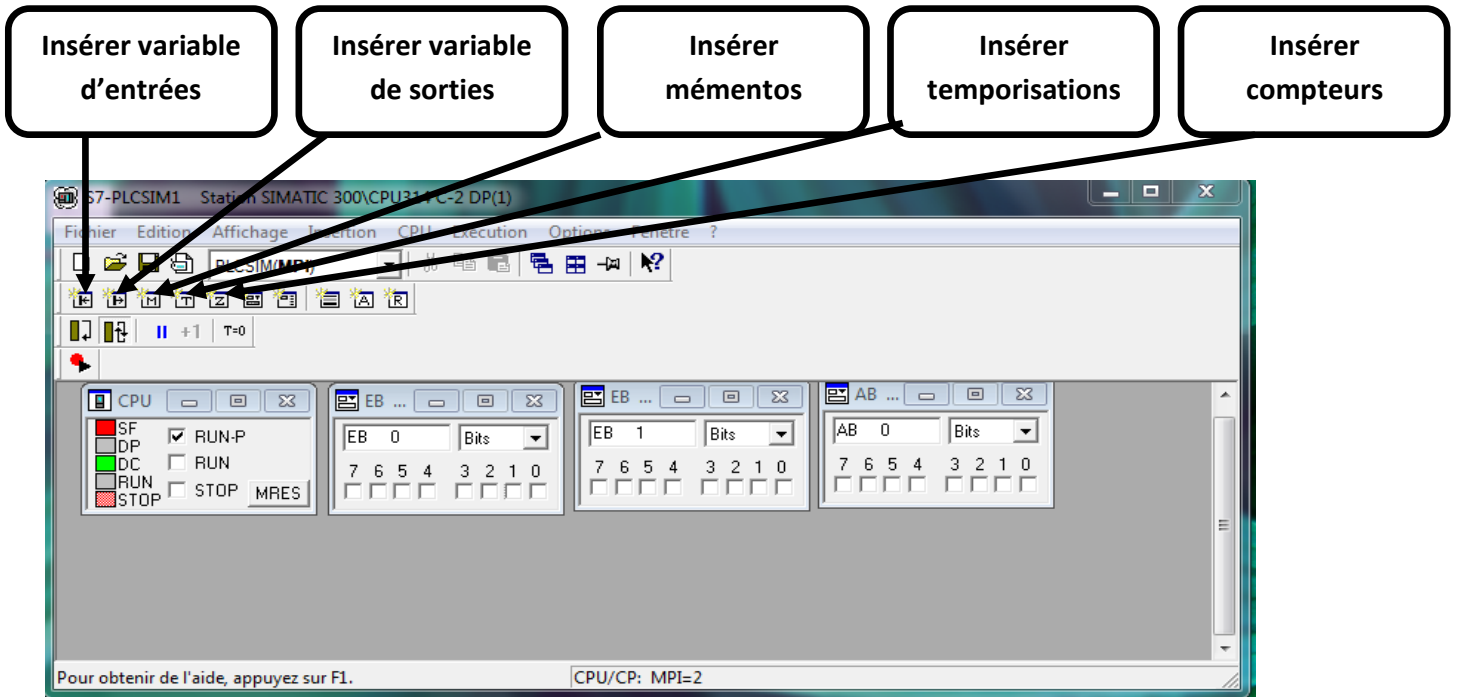



Figure IV.15: Fenêtres utilisés dans L’API S7 PLCSIM [réaliser sous Step7]

c)- Chargement du programme

Pour charger le programme dans l’API de simulation on doit d’abord ouvrir le programme élaboré ensuite on cliquant sur le bouton , ou en cliquant par bouton droit sur **Blocks** et choisir **système cible, charger**. Comme représenté dans la figure suivante :

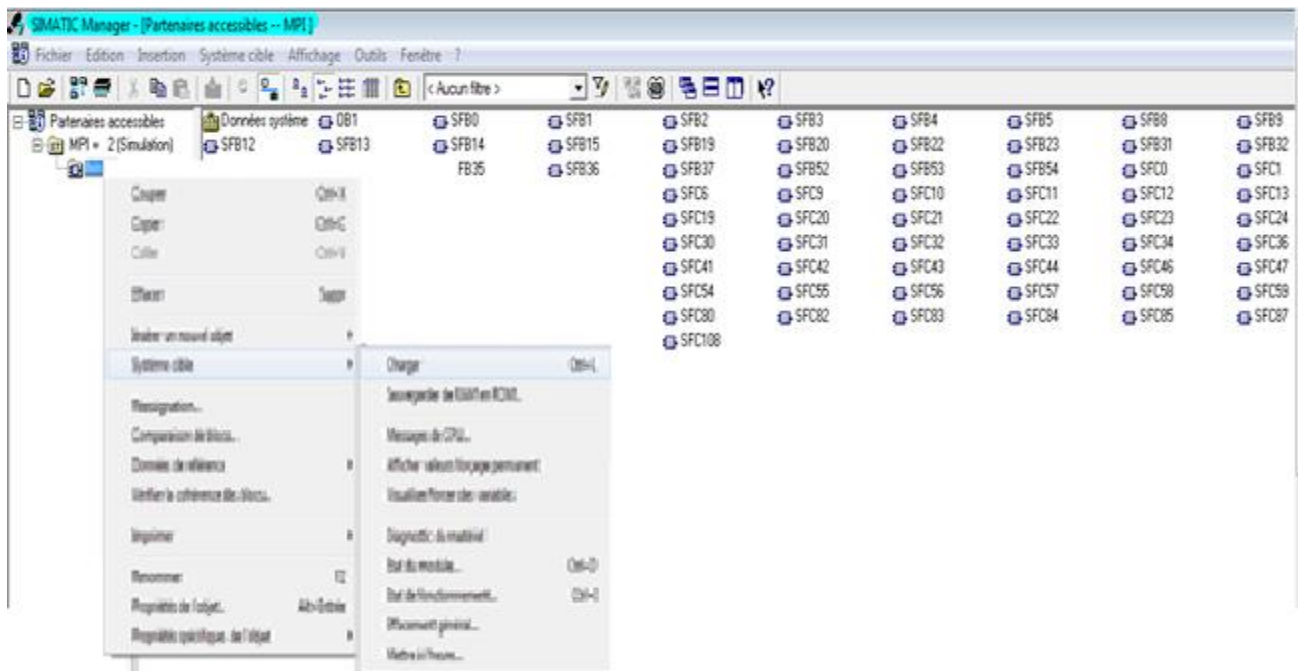



Figure III.16: Chargement de programme dans l’API de simulation.

d)- Exécution et visualisation du programme

Pour visualiser le programme chargé dans l'API S7 PLCSIM, on procède de la manière suivante :

- Cliquant directement sur  à partir de la barre d'outils, ou choisir la commande

Test-visualisation.

- Cocher la case **RUN-P** de la CPU, pour démarrer la simulation.
- Cocher les bits correspondants dans les fenêtres des variables (entrées, mémentos...), et

visualiser l'état des sorties, comme représenté dans la figure suivante.

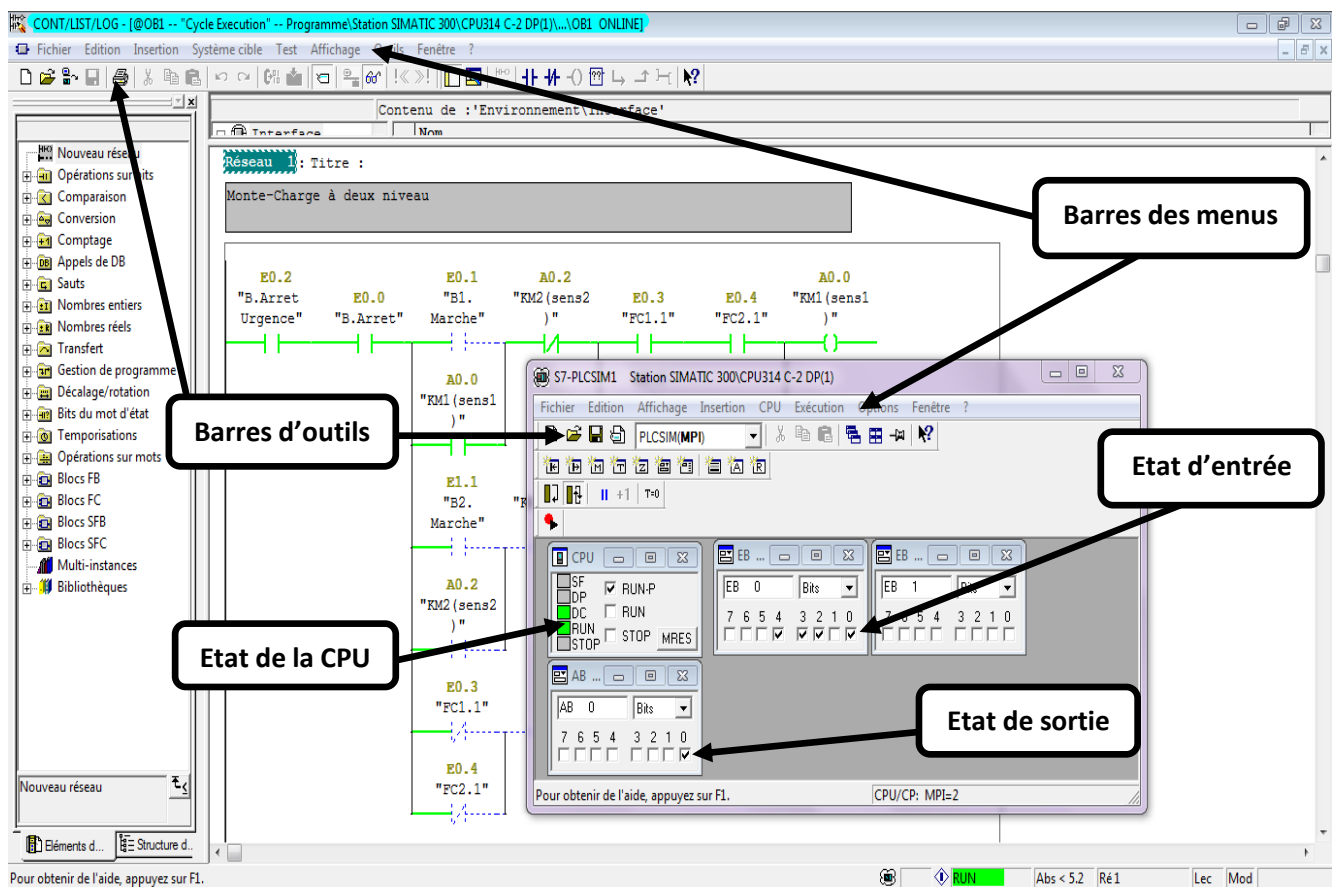


Figure IV.17: Forçage des variables de programme.

IV.10.3- Exemple de simulation du programme

Après avoir élaboré et structuré le programme du système à automatiser, nous arrivons à l'étape de la vérification du bon fonctionnement par la simulation du programme. L'application de la simulation de modules S7-PLCSIM offre une interface simple au programme utilisateur Step7 servant à visualiser et à modifier les différents objets tels que les variables d'entrées et de sorties. Les figures suivantes représentent quelques exemples de simulation du programme.

❖ Simulation du programme pour faire monter le chariot de l'étage "0" (rez-de-chaussée) vers l'étage "1"

L'appui sur le bouton poussoir (B1 Marche) qui est illustré par l'entrée (E0.1) excite la bobine (KM1 Sens1) qui est illustrée par la sortie (A0.0) qui va fermer le contact ouvert KM1 qui est illustré par la sortie (A0.0), donc le moteur démarre (la mise en marche) et le chariot monte vers l'étage "1". Lorsque le chariot arrive à l'étage "1", le contact fermé (FC1.1) qui est illustré par l'entrée (E0.3) représente le fin de course de l'étage "1" s'ouvre, ce qui engendre la désexcitation de la bobine (KM1 Sens1) et l'arrêt automatique du moteur. Les figures suivantes illustrent cette étape.

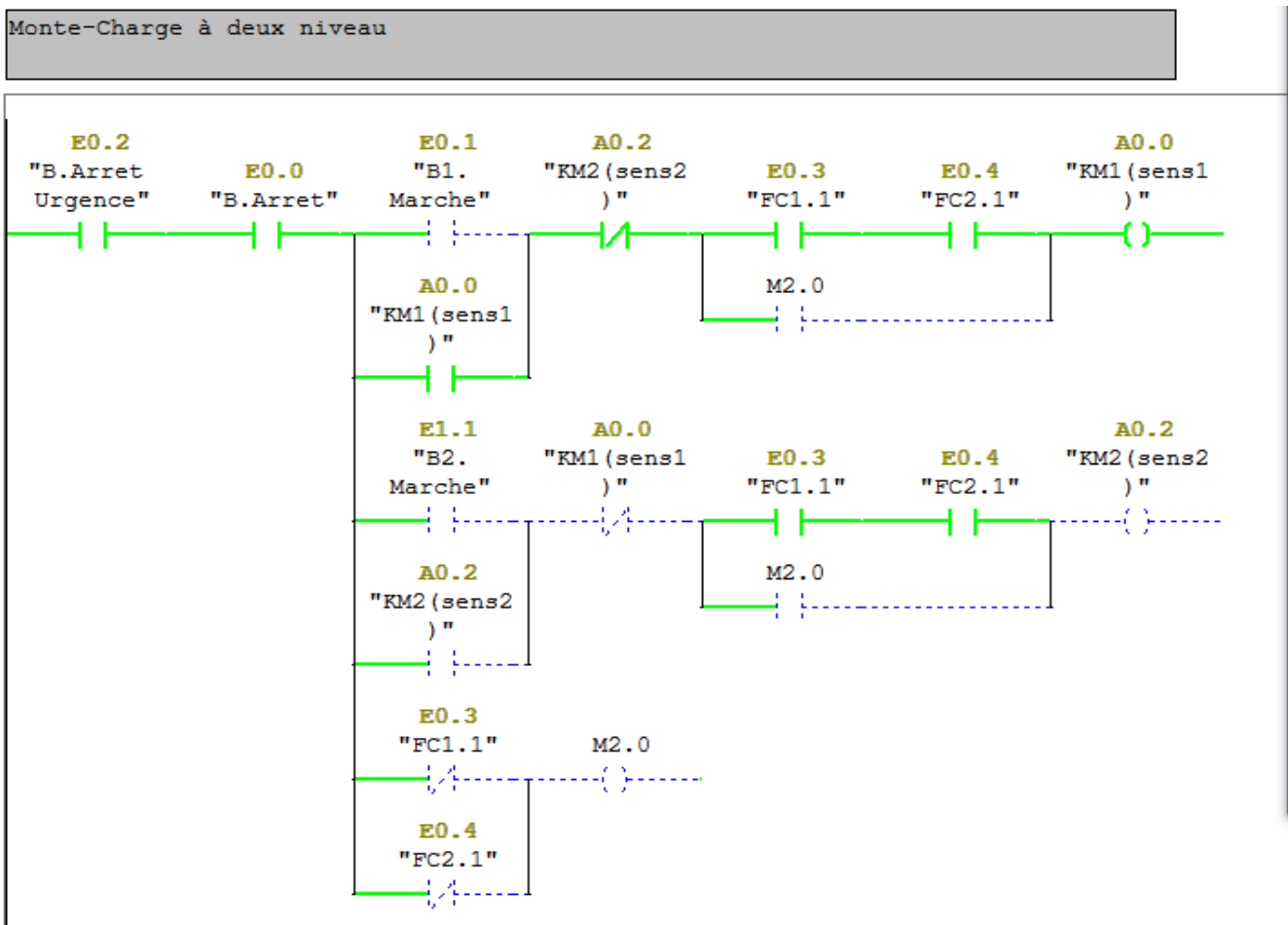
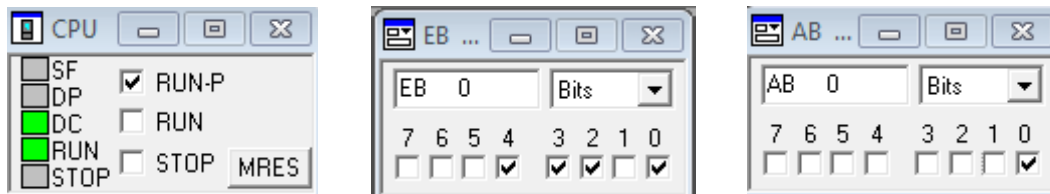


Figure IV.18: Simulation du programme de la monté du chariot de l'étage "0" vers l'étage "1"

Remarque : Au moment de l'ouverture du contact fermé (FC1.1) la bobine (KM1 Sens1) se désexcite et la bobine du bit mémoire (M2.0) s'excite ce qui engendre la fermeture de son contact (M2.0) comme il est illustré sur la figure ci-dessous.

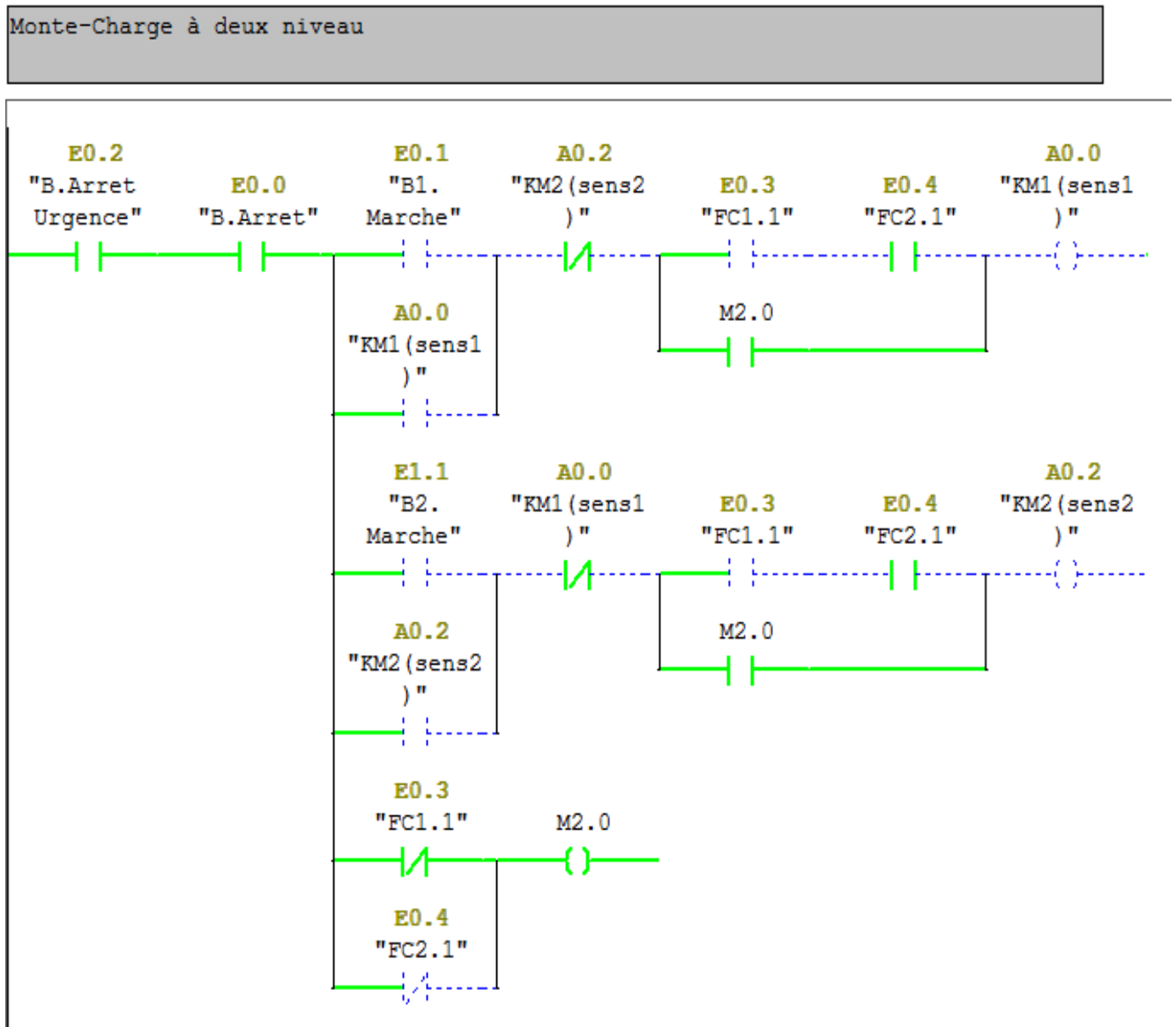
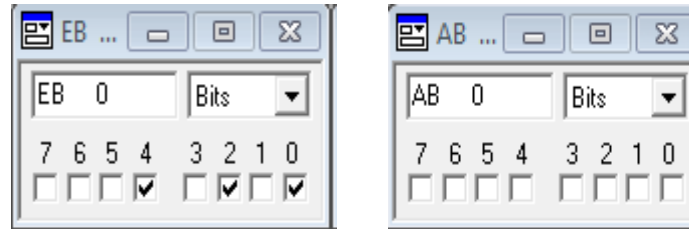
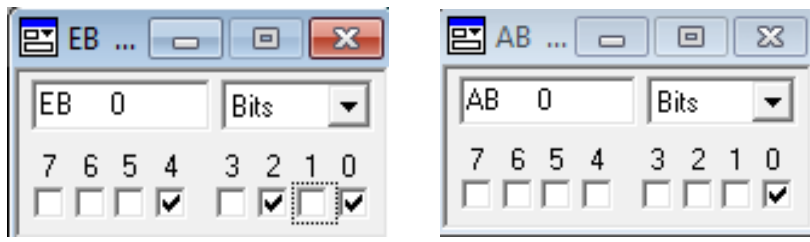


Figure IV.19: La désexcitation de la bobine (KM1 Sens1) et l'excitation de la bobine (M2.0).

❖ Simulation du programme pour faire monter le chariot de l'étage "1" vers l'étage "2"

L'appui une autre fois sur le même bouton poussoir (B1 Marche) qui est illustré par l'entrée (E0.1) excite une autre fois la bobine (KM1 Sens1) qui est illustrée par la sortie (A0.0) qui va fermer le contact ouvert KM1 qui est illustré par la sortie (A0.0), donc le moteur démarre (la mise en marche) et le chariot monte vers l'étage "2". Lorsque le chariot arrive à l'étage "2", le contact fermé (FC2.1) qui est illustré par l'entrée (E0.4) représente le fin de course de l'étage "2" s'ouvre et arrêtera le moteur automatiquement.



Monte-Charge à deux niveau

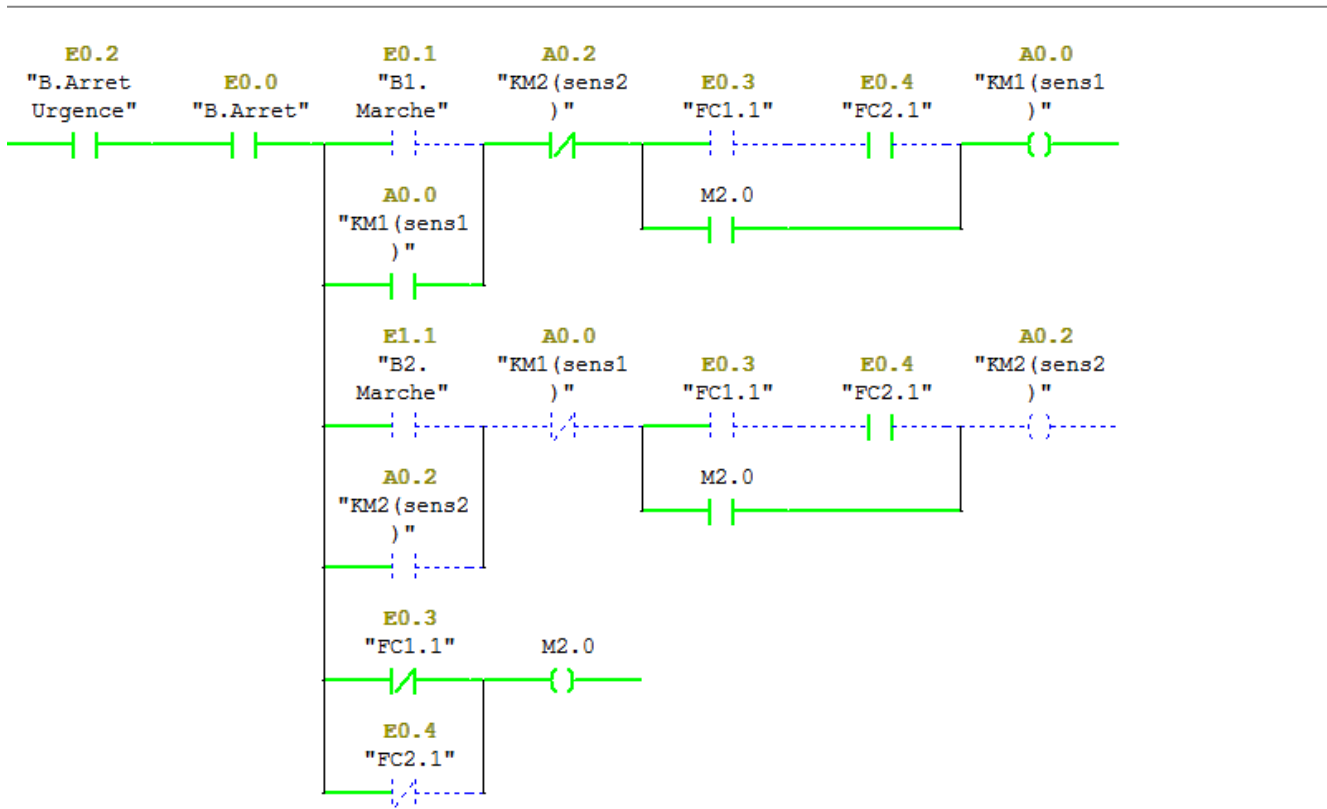
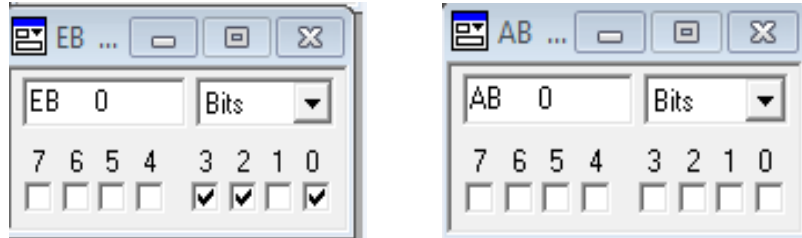


Figure IV.20: Simulation du programme de la monté du chariot de l'étage "1" vers l'étage "2".

Remarque : Au moment de l'ouverture du contact fermé (FC2.1) la bobine (KM1 Sens1) se désexcite et la bobine du bit mémoire (M2.0) s'excite ce qui engendre la fermeture de son contact (M2.0) comme il est illustré par la figure ci-dessous.



Monte-Charge à deux niveau

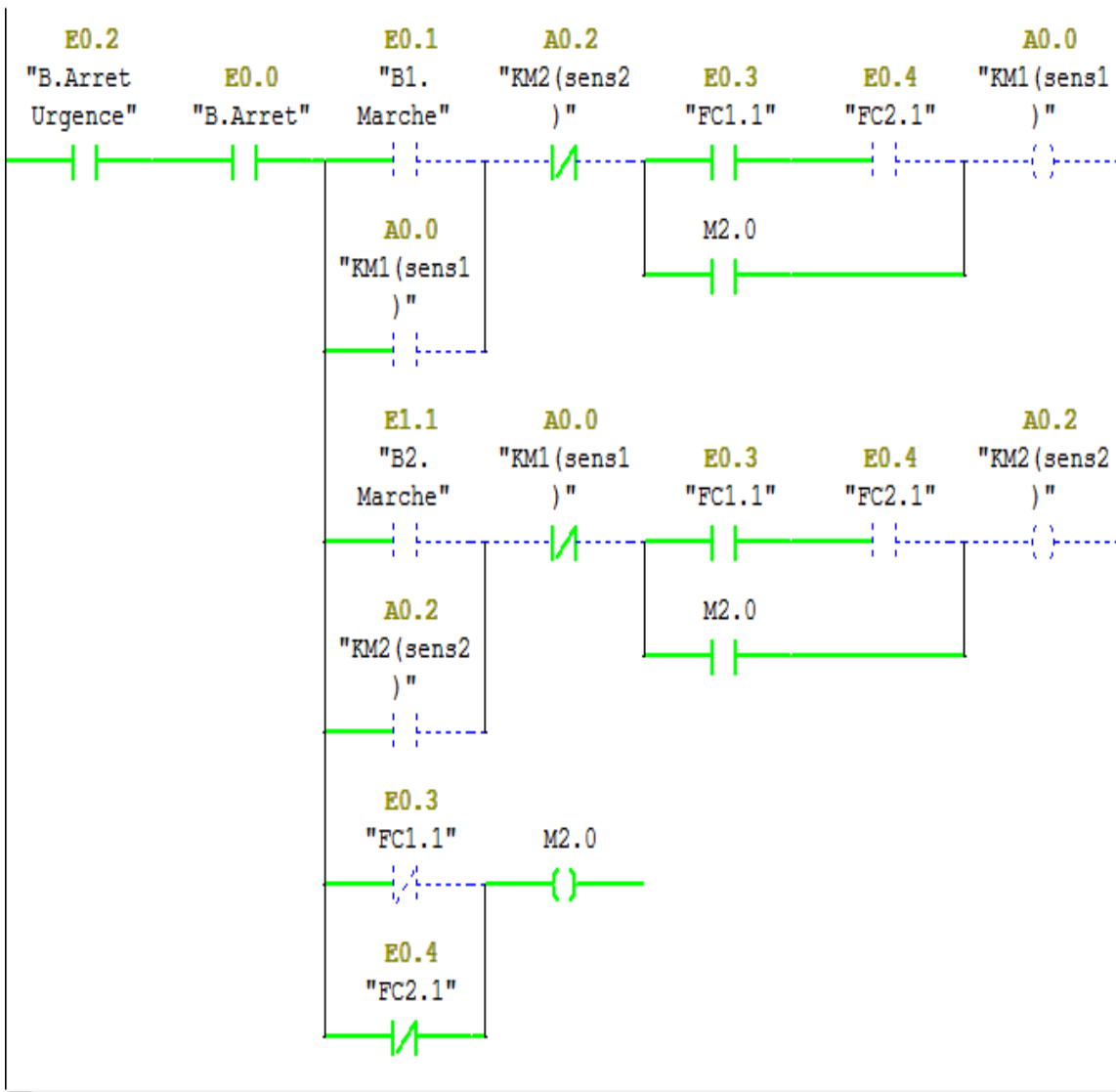
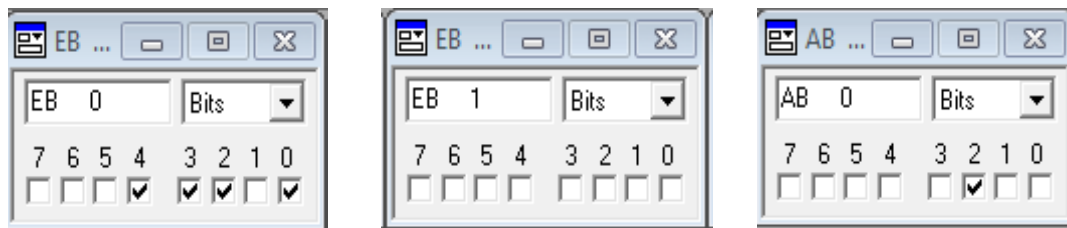


Figure IV.21: La désexcitation de la bobine (KM1 Sens1) et l'excitation de la bobine (M2.0).

❖ Simulation du programme pour faire descendre le chariot de l'étage "2" vers l'étage "1"

L'appui sur le bouton poussoir (B2 Marche) qui est illustré par l'entrée (E1.1) excite la bobine (KM2 Sen21) qui est illustrée par la sortie (A0.2) qui va fermer le contact ouvert KM2 qui est illustré par la sortie (A0.2), donc le moteur démarre (la mise en marche) et le chariot descend vers l'étage "1". Lorsque le chariot arrive à l'étage "1", le contact fermé (FC1.1) qui est illustré par l'entrée (E0.3) représente le fin de course de l'étage "1" s'ouvre, ce qui engendre la désexcitation de la bobine (KM1 Sens1) et l'arrêt automatique du moteur. Les figures suivantes illustrent cette étape.



Monte-Charge à deux niveau

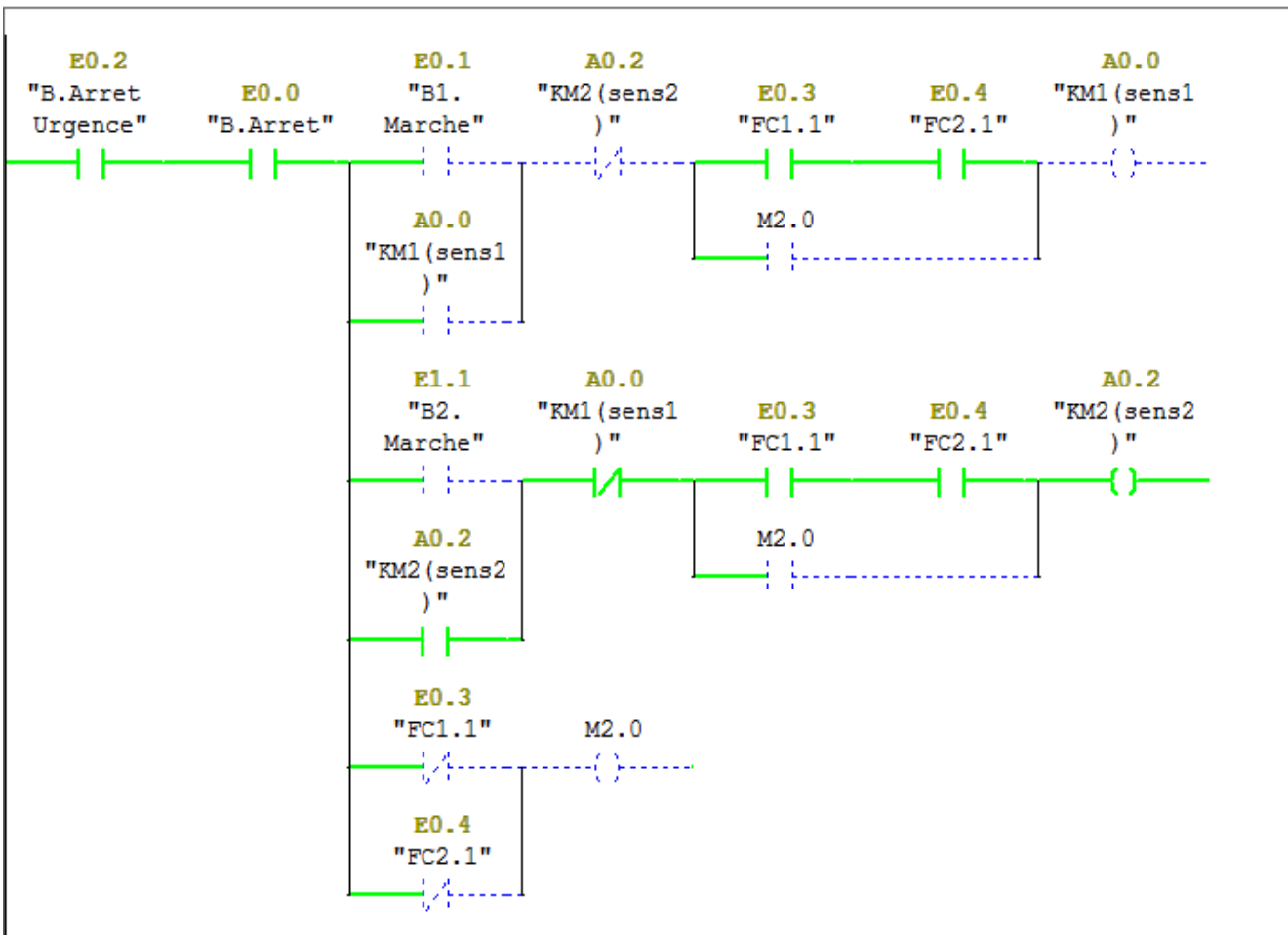
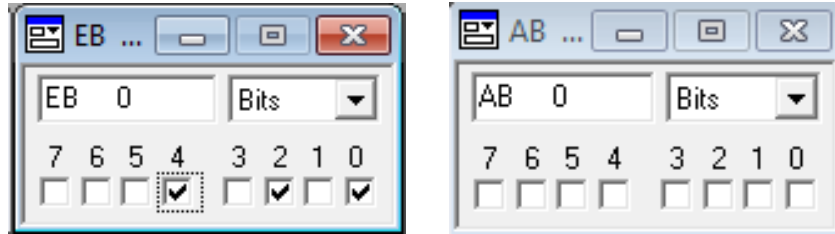


Figure IV.22: Simulation du programme de la descente du chariot de l'étage "2" vers l'étage "1".

Remarque : Au moment de l'ouverture du contact fermé (FC1.1) la bobine (KM2 Sens2) se désexcite et la bobine du bit mémoire (M2.0) s'excite ce qui engendre la fermeture de son contact (M2.0) comme il est illustré sur la figure ci-dessous.



Monte-Charge à deux niveau

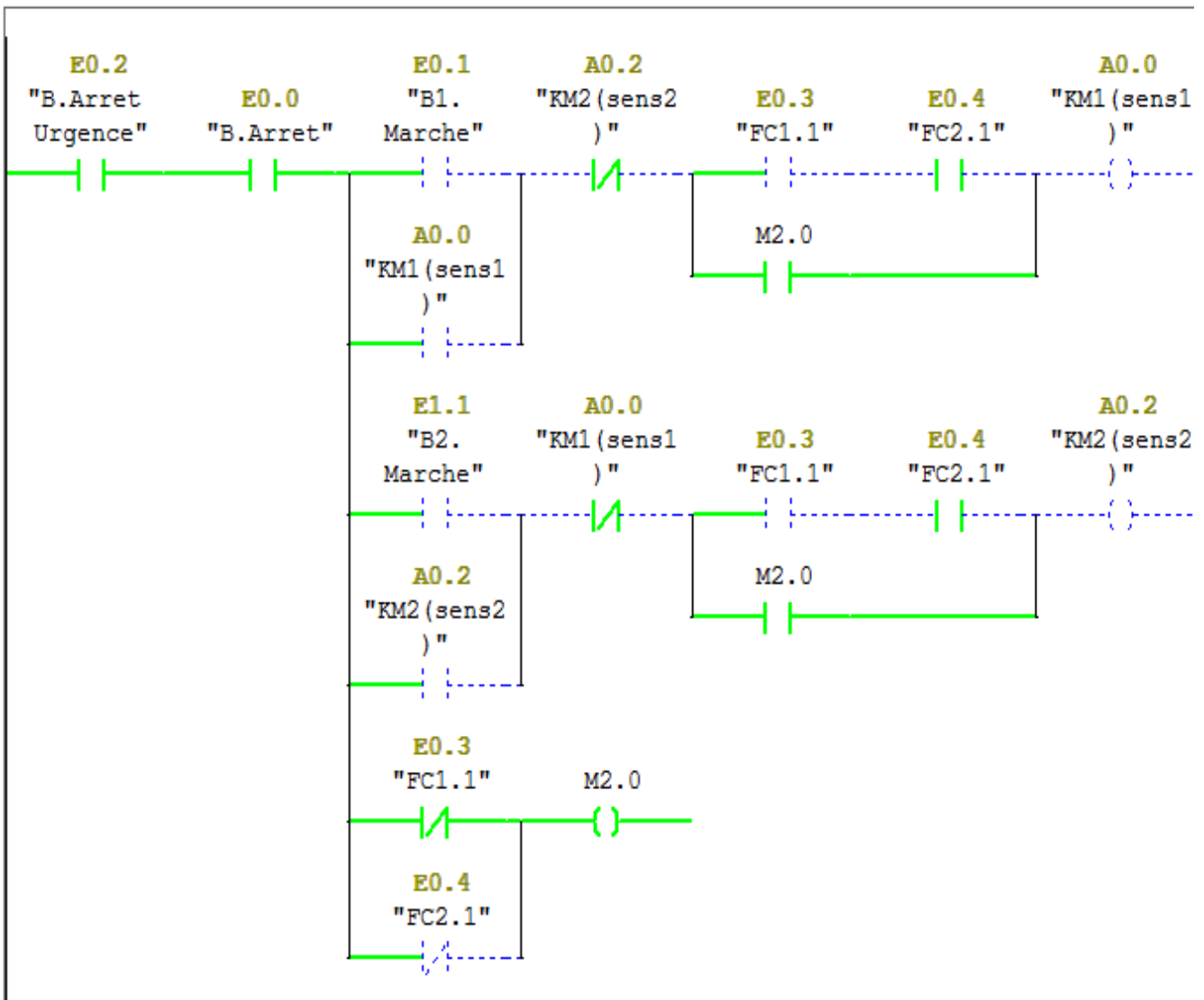


Figure IV.23: La désexcitation de la bobine (KM2 Sens2) et l'excitation de la bobine (M2.0).

❖ Programme pour faire descendre le chariot de l'étage "1" vers l'étage "0" (rez-de-chaussée)

L'appui une autre fois sur le même bouton poussoir (B2 Marche) qui est illustré par l'entrée (E1.1) excite une autre fois la bobine (KM2 Sens2) qui est illustrée par la sortie (A0.2) qui va fermer le contact ouvert KM2 qui est illustré par la sortie (A0.2), donc le moteur se démarre (la mise en marche) et le chariot descend vers l'étage "0". Lorsque le chariot arrive à l'étage "0", le contact fermé (FC2.1) qui est illustré par l'entrée (E0.4) représente le fin de course de l'étage "0" s'ouvre et arrêtera le moteur automatiquement.

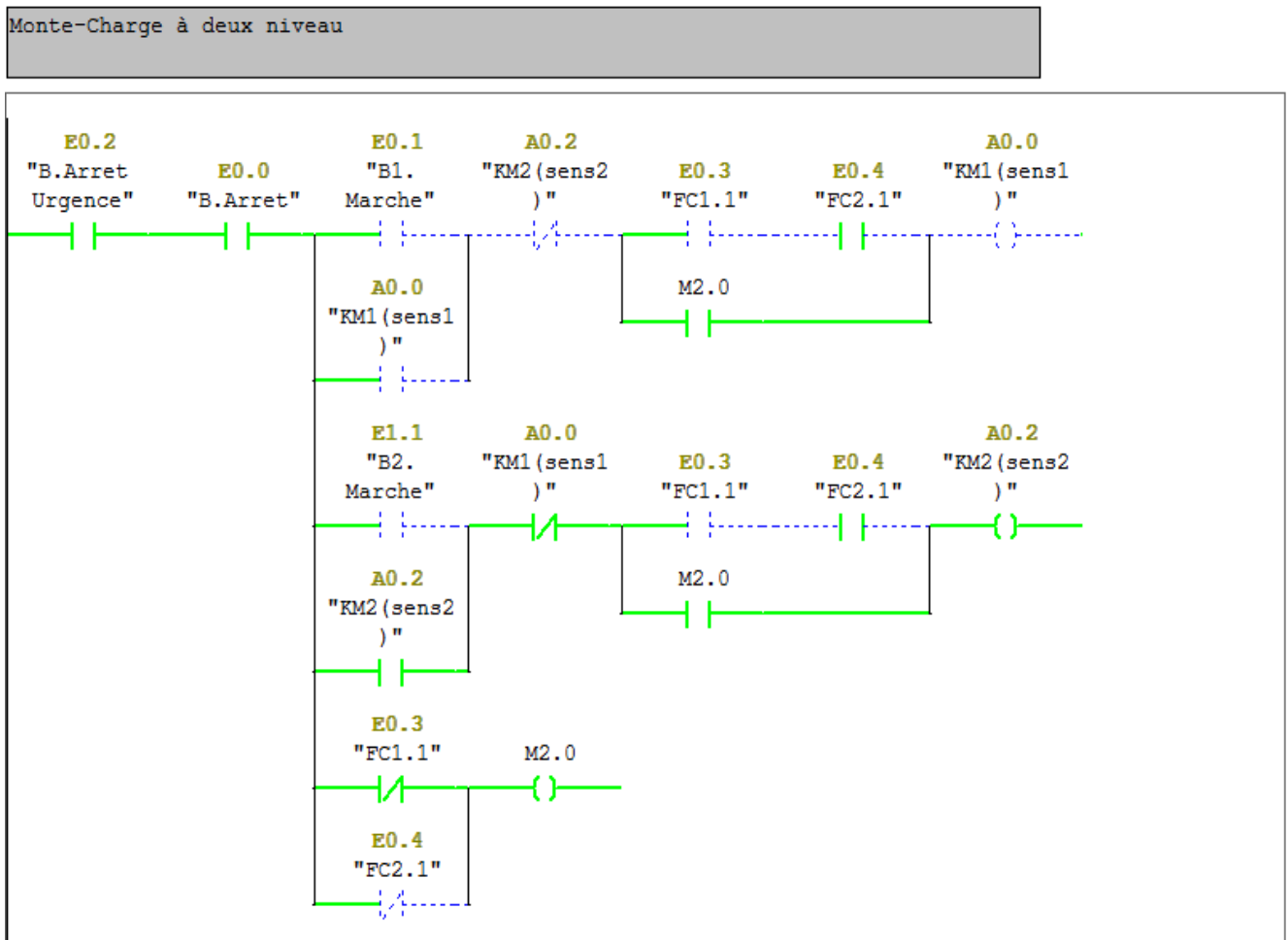
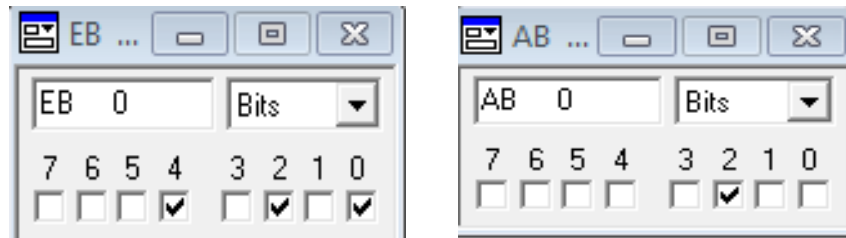


Figure IV.24: Simulation du programme de la descente du chariot de l'étage "1" vers l'étage "0".

Remarque : Au moment de l'ouverture du contact fermé (FC2.1) la bobine (KM2 Sens2) se désexcite et la bobine du bit mémoire (M2.0) s'excite ce qui engendre la fermeture de son contact (M2.0) comme il est illustré par la figure ci-dessous.



Monte-Charge à deux niveau

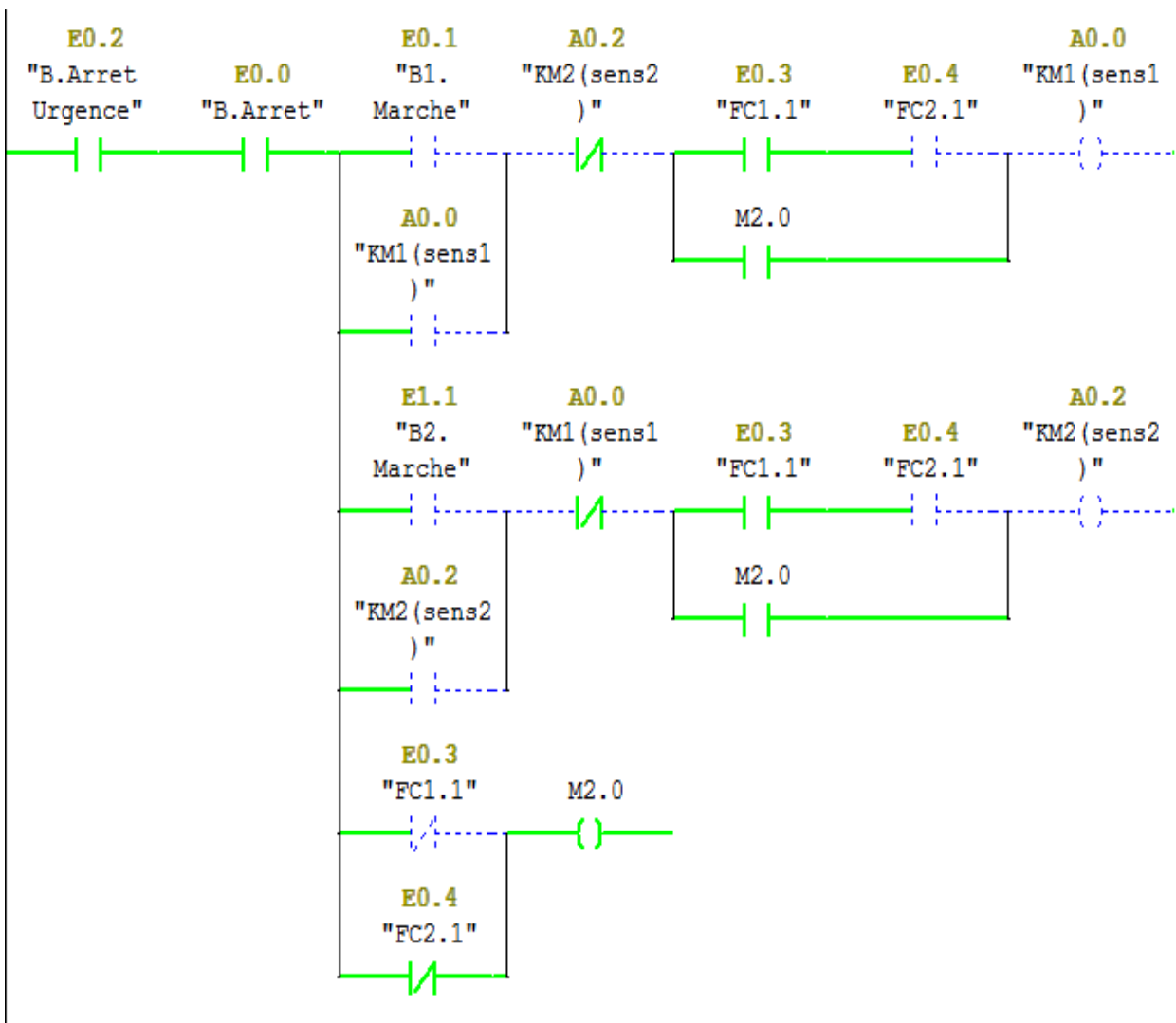


Figure IV.25: La désexcitation de la bobine (KM2 Sens2) et l'excitation de la bobine (M2.0).

IV.11- La comparaison entre la logique câblée et la logique programmée

IV.11.1- La logique (ou commande) câblée

Dans ce type de logique l'automatisme est obtenu en reliant les différents éléments de l'armoire électrique par le câblage. Les fonctions sont réalisées par voie matérielle, elle est donc étudiée et réalisée une fois pour toutes sur un schéma donné.

Les figures suivantes illustrent le schéma du câblage de l'armoire électrique réalisée au sein du laboratoire d'Electrotechnique pour faire monter un chariot à deux niveaux [43].

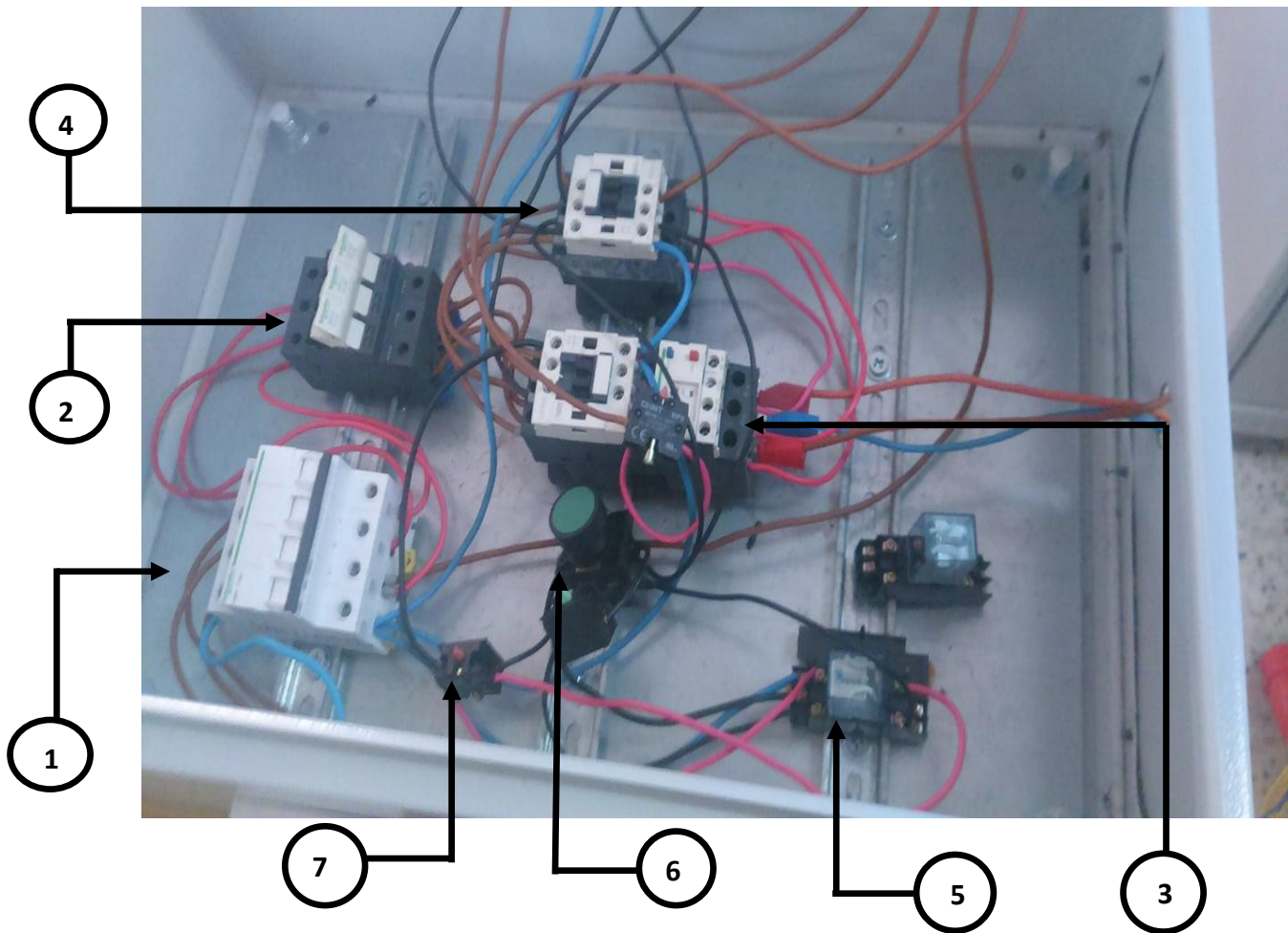


Figure IV.26: Une partie du câblage de l'armoire électrique [réaliser au sein du Labo LATAGE]

Avec : (1) : Le disjoncteur

(2) : Les trois portes fusibles

(3) : Le contacteur triphasé (KM1 Sens1)

(4) : Le contacteur triphasé (KM2 Sens2)

(5) : Le relais affiche

(6) : Le fin de course (FC1)

(7) : Le fin de course (FC2)

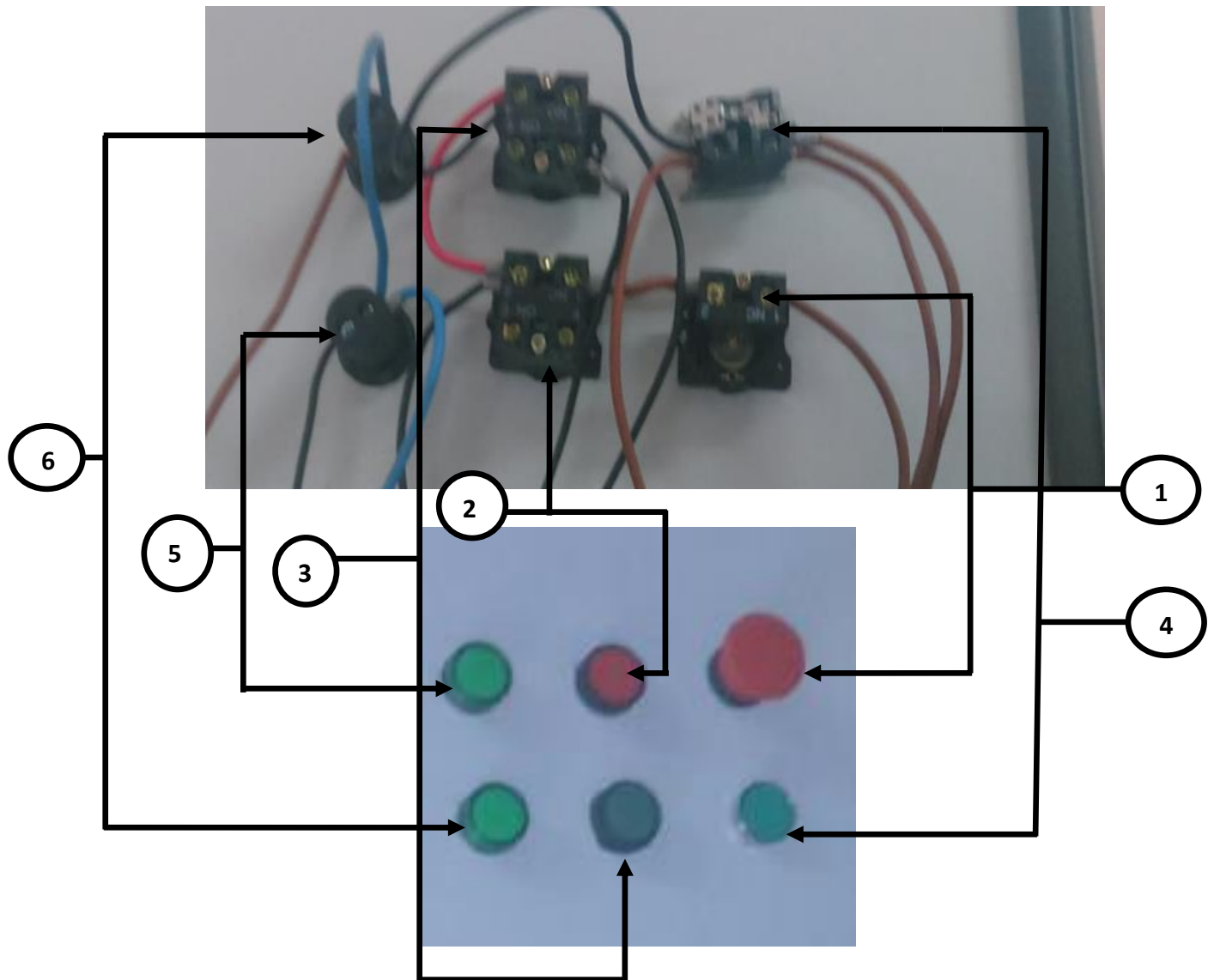


Figure IV.27 : Les différents boutons poussoirs et lampes [réaliser au sein du Labo LATAGE]

Avec :

- (1) : Bouton d'arrêt d'urgence
- (2) : Bouton d'arrêt
- (3) : Bouton marche SENS1
- (4) : Bouton marche SENS2
- (5) : Lampe verte (SENS1)
- (6) : Lampe verte (SENS2)

IV.11.2- Les avantages et inconvénients

- Avantage :

- Très rapide.
- Fonctions réalisées par une voie matérielle.
- Économique.

- Inconvénients :

- Volume du contrôleur proportionnel à la complexité du problème.
- Des modifications de la commande impliquent des modifications de câblage [43].

IV.11.3- La logique (ou commande) programmée

Elle correspond à une démarche séquentielle, seule une opération élémentaire est exécutée à la fois, c'est un traitement série. Le schéma électrique est transcrit en une suite d'instruction qui constitue le programme. En cas de modification des équations avec les mêmes accessoires, l'installation ne comporte aucune modification de câblage seul le jeu d'instructions est modifié.

Les figures suivantes illustrent la commande programmée de l'armoire électrique réalisée au sein de laboratoire d'Electrotechnique pour faire monter un chariot à deux niveaux où on peut voir avec précision la connexion de l'automate vers le PC [43].

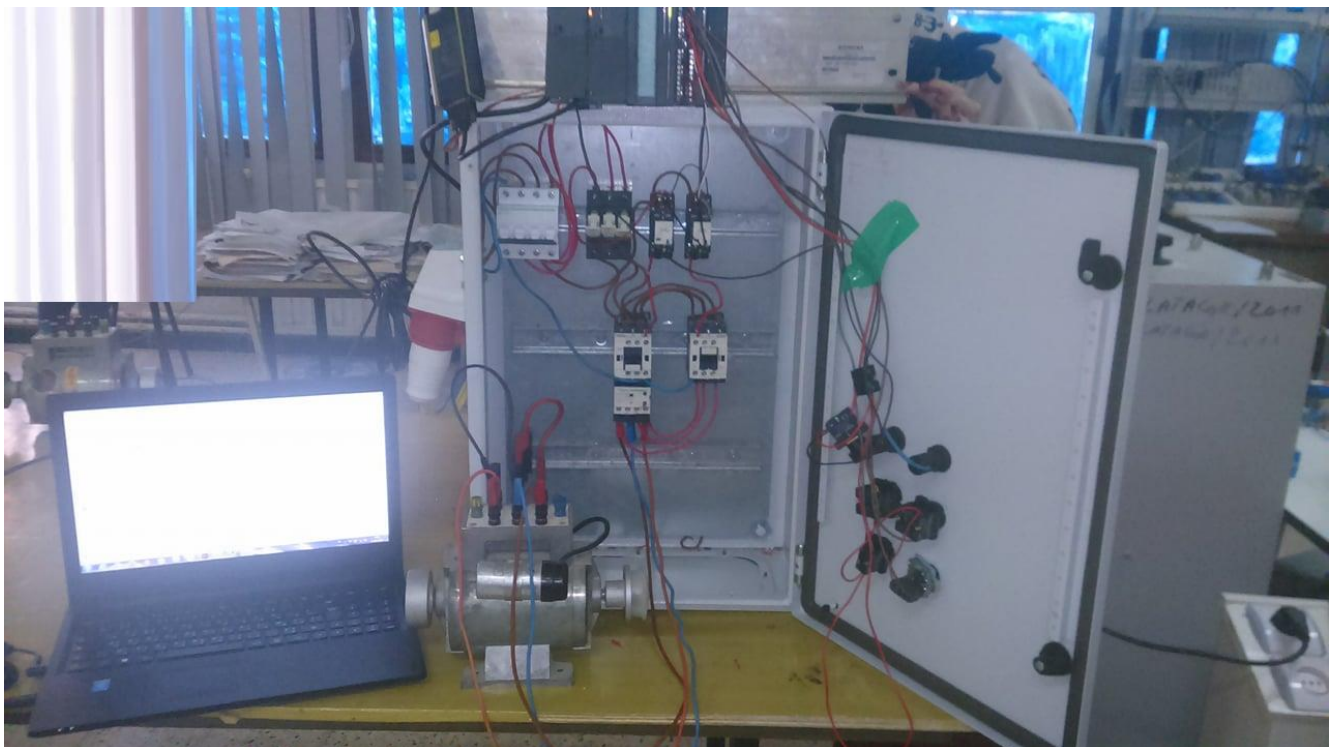


Figure IV.28: La connexion de l'automate vers le PC [réaliser au sein du Labo LATAGE]

IV.11.4- Les avantages et inconvénients

- *Avantages*

- La réalisation d'un circuit électrique avec la logique programmée utilise moins de composants.
- Banalisation du matériel: même matériel quel que soit la fonction logique à réaliser.
- Facilité de modification de la loi de contrôle: il suffit de modifier le programme.

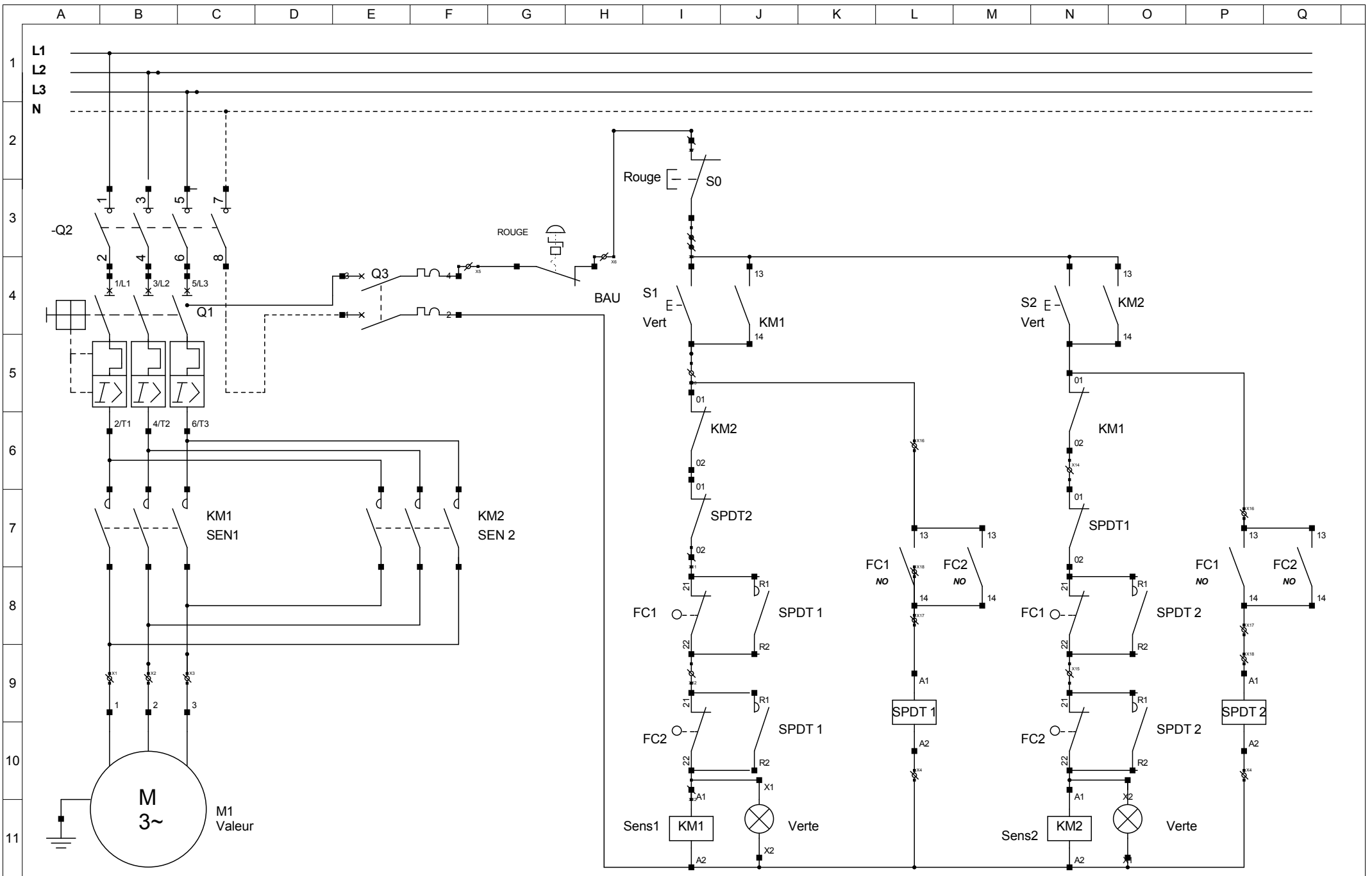
- *Inconvénients*

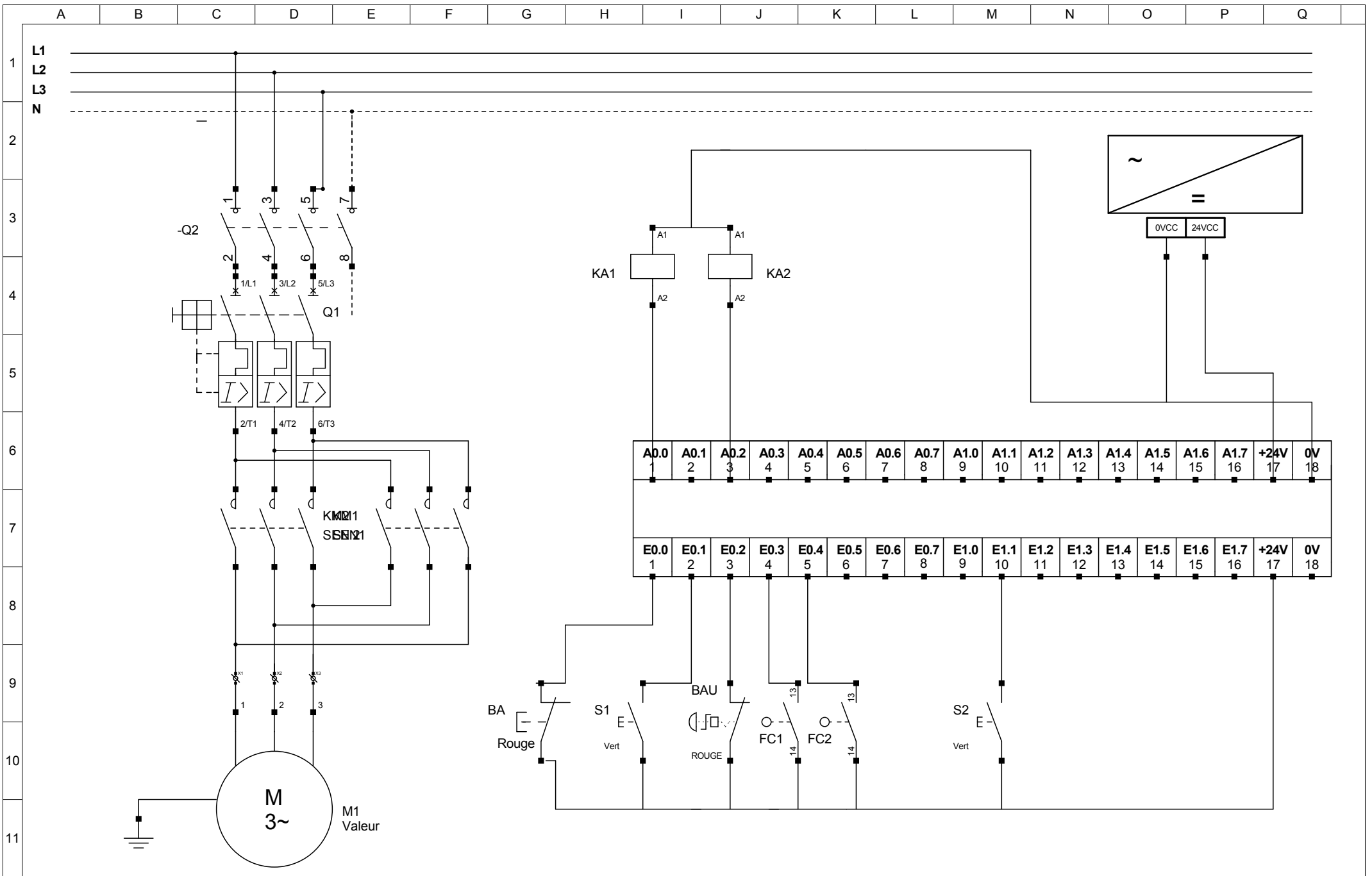
- Vitesse inversement proportionnelle à la complexité du problème.
- la cherté des automates programmables [43].

IV.12- Conclusion

Ce chapitre a été consacré pour la réalisation et l'automatisation d'une armoire électrique pour un monte-charge dans le but de faire monter et descendre un chariot à deux niveaux. Pour se faire, on a utilisé deux types de commande; une commande câblée et une commande programmée à l'aide d'un API. Par conséquent, la réalisation d'un circuit électrique avec la logique programmée utilise moins de composants et il est facile à réaliser, mais en contre partie il demande l'utilisation des automates programmables, qui sont très chers en prix. La réalisation en logique câblée qui est réalisée en voie matérielle est très rapide et économique en la comparant à la logique programmée d'où on a pu conclure que le choix d'une commande pour un système électrique (par logique câblée/programmée) dépend de plusieurs paramètres tels que: la complexité du système à réaliser...etc.

Aussi nous avons donné les techniques utilisées dans la programmation de la machine, ainsi que la présentation des différents composants de la machine et l'automate de la gamme S7-300. Enfin on a donné un aperçu sur l'utilisation du logiciel **S7-PLCSIM** qui nous a permis de tester le programme élaboré dans le STEP7.





Conclusion générale

Tout au long de la préparation de notre projet de fin d'études, nous avons essayé de mettre en pratique les connaissances acquises durant nos études universitaires et cela dans le but de réaliser un système de levage (un monte-charge), faire déplacer un chariot pour de différents niveaux.

Au cours de ce projet, nous avons pu concrétiser notre idée. Dans le premier chapitre nous nous sommes ramenés à aborder différentes généralités pour les monte-charge, leurs définition et historique, leurs principes de fonctionnement, ensuite nous avons cité quelques utilisations du monte charge et son domaine d'utilisation. A travers le deuxième chapitre, nous avons effectué le dimensionnement de l'armoire électrique, en calculant les sections des conducteurs ainsi que les protections pour assurer la sécurité et les protections du matériel. Ensuite nous avons expliqué la façon et les étapes à suivre pour réaliser de l'armoire. Le troisième chapitre a eu pour but de présenter l'automate programmable industriel, son historique et nous avons précisé l'objectif de ces systèmes automatisés, puis nous sommes intéressés aux critères du choix d'un automate, son architecture, avec son principe de fonctionnement et nous avons abordé les différents langages et modes de programmation et énuméré quelques avantages et inconvénients API. Le quatrième chapitre a été consacré pour la réalisation et l'automatisation d'une armoire électrique pour un monte-charge. Pour ce faire, nous avons utilisé deux types de commande qui n'est d'autre que la logique câblée et la logique programmée, tout en faisant une comparaison entre ces deux types de commande, on a pu voir quelques avantages et inconvénients de ces deux logiques et on a pu conclure aussi que le choix d'une commande pour un système électrique (par logique câblée/programmée) dépend de plusieurs paramètres tels que: la complexité du système à réaliser...etc.

Ce projet nous a tiré un avantage à plusieurs titres :

- ✓ Il a permis de nous familiariser avec les automates programmables S7-300 et de nous initier encore plus sur leurs langages de programmation.
- ✓ Et aussi de renforcer nos connaissances théoriques par expérience pratique non négligeable dans le domaine de l'automatisation.

En perspective, nous souhaitons pour les prochains projets de fin d'études d'élargir notre travail présenté (sur la réalisation et automatisation d'une armoire électrique pour un monte-charge), en faisant:

Conclusion générale

- ✓ Une commande de la variation de vitesse avec un variateur de vitesse.
- ✓ Le Contrôle et la régulation de la vitesse de rotations.
- ✓ Programmation en utilisant les HMI (Interface Homme Machine).

Nous espérons que notre travail sera utile pour les promotions à venir.

Bibliographie

- [1] : Réalisé par : Mohamed Lamine Dilmi, Mémoire de fin d'études : « Contribution à la modélisation des systèmes automatisés par un outil graphique ». Université Ferhat-Abbas-Setif, soutenu le 24 juin 2014.
- [2] : Dossier technique ' MONTE-CHARGE INDUSTRIEL '. Document PDF, publié le 03 février 2006.
- [3] : Réalisé par : Ali AIGOUN et Yacine HOCINE, Mémoire de fin d'études : « Etude et réalisation d'une armoire de commande d'une centrale de neutralisation des eaux usées par un API ». Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, soutenu le 29 septembre 2014.
- [4] : Réaliser par : Essaid TASLENTE et Hakim DJIOUA, Mémoire de fin d'études : « Etude et dimensionnement d'une armoire électrique en vue de l'automatisation d'une station de traitement des eaux ». Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, soutenu le 25 septembre 2017.
- [5] : Gèrrard Guihéneuf : « Les moteurs électriques expliqués aux électroniciens ». 2ieme édition, 2014.
- [6] : Christophe PREVE et Robert JEANNOT : « Schneider Electric : Guide de conception des réseaux électriques industriels », Février 1997 N°6883427/A.
- [7] : « Détermination des sections des conducteurs », Document PDF publié le 23 avril 2016.
- [8] : Lycée St GATIEN « Section des conducteurs », Document Word.
- [9] : Norme Française NFC15-100, Décembre 2002.
- [10] : Schneider Electric : « Compléments techniques, distribution électrique BT et HTA », 2012.
- [11] : J.Schonek : « Schneider Electric : Les protections différentielles en basse tension », Cahier technique N°114. édition Février 2006.
- [12] : R.Calvas et B.Lacroix : « Schneider Electric : Les schémas des liaisons à la terre en BT (régime du neutre), Cahier technique N°172, édition Décembre 2004.
- [13] : Réaliser par : FEKKIK Arezeki et DILMI Mouhamed, Mémoire de fin d'études : « Etude et réalisation d'une armoire électrique d'un palettiseur », Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, promotion 2013.

Bibliographie

- [14] : Réaliser par : DJ.CHERIEF et N.BELKACEM, Mémoire de fin d'études : « Etude et la réalisation d'une armoire électrique d'un bloc soutireuse en vue de sa commande et sa supervision », Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, promotion 2013.
- [15] : Schneider Electric : « Distribution moyenne tension, fusible 3.6 à 36 k », Catalogue 2012.
- [16] : JP.Nereau « Schneider Electric : Sélectivité des disjoncteurs de puissance basse tension », Cahier technique N°201.
- [17] : B.de Metz-Noblat et F.Dumas et C.Poulain : « Schneider Electric : Calcul des courants de court-circuit », Cahier technique N°158.édition Septembre2005.
- [18] : Schneider Electric : « Guide des installations électriques 2010 », Normes internationales CEI et nationales Françaises NF.
- [19] : Schneider Electric : « Compléments techniques, distribution électrique BT et HTA », 2012.
- [20] : « La protection des circuits et des personnes », guide pédagogique/ En conformité avec la NF C 15-100 DU, publié par Legrand le 31 septembre 2003.
- [21] : Roizot Sebastien : « Détermination des sections des conducteurs », publié le 15 juillet 2015.
- [22] : « Détermination des sections des conducteurs », Cahier technique, publié le 23 avril 2016.
- [23] : Eric GICQUEL : « Installation et appareillage », publié le 05 juillet 2013.
- [24] : Réalisé par : SOME Sanso Laurent Ismaël, Projet de fin d'études de master : « Automatisation d'un filtre de lubrification et étude et réalisation d'un monte-charge », Floquet Monopole, soutenu le 08 juin 2016.
- [25] : Réalisé par : « Houda Bel MOKADEM, thèse de doctorat : « Vérification des propriétés temporisées des automates programmables industriels », l'Ecole Normale Supérieure de CACHAN, soutenu le 28 septembre 2006
- [26] : Alain GONZAGA : « Les automates programmables industriels », Document PDF, publié le 07 novembre 2004.

Bibliographie

- [27] : Ben Hammed Sofiane : «Les automate programmables industriels», Cours et travaux dirigés, publié le 02 avril 2015.
- [28] : Dr.Mohcen Ben Ammar : « Automates programmables industriels (Théorie et application), Document PDF publié le 09 mars 2013.
- [29] : Réalisé par : ANDJOUH Lyes et TOUATI Riad, Mémoire de fin d'études : « Automatisation et supervision de la fosse de levage de la raffinerie d'huile au niveau du complexe agroalimentaire Cevital », Université de Béjia, promotion 2013.
- [30] : Réalisé par : IZRANREN Massinisa et AIT KHELIFA Hafid, Mémoire de fin d'études : « Automatisation d'une poseuse de poignée », Université de Béjia, promotion 2015.
- [31] : Réalisé par : BOUBAAYA Nadjib, Mémoire de fin d'études : « Etude et réalisation des systèmes automatisés didactiques mise en œuvre de l'automate Schneider TSX37 », Université Constantine I, promotion 2014.
- [32] : Réalisé par : Faycel BERCHICHE et Sofiane MEDDAOURI, Mémoire de fin d'études : «Commande automatique de 'marche et d'arrêt' du système Air/Fumée au niveau de la centrale thermique CAP-DJINET à l'aide d'un API S7-300 », Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, soutenu le 18 juillet 2016.
- [33] : Réalisé par : AKROUR Sofiane et ARAB Nourdine, Mémoire de fin d'études : « Automatisation et supervision d'une station de transport du sucre à l'usine Coca-Cola Rouïba », Université de Skikda, promotion 2009.
- [34] : Catalogue Siemens ST-70 2015.Document PDF, publié en 2015.
- [35] : Siemens Simatic S7-300 « Système d'automatisation S7-300, caractéristique modules », Document PDF.
- [36] : Siemens Simatic S7-300 «CPU31xC et CPU31x, caractéristiques techniques », Document PDF, Manuel juin 2006.

Bibliographie

- [37] : Siemens : «Document de formation pour une solution complète d'automatisation à la programmation d'API avec Step7 », édition 2004.
- [38] : Siemens Simatic : « Programmer avec Step7 », Document PDF, Manuel. édition mai 2010.
- [39] : Réalisé par : BOUAMOUD Mohamed El Amine et BRAHMI Sofiane Mammar, Mémoire de fin d'études : « Automatisation d'une station de levage : étude, programmation et simulation par Step7 », Université Dr. Tahar Moulay de Saïda, soutenu le 22 juin 2016.
- [40] : P.Sevestre «Utilisation de S7, fiche de programmation S7 », Document PDF, publié le 13 mai 2016.
- [41] : M.Sevestre «L'API Siemens CPU 314C-2DP», Lycée Augustin Thierry, Document PDF, publié le 09 mars 2016.
- [42] : <https://www.google.com>
- [43] : Siemens, Simatic: Tester les programmes S7 avec S7-PLCSIM-C79000-G7077C201, 2ieme édition 2007.
- [44] : GURGEON : Automate Programmable Industriel, Document PDF publié le 12 mars 2002.

Logiciels :

- X-Relais version 3.2a
- Step 7 version 5.5

Liste des abréviations

- **CEI :** Commission Electrotechnique Internationale.
- **API :** Automate Programmable Industriel.
- **PLC :** Programmable Logic Controller
- **Pdc :** Pouvoir de coupure.
- **TOR :** Tout ou Rien
- **RAM :** Random Acces Memory
- **ROM :** Read Only Memory
- **EPROM :** ERASABLE PROGRAMMABLE MEMORY.
- **PO :** Partie Opérative.
- **PC :** Partie Commande.
- **PR :** Partie Relation.
- **SA :** Système Automatisé.
- **GRAFCET :** Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition.
- **ST :** Langage Littéral Structuré.
- **IL ou LIST :** Langage Liste d’Instruction.
- **LD :** Langage Ladder Diagramme.
- **FB :** Langage Blocs Fonctionnels.
- **PROM :** Programmable Read Only Memory.
- **PC MCIA :** Personal Computer Memory Card International Association.
- **LOG:** Le schéma Logique.
- **CONT:** Le schéma Contact.
- **CPU:** Central Processing Unit.
- **LED:** Light Emitting Diode.
- **AC:** Alternating Current (Courant Alternatif).
- **DC:** Direct Current (Courant Continu).

Liste des abréviations

- **PS:** Module d'alimentation.
- **MPI:** Réseau Multi Point Interface.
- **FM:** Module de Fonction.
- **CP:** Module de Communication.
- **OB:** Bloc d'Organisation.
- **FB:** Bloc Fonctionnel.
- **FC:** Bloc Fonctions.
- **MMC Siemens:** Simatic Micro Card Memory de Siemens.
- **Q1:** Disjoncteur.

Liste des tableaux

• Tableau II.1 :	La plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé.....	17
• Tableau II.2 :	Les avantages et inconvénients du démarrage direct.....	21
• Tableau II.3 :	Facteur de simultanéité pour bâtiments administratifs.....	26
• Tableau II.4 :	Facteur de simultanéité pour armoires de distributions industrielles.....	26
• Tableau II.5 :	Valeur du facteur de conversion de puissance en intensité.....	27
• Tableau II.6 :	Lettres de sélection des conducteurs.....	29
• Tableau II.7 :	Les valeurs du Facteur K_1	30
• Tableau II.8 :	Les valeurs du facteur K_2	30
• Tableau II.9 :	Les valeurs du facteur K_3	31
• Tableau II.10 :	Sections standards des conducteurs.....	32
• Tableau II.11:	Résultats de calcul de « la section des conducteurs.....	33
• Tableau II.12 :	Durée maximale de maintien de la tension de contact.....	38
• Tableau II.13 :	Détermination des résistances et des réactances d'une installation.....	43
• Tableau III.1 :	Présentation de quelques opérations du mode CONT.....	61

Liste des figures

• Figure I.1 :	Le treuil en l'an de 236 avant J.C.....	4
• Figure I.2 :	La gaine d'un monte-charge.....	5
• Figure I.3 :	Les rails de guidage de la cabine.....	6
• Figure I.4 :	Les deux portes palières montées à l'intérieur de la gaine.....	6
• Figure I.5 :	Les capteurs de position et de sécurité.....	7
• Figure I.6 :	Une porte de type « GUILLOTINE».....	7
• Figure I.7 :	Une porte de type « BATTANTE».....	8
• Figure I.8 :	Une serrure de sécurité.....	8
• Figure I.9 :	La cabine (ou benne) ainsi que ces constituants.....	9
• Figure I.10 :	Le treuil (ou le motoréducteur-frein).....	10
• Figure I.11 :	L'armoire de manœuvre.....	11
• Figure I.12 :	Moteur électrique.....	11
• Figure I.13 :	Le réducteur à roue.....	11
• Figure I.14 :	La boîte à boutons intégrées.....	12
• Figure I.15 :	Les capteurs de position et de sécurité.....	13
• Figure I.16 :	Le logigramme représentant le principe de fonctionnement d'un monte-charge.....	14
• Figure II.1 :	Les étapes d'élaboration de l'armoire électrique.....	16
• Figure II.2 :	Schéma de la mise en marche/arrêt d'un moteur triphasé.....	20
• Figure II.3 :	Caractéristique du courant et du couple d'un moteur asynchrone.....	20
• Figure II.4 :	Logigramme du choix de la section des conducteurs et du dispositif de protection...	23
• Figure II.5 :	Effets physiopathologiques du passage du courant à travers le corps humain.....	35
• Figure II.6 :	Contact direct.....	36
• Figure II.7 :	Contact indirect.....	36

Liste des figures

• Figure II.8 :	Zones temps/courant des effets des courants alternatifs (15 Hz à 100Hz) sur l'homme selon la norme CEI 60449-1.....	37
• Figure II.9 :	Caractéristique de fonctionnement d'un fusible.....	40
• Figure II.10 :	Caractéristique de déclenchement d'un disjoncteur.....	41
• Figure II.11 :	Les deux types de sélectivité : totale et partielle.....	44
• Figure II.12 :	Les courbes de fonctionnement du disjoncteur (B et C).....	45
• Figure II.13 :	Schéma de puissance d'un moteur asynchrone.....	46
• Figure II.14 :	Les différentes tailles des coffrets de câblage.....	48
• Figure II.15 :	Types de platines.....	50
• Figure II.16 :	Différents types de profilés.....	50
• Figure II.17 :	Les goulottes de câblage.....	51
• Figure II.18 :	Espace entre les goulottes et l'appareillage.....	51
• Figure III.1 :	La structure d'un Automate Programmable Industriel.....	53
• Figure III.2 :	Composants d'un système automatisé.....	56
• Figure III.3 :	Automate compact (Allen-Bradley).....	57
• Figure III.4 :	Automate modulaire (Modicon).....	58
• Figure III.5 :	Automate modulaire (Siemens).....	58
• Figure III.6 :	Structure interne d'un API.....	59
• Figure III.7 :	Fonctionnement cyclique d'un automate.....	60
• Figure IV.1 :	L'automate S7-300 Siemens.....	65
• Figure IV.2 :	Présentation de l'automate S7-300.....	66
• Figure IV.3 :	Principe de conversion analogique/numérique.....	69
• Figure IV.4 :	Logigramme pour la création de projet sous Step7.....	71
• Figure IV.5 :	Assistant de step7.....	72

Liste des figures

• Figure IV.6 :	Choix de la CPU.....	72
• Figure IV.7 :	Choix du bloc à insérer et le langage de programmation.....	73
• Figure IV.8 :	Nom du programme.....	73
• Figure IV.9 :	Configuration matérielle de l'automate pour le projet du monte-charge.....	74
• Figure IV.10 :	La table des mnémoniques.....	75
• Figure IV.11 :	Structure d'un programme en STEP 7.....	76
• Figure IV.12 :	Fenêtre de la création du programme.....	76
• Figure IV.13 :	du programme du monte-charge.....	77
• Figure IV.14 :	Ouverture du simulateur.....	78
• Figure IV.15 :	Fenêtres utilisés dans L'API S7 PLCSIM.....	79
• Figure IV.16 :	Chargement de programme dans l'API de simulation.....	79
• Figure IV.17 :	Forçage des variables de programme.....	80
• Figure IV.18 :	Simulation du programme de la montée du chariot de l'étage"0" vers l'étage"1".....	81
• Figure IV.19 :	La désexcitation de la bobine (KM1 Sens1) et l'excitation de la bobine (M2.0).....	82
• Figure IV.20 :	Simulation du programme de la montée du chariot de l'étage"1" vers l'étage"2".....	83
• Figure IV.21 :	La désexcitation de la bobine (KM1 Sens1) et l'excitation de la bobine (M2.0).....	84
• Figure IV.22 :	Simulation du programme de la descente du chariot de l'étage "2" vers l'étage "1"....	85
• Figure IV.23 :	La désexcitation de la bobine (KM2 Sens2) et l'excitation de la bobine (M2.0).....	86
• Figure IV.24 :	Simulation du programme de la descente du chariot de l'étage "1" vers l'étage"0"....	87
• Figure IV.25 :	La désexcitation de la bobine (KM2 Sens2) et l'excitation de la bobine (M2.0).....	88
• Figure IV.26 :	Une partie du câblage de l'armoire électrique.....	89
• Figure IV.27 :	Les différents boutons poussoirs et lampes.....	90
• Figure IV.28 :	La connexion de l'automate vers le PC.....	91